



AUTOPESULOIDEN JÄTEVESIEN BIOLOGINEN PUHDISTAMINEN

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristöteknologia
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö AMK
Syksy 2011
Sanni Valtonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

VALTONEN, SANNI: Autopesuloiden jätevesien biologinen puhdistaminen

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 29 sivua, 3 liitesivua

Syksy 2011

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää autopesuloiden jätevesien kuormittavuutta ja biologisen jätevesipuhdistusprosessin toimivuutta. Jätevedenpuhdistus perustuu kantoaineprosessiin, jossa kantoaineeseen tarttuva biofilmi eli mikrobikasvusto puhdistaa jäteveden pesuaine- ja öljyjäämistä. Tutkimus on osa Vesiturva-hanketta, ja jätevedenpuhdistusprosessi autopesuloissa on yksi osa sitä.

Kohteena oli viisi autopesulaa, joista kolmessa jätevettä puhdistettiin biologisesti bioreaktorissa ja jonka puhdistettua vettä kierrätettiin uudestaan autonpesuun. Kaikissa puhdistamokohteissa käytettiin 90 % kierrätettyä vettä ja 10 % puhdasta vettä auton pesua kohden. Vertailukohteena oli kaksi automaattipesulaa, jotka ohjasivat jätevetensä hiekan- ja öljynerottimen kautta jätevedenpuhdistamolle, jossa pesuvesi puhdistetaan normaalisti muun yhdyskuntajäteveden mukana.

Analyysit tehtiin tai teetettiin autojen liassa ja pesuaineissa olevista jätevedenpuhdistamoista tai vesistöä kuormittavista haitallisista aineista kuten typpi (N_{TOT}), fosfori (P_{TOT}), kiintoainekas, metallit, pH, sähkönjohtavuus, diftalaatin (DEHP), kemiallinen (COD) ja biologinen hapenkulutus (BOD_7) sekä anioniset, kationiset ja ionittomat tensidit. Vertailun vuoksi teetettiin myös yksi näyte-erä ulkopuolisella laboratoriolle. Näyteitä otettiin prosessien alku- ja käynnistysvaiheessa noin muutaman viikon välein. Yhteisenä tekijänä kaikilla autopesuloilla oli samat autonpesu- ja vahaustuotteet.

Tutkimuksen aikana ilmeni lukuisia vikatilanteita, sillä puhdistamot olivat juuri käynnistetty ja teknisiä ongelmia olivat esimerkiksi rikkoutuneet puhaltimet ja floaatiolaite. Toimivassa tilanteessa N_{TOT} ja P_{TOT} , kiintoainekas, COD ja BOD sekä tensidit vähenivät. Typen ja fosforin määrään vaikutti ravinteen ylisyyttä. Vedenkulutuksen määrää onnistuttiin suljettua jätevedenpuhdistusjärjestelmää käyttämällä vähentämään noin 80 %, jos ohijuoksutuksia vikatilanteiden aikana ei oteta huomioon.

Näytteenottokertoja toimivista tilanteista kertyi liian vähän, joten näiden tulosten perusteella ei voida sanoa, puhdistaaako biologinen puhdistusmenetelmä tarpeeksi hyvin jätevettä autonpesuun sopivaksi. Haasteita jatkossa on bioreaktoriin laitettavan ravinteen oikea annostelu sekä edustava näytteenotto toimivista prosesseista kaikkina vuodenaikoina. Kokonaiskulutuksen määrittämiseksi olisi hyvä ottaa huomioon myös lietteen ja sähkönkulutuksen määrä.

Avainsanat: biologinen jätevedenpuhdistus, autopesula, kantoainekas, tensidit

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

VALTONEN, SANNI: Biological waste water treatment of car washes

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering 29 pages, 3 appendices

Autumn 2011

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's Thesis was to determine the environmental load of car wash waste water and to study the feasibility of biological wastewater treatment process. The treatment process in the car washes is based on of bioreactor and the carrier substance. The biofilm in the carrier substance purifies contaminated waste water by adhering to the carrier substance. This research and waste water treatment process in car wash are part of the Vesiturva project.

The targets were five car washes, three of which have a bioreactor and reuse purified waste water for washing. Points of comparison were two automatic car washes where waste water goes through sand filter and oil separator before going to the municipal sewage treatment plant. In the sewage treatment plant the waste water from the car washes is purified with the normal municipal waste water.

In this thesis, waste water was analysed for contaminants and detergent of waste water which are loading waste water treatment plants and water systems in general. The parameters were total nitrogen (N_{tot}), total phosphorus (P_{tot}), total solid, phthalate, metals, pH, conductivity, bisphenol, chemical (COD) and biological oxygen demand (BOD) and surfactants. The samples were taken in the start-up and early stage of the treatment process every few weeks. As a common factor the car washes use the same detergent and car wax products.

During the study there were many fault situations for example the broken compressor and flotation process. In functional situation N_{TOT} , P_{TOT} , total solid, COD, BOD and surfactans decreased. The over input of nutrients affect the results of nitrogen and phosphorus. One major result was 80 % savings consumption of fresh water when were used recycled water. Fault situations during the spill-over that were not taken into account savings.

There were not a sufficient amount of samples from the process when it worked optimally and to be able to the biological treatment of waste waters for car washes works well enough. In challenges for the future are the correct nutrient dosing for the bioreactor and representative sampling time throughout the year when the process works. To determine the total consumption, it would also be good to take into account the sludge and the amount of electricity consumption.

Key words: biological waste water treatment, car wash, carrier substance, surfactants

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TAUSTA	3
2.1	Jätevesien biologinen puhdistus	3
2.2	Puhdistamojen toiminta	5
2.3	Puhdistamo	6
3	NÄYTTEENOTTO JA ANALYYSIT	7
3.1	Näytteenottokohteet	7
3.2	Kenttämittaukset ja laboratorioanalyysimenetelmät	13
4	PESULOIDEN MITTAUS – JA ANALYYSITULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	15
4.1	Vertailupesulat	15
4.2	Puhdistamolliset pesulat	17
4.3	Muut parametrit	23
5	TENSIDIT	25
6	VEDENKULUTUKSEN JA KUORMITUKSEN VERTAILU	27
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	29
	LÄHTEET	31
	LIITTEET	34

1 JOHDANTO

Automaattisia autopesuloita on Suomessa yhteensä 900 ja pesukertoja 10 miljoonaa (BAT – car washing facilities 2007, 13). Autopesuloille ei tarvita erikseen ympäristölupaa, eikä autopesuloista löydy mainintaa ympäristönsuojelulaissa tai asetuksissa (Mononen 2010), mutta öljyalan keskusliiton ohjeistus autopesuloille on olemassa. Ohjeistuksen mukaan autopesuloissa täytyy olla hiekan- sekä öljynerotin mahdollisten viemäriin joutuvien haitta-aineiden takia.

Autopesuloiden jätevedet koostuvat autoista irtoavasta liasta, pesuvedestä sekä pesulaitteissa olevasta liasta. Jätevesissä voi olla haitta-aineita kuten öljyjä ja rasvoja, joihin sisältyvät hiilivedyt ja metallit, liuottimia, ravinteita, kiintoainesta ja pesuaineita. (Mononen 2010.) Autonpesussa käytettävät pesuaineet sisältävät pinta-aktiivisia-aineita, joita kutsutaan tensideiksi. Erilaisia tensidejä ovat kationiset, anioniset, ionittomat ja amfoteeriset tensidit. Nämä aineet ovat vesistölle haitallisia esimerkiksi jätevedenpuhdistamon ohijuoksutuksen aikana ja kuormittavat jätevedenpuhdistamoita, jonne johdettavan veden tulisi olla tasalaatuista. Esimerkiksi Lahden jätevedenpuhdistamo Lahti Aqua on määritellyt raja-arvoja tulevalle vedelle, esimerkiksi metalleihin ja hiilivetyihin.

Teollisuuden jätevedet käyttävät eniten vettä Suomessa. Sen osuus kaikesta käytetystä vedestä on noin 80 %. Teollisuuden jätevedet ovat haastavia jätevedenpuhdistamoille, sillä ne eivät ole useinkaan tasalaatuisia ja saattavat sisältää aineita, jotka aiheuttavat ongelmia jätevedenpuhdistamoille. (Karttunen & Tuhkanen 2004, 36.) Yksi vaihtoehto teollisuuden jätevesien ympäristöhaittojen minimoimiseen on suljettu kierto. Teollisten prosessien ylläpitoon tarkoitettua vettä voitaisiin käyttää puhdistettuna uudelleen prosessivetenä, sillä prosessiveden ei tarvitsisi olla juomavesikelpoista. Teollisuuden jätevedet pystyttäisiin puhdistamaan ja kierrättämään paikan päällä ja samalla säästettäisiin rajallisia makean veden varoja. Erilaisia indikaattoreita teollisuuden jäteveden suljetulle kierrolle ovat ravinnekuormitus, sähkönkulutus ja lietteen määrä. (Dahl 2011.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää biologisen jäteveden puhdistuksen toimivuutta autopesuloiden jätevesien puhdistuksessa ja vertailla vedenkulu- tusta ja kuormitusta, kun jätevedet puhdistetaan paikallisesti tai lasketaan suoraan kunnalliseen viemäriin. Opinnäytetyö on jatkoa Janne Hakalan opinnäytetyölle, jonka perusteella projektin näytteenotto aloitettiin ja valittiin analysoitavat para- metrit (Hakala 2011).

Opinnäytetyö on osa VESITURVA-projektia jonka toteutusaika on vuosina 2009– 2012. Projektissa tutkitaan ja kehitetään analyysejä jätevedessä oleviin vierasai- neiden poistoon. Sen rahoittaa Tekes ja Lahden ammattikorkeakoulu toimii pro- jektissa rinnakkaistoteuttajana. Muita mukana olevia tahoja ovat muun muassa Helsingin yliopisto, Valtion teknillinen tutkimuskeskus sekä alan yrityksiä. (Lah- den ammattikorkeakoulu 2011.)

