



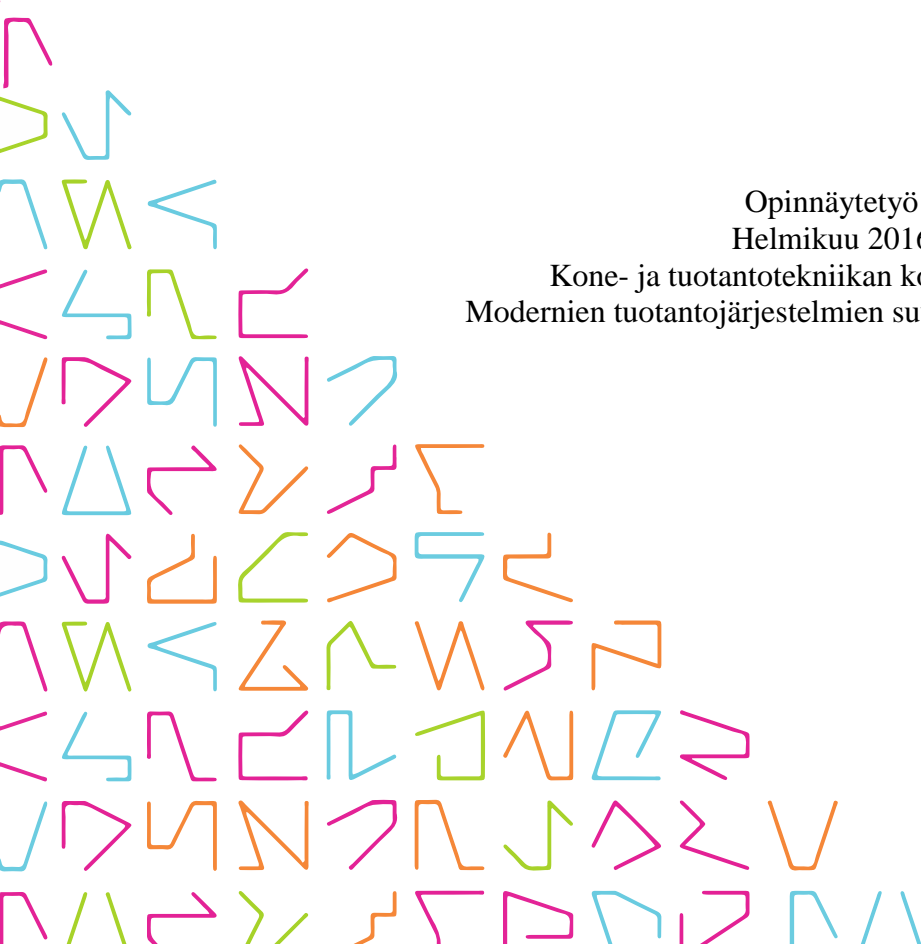
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

XPRESSWASH-PESUKADUN KUIVAUSJÄRJESTELMÄN KEHITYS JA TUTKIMUS

Niklas Vesterinen

Opinnäytetyö
Helmikuu 2016

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernien tuotantojärjestelmien suuntautumisvaihtoehto



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernien tuotantojärjestelmien suuntautumisvaihtoehto

VESTERINEN, NIKLAS:

XpressWash-pesukadun kuivausjärjestelmän kehitys ja tutkimus

Opinnäytetyö 71 sivua, joista liitteitä 14 sivua
Helmikuu 2016

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ja tutkia Tampereella sijaitsevan Xpress-Wash-pesukadun kuivausjärjestelmää ja siihen liittyvien osa-alueiden toimintaa. Työn tavoitteiksi muodostuivat kuivaustulosten kehittäminen nyt ja tulevaisuudessa.

Kuivaustulosten parantamisen tarve oli ollut läsnä yrityksen perustamisen alusta alkaen, jo vuodesta 2011. Kuivaustulosten kehitys parantaa asiakastytyvääsyyttä ja näin liiketuloista. Kuivaustuloksia voitaisiin parantaa kuivainten kehityksen lisäksi monilla muilla tavoilla. Kemikaalit, pesukadun läpi kulkeva läpiveto, auton puhtaus ja kuivausaika vaikuttavat kuivaustuloksiin merkittävästi. Näitä asioita tutkimalla saatiin kerättyä tietoa kuivainten toiminnasta.

Kuivaustuloksia ei juurikaan saatu parannettua ilman investointeja, mutta tulevaisuutta varten opinnäytetyössä on selvitetty mahdolliset kehitysvaihtoehdot ja laitteet, joita voidaan käyttää hyödyksi myöhemmin. Työssä tutkittiin enimmäkseen mekaanisia laitteita. Kemikaalien vaikutus huomioitiin, mutta sitä ei tutkittu.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Modern Production Systems

VESTERINEN, NIKLAS:

Research And Development of the Drying System in XpressWash Tunnel Car Wash

Bachelor's thesis 71 pages, appendices 14 pages

February 2016

The purpose of this study was to research and develop the drying system and the factors affecting its functionality in XpressWash Tampere tunnel car wash. The object was to develop the drying system for current and future needs.

The need to improve drying results has existed since the beginning of 2011 when the car wash was founded. The development of drying results improves customer satisfaction and therefore the business overall. The drying results could be improved in many different ways besides the drying system development. Chemicals, cross-draught through the tunnel car wash, cleanness of a car and drying time affect drying results significantly. By researching these factors it was possible to gather information about the functionality of the drying system.

It was not possible to improve drying results significantly without additional investments. Potential development and equipment options for the future were also charted in this study. The main focus here was to research mechanical devices. Effects of chemicals in the car wash were observed but not investigated further.

Key words: car wash, drying, drying system development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TYÖN TILAAJA	8
	Kuivauslaitteiston kehitysidea.....	8
3	XPRESSWASH-PESUKADUN NYKYTILANNE	10
3.1	Pesukatu ja sen laitteisto	10
3.1.1	Pesuvaihtoehdot	12
3.1.2	Layout	13
3.1.3	Kuljetin.....	16
3.1.4	Kuivauslaitteisto MaxAir.....	16
3.2	Veden merkitys pesukadulla.....	17
3.2.1	Vesi ja märän auton haitat.....	17
3.2.2	Pesuainekemikaalit, vaha ja kuivausaine	18
3.2.3	Kosteus.....	19
4	ONGELMA JA MAHDOLLISET KEHITYSKOhteET.....	20
4.1	Pesukadun ovet ja tuulitunneli	21
4.2	Kosteuden poistaminen kuivausalueelta	22
4.3	Vedenlaadun vaikutus kuivaustuloksiin ja autojen tahroittumiseen.....	24
4.3.1	Veden puhdistus RO-laitteilla	24
4.3.2	Tahrojen muodostumisen ennaltaehkäisy RO-vedellä tai Tampereen vedellä.....	25
4.3.3	XpressWash-pesukadun vedenkulku	26
4.4	Puhaltimien kehitys.....	27
4.4.1	Puhallusmoottorien teho ja suuntauksen optimointi	30
4.4.2	Taajuusmuuttajat puhaltimille.....	31
4.4.3	Puhaltimien suuttimet	31
4.4.4	Puhaltimien etäisyys auton pinnasta ja puhallusteho	32
4.4.5	Kuumailmapuhaltimet.....	33
4.4.6	Puhaltimien turvallisuus.....	34
4.5	Kuivausharjat	35
4.6	Linjaston nopeus	36
4.7	FlashDry kuivausmenetelmä.....	37
5	PROJEKTISUUNNITELMA.....	38
5.1	Ennen kehitystöitä.....	38
5.1.1	Mittaukset alkuperäisillä laitteilla ja asetuksilla	38
5.1.2	Vesianalyysi	41
5.2	Kehitystyöt.....	42

5.2.1	Vedenkäytön suunnittelu.....	42
5.2.2	Olosuhteiden optimointi.....	43
5.2.3	Kuivainpuhaltimien tehon nostaminen	43
5.2.4	Puhallusvirtauksien tutkiminen.....	44
5.2.5	FlashDry-mentelemän toimivuuden tutkimus.....	44
5.3	Kehitystöiden jälkeen	45
6	MITTAUKSET JA TULOKSET	46
6.1	Mittaukset	46
6.1.1	Autojen kuivuuden mittaus	46
6.1.2	Vesianalyysi	47
6.2	Tulokset	47
6.2.1	Auton kuivaustulokset ennen kehitystöitä	47
6.2.2	Mittaustulokset kehitystöiden jälkeen.....	48
6.2.3	Kuivaustulosten vertailu.....	49
6.2.4	Vesianalyysin tulokset	50
6.2.5	Suuntauksen optimoinnin tulokset	51
6.3	Virhearvio	51
6.3.1	Virhearvio kuivaustuloksille	52
6.3.2	Arvio vesianalyysistä	52
6.4	Johtopäätökset.....	53
6.4.1	Kuivaustulosten johtopäätökset	53
6.4.2	Vesianalyysin johtopäätökset.....	53
7	POHDINTA.....	54
	LÄHTEET.....	55
	LIITTEET	58
	Liite 1. Vesianalyysi.....	58
	Liite 2. Mittaustulokset kokonaisuudessaan.....	71

LYHENTEET JA TERMIT

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
hv	hevosvoima
hz	hertsi
op	opintopiste

1 JOHDANTO

Autoiluun liittyy aina peseminen ja pesemiseen liittyy aina kuivaaminen. Autoja kuivataan joko käsin tai koneellisesti. XpressWash-pesukadulla Tampereen Turtolassa koneet hoitavat kuivauksen.

Kuivauslaitteiston toimivuus vaikuttaa yrityksen liiketoimintaan. Paremmat kuivaustulokset parantavat asiakastytyvyyttä ja lisäävät asiakkaiden määrää (Carwash.com 2012a). Kuivaustuloksia täytyy kuitenkin parantaa, jotta näihin tavoitteisiin päästään.

Työn tarkoituksena on kartoittaa kuivausjärjestelmän toimintaa ja sen kehittymismahdollisuuksia sekä pyrkiä toteuttamaan mahdolliset ajatukset kuivauslaitteiston ja niihin liittyvien komponenttien ja osa-alueiden kehityksessä. Työn tarkoituksena ja tavoitteena on myös auttaa ymmärtämään pesukadun toimintaa ja ongelmakohtia etenkin kuivaukseen liittyen. Kehitysinvestoinnit pyritään pitämään mahdollisimman matalalla tämän työn aikana.

Asiakkaat haluavat lähteä autopesusta tyytyväisinä kiiltävän auton kanssa. Kiiltävä, puhdas ja kuiva auto on usein asiakkaiden tyytyväisyyden peruste. Asiakkaat odottavat kuivaa tulosta, jotta auto ei heti pesun jälkeen ole vesipisaroiden aiheuttamien tahrojen peittäminen.

Kuivaustulokseen vaikuttaa puhaltimien lisäksi lukuisat muut tekijät, joita pyritään tämän työn avulla selventämään ja tutkimaan. Hyvin pesty, kiiltävä ja kuiva auto on asia, joita asiakkaat toivovat autopesulta.

2 TYÖN TILAAJA

XpressWash-pesukatu on autojen pesuun keskittynyt ketju. Tampereen XpressWash-pesukatu (kuva 1) sijaitsee Turtolan kauppakeskuksen läheisyydessä Säälänkadulla. Työntekijöitä pesukadulla on normaalisti 4, mutta sesongin aiheuttaman lisääntyneen työtarpeen vuoksi työntekijöitä on keväällä ja syksyllä 5 – 7. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 1: Tampereen XpressWash-pesukatu ulkoa päin kuvattuna. (Niklas Vesterinen 2015)

Samalla nimellä toimivia pesukatuja on Tampereen lisäksi Hyvinkäällä ja Järvenpäässä (XpressWash 2015a). Jokaisella XpressWash-pesukadulla on omat omistajansa. Tampereen pesukadun omistaa J. Taavitsainen Oy ja pesukatutoiminta alkoi joulukuussa 2011. (XpressWash Tampere 2015.) J. Taavitsainen Oy on myös tämän työn tilaaja.

Kuivauslaitteiston kehitysidea

Ajatus kuivaustulosten parantamisesta on ollut läsnä jo XpressWash-pesukadun perustamisesta alkaen. Kehityksen toteuttamisen suunnittelu alkoi kesällä 2015 yhdessä J. Taavitsainen Oy:n ja tämän opinnäytetyön tekijän kanssa.

Opinnäytetyön suunnittelu aloitettiin pitämällä kaksi kokousta. Aivoriihi-kokous pidettiin Tampereella 16.9.2015. Kokouksessa olivat paikalla pesukadun omistaja Juha Taavitsainen sekä pesuaineita ja laitteistoja maahantuovan Euro Car Wash:n henkilökuntaa. Kyseisessä kehittämiskokouksessa käsiteltiin enimmäkseen kuivaustulosten mittausmenetelmää, jossa päädyttiin edulliseen vaa'an avulla tehtävään mittausmenetelmään. Vaihtoehtoisista mittausmenetelmistä ei ollut varmaa tietoa eikä mittauslaitteistoa ollut saatavilla. Kokouksessa tutkittiin myös nykyisen laitteiston heikkouksia ja aiheen soveltumista opinnäytetyöksi. Todettiin, että aihe on sopiva opinnäytetyöksi.

Tämän lisäksi XpressWash-pesukadulla pidettiin esimies Niko Viljasen kanssa brainstorming-kokous 21.9.2015. Tapaamisessa mietittiin kuivauslaitteiston kehittämismahdollisuuksia erilaisista näkökulmista sekä käsiteltiin kuivaustulosten parantamista. Ideoita etsittiin Internetin avulla ja ideoita pyrittiin luomaan myös tyhjistä. Tilaisuuden avulla työhön löytyi useita laiteinvestointimahdollisuuksia, joita selvitetään myöhemmin opinnäytetyössä.

Näiden tilaisuuksien ansiosta ideoita syntyi runsaasti ja niiden pohjalta aloitettiin suunnittelemaan ja tutkimaan kuivauslaitteistoa ja sen kehittämistä tarkemmin.

3 XPRESSWASH-PESUKADUN NYKYTILANNE

Samalla pesulaitteistolla on pesty jo 4 vuotta. Koneita on huollettu säännöllisesti, mutta uusia laitteita ei ole hankittu kuin muutamia. Uutuudet ovat shinex-vahausjärjestelmä sekä uusi vaahdottava pesuaineen levitys ennen pesuharjoja. (XpressWash Tampere 2015.) Kilpailu tulee olemaan tulevaisuudessa kovaa ja silloin laiteinvestoinnit ovat erittäin tärkeitä.

3.1 Pesukatu ja sen laitteisto

XpressWash-pesukadulla yhdistyvät käsinpesu ja konepesu, jolloin pesu on tehokkaampi kuin tavallisissa pesuloissa, joissa vain koneet pesevät auton. Käsinpesussa keskitytään konepesun heikkoihin alueisiin. Usein autopesula koostuu Rollover-koneesta (kuva 2), jossa pestävä auto pysyy paikoillaan ja pesulaitteet rullaavat automaattisesti auton ylitse. Näin pesula saadaan mahtumaan pieneen tilaan. (Mark VII 2015.) Rollover-koneita löytyy paljon huoltoasemilta. Pesukadut eroavat Rollover-koneista kooltaan ja pesumenetelmältään. Pesukaduilla autot kulkevat linjastolla, jossa pesulaitteet ovat enemmän paikoillaan pysyviä tai pieniliikkeisiä (XpressWash Tampere 2015).



KUVA 2: Christ Wash Systems Rollover-kone. (Christ Wash Systems 2015)

XpressWash-pesukadun tehokkuus perustuu erinomaiseen läpäisykykyyn, jonka ansiosta voidaan pestä lähes 60 autoa tunnissa (XpressWash 2015b). Rollover-koneissa pestään keskimäärin 10-15 autoa tunnissa (Mark VII 2015). Nopean läpäisyn mahdollistaa liukuhihnatyyppinen autojen pesumenetelmä, jossa autot kulkevat peräkkäin kuljettimella pesukadun läpi (kuva 3). (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 3: Pesukatu, kuljetin ja laitteisto sisältä kuvattuna. (Niklas Vesterinen 2015)

3.1.1 Pesuvaihtoehdot

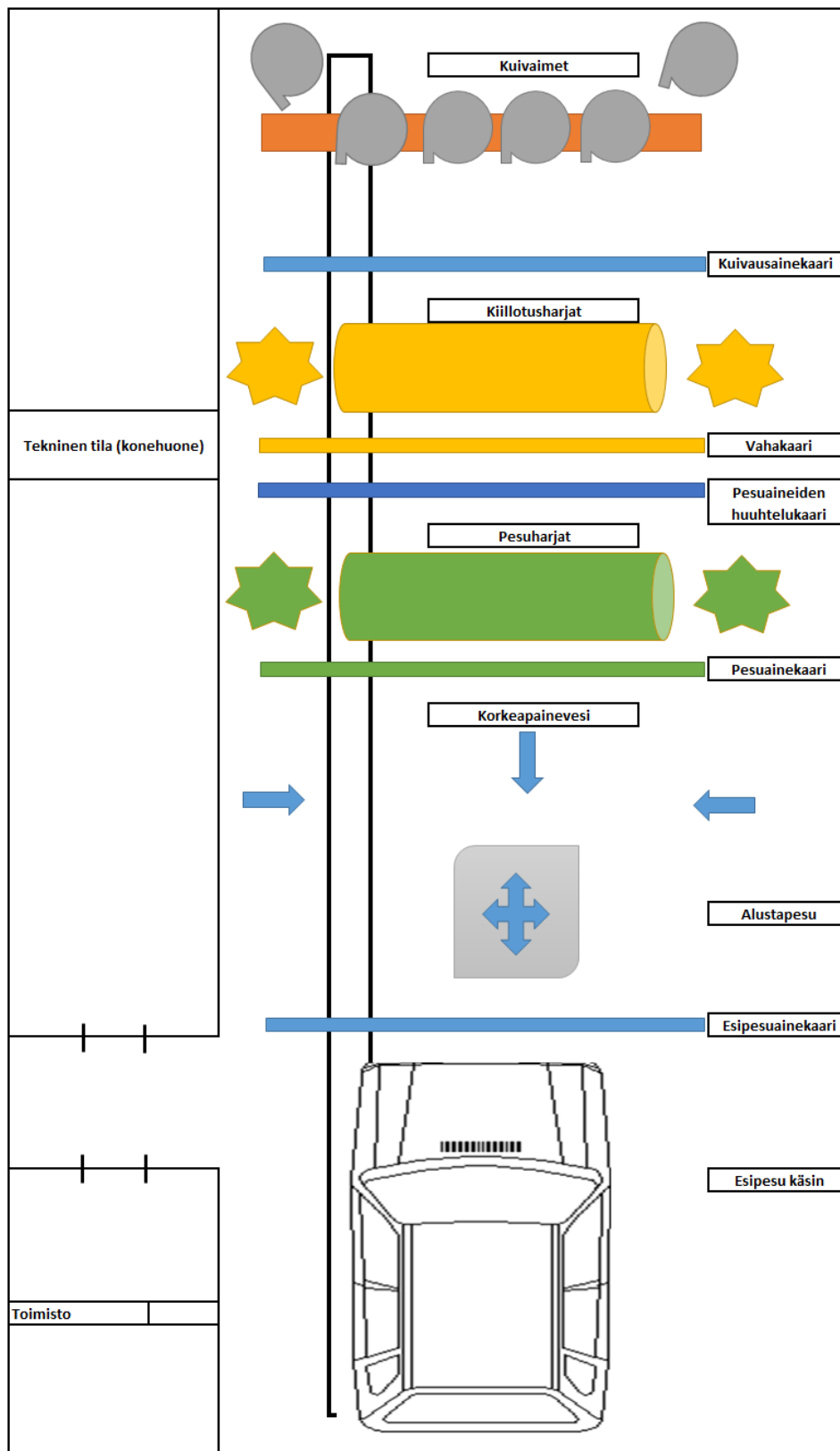
XpressWash-pesukadulla on 4 erilaista pesuohjelmaa, jotka on hinnoiteltu vahauksen mukaan.

1. Peruspesu	(ei vahaa)	18 €
2. Parempipesu	(vaahtovahaus)	20 €
3. Paraspesu	(kiiltovahaus)	23 €
4. Shinex-pesu	(shinex-vahaus)	29 €

Jokainen pesu sisältää käsinpesun ja koneellisen pesun. Alustapesu sisältyy kaikkiin muihin, paitsi peruspesuun. Vahauksen laatu paranee hinnan noustessa. Paraspesu ja shinex-pesu sisältävät lisäksi kiillotusharjauksen, joka auttaa vahan asettumista auton pinnalle. (XpressWash Tampere 2015.)

3.1.2 Layout

Pesukadun layout on hyvin yksinkertainen, suoraviivainen linjasto (kuva 4). Pesu alkaa siten, että auto pestään käsin. Esipesun jälkeen auton päälle levittyy pesuaineet pesuainekaarista, joita seuraa korkeapainevesi. Korkeapaineiden jälkeen harjat harjaavat auton katon ja kyljet harjashampoon avulla. Tämän vaiheen jälkeen auto viimeistellään vahauksella pesusta riippuen. Lopuksi auton päälle levittyy nestemäinen kuivausaine kuivausainekaarista ja kuivaimet kuivaavat auton. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 4: Pesukadun layout. (BiblioCad.com 2015, muokattu)

Pesukadun layout on suunniteltu tehokkaaksi pesujen kannalta. Pesuainekaarien ja pesulaitteiden välit ovat tarkoin mietittyjä. Pesuaineiden täytyy antaa vaikuttaa pesuaineesta

riippuen, joten on tärkeää, että pesuainekaarien ja pesulaitteiden välillä on välimatkaa riittävästi. Myös vahausta, kuivausainetta ja kuivauslaitteistoa on mietitty samalla periaatteella tehokkuuden mukaan. (Cook 2013.)

Kesseltronics-ohjausyksikkö ohjaa pesukadun laitteiden toimintaa. Pesulaitteiston toimintaa voidaan säätää tietokoneohjelman avulla Internet-yhteyden välityksellä. Ohjelmalla voidaan esimerkiksi säätää kuivauspuhaltimien käynnistyshetkeä auton saapuessa kuivainten kohdalle. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 5: Kesseltronics-ohjausyksikkö. (Niklas Vesterinen 2015)

3.1.3 Kuljetin

XpressWash-pesukadulla autoa kuivataan keskimäärin 30 sekuntia riippuen auton pituudesta. Keskiarvo on saatu sekuntikellon avulla mittaamalla. Kuivempiin tuloksiin voidaan päästä automaattikoneissa, joissa auto ei kulje linjalla ja kuivausaika on yleensä pidempi kuin nopeilla pesukaduilla, riippuen kuivaimien määrästä ja tehosta. Autoa saatetaan kuivata useita minutteja rollover-koneissa. (XpressWash Tampere 2015.)

3.1.4 Kuivauslaitteisto MaxAir

Kuivauslaitteisto koostuu kuudesta kiinteästä puhaltimesta, jotka kuivaavat auton. Puhaltin koostuu kotelosta, sähkömoottorista sekä siipipyörästä. Puhaltimen siipipyörää pyörittävä sähkömoottori on kytketty ohjausyksikköön, jonka avulla puhaltimia ohjailaan. (XpressWash Tampere 2015.) Yhden puhaltimen tekniset tiedot on lueteltu taulukkoon 1:

TAULUKKO 1. MaxAir-järjestelmä ja tekniset tiedot. (XpressWash Tampere 2015.)

Puhaltimet	6 kpl
Teho	4,5 hv x 6 kpl
Mekaniikka	Siipipyörä
Käyttöenergia	Sähkövirta
Puhallus ilma	Lämmittämätön

Neljä puhallinta puhaltavat suoraan ylhäältä lähes 90 asteen kulmassa ja kaksi sivuilta hieman alemmaa noin 45 asteen kulmassa (kuva 6). Ylhäältäpäin puhaltavat puhaltimet ovat (2,42 m) korkeudella pesukadun lattiasta mitattuna ja ne kuivaavat auton päältäpäin. Sivupuhaltimet on asennettu hieman matalammalle (1,65–1,8 m), jolloin ne puhaltavat auton kyljissä olevaa ja katolta tullutta edellisten puhaltimien siirtämää vettä. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 6: Pesun kuivauspuhaltimet 6kpl. (Niklas Vesterinen 2015)

3.2 Veden merkitys pesukadulla

Vedellä on erittäin suuri merkitys autojen pesussa. Vettä käytetään autonpesun jokaisessa vaiheessa ja sillä on vaikutuksia myös pesun jälkeen. Laadukas vesi on avaintekijä autonpesussa, koska kemikaalit tulevat pesukadulla aina veden mukana lukuun ottamatta shinex-vahaa, joka levittyy paineilman avulla 100 prosenttisena vahana. (Carwash.com 2010.)

3.2.1 Vesi ja märän auton haitat

Vedenlaatu vaikuttaa sekä pesutuloksiin että kuivaustuloksiin. Veden sisältämät epäpuhtaudet heikentävät kemikaalien toimintaa liukenemalla kemikaaleihin. (Carwash.com 2010.)

Vesi voi olla kovaa tai pehmeää. Kova vesi sisältää paljon kallioista peräisin olevia suoloja. (Vesiakatemia 2012.) Nämä suolat pyrkivät saostamaan kemikaaleja eli heikentämään kemikaalien toimintaa. Vedessä on suolojen lisäksi myös muita kiinteitä aineita,

jotka vaikuttavat myös kemikaaleihin esimerkiksi värjäämällä vettä. (Carwash.com 2010.)

Kuivuessaan veden epäpuhtaudet jäävät auton pintaan valkeina tahroina. Niitä on myöhemmin vaikea saada pois auton pinnasta, joten auto on hyvä saada kuivaksi pesun jälkeen. Erittäin pehmeä vesi sisältää vain vähän epäpuhtauksia ja on siksi optimaalinen autojen pesemiseen. (Carwash.com 2010.)

Märkä auto kerää pölyhiukkasia liikenteessä, jotka jäävät auton pintaan myös kuivuaan. Lähes jokainen asiakas kuivaakin autonsa pesun jälkeen käsin tahrojen, jäätyneen ja pölyn välttämiseksi. (XpressWash Tampere 2015.)

3.2.2 Pesuainekemikaalit, vaha ja kuivausaine

Kemikaaleja tarvitaan autojen puhdistukseen ja kuivaamiseen. Kuivauksen kannalta tärkeät kemikaalit ovat vaha ja kuivausaine. (XpressWash Tampere 2015.)

Vahaus tekee auton pintaan suojaavan kerroksen, joka täyttää pienet naarmut ja kolot. Näin auton pinnan kitka pienenee ja pinnasta tulee vettähylkivä. Laadukas vahaus parantaa myös kuivaustuloksia pinnan tasoituksen vaikutuksen myötä. (Lansing State Journal 1994.) Vahaus tulee pesuohjelmassa aina ennen kuivausainetta (XpressWash Tampere 2015).

Kuivausaineena XpressWash-pesukadulla käytetään Pineline RinsingWax kuivausainetta (XpressWash Tampere 2015). Kyseinen kemikaali on nimestä huolimatta nestemäistä kuivausainetta, jota käytetään kuivauspuhaltimien apuna kuivempien autojen aikaansaamiseksi. Kuivausaineen tarkoituksena on tehdä auton pintaan vahan tavoin vettä hylkivä pinta, jotta auto saataisiin helpommin kuivaksi (Carwash.com 2012a). Veden ja kuivausaineen suhde riippuu käytetystä kuivausaineesta, linjaston nopeudesta sekä vaikutusajasta. Tampereen XpressWash:lle suhde on valittu Euro Car Washin ammattilaisten avustuksella sopivaksi. (XpressWash Tampere 2015.)

3.2.3 Kosteus

Hallissa on paljon kosteutta ilmassa, koska korkeapaineista vettä käytetään paljon. Puhallimet käyttävät tätä kosteaa ilmaa kuivamaan autoa, jolloin kosteutta siirretään auton pintaan uudestaan. Kuivat olosuhteet olisivat optimaalisimmat, koska kostea ilma ei kuivaa niin tehokkaasti. (XpressWash Tampere 2015.)

4 ONGELMA JA MAHDOLLISET KEHITYSKOhteet

Suhteellisen märkiä autoja on tullut pesukadulta jo lähes 3 vuoden ajan. Pesukadulla autoista tulee puhtaita lyhyessä ajassa, mutta autot jäävät kuitenkin pesun jälkeen suhteellisen märiksi, mikä aiheuttaa turhaa työtä asiakkaille. Pesun jälkeen asiakkaat usein kuivaavat auton käsin, koska märkä auto kerää pölyhiukkasia, jotka jäävät auton pintaan veden haihtuessa. Auton huolellinen kuivaaminen myös poistaa valkeiden tahrojen muodostumisen mahdollisuuden.

Autojen pintaan jää sen verran vettä, että pesun yhteydessä jaettava jälkihoitoliina on jälkihoidon jälkeen melko märkä (kuva 7). Asiakkailta on tullut välillä palautetta märistä autoista. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 7. Auton viimeistelyyn käytetty jälkihoitoliina. (Niklas Vesterinen 2015)

Kuivaustulosta parantaessa täytyy miettiä kuivaukseen vaikuttavia tekijöitä. Nämä tekijät ovat samat myös rollover-koneissa, ei pelkästään pesukaduilla, lukuun ottamatta tuulitunnelia.

Kuivaustulokseen vaikuttavat tekijät

- Puhaltimet (Määrä, teho, suuntaus)

- Veden laatu ja kemikaalit (Kuivausaine ja vaha)
- Ilman lämpötila ja kosteus hallissa
- Kuivausaika
- Auton puhtaus
- Pesukadun läpi kulkeva tuulitunneli

(Carwash.com 2010; Carwash.com 2012b; Carwash.com 2012c; Lansing State Journal 1994;)

Kehitysmahdollisuuksia on paljon, mutta osa vaatii suuria investointeja. Investointeja ei toteuteta ennen niiden hyödyllisyyden varmistamista. Hinta-laatusuhteeltaan hyvät kohteet pyritään toteuttamaan. (XpressWash Tampere 2015.) Tässä työssä otetaan kuitenkin huomioon useita kehityskohteita, jolloin työtä saatetaan käyttää myöhemmin kuivaukseen liittyvien uusien laitteiden tai osa-alueiden kehityksessä.

4.1 Pesukadun ovet ja tuulitunneli

Pesukadulla on suuret automaattiset ovet sisään ja ulos. Nämä ovet ovat sesonkiaikaan auki lähes jatkuvasti, jolloin tuuli pääsee kulkemaan pesukadun läpi. Tämä tuuli viilentää ilmaa ja muuttavat kuivaimien tuottamien ilmavirtauksien suuntaa. Autot jäävät tällöin märemmiksi. (XpressWash Tampere 2015.)

Uusien sisääntulo- ja ulosajo-ovien avulla voitaisiin pienentää tuulitunnelin vaikutusta. Ovia vaihtamalla nopeammin aukeaviin ja sulkeutuviin saataisiin pidettyä ovia kiinni enemmän, jolloin tuulitunnelin vaikutus vähenisi. Tuulitunnelin vaikutusta ei voida myöskään aina poissulkea, varsinkaan pelkästään ovien avulla. (XpressWash Tampere 2015.)

XpressWash-pesukadulla on turvalliset Crawford merkkiset ovet (kuva 8; Crawford Entrematic 2015). Nopeat ovet ovat usein kevyempi rakenteisia, jolloin esimerkiksi murto-turvallisuus heikentyy.



KUVA 8: Pesukadulla käytössä olevat Crawford-ovet. (Niklas Vesterinen 2015)

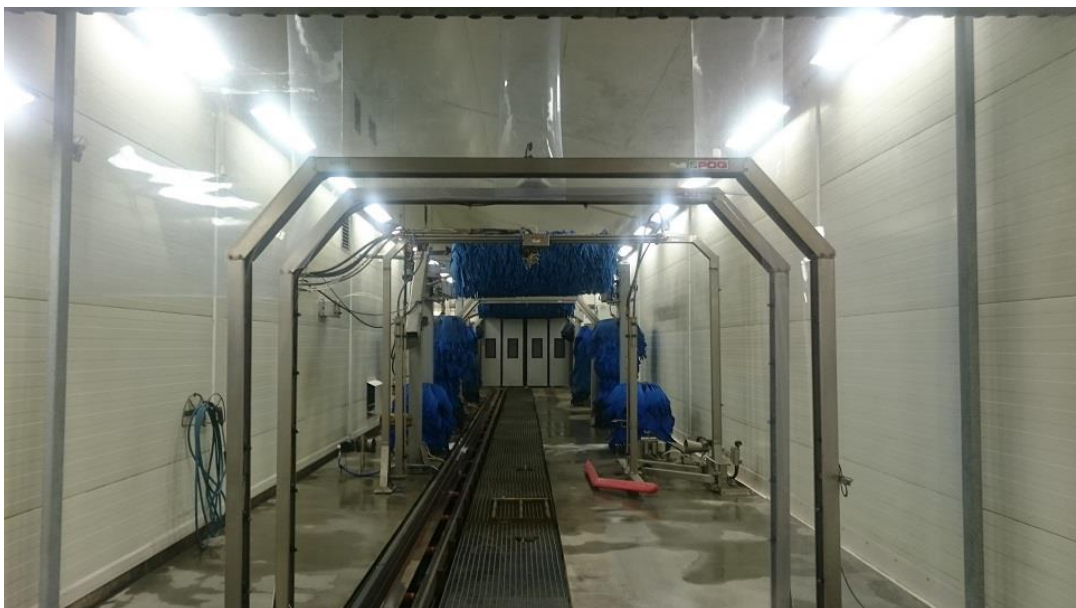
4.2 Kosteuden poistaminen kuivausalueelta

Pesukadulta löytyy pesuhallin ilmankuivain teholtaan 18 kW (kuva 9), jota ei ole käytetty usein suuren sähkönkulutuksen vuoksi. Laitteen tarkoituksena on pitää pesuhalli kuivana. Tämän laitteen käyttö voisi parantaa kuivaustuloksia, koska kuivalla ilmalla kuivaaminen on tehokkaampaa kuin kostealla vesihöyrypitoisella ilmalla. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 9: Hallin kuivauslaitteisto 18 kW. (Niklas Vesterinen 2015)

Esipesualue on eristetty osittain pesuainekaarien mukaan, jotta vettä ei tule pesukoneesta esipesualueelle, jossa työskentelee ihmisiä (kuva 10). Samalla tavalla voitaisiin eristää kuivausalue. Asentamalla pesukaarien ympärille muoviset suojukset, jotta suurin kosteus pysyisi pesualueella eikä leijailisi lähelle kuivaimia. Koko tilaa ei kuitenkaan voitaisi eristää, koska autojen täytyisi päästä pesualueelta kuivausalueelle pesukaarien lävitse. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 10: Muoviset suojukset pesuainekaarien ympärillä. (Niklas Vesterinen 2015)

4.3 Vedenlaadun vaikutus kuivaustuloksiin ja autojen tahroittumiseen

XpressWash:lla käytettävästä pesuvedestä voidaan tehdä vesianalyysi ja selvittää sen koivuus sekä epäpuhtaudet. Näin saadaan selville onko vesi hyvälaatuista. Kiinteitä epäpuhtauksia voidaan mitata esimerkiksi TDS (Total Dissolved Solids)-mittarilla, jolla saadaan lukema välillä 0–10 000 ppm riippuen mittarista. Tämä kertoo veden kiinteiden aineiden pitoisuuden. (Ruder 2009.)

Vettä olisi hyvä puhdistaa jos epäpuhtauksien pitoisuus ylittää 50 ppm, koska tällöin vesi alkaa muodostaa valkeita tahroja haihtuessaan (Ruder 2009). Veden autonpesun kannalta haitallisia kalsium- ja magnesium-suoloja voidaan vähentää vedenpehmentimellä. (Carwash.com 2010.)

On huomattu, että pesuaineet toimivat parhaiten, kun kiinteän aineen pitoisuus TDS (Total Dissolved Solids) on 0 ppm eli kun vesi on täysin pehmeää ja puhdasta (Carwash.com 2010). Kuivausaine ja vaha toimivat kuitenkin hyvin kovassa vedessä, koska niiden sisältämät kemikaalit eivät reagoi kovan ja epäpuhtaan veden kanssa (Vertin 2014).

Kovalla vedellä on suurempi pintajännitys kuin pehmeällä vedellä. Vesi muodostaa tällöin suurempia pisaroita, joita on helpompi poistaa puhaltimien avulla, kuin pienempiä pisaroita. (Vertin 2014.) Kuivausaineet voivat tulevaisuudessa vielä kehittyä ja muuttua, jolloin vedenlaadun vaikutus kuivausaineeseen ja vahaan täytyy tarkistaa uudestaan.

4.3.1 Veden puhdistus RO-laitteilla

Vettä voidaan puhdistaa myös RO (Reverse Osmosis)-laitteilla (Kuva 11), jotka tekevät vedestä puhtaampaa käänteisosmoosin avulla. Yleensä vedenpuhdistimet on asennettu toimimaan yhdessä vedenpehmentimen kanssa, jolloin vedenlaatu paranee tehokkaammin. (Linton 2014.) Puhdistetun veden käyttöä kannattaa miettiä kohteissa, joissa vedenlaadulla on erityisesti merkitystä. Tällaisia kohteita ovat kemikaalit sekä viimeinen kuivausaineakaari. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 11: Vedenpuhdistuslaite PDQ LaserH2O Reverse Osmosis System. (PDQ Vehicle Wash Systems 2014b)

Vedenpuhdistimen hankkiminen saattaisi vähentää pesuainekemikaalien käyttöä, mutta pesuainekemikaalien käytön määrän vähenemistä ei voida määrittää ilman tutkimusta. Ei ole myöskään tiedossa missä vaiheessa kiinteän aineen vaikutus alkaa muodostua ongelmaksi eli ei ole tiedossa missä vaiheessa vedenepäpuhtaudet alkavat vaikuttamaan pesutuloksiin. (Carwash.com 2010). Puhdas vesi ei kuitenkaan vaikuta kuivaustuloksiin, kuten opinnäytetyön kohdassa 4.3 on kerrottu.

4.3.2 Tahrojen muodostumisen ennaltaehkäisy RO-vedellä tai Tampereen vedellä

Valkeiden tahrojen syntyminen voidaan estää kuivaamalla auto täysin kuivaksi ennen kuin vesi ehtii haihtumaan auton pinnalta. Toinen vaihtoehto on, että epäpuhdas vesi ja kuivausaine jäävät huuhdellaan puhdistetulla RO-vedellä ennen kuivausta. Puhtaan veden haihtuessa auton pinnalta, auton pintaan ei jää ylimääräistä kiinteää ainetta, jota kuivausaine ja epäpuhdas vesi sisältävät. (Vertin 2014.)

Kuivaustulokset kuitenkin saattaisivat heikentyä, koska pehmeä vesi ei muodosta suuria helposti liikkuvia vesipisaroita yhtä helposti kuin kova vesi. (Vertin 2014.) Auton pinnassa olevien pisaroiden ei kuitenkaan tarvitse olla suuria, jos auton pinta on käsitelty laadukkaalla kuivausaineella ennen kuivaimia. Tällöin auton pinta hylkii vettä tehokkaasti, jolloin sen poistaminen on edelleen tehokasta vaikka puhdistettua pieniä pisaroita muodostavaa vettä suihkutettaisiinkin vielä lopuksi auton päälle. (Carwash.com 2012a.)

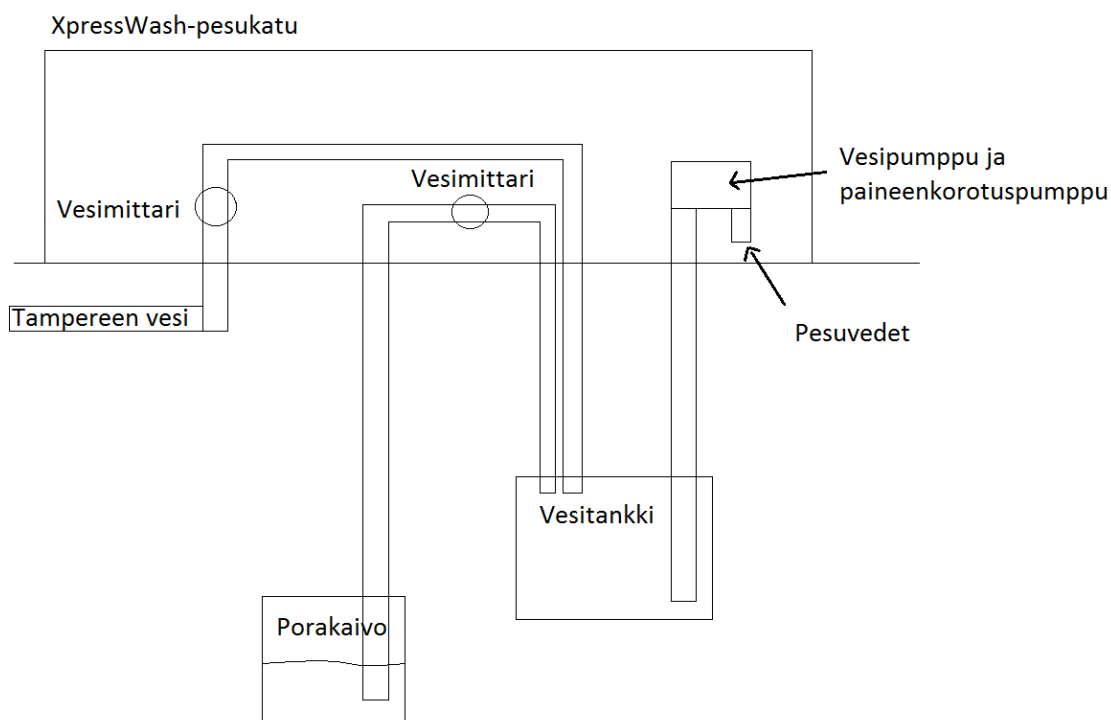
RO-veden tilalla ennen kuivaimia on hyvä kokeilla ensin Tampereen vesijohtovettä. Näin saadaan todennäköisesti vähennettyä tahrojen muodostumista, koska käytettävä vesi on pesukadulla epäpuhtaampaa seosvettä.

Kuivaustuloksia parantamalla voidaan vähentää tahrojen syntymistä, koska ilman veden haihtumista tahroja ei jää auton pintaan. On kuitenkin todennäköistä, että vaikka kuivauslaitteisto ja muut tekijät olisivat viimeisen päälle laadukkaat, niin auton rakoihin jää kuivauksen jälkeen vettä, joka lähtee liikkeelle ja valuu auton pinnalle pesun ja kuivauksen jälkeen. Tämä vesi aiheuttaa tahroja haihtuessaan auton pinnalta, jos kyseinen vesi on epäpuhdasta tai sisältää vielä kuivausainejäämiä. (XpressWash Tampere 2015.)

Tahrojen muodostuminen on yksi suurimmista epätyytyväisyyden perusteista, minkä vuoksi puhdistettu vesi ennen kuivaimia olisi erittäin tärkeää. Tämä vähentäisi autojen tarvetta olla täysin kuivia.

4.3.3 XpressWash-pesukadun vedenkulku

Veden puhdistus olisi lähes pakollinen vaihtoehto, jos käytössä olisi pelkästään porakaivon vesi, koska se on aina puhdistamatonta vettä. (XpressWash Tampere 2015.) Käytössä on kuitenkin porakaivon lisäksi Tampereen vesi, joka on valmiiksi käsitelty pehmeäksi ja tasalaatuiseksi (Tampereen Vesi 2015). Porakaivovesi ja Tampereen vesi pumpataan samaan vesitankkiin, josta sitä pumpataan pesulaitteiston käyttöön (kuva 12). Pesuvedet XpressWash-pesukadulla ovatkin siis aina seosvesiä. (XpressWash Tampere 2015).



KUVA 12. Pesukadun pesuvesien kulku. (Niklas Vesterinen 2015)

Muutoksia voitaisiin tehdä pesukadun veden käyttöön. Putkitöiden avulla olisi mahdollista siirtyä käyttämään Tampereen vettä pesukadun eri kohteissa. Tampereen vesi voitaisiin ottaa käyttöön esimerkiksi pesuaineille, jolloin kovaa seosvettä ei tarvitsisi käyttää. Näin voitaisiin säästää pesukemikaalikuluisia. Autot myös puhdistuisivat helpommin, jolloin kuivaus helpottuisi. (XpressWash Tampere 2015.) Puhtaampien autojen kuivaaminen on helpompaa kuin likaisen, koska pinta on puhtaalla autolla tasaisempi (Carwash.com 2012a). Tällöin vesi on helposti poistettavissa auton pinnalta, kun vesipisaroiden liikettä estämässä ei ole likaa. (Lansing State Journal 1994.)

4.4 Puhaltimien kehitys

Puhaltimet ovat kuivauksen kannalta tärkeimmät komponentit. Suuri keskitetty ilmavirtaus puhalttaa vettä auton pinnalta pois. Puhaltimia kehittämällä saataisiin todennäköisesti kuivaustuloksia parannettua huomattavasti. Puhaltimia on mahdollista kehittää monella eri tavalla. Autoja ei kuitenkaan voida saada 100 prosenttisen kuivaksi millään kuivauspuhallinjärjestelmällä (Woodie 2015).

Puhaltimia on 3 erilaista tyyppiä, joita voidaan käyttää autopesuloiden kuivauksessa.

1. Aksiaalinen puhallin
2. Keskipakopuhallin
3. Sivukanavapuhallin

(Woodie 2015.)

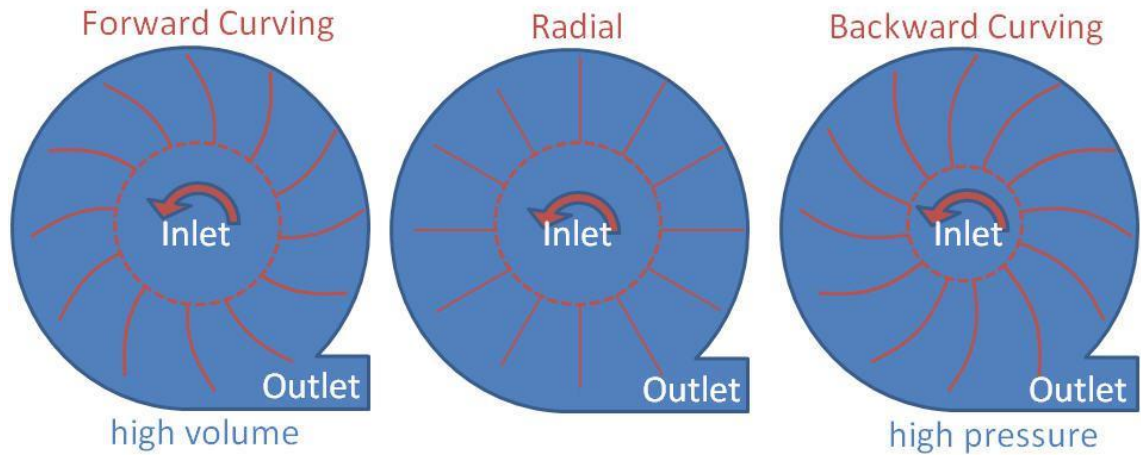
Aksiaalisen puhaltimen (kuva 13) puhallusvirta on matalapaineinen, mutta suuria määriä ilmaa saadaan puhallettua tällä tavalla. Tätä puhallintyyppiä käytetään kuumailman puhaltamisessa ja kun tarvitaan suuria ilmamääriä. (Woodie 2015.)



KUVA 13: Aksiaalinen puhallintyyppi. (Teknocalor 2015)

Keskipakopuhallin (kuva 14) on eniten käytetty puhallintyyppi, niin sanottu ”oravanpyörähäkki”, jossa ilmaa puhalletaan suurella nopeudella ja paineella, mutta puhallusvirran volyyymi on pieni verrattuna aksiaaliseen puhaltimeen. (Woodie 2015.) Keskipakopuhallin on yleisimmin käytetty puhallintyyppi autopesuloissa ja tätä puhallintyyppiä käytetään myös Tampereen XpressWashilla. Puhaltimen siipipyörä Tampereen XpressWashilla on (kuvan 14) vasemmanpuoleista tyyppiä, jolloin ilmamäärä eli volyyymi on suuri (Xpress-Wash Tampere 2015).

Centrifugal Fans



KUVA 14: Keskipakopuhallin tyypit. (Home in the Earth.com 2015)

Sivukanavapuhallin (kuva 15) on samantyyppinen kuin keskipakopuhallin, mutta puhallusvirran aiheuttava siipipyörä on asennettu suljettuun tilaan, josta ilmaa puhalletaan putkiston kautta. Tämä puhallintyyppi on erittäin harvinainen autojenpesussa, mutta mahdollinen. Tällä puhaltimella saadaan kova paine aikaan, mutta ilmamäärä jää erittäin pieneksi, joten puhallin ei ole kovinkaan hyödyllinen autojen kuivaamisessa. (Woodie 2015.)



KUVA 15: Sivukanavapuhallin. (Spencer 2014)

4.4.1 Puhallusmoottorien teho ja suuntauksen optimointi

Lisäpuhaltimilla tai tehokkaammilla moottoreilla kuivaustuloksia saataisiin parannettua. (XpressWash Tampere 2015.)

Suosittelun kuivauspuhaltimien teho pesukaduilla on liitetty autojen läpäisykykyyn. Suositeltu puhaltimien teho Tampereen XpressWashilla olisi 60 hevosvoimaa, koska läpäisykyky on 60 autoa tunnissa. (Carwash.com 2013) Nyt pesukadulla on 6 puhallinta, joiden yhteenlaskettu teho on 27 hv. Tämä teho on suositeltua pienempi, joten puhaltimia olisi suosituksen mukaan oltava vähintään 12, jotta suositusarvo toteutuisi. Jos puhaltimet toimisivat luvulla 7,5 hv teholla puhaltimia tarvittaisiin vain 7 kpl, jotta päästäisiin jo lähelle suositusarvoa (52,5 hv). (XpressWash Tampere 2015.)

Puhallusvirtojen suuntauksen täytyy olla optimoitu, jotta puhaltimien teho saadaan hyödynnettyä täysin. Puhaltimien asentoja voidaan säätää hieman, mutta korkeuden ja paikan vaihto on ongelmallisempaa, koska ne ovat kiinni kiinteässä kehikossa ja putkimaisissa kiinnitystolpissa (kuva 16). (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 16: Kuivauspuhaltimien kiinnitys metalliseen kehikkoon. (Niklas Vesterinen 2015)

4.4.2 Taajuusmuuttajat puhaltimille

Kuivauspuhaltimien normaali puhallusteho kuuluisi olla 7,5 hv (PDQ Vehicle Wash Systems 2014a), mutta pesukadulla käytössä olevat USA:han tarkoitetut moottorit toimivat tällä hetkellä Tampereen XpressWash:lla vain 4,5 hv teholla (XpressWash Tampere 2015). Tämä johtuu erityyppisestä sähköverkosta Suomessa ja USA:ssa (Triptek.eu 2015).



KUVA 17: Puhallusmoottorin tekninen kilpi. (Niklas Vesterinen 2015)

Moottorin teknisen kilven mukaan (kuva 17) moottorista olisi kuitenkin saatavilla 7,5 hv teho 60 Hz taajuudella. Tämä taajuuden nosto lisäisi moottorin kierros nopeutta n. 530 min^{-1} , jolloin puhaltimen siipipyörän kierrosnopeus olisi n. 3500 min^{-1} . Taajuuden nostaminen onnistuu taajuusmuuttajien avulla. Taajuusmuuttajiin investointi on edullisempi vaihtoehto kuin uusien moottoreiden hankkiminen. (XpressWash Tampere 2015).

4.4.3 Puhaltimien suuttimet

Puhaltimille on saatavilla erilaisia suuttimia, jotka muuttavat puhallusvirtausta. Puhaltimille on esimerkiksi saatavilla ”Elephant ears”-suuttimia, jotka tuottavat kapean, mutta pitkän puhallusvirran. Tällaisesta ratkaisusta on hyötyä kylkien kuivauksessa (kuva 18).

Puhallusvirta saadaan tehokkaasti myös auton alahelmoille asti näillä suuttimilla. (Sonny's The CarWash Factory 2013.)



KUVA 18: Sonnys The CarWash Factory: Elephant Ear-suuttimet puhaltimille. (Sonny's The CarWash Factory 2013)

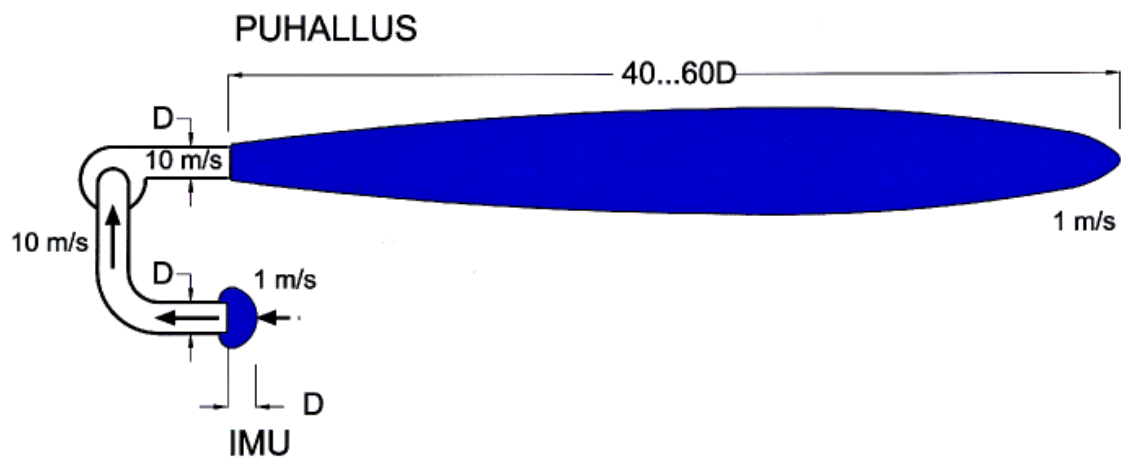
Kuivaustulosten paranemiseen ei ole varmuutta, koska kyseiset lisälaitteet on suunniteltu 10- ja 15-hevosvoimaisille moottoreille. Tällä hetkellä moottorit eivät ole näin tehokkaita, joten lisälaitteiden optimaalinen toimivuus ei ole taattu.

Tästä ratkaisusta on silloin suuresti hyötyä kun riittävät puhaltimet on asennettu toimimaan yhdessä näiden suuttimien kanssa. Sonnys Elephant Ear suuttimia voidaan säätää akselinsa ympäri 12° molempiin suuntiin. Tämä mahdollistaa puhallusvirtojen säätämisen, jolloin voidaan saada myös auton takaosaan tai keulaan kuivaavaa puhallusvirtausta. (Sonny's The CarWash Factory 2013.)

4.4.4 Puhaltimien etäisyys auton pinnasta ja puhallusteho

Suuremmat autot ovat lähempänä puhaltimien suuttimia ja vastaanottavat kovemman puhallusvirran. ”Puhallussuihkussa turbulenttinen leikkausjännitys vaikuttaa virtauksen

kulkuun tempaamalla mukaan ympäröivää ilmaa, jolloin suihku leviää ja sen nopeus hidastuu.” (Säämänen, Riipinen, Kulmala & Welling 2004, 94-95) Näin ollen puhaltimien puhallusvirta ei ole yhtä nopeaa matalan, kuin esimerkiksi korkean pakettiauton pinnalla. Puhallusvirran leveys on kuitenkin suurempi kuin lähempänä suuttimia (kuva 19). Ilmämäärä, joka kohdistuu korkeiden ja matalien autojen pintaan on kuitenkin sama. Suurempinopeuksinen ilma siirtää vettä tehokkaammin, kuin pienempinopeuksinen puhallusvirta. Näin lähempänä puhallussuuttimia vesi poistuu tehokkaammin auton pinnalta.



KUVA 19: Puhallusvirran nopeuden hidastuminen. (Säämänen, Riipinen, Kulmala & Welling 2004, 95)

4.4.5 Kuumailmapuhaltimet

Kuumailman puhaltaminen on tehokas menetelmä kuivan auton aikaansaamiseksi. Kuuman ilman puhaltaminen haihduttaa auton pinnalla olevan kosteuden kuuman ilman avulla. Kylmällä ilmalla lämmin puhallusvirta on tehokas tapa kuivata autoja. Markkinoilla on tarjolla erilaisia kuumailmapuhaltimia autojen kuivaustarkoituksiin (Kuva 20). (Tommy Car Wash Systems 2013.)



KUVA 20: Tommy Solarsonics Heated Blower. (Tommy Car Wash Systems 2013)

Tämä kuumailmapuhallin on kaasu- ja sähkökäyttöinen, joten ylläpitokustannukset ovat myös suuret kyseiselle laitteelle. Kyseinen laite ei voi myöskään korvata normaaleja puhaltimia, koska suurien vesimäärien kuivaus kuumalla ilmalla ei ole järkevää. Energiaa hukattaisiin erittäin paljon. Kuvassa kuumailmapuhaltimet on asennettu normaalien puhaltimien jälkeen. On tehokkaampaa puhaltaa normaaleilla puhaltimilla suurimmat vesimäärät pois ja viimeistellä kuumailmalla auton pienkosteus pois auton pinnasta. (Tommy Car Wash Systems 2013.)

4.4.6 Puhaltimien turvallisuus

Kuivauspuhaltimet pyörivät erittäin suurilla nopeuksilla (n. 3000 kierrosta minuutissa). Suuren pyörimisnopeuden vuoksi pienikin epätasapaino pyörivässä laipassa aiheuttaa kuivauspuhaltimeen aksiaalista tärinää. Tällainen häiriötila on erittäin vaarallinen, koska siipipyörä saattaa jopa irrota akselistaan ja sinkoutua ulos puhaltimen kopasta suurella nopeudella tai jopa räjähtää. (Woodie 2015.)

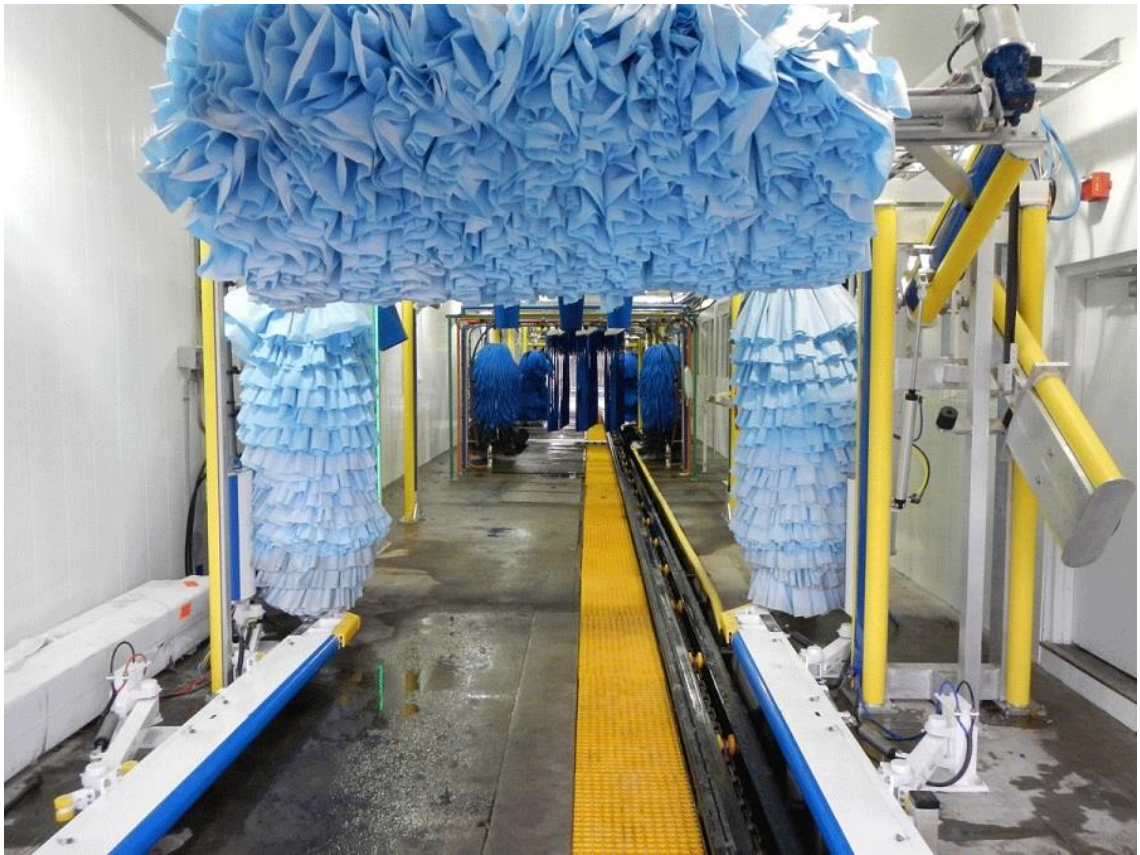
Puhaltimia pidetään lähes huoltovapaina, mutta puhaltimia on kuitenkin seurattava vähintään viikon välein, jotta tapaturmia ei pääse koskaan sattumaan. Kuivauspuhaltimien ollessa käynnissä auto ja todennäköisesti myös asiakas ovat aina puhaltimien kohdalla.

Puhaltimien huoltaminen ja puhtaana pito myös pitävät puhaltimien tehokkuutta yllä. Likainen ja tukossa oleva imupuoli sekä lika siipipyörässä heikentävät kuivaustuloksia. (Lawless 2014)

Puhaltimien laippoihin kertyy likaa, joka saattaa aiheuttaa laipan epätasapainon. Puhaltimien tarkastaminen voidaan tehdä puhaltimet päällä, jolloin visuaalisesti voidaan todeta tarvitseekö kuivauspuhallin epänormaalisti. Tärinän havaitsemisen jälkeen kuivauspuhallin on puhdistettava ja tarkistettava uudestaan. (Woodie 2015)

4.5 Kuivausharjat

Markkinoilla on tarjolla pesukaduille kuivausharjoja, jotka poistavat kosteutta auton pinnasta mekaanisesti. Motor City Wash Works myy kuivausharjoja nimellä Dry 'N Shine (kuva 21). Nämä harjat kuivaavat auton puhaltimien jälkeen. Harjat pyörivät ennen auton saapumista harjojen kohdalle, tällöin harjoista poistuu ylimääräinen vesi ja harjat ovat taas valmiita imemään kosteutta seuraavan auton pinnasta. (Motor City Wash Works 2016.) Tällä tavoin autoista saataisiin entistäkin kuivemmat. Tällä hetkellä Tampereen XpressWashille ei ole asennettuna kuivausharjoja. (XpressWash Tampere 2015.)



KUVA 21: Motor City Wash Works: Dry 'N Shine kuivausharjat. (Motor City Wash Works 2016).

Kuivausharjoista löytyy myös huonoja puolia. Harjojen vaihtoväli saattaa aiheuttaa paljon kuluja, koska likaa on ilmassa jatkuvasti. Näin ollen harjat likaantuvat ja ne täytyy vaihtaa. Lisäksi asiakkaat saattaisivat ajatella, että kuivat harjat naarmuttavat autoa. Ei ole myöskään tiedossa kuinka hyvin harjat pysyvät kuivina ja imukykyisinä.

4.6 Linjaston nopeus

Linjaston nopeutta säätämällä voitaisiin vaikuttaa kuivausaikaan. Hidastamalla kuljetinta saataisiin parempia kuivaustuloksia, mutta läpäisy kärsisi. Pesusesongin aikaan linjaston nopeus täytyy kuitenkin olla vähintään 55 autoa / tunnissa, jotta toiminta olisi kannattavaa. (XpressWash Tampere 2015.)

Pesuseasonki ajoittuu syksylle ja keväälle, jolloin autot likaantuvat helposti ja ilmasto on jo niin kylmä, että itse peseminen on epämiellyttävää ja haastavaa. Tällöin konepesulat ruuhkaantuvat ja nopeudella on erittäin suuri merkitys. (XpressWash Tampere 2015.)

Rauhalliseen aikaan linjastoa voitaisiin hidastaa tulosten parantamiseksi. Kun linjaston nopeutta hidastetaan pesulaitteet ja kuivaimet pesevät ja kuivaavat autoa pidempään. Tämä kuitenkin saattaisi aiheuttaa sesongin aikaan normaalia enemmän reklamaatioita, kun asiakkaat tottuvat parempiin tuloksiin. (XpressWash Tampere 2015).

4.7 FlashDry kuivausmenetelmä

FlashDry (kuva 22) on menetelmä, jossa vettä suihkutetaan auton päälle juuri ennen kuivauspuhaltimia. Tämä helpottaa veden poistumista auton pinnalta, koska suuret vesimäärät poistuvat yhdessä helpommin kuin pienet pisarat siellä täällä. Kun vesi suihkutetaan auton pintaan ja puhaltimet avustavat samanaikaisesti veden liikettä, veden tulisi poistua auton pinnalta välittömästi. Suuret vesimäärät keräävät mukanaan pienemmät pisarat, jolloin vesi kerää auton pinnalla olevia pisaroita mukaansa puhaltimien aiheuttamaan liikkeeseen ja ne kulkevat auton pinnan mukana, kunnes auton pinta loppuu ja vesi poistuu. (Carwash.com 2012d).



Kuva 22: FlashDry-menetelmän toimintaperiaate. (PDQ Vehicle Wash Systems 2014d)

5 PROJEKTISUUNNITELMA

Investoinnit pyritään pitämään mahdollisimman matalalla. Tämä johtaa siihen, että tuloksissa ei välttämättä nähdä mullistavia muutoksia, mutta tulosta voidaan todennäköisesti parantaa optimoimalla nykyisiä laitteita ja investoimalla tärkeisiin, mutta edullisiin kohteisiin.

Kemikaalit pidetään vakiona testien ajan. Kemikaalien vakiointi tekee tuloksista luotettavampia, koska kemikaalit vaikuttavat merkittävästi pesu- ja kuivaustuloksiin. Kemikaalimuutoksilla voitaisiin todennäköisesti parantaa kuivaustuloksia, mutta tässä tutkimuksessa keskitytään mekaniikkaan.

Linjaston nopeus täytyy pitää myös vakiona, jotta yrityksen tuottoisa toiminta ei kärsi. Linjaston nopeus on tällä hetkellä optimaalinen. Nopeuttaminen on tällä hetkellä ainoa vaihtoehto, mutta silloin kuivaustulokset kärsivät kuivausajan lyhentyessä. (XpressWash Tampere 2015.)

5.1 Ennen kehitystöitä

Ensimmäisenä määritetään pesukadun kuivauslaitteiston alkutilanne, eli mitataan autojen kuivaustulokset ennen kehitystöitä. Näin saadaan vertailtua tuloksia kehitystöiden jälkeen, kun mittaukset tehdään uudestaan.

5.1.1 Mittaukset alkuperäisillä laitteilla ja asetuksilla

Mittaukset suoritetaan vaa'an ja liinojen avulla. Kuivien liinojen painot mitataan tarkalla vaa'alla, jonka jälkeen liinoilla kuivataan autoista kosteus ja mitataan märän liinan paino. Näin saadaan kosteuden määrä laskettua liinojen painon erotuksena. Testiautona käytetään Citroën Xsara Picassoa (kuva 23).



KUVA 23: Testiauto Citroën Xsara Picasso, vuosimalli 2004. (Niklas Vesterinen 2015)

Autoa ei ole järkevää kuivata aina kokonaan, koska liinan imukyky ei ole riittävä koko auton kuivaamiseen. Siksi jokaisen pesun jälkeen tehdään 3 erillistä mittausta 3 liinalla. Kuivataan auton perän aluetta, kylkeä ja kattoa.

Autosta kuivataan peräluukun ympäristö (kuva 24). Kuvassa kuivattava alue on ympäröity punaisella viivalla.



KUVA 24: Peräluukun ympäristön mittausalue (punainen alue). (Niklas Vesterinen 2015)

Kyljestä kuivataan oven alaosa, joka on myös merkitty kuvaan punaisella (kuva 25).



KUVA 25: Kyljen kuivuuden mittaus alue (punainen alue). (Niklas Vesterinen 2015)

Katolle tehdään nopeampi testaus eli painetaan aukaistu liina auton katolle kertaalleen (kuva 26). Liina pyritään painamaan aina samaan kohtaan, jotta tulokset eivät vääristyisi.



KUVA 26: Katon kuivuuden mittaustapa. (Niklas Vesterinen 2015)

Mittauksia tehdään peruspesulla ja shinex-pesulla. Molemmista pesuohjelmista tehdään 3 erityyppistä testausta, jotta saadaan selville myös vahauksen ja kuivausaineen vaikutus kuivaustuloksiin.

1. Ilman puhaltimia ja kuivausainetta
2. Puhaltimilla ilman kuivausainetta
3. Normaalisti kaikki päällä.

Jokaisen testipesun jälkeen auto käsitellään vahanpoistoaineella, jotta tulokset eivät vääristyisi.

5.1.2 Vesianalyysi

Vesianalyysi tehdään pesutuloksien optimoimiseksi. Paremmat pesutulokset helpottavat kuivaamista, jolloin vesi poistuu helpommin auton pinnalta. (Carwash.com 2012a.)

Pesukadulla käytetty vesi tutkitaan TAMKissa kemian laboratoriossa. Vesianalyysin tekee TAMKin opiskelija ja analyysia valvoo projekti-insinööri Seija Haapamäki. Tuloksia käytetään hyödyksi pesukadun vedenkäytön suunnittelussa.

Pesukadulla autojen pesemiseen käytetään sekoitettua porakaivon ja Tampereen vettä. Vesianalyysiä varten otetaan Tampereen vettä, porakaivon vettä ja pesuvetenä käytettyä seosta. Jokaista vesilaatua viedään analysoitavaksi 1,5 litraa.

5.2 Kehitystyöt

Kaikki kehitystyöt tehdään kerralla ja tehdään uusintamittaukset kaikkien kehitystöiden jälkeen, koska mittalaitteiston saatavuus sopivalle päivälle on hankalaa. Mittaukset on suoritettava rauhalliseen aikaan, koska ruuhka-aikaan mittauksia ei voida suorittaa tilanpuutteen vuoksi.

5.2.1 Vedenkäytön suunnittelu

Vedenlaatu vaikuttaa merkittävästi pesu- ja kuivaustuloksiin, minkä vuoksi vesi on tutkittava. Huono vedenlaatu ei vaikuta kuivausaineen ja vahauksen toimintaan, mutta pesuainekemikaalien toimintaan huono vedenlaatu vaikuttaa merkittävästi (Vertin, T 2014). Puhdas auto tulee helpommin kuivaksi kuin likainen (Carwash.com 2012a).

On mahdollista siirtyä käyttämään pelkästään Tampereen vettä pesuainekemikaaleille, jolloin pesuaineet toimisivat parhaimmalla mahdollisella tavalla puhtaan veden kanssa. Tampereen veteen siirtyminen pesuaineiden kohdalla vaatii kuitenkin putkitöitä, jolloin mahdollinen hyöty voi jäädä vähäiseksi. Pesuainesäästöt kuitenkin maksaisivat investoinnin todennäköisesti takaisin tulevaisuudessa.

Ylimääräinen kemikaalikaari olisi hyvä asentaa pesukadulle viimeiseksi vaiheeksi ennen kuivaimia. Kaaresta voitaisiin suihkuttaa Tampereen vettä, jolloin epäpuhdas vesi ja kuivausainejäämät saataisiin poistettua auton pinnalta. Tällöin tahrojen muodostuminen pesun ja kuivauksen jälkeen vähenisi. Toinen vaihtoehto olisi Ro-veden käyttö ennen kuivaimia (Opinnäytetyö kohta 4.4.3 Tahrojen muodostumisen ennaltaehkäisy).

Näitä muutoksia ja niiden vaikutusta ei ehditä ottamaan huomioon tuloksissa vaikka niihin ryhdyttäisiinkin.

5.2.2 Olosuhteiden optimointi

Hallin kuivausjärjestelmä kytketään päälle (kuva 27), jotta halli saataisiin pidettyä kuivempana. Kosteaa ilmaa heikentää kuivaustuloksia. Hallin kuivausjärjestelmä on normaalisti pois päältä, mutta kone laitetaan päälle seuraavien mittauksien ajaksi. Näin voidaan eliminoida huonoja olosuhteita autojen kuivauksessa.



KUVA 27: Hallin kuivausjärjestelmän ohjauspaneeli. (Niklas Vesterinen 2015)

Tarkistetaan myös ovipuhaltimien toimivuus, jotta kylmäilma ei pääse halliin. Ovipuhaltimet käynnistyvät autojen poistumisovien auetessa, jos ilman lämpötila on alhainen. Lisäksi asennetaan muoviset suojukset viimeisen kaaren ympärille samalla tavalla, kuin esipesualueella on tehty.

5.2.3 Kuivainpuhaltimien tehon nostaminen

Asentamalla taajuusmuuttajat puhallinmoottoreille, tehoa saataisiin nostettua. Sähkönkulutus tietenkin nousee tehon noustessa. Sähkönkulutusta pystytään kuitenkin kompensoimaan taajuusmuuttajien avulla siten, että puhaltimet pyörisivät jatkuvasti, mutta pienemällä nopeudella silloin kun autoa ei kuivata. Näin vältetään suuret käynnistysvirrat. Säästöä saataisiin varmasti silloin kun pesuja on päivän aikana runsaasti. Moottoreita ei kannata kuitenkaan pyörittää jatkuvasti esimerkiksi öisin ja rauhallisina päivinä ei ole hyödyllistä pitää moottoreita käynnissä jatkuvasti.

5.2.4 Puhallusvirtauksien tutkiminen

Puhaltimien suuntaus pyritään optimoimaan, jotta puhallusvirtaus saataisiin suunnattua mahdollisimman tehokkaasti auton kuivaamiseen. Tavoitteena on saada maahan kohdistuva puhallusvirta minimoitua. Suuntauksessa täytyy huomioida autojen koon vaihtelevuus.

Tutkimus suoritetaan savukoneen avulla, jonka avulla puhallusvirtaukset saadaan näkyviin ja erotetaan tarkasti puhallusvirtauksen kulku autoa kohti ja auton pinnalla.

Lisäksi tutkitaan puhallusvirtauksen nopeutta ilmamäärämittarilla. Tutkitaan puhallusvirtauksen etäisyyden vaikutusta puhallusvirtauksen nopeuteen. Ilmamäärämittarilla voidaan tämän jälkeen tutkia pesukadun läpi kulkevan tuulen sekä vesihöyryn ja kosteuden vaikutusta virtausnopeuksiin.

Virtausnopeuksia tutkimalla voidaan tehdä johtopäätöksiä, joiden avulla saadaan hyödyllistä tietoa puhallusvirtauksiin vaikuttavista tekijöistä. Mahdollisesti saadaan myös parannettua kuivaustuloksia säätämällä puhaltimia niin, että tuulen ja vesihöyryn vaikutus saataisiin minimoitua.

5.2.5 FlashDry-mentelemän toimivuuden tutkimus

Tutkitaan kuinka veden suihkuttaminen puhaltimien läheisyydessä vaikuttaa kuivaustuloksiin. Vettä suihkutetaan kolmelta eri etäisyydeltä.

- Juuri ennen kuivaimia
- 1 metrin päässä kuivaimista
- 2 metrin päässä kuivaimista

Vesi suihkutetaan myös kolmella erityyppisellä menetelmällä.

- Suuttimella (suuri paine; Kuva 28)
- Suuttimella (pienempi paine; Kuva 28)

- Ilman suuttimia (erittäin vähäinen paine)

Suuttimien ylemmät merkinnät 40 ja 80 (kuva 28) kertovat suuttimien suihkutuskulman asteina. Alemmat numeroinnit (kuva 28) kertovat virtausmäärän tai suuttimen reiän koon. Suutinmerkintöjä ei ole välttämättä ollenkaan ja merkitykset voivat vaihdella valmistajien mukaan, mutta yleensä suutinmerkinnät ovat edellä mainitusti. (Carpet Cleaners Warehouse 2016).



Kuva 28. FlashDry-menetelmän tutkimiseen käytettävät suuttimet. (Niklas Vesterinen 2016)

5.3 Kehitystöiden jälkeen

Kehitystöiden jälkeen tehdään mittaukset uudestaan samalla menetelmällä kuin ennen kehitystöitä ja vertaillaan kerättyjä tuloksia. Näin saadaan tietoa kehitystoimenpiteiden vaikutuksesta kuivaustuloksiin.

6 MITTAUKSET JA TULOKSET

6.1 Mittaukset

Mittauksia tehtiin kahtena päivänä. Ensimmäinen mittauspäivä oli 6.11.2015, jolloin mittaukset tehtiin ennen kehitystöitä. Toinen mittauspäivä oli 29.1.2015, jolloin mittaukset tehtiin kehitystöiden jälkeen. Vesianalyysi tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululla 15.12.2015.

6.1.1 Autojen kuivuuden mittaus

Mittaukset tehdään vaa'an avulla. Vaakana on käytetty Shimadzu Libror EB-2800, jolla voidaan mitata sadasosa gramman tarkkuudella (kuva 29). Mittauspäivänä oli sateista, mutta sade ei vaikuttanut tuloksiin, koska auto kuivattiin pesuhallissa ennen ulosajoa.



KUVA 29: Painonmittauslaite Shimadzu Libror EB-2800 (Niklas Vesterinen 2015)

6.1.2 Vesianalyysi

Vesianalyysiä ei pystytty tekemään porakaivovedelle vaikka näin oli alun perin suunniteltu. Veden saaminen porakaivosta oli erittäin vaikeaa. Porakaivon vesiputket menevät suoraan vesitankille (kuva 12), eikä putkistossa ole erillistä ulostuloa vedelle. Tästä johtuen porakaivopumpun moottori olisi pitänyt sulkea ja avata putkisto jostain liitoksestaan veden saamiseksi. Porakaivopumpun päälle- ja poiskytkeminen täytyy suorittaa ohjauspaneelista, jonka toiminnasta ei ollut varmuutta. Näin ollen lupaa porakaivopumpun moottorin sammuttamiseen ei saatu.

Vesianalyysia varten Tampereen ammattikorkeakoululle vietiin kuitenkin analysoitavaksi 1,5l Tampereen vettä ja 3,0l seosvettä eli Tampereen veden ja porakaivoveden seosta. Seosvesi on pesukadulla käytettävää pesuvettä, joka kerättiin 1,5l pulloihin eripäivinä. Vesi kerättiin eripäivinä pulloihin, koska porakaivoveden pitoisuutta ei tiedetä ja näin on mahdollista saada vaihtelevia tuloksia eri pitoisuuksien vaikutuksesta.

Vesianalyyseissä tutkittiin pesukadulla käytetyn seosveden sekä Tampereen veden koivuutta, kiinteiden aineiden pitoisuutta ja pH:ta.

6.2 Tulokset

Tuloksissa käsitellään TAMKissa tehtyä vesianalyysiä ja autojen kuivaustuloksia ennen kehitystöitä ja kehitystöiden jälkeen.

6.2.1 Auton kuivaustulokset ennen kehitystöitä

Mittauksissa on tutkittu vedenmäärää auton pinnalla myös ilman puhaltimia ja kuivausainetta, jotta saadaan auton pinnalla oleva maksimikosteus tietoon (Taulukko 2; Pesu 1). Lisäksi on tutkittu kuivausaineen vaikutusta auton kuivaustuloksiin sekä tietenkin kuivaustuloksia normaalin kokoonpanolla (Taulukko 2; Pesu 2 ja 3).

TAULUKKO 2. Mittaustulokset ennen kehitystöitä. (Niklas Vesterinen 2015)

	Kosteuden määrä auton pinnalla (g)		
Shinex-pesu	Kylki	Perä	Katto
Pesu 1	6,62	11,65	2,29
Pesu 2	3,86	7,69	0,73
Pesu 3	1,93	4,52	0,60
Peruspesu			
Pesu 1	6,69	9,89	7,67
Pesu 2	3,86	7,57	0,56
Pesu 3	2,34	4,49	0,64

Pesuihin 1, 2 ja 3 on tehty muutoksia pesulaitteiden käyttöön. Muutokset ovat seuraavia:

- Pesu 1: Puhaltimet eivät ole käytössä ja kuivausaine on kytketty pois päältä.
- Pesu 2: Puhaltimet käytössä, mutta kuivausaine pois päältä.
- Pesu 3: Normaali pesu, kaikki päällä normaalisti.

Shinex-pesuun kuuluu vahaus kun taas peruspesussa ei ole vaha. Tämä ero voidaan todeta tuloksista. Vahattu auto hylkii vettä paremmin ja jättää auton pinnan kuivemmaksi. Tuloksissa perä on märempi kuitenkin shinex-pesussa ja tämä johtuu siitä, että perässä on paljon muotoja, rakoja ja lippoja. Lisäksi vaha ei pääse perään yhtä tehokkaasti kuin kylkiin, koska vahaussuuttimet puhaltavat suoraan kylkien suuntaisesti.

Puhaltimilla ja kuivausaineella on erittäin suuri merkitys kuivauksessa. Taulukosta on selvästi havaittavissa kosteuden vähenemistä auton pinnalta kuivausaineen ja puhaltimien päälle kytkemisen yhteydessä pesuissa 2 ja 3.

6.2.2 Mittaustulokset kehitystöiden jälkeen

Taajuusmuuttajien hankintaa mietitään vielä XpressWash-pesukadulla. Puhaltimet toimivat tästä syystä vielä alkuperäisellä 4,5 hv teholla. Puhallusmoottoreiden tehon nousun vaikutusta ei siis ole tutkittu. Muovisia suojuksia viimeisen kaaren ympärille ei myöskään ehditty hankkimaan ennen näiden mittauksien toteutusta. FlashDry-menetelmän kuivaustulokset ovat kuitenkin nähtävillä Taulukossa 3. Hallin ilmankuivain ja ovipuhaltimet olivat mittausten aikana käytössä.

TAULUKKO 3. Flash Dry-menetelmän kuivaustulokset. (Niklas Vesterinen 2015)

	Kosteuden määrä auton pinnalla FlashDry-menetelmän avulla (g)								
	80 / 10 suuttimet			40 / 20 suuttimet			Ilman suuttimia		
Shinex-pesu	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto
Pesu 4	2,16	8,05	0,70	2,17	7,59	1,67	1,66	6,96	0,55
Pesu 5	1,77	8,13	0,41	2,58	7,54	0,40	2,30	6,86	0,36
Pesu 6				2,63	5,61	0,43	2,18	5,68	0,56
Peruspesu									
Pesu 4	3,46	7,55	0,86	2,72	6,43	0,46	1,97	7,18	0,48
Pesu 5	2,34	6,91	1,05	2,49	8,25	0,49	2,16	7,55	1,10
Pesu 6				3,70	5,91	1,89	3,31	4,61	0,87

Pesut 4, 5 ja 6 ovat normaaleita pesuja ilman laitteiden pois kytkemistä. Pesut eroavat toisistaan FlashDry-menetelmän tutkimukseen liittyen etäisyyden mukaan.

- Pesu 4: Vesisuihkua kohdistetaan auton pintaan juuri ennen kuivainpuhaltimia.
- Pesu 5: Vesisuihku ennen kuivaimia yhden metrin päässä kuivaimista.
- Pesu 6: Vesisuihku 2 metrin päässä kuivaimista.

Tulosten mukaan ilman suuttimia on saatu keskimäärin parhaimmat kuivaustulokset jokaisella osa-alueella eli kyljen, perän ja katon mittauksissa. Suurimman paineen aiheuttamien 80 / 10 suuttimien tulokset ovat perän osalta melko huonot. Tämä johtuu pienistä roiskeista, joita kuivaimien on vaikea poistaa etenkin perästä, jonne puhallusvirta ei juurikaan pääse. Pesu 6:sta ei tämän vuoksi suoritettu 80 / 10 suuttimille. Veden paineen laskiessa tulokset paranevat FlashDry-menetelmällä.

6.2.3 Kuivaustulosten vertailu

Vertailuarvoina käytetään normaaleita pesuja ilman mitään muutoksia. Tällaisia pesuja ovat: Pesu 3, 7 ja 8. Ne on koottu taulukkoon 4. Näitä arvoja vertaillaan FlashDry-menetelmän parhaiten toimiviin tuloksiin. Pesut 7 ja 8 on mitattu vielä FlashDry-menetelmän mittauksien jälkeen normaalilla pesumenetelmällä.

Ilman suuttimia saatiin parhaimmat tulokset, joten verrataan normaaleja pesuja niihin (Taulukko 5).

TAULUKKO 4: Normaalien pesujen kuivaustulokset.

	Normaalin pesun kosteuden määrä (g)		
Shinex-pesu	Kylki	Perä	Katto
Pesu 3	1,93	4,52	0,60
Pesu 7	2,95	5,89	0,46
Pesu 8	2,27	6,47	0,29
Peruspesu			
Pesu 3	2,34	4,49	0,64
Pesu 7	2,45	5,56	0,30
Pesu 8	2,53	6,62	1,64

TAULUKKO 5. FlashDry-menetelmän tulokset ilman suuttimia eri etäisyyksiltä.

	FlashDry ilman suuttimia kost. määr. (g)		
Shinex-pesu	Kylki	Perä	Katto
Pesu 4	1,66	6,96	0,55
Pesu 5	2,30	6,86	0,36
Pesu 6	2,18	5,68	0,56
Peruspesu			
Pesu 4	1,97	7,18	0,48
Pesu 5	2,16	7,55	1,10
Pesu 6	3,31	4,61	0,87

Kuivaustulokset ovat osittain parempia FlashDry-menetelmän tuloksissa. Kuivaustulose-rot normaalien ja FlashDry-menetelmän tuloksissa ovat kuitenkin niin pieniä, että FlashDry-menetelmän käyttöönotto ei ole kannattavaa.

6.2.4 Vesianalyysin tulokset

Taulukkoon kerätyt tulokset (taulukko 6) on saatu liitteenä olevasta TAMKissa tehdystä vesianalyysistä. Tulokset ovat keskiarvotuloksia, jotka löytyvät myös liitteestä. Tulokset on tiivistetty yhdeksi taulukoksi, toisin kuin liitteen raportissa.

TAULUKKO 6: Vesianalyysin tulokset liitteestä tiivistetty (liite 1, muokattu).

Näyte	pH	Johtavuus ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Kovuus (mmol/l)	TDS (ppm)	Lämpötila
Tampereen vesi	7,51	149,1	0,610	95,4	21,1
Seosvesi 1	8,06	351,9	0,934	225,3	20,7
Seosvesi 2	7,86	200,0	0,678	128	20,4

Tuloksissa on havaittavissa erittäin pieniä pH:n muutoksia. Kaikki analysoidut vedet ovat lievästi emäksisiä lähes neutraaleja vesiä. Johtavuuden ja TDS:n (Total Dissolved Solids) tuloksien perusteella voidaan todeta, että Tampereen vesi (vesijohtovesi) ja Seosvesi 2 on pehmeää vettä. Seosvesi 1 on kuitenkin hieman kovaa vettä (taulukko 7).

TAULUKKO 7: Veden kovuustaulukko. (Global Water Xylem 2011)

TDS(ppm)	Conductivity(µS/cm)	°f	Hardness
0-70	0-140	0-7	Very Soft
70-150	140-300	7-15	Soft
150-250	300-500	15-25	Slightly Hard
250-320	500-640	25-32	Moderately Hard
320-420	640-840	32-42	Hard
Above 420	Above 840	Above 42	Very Hard

6.2.5 Suuntauksen optimoinnin tulokset

Suuntauksen mittaus ei onnistunut saatavilla olevalla savukoneella. Savu levisi liikaa eikä puhallusvirtauksia pystynyt havaitsemaan savun lävitse. Laite ei ollut sopiva kyseiseen tutkimukseen, eikä sopivampaa vaihtoehtoa ollut saatavilla. Savukoneena käytössä oli Beamz S900.

TAMK:sta lainattu ilmamäärämittari ei ollut myöskään sopiva mittauksiin, koska maksimi mitattava nopeus kyseisellä mittarilla oli 30 m/s. Puhaltimien puhallusvirta ylittää kyseisen nopeuden vielä lattian rajassa asti. Suuremman mittausalueen omaavaa ilmamäärämittaria ei ollut saatavilla.

6.3 Virhearvio

Kuivaustulosten ja vesianalyysin virheitä on arvioitu tuloksien luotettavuuden selventämiseksi. Vesianalyysin suoritettuja mittauksia on arvioitu myös liitteessä (Liite 1)

6.3.1 Virhearvio kuivaustuloksille

Tuloksiin on aiheutunut virhettä vaa'asta erittäin vähän ($\pm 0,01$ g). Suurimmat virheet ovat aiheutuneet mittaajasta, mittausten menetelmästä ja linjastosta.

Mittausten virhettä on voinut aiheutua liinoilla kuivatessa. Valituista kohdista auton pinnalta pyrittiin saamaan kaikki kosteus liinoihin, mutta siltikin joihinkin kohtiin saattoi jäädä vielä kosteutta. Lisäksi vettä valuu auton raoista jokaisen pesun jälkeen mitattavalle alueelle eri tavalla ja raoista tulevan veden määrä vaihtelee.

Pesukadun linjasto aiheuttaa virhettä erityisesti auton takaosan mittaustuloksiin, koska auto liikkuu kuivauslaitteiston kohdalla vaihtelevasti kuivauksen loppuvaiheessa. Tällöin auto ei vastaanota tasaista puhallusvirtausta auton takaosaan. Linjaston kuljettimen ketjuun on asennettu rullia (kuva 3). Nämä rullat työntävät autoa takarenkasta, jolloin kun linjasto loppuu kuivaimet puhaltavat takarenkaiden kohdalla autoa. Näin ollen auton perään ei vielä kohdistu puhallusvirtausta. Auto kuitenkin liukuu kuljettimen työntövoiman avulla vielä n. 20–40 cm eteenpäin kaltevan betonilattian päällä riippuen kitkasta ja auton massasta. Tällöin auton loppuosaan ja perään kohdistuu puhallusvirtausta, mutta joka kerta eri tavalla. Auton pysähtyttyä kaltevan betonilattian päällä se valuu vielä jonkin verran taaksepäin.

6.3.2 Arvio vesianalyysistä

Porakaivoveden analyysi olisi ollut tärkeä tutkimuksen kannalta. Porakaivoveden vaikutuksesta ei ole nyt tarkkaa tietoa, koska sitä ei päästy suoraan tutkimaan. Porakaivo- ja Tampereen veden seosta pystyttiin tutkimaan, mutta pelkkää porakaivovettä ei. Seosveden porakaivoveden pitoisuudesta ei näin ollen ole tietoa, joten ei voida määrittää pesuvesien kovuuden maksimiarvoa. Maksimikovuus saavutetaan silloin kun pesuvedet ovat 100 %:sta porakaivovettä.

Tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavia. Tulosten perusteella seosvesi on hieman kovaa, joten porakaivovesi on todennäköisesti vieläkin kovempaa. Tällöin pesuvedet saattavat olla jonain päivänä vieläkin kovempia kuin tuloksien seosvedet, jos kovan porakaivoveden pitoisuus ylittää Seosvesien 1 ja 2 pitoisuuden, mitä ei siis voitu määrittää.

6.4 Johtopäätökset

Kuivaukseen liittyvän kehityksen vaihtoehdot ilman investointeja jäivät vähäisiksi, joten kuivaustulokset eivät tällä hetkellä juurikaan kehity.

6.4.1 Kuivaustulosten johtopäätökset

Kuivaustulokset eivät parantuneet FlashDry-menetelmän avulla. Tulosten avulla saatiin kuitenkin selville, että kuivaustulokset eivät juurikaan heikkene vaikka ylimääräinen kaari asennettaisiin vielä nykyisen kuivausainekaaren ja kuivaimien väliin. Tämä voidaan todeta FlashDry-menetelmän tulosten avulla. Vesisuihkun ja puhaltimien välisen etäisyyden vaikutus kuivaustuloksiin oli vähäistä, jolloin ylimääräinen kaari voitaisiin asentaa kuivaimien ja kuivausainekaaren väliin heikentämättä kuivaustuloksia. Lisäkaari mahdollistaisi puhdistetun veden käytön vielä ennen kuivaimia, jolloin tahrojen muodostumista voitaisiin vähentää merkittävästi. Ylimääräisestä kaaresta on kerrottu opinnäytetyön kohdassa 5.2.1 Vedenkäytön suunnittelu.

Autojen perät ovat tulosten mukaan ongelmallisimmat, joten perän kuivaukseen on hyvä keskittyä ensimmäisenä. Asentamalla nykyisten puhaltimien lisäksi vähintään kaksi lisäpuhallinta, saataisiin kuivaustuloksia parannettua selvästi, ja etenkin perän alueen kuivausta. Autojen perään ei kohdistu tällä hetkellä suoraa kohdistettua puhallusvirtausta lainkaan. Lisäpuhallimilla saataisiin autojen perään kohdistettua puhallusvirtausta ja näin vähennettyä auton kokonaiskosteuden määrää merkittävästi kuivauksen jälkeen.

6.4.2 Vesianalyysin johtopäätökset

Tampereen vesijohtoveden laatu on vesianalyysin tulosten mukaan pehmeää, puhdasta vettä, jolloin sitä voitaisiin käyttää lisäkaareissa tahrojen muodostumisen vähentämiseen. Lisäksi Tampereen vettä olisi hyvä harkita joidenkin pesuainekemikaalien yhteydessä toimivan seosveden korvaamiseksi, jolloin kemikaalit tehoaisivat paremmin (Opinnäytetyö kohta 4.3).

7 POHDINTA

Kuivaustuloksia voidaan parantaa vielä merkittävästi investoimalla uusiin laitteisiin. Laitteet on hyvin säädetty valmiiksi, joten ilman investointeja tuloksia ei saatu juurikaan parannettua. Työstä on kuitenkin hyötyä vielä tulevaisuudessa, kun mietitään uusien kuivauslaitteiden hankintaa tai vanhojen korvaavia vaihtoehtoja. Vaikka uusia laitteita olisi hankittu, ei niitä olisi ehditty asentaa ennen tämän työn valmistumista.

Työssä keskityttiin mekaanisten laitteiden kehitykseen ja kemikaalipuoli jätettiin täysin huomioimatta. Kemikaaleilla on suuri vaikutus kuivaustuloksiin, joten kemikaaleista olisi hyvä tehdä vielä jatkotutkimusta kuivaustulosten kehittämiseksi.

Puhallusmoottoreiden tehon nostamisen vaikutusta voidaan tutkia, jos XpressWash-pe-sukadulla päädytään niihin investoimaan. Taajuusmuuttajien hankinnasta ei ole vielä varmuutta, joten vaikutusta täytyy tutkia myöhemmin.

Tuloksissa ei ole havaittavissa suuria muutoksia, mutta tulevaisuudessa samaa mittausmenetelmää voidaan käyttää uusien investointien toimivuuden tarkastamiseen. Kyseinen mittausmenetelmä on edullinen ratkaisu autojen kuivuuden tutkimisessa.

LÄHTEET

- BiblioCAD.com. 2015. Car one. Katsottu 10.10.2015
http://www.bibliocad.com/library/car-one_427
- Carpet Cleaners Warehouse. 2016. Jets. Luettu 03.02.2016
http://www.ccwonline.com.au/category27_4.htm
- Carwash.com. 2010. One chemical everyone uses H2...Oh how important. Luettu 10.10.2015.
<http://www.carwash.com/one-chemical-everyone-uses-h2-oh-how-important/>
- Carwash.com. 2012a. Understanding your drying agent. Luettu 10.10.2015.
<http://www.carwash.com/understanding-your-drying-agent/>
- Carwash.com. 2012b. Clean, dry & shiny – everytime!. Luettu 10.10.2015.
<http://www.carwash.com/clean-dry-shiny-every-time/>
- Carwash.com. 2012c. How to get the driest car ever. Luettu 10.10.2015.
<http://www.carwash.com/how-to-get-the-driest-car-ever/>
- Carwash.com. 2012d. How to get the driest car ever part 2. Luettu 10.10.2015
<http://www.carwash.com/how-to-get-the-driest-car-ever-part-2/>
- Carwash.com. 2013. Blowers and cars per hour (cph). Luettu 10.10.2015.
<http://www.carwash.com/blowers-and-cars-per-hour-cph/>
- Christ Wash Systems. 2015. Varius Takt. Katsottu 10.10.2015.
<http://www.christ-ag.com/cms/produkte/portalwaschanlagen/varius-takt/?L=8>
- Cook, R. 2013. Presenting the five factors of clean...time. Luettu 10.10.2015.
<http://www.carwash.com/presenting-the-five-factors-of-clean-time/>
- Crawford Entrematic. 2015. Sisäänrakennettu turvallisuus. Luettu 15.11.2015.
<http://www.crawfordautotallinonet.fi/fi/products/portautomatik/akku-plus/saeker-het.html>
- Global Water Xylem. 2011. Can you determine water hardness from conductivity or total dissolved solids measurements?. Katsottu 10.10.2015
<http://www.globalw.com/support/hardness.html>
- Home in the Earth.com. 2015. Fans. Katsottu 10.10.2015
http://www.homeintheearth.com/tech_notes/earth-tubes/fans/
- Lansing State Journal. 1994. Why does water bead up better on a well waxed car. Luettu 10.10.2015. http://www.pa.msu.edu/sciencet/ask_st/081094.html
- Lawless, P. 2014. Dedicated Dryer Upkeep. Luettu 10.10.2015.
<http://www.carwash.com/dedicated-dryer-upkeep/>
- Linton, I. 2014. Reverse osmosis vs water softener: Do I need both?. Luettu 10.10.2015.

<http://blog.watertech.com/is-reverse-osmosis-needed-if-have-a-water-softener/>

Mark VII. 2015. Equipment types. Luettu 10.10.2015.
<http://www.markvii.net/Investor-Resources.10087.0.html>

Motor City Wash Works. 2016. Dry ‘N Shine. Luettu 2.1.2016
<http://www.motorcitywashworks.com/PageDisplay.asp?p1=7414>

PDQ Vehicle Wash Systems. 2014a. MaxAir Dryers. Luettu 10.10.2015.
<http://www.pdqinc.com/car-wash-equipment/maxair-dryers.asp>

PDQ Vehicle Wash Systems. 2014b. LaserH2O Reverse Osmosis System. Katsottu 15.11.2015.
<http://www.pdqinc.com/car-wash-equipment/laserh2o-ro-systems.asp>

PDQ Vehicle Wash Systems. 2014c. ProTouch Tandem. Katsottu 15.11.2015.
<http://www.pdqinc.com/car-wash-equipment/protouch-tandem.asp>

Ruder, B. 2009. Water is Water – or Maybe Not. Luettu 10.10.2015.
http://www.carwashmag.com/pdf/apr_2009/water-treat.cfm

Sonny’s The CarWash Factory. 2013. Elephant Ear Air Blowers. Luettu 10.10.2015.
https://www.sonnysdirect.com/mainsei/contentmanagement/home.jsf?wec-appid=Son-nys_Java_Shop&wec-locale=en_US&cm=1420

Spencer. 2014. Vortex Regenerative Blowers. Katsottu 10.10.2014
<http://www.spencerturbine.com/products/blowers/vortex-regenerative-blowers/>

Suomela.fi toimitus. 2015. Selvitä talousveden laatu. Luettu 10.10.2015.
<http://www.suomela.fi/piha-puutarha/Vesikaivot/Selvita-talousveden-laatu-49468>

Säämänen, A., Riipinen, H., Kulmala, I. & Welling, I. 2004. Pölyntorjunta. Raportti. Luettu 10.10.2015. <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/polyverkko/pace.pdf>

Tampereen Vesi. 2015. Vedenlaatu. Luettu 10.10.2015.
<http://www.tampere.fi/vesi/toiminta/talousvesi/vedenlaatu.html>

Teknocolor. 2015. Axitub Solid. Katsottu 10.10.2015.
<http://www.teknocalor.fi/fi/iv-tuotteet/tuotteet/puhaltimet/aksiaalipuhaltimet/axitub-solid>

Tommy Car Wash Systems. 2015. Solarsonics Heated Blower. Luettu 15.11.2015
<http://shop.tommymcarwash.com/Tommy-Store/Blower-Module/Solaronics-Heated-Blower>

Triptek.eu. 2015. Matkailijan sähköopas. Luettu 15.11.2015.
<http://www.triptek.eu/matkailijan-sahkoopas>

Vertin, T. 2014. The Cold Hard Facts About Water. Luettu 10.10.2015.
<http://www.carwash.com/the-cold-hard-facts-about-water/>

Vesiakatemia. 2012. Vesitietoa – oppimateriaalia vedestä. Luettu 10.10.2015.

<http://www.vesiakatemia.fi/>

Woodie.M. 2015. Blow away the competition. Luettu 10.10.2015
<http://www.carwash.com/blow-away-competition/>

XpressWash Tampere. 2015. Keskusteluja syksyllä 2015. Tampere.

XpressWash. 2015a. Etusivu. Luettu 10.10.2015. <http://www.xpresswash.fi>

XpressWash. 2015b. Tampere. Luettu 10.10.2015. <http://www.xpresswash.fi/tampere>

LIITTEET

Liite 1. Vesianalyysi

1 (13)

1



Vesianalyysi

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ympäristö- ja kemian laboratorio
Myyntipalvelut
Michael Kloet
Seija Haapamäki

SISÄLLYS

1	TILATTU TYÖ.....	3
2	MITTAUSTEN TOTEUTUS.....	5
	2.1 pH-mittaus	5
	2.2 Johtokyky.....	5
	2.3 Kokonaiskovuus.....	5
	2.4 Vesinäytteeseen liuenneen aineen (Total Dissolved Solids) määrittäminen.....	6
3	TULOKSET	7
	3.1 pH-mittausten tulokset.....	7
	3.2 Johtokykymittausten tulokset	8
	3.3 Kokonaiskovuuden määrittäytulokset.....	9
	3.4 Liuenneen aineen määrä johtokykymittauksiin perustuen.....	10
4	PÄÄTELMÄ	11
	LIITTEET	12

1 TILATTU TYÖ

Niklas Vesterinen
 J. Taavitsainen Oy
 Tiaisentie 8
 39160 Julkujärvi

Tilattu työ oli **VEDEN KOKONAISKOVIUUS, pH- ja Total Dissolved Solids- MITTAUKSET OPINNÄYTETYÖHÖN LIITTYEN**. Työn tilasi TAMK opinnäytetyöntekijä Niklas Vesterinen 27.10.2015 annetun tarjouksen mukaan.

Opinnäytetyöntekijä Niklas Vesterinen otti vesinäytteet ja toimitti ne määritettäväksi TAMK kemian- ja ympäristötekniikan laboratorioon; näytteet no 1 ja 2 vastaanotettiin 23.11.2015 ja näyte 3 vastaanotettiin 3.12.2015 TAMK laboratoriossa Vesterisen kanssa sovitun aikataulun mukaisesti.

Käytetyt näytetunnukset: 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A ja 3B.

Näytteiden tiedot:

Näyte 1, vesijohtovesi (Tampereen Vesi),

Näyte 2 ja 3, vesijohtoveden ja porakaivoveden seos, sekoitusuhde ei tiedossa.

Näytteiden vastaanottamisen ja mittausten aikataulu on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Työn suoritus, päivämäärät

Sample	Taken	Brought to lab storage	pH and conductivity	Hardness
1	23.11.2015	23.11.2015	23.11.2015	24.11.2015
2	23.11.2015	23.11.2015	23.11.2015	24.11.2015
3	3.12.2015	3.12.2015	4.12.2015	4.12.2015
	14:45	15:05		

Mittaukset suoritettiin TAMK Ympäristö- ja kemian laboratoriossa, joka on akkreditoimaton laboratorio.

Työ suoritettiin opiskelijatyönä opetushenkilöstön ohjauksessa.

2 MITTAUSTEN TOTEUTUS

2.1 pH-mittaus

Näytteiden nro 1 ja nro 2 pH-mittaukset tehtiin heti näytteiden vastaanottamisen jälkeen 23.11.2015. Näytteen nro 3 pH mitattiin näytteen toimittamista (3.12.2015 klo 15.10) seuraavan aamuna 4.12.2015. Näytteet säilytettiin jääkaappilämpötilassa. Mittaus suoritettiin standardin EN ISO 10523:2012 "Water Quality. Determination of pH (ISO 10523:2008)" mukaan Mettler Toledo SevenEasy –mittalaitteella, joka kalibroitiin mittusta varten.

pH-mittaus tehtiin kahdesti 23.11.2015, sillä näytteiden lämpötila oli huonelämpötilaa alempi ensimmäisessä mittauksessa. Toistetun mittauksen tulokset (23.11.2015) on saatu standardin edellyttämistä huoneenlämpöisistä vesinäytteistä. Alkuperäinen pH-mittausten mittauspöytäkirja on raportin liitteenä (Liite 1).

pH-mittauksen kerranteen keskiarvo laskettiin vastaavista hydroniumioni-arvoista, koska pH on logaritminen funktio. Mittaustulokset on esitetty taulukoissa 2, 3 ja 4.

2.2 Johtokyky

pH-mittausten yhteydessä vesinäytteistä mitattiin myös johtokyky Radiometer Analytical CDM210-mittalaitteella. Mittalaite kalibroitiin ennen mittaamisen aloittamista. Johtokykymittaus toistettiin näytelämpötilan tasaannuttua huoneen lämpöön. Taulukoihin 5, 6 ja 7 on koottu johtokykymittausten tulokset. Alkuperäiset mittaustulokset ovat raportin liikkeenä (Liite 1).

2.3 Kokonaiskovuus

Vesinäytteen kovuus määritettiin standardin SFS 3003 *Veden kalsiumin ja magnesiumin summan määrittäminen, titrimetrinen menetelmä* mukaan. Näytteen titraamisessa käytettiin 876 Dosimat Plus automaattista titraattoria. Titrausliuoksen tilavuuden perusteella vesinäytteen kokonaiskovuus laskettiin käyttäen kaavaa 1.

$$x = \frac{1000 \cdot c \cdot V_1}{V} \quad (\text{Formula 1})$$

x = kalsiumin ja magnesiumin summa (mmol/L)

c = EDTA-liuoksen pitoisuus (0,01 mol/L)

V₁ = titraukseen kuluneen EDTA-liuoksen tilavuus (ml)

V = vesinäytteen tilavuus (50 ml)

1000 = muuntokerroin (mmol/mol)

Titrausliuoksen kulutus ja sen perusteella laskettu kokonaiskovuus kalsiumin ja magnesiumin summana on esitetty taulukoissa 9 ja 10. Alkuperäiset mittaustulokset on esitetty raportin liitteessä (Liite 2).

2.4 Vesinäytteeseen liuenneen aineen (Total Dissolved Solids) määrittäminen

Vesinäytteeseen liuenneen aineen määrä piti alunperin analysoida EN 15216:2007 standardin *Characterization of waste. Determination of total dissolved solids (TDS) in water and eluates* mukaan. Kyseisen standardin määrittämistekniikka ei sovellu hyvin vähäisten liuenneiden aineiden pitoisuuksien määrittämiseen. Analysoitujen vesinäytteiden liuenneen aineen määrä jäi kyseisen standardin määrittämissärajalle.

Kun liuenneen aineen määrää ei voitu luotettavasti määrittää standardilla EN 15216:2007, veteen liuenneen aineen määrä päätettiin mitata sijaan veden johtokykyä käyttäen. Veden johtokyky kuvaa veden sähkönjohtavuutta, joka aiheutuu veteen liuenneen aineiden, esimerkiksi erilaisten suolojen, määrästä. (Walton, 1989)

Liuenneen aineen määrä muunnettiin Lenntech Water Treatment Solutionsin ohjelmalla, jota pidetään luotettavana (Conductivity Converter, 2.12.2015).

3 TULOKSET

3,1 pH-mittausten tulokset

Vesinäytteiden pH-arvot määritettiin TAMK Kemian ja ympäristölaboratoriossa raportissa edellä mainitusti. Mittaustulosten taulukossa on mainittu näyte- ja kerrannetunus, mitattu pH-arvo ja mittaustilapötila ja kerranteiden keskiarvo. Näytteen nro 1 pH on 7,51 kolmen kerranteen keskiarvoksi laskettuna, pH-funktion logaritmisuus huomiioon ottaen. Vastaavasti mitattuna ja keskiarvoksi laskettuna näytteen nro 2 pH on 8,06. Näytteen nro 3 pH on 7,86 kahden kerranteen keskiarvoksi laskettuna pH-funktion logaritmisuus huomioon ottaen. pH-mittaustulokset on esitetty taulukoissa 2, 3 ja 4.

TAULUKKO 2. Näytteen 1 pH- mittaustulokset

Sample	pH	Temperature (°C)
1A	7,35	21,1
1B	7,55	21,0
1C	7,71	20,9
Average	7,51	21,0

TAULUKKO 3. Näytteen 2 pH-mittaustulokset

Sample	pH	Temperature (°C)
1A	8,01	20,8
1B	8,11	20,6
1C	8,06	20,7
Average	8,06	20,7

TABLE 4. Näytteen 3 pH-mittaustulokset

Sample	pH	Temperature (°C)
3A	7,89	20,5
3B	7,84	20,3
Average	7,86	20,4

3.2 Johtokykymittausten tulokset

Vesinäytteiden johtokyky määritettiin TAMK Kemian ja ympäristölaboratoriossa raportissa edellä mainitusti. Näytteen nro 1 johtokyky on 149,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kolmen kerranteen keskiarvoksi laskettuna. Näytteen nro 2 johtokyky on 351,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kolmen kerranteen keskiarvoksi laskettuna, ja näytteen nro 3 johtokyky on 200,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kolmen kerranteen keskiarvoksi laskettuna. Johtokykymittausten tulokset on esitetty taulukoissa 5, 6 ja 7. Tulostaulukossa on mainittu näyte- ja kerrannetunnus, mitattu johtokyky ja mittauslämpötilä.

TAULUKKO 5. Näytteen nro 1 johtokyky, mittaustulokset

Sample	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
1A	150,1	21,1
1B	149,0	21,0
1C	148,3	20,9
Average	149,1	21,0

TAULUKKO 6. Näytteen nro 2 johtokyky, mittaustulokset

Sample	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
2A	351,7	20,8
2B	351,3	20,6
2C	352,8	20,7
Average	351,9	20,7

TAULUKKO 7. Näytteen nro 3 johtokyky, mittaustulokset

Sample	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
3A	228,5	20,5
3B	171,5	20,3
Average	200,0	20,4

3.3 Kokonaiskovuuden määrittystulokset

Veden kokonaiskovuus määritettiin raportissa edellä mainitusti. Näytteen nro 1 kokonaiskovuus on 0,61 mmol/l kolmen kerranteen titraustulosten keskiarvoksi laskettuna. Samoin keskiarvoksi laskettuna näytteen nro 2 kokonaiskovuus on 0,934 mmol/l. Näytteen nro 3 kokonaiskovuus on 0,678 mmol/l kahden kerranteen titraustulosten keskiarvoksi laskettuna. Titrausliuoksen kulutus ja sen perusteella laskettu veden kokonaiskovuus kalsiumin ja magnesiumin summana esitetään taulukoissa 8, 9 ja 10.

TAULUKKO 8. Näytteen 1 kokonaiskovuus laskettuna titrausliuoksen kulutuksesta

Sample	Titration consumption (ml)	Hardness (mmol/l)
1A	3,1140	0,623
1B	2,9700	0,594
1C	3,0700	0,614
Average		0,610

TAULUKKO 9. Näytteen 2 kokonaiskovuus laskettuna titrausliuoksen kulutuksesta

Sample	Titration consumption (ml)	Hardness (mmol/l)
2A	4,6000	0,920
2B	4,7200	0,944
2C	4,6920	0,938
Average		0,934

TAULUKKO 10. Näytteen 3 kokonaiskovuus laskettuna titrausliuoksen kulutuksesta

Sample	Titration consumption (ml)	Hardness (mmol/l)
3A	3,4600	0,692
3B	3,3160	0,663
Average		0,678

3.4 Liuenneen aineen määrä johtokykymittauksiin perustuen

Liuenneen aineen (Total Dissolved Solids) määrittämiseksi käytettiin johtokykymittauksia, joiden tuloksista pystyttiin muuntamaan liuenneen aineen määrä ppm-yksiköiksi. Muuntamisessa käytettiin Lenntech Water Treatment Solutionsin ohjelmaa (Conductivity Converter, 2.12.2015).

Muuntamalla saatu liuenneen aineen pitoisuus näytteelle nro 1 oli 95,4 ppm kolmen kerranteen keskiarvoksi laskettuna. Näytteen nro 2 TDS-pitoisuus oli vastaavasti 225,3 ppm. Näytteen nro 3 liuenneen aineen pitoisuus 128 ppm kahden kerranteen keskiarvoksi laskettuna. TDS-tulokset on esitetty taulukoissa 11, 12 ja 13.

TAULUKKO 11. Näytteen nro 1 liuenneen aineen määrä muunnettuna johtokykymittauksen tuloksesta

Sample	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)
1A	150,1	96,0
1B	149,0	95,3
1C	148,3	94,9
Average	149,1	95,4

TAULUKKO 12. Näytteen nro 2 liuenneen aineen määrä muunnettuna johtokykymittauksen tuloksesta

Sample	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)
2A	351,7	225
2B	351,3	225
2C	352,8	226
Average	351,9	225,3

TAULUKKO 13. Näytteen nro 3 liuenneen aineen määrä muunnettuna johtokykymittauksen tuloksesta

Sample	Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)
3A	228,5	146
3B	171,5	110
Average	200,0	128

4 PÄÄTELMÄ

Vesinäytteet toimitettiin TAMK Ympäristötekniikan laboratorioon analysoitavaksi. Päätelmiä tehtäessä on otettava huomioon näytteenoton edustavuus, vertailuaineistot kuten esimerkiksi Tampereen Veden viranomaisvalvonnan tulokset 2014 (Tampereen veden verkkosivut) ja se, että vesi analysoitiin akkreditoimattomassa laboratoriossa opiskelijatyönä henkilökunnan valvonnassa.

Vesianalyysin tulokset ovat samassa mittaluokassa Tampereen veden verkkosivuillaan ilmoittamien viranomaisvalvonnan tuloksien kanssa pH:n, johtokyvyn ja veden kovuuden suhteen. Veteen liunneen aineen pitoisuus laskettiin edellä mainitun johtokykymittauksen tulosten perusteella.

LÄHTEET

Conductivity convertor. Lenntech Water Treatment Solutions.
<http://www.lenntech.com/calculators/conductivity/tds-engels.htm>. Accessed on: 2.12.2015. www.lenntech.com

Suomen standardoimisliitto SFS. Standardi SFS 3003. Veden kalsiumin ja magnesiumin summan määrittäminen. Titrimetrinen menetelmä. Vahvistettu 7.12.1987. (luettu 27.10.2015) Vesi- ja ympäristöhallitus. 2. painos.

Suomen standardoimisliitto SFS. Standardi SFS 3021. Veden pH-arvon määrittäminen. Vahvistettu 12.2.1979. (luettu 27.10.2015) Vesihallitus. 2. painos.

Tampereen Vesi. Viranomaisvalvonnan tulokset 2014. KVVY. (luettu 14.12.2015)
http://inter6.tampere.fi/material/attachments/v/YyXn2e9hc/Viranomaisvalvonta_jatkuva.pdf

Tampereen Vesi. Veden kovuus. (luettu 14.12.2015)
<http://www.tampere.fi/vesi/toiminta/talousvesi/vedenlaatu.html>

Walton, N.R.G. 1989. Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids—What is Their Precise Relationship? Desalination: Volume 72, Issue 3. Pages 275-292.

LIITTEET

Liite 1. pH-, lämpötila ja johtokyky mittaukset

23.11.2015

First measurements, lower temperature!

Sample	pH	Temperature		Conductivity $\mu\text{S/cm}$
		C		
1A	7,65	19,2		153,4
1B	7,72	18,8		148,0
1C	7,76	18,2		145,4
2A	8,03	19,1		350,4
2B	8,06	19		349,0
2C	8,03	18,9		348,1

Second measurements, correct temperature

Sample	pH	Temperature		Conductivity $\mu\text{S/cm}$
		C		
1A	7,35	21,1		150,1
1B	7,55	21		149,0
1C	7,71	20,9		148,3
2A	8,01	20,8		351,7
2B	8,11	20,6		351,3
2C	8,06	20,7		352,8

4.12.2015

Sample	pH	Temperature		Conductivity $\mu\text{S/cm}$
		C		
3A	7,89	20,5		228,5
3B	7,84	20,3		171,5

Liite 2. Veden kokonaiskovuus, titrausliuoksen kulutus

24.11.2015

Sample	Consumption (mL)
1A	3,1140
1B	3,9700
1C	3,1840
2A	4,6000
2B	4,7200
2C	4,6920

4.12.2015

Sample	Consumption (mL)
3A	3,4600
3B	3,3160

Liite 2. Mittaustulokset kokonaisuudessaan

Pesut muutetuilla pesuohjelmilla ennen kehitystöitä									
	Liinojen kuivapainot			Kuivauksen jälkeen märät liinat			Erotus		
	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto
Shinex-pesu									
Pesu 1	12,97	13,00	12,91	19,59	24,65	15,20	6,62	11,65	2,29
Pesu 2	12,80	13,18	13,21	16,66	20,87	13,94	3,86	7,69	0,73
Pesu 3	13,12	13,17	12,67	15,05	17,69	13,27	1,93	4,52	0,60
Peruspesu									
Pesu 1	12,91	12,71	13,18	19,60	22,60	20,85	6,69	9,89	7,67
Pesu 2	13,15	12,93	13,23	17,01	20,50	13,79	3,86	7,57	0,56
Pesu 3	12,46	12,66	12,55	14,80	17,15	13,19	2,34	4,49	0,64

Korkeapainesuuttimet (80 / 10)									
	Liinojen kuivapainot			Kuivauksen jälkeen märät liinat			Erotus		
	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto
Shinex-pesu									
Pesu 4	13,09	13,35	13,03	15,25	21,40	13,73	2,16	8,05	0,70
Pesu 5	13,05	12,92	13,09	14,82	21,05	13,50	1,77	8,13	0,41
Peruspesu									
Pesu 4	13,11	13,18	13,09	16,57	20,73	13,95	3,46	7,55	0,86
Pesu 5	12,63	12,83	13,16	14,97	19,74	14,21	2,34	6,91	1,05

Matalapainesuuttimet (40 / 20)									
	Liinojen kuivapainot			Kuivauksen jälkeen märät liinat			Erotus		
	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto
Shinex-pesu									
Pesu 4	13,09	12,04	12,99	15,26	19,63	14,66	2,17	7,59	1,67
Pesu 5	12,97	13,07	12,84	15,55	20,61	13,24	2,58	7,54	0,40
Pesu 6	13,13	13,09	12,81	15,76	18,70	13,24	2,63	5,61	0,43
Peruspesu									
Pesu 4	13,19	13,20	13,09	15,91	19,63	13,55	2,72	6,43	0,46
Pesu 5	12,89	12,74	12,98	15,38	20,99	13,47	2,49	8,25	0,49
Pesu 6	12,88	12,97	12,88	16,58	18,88	14,77	3,70	5,91	1,89

Ilman suuttimia									
	Liinojen kuivapainot			Kuivauksen jälkeen märät liinat			Erotus		
	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto
Shinex-pesu									
Pesu 4	12,94	13,05	13,11	14,60	20,01	13,66	1,66	6,96	0,55
Pesu 5	13,11	13,22	12,92	15,41	20,08	13,28	2,30	6,86	0,36
Pesu 6	12,73	12,98	12,86	14,91	18,66	13,42	2,18	5,68	0,56
Peruspesu									
Pesu 4	12,97	12,93	12,96	14,94	20,11	13,44	1,97	7,18	0,48
Pesu 5	12,93	12,85	13,00	15,09	20,40	14,10	2,16	7,55	1,10
Pesu 6	12,88	13,30	12,98	16,19	17,91	13,85	3,31	4,61	0,87

Pesut kehitystöiden jälkeen normaaleilla pesuohjelmilla									
	Liinojen kuivapainot			Kuivauksen jälkeen märät liinat			Erotus		
	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto	Kylki	Perä	Katto
Shinex-pesu									
Pesu 7	13,02	12,84	12,81	15,97	18,73	13,27	2,95	5,89	0,46
Pesu 8	13,25	12,70	12,66	15,52	19,17	12,95	2,27	6,47	0,29
Peruspesu									
Pesu 7	13,30	13,09	13,04	15,75	18,65	13,34	2,45	5,56	0,30
Pesu 8	12,85	13,16	13,14	15,38	19,78	14,78	2,53	6,62	1,64

Ennen kehitystöitä

Pesu 1: Ilman puhaltimia ja kuivausainetta

Pesu 2: Ilman kuivausainetta

Pesu 3: Normaalisti kaikki laitteet päällä

Kehitystöiden jälkeen

Pesu 7: Normaalisti kaikki laitteet päällä

Pesu 8: Normaalisti kaikki laitteet päällä

FlashDry

Pesu 4: Ylimääräinen vesisuihku juuri ennen kuivaimia

Pesu 5: Ylimääräinen vesisuihku 1 metri ennen kuivaimia

Pesu 6: Ylimääräinen vesisuihku 2 metriä ennen kuivaimia