



TENSIOMETRIN KÄYTTÖNOTTO JA SOVELLUKSET

Juha Hietaranta

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Paperi-, tekstiili- ja
kemiantekniikan ko.
Kemiantekniikan suuntautuminen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikan ko.
Kemiantekniikan suuntautuminen

HIETARANTA, JUHA:

Tensiometrin käyttöönotto ja sovellukset

Opinnäytetyö 47 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Toukokuu 2013

Tämä opinnäytetyö suoritettiin Kiilto Oy:n tuotekehityslaboratoriossa. Tämän työn tarkoituksena oli ottaa käyttöön Theta optinen tensiometri ja tehdä käyttöohjeet laitetta varten. Lisäksi tutkittiin parkettilakkojen käyttäytymistä staattista kontaktikulmaa mittaamalla. Tutkimuksissa keskityttiin pintalakkojen käyttäytymiseen erilaisten pohjalakkojen päällä, jolloin kolmen pohjalakkakerroksen pinnalle asetettiin pintalakkapisara. Työssä tutkittiin myös pintalakkojen toimivuutta saman pintalakan päällä, jolloin kolmen pohjalakkakerroksen päälle levitettiin kerros samaa pintalakkaa, jota annosteltiin parketin pintaan. Tarkasteltiin myös kuivumisajan sekä kiiltoasteen merkitystä lakkojen käyttäytymiseen. Lakkaukset sekä mittaukset suoritettiin vakio-olosuhdehuoneessa, jotta olosuhteiden vaikutus tuloksiin poistuu.

Saaduista mittaustuloksista pystytään havaitsemaan, että kuivumisajalla on vaikutusta parketin kastumiseen. Yleisesti ottaen parketti kastuu huomattavasti pidemmällä kuivumisajalla, mutta poikkeuksiakin on. Kiiltoasteen vaikutuksesta kontaktikulmaan ei voi tehdä yhteneviä johtopäätöksiä. Eroja puolihimmeiden ja puolikiiltävien lakkojen kontaktikulmien välille tuli lähinnä 2-komponenttisilla lakoilla.

Mittauksen helpottamiseksi tulisi ottaa selvää onko annostelijaan tarjolla vaihtokärkiä, jotka toimisivat paremmin lakkojen kanssa. Nykytilanteessa mittauksien ajoitus sekä mahdollisesti myös luotettavuus kärsivät, koska vaihtokärjillä ei pysty luotettavasti annostelemaan lakkapisaraa parkettipintaan. Jatkossa on syytä tutkia toisiko dynaaminen kontaktikulmamittaus merkittävää lisätietoa parkettilakkojen käyttäytymisestä verrattuna staattiseen kontaktikulmamittaukseen.

Asiasanat: pintajännitys, kontaktikulma, vapaa pintaenergia

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Chemical Engineering

HIETARANTA, JUHA:
The Implementation of the Tensiometer and Applications

Bachelor's thesis 47 pages, appendices 8 pages
May 2013

This thesis was made in Kiilto Oy's product development department. The purpose of this work was to deploy Theta optical tensiometer and make manual for the device. Also, the behavior of parquet lacquer was studied by measuring the static contact angle. The contact angle between top lacquer on primer lacquer and top lacquer on itself was measured. The effect of drying times and gloss level on the measurements was observed. The measurements were made in standard conditions to eliminate error by variation of conditions.

The results suggest that the drying time has an effect on wetting of parquet. Mainly, the contact angle rises when the drying time increased. No conclusion can be drawn on how gloss level affects the contact angle. The differences between semi matt and semi gloss lacquers emerge mainly on two-component lacquers.

It would be wise to find out if there are dispenser tips which would act better with lacquer. At the moment the timing and possibly also reliability of measurements will suffer. In the future it would be wise to investigate if dynamic contact angle measurement gives valuable information on the behavior of parquet lacquer.

Key words: surface tension, contact angle, surface free energy

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TEORIA	7
2.1	Pintajännitys.....	7
2.2	Pintaenergia ja vapaa pintaenergia.....	8
2.3	Kontaktikulma ja kastuminen	9
2.4	Kontaktikulman mittaaminen	10
2.4.1	Sessiili pisara.....	10
2.4.2	Vangittu kupla.....	11
2.4.3	Vino lautanen	11
2.4.4	Wilhelmyn levy.....	12
3	LAITTEISTO	13
3.1	Thetan ominaisuudet.....	13
3.2	Thetan rakenne.....	15
4	KOKEELLINEN TYÖ.....	16
4.1	Tutkimuksen tavoite	16
4.2	Tutkittavat näytteet	16
4.3	Työn suoritus	17
4.3.1	Pintalakan kontaktikulma pohjalakan päällä.....	17
4.3.2	Pintalakan kontaktikulma saman pintalakan päällä	18
4.3.3	Pinta-aktiivisen aineen pitoisuuden lisäys	18
5	MITTAUSTULOKSET.....	19
5.1	Pintalakan kontaktikulma pohjalakan päällä	19
5.2	Pintalakan kontaktikulma saman pintalakan päällä	29
5.3	Pinta-aktiivisen aineen pitoisuuden lisäys	31
6	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	40
	Liite 1. Kontaktikulmien arvot	40
	Liite 2. Thetan käyttöohjeet.....	43

LYHENTEET JA TERMIT**Lyhenteet**

PH	puolihimmeä
PK	puolikiiltävä
PL	pintalakka

Termit

emulsio	seos, kahden luonnostaan toisiinsa sekoittumattoman nesteen välillä
absorptio	molekyylien imeytyminen nesteeseen, kaasuun tai kiinteään aineeseen
adsorptio	tapahtuma, jossa kaasu tai neste muodostaa kalvon kiinteään aineen pintaan
adheesio	kahden aineen välinen vetovoima
reologia	oppi, jossa tutkitaan fluidin virtauksia ja muodonmuutoksia
tiksotropia	aineen ominaisuus, jossa viskositeetti pienenee ainetta sekoitettaessa
ristisilloittuminen	silloittuminen molekyyliketjujen välillä
pinta-aktiivinen aine	eli tensidi pienentää vesiliuoksen pintajännitystä tunkeutulla vesimolekyylien väleihin

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on tutkia lakan levittymistä kontaktikulmaa mittaamalla. Kontaktikulmaa mitataan pohjalakatun parketin ja pintalakkapisaran välillä. Mittaukset suoritetaan Kiilto Oy:n tuotekehitysosastolle hankitulla Theta tensiometrillä. Theta on optinen tensiometri, jolla voidaan mitata kontaktikulman lisäksi myös nesteiden pintajännitystä.

Lakat ovat erittäin herkkä tuoteryhmä, joiden käyttäytymiseen vaikuttaa useat eri tekijät, kuten lämpötila, kuivumisajat sekä ilman suhteellinen kosteus. Joillakin lakkayhdistelmillä ilmenee levittymisongelmia, jossa pintalakka ei levity tasaisesti. Mitatuilla arvoilla toivotaan olevan apua uusien tuotteiden kehityksessä sekä laadunvalvonnassa. Jatkossa voidaan seurata kuinka lakan käyttäytyminen muuttuu, jos reseptiin tehdään muutoksia.

Tavoitteena on ottaa käyttöön tensiometri sekä kirjoittaa käyttöohjeet kontaktikulman mittaamiseen. Suoritetaan mittauksia erilaisilla tuotteilla ja tutkitaan mitkä tekijät vaikuttavat kontaktikulman vaihteluun. Tutkitaan mitä vaikutusta kontaktikulmaan on kuivumisajalla, kiiltoasteella, pinta-aktiivisen aineen lisäyksellä sekä raaka-aineen muuttamisella. Pintalakka pisaran muodostamaa kontaktikulmaa mitataan pohja- ja pintalakuilla parketeilla.

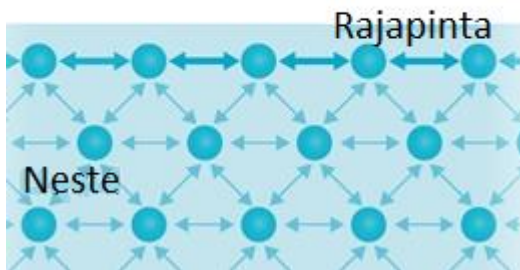
Aiheeseen liittyvästä teoriasta tehdään kirjallisuuskatsaus sekä perehdytään Thetan ominaisuuksiin.

2 TEORIA

2.1 Pintajännitys

Pintajännityksellä tarkoitetaan jännitystä nesteen pinnalla, jonka aiheuttavat nesteen molekyylien väliset vetovoimat eli koheesiovoimat. Koheesiovoimat vaikuttavat pienellä alueella molekyylin ympärillä. Molekyylin ollessa kokonaan nesteen sisällä, vaikuttaa siihen ympäröivien molekyylien vetovoimat joka puolelta. Nämä yhtä suuret voimat kumoavat toisensa. Molekyylin ollessa pinnalla, osa voimista jää kumoutumatta ja molekyyliin vaikuttaa vetovoima pinnan alta (kuva 1). Tämä saa pinnan supistumaan. Nestepisaran pallomaisuus johtuu nesteen pyrkimyksestä saavuttaa mahdollisimman pieni pinta-ala. Koheesiovoimia ovat mm. molekyylien väliset heikot van der Waalsin voimat sekä vesimolekyylien väliset vahvat vetysidokset. (Aulanko 2006,12)

Kaasu



KUVA 1. Molekyyleihin vaikuttavat koheesiovoimat (Attention: surface tension, muokattu)

Nesteen pinta-alan kasvaessa tekee se työtä (W) pintajännitystä vastaan, joka pyrkii minimoimaan pinta-alan. Tämä työ voidaan laskea yhtälön (1) avulla:

$$\partial W = \gamma \partial A \quad (1)$$

jossa ∂A on pinta-alan kasvu ja γ on pintajännitys. (Goodwin 2009, 16)

Pintajännitys aiheuttaa mm. kapillaari-ilmiön sekä mahdollistaa hyönteisten liikkumisen veden pinnalla. Pintajännityksen suuruus riippuu nesteestä, siinä esiintyvien molekyylien välisen voimien suuruudesta. Esimerkiksi vesimolekyylien välisen vetysidoksen

koheesiot ovat hyvin suuria, kun taas vesimolekyylien ja muiden nestemolekyylien välinen koheesio on merkittävästi alhaisempi. (Aulanko 2006,12)

Veden pintajännitystä voidaan pienentää lisäämällä siihen tensidejä eli pinta-aktiivisia aineita, kuten pesu- ja puhdistusaineita. Myös lämpötilan kohoaminen heikentää molekyylien välisiä koheesiovoimia pienentäen pintajännitystä. (Goodwin 2009, 212)

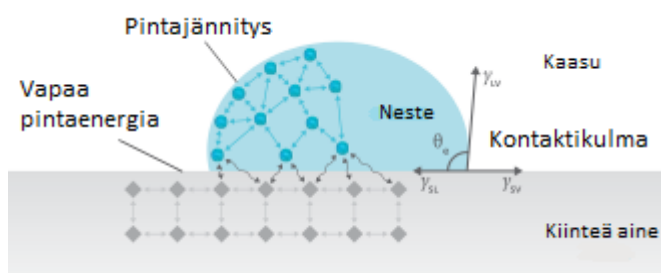
Pintajännityksestä käytetään yleisesti yksikköä N/m, jota käytetään muodossa mN/m. Voidaan myös käyttää yksikköä dyne/cm, joka $1 \text{ dyne/cm} = 1 \text{ mN/m}$. Nesteiden pintajännitykset vaihtelevat noin 20 – 1000 mN/m välillä. (Barnes & Gentle 2005, 9)

TAULUKKO 1. Nesteiden pintajännityksiä

Neste	Pintajännitys (mN/m)
Vesi	72,8
Tolueeni	28,4
Asetoni	25,2
Elohopea	425,4

2.2 Pintaenergia ja vapaa pintaenergia

Pintajännityksen yksikkönä voidaan myös käyttää J/m^2 . Näin ollen pintajännitystä voidaan luonnehtia pintaenergiana. Kiinteän aineen pintajännitystä kutsutaan vapaaksi pintaenergiaksi (Surface free energy). Kiinteän aineen koostumus estää molekyyliä liikumasta nesteen molekyylien tavoin, eikä se pysty spontaanisti supistumaan minimoidakseen pinta-alaansa. Kiinteän aineen vapaata pintaenergiaa ei voi suoraan mitata toisin kuin nesteen pintaenergiaa eli pintajännitystä. Kiinteän aineen vapaan pintaenergian voi laskea, kun tiedetään nesteen tunnetut ominaisuudet ja mitatut kontaktikulmat. (Erbil 2006, 284)

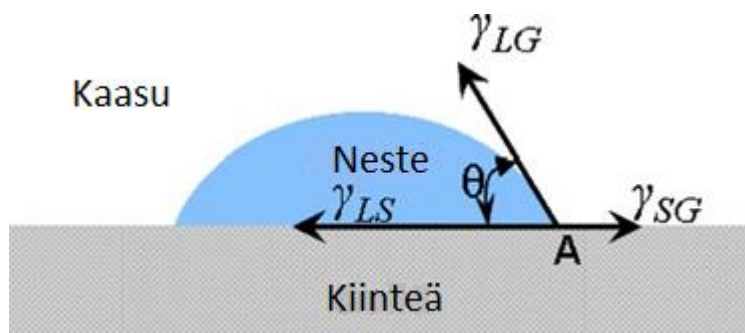


KUVA 2. Käsitteet (Attension: optical tensiometers, muokattu)

2.3 Kontaktikulma ja kastuminen

Pienen nestemäärän asettaminen kiinteälle alustalle saa aikaan pisaran, joka peittää rajallisen alueen alustasta. Kontaktikulmaksi kutsutaan kulmaa nesteen pinnan ja kiinteän pinnan rajapinnan välillä. Se on yleisin tapa luonnehtia kiinteän pinnan kastumista. (Goodwin 2009, 192)

Teoriassa kontaktikulma voi saada arvoja väliltä $0^\circ - 180^\circ$, käytännössä kuitenkin näihin ääripäihin pääseminen on erittäin vaikeaa. Kontaktikulman ollessa alle 90° , pinta kastuu. Pinta kastuu täydellisesti, jos kulma on lähellä nollaa. Tämä voidaan havaita puhtaan lasin ja veden välillä. Mikäli kontaktikulma on yli 90° , pinta ei kastu. Kyseisessä tilanteessa voidaan puhua pinnan kastumattomuudesta. Hyvä esimerkki kastumattomuudesta on elohopean muodostama noin 150° kulman Teflon pinnalla. (Goodwin 2009, 192-193)



KUVA 3. Nestepisaran ja kiinteän aineen rajapinta (Springerimages, muokattu)

Pisaran kastellessa kiinteän pinnan saavuttaa se tasapainotilan, jolloin pisaran pinta-ala ei enää muutu (kuva 3). Tätä tilaa voidaan kuvata voimien välisenä tasapainotilana kiinteällä pinnalla ja se voidaan esittää Youngin kaavan mukaisesti:

$$\gamma_{SG} = \gamma_{LS} + \gamma_{LG} \cos\phi \quad (2)$$

jossa γ on pintajännitys tai vapaa pintaenergia. (Erbil 2006, 309)

Pisaran kastumiseen kiinteälle pinnalle vaikuttaa itse pinnan karkeus. Pinnan ollessa epätasainen se estää pinnan kastumista. Kontaktikulman mittausta voidaan suorittaa, kun pisaran on saavuttanut tasapainotilan. Tätä kutsutaan staattiseksi kontaktikulmaksi. Staattisessa kontaktikulmamittauksessa tulos saadaan mittauksien keskiarvosta. Tämä

voi johtaa virheeseen kiinteän pinnan epäsäännöllisyyden takia, joka johtaa tulosten vaihteluun. Dynaamiset kontaktikulmat ovat mahdolliset ääriarvot mitatulla kontaktikulma alueella. Mittaukset suoritetaan pisaran ja kiinteän aineen rajapinnan ollessa liikkeessä eli silloin kun kastuminen on vielä kesken. Voidaan mitata, joko etenevää tai vetäytyvää kontaktikulmaa. Näiden maksimi-arvojen eroa kutsutaan kontaktikulma hystereesiksi. (Attension, dynamic contact angle)

2.4 Kontaktikulman mittaaminen

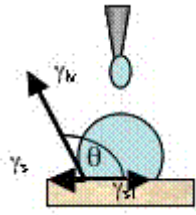
Kontaktikulman mittaamiseen on kehitelty useita eri menetelmiä. Menetelmän valintaan vaikuttavat mm. pinta ja sen karkeus, mitataanko staattista vai dynaamista kontaktikulmaa. Mittauksiin tarvitaan Thetan kaltaisia kaupallisia tensiometrejä, joita on kahta eri mallia – voima sekä optinen tensiometri. Voima tensiometri mittaa läsnä olevia voimia, kun kiinteä pinta tuodaan tutkittavaan nesteeseen. Tietoja voidaan käyttää hyväksi kontaktikulman mittaamiseen. Optinen tensiometri määrittää kontaktikulman kuvan perusteella. Alla olevat kolme ensimmäistä mittaamenetelmää suoritetaan optisella tensiometrillä, viimeinen voima tensiometrillä. (Attension, dynamic contact angle)

Thetan annostelija asettaa lakkapisaran parketin pintaan, jolloin pisara kastelee parketin pinnan siten, että ihminen ei vaikuta tapahtumaan. Todellisuudessa lakka levitetään jollakin levitysvälineellä, kuten lastalla parketin pintaan. Tällöin puhutaan lakan levittämisestä. Oikean levitysvälineen valinnalla on suuri vaikutus lakan toimivuuteen, koska usein lakat on suunniteltu toimivaksi optimaalisesti vain tietyillä levitysvälineillä. Mittauksissa saaduista tuloksista ei siis voi tehdä johtopäätöksiä siitä, kuinka hyvin lakka saadaan levittymään.

2.4.1 Sessiili pisara

Sessiili pisara -menetelmä (Sessile drop method) on käytetyin tapa kontaktikulman mittaamiseen ja myös Theta käyttää sitä. Nestepisara asetetaan kiinteälle pinnalle ruiskulla. Menetelmällä voidaan mitata sekä staattista että dynaamista kontaktikulmaa. Dynaamisessa kontaktikulma mittauksessa joko lisätään tai imetään nestettä riippuen siitä halutaanko mitata kontaktikulman etenemistä vai vetäytymistä. Staattisessa kontaktikulma mittauksessa pisara asetetaan kiinteälle pinnalle ja sen annetaan kastua kunnes se on saavuttanut tasapainotilan. Vasta tämän jälkeen mitataan kontaktikulman suuruus. Ka-

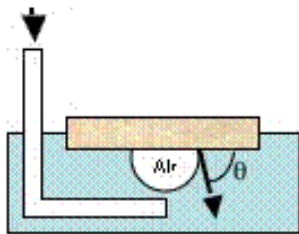
mera kuvaa prosessia, jonka avulla tietokone laskee kontaktikulman. Neste pisaran tulee olla tarpeeksi iso, jotta ruiskun neula ei vaikuta pisaran kaarevuuteen. (Goodwin 2009, 195)



KUVA 4. Sessiili pisara -menetelmän kuvaus (UWEB, muokattu)

2.4.2 Vangittu kupla

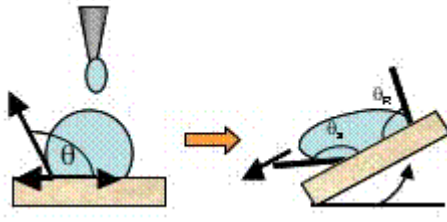
Vangittu kupla -menetelmässä (Captive bubble method) kiinteä pinta on upotettu nesteeseen. Ruiskulla muodostetaan ilmakupla nesteeseen ja se asetetaan kiinteälle pinnalle. Myös tässä tapauksessa kamera kuvaa prosessia ja tietokone laskee kontaktikulman. Kuplaa suurentamalla saadaan mitattua vetäytyvää kulmaa ja pienentämällä sitä etenevää kulmaa eli menetelmää käytetään dynaamiseen kontaktikulma mittaukseen. (Goodwin 2009, 195-196)



KUVA 5. Vangittu kupla -menetelmän kuvaus (UWEB, muokattu)

2.4.3 Vino lautanen

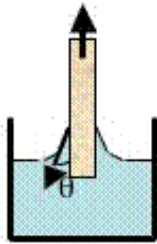
Vinon lautasen -menetelmää (Tilted plate method) käytetään dynaamisen kontaktikulman mittaamiseen. Pisara asetetaan kallistetulle tasolle ja sitä kallistetaan kunnes pisara alkaa liikkua. Menetelmän etuna on mahdollisuus mitata etenevä ja vetäytyvä kontaktikulma samaan aikaan pisaran eri puolilta. (Goodwin 2009, 197)



KUVA 6. Vinoa lautanen -menetelmän kuvaus (UWEB, muokattu)

2.4.4 Wilhelmin levy

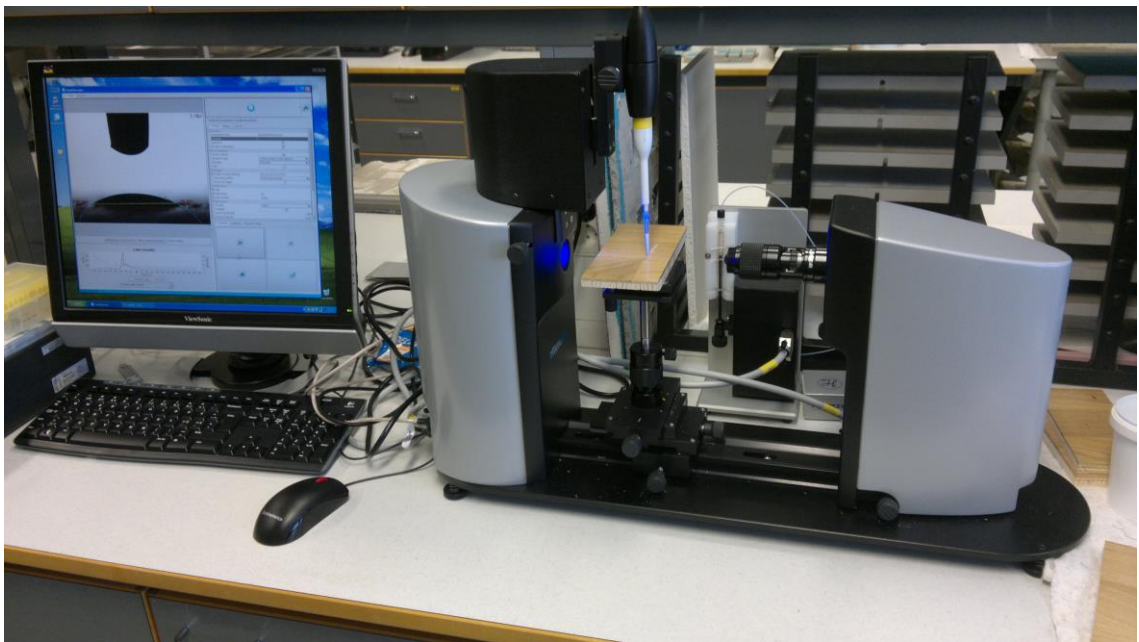
Wilhelmin levy -menetelmässä (Wilhelmy plate method) sovelletaan samaa välineistöä mitä voidaan käyttää nesteen pintajännityksen mittaamiseen. Jos nesteen pintajännitys on tiedossa, voidaan mittauksesta saatuja tietoja käyttää kontaktikulman laskemiseen. Kyseessä on dynaaminen kontaktikulma mittaus ja se suoritetaan voima tensiometrillä. Etenevää ja vetäytyvää kulmaa voidaan mitata muuttamalla lautasen upottamisen syvyyttä. (Goodwin 2009, 196-197)



KUVA 7. Wilhelmin levy -menetelmän kuvaus (UWEB, muokattu)

3 LAITTEISTO

Theta on optinen tensiometri, jolla on valmiudet mitata pintajännitystä, rajapinnan jännitystä, vapaata pintaenergiaa, pisaran kokoa, pintojen välistä reologiaa sekä staattista ja dynaamista kontaktikulmaa. Ne antavat tietoa materiaalin kastumisesta, adheesiosta, leviämisestä, absorptiosta, adsorptiosta, puhtaudesta, pinnan heterogeenisuudesta ja emulsion vakaudesta. (Attension, Theta). Kuvassa 8 näkyy laitteisto ja sen osien erittely on esitetty kuvassa 10.



KUVA 8. Theta optinen tensiometri (Kuva: Juha Hietaranta 2013)

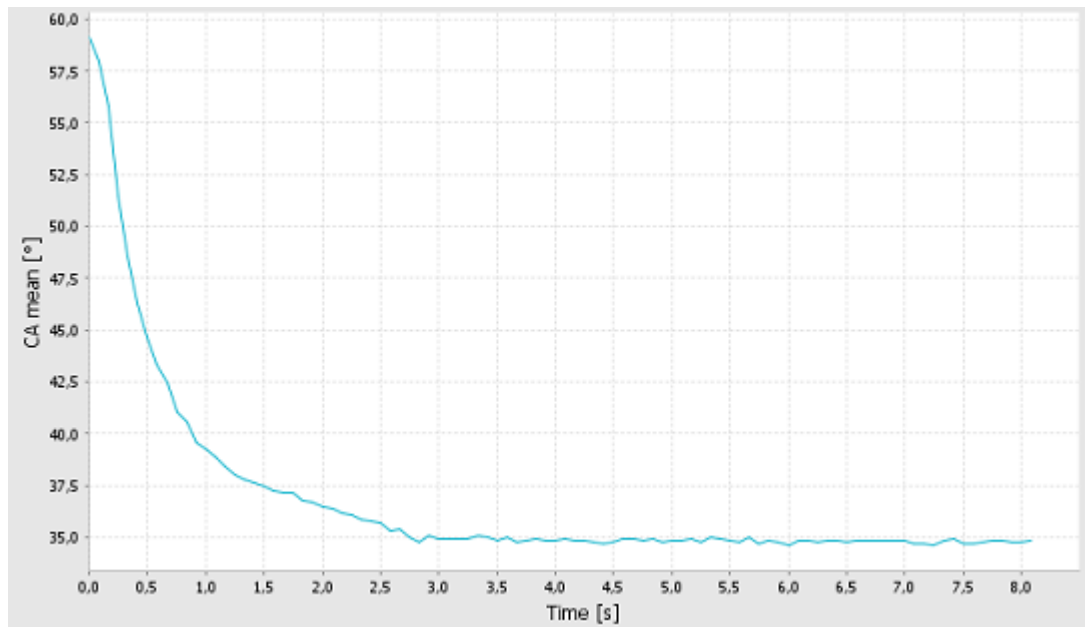
3.1 Thetan ominaisuudet

Thetan käyttämä mittaus perustuu optiseen menetelmään, joten mittauksen onnistuminen perustuu kuvan tarkkuuteen ja sen analysointi ohjelmaan – OneAttensioon. Laite käyttää valonlähteenään kylmää, yksiväristä LED-valoa, joka yhdessä pehmeän valaisuksen kokoavan pallon kanssa estää näytteen haihtumista. Ohjelmisto käyttää Young-Laplace kaavaa pisaran muodon analysoimiseen. (Attension, Theta)

Käytettävissä on kolme eri mittaustapaa riippuen siitä mitä mitataan. Riippuvan pisaran -menetelmällä (Pendant drop method) voidaan mitata nesteen pintajännitystä. Sessiili pisaran -menetelmällä (Sessile drop method) voidaan mitata staattista kontaktikulmaa.

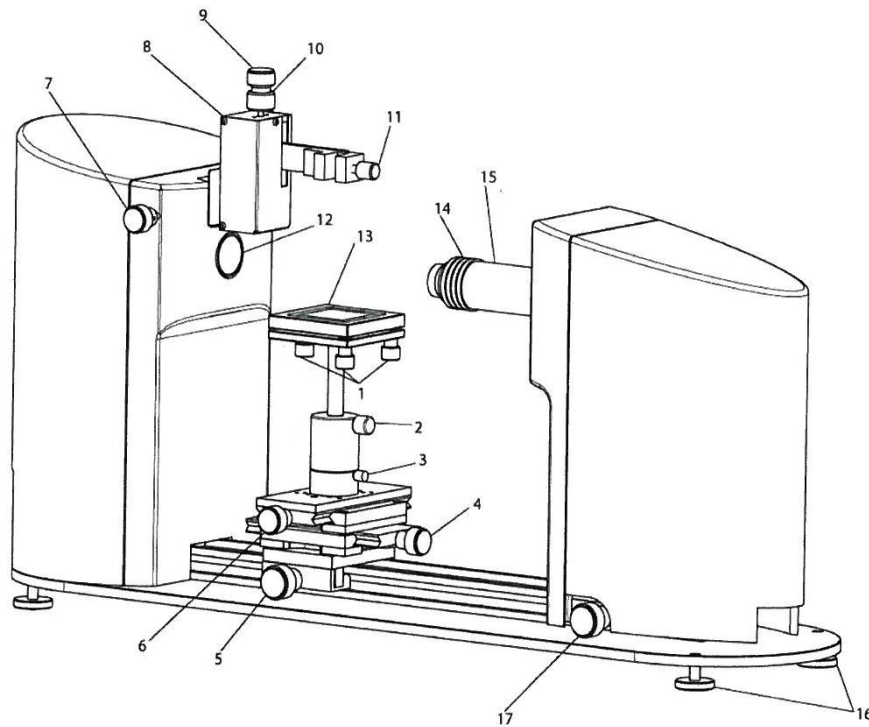
Meniski -menetelmää (Meniscus) voidaan myös käyttää staattisen kontaktikulman mittaamiseen. (Attension, Theta)

Staattisessa kontaktikulmamittauksessa kamera kuvaa pisaran kastumista 10 sekunnin ajan, ottaen 120 kuvaa tänä aikana. OneAttension -ohjelma määrittää kontaktikulman kameran kuvien perusteella molemmilta puolilta pisaraa. Pisaran ja pohjalakatun parke-
tin muodostama kontaktikulma saadaan niiden keskiarvosta. Mittauksissa pisaran kokona käytetään 3 µl. Kameran kuvaa voidaan seurata tietokoneen näytöltä mittauksen ajan. Ohjelma mittaa kontaktikulmaa siitä lähtien, kun pisara irtoaa kärjestä. Kuvassa 10 näkyy kontaktikulman muuttuminen ajan funktiona mittaustilanteessa. Pisara on saavuttanut tasapainotilan 3:n sekuntiin mennessä. Kontaktikulman arvo saadaan, kun lasketaan ohjelmalla keskiarvo 3 sekunnin jälkeen saaduista arvoista.



KUVA 9. Lakkapisaran tasapainotilan saavuttaminen kontaktikulmamittauksessa

3.2 Thetan rakenne



KUVA 10. Thetan rakenne (Attension, installation manual, 4)

- 1 Pöydän tason säätö
- 2 Pöydän korkeuden säätö
- 3 Pöydän korkeuden lukitus
- 4 Pöydän y-suuntainen säätö
- 5 Pöydän raiteen lukitus
- 6 Pöydän x-suuntainen säätö
- 7 Ruiskun sivusuuntainen säätö
- 8 Annostelija
- 9 Ruiskun korkeus säätö
- 10 Annostelijan säätö
- 11 Ruiskun koura
- 12 LED -valo
- 13 Näytepöytä
- 14 Kameran linssin tarkkuuden säätö
- 15 Kameran linssin zoomin säätö
- 16 Tasojalcojen säätö
- 17 Kameran raiteen lukitus

4 KOKEELLINEN TYÖ

Lakkaukset sekä mittaukset suoritettiin vakio-olosuhdehuoneessa, jossa huoneen ilman kosteus oli noin 50 % ja lämpötila noin 23 °C. Pohjalakkaa levitettiin teräslastalla kolme kerrosta valmiiksi sahatuille parketin paloille. Pintalakkaa levitettiin Flotex -lastalla yksi kerros pohjalakatulle parketin palalle. Osa tutkittavista pintalakoista ei ole tarkoitettu levitettäväksi Flotex -lastalla. Sen käyttämiseen kuitenkin päädyttiin pinta-alaltaan pienen parketin palan lakkauksen ja tulosten yhdenmukaistamisen takia.

4.1 Tutkimuksen tavoite

Tarkoituksena oli tutkia pintalakkojen kontaktikulmaa eri pohjalakkojen päällä sekä pintalakan kontaktikulmaa saman pintalakan päällä. Tutkittiin kuivumisaikojen ja kiiltoasteen vaikutusta tuloksiin. Pintalakkoja on markkinoilla eri kiiltoasteilla, tutkimuksiin valittiin kiiltoasteiksi puolihimmeä sekä puolikiiltävä. Pintalakka 7 tuotteesta oli vain yksi kiiltoaste.

Tutkittiin myös miten raaka-aineen vaihtaminen toiseen vaikuttaa kontaktikulmaan Pintalakka 1 lakassa. Pintalakka 2 on lakka, johon raaka-aine on vaihdettu. Vaihdettu raaka-aine oli pinta-aktiivinen aine. Lisäksi tutkittiin miten pinta-aktiivisen aineen pitoisuuden lisäys neljään pintalakkaan vaikuttaa kontaktikulmiin.

4.2 Tutkittavat näytteet

Tutkittavan oli siis viisi pohjalakkaa sekä 13 pintalakkaa (Taulukko 2). Pintalakka 5 ja Pintalakka 6 ovat 2-komponenttisiä lakkoja, joihin sekoitetaan kovete ennen lakkausta. Muut pintalakat ovat 1-komponenttisiä.

TAULUKKO 2. Tutkimuksessa käytettävät lakat

Pintalakka	Pohjalakka
Pintalakka 1 puolihimmeä	Pohjalakka 1
Pintalakka 1 puolikiiltävä	Pohjalakka 2
Pintalakka 2 puolihimmeä	Pohjalakka 3
Pintalakka 2 puolikiiltävä	Pohjalakka 4
Pintalakka 3 puolihimmeä	Pohjalakka 5
Pintalakka 3 puolikiiltävä	
Pintalakka 4 puolihimmeä	
Pintalakka 4 puolikiiltävä	
Pintalakka 5 puolihimmeä	
Pintalakka 5 puolikiiltävä	
Pintalakka 6 puolihimmeä	
Pintalakka 6 puolikiiltävä	
Pintalakka 7	

Pintalakka 1, Pintalakka 3 ja Pintalakka 4 soveltuvat parketti- ja puulattioiden lakkaukseen asuintiloissa. 2-komponenttiset lakat, Pintalakka 5 ja Pintalakka 6, ovat tarkoitettu käytettäväksi hyvää kulutuksen kestoja vaativissa tiloissa, kuten liikuntasaleissa ja julkisissa tiloissa. Pintalakka 7:ää käytetään asuintiloissa sekä julkisissa tiloissa.

4.3 Työn suoritus

Mittaukset suoritettiin ennalta määrättyjen kuivumisaikojen jälkeen, koska kuivumisajalla on suuri merkitys lakan toimivuuden kannalta. Pintalakkapisaran ja lakatun parkeetin palan välinen kontaktikulma saatiin mitattua Thetan käyttämiseen tarkoitettulla OneAttension -ohjelmalla. Jokaista mittausta kohden mitattiin kolme arvoa kontaktikulmalle, joista laskettiin keskiarvo. Nämä kolmen arvoa saivat erota toisistaan enintään 2-3 astetta. Arvoja mitattiin kuitenkin enemmän kuin kolme, koska siten pystyttiin varmistamaan tulosten luotettavuudesta. Mittausten välinen virhe on noin 5 %.

4.3.1 Pintalakan kontaktikulma pohjalakan päällä

Ensimmäisessä tutkimusosassa mitattiin 13 pintalakan kontaktikulmaa viidellä eri pohjalakalla. Pohjalakan kuivumisaikan vaikutusta tuloksiin tutkittiin suorittamalla mittaukset yhden tunnin sekä yhden vuorokauden jälkeen siitä, kun viimeinen pohjalakka kerros oli levitetty. Ensimmäisen ja toisen pohjalakka kerroksen kuivumisaika oli 15 minuuttia. Työssä vertailtiin myös kuivumisaikan sekä kiiltoasteen vaikutusta kontaktikul-

miin. Lisäksi tutkittiin myös miten pinta-aktiivisen aineen vaihtaminen vaikuttaa Pintalakka 1:n kontaktikulmaan.

4.3.2 Pintalakan kontaktikulma pintalakan päällä

Toisessa tutkimusosassa levitettiin kolme pohjalakkakerrosta Pohjalakka 2 pohjalakkaa. Ensimmäisen ja toisen pohjalakkakerroksen kuivumisaika oli 15 minuuttia ja kolmannen kaksi tuntia. Pohjalakan päälle levitettiin kerros pintalakkaa Flotex -lastalla. Mittaukset suoritettiin samalla pintalakalla 2 ja 4 tunnin sekä yli 14 päivän kuivumisen jälkeen. Mittaukset tehtiin 13 eri pintalakalla. Vertailtiin kuivumisajan sekä kiiltoasteen vaikutusta kontaktikulmiin. Tutkittiin myös miten pinta-aktiivisen aineen vaihtaminen vaikuttaa Pintalakka 1:n kontaktikulmaan.

4.3.3 Pinta-aktiivisen aineen lisäys

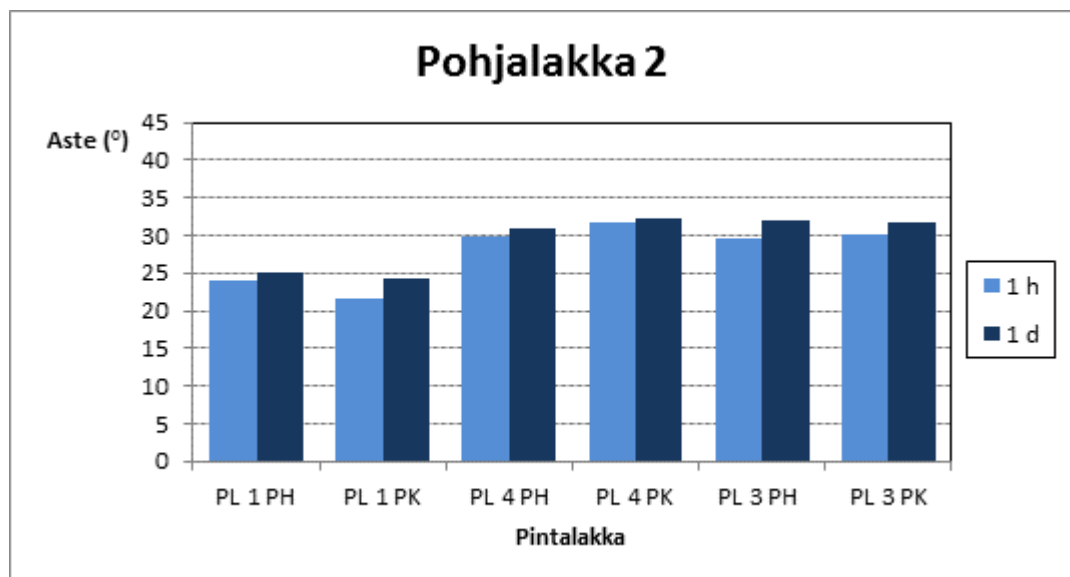
Kolmannessa tutkimusosassa lisättiin pinta-aktiivisen aineen määrää neljään eri pintalakkaan. Pinta-aktiivisella aineella on suuri merkitys nesteen pintajännitykseen ja näin ollen myös kontaktikulman muodostumiseen. Tutkittiin miten pinta-aktiivisen aineen eri pitoisuudet lakassa vaikuttavat kontaktikulmaan. Kolmella lakalla pitoisuuksien lisäykset olivat 0,1 %, 0,2 % ja 0,3 %. Neljännen lakan pinta-aktiivisen aineen pitoisuutta lisättiin 0,1 %, 0,3 % ja 0,5 %. Pohjalakkaukseen käytettiin Pohjalakka 1. Ensimmäisen ja toisen pohjalakkakerroksen kuivumisaika oli 15 minuuttia ja kolmannen vuorokausi. Pintalakkapisara annosteltiin vuorokauden kuivuneelle pohjalakka pinnalle.

Vertailtiin pinta-aktiivisen aineen pitoisuuden lisäyksen vaikutusta kontaktikulmiin. Pinta-aktiivisen aineen lisäämisen tiedetään pienentävän nesteen pintajännitystä, jonka näin ollen pitäisi myös pienentää kontaktikulmaa. Liian suuri annostus pinta-aktiivista ainetta heikentää, ainakin joidenkin lakkojen levittyvyyttä. Valitut lakat olivat kiiltoasteeltaan puolihimmeitä.

5 MITTAUSTULOKSET

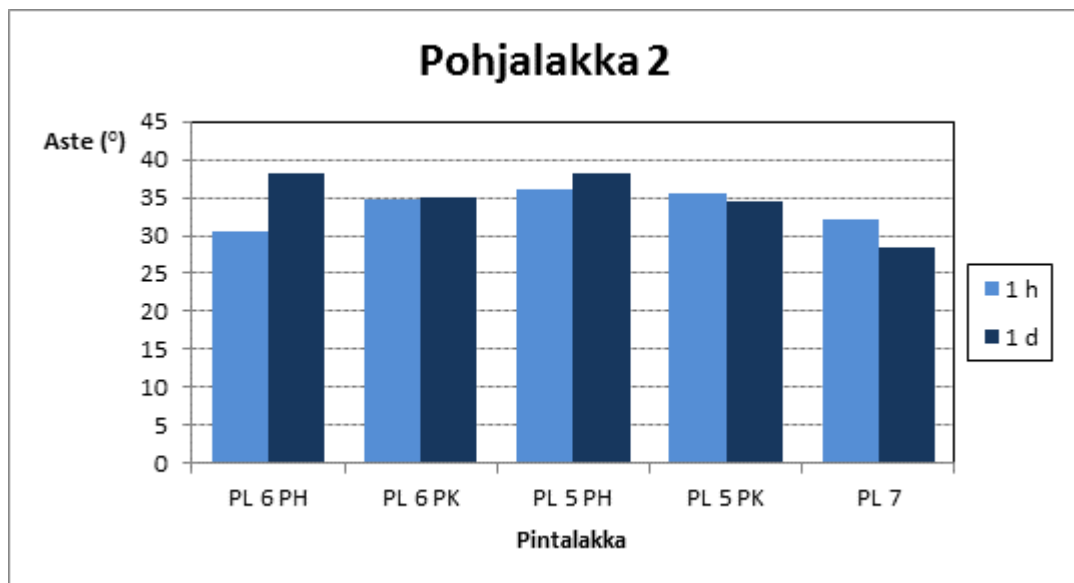
5.1 Pintalakan kontaktikulma pohjalakan päällä

Kuviosta 1 nähdään kuinka Pohjalakka 2:lla lakattu parketti kastuu paremmin Pintalakka 1:llä kuin Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 pintalakoilla, joilla kontaktikulmat ovat yhdenmukaiset. Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 ovat kemialliselta koostumukseltaan ja levitysteknisiltä ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisia lakkoja, joten tulos oli odotettu. Kiihtoasteella ei näyttäisi olevan vaikutusta niiden kontaktikulmiin. Pintalakka 1 puolihiemme kontaktikulmat ovat hieman puolihiemävää suurempia. Vuorokauden kuivumisajalla kontaktikulmat ovat hienoisessa kasvussa eli sen perusteella voisi todeta, että pintalakkojen levittyminen Pohjalakka 2 päällä olisi parempaa 1 tunnin kuivumisen jälkeen verrattuna 1 vuorokauden kuivumiseen. Todellisuudessa Pintalakka 1:llä on ollut tietyissä oloissa ongelmia toimivuuden kanssa kyseisellä pohjalakalla. Mitatut kontaktikulmat ovat pienimmät mitä kyseinen pintalakka sai viidellä eri pohjalakka pinnalla. Tämän perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että Pintalakka 1:n käyttäytyminen paranee pohjalakka 2:n pinnalla kuivumisajan pidentyessä.



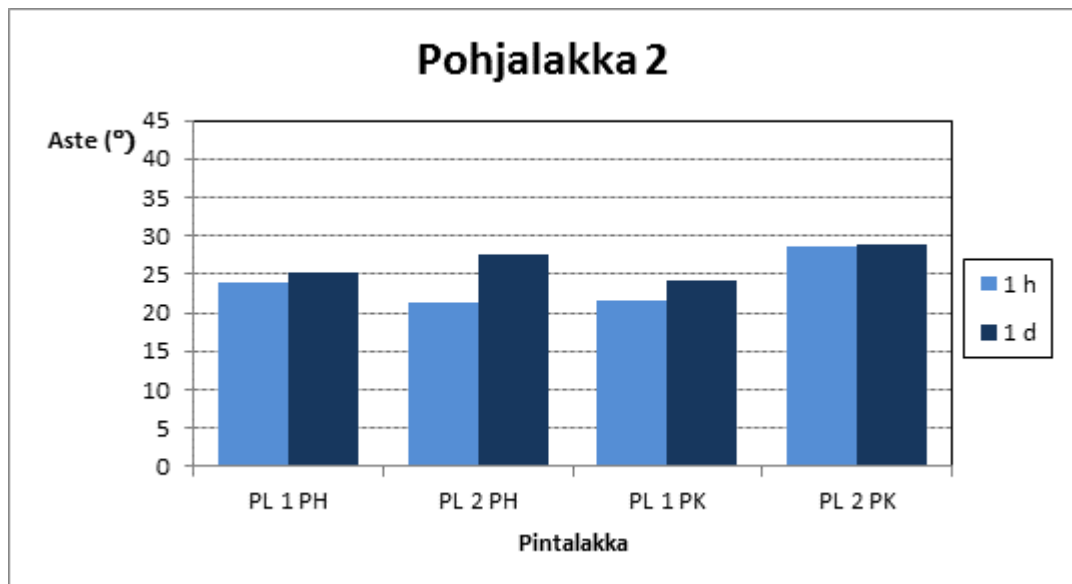
KUVIO 1. 1-komponenttisten pintalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 2 pinnalla

Kuviosta 2 nähdään että, 2-komponenttiset lakat muodostavat suhteellisen samanlaiset kontaktikulmat keskenään, ainoa iso ero syntyy Pintalakka 6 puolihimmeän kuivumisajan kasvaessa vuorokauteen. Kyse on mahdollisesti virheestä. 2-komponenttilakat ovat käyttökelpoisia 6 tuntia kovetteen sekoituksen jälkeen. Tuotteiden käyttäytyminen ja viskositeetti muuttuvat tänä aikana ristosilloitumisen myötä. Mittauksissa tapahtuvista mahdollisista virheistä on kerrottu tarkemmin pohdinnassa. Pintalakka 7:n kontaktikulmat ovat samaa tasoa muiden 1-komponenttilakkojen kanssa, jotka ovat kuvattuna kuviossa 1. Kastuminen paranee vuorokauden kuivumisajalla.



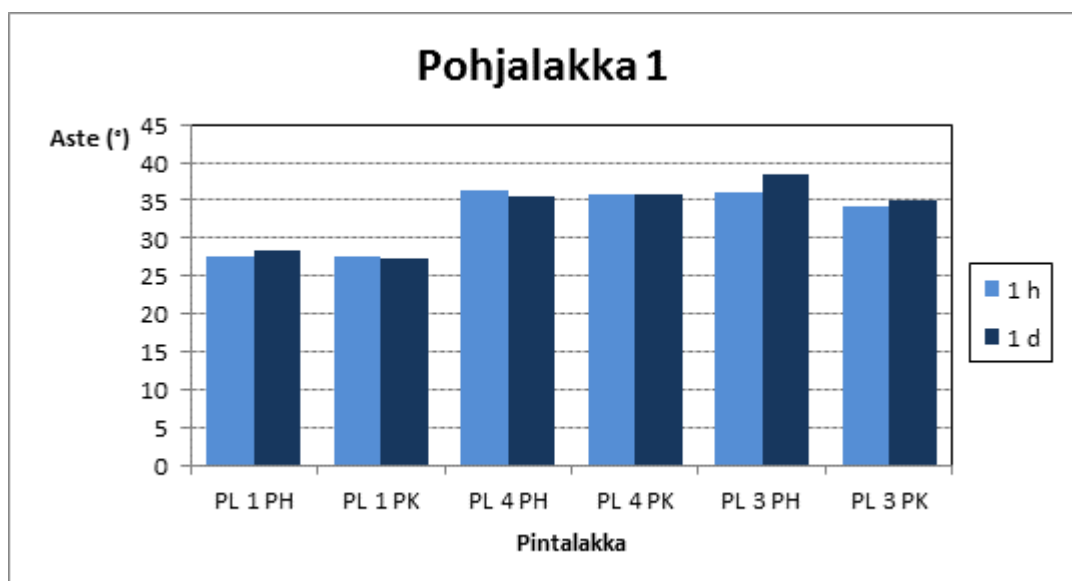
KUVIO 2. 2-komponenttisten ja Pintalakka 7 pintalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 2 pinnalla

Kuviosta 3 nähdään pinta-aktiivisen aineen vaihdoksen vaikutus Pintalakka 1:n kontaktikulmiin Pohjalakka 2 pinnalla. Vaihdos korottaa kontaktikulmia puolikiiltävien lakkojen välillä. Puolihimmeään lakkaan vaihdos vaikuttaa kontaktikulmaan alentavasti 1 tunnin kuivumisajalla. Vuorokauden kuivumisajalla kontaktikulma kasvaa. Pinta-aktiivisen aineen vaihdos muuttaa lakan käyttäytymistä.



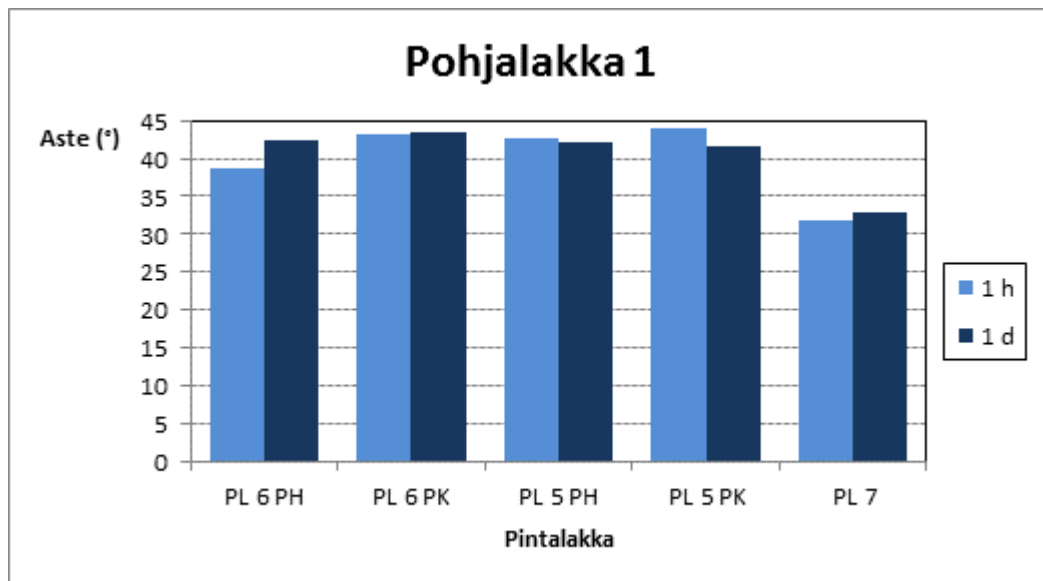
KUVIO 3. Pinta-aktiivisen aineen vaihdoksen vaikutus Pintalakka 1:n kontaktikulmiin Pohjalakka 2 pinnalla

Kuviosta 4 nähdään, että Pohjalakka 1:llä pohjalakattu parketti kastu selvästi paremmin Pintalakka 1:llä kuin Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 pintalakoilla. Kontaktikulmien välinen suuruusero on suurempi kuin mitä se on Pohjalakka 2 pohjalakalla kuviossa 1. Ero johtuu lähinnä Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 pintalakkojen suuremmista kontaktikulmista Pohjalakka 1 pinnalla. Kuivumisajalla ei ole merkittävää vaikutusta tuloksiin vaikka pieni ero tulee Pintalakka 3 puolihimmeän kuivumisajoilla, mutta tämä menee kuitenkin virherajoihin. Myöskään kiiltoasteella ei ole merkittävää vaikutusta tuloksiin.



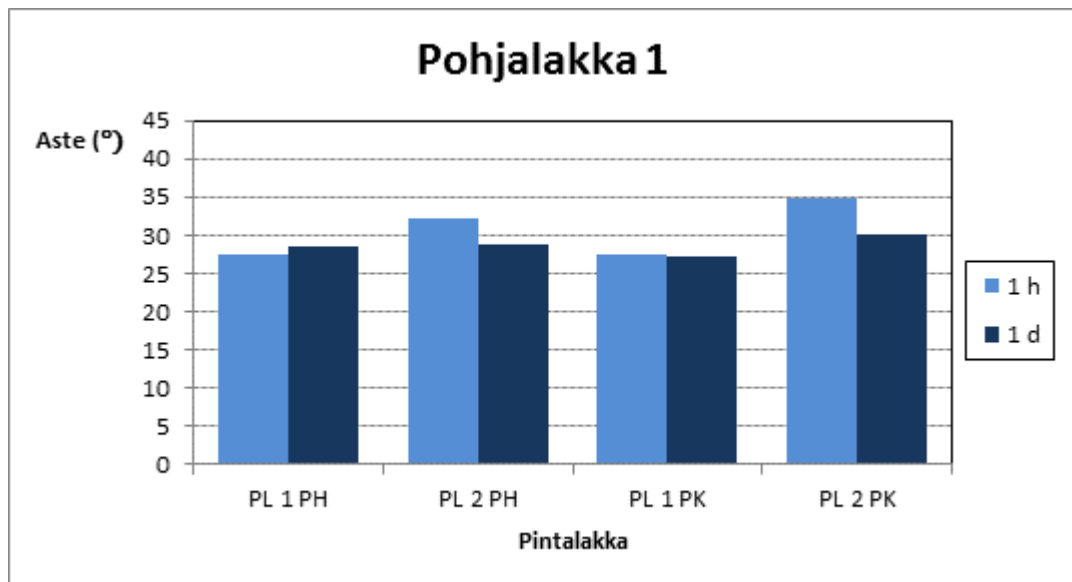
KUVIO 4. 1-komponenttisten pintalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 1 pinnalla

Kuviosta 5 nähdään kontaktikulmien olevan 2-komponenttilakoilla hyvin samanlaiset keskenään. Ainoan merkittävän eron kuivumisaikojen välillä muodostaa Pinalakka 6 puolihimmeä, jonka kontaktikulma kasvaa kuivumisajan pidentyessä. 2-komponenttilakat kastelevat huonommin Pohjalakka 1 pintaa kuin Pohjalakka 2 pintaa kuviossa 2. Pinalakka 7:n kontaktikulmia verrattaessa muihin 1-komponenttilakkoihin kuviossa 4, nähdään niiden olevan Pinalakka 1:n kontaktikulmia suurempia ja Pinalakka 4:n ja Pinalakka 3:n vastaavia pienempiä. Kuivumisajalla ei ole vaikutusta Pinalakka 7:n kontaktikulmaan.



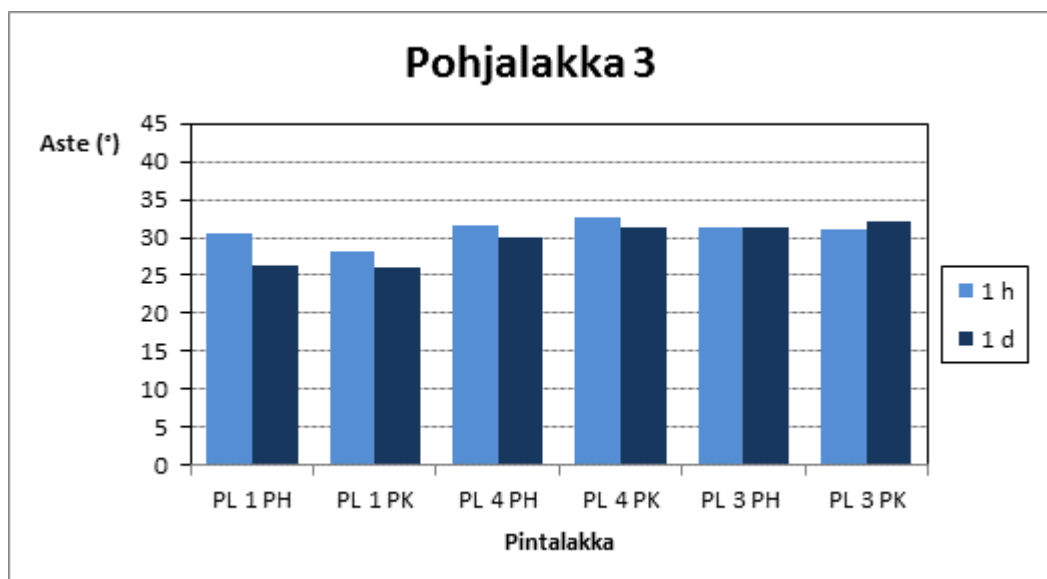
KUVIO 5. 2-komponenttisten ja Pinalakka 7 pinalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 1 pinnalla

Kuviosta 6 nähdään, että Pinalakka 2:n kiiltoasteet muodostavat trendiltään erilaiset kontaktikulmat kuin Pinalakka 1:n kiiltoasteet. Pinta-aktiivisen aineen vaihdos saa aikaan kontaktikulmien kasvua 1 tunnin kuivumisajalla.



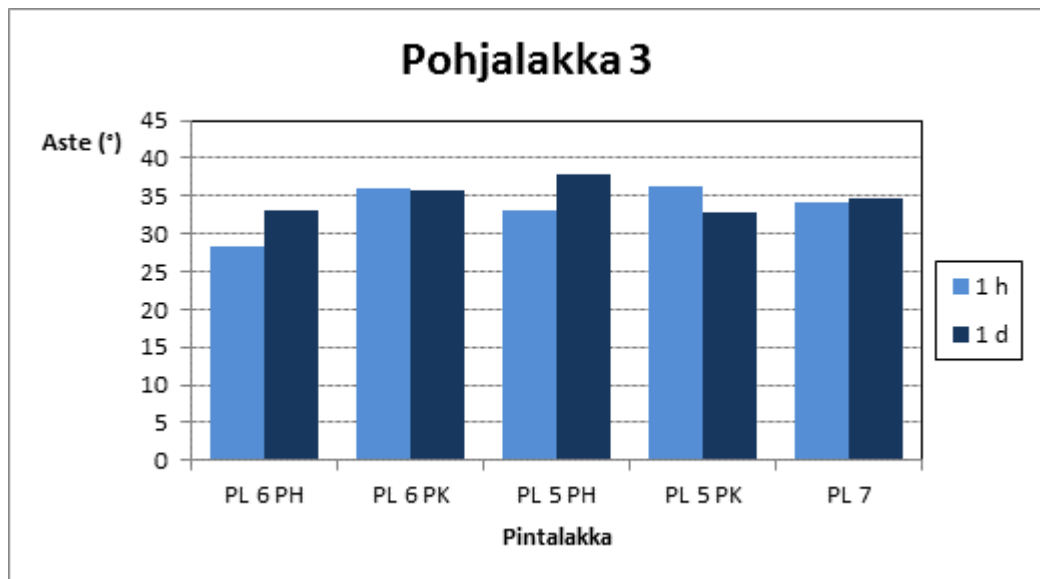
KUVIO 6. Pinta-aktiivisen aineen vaihdoksen vaikutus Pintalakka 1:n kontaktikulmiin Pohjalakka 1 pinnalla

Kuviosta 7 nähdään Pintalakka 1 pintalakan kontaktikulmien laskevan kuivumisajan pidentyessä vuorokauteen. Pohjalakka 3 pinta siis kastuu paremmin vuorokauden kuivumisajalla. Puolihiemmeän muutos on suurempi. Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 muodostavat samansuuruisia kontaktikulmia. Kuivumisaikojen välille muodostuu vähäistä eroa. Niiden kontaktikulmat ovat samaa tasoa kuin Pohjalakka 2 pinnalla kuviossa 1 ja pienempiä kuin Pohjalakka 1 pinnalla kuviossa 4.



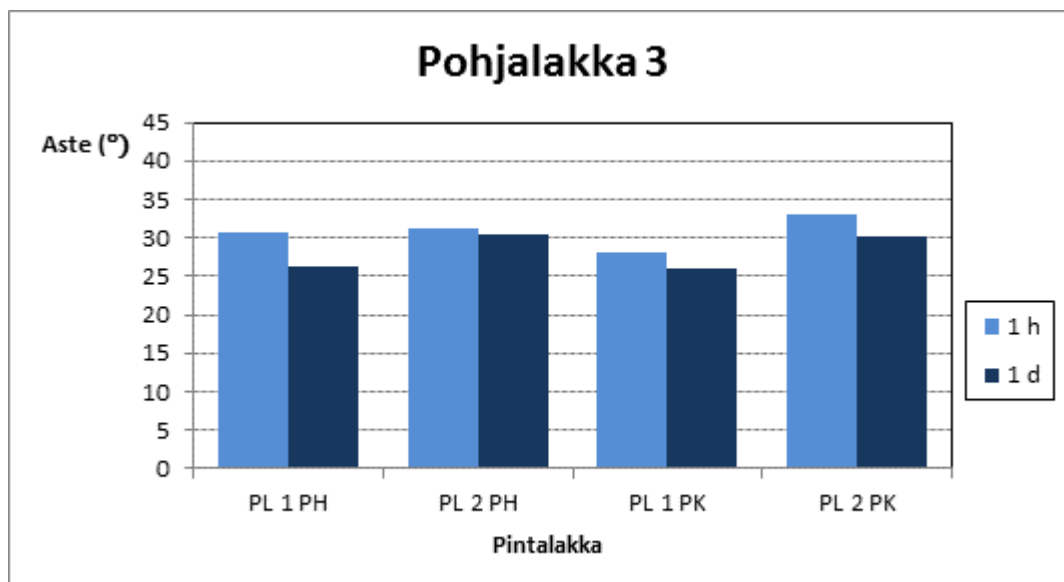
KUVIO 7. 1-komponenttisten pintalakkujen kontaktikulmat Pohjalakka 3 pinnalla

Kuviosta 8 nähdään 2-komponenttilakkojen kontaktikulmien vaihtelevan suuresti kiiltoasteiden välillä. On epätodennäköistä, että kiiltoasteella olisi noin suuri vaikutus kontaktikulmaan Pohjalakka 3 pinnalla. Kyse voi olla ristisilloittumisesta tai sitten mittausvirheestä, joka tapahtuu annostelijan kärjen laskiessa liian lähelle parkettipintaa. Kärki painaa lakkapisaraa parkettipinnalle ja näin ollen levittää sitä parkettipinnalle. Kontaktikulmalle saadaan tässä tilanteessa todellista alhaisempi arvo. Pintalakka 7 ei muodosta eroa kontaktikulmaan kuivumisaikojen välillä. Pohjalakka 3 pinnalla sen kontaktikulmat ovat suurempia kuin mitä ne ovat toisilla 1-komponenttilakoilla, kuten nähdään kuviosta 7.



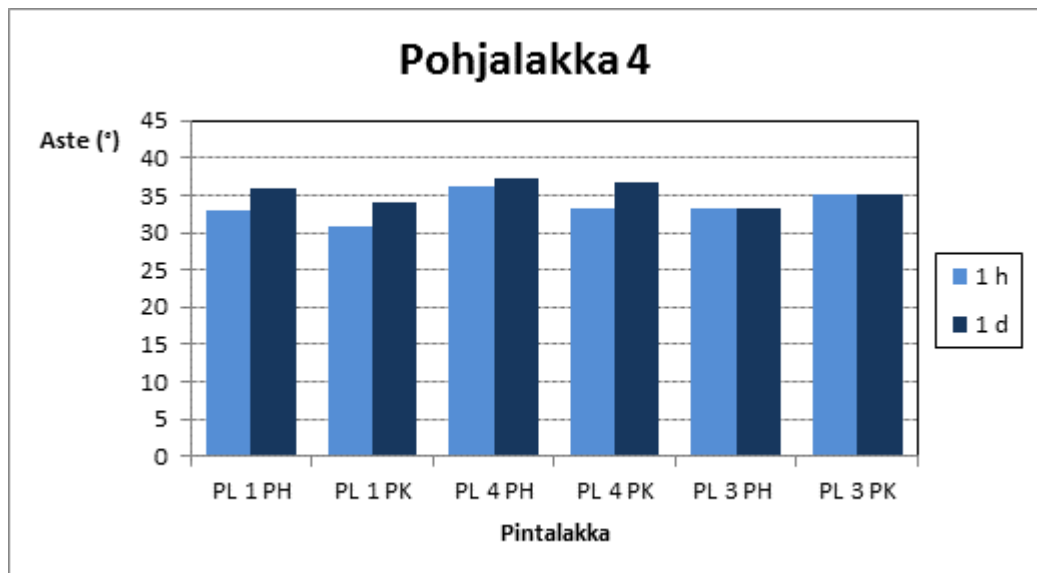
KUVIO 8. 2-komponenttisten ja Pintalakka 7 pintalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 2 pinnalla

Kuviosta 9 nähdään puolikiiltävien lakkojen muodostavan trendiltään samanlaiset kontaktikulmat, Pohjalakka 3 pinta kastuu paremmin vuorokauden kuivumisajalla. Pintalakka 2 puolihimmeä ei muodosta eroa kontaktikulmaan kuivumisaikojen välillä toisin kuin Pintalakka 1 puolihimmeä, jonka kontaktikulma pienenee kuivumisajan pidentyessä. Pinta-aktiivisen aineen vaihdos korottaa puolikiiltävän kontaktikulmia molemmilla kuivumisajoilla.



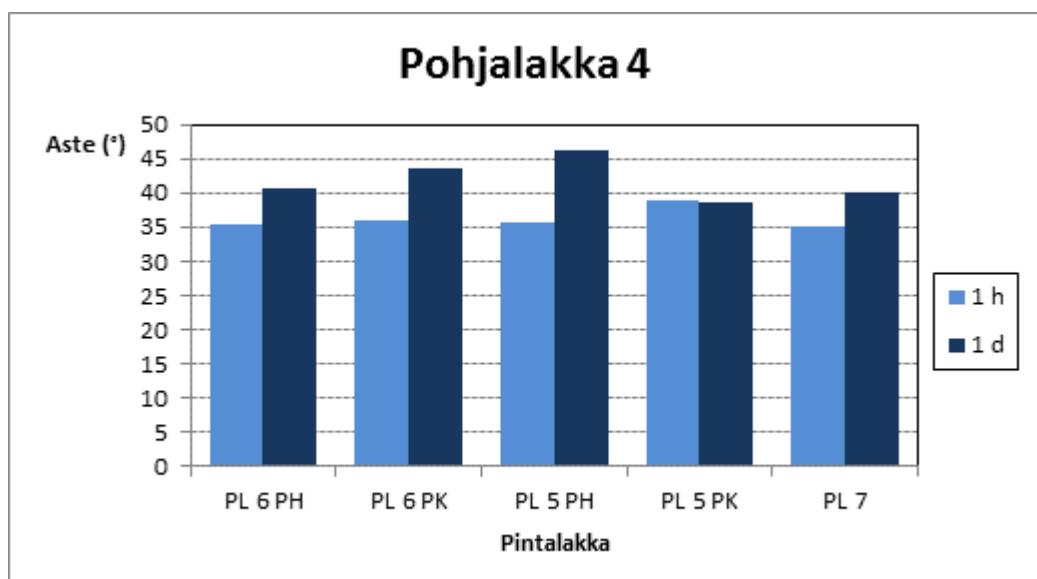
KUVIO 9. Pinta-aktiivisen aineen vaihdoksen vaikutus Pintalakka 1:n kontaktikulmiin Pohjalakka 3 pinnalla

Kuviosta 10 nähdään, että Pintalakka 1 muodostaa suurimmat kontaktikulmat Pohjalakka 4 pinnalla kuin neljän muun pohjalakan päällä. Kastuminen on Pintalakka 1:n osalta parempaa 1 tunnin kuivumisajalla. Pintalakka 1:llä on ollut tietyissä oloissa ongelmia toimivuuden kanssa Pohjalakka 4 pinnalla. Tämän perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että Pintalakka 1:n käyttäytyminen paranee Pohjalakka 4 pinnalla kuivumisajan ollessa lyhyt. 1-komponenttilakkojen välinen ero kontaktikulmissa häviää Pohjalakka 4 pinnalla. Pintalakka 3:n kontaktikulmat ovat samat molemmilla kuivumisajoilla. Pintalakka 4:n kontaktikulmat tekevät hienoisen eron kuivumisaikojen välillä. Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 pintalakkojen kontaktikulmat ovat samansuuruiset kuin mitä ne ovat Pohjalakka 1 pinnalla kuviossa 4.



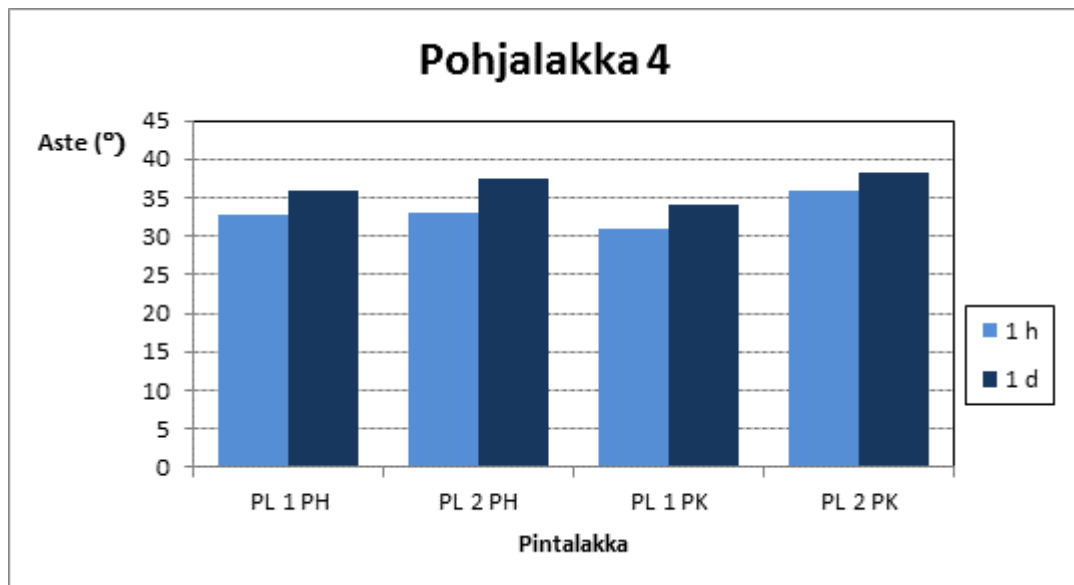
KUVIO 10. 1-komponenttisten pintalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 4 pinnalla

Kuviosta 11 nähdään, että Pintalakka 6 muodostaa samanlaisen trendin molemmilla kiiltoasteilla, puolikiiltävä kastelee pinnan huonommin vuorokauden kuivumisajalla kuin puolihimmeä. Pintalakka 5 puolikiiltävän kontaktikulmassa ei tapahdu muutosta kuivumisaikojen välillä. Tässä on kyse mahdollisesti mittausvirheestä. Puolihimmeän kontaktikulma kasvaa jopa 11 astetta kuivumisajan pidentyessä. Pintalakka 7 kastelee Pohjalakka 4 pinnan huonommin vuorokauden kuivumisajalla. Lisäksi se saa suurimmat kontaktikulmansa Pohjalakka 4 pinnalla kuin muilla pohjalakkapinnoilla.



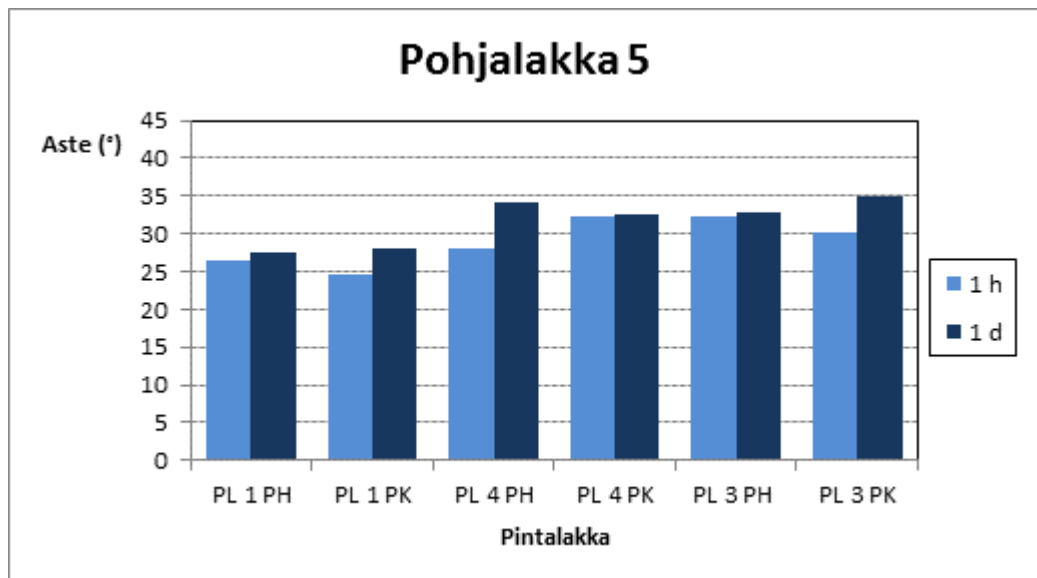
KUVIO 11. 2-komponenttisten ja Pintalakka 7 pintalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 4 pinnalla

Kuviosta 12 nähdään, että Pintalakka 2 puolihimmeä ja puolikiiltävä muodostavat trendiltään samanlaiset kontaktikulmat kuin Pintalakka 1 puolihimmeä ja puolikiiltävä. Raaka-aine muutos vaikuttaa vaihtelevasti kontaktikulmiin. Pintalakka 2 puolikiiltävän kontaktikulmat ovat selvästi suurempia kuin Pintalakka 1 puolikiiltävän. Pintalakka 1 puolihimmeän ja Pintalakka 2 puolihimmeän kontaktikulmien välille ei muodostu suurta eroa.



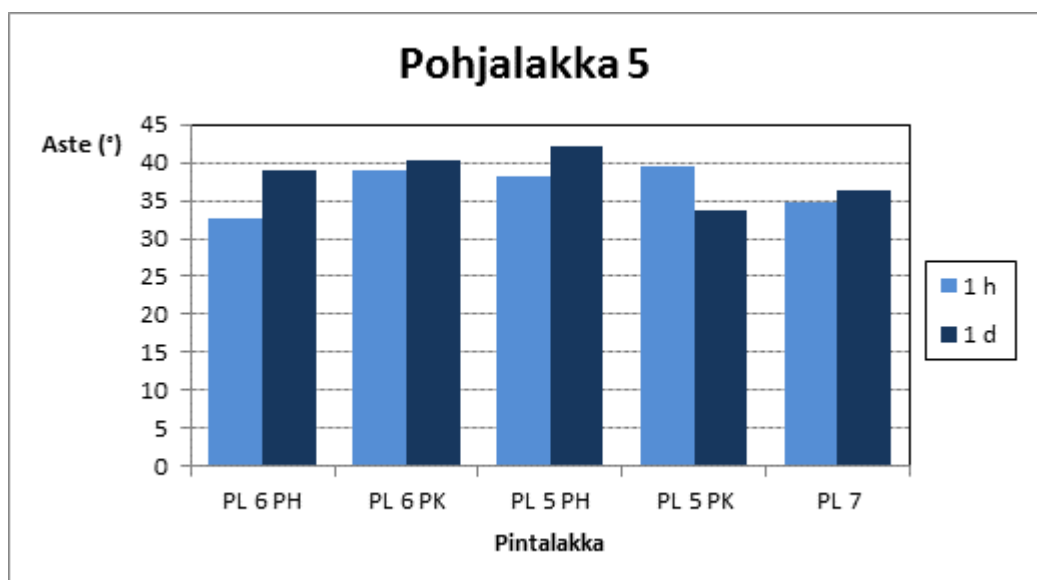
KUVIO 12. Pinta-aktiivisen aineen vaihdoksen vaikutus Pintalakka 1:n kontaktikulmiin Pohjalakka 4 pinnalla

Kuviosta 13 nähdään Pintalakka 1 kontaktikulman kasvavan, kun Pohjalakka 5:n kuivumisaika kasvaa vuorokauteen. Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 lakkojen kontaktikulmat eivät muodosta yhteneväistä trendiä. Pintalakka 4 puolihimmeän kontaktikulma kasvaa merkittävästi vuorokauden kuivumisaikaan siirryttäessä. Samanlainen muutos tapahtuu Pintalakka 3 puolikiiltävällä. Tämän perusteella voidaan olettaa, että kiiltoasteella näyttäisi olevan vaikutusta kontaktikulmiin Pohjalakka 5 pinnalla.



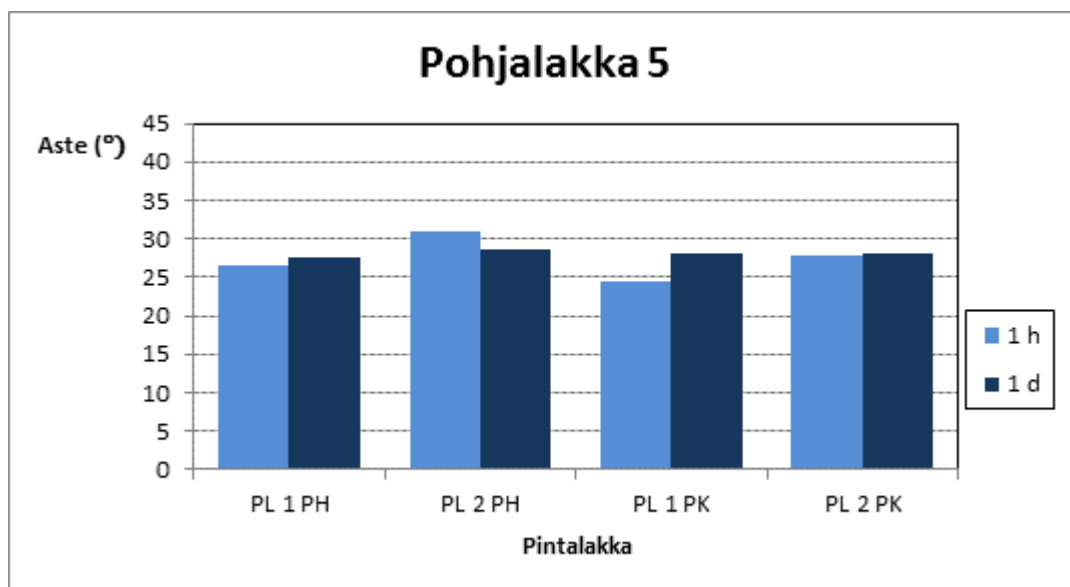
KUVIO 13. 1-komponenttisten pintalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 5 pinnalla

Kuviosta 14 nähdään kuinka Pintalakka 6 puolihimmeä kastelee paremmin Pohjalakka 5 pintaa kuin puolikiiltävä 1 tunnin kuivumisajalla. Pintalakka 5 puolihimmeä kastelee huonommin pohjalakkapinnan vuorokauden kuivumisajalla, kun puolikiiltävä kastelee sen paremmin vuorokauden kuivumisajalla. Pohjalakka 5:n kuivumisajalla ei ole merkittävää vaikutusta kontaktikulmaan Pintalakka 7 pintalakalla. Ainoa pohjalakkapinta, jolla Pintalakka 7:n kontaktikulma muuttuu merkittävästi kuivumisajan muuttuessa, on Pohjalakka 5 kuviossa 11.



KUVIO 14. 2-komponenttisten ja Pintalakka 7 pintalakkojen kontaktikulmat Pohjalakka 5 pinnalla

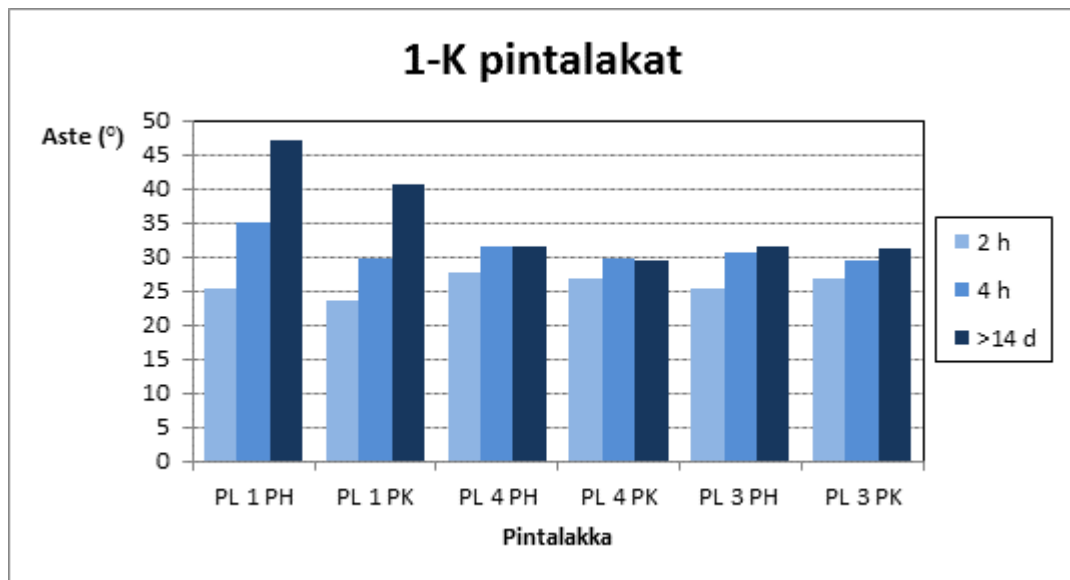
Kuviosta 15 nähdään pinta-aktiivisen aineen vaihdoksen vaikutus Pintalakka 1:n kontaktikulmiin Pohjalakka 5 pinnalla. Vaihdos nostaa kontaktikulmia molemmilla kiiltoasteilla 1 tunnin kuivumisajalla. Pintalakka 2 puolikiiltävä ei muodosta eroa kontaktikulmiin kuivumisaikojen välille, kun taas Pintalakka 2 puolihimmeän kontaktikulma laskee vuorokauden kuivumisajalla.



KUVIO 15. Pinta-aktiivisen aineen vaihdoksen vaikutus Pintalakka 1:n kontaktikulmiin Pohjalakka 5 pinnalla

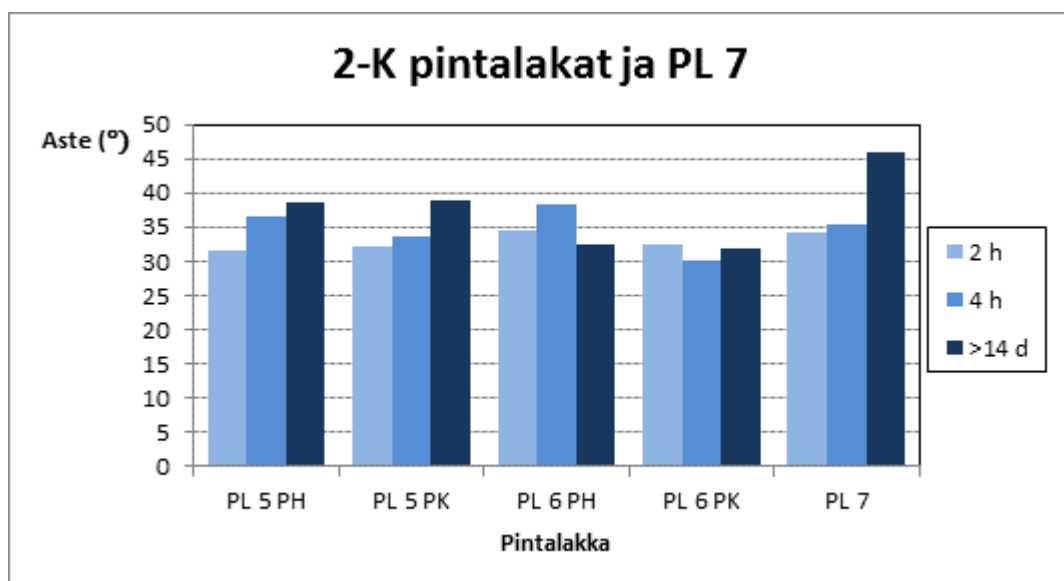
5.2 Pintalakan kontaktikulma saman pintalakan päällä

Kuviosta 16 nähdään, että kaikkien lakkojen kontaktikulmat ovat noin 25 astetta 2 tunnin kuivumisen jälkeen, vasta pidemmällä kuivumisajalla ilmenee eroja lakkojen välillä. Pintalakka 1:n kontaktikulmat kasvavat erittäin paljon kuivumisajan pidentyessä. Puolihimmeän kontaktikulmat ovat 4 tunnin ja yli 14 päivän kuivumisajoilla selvästi puolikiiltävän arvoja suurempia. Molemmilla kiiltoasteilla kontaktikulmien kasvutrendi on samankaltainen. Kiiltoasteella saattaisi olla vaikutusta pinnan kastumattomuuteen pidemmän kuivumisajan jälkeen. Pintalakka 3 ja Pintalakka 4 muodostavat hyvin samanlaiset kontaktikulmat. Kontaktikulmat eivät kasva neljän tunnin kuivumisen jälkeen Pintalakka 4:n kiiltoasteilla vaan ne pysyvät samana. Pintalakka 4:n kontaktikulma kasvaa vielä hieman siirryttäessä neljästä tunnista yli 14 vuorokauden kuivumisaikaan, mutta minkäänlaista merkittävää muutosta ei havaita verrattuna Pintalakkaan 3:een.



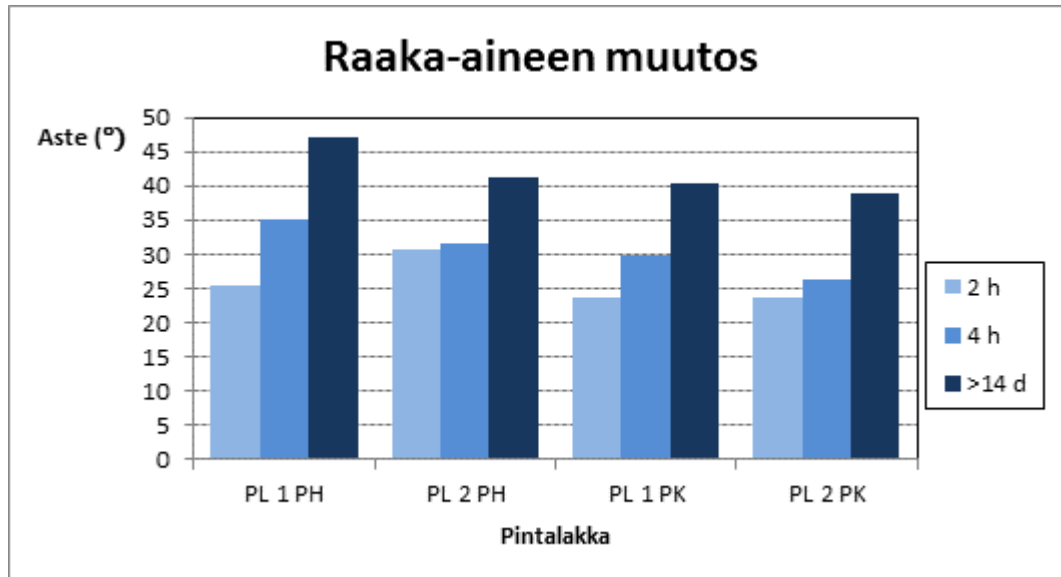
KUVIO 16. 1-komponenttisten pintalakkojen kontaktikulmat

Kuviosta 17 nähdään, että Pintalakka 5 muodostaa yhtenevän trendin kontaktikulmissa kiiltoasteiden välillä. Ainoa merkittävä ero kontaktikulmiin tulee 4 tunnin kuivumisajalla. Pintalakka 6 ei muodosta yhtenevää trendiä 4 tunnin kuivumisajan eroavaisuuden takia. Tämä ero on erittäin suuri ja selittyy Opalin ristosilloittumisella tai mittausvirheellä. Pintalakka 7:n käyttäytyminen yli 14 vuorokauden kuivumisajalla oli haasteellista tuloksen saamiseksi. Kontaktikulma sai arvoja väliltä 38° - 55° väliltä. Pisaran kastuminen oli hidasta ja näin ollen 10 sekunnin mittausaika ei riittänyt kunnollisen tuloksen saamiseksi. Voidaan kuitenkin todeta, että sen käyttäytyminen muuttuu dramaattisesti kuivumisajan pidentyessä tarpeeksi.



KUVIO 17. 2-komponenttisten ja Pintalakka 7 pintalakkojen kontaktikulmat

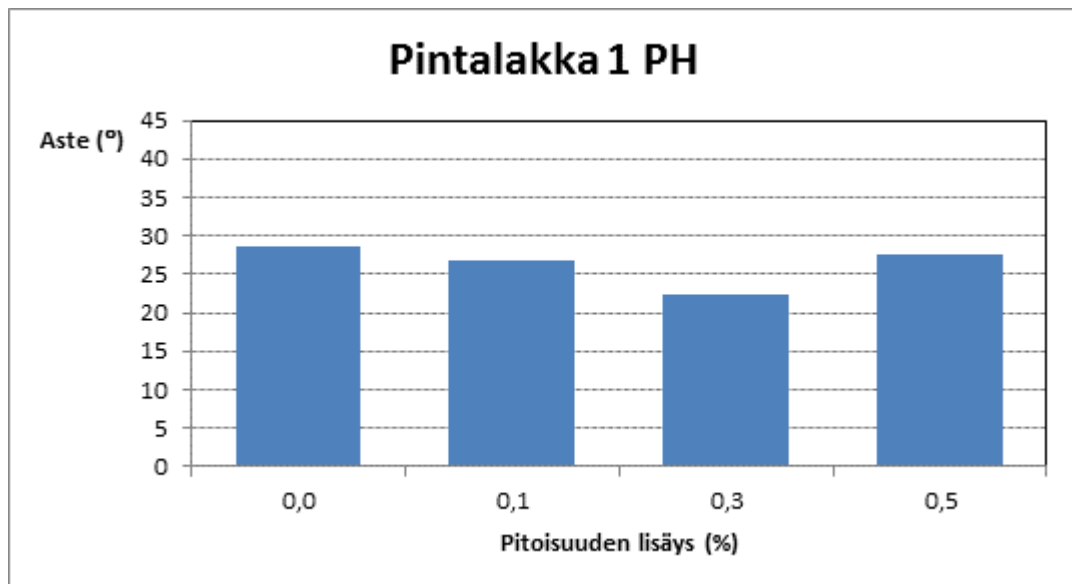
Kuviosta 18 nähdään, että pinta-aktiivisen aineen vaihdos on kaventanut alkuperäisessä tuotteessa, 2 ja 4 tunnin kuivumisaikojen välillä, esiintyvää eroa kontaktikulmissa. Kiiltoaste vaikuttaa tuloksiin yllättävän paljon tarkasteltaessa 2 ja 4 tunnin kuivumisajoilla tehtyjä mittauksia. Puolihihmeän arvot ovat selvästi puolikiiltävän arvoja suurempia.



KUVIO 18. Pinta-aktiivisen aineen vaihdoksen vaikutus Pintalakka 1:n ja Pintalakka 2:n kontaktikulmiin

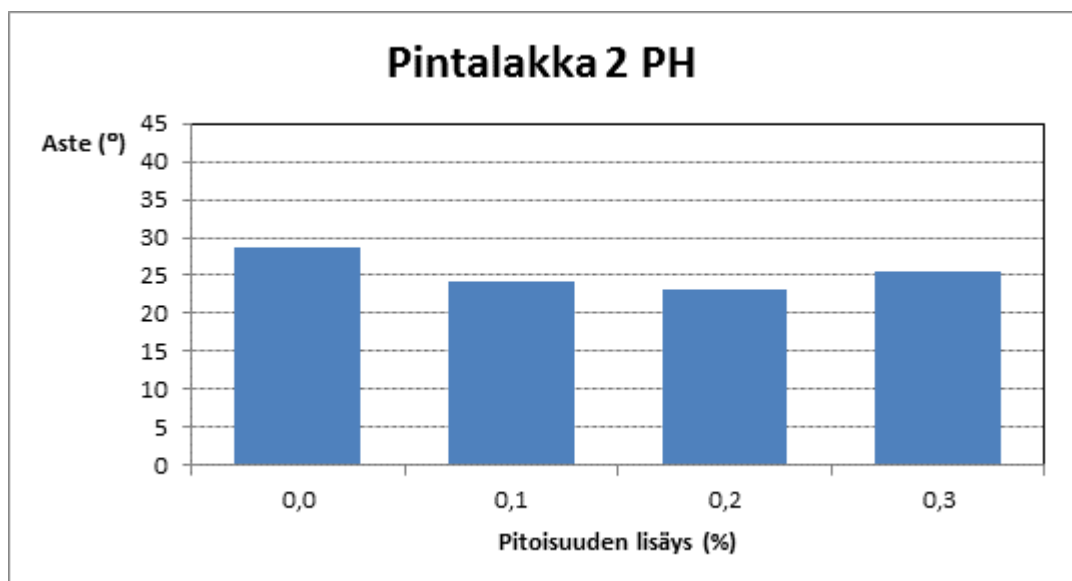
5.3 Pinta-aktiivisen aineen pitoisuuden lisäys

Kuviossa 19 näkyy pinta-aktiivisen aineen lisäyksen vaikutus Pintalakka 1 puolihihmeän kontaktikulmaan. Se pienenee, kun pinta-aktiivista ainetta lisätään 0,1 % ja 0,3 %. Pitoisuuden kasvaessa 0,5 %, kontaktikulma nousee takaisin lähes alkuperäiseen arvoonsa. Tiedetään, että pinta-aktiivisen aineen määrän ylittäessä tietyn raja-arvon, ei kastuminen enää parane eli kontaktikulma ei enää laske. Lisäksi lakan käyttäytyminen muuttuu. Voidaan päätellä, että toimimattomuuden raja on lähellä 0,5 % lisäystä alkuperäiseen määrään.



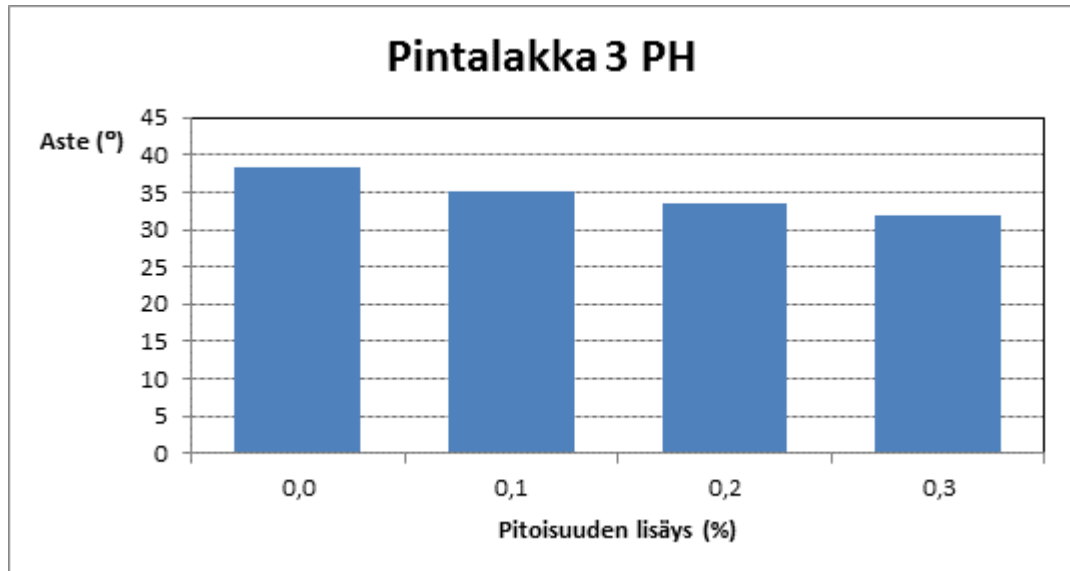
KUVIO 19. Pinta-aktiivisen aineen lisäyksen vaikutus Pintalakka 1 puolihimmeän kontaktikulmaan

Kuviossa 20 nähdään, että kontaktikulman muutos on vähäistä, kun Pintalakka 2 puolihimmeään lisätään pinta-aktiivista ainetta. Kontaktikulmien trendi on samanlainen kuin kuviossa 19. Kontaktikulma pienenee, kun pinta-aktiivista ainetta lisätään 0,1 % ja 0,2 %. Voidaan päätellä, että toimimattomuuden raja-arvo on lähellä 0,3 %:n lisäystä alkuperäiseen määrään, koska kyseisellä pitoisuudella kontaktikulma ei enää pienene vaan se kasvaa verrattuna kahteen muuhun pitoisuuden lisäykseen.



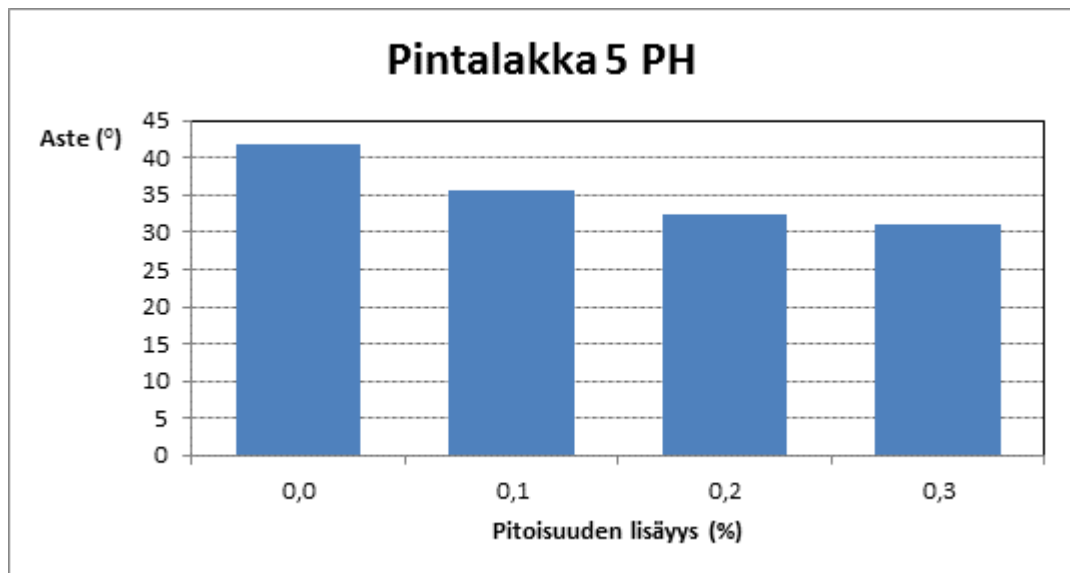
KUVIO 20. Pinta-aktiivisen aineen lisäyksen vaikutus Pintalakka 2 puolihimmeän kontaktikulmaan

Kuviosta 21 nähdään, että Pintalakka 3 puolihimmeän kontaktikulma pienenee tasaisesti pinta-aktiivisen aineen pitoisuuden kasvaessa. Tulos on hyvin looginen – kontaktikulma pienenee, kun pinta-aktiivista ainetta lisätään lakkaan. Toimimattomuuden raja-arvoa ei tuloksien perusteella löydetty.



KUVIO 21. Pinta-aktiivisen aineen lisäyksen vaikutus Pintalakka 3 puolihimmeän kontaktikulmaan

Kuviosta 22 nähdään Kalle Pro puolihimmeälle samanlainen trendi kontaktikulman muutokselle, kuin Topaz puolihimmeällä kuviossa 21. Kontaktikulma pienenee paljon, kun pinta-aktiivisen aineen pitoisuus kasvaa 0,3 %:a alkuperäisestä määrästä. Kahden suurimman lisäyksen välinen vaikutusero kontaktikulmaan on kuitenkin vähäinen, jonka perusteella voidaan päätellä toimimattomuuden raja-arvon olevan lähellä 0,3 % lisäystä.



KUVIO 22. Pinta-aktiivisen aineen lisäyksen vaikutus Pintalakka 5 puolihimmeän kontaktikulmaan

6 POHDINTA

Heti mittauksien alussa ilmeni ongelma. Kontaktikulmien mittaamiseen käytettiin annostelijaa, jossa on vaihdettavat kärjet. Ne eivät kuitenkaan toimineet hyvin lakkojen kanssa. Annosteltava lakkapisara ns. kiipesi kärkeä pitkin eikä riippunut kärjen päästä niin kuin sen olisi pitänyt tehdä. Tämän seurauksena ohjelma ei nyt pysty määrittämään kunnolla pisaran kokoa. Kärkiä päädyttiin lyhentämään saksilla noin 2 millimetriä, jotta kärjen suu olisi isompi. Tällä saavutettiin se, että pisara ei enää kiivennyt pitkin kärkeä vaan se jäi roikkumaan kärjen päähän. Samankokoinen pisara on erimuotoinen leikatulla ja leikkaamattomalla kärjellä. Leikkaamattoman kärjen päässä pisara on pisaran muotoinen, kun taas leikatussa kärjessä se on lähempänä puolipalloa. Tämä puolipallomainen muoto johtaa siihen, että annostelija laskee kärjen liian alas ja ns. painaa pisaran kiinteälle pinnalle. Tämä voi johtaa siihen, että saadaan todellista pienempiä arvoja kontaktikulmalle.

Lisäksi pisaran koon annostelu muuttui vaikeammaksi leikatulla kärjellä. Ohjelma ei pysty kunnolla laskemaan kuvasta pisaran kokoa, koska pisara oli liikaa kärjen sisällä. Ohjelma määrittää pisaran kokoa kärjen päästä, jolloin pisaran muodolla on suuri vaikutus mittauksen onnistumiseen. Ohjelma kuitenkin pystyy määrittämään pisaran koon kiinteältä pinnalta. Ohjelman avulla voidaan valita annosteltavan pisaran koko. Mikäli annostellun pisaran koko eroaa paljon 3 µl:sta, voidaan seuraavaan mittaukseen muuttaa pisaran kokoa. Tulevaisuuden kannalta on syytä ottaa selvää onko tarjolla lakkojen mittaukseen paremmin soveltuvia vaihtokärkiä.

Työssä laskettiin kolme mitattua arvoa kontaktikulmalle ja niistä laskettiin keskiarvo tuloksen saamiseksi. Niiden arvot saivat erota toisistaan 2-3 astetta. Staattisessa kontaktikulma mittauksessa voi tapahtua helposti virhettä pinnan laadun epätasaisuuden takia. Tämä johtaa kontaktikulman vaihteluun, riippuen siitä mihin kohtaan parkettia pintalakkapisara annostellaan. Työssä mitattiin enemmän kuin kolme arvoa kontaktikulmalle, jolla varmistettiin tuloksien olevan luotettavia. Jatkossa tulisi valita enemmän arvoja keskiarvon laskemiseen, koska se minimoisi virhettä mittauksissa, joissa kontaktikulmien arvot vaihtelevat paljon keskenään.

Mittauksien välille tulisi varata tarpeeksi aikaa, jotta mittaukset voidaan suorittaa mahdollisimman tarkkoilla kuivumisajoilla. Ajoittain laitteessa ilmenee ongelmia, jonka takia se on syytä käynnistää uudelleen.

Mitattaessa kontaktikulmaa pintalakkapisaran ja pohjalakkapinnan välillä oli nähtävissä, että kuivumisajan kasvaessa myös kontaktikulma kasvoi, mutta poikkeuksia myös oli. Suurin osa poikkeamista mahtuu virherajan sisälle. Vaikka itse kontaktikulmaan ei olisi tullut eroa eri kuivumisaikojen välillä, oli kuitenkin havaittavissa pisanan kastumisen hidastumista usealla sekunnilla siirryttäessä pidempään kuivumisaikaan. Käytännössä tämä ero oli havaittavissa vain, jos kuivumisaika piteni vähintään vuorokauden.

Kiiltoasteella ei ollut yhtenevää vaikutusta tuloksiin. Erot puolihimmeän ja puolikiiltävän lakan välillä tulivat esiin lähinnä 2-komponenttisilla lakoilla. Lakka ja kovete sekoitettiin itse, jolloin virheen mahdollisuus kasvaa. 2-komponenttilakat ovat käyttökelpoisia 6 tuntia kovetteen sekoituksen jälkeen. Tuotteiden käyttäytyminen ja viskositeetti muuttuvat ristisilloitumisen myötä. Tämä voi aiheuttaa virhettä riippuen siitä milloin mittaukset on tehty 6 tunnin käyttöajan aikana. Mittaukset tulisi jatkossa suorittaa tietyn ajan kuluttua siitä, kun kovete on sekoitettu. Toisaalta tämä vaikeuttaa itse mitaamista, koska se pitäisi ajoittaa viimeisen lakkakerroksen kuivumisajan mukaan eikä näin ollen monen mittauksen tekeminen peräkkäin ole käytännössä mahdollista.

Pintalakka 1:llä esiintyy ongelmia toimivuudessa Pohjalakka 2 ja Pohjalakka 4 pohjalakkojen kanssa. Puolihimmeän toiminta-alueeksi voidaan siten määrittää 1 tunnin kuivumisajalla 25° - 31° ja puolikiiltävän alueeksi 23° - 30° . Vuorokauden kuivumisajalla kontaktikulmat ovat hieman suurempia.

Pintalakka 4 puolihimmeän toiminta-alue on 28° - 36° . Pohjalakka 5 pohjalakatulla pinnalla muodostuu 28° kontaktikulma ja se on ainoa alle 30° kontaktikulma. Puolikiiltävän toiminta-alue on hieman korkeampi, 31° - 37° .

Pintalakka 3 puolihimmeän toiminta-alue on 30° - 35° välillä. Pohjalakka 1:llä puolihimmeän kontaktikulma nousee 38° :een vuorokauden kuivumisajalla, joten kyseessä voi olla mittausvirhe tai se voi olla ongelma toimivuudessa. Kyseessä on suurin kontaktikulma, jonka puolihimmeä saa ja erottuu näin muista arvoista. Puolikiiltävän toiminta-alue on sama 30° - 35° . Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 pintalakoilla on korkeampi toiminta-

alue kuin Pintalakka 1:llä mikä johtuu varmasti niiden korkeammasta viskositeetistä ja tiksotrooppisuudesta.

Pintalakka 7 muodostaa suhteellisen samanlaisia kontaktikulmia kaikilla pohjalakoilla. Pohjalakka 2:n kuivuessa vuorokauden, se saavutti parhaimman kastumisensa. Suurin ero kuivumisaikojen välille tuli Pohjalakka 4 pinnalla, jolla muidenkin pintalakkojen kontaktikulmat muodostivat eroja kuivumisaikojen välillä. Poikkeuksena oli Pintalakka 3:n molemmat kiiltoasteet, jotka eivät aiheuttaneet muutosta kontaktikulmiin.

Pintalakka 6 puolihimmeän kastuminen vaihtelee suuresti kuivumisaikojen välillä. Toiminta-alue on 28° - 42° . Puolikiiltävä ei oikeastaan tee eroa kuivumisaikojen välillä ja toiminta-alue on hieman korkeampi kuin puolihimmeän, 35° - 44° . Ainoa merkittävä ero tulee Pohjalakka 4 pohjalakan pinnalla. Pintalakka 6:een näyttäisi kiiltoasteella olevan kastumisen kannalta suuri merkitys. Tuloksiin tosin varmasti vaikuttaa aikaisemmin mainittu kovetteen sekoittamisen jälkeen tapahtuva ristisilloittuminen.

Pintalakka 5 puolihimmeän kastuminen huononee lähes poikkeuksetta kuivumisajan kasvaessa, puolikiiltävällä trendi on päinvastainen. Puolihimmeän toiminta-alue on 33° - 46° ja puolikiiltävän vastaava on 33° - 44° . Myös Pintalakka 5:een kiiltoasteella näyttää olevan suuri merkitys parkettipinnan kastumisen, mutta myös tässä tapauksessa ristisilloittuminen on mahdollisesti aiheuttanut virhettä tuloksiin.

Pintalakkapisaran kontaktikulman mittaaminen samalla pintalakalla lakatulla parketilla aiheutti erityisesti 2-komponenttisilla ja Pintalakka 7 pintalakoilla ongelmia. 2-komponenttisilla pintalakoilla mahdollisesti edellä mainittu ristisilloittuminen vaikutti asiaan. Erityisen ongelmallisia olivat yli 14 vuorokautta kuivuneet pinnat. Yhteneviä tuloksia oli vaikea saada. Tulokset vaihtelivat toisistaan ja pinnan kastuminen oli erittäin hidasta verrattuna aikaisempiin mittauksiin. Pintalakan käyttäytyminen pintalakkapinnalla voidaan todeta olevan arvaamatonta, kun kuivumisaika on yli 14 vuorokautta.

1-komponenttiset lakat muodostavat yhteneviä kontaktikulmia kiiltoasteiden välillä. Pintalakka 4 ja Pintalakka 3 pintalakat muodostavat hyvin samanlaiset kontaktikulmat. Pintalakka 1:n kyky kastella parkettipintaa huononee erityisen paljon kuivumisajan kasvaessa. Käyttäytymisen muutos on niin suuri, että voidaan todeta Pintalakka 1 pintalakan toimivuuden kärsivän erittäin paljon kuivumisajan kasvaessa.

Raaka-aineen vaihdoksella Pintalakka 1:een oli vaikutusta kontaktikulmaan, mutta muutokset olivat vähäisiä eikä niistä voinut tehdä yleispäteviä johtopäätöksiä. Parhaiten erot tulivat esiin, kun mitattiin pintalakkapisaran kontaktikulmaa saman pintalakkakerroksen päällä.

Pinta-aktiivisen aineen lisäyksellä oli odotettu vaikutus kontaktikulmiin – ne pienenevät pitoisuuden lisäyksen myötä. Tosin, kun pitoisuutta lisättiin Pintalakka 1 puolihimmeä ja Pintalakka 2 puolihimmeä pintalakoilla riittävästi niin kontaktikulmat kasvoivat. Joidenkin pintalakkojen käyttäytyminen muuttuu, jos niihin lisätään liikaa pinta-aktiivista ainetta ja nämä raja-arvot löydettiin näille kahdelle pintalakalle.

Theta ei nyt pysty mittaamaan dynaamista kontaktikulmaa, mutta siihen on kuitenkin mahdollista ostaa lisäosa, joka mahdollistaisi vinon lautasen -menetelmällä suoritettavan mittauksen. Kun staattisesta kontaktikulmasta saadaan lisää tietoa, on syytä tutustua toisiko dynaaminen kontaktikulma hyödyllistä tietoutta parkettilakkojen käyttäytymisestä. Laitetta voidaan jatkossa käyttää mahdollisesti myös muiden nesteiden mittauksiin.

Tämä opinnäytetyö oli ensimmäinen kosketus kontaktikulmamittauksiin Kiilto Oy:n tuotekehityslaboratoriossa, joten mittauksien luotettavuus ja kontaktikulmien vaihtelujen merkitys tulee jatkossa paranemaan. Jotta kontaktikulmamittauksesta saataisiin vertailukelpoisia tuloksia, tarvitaan tietoutta parkettilakkojen käyttäytymisestä ja sen mahdollisista ongelmista aidossa lakkaustilanteessa.

LÄHTEET

Aulanko, M. 2006. Pesu- ja puhdistusaineet. Johdatus siivouskemiaan. Helsinki: Kopio Niini Oy.

Birdi, K. S. 2010. Surface and colloid chemistry: principles and applications. Boca Raton: CRC Press.

Erbil, Y. 2006. Surface chemistry of solid and liquid interfaces. Oxford: Blackwell publishing.

Goodwin, J. 2009. Colloids and Interfaces with Surfactants and Polymers. West Sussex: Wiley.

OneAttension -ohjelman asennusopas. Attension, installation manual.

Attension. Surface tension. [www-sivu]. Luettu 1.3.2013.

<http://www.attension.com/surface-tension>

Attension. Optical tensiometers: the complete range of contact angle meters/goniometers. [www-sivu]. Luettu 28.2.2013.

<http://www.attension.com/file/attension-thetarange-brochure-2013.pdf>

Springerimages. Material science. [www-sivu]. Luettu 15.2.2013.

http://www.springerimages.com/Images/MaterialScience/1-10.1007_s11663-009-9292-5-0

UWEB: University of Washington Engineered Biomaterials. [www-sivu]. Luettu 18.2.2013. <http://www.uweb.engr.washington.edu/research/tutorials/contact.html>

Attension, Theta. [www-sivu]. Luettu 3.3.2013. <http://www.attension.com/theta>

Attension: Dynamic contact angle. [www-sivu]. Luettu 11.3.2013.

<http://www.attension.com/dynamic-contact-angle>

LIITTEET

Liite 1. Kontaktikulmien arvot

Pohjalakka 1	1 h	1 d
Pintalakka 1 PH	27,5	28,5
Pintalakka 1 PK	27,6	27,2
Pintalakka 2 PH	32,3	28,7
Pintalakka 2 PK	34,9	30,0
Pintalakka 3 PH	36,3	35,5
Pintalakka 3 PK	35,9	35,7
Pintalakka 4 PH	36,1	38,4
Pintalakka 4 PK	34,2	34,9
Pintalakka 6 PH	38,6	42,4
Pintalakka 6 PK	43,2	43,5
Pintalakka 5 PH	42,7	42,2
Pintalakka 5 PK	43,9	41,7
Pintalakka 7	31,7	32,9

Pohjalakka 2	1 h	1 d
Pintalakka 1 PH	23,9	25,2
Pintalakka 1 PK	21,6	24,3
Pintalakka 2 PH	21,2	27,6
Pintalakka 2 PK	28,7	28,9
Pintalakka 3 PH	29,9	31,0
Pintalakka 3 PK	31,7	32,3
Pintalakka 4 PH	29,6	32,0
Pintalakka 4 PK	30,2	31,7
Pintalakka 6 PH	30,5	38,3
Pintalakka 6 PK	34,7	35,0
Pintalakka 5 PH	36,0	38,3
Pintalakka 5 PK	35,5	34,5
Pintalakka 7	32,0	28,3

Pohjalakka 3	1 h	1 d
Pintalakka 1 PH	30,6	26,3
Pintalakka 1 PK	28,1	26,0
Pintalakka 2 PH	31,1	30,5
Pintalakka 2 PK	33,1	30,2
Pintalakka 3 PH	31,7	29,9
Pintalakka 3 PK	32,7	31,4
Pintalakka 4 PH	31,2	31,4
Pintalakka 4 PK	31,0	32,1
Pintalakka 6 PH	28,3	33,1
Pintalakka 6 PK	36,1	35,8
Pintalakka 5 PH	33,0	37,8
Pintalakka 5 PK	36,3	32,7
Pintalakka 7	34,2	34,8

Pohjalakka 4	1 h	1 d
Pintalakka 1 PH	32,9	36,0
Pintalakka 1 PK	30,9	34,1
Pintalakka 2 PH	33,0	37,5
Pintalakka 2 PK	35,8	38,2
Pintalakka 3 PH	36,1	37,2
Pintalakka 3 PK	33,1	36,8
Pintalakka 4 PH	33,3	33,2
Pintalakka 4 PK	35,2	35,0
Pintalakka 6 PH	35,3	40,6
Pintalakka 6 PK	35,9	43,5
Pintalakka 5 PH	35,7	46,3
Pintalakka 5 PK	38,8	38,5
Pintalakka 7	35,2	40,1

Pohjalakka 5	1 h	1 d
Pintalakka 1 PH	26,5	27,5
Pintalakka 1 PK	24,5	28,0
Pintalakka 2 PH	31,0	28,5
Pintalakka 2 PK	27,9	28,0
Pintalakka 3 PH	28,1	34,2
Pintalakka 3 PK	32,3	32,6
Pintalakka 4 PH	32,2	32,8
Pintalakka 4 PK	30,3	35,0
Pintalakka 6 PH	32,6	39,0
Pintalakka 6 PK	39,0	40,2
Pintalakka 5 PH	38,2	42,2
Pintalakka 5 PK	39,5	33,7
Pintalakka 7	34,7	36,3

	2 h	4 h	>14 d
Pintalakka 1 PH	25,5	35,0	47,2
Pintalakka 1 PK	23,7	29,9	40,5
Pintalakka 2 PH	30,8	31,6	41,3
Pintalakka 2 PK	23,6	26,3	39,0
Pintalakka 3 PH	27,6	31,6	31,6
Pintalakka 3 PK	26,8	29,8	29,5
Pintalakka 4 PH	25,5	30,6	31,4
Pintalakka 4 PK	26,7	29,4	31,2
Pintalakka 5 PH	31,6	36,6	38,6
Pintalakka 5 PK	32,1	33,5	38,8
Pintalakka 6 PH	34,4	38,3	32,4
Pintalakka 6 PK	32,4	30,0	31,9
Pintalakka 7	34,2	35,3	46,0

Pintalakka 1 PH	1 d
0,0	28,5
0,10 %	26,7
0,30 %	22,4
0,50 %	27,7

Pintalakka 2 PH	1 d
0,0	28,7
0,10 %	24,2
0,20 %	23,2
0,30 %	25,5

Pintalakka 3 PH	1 d
0,0	38,4
0,10 %	35,1
0,20 %	33,6
0,30 %	32,0

Pintalakka 5 PH	1 d
0,0	41,7
0,10 %	35,6
0,20 %	32,4
0,30 %	31,1

Liite 2. Thetan käyttöohjeet

T&K/ANALYYSIOHJEET

laatiija:

tarkastaja:

hyväksyjä:

MHa**LP**

Kontaktikulma, pintajännitys / Lakat

1. Laitteet ja Tarvikkeet

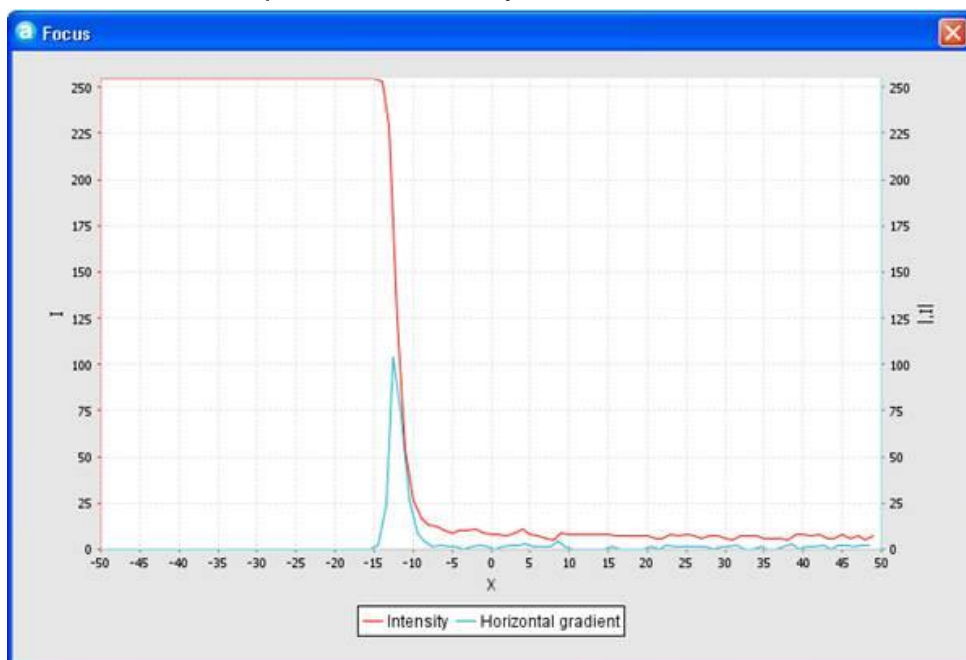
- OneAttension -ohjelma
- Theta, optinen tensiometri
- Parketinpaloja

2. Aloitus

- Kytetään virta tensiometriin ja käynnistetään OneAttension -ohjelma.
- Poistetaan kameran suojus.
- Suoritetaan kalibrointi aina ennen mittausten aloittamista.

3. Kalibrointi

- Asetetaan magneettialustalla oleva kuula näytepöydälle linjassa annostelijan kärjen kanssa.
- Käytetään kameran optisia zoomeja, kuvan tarkentamiseen.
- Painetaan hiiren oikealla kuvaruudusta ja valitaan Focus tool. Painetaan hiiren vasemmalla kuulaa ääriivasta. Zoomeja säätämällä pyritään saaman kuvan 1 kaltainen piikki siniseen käyrään.



Kuva 1. Focus tool

- Painetaan Calibrated(päivämäärä), kun kuva on saatu tarkennettua Focus tool:n avulla. Valitaan Use Calibration Ball → Calibrate → Ok. Suljetaan Focus tool.

4. Mittaus

- Valitaan mittaus kuvan 2 painikkeista.



Kuva 2. Mittaus vaihtoehdot

- Sessile drop -menetelmällä mitataan kontaktikulmaa ja Pendant drop -menetelmällä pintajännitystä.
- Hyväksytään ohjelman ehdottama initialisointi. **Lasketaan näytepöytä alas initialisoinnin ajaksi.** Annostelija liikkuu ylös ja alas. Odotetaan kunnes annostelija on pysähtynyt ja nostetaan näytepöytä takaisin ylös. Initialisointi suoritetaan vain kerran, jonka jälkeen ohjelma ei enää kysy sitä.
- Ajetaan annostelijan kärki kuvaruudun yläreunaan painamalla Up- tai Down-painiketta, Dispenser holder -valikosta.
- Painetaan Set home -painiketta.
- Valitaan kuvan 3 kaltaiset arvot Recipe -valikosta.

Generic	
Experiment name	
Comment	
Autosave	<input checked="" type="checkbox"/>
Private to theta2012	<input checked="" type="checkbox"/>
Live analysis	
Do live analysis	<input checked="" type="checkbox"/>
Analysis mode	Contact angle (Young-Laplace)
Baseline	Automatic
Flip Y	<input type="checkbox"/>
Saving	
Image recording settings	
Start saving when	10,0 s at 20 % (12 FPS)
Stop from trigger	Stroke is at bottom
Materials	
Solid	
Light phase	Air
Heavy phase	Water
Dispenser	
Tip size	200 µl
Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>
Drop Out Size [ul]	3,000
Drop In Size [ul]	5,000
Drop Rate [ul/s]	2,000
Disp Rate [ul/s]	1,500
Fill Rate [ul/s]	5,000
Auto Zero Display	<input checked="" type="checkbox"/>
Volume from image	<input checked="" type="checkbox"/>
Dispenser holder	
Speed [mm/min]	100,000
Init [mm]	35,390
Stroke length from image	<input checked="" type="checkbox"/>
Stroke length [mm]	1,711

Kuva 3. Recipe -valikko

5. Annostelijan täyttäminen

- Valittavana on kaksi annostelijaa, joista vaihtokärkistä käytetään lakkojen ja muiden nesteiden kuin veden mittauksiin. Ohutkärkistä annostelijaa käytetään ainoastaan veden kanssa, koska sen letku on vaikeasti puhdistettavissa.

5.1 Vaihtokärkisen annostelijan täyttäminen

- Täytetään kärki upottamalla se nesteeseen ja painamalla Fill -painiketta Dispender -valikosta.
- Kärjen voi tyhjentää Dispense -painikkeella.
- HUOM! Annostelijan mäntä on hyvä ajaa alas Dispense -painikkeella, ennen täyttämistä, jotta kärjen saa täytettyä kokonaan.
- Pyyhitään paperilla lakka pois kärjestä.

5.2 Ohutkärkisen annostelijan täyttäminen

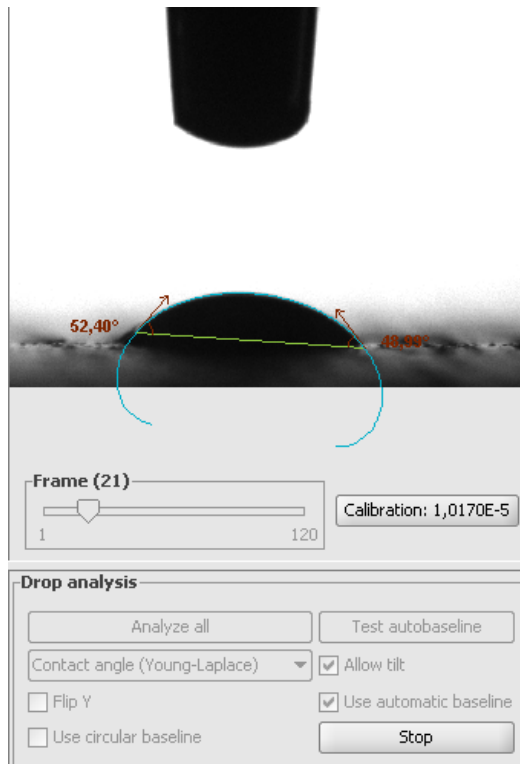
- Irrotetaan ruisku asemastaan, avaamalla hakanen ja ruuvi ruiskun pohjasta.
- Ruuvataan letku irti ruiskun päästä ja täytetään ruisku **vedellä**.
- Ruuvataan letku kiinni ja asetetaan ruisku takaisin asemaan.
- Asetetaan parketin pala näytepöydälle ja nostetaan se kuvaruudun alareunaan.
- Siirretään Baseline parketin palan rajapintaan.
- Ennen mittauksen aloittamista valitaan Show volume aktiiviseksi kuvaruudun alapuolelta.
- Aloitetaan mittaus painamalla Start -painiketta Controls -valikosta.
- Mittauksen päätyttyä tehdään uusi mittaus, analysoidaan tulokset tai palataan aloitus näkymään Quit current -painikkeella.

6. Tulosten käsittely

- Valitaan Analysis -valikko.
- Mikäli Do live analysis on päällä, ohjelma kysyy suljetaanko se, valitaan Ok.
- Kaksoisklikataan haluttua mittausta, jolloin ohjelma kysyy analysoidaanko tulokset, valitaan Ok.

6.1 Kontaktikulma

- Painetaan hiiren oikeaa tulosten päällä ja valitaan Graph.
- Mikäli baseline lähtee nousemaan kuvan 4 mukaisesti, korjataan se ottamalla Use automatic baseline pois päältä ja asetetaan baseline pisaran ja pinnan väliin.



Kuva 4. Baseline korjaus.

- Valitaan ensimmäisistä arvoista ne, joista ei ole tuloksia.
- Painetaan hiiren oikeaa niiden päältä ja valitaan Hide selected rows kuvan 5 mukaan.

Time [s]	CA left [°]	CA right [°]	CA mean [°]	Volume [μl]	Baseline [mm]
0,00					
0,08					
0,17					
0,25					
0,33					
0,42					
0,50					
0,58					
0,67					
0,75					
0,83					
0,92					
1,00	57,58			3	2,93
1,08	48,30			4	3,07
1,17	45,23			9	3,21
1,25	40,63			1	3,35
1,33	39,42			4	3,45
1,42	39,03			3	3,46
1,50	38,68			8	3,48
1,58	36,48			5	3,46
1,67	37,06			9	3,49
1,75	36,65			6	3,50
1,83	35,93			8	3,48
1,92	36,40			9	3,52
2,00	36,11			4	3,50
2,08	35,19	35,19	35,19	2,76	3,50

Kuva 5. Tulosten piilottaminen.

- Painetaan hiiren oikeaa tulosten päällä ja valitaan Graph.
- Valitaan CA mean [°] → Graph.
- Tutkitaan käyrästä missä vaiheessa arvot tasaantuvat. Kuvassa 6 näkyy, kuinka pisaran leviäminen tasaantuu noin 4 sekunnin kohdalla.



Kuva 6. Graph, CA mean [°].

- Valitaan arvot käyrän perusteella ja painetaan hiiren oikealla niiden päällä.
- Valitaan Statistics → Calculate. Tulokseksi saadaan kontaktikulman keskiarvo.

6.2 Pintajännitys

- Valitaan kaikki tulokset ja painetaan hiiren oikeaa niiden päällä.
- Valitaan Statistics → Calculate. Tulokseksi saadaan pintajännityksen keskiarvo.

7. Lopetus

- Tyhjennetään annostelija ja näytepöytä.
- Suljetaan OneAttension -ohjelma, **vasta sen jälkeen kytetään virta pois tensiometrillä!**
- Asetetaan kameran suojus paikalleen.

8. Annostelijoiden vaihto

- Sulje OneAttension -ohjelma sekä Theta, **OneAttension -ohjelma ensin!**
- Irrotetaan annostelijasta Thetaan menevä FireWire -kaapeli. Kytetään toisen annostelijan FireWire -kaapeli kiinni, **oikean puoleiseen paikkaan!**
- Irroitetaan annostelija asemasta, avaamalla ruuvi ja nostamalla se pois.
- Laitetaan toinen annostelija tilalle ja ruuvi kiinni.
- Avataan OneAttension -ohjelma ja kytetään virta Thetaan.