2 TAUSTA

2.1 Jätevesien biologinen puhdistus

Yhdyskunnan jätevesiä syntyy vuosittain Suomessa 1 415 000–1 812 000 m³ päivässä. Lähes kaikki jätevedet ohjataan kunnallisiin jätevedenpuhdistamoihin (Karttunen & Tuhkanen, 2003 30). Yleinen tapa jätevedenpuhdistamoilla Suomessa on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostus (Suomen ympäristökeskus 2011). Jätevedenpuhdistusmenetelmiä ovat tai niiden yhdistelmiä ovat biologinen, kemiallinen ja mekaaninen menetelmä. Biologinen jäteveden puhdistus perustuu mikro-organismien hajotustoiminnalle, jossa käytetään hyväksi jäteveden orgaanista ainesta ja epäorgaanisia suoloja kasvuun. Sama prosessi tapahtuu luonnossa, mutta kontrolloiduissa oloissa saadaan mikrobeille edulliset olosuhteet, jolloin hajotusprosessi nopeutuu ja tehostuu. Biologisia prosesseja on olemassa viisi erilaista: aerobinen, anaerobinen, anoksinen, joka on näiden yhdistelmä, sekä lammikkoprosessi.

Jätevedenpuhdistusprosessit voivat tapahtua suspensioprosessissa eli leijuva-alustaisessa prosessissa, jolloin mikrobit liikkuvat vapaasti vedessä, tai kiinteäalustaisessa prosessissa, jolloin mikrobit ovat kiinnittyneenä kantoaineeseen biofilminä. Leijuva-alustaisessa prosessissa energian tarve on yleensä alhainen; se sopii partikkeleiden poistoon ja likaisemmillekin jätevesille. Siinä myös bakteerisolujen viipymän takia olosuhteiden sietokyky on heikompi. Kiinteäalustaisessa taas on parempi sietokyky olosuhdemuutoksille, mutta päinvastoin kuin leijupetisessä energian tarve on suurempi ja partikkeleiden poisto on heikompa. Se sopii siis laimeammille jätevesille. (Karttunen, Tuhkanen & Kiuru 2004, 180–181, 207.)

Biologisen puhdistuksen tavoitteina on vähintään yksi näistä: orgaanisen aineen poisto (COD, BOD, TOC), nitrifikaatio, denitrifikaatio, fosforin ja lietteen poisto. Pelkästään biologisella jätevedenpuhdistuksella ei ole mahdollista saada yhtä puhdasta vettä kuin talousvesi on. (Karttunen ym. 2004, 181–182, 169.)

Mikrobit tarvitsevat toimiakseen jäteveden orgaanisia aineita, epäorgaanisia suoloja, happea, oikean lämpötilan ja pH:n. Jätevedessä olevat orgaaniset aineet ovat autopesuloiden jätevesissä ravinteita, kuten kokonaistyyppi ja -fosfori. Ne ovat pääkasviravinteita ja kasvien kasvuun vaikuttavia minimitekijöitä, ja siksi niiden poistaminen jätevedestä on tärkeää. Kenttämittauksissa mitattavat biologisen toiminnan parametrit ovat pH, sähkönjohtavuus ja lämpötila kertovat jäteveden tilasta. Mikrobit tarvitsevat toimiakseen oikean happamuuden ja lämpötilan. Happamuuteen vaikuttavat veden alkaliteetti, joka kuvaa veden kykyä puskuroitua. Alhainen puskurointikyky altistaa pH:n laskulle, joka taas vähentää mikrobien toimintakykyä. Optimaalinen pH on 6,5–7,5 (Karttunen ym. 2004, 170–171). Kohonnut lämpötila saattaa kertoa vilkkaasta mikrobitoiminnasta ja liian alhainen lämpötila taas hidastaa hajotustoimintaa. Sähkönjohtokyvyllä tarkastellaan veden suolojen ja ionien määrää.

Tässä tutkimuksessa on määritetty myös muita parametreja, jotka kertovat biologisen jätevesiprosessin toiminnasta. Hajoavat orgaaniset aineet vapauttavat ioneja, jolloin sähkönjohtokyky kasvaa. Suuri sähkönjohtokyky kertoo suuresta orgaanisen aineksen määrästä ja saattaa aiheuttaa korroosiota autoissa. Kiintoaineksen suuri määrä aiheuttaa sameutta. Kemiallinen hapenkulutus (COD) kertoo, kuinka paljon jäteveden koko orgaaninen aines kuluttaa happea. Biologinen hapenkulutus (BOD) kertoo ainoastaan jätevedessä olevien hajottajien käyttämän hapen määrän, josta voidaan selvittää hajoavan orgaanisen aineksen määrä. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011.)

Pesuaineissa käytetään eri tensidien erilaisia suhteita halutun pesutuloksen mukaan. Sähkövarausta neutraloimaan käytetään positiivisesti varautuneita kationisia tensidejä, joilla ei itsessään ole varsinaista likaa irrottavaa ominaisuutta. Tämän takia negatiivisesti varautuneita anionisia tensidejä on yleensä pesuaineissa eniten, sillä ne irrottavat hyvin likaa. Ionittomia tensidejä käytetään anionisten jälkeen pesuaineissa toiseksi eniten. Syynä on luultavasti kationisten ja anionisten tensidien sähkövarauksien neutralisoituminen yhdessä, jolloin yhteiskäytössä pintaaktiivisuus vähenee eli pesutehokkuus heikkenee. Ionittomat tensidit irrottavat likaa alhaisissakin lämpötiloissa ja ovat varauksettomia. Amfoteeriset tensidit

ovat emäksisessä liuoksessa anionisia, happamassa liuoksessa kationisia ja neutraalissa liuoksessa taas varauksettomia ionittomia tensidejä. (Teknokemian yhdistys 2011.)

Tensidien biohajoavuuteen kiinnitettiin ensimmäisen kerran huomiota 1950 ja -60 luvulla, kun jätevedenpuhdistamoilla havaittiin suuret määrät vaahtoa ja alettiin epäillä niiden ympäristövaikutuksia. Tensidit eivät kerry nisäkkäisiin, mutta ovat hajoamattomina synteettisinä yhdisteinä haitallisia vesieliöille. Esimerkiksi anionisten tensidien lineaarinen alkyylibentseenisulfonaatti (LAS) ja ionittomien tensidien rasva-alkoholietoksylaatit ovat toksisia (LC_{50}) kaloille 3-10 mg/l pitoisuuksissa. (Connell 2005, 209–220.)

2.2 Puhdistamojen toiminta

Puhdistamot, joita kutsutaan myös pien- tai panospuhdistamoiksi, ovat tehdasvalmisteisia laitteita, jossa puhdistusmenetelmä on yleensä biologis-kemiallinen. Puhdistamon toiminta kuitenkin vaihtelee riippuen laitteen valmistajasta. Biologis-kemiallinen puhdistus tarkoittaa, että jätevedelle tehdään ilmastus kompressorien avulla, joka edesauttaa biologista hajoamista. Ilmastuksen lisäksi lisätään saostuskemikaalia fosforille, joka voi olla rauta- tai alumiinipohjaista. (Vilpas, Kujala-Räty, Laaksonen & Santala 2005.) Puhdistuksesta muodostuu laskeutuksen jälkeen lietettä, joka kerätään säiliöihin ja viedään loppusijoitukseen. Myös aktiivilieteprosessia käytetään nopeuttamaan biologista hajoamista.

Aktiivilieteprosessi tarkoittaa, että osa jo kertaalleen selkeytettyä lietettä jossa kiinnittyneet tai vapaasti uivat mikrobit ovat, johdetaan ilmastusaltaaseen, jossa ilmastuksen tuoma jatkuva liike ja riittävä hapenmäärä tehostavat mikrobien puhdistusta. Mikrobit kykenevät aloittamaan riittävän ravinnon ja hapen avulla puhdistuksen nopeasti ja tehokkaasti (Karttunen ym. 2004, 183). Uudempaa aktiivilietetekniikkaa on niin sanottu kantoaineprosessi. Se on sama kuin aktiivilieteprosessi, mutta hajottajamikrobit elävät lietteen sijasta kantoaineessa. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

2.3 Puhdistamo

Tutkimuksessa käytettävä puhdistamo on suljettu jätevedenpuhdistusjärjestelmä jossa puhdistus tapahtuu ainoastaan biologisesti aktiivilietetekniikalla kantoaineeseen tarttuneen mikrobikasvuston avulla (kuva 1). Kantoaineen tarkoituksena on olla mahdollisimman suuri pinta-alainen, jolloin kantoaineessa on mahdollisimman paljon mikrobeja. Bioreaktoriin syötetään ilmaa, joka aiheuttaa veden jatkuvan pyörivän liikkeen reaktorissa. Mikrobeille annetaan prosessin tehostamiseksi ravinteita (fosfori ja typpi), joita syötetään laitteeseen suhteessa 100:10:1 (hiili-typpi-fosfori). Ravinteen syöttö vaihtelee vuodenajan mukaan. Ideaalilanteessa puhdistamo putsaa kokonaisfosforin ja -typen kokonaan. Puhdistusprosessista muodostuu lietettä, joka kerätään erikseen flotaatioaltaisiin. Flotaatiossa pienet ilmakuplat erottelevat kiintoainesta nostoen kupliin tarttuneet epäpuhtaudet pintaan. (Karttunen ym. 2004, 97).

Laite käyttää autonpesua kohden puhdasta vesijohtovettä 10 % kokonaisvedenkulutuksesta viimeisessä huuhtelussa. Loput vedestä on suljetun kierron periaatteen mukaan bioreaktorissa puhdistettua kierrätettyä jätevettä. Puhdistusprosessi toimii siten, että jätevesi kulkee hiekanerottimeen, jonka jälkeen vesi ohjataan pyörivään reaktoriin (kuva 2), jossa kantoaineeseen tarttuneet mikrobit puhdistavat jäteveden. Tutkittavissa kohteissa bioreaktorit oli asennettu rinnan tai sarjaan, joka vaikuttaa puhdistustuloksen alkamisen nopeuteen. Suomessa haasteen tuo vaihtelevat lämpötilat. Prosessin pitäisi olla mikrobeille otollisessa + 15 °C:n lämpötilassa.



KUVA 1. Vasemmalla kantoaines ja alakulmassa auki leikattu kantoaines, jossa mikrobikasvustoa.



KUVA 2. Oikealla P5 bioreaktori, jossa kantoaines, näkyy vihreänä

3 NÄYTTEENOTTO JA ANALYYSIT

3.1 Näytteenottokohteet

Tutkimuksessa oli mukana viisi automaattista autopesulaa Etelä-Suomesta, joita kutsutaan opinnäytetyössä nimillä P1, P2, P3, P4 ja P5. Pesuloissa P1, P4 ja P5 oli käytössä puhdistamo ja suljettu järjestelmä, joka kierrätti puhdistettua auton-

pesuvettä uudelleen autonpesuun. Pesuvedestä 90 % on kierrätettyä vettä ja loput 10 % on vesijohtovettä, jota käytetään viimeiseen huuhteluun autonpesun lopuksi. Pesulat P1 ja P4 oli kytketty rinnan ja pesula P5 oli kytketty sarjaan. Pesulat P2 ja P3 valittiin vertailupesuloiksi ja ne ohjasivat jätevetensä viemäriin. Pesulat valittiin niissä käytettyjen samojen Pineline-pesuaineiden (taulukko 1) perusteella, jolloin tuloksien vertailu keskenään olisi mahdollista. Poikkeuksena pesulassa P3 oltiin vasta siirtymässä Pineline pesuaineisiin 18.4.2011.

Pakkausmerkinnät eivät olleet täysin yhteneviä eri pesuaineiden kesken, joten täsmällistä tietoa eri tensidien prosenttiosuudesta ei ole. Pesuaineissa ilmoitetaan pesuaineasetuksen mukaan määritetty sisältö seuraavasti Teknokemian yhdistyksen, 2011 mukaan:

Myyntipäällyksmerkintäsopimuksen mukaan pakkauksessa ilmoitettavia ainesosia on yhteensä 18, joista yleisimpiä pesuaineissa käytettäviä ovat fosfaatit, fosfonaatit, anioniset tensidit, ionittomat tensidit, kationiset tensidit, happeen perustuvat valkaisuaineet, klooriin perustuvat valkaisuaineet, alifaattiset hiilivedyt, saippua, zeoliitit ja polykarboksylaattit. Nämä ainesosat on merkittävä pakkaukseen, mikäli niitä on lisätty tuotteeseen ja niitä on yli 0,2 painoprosenttia. Ainesosat on ilmoitettava vähintään seuraavalla tarkkuudella: alle 5 %, 5 -15 %, 15 -30 %, yli 30 %. Ellei näitä ainesosia ole mainittu, niitä ei ole pesuaineessa.

P1 on ollut autopesuloista toiminnassa pisimpään ja on ensimmäinen niin sanotusti pilottiversio ja se käynnistettiin toukokuussa 2011. Näytteitä otettiin hiekanerottimesta, bioreaktorista ja puhdistetusta vedestä. Pesula P1 oli ainoa, josta saatiin näytteet myös bioreaktorista. P1-pesulassa pestiin vuoden aikana yhteensä 13 342 autoa ja pesussa autoa kohden käytetään 350 litraa vettä. Näytteenottokohdet P4 ja P5 otettiin mukaan 6.6.2011 lähtien P1-pesulan ollessa epäkunnossa. Näytteitä P4 ja P5-pesuloista otettiin ainoastaan hiekanerottimesta ja puhdistetusta vedestä (kuvat 4 ja 7). P4:ssa pestään noin 30 000 autoa vuodessa ja yhdessä pesussa käytetään 600 litraa pesuvettä. Pesulan bioreaktori oli käynnistetty kesällä 2009. P5-autopesulassa pestään noin 40–50 autoa päivässä. Yhtä autoa kohden käytetään noin 400 litraa. Puhdistamolla varustettu autopesula oli rakennettu vuosi sitten ja bioreaktori käynnistetty noin puolessa välissä kesäkuuta 2011.

Vertailupesuloissa P2 ja P3 jätevedet johdettiin kunnalliseen viemäriin hiekanerotin ja öljynerotimen kautta. P2 on yksiovinen automaattinen autopesula ja P3 kaksiovinen automaattinen pesula. Näytteitä otettiin hiekanerotimesta (kuvat 3 ja 6) ja viemäristä (kuva 5). Autoja pestään P2:ssa vuosittain noin 5000 kappaletta ja P3 7000–10 000 autoa. Molemmissa pesuloissa käytetään laitevalmistajan ilmoittama noin 200 litraa vettä pesua kohden (Järnström 2011; Ora 2011). Näytteenotokertoina 9.5. ja 16.5.2011 ei voitu ottaa näytteitä kohteesta P3V, sillä näytteenotokaivon päälle oli rakennettu terassi.

TAULUKKO 1. Pesuloissa käytetyt pesukemikaalit

Pesula					Kemikaali	Sisältö
1	2	3	4	5		
X	X	X	X	X	Harjashampoo	Anioniset tensidit 15-30 %
	X	X			Huuhteluaine	Kationiset tensidit alle 5 %
		X			Esipesuaine	Ionittomat tensidit 5-15 %
X			X	X	Smart Esi- pesuaine C	Natriumhydroksidi alle 2 %.
X			X	X	Smart Esi- pesuaine D	Ionittomat tensidit yli 30 %
	X				Vaahtopesu	Anioniset tensidit 5-15 %
X	X	X	X	X	Kiillotusvaha	Amfoteeriset tensidit 5-15 %
X			X	X	Huuhteluvaha	Kationiset tensidit alle 5 % 2- Butoksietanoli 5-15 %
	X				Rengaspesu	Anioniset tensidit alle 5 %
					HeavyDuty	Ionittomat tensidit 15-30 %
	X				Smart Heavy- Duty G	Ionittomat tensidit yli 30 %
	X				Smart Heavy- Duty H	Natriumhydroksidi alle 2 %

TAULUKKO 2. Projektin aikataulu, jossa näkyvät näytteenottokohteet, näytteenottopäivämäärä sekä näytteestä analysoidut parametrit. Lyhenteet tarkoittava seuraavaa: Näytteenottopesulat on merkitty P1-5 ja näytteet otettiin joko hiekanerottimesta H, bioreaktorista B, puhdistetusta vedestä P tai viemäristä V. Analysoidut parametrit olivat COD (kemiallinen hapenkulutus), BOD (biologinen hapenkulutus) N (typpi), P (fosfori), SS (kiintoaines) T (kationiset, anioniset sekä ionittomat tensidit) M (metallit) ja DEHP (diftalaatti). *Kursivoitu* teksti kertoo, ettei näytettä analysoitu tai se oli yli tai alle määrittäysrajan tai tulos ei ollut luotettava.

	18.4.2011	26.4.2011	9.5.2011	16.5.2011	6.6.2011	15.6.2011	30.6.2011	13.7.2011	20.7.2011	27.7.2011	18.8.2011	31.8.2011
P1H	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP							Cod Bod SS NP T	Cod Bod SS NP T
P1B	Cod SS NP	Cod Bod SS NP MDEHP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP							Cod Bod SS NP T	Cod Bod SS NP T
P1P	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP MDEHP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP							Cod Bod SS NP T	Cod Bod SS NP T
P2H	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP		Cod Bod SS NP T						
P2V	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP MDEHP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP		Cod Bod SS NP T						
P3H	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP		Cod Bod SS NP T						
P3V	Cod Bod SS NP	Cod Bod SS NP MDEHP				Cod Bod SS NP T						
P4H					Cod Bod SS NP T			Cod Bod SS NP T				
P4P					Cod Bod SS NP T			Cod Bod SS NP T				
P5H							Cod Bod SS NP T		Cod Bod SS NP T	Cod Bod SS NP T		
P5P							Cod Bod SS NP T		Cod Bod SS NP T	Cod Bod SS NP T		



KUVA 3. Ylhäällä vasemmalla pesula P3 hiekaerottimesta otetaan näytteitä

KUVA 4. Oikealla ylhäällä P4 puhdistettua vettä



KUVA 5. Keskellä vasemmalla P2 viemäri, josta näytteet otettiin

KUVA 6. Keskellä oikealla P2 hiekanerotin, josta otettiin näytteet



KUVA 7. Alhaalla vasemmalla P5 puhdistettun veden säiliö

3.2 Kenttämittaukset ja laboratorioanalyysimenetelmät

Näytteenoton yhteydessä määritettiin jokaisella kerralla pH, sähkönjohtavuus ja lämpötila (kuva 8). Lämpötila mitattiin lämpömittaria käyttäen ja pH ja sähkönjohtavuus WTW Multiline P3 -kenttämittarilla. Uusi saman valmistajan WTW Multi 3410 -kenttämittari (kuva 9) otettiin käyttöön 13.7.2011.



KUVA 8. oikealla puolella kenttämittausta

KUVA 9. WTW Multi 3410-kenttämittari vasemmalla

Laboratoriossa tehdyt analyysit olivat kemiallinen hapenkulutus (COD), kationiset, anioniset ja ionittomat tensidit sekä kokonaistyyppi ja -fosfori. Ne määritettiin Hach-Langen spektrofotometrillä DR 2800 ja Hach-Langen kyvettitesteillä. Käytetyt kyvettitestit on lueteltu taulukossa 3. Biologinen hapenkulutus (BOD_7) määritettiin käyttämällä Oxi-Top-laitteistoa (kuva 10) ohjeen mukaan. (LIITE 2.)



KUVA 10. Oxi-Top-laitteisto käynnissä inkubointikaapissa

Kiintoaine määritettiin standardin SFS-EN 872 mukaan ja suodattimina käytettiin Whatmannin Glass Microfibre Filters GF/C 47mm. Kiintoainekselle tehtiin standardin liitteen A mukainen etyylialkoholi- ja heksaanihuuhtelu todellisen kiintoaineksen määrän saamiseksi mahdollisesti öljyisistä näytteistä. Alkoholeilla kuivatetuissa kiintoaineksissa ei ollut juurikaan eroa normaalisti suodatettuihin kiintoaineksiin, joten tuloksissa ilmoitetaan alkoholeilla huuhdeltujen ja ei-huuhdeltujen kiintoaineksien keskiarvo.

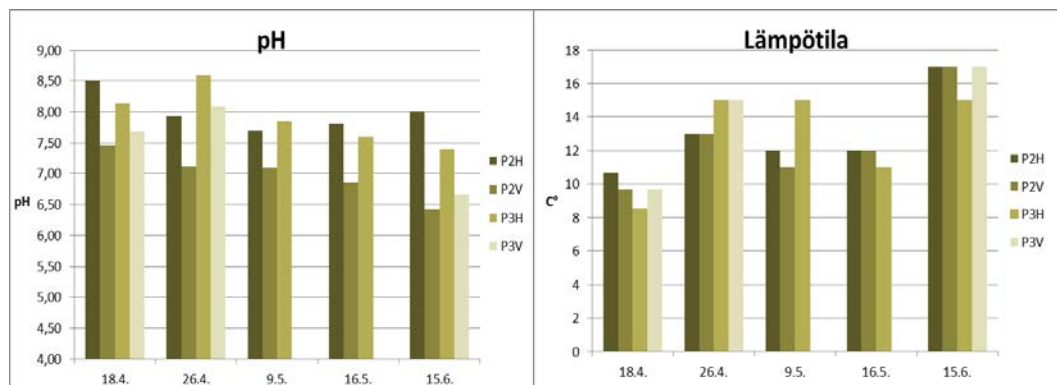
TAULUKKO 3. Käytetyt Hach-Langen kyvettitestit

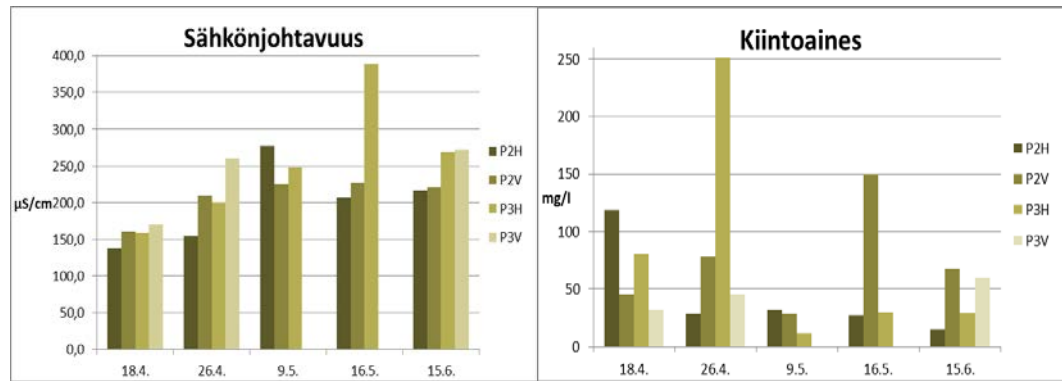
Parametri	Kyvetti	Pitoisuus mg/l
Kemiallinen hapenkulutus	LCK 514/014	100–2000/1000– 10000
Kokonaistyyppi	LCK 138/238	1–16/5–40
Kokonaisfosfori	LCK 348/349	0,5–5,0/0,05–1,50
Kationiset tensidit	LCK 331	0,2–2
Anioniset tensidit	LCK 332	0,2–2
Ionittomat tensidit	LCK 333	0,3 – 20

4 PESULOIDEN MITTAUS – JA ANALYYSITULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

4.1 Vertailupesulat

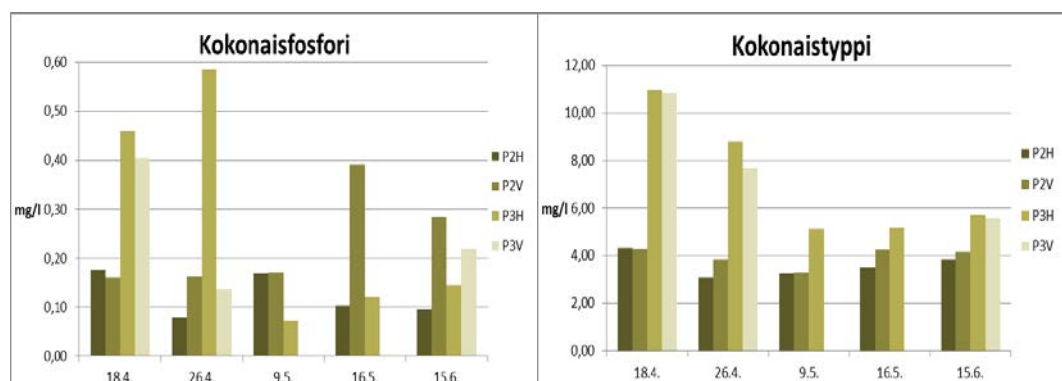
Molemmista vertailupesuloista (P2 ja P3) otettiin näytteitä viisi kertaa (taulukko 2). Näytteet otettiin hiekanerottimesta (H) ja viemäristä (V). Näytteistä analysoitiin jokaisella näytteenotokerralla lämpötila, pH ja sähkönjohtavuus. Lämpötila vaihteli vertailupesuloissa näytteenottoajankohtina 9 ja 17 °C välillä vuodenaikasta riippuen ja pH hiekanerottimissa välillä 8,59–7,40 ja viemäreissä 8,09–6,42 (kuvio 1a–b). pH laski tasaisesti lämpötilan kasvaessa ja molemmissa vertailupesuloissa hiekanerottimen pH oli suurempi johtuen ilmeisesti pesuaineen emäksisyydestä, koska viemäriessä pH oli jo neutraalimpi. Hiekanerottimisissa sähkönjohtavuus oli 138–388 µs/cm välillä ja viemäreissä 161–272 µs/cm. Sähkönjohtavuus nousi tasaisesti vuodenaikan mukaan lämpötilan noustessa. Hiekanerottimisissa sähkönjohtavuus oli yleensä suurempi kuin viemäristä otetun näytteen sähköjohtavuus, mikä kertoo kertyneestä liasta hiekanerottimeen. Näytteenoton yhteydessä pesussa olleet autot voivat olla syynä korkeampaan kiintoainepitoisuuteen 26.4. näytteenotokerralla. Toisaalta pesulassa P2 oli myös 9.5. autonpesu näytteenoton aikana, eikä se merkittävästi vaikuttanut tuloksiin. Vertailunäytteenä kiintoainekselle määritettiin ulkopuolisella laboratorion 26.4. näytteet P1P:sta ja P1B:sta. Tulokset olivat samoja itse määrittettyjen kiintoaineksien kanssa.





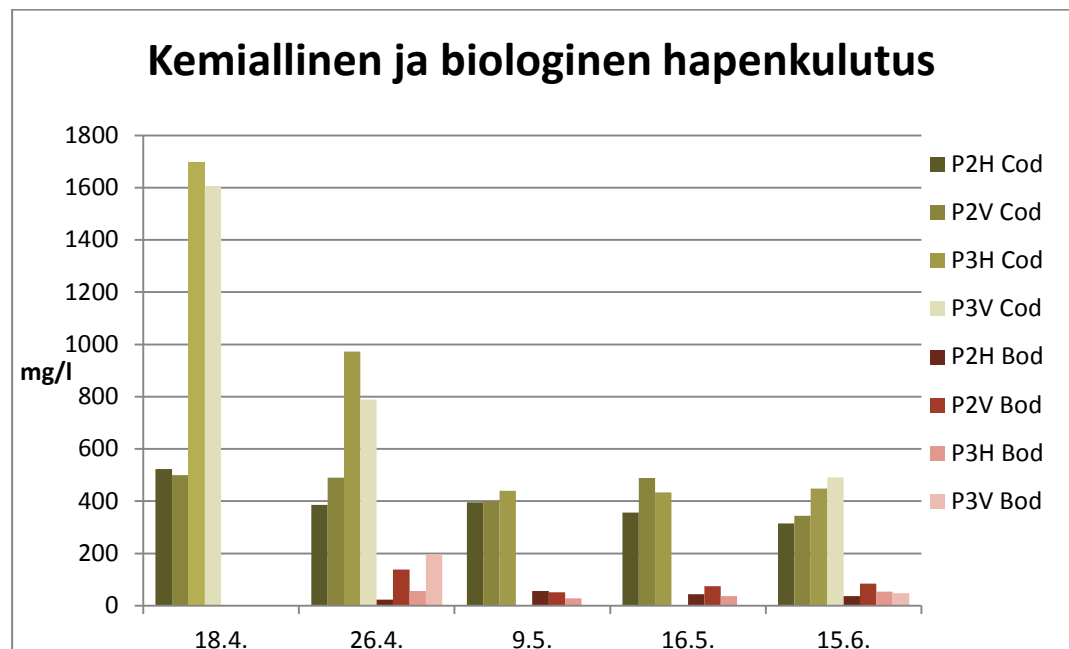
KUVIO 1a – d. Vertailupesuloiden P2 ja P3 hiekanerottimesta (H) ja viemäristä (V) mitatut pH (a), lämpötila (b), sähkönjohtavuus (c) ja kiintoaines (d)

Pesulassa P3 siirryttiin Pinelinen pesuaineisiin 18.4.2011. Samalla huomattiin ettei hiekanerottimessa ollut vielä väliseinää. Tämä näkyy kokonaistyyppi (kuvio 2b) ja -fosforiarvoissa (kuvio 2a) 18.4 ja 26.4. Näytteenottoajankohtana 26.4. näytteenoton yhteydessä pesulassa oli juuri ollut autoja. P3 hiekanerottimessa 26.4. kokonaistyyppi ja kiintoaines olivat suuria, mikä johtune näytteenottoajankohtana tapahtuneesta samanaikaisesta autonpesusta. Suurempi kokonaisfosfori 16.5. selittyy kuten kuviossa 2b suurella orgaanisen aineksen määrällä, jolloin autoja on ollut pesussa normaalia enemmän. Ulkopuolisessa laboratoriossa määritettiin kokonaistyyppi ja -fosfori 26.4. näytteet P2V:sta ja P3V:sta. Kokonaisfosfori oli P2V:ssa sama, mutta P3V tulos oli lähes puolet pienempi. Tulokset on esitetty 26.4. kohdassa keskiarvona kuviossa 2.



KUVIO 2 a–b. Vertailupesuloiden P2 ja P3 hiekanerottimesta (H) ja viemäristä (V) mitatut kokonaisfosfori (a) ja kokonaistyyppi (b)

Kuviossa 3 esitetty kemiallinen ja biologinen hapenkulutus (COD) vertailupesuloissa pysyi tasaisesti samana pesula P2 osalta. Biologista hapenkulutusta (BOD) ei mitattu ensimmäisellä näytteenotokerralla 18.4.2011. Pesula P3:ssa ensimmäisen ja toisen näytteenotokerran suureen kemiallisen hapenkulutuksen määrään 18.4. vaikutti siirtyminen Pinline-pesuaineisiin. Kolmannella näytteenotokerralla 9.5. P2 ja P3 tulokset olivat jo samat. Näyttenotossa 18.4. havaittiin P2V veden olevan öljyistä, mutta se ei näy tuloksissa. P2V:sta ja P3V:sta otettiin vertailunäytteet 26.4 BOD:lle ja COD:lle. BOD-arvot olivat lähes kolme kertaa suurempia kuin itse määritetyt, mutta COD-tulokset olivat lähes samat.

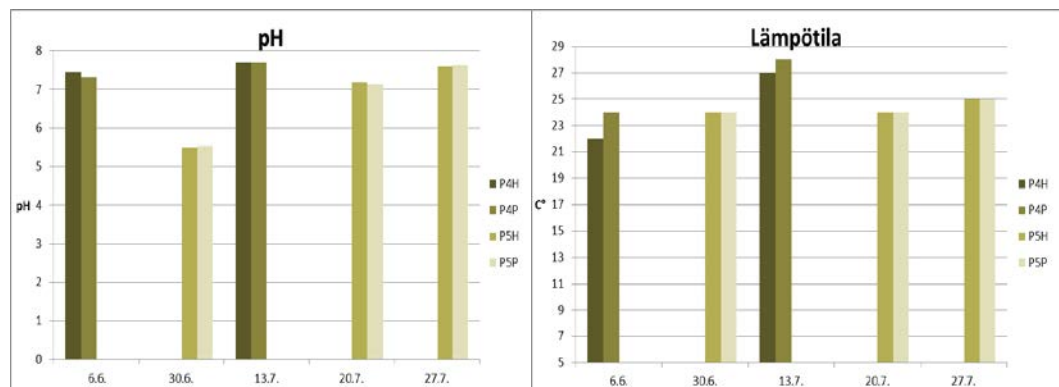


KUVIO 3. Kemiallinen (COD) ja biologinen (BOD) hapenkulutus vertailupesuloissa P2 ja P3 hiekanerottimessa (H) ja viemärissä (V)

4.2 Puhdistamolliset pesulat

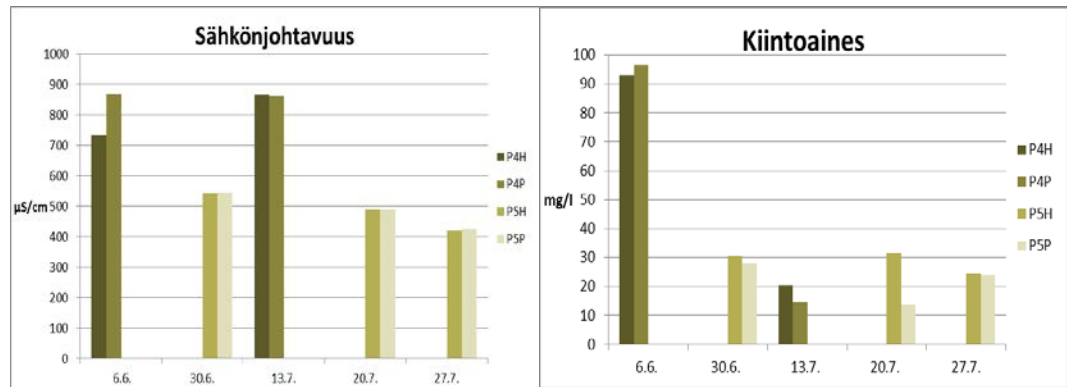
Pesuloiden P4 ja P5 pH ja lämpötila, sähkönjohtavuus, kokonaistyyppi ja -fosfori sekä BOD ja COD on esitetty kuvioissa 4–7. Pesulasta P1 oli ainoastaan mahdollisuus ottaa näytteitä myös bioreaktorista ja siksi sen tulokset on esitetty erikseen (kuviot 8–11)

Pesuloista P4 ja P5 ei ollut mahdollisuutta saada näytteitä bioreaktorista, joten näytteet otettiin vain hiekanerottimesta (H) ja bioreaktorissa puhdistetusta vedestä (P). Molemmassa lämpötilat olivat korkeita, koska oli heinäkuu ja pH matala 5,50–7,70. Pesulassa P4 oli vikatilanne 6.6., jolloin lietetankki rikkoutui ja flotaatioaltaasta pääsi lietettä kiertoon, jolloin hiekanerottimen vesi ja puhdas vesi oli sameaa. Ensimmäisellä näytteenotokerralla 30.6. pesula P5 pH erosi muista mitatuista arvoista happamuudellaan. Syynä voi olla vasta muutaman viikon päällä ollut bioreaktori.



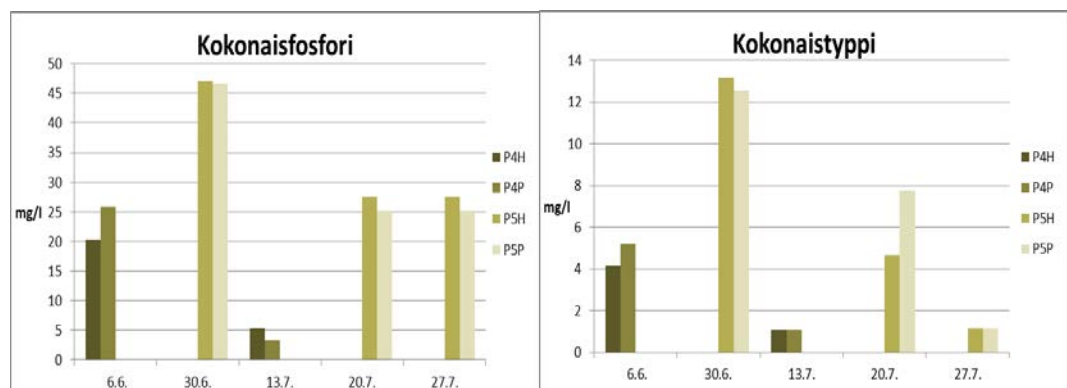
KUVIO 4. a –b Pesuloiden P4 ja P5 pH ja lämpötila hiekanerottimesta (H) ja puhdistetusta vedestä (P)

Suuri kiintoaineen määrä 6.6. pesulassa P4 johtui vesisäiliöön päässeestä lietteestä. Toisella näytteenotokerralla 13.7. kiintoaineen määrä oli huomattavasti pienempi, kun flotaatiolaitteen uusi pumppu oli ollut toiminnassa kaksi viikkoa, eikä lietettä päässyt enää vesisäiliöön. Suuret sähkönjohtavuudet P4 pesulassa johtuvat suuresta määrästä jätevettä. Bioreaktorissa puhdistetussa jätevedessä ei ollut tapahtunut muutosta hiekanerottimeen sähkönjohtavuuden osalta. Kiintoaines sen sijaan oli vähentynyt biologisessa puhdistuksessa, tosin sen määrällinen poistuminen ei ollut vähentynyt vaan on pysynyt koko ajan samana pesulassa P5.



KUVIO 5. a–b Pesuloiden P4 ja P5 sähkönjohtavuus (a) ja kiintoaines (b) hiekanerottimessa (H) ja puhdistetusta vedestä (P)

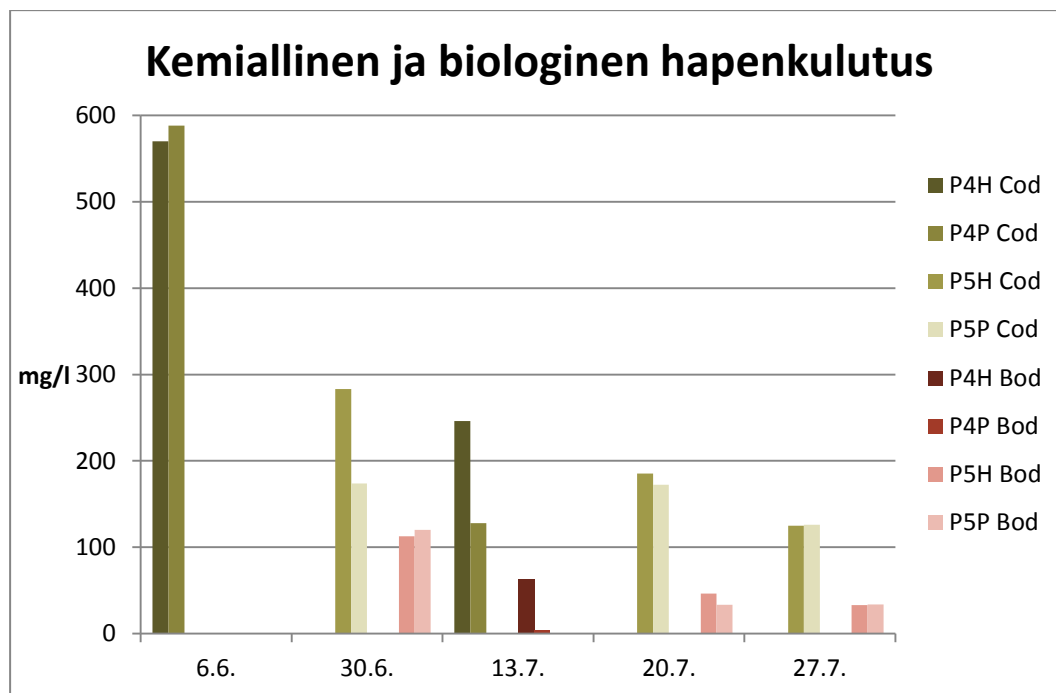
P5 pesula oli käynnistetty kesäkuun puolessa välissä ja ensimmäinen näytteenottohaku oli 30.6. Bioreaktorissa ei ollut näytteenottomahdollisuutta, joten näytteet otettiin vain hiekanerottimesta (P5H) ja puhtaasta vedestä (P5P). P5:ssä bioreaktoriin lisättiin fosforihappoa ravinteeksi 20.7. näytteenoton jälkeen, mikä selittää seuraavan näytteenottokerran (27.7.) korkeat fosforipitoisuudet. Ravinnetta on lisätty myös ennen 30.6. näytteenottokertaa, korkean kokonaisfosforin takia (47 mg/l). Tietoa ei ole varmistettu, mutta korkea tulos viittaisi ravinteen ylisyyttöön. Myös kokonaistyyppi oli koholla. Kun puhdistusprosessi toimii ja ravinteiden syöttö on optimaalinen, fosfori- ja typpimäärien pitäisi olla lähellä nollaa.



KUVIO 6. a–b P4 ja P5 pesuloiden kokonaistyyppi (b) ja –fosfori (a)

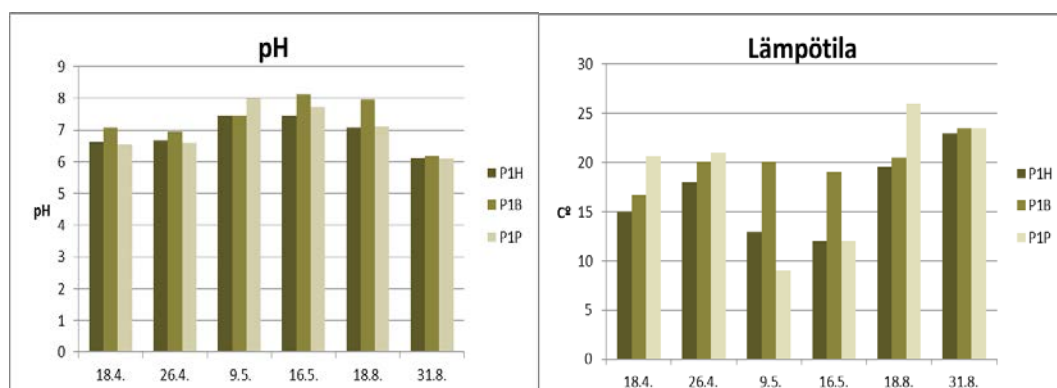
Kemiallinen ja biologinen hapenkulutus oli vähentynyt kummassakin pesulassa P4 ja P5 bioreaktorin ollessa toiminnassa. P4 ensimmäinen näytteenottokerran 6.6 suureen kemialliseen hapenkulutukseen vaikutti vuotava flotaatiolaite. Toisella näytteenottokerralla vikatilanteen korjauksen jälkeen 13.7. kemiallinen

hapenkulutus oli jo huomattavasti pienentynyt. Biologista hapenkulutusta ei mitattu 6.6., sillä sen tiedettiin jo olevan epäluotettava tulos vuotavan flotaatiolaitteen takia. Biologinen hapenkulutus väheni P5-pesulassa bioreaktorin käynnistyksen jälkeen.



KUVIO 7. Kemiallinen (COD ja biologinen (BOD) hapenkulutus pesuloissa P4 ja P5

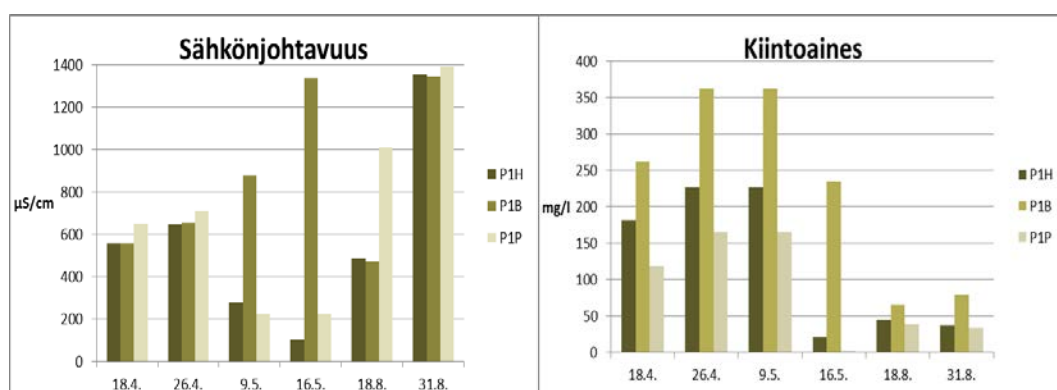
Pesula P1:ssä oli ainoa mahdollisuus ottaa näytteitä myös bioreaktorista (B). Ensimmäisellä näyteenotokerralla 18.4. pesulan pesukatu oli huollossa, mikä vaikuttaa tuloksiin. Kompressorin meni rikki luultavasti jo ennen 26.4. näyteenottoa, mikä näkyy tuloksissa suurina arvoina ja näyteenottohetkellä vesi oli sameaa ja haisi. Kolmannella näyteenotokerralla 9.5. vesi oli silmämääräisesti nähtynä puhdasta vesijohtovettä. Ilmoitus puhdistusjärjestelmän pysäytyksestä tehtiin 1.5., mutta ilmeisesti pysäytys oli tehty jo aiemmin. Selvityksessä kävi ilmi, että 1.5. laite oli pysäytetty rikkinäisten ilmastusputkien takia. Tulokset 16.5. olivat todella alhaisia pesussa käytetyn vesijohtoveden takia. Keskeytimme näyteenoton järjestelmän korjauksen ajaksi. 18.8. prosessi oli ollut käynnissä kaksi viikkoa. Tosin samana päivänä toinen pumpuista oli rikki, joten bioreaktorissa oleva vesi ei pyörinyt tasaisesti. Viimeisellä 31.8. näyteenotokerralla laite toimi silmämääräisesti moitteettomasti.



KUVIO 8 a–b. P1 puhdistamon kenttämittaustuloksia: pH (a) ja lämpötila (b).

Mittaukset otettu hiekkanrottimesta (H), bioreaktorista (B) ja puhdistetusta vedestä (P)

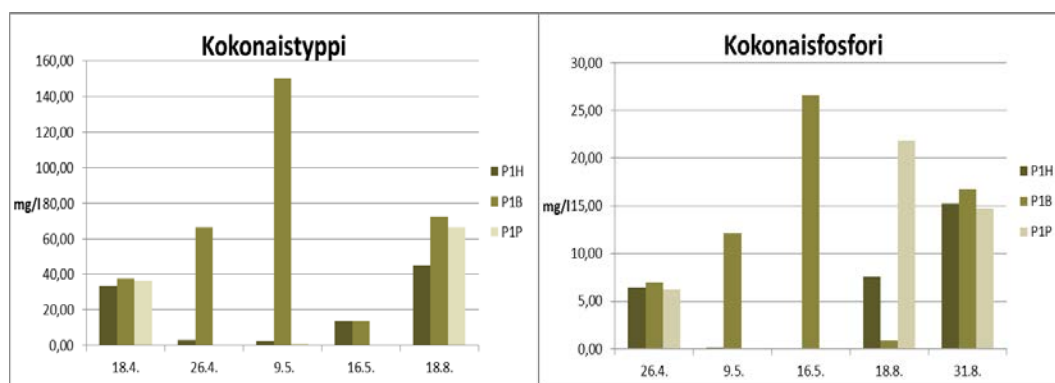
Korkea sähkönjohtavuus ja kiintoainepitoisuus neljällä ensimmäisellä näytteenotokerralla johtuu kompressorin rikkoutumisesta. Alhaisemman sähkönjohtavuuden selittää P1P ja P1H puhdas hanavesi ohisyötön aikana, P1B:ssä se on suurempi säiliöön kertyvän lian takia kuten myös 16.5. näytteenotossa voidaan havaita kuviossa 9a. Laitteen ollessa toiminnassa 18.8. ja 31.8. kiintoainepitoisuus on pienentynyt huomattavasti, mutta sähkönjohtavuus noussut huomattavan suureksi, mikä kertoo jätevedessä olevasta liasta.



KUVIO 9 a–b. P1 pesulan sähkönjohtavuus (a) ja kiintoainepitoisuus (b)

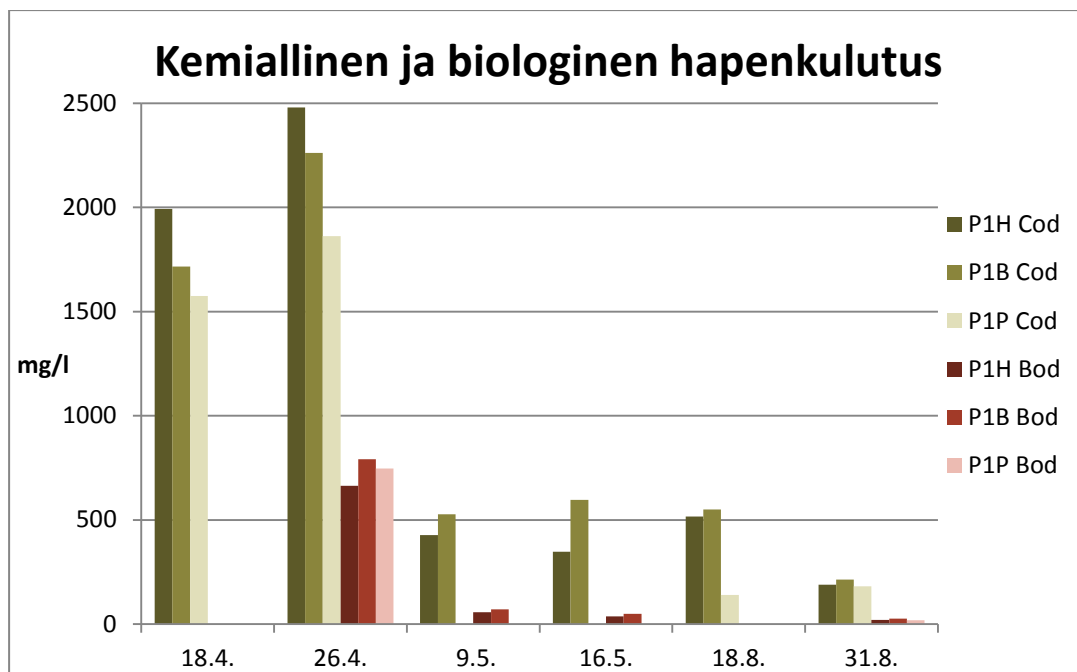
Autopesulan P1 bioreaktori on käynnistetty tammikuussa 2011 ja ensimmäinen näyte-erä otettiin 18.4. Vikatilanteiden takia, kokonaisfosfori ja -typpi menivät yli määritysrajan ja olivat epäluotettavia. Näytteenotokertoilla 9.5 ja 16.5. pesulassa oli edelleen ohisyöttö käynnissä kompressorivian takia eli puhdasta vettä käytet-

tiin kierrätetyn veden sijasta, mikä näkyy lähellä nollaan olevina ravinnepitoisuuksia, sillä niitä ei vesijohtovedessä juurikaan ole. Päivän 18.8 näytteenotokerralla toinen puhaltimista rikki, joten biopeti ei pyörinyt kunnolla, eli mikrobit eivät ole päässeet työskentelemään ja puhdistus ei toiminut niin kuin olisi pitänyt. Ulkopuolisen laboratorion näytteet kokonaisfosforin ja -typen osalta olivat melkein samat kuin itse määritetyt, joten tuloksia voidaan pitää luotettavana. Laboratorion tulokset on laskettu mukaan keskiarvona.



KUVIO 10 a–b. P1 Pesulan kokonaistyyppi (a) ja –fosfori (b)

Kuvion 11 kemiallinen ja biologinen hapenkulutus ovat koholla jo ensimmäisellä näytteenotokerralla ja erittäin suuret 26.4., johtuen edellä mainitusta vikatilanteista. Bioreaktorissa vesi oli ilmeisesti väkevöitynyt seisauksen aikana hapettomassa tilassa, minkä takia P1B tulokset ovat suuria. 9.5. ja 16.5. kierrätetty pesuvesi oli korvattu puhtaalla hanavedellä, jolloin biologista hapenkulutusta ei ollut lainkaan puhtaan veden (P) näytteessä. 18.8. kemiallinen hapenkulutus oli vielä koholla toisen puhaltimen ollessa rikki. Biologista hapenkulutusta ei saatu näytteenottopäivän 18.4. tilanteesta, sillä näytteet epäonnistuivat. Viimeisellä näytteenotokerralla 31.8. puhdistamon ollessa jo toiminnassa kemiallinen ja biologinen hapenkulutus olivat laskeneet normaalille tasolle. Ulkopuolisella laboratorion määrittety biologinen hapenkulutus oli 26.4. noin 100 mg/l vähemmän kuin itse laskemamme. Kemiallinen hapenkulutus ulkopuolisella laboratorion määrittetyt, eli kyvettitehdeillä tehdyt testit ovat luotettavia. Laboratorion tulokset on laskettu mukaan keskiarvona kuviossa 11.



KUVIO 11. P1 pesulan kemiallinen (COD) ja biologinen (BOD) hapenkulutus hiekanerotuksessa (H), bioreaktorissa (B) ja puhdistetussa vedessä (P)

4.3 Muut parametrit

Näytteenotokerralla 26.4.2011 otetuista näytteistä analysoitiin ulkopuolisella laboratoriolta metallit kadmium, kupari, lyijy, nikkeli ja sinkki (tulokset on esitetty taulukossa 5) ja di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti (tulokset esitetty taulukossa). Näytteet otettiin P1:ssa bioreaktorista ja puhdistetusta vedestä, P2 ja P3 vertailupesulasta viemäriin menevästä vedestä.

TAULUKKO 4. Ulkopuolisella teetettyjen metallinäytteiden tulokset ovat yksikössä mg/l. Selitykset lyhenteille; B= bioreaktori, P= puhdistettu vesi ja V= viemäri.

	Kadmium	Kupari	Lyijy	Nikkeli	Sinkki
P1B	<0,001	0,31	0,014	0,036	0,94
P1P	<0,001	0,22	0,009	0,033	0,45
P2V	<0,001	0,15	0,006	0,010	0,41
P3V	0,001	0,14	0,007	<0,01	0,52

TAULUKKO 5. Vaatimukset viemäriin johdettavan jäteveden laadulle Lahti Aqualla 2007 metallien osalta (Lahti Aqua 2007)

Metalli	Maksimipitoisuus (mg/l)
Kadmium	0,01
Kupari	2,0
Lyijy	0,5
Nikkeli	0,5
Sinkki	2,0

Yksikään määritetyn metallin raja-arvo ei ylittänyt jäteveden puhdistamon määrittämiä raja-arvoja. Koska tulokset eivät olleet korkeita, emme teettäneet toista näyte-erää. Huolimatta siitä, että P1:ssa oli vikatilanne 26.4. ja bioreaktorissa ja puhdasvesisäiliössä oleva vesi oli konsentroitunutta ja väkevöitynyt tulokset ovat matalat, normaalitilanteessa ne voivat olla siis vielä alhaisemmat. Di(2-etyyliheksyyli)ftalaatilla ei ole raja-arvoa tulevalle jätevedelle (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti (DEHP) määritetyt arvot. Lyhenteiden selitykset ovat B= bioreaktori, P= puhdistettu vesi ja V= viemäri

Pesula	µg/l
P1B	5
PIP	7
P2V	2
P3V	<1

Näytteenottoajankohtana 26.4. analysoitiin P1B, P1P, P2V ja P3V kohteista myös hiilivedyt, mutta niitä ei otettu tarkasteluun mukaan, sillä ne otettiin vain kerran, jolloin P1 pesulassa oli vikatilanne.

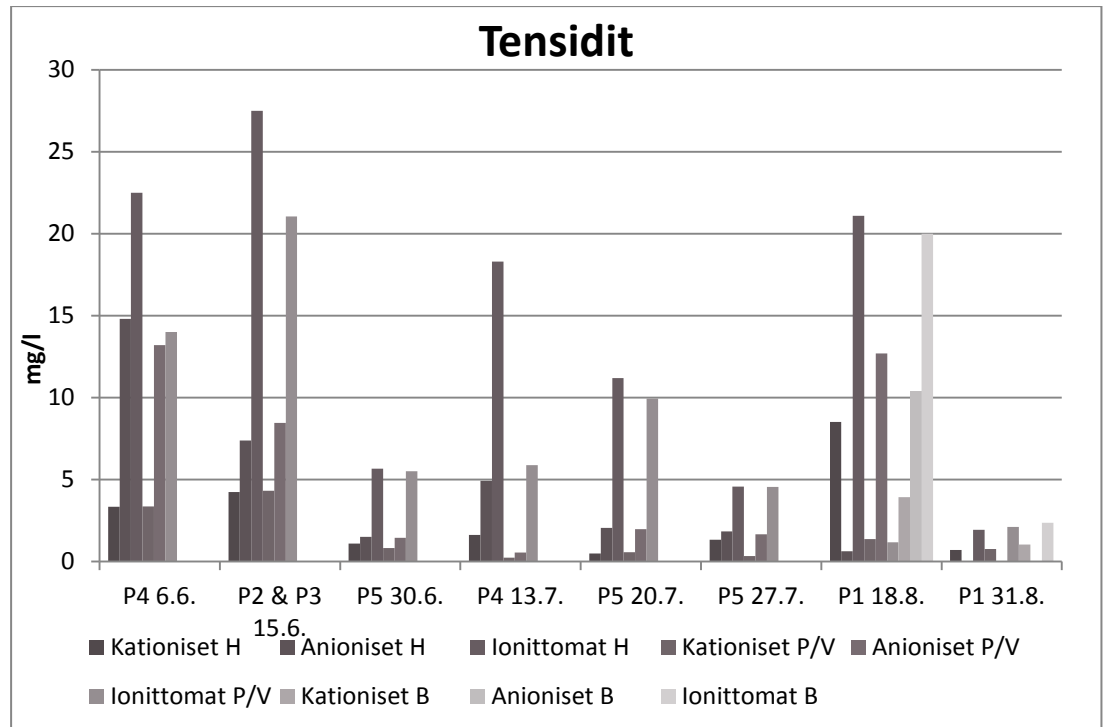
5 TENSIDIT

Tensidejä on analysoitu 6.6.2011 lähtien. Näytteenotto- ja analyysisuunnitelmassa keväällä 2011 ei ollut vielä löydetty luotettavaa testiä pinta-aktiivisille aineille. (Hakala, 2011) Kesäkuussa otettiin käyttöön Hack Langen kyvettitestit kationisille, anionisille ja ionittomille tensideille. Amfoteersille tensideille ei ollut kyvettitestiä. Autopesuloissa käytettävät pesuaineet ovat ympäristömerkittyjä eli pesuaineissa käytetyt pinta-aktiiviset aineet ovat biohajoavia. EU:n parlamentin ja neuvoston päätöksessä biohajoavuuden läpäisyperuste on 70 % väheneminen 28 päivässä. (EU:n asetus N:o 648/2004)

Vertailupesuloista määritettiin kationiset, anioniset ja ionittomat tensidit vain kerran 6.6. (kuvio 12) sillä voitiin olettaa, että niissä tensidien määrä hiekanerottimessa ja viemärissä olisi suunnilleen sama jokaisella kerralla, riippuen ainoastaan pestyjen autojen määrästä. Pestyjen auton määrää näytteenottoajankohtana ei saatu selville. Ionittomat tensidit, joita jokaisessa näytteessä oli eniten, hajosivat hieman muiden tensidien määrän pysyessä samana. Vertailupesuloissa P2 ja P3 on laskettu tulokset yhteen keskiarvona.

Bioreaktorillisissa tensideiden hajoaminen oli vaihtelevampaa, mutta selvästi pienempiä pitoisuuksia kuin vertailupesuloissa. Vikatilanteet P4 6.6 (flotaatiolaiterikki) ja P1 31.8. (toinen hiekkapuhallin rikki) näkyivät myös tensidien suurempana määränä. Laitteiden toimiessa kuitenkin tensidien hajoaminen tapahtui selvästi. Molempien pesuloiden bioreaktorit oli asennettu rinnan. Pesulassa P5 tensidien määrä ei vähentynyt ja pesulan bioreaktorit oli asennettu sarjaan. Rinnan kytkentä nopeuttaa siis tensidien hajoamista.

Kaikissa näyteissä oli eniten ionittomia tensidejä, mikä johtunee pesuaineissa olevasta suuresta ionittomien tensidien osuudesta (taulukko 1). Toiseksi eniten kaikissa pesuloissa oli anionisia tensidejä ja vähiten kationisia tensidejä.



KUVIO 12. Määritetyt kationiset, anioniset ja ionittomat tensidit kaikista auto-pesuloista (P1-5). Selitykset lyhenteille H (hiekanerotin), P (puhdistettu vesi), V (viemäri) ja B (bioreaktori)

6 VEDENKULUTUKSEN JA KUORMITUKSEN VERTAILU

Autopesuloiden jätevesien puhdistuksella pyritään suljettuun kiertoon ja puhtaan veden säästöön. Molemmissa vertailupesuloissa P2 ja P3 käytettiin laitevalmistajan mukainen määrä 200 litraa vettä autonpesua kohden (Ora 2011; Järnström,2011). Pesuloissa P1, P4 ja P5 käytetään viimeisessä huuhtelussa 10 % kokonaispesuvedestä lopuksi auton huuhteluun puhtaalla vesijohtovedellä. Lisätty 10 % uuden puhtaan veden lisäys tasaantuu prosessin aikana, kun prosessista häviää noin 10 % vettä haihtumisen tai veden roiskumisen seurauksena. Taulukkoon 8 on koottu pesuloiden puhtaan veden kulutus autoa kohden sekä laskettu esimerkkinä kulutus 10 000 euroa kohden.

TAULUKKO 8. Viidessä pesulassa (P1–5) autoa kohden käytetyt uuden veden ja kierrätetyn veden määrät. * keskiarvo pesuloiden kävijämääristä.

Pesula	Kierrätettyä vettä autoa kohden (l)	Vesijohtovettä autoa kohden (l)	Vesijohtoveden kulutus 10 000 autoa kohden (m ³)	Autonpesuja vuodessa (auto)	Vesijohtoveden kulutus per autopesula (m ³)
P2 P3	0	200	2 000	6000*	1 200
P1	315	35	350	13 000	455
P4	540	60	600	30 000	1 800
P5	360	40	400	16 500	660

Autopesuloista määrällisesti eniten vettä käytti pesula P4, mutta autonpesujen määrä oli viisinkertainen verrattuna vertailupesuloihin. Laskettuna 10 000 autoa kohden veden kierrättämisellä pesuloissa P1, P4 ja P5 tarvitaan 18 % –30 % siitä puhtaan veden määrästä, jota tarvitaan vertailupesuloissa (P2 ja P3). Puhdasta vettä käytetään loppuhuuhdelussa. Kun käytetään kierrätettyä vettä, täytyy kuitenkin varmistua riittävästä pesutuloksesta, sillä biologisesti puhdistettu kierrätetty pesuvesi ei ole samantasoista kuin vesijohtovesi. Kiinnostava kysymys on, minkä tasoinen vesi riittää auton pesuun – sen tuskin tarvitsee täyttää juomaveden laatuvaatimuksia.

Taulukossa 9. on laskettu vertailupesuloiden kuormitus jätevedenpuhdistamoille perustuen saatuihin analyysituloksiin. Vertailupesuloiden tulokset eri parametreille on laskettu yhteen keskiarvona ja niille on laskettu keskihajonta. Kiintoaineksen määrä oli jostain syystä tavallista suurempi (kuvio 1 d). Näytteenotossa havaittiin likainen hiekanerotin, joten suuri kiintoaines on todennäköisesti hiekanerottimeen kertynyttä likaa. Tuloksissa jätettiin tämä pois tämä luku. COD ja BOD (kuvio 3) olivat pesulassa P3 18.4. huomattavasti suurempia, mikä vaikuttaa keskihajontaan. Syynä on todennäköisesti erimerkkinen pesuaine, sillä Pinline-pesuaineisiin oli vasta siirtymässä. Pesuloista P1, P4 ja P5 ei teoriassa pitäisi päästä yhtään kuormitusta jätevedenpuhdistamoille, mutta käytännössä vikatilanteiden takia käytetty ohijuokutus ja vedenvaihto kuormittavat jätevedenpuhdistamoita.

TAULUKKO 9. Vertailupesuloiden kuormitus jätevedenpuhdistamoille

Parametri	Keskiarvo- ja hajonta (mg/l)	Kuormitus per auto (g/l)	Kuormitus 10 000 autoa kohden (kg)
P	0,20 (± 2,6)	0,04	4
N	6 (± 0,1)	1,2	12
Kiintoaines	64 (± 40)	12, 8	12,8
COD	500 (± 140)	127, 6	1276
BOD	99 (± 58)	19, 8	198

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää autopesuloiden jäteveden puhdistumista biologisella jätteenkäsittelyprosessilla ja verrata sitä tilanteeseen, jossa jätevedet ohjataan kunnalliselle jätevedenpuhdistamolle. Näytteitä otettiin yhteensä viidestä eri pesulasta kaksitoista kertaa huhtikuun ja elokuun aikana vuonna 2011. Kolmessa autopesulassa (P1, P4 ja P5) oli käytössä biologinen puhdistamo ja veden kierrätys uudestaan pesuprosessiin. Osassa reaktorit oli kytketty rinnan (P5) ja osa sarjaan (P4 ja P1). Vertailuna toimi kaksi autopesulaa (P2 ja P3), jotka käyttivät autonpesuun puhdasta vettä. Yhteisenä tekijänä autopesuloille oli samanmerkkiset Pinline-pesuaineet. Tutkittuja parametreja olivat pH, lämpötila ja sähkönjohtavuus sekä kiintoaineksen, kemiallinen ja biologinen hapenkulutus, kationiset, anioniset ja ionittomat tensidit. Ulkopuolisessa laboratoriossa määritettiin vertailunäytteet kiintoaineksesta ja biologisesta ja kemiallisesta hapenkulutuksesta sekä analysoitiin yhdestä näyte-erästä metalleja, hiilivedyt ja ftalaatteja.

Suljettu kierto eli autopesusta tulevan jäteveden puhdistaminen ja kierrättäminen takaisin prosessiin säästää puhdasta vettä. Pesuun tarvitaan vain 20 % vedestä verrattuna tilanteeseen, jossa jätevedet lasketaan suoraan viemäriin. Puhdistamollisissa pesuloissa typen, fosforin, kiintoaineksen, COD:n ja BOD:n pitoisuudet pienenevät vikatilanteiden korjauksen jälkeen. Sen sijaan samana päivänä hiekanerottimesta ja puhdistetusta vedestä otetuista näytteissä ei ollut juurikaan reductiota. Tensidit puhdistuivat hyvin, kuitenkin paremmin silloin kun reaktorit on kytketty sarjaan, kun taas muut parametrit indikoivat parempaa puhdistumista, kun reaktorit on kytketty rinnan. Tutkimus oli haasteellinen, sillä se tehtiin juuri käynnistettyihin puhdistamoihin, joissa ilmeni paljon teknisiä ongelmia pilottivaiheen takia. Ainoastaan pesula P5 toimi moitteettomasti, ravinnekokeilut poissulkien. Vikatilanteiden vuoksi puhdistustulokset kertovatkin enemmän vikatilanteista kuin stabiilista prosessista. Kaikki tulokset olivat hyödyllisiä yritykselle ja auttoivat sitä kehittämään puhdistusprosessia ja sen seuranta ja valvontaa eteenpäin.

Tarvittaisiin lisää tutkimuksia pidemmällä aikavälillä, johon sisältyisi myös näytteenottoa keväisin ja talvisin, jolloin esimerkiksi lämpötilan ja tiesuolauksen kal-

taisia vaikutuksia voitaisiin tutkia. Ravinteiden syöttö tulisi olla myös tasapainossa, sillä ravinteiden typpi ja fosfori kohdalla pitäisi päästä puhdistustulokseen nolla. Myös tarkat vedenkulutukset auton pesua kohden olisi tärkeää saada, sillä vain siten voidaan laskea luotettavasti kuormitus ja säästetyn veden määrä. Tutkimusta jatketaan seuraavassa opinnäytetyöprojektissä.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet

BAT – car washing facilities. 2007. TemaNord 2007:587. Kööpenhamina: Pohjoismaiden ministerineuvosto.

Connell, D. W. 2005. Basic Concepts of Environmental Chemistry. 2. painos. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 648/2004.

Hakala, J. 2011. Autopesuloiden jätevedet: näytteenotto- ja analyysisuunnitelma VESITURVA-hanketta varten. Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos. Ympäristöbiotekniikan opinnäytetyö.

Karttunen, E. & Tuhkanen, T. 2003. 124-1 Vesihuolto 1. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörienliitto RIL ry.

Karttunen, E., Tuhkanen, T. & Kiuru, H. 2004. 124-1 Vesihuolto 2. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörienliitto RIL ry.

SFS-EN 872. 1996. Veden laatu. Kiintoaineen määrittäminen. Suodatus lasikuitusuodattimella. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Vilpas, R., Kujala-Räty, K., Laaksonen, T. & Santala, E. 2005. Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo. Osa 1: Asumisvesien käsittely. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Sähköiset lähteet

Dahl, O. 2011. Teollisuuden jäteveden käsittely ja suljetut kierrot. PowerPoint-esitys.

Hämeen ELY. 2011. Kemiallinen hapenkulutus [viitattu 4.7.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=23236&lan=fi>

Lahden ammattikorkeakoulu. 2011. Vesiturva - biologisen jätevedenpuhdistuksen tehon parantaminen [viitattu 26.10.2011]. Saatavissa: <http://www.lamk.fi/tekniikka/tutkimus/hankkeet/vesiturva.html>

Mononen, T. 2010. Paketti B. Autopesuloiden jätevedet. VESITURVA. Esite.

Pohjois-Pohjanmaan ELY. 2011. Sähkönjohtokyky [viitattu 14.5.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12883&lan=fi>

Pohjois-Pohjanmaan ELY. 2011. Biologinen hapenkulutus (BOD) [viitattu 4.7.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12884&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus. 2011. Jäteveden puhdistus [viitattu 12.7.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166903>

Teknokemian yhdistys ry. 2011. Pyykinpesun tietopaketti [viitattu 5.7.2011]. Saatavissa: http://www.teknokem.fi/pyykinpesun_tietopaketti

Suulliset lähteet

Järnström, J. 2011. Nipan Best Service Oy. Suullinen tiedonanto 16.11.2011.

Ora, J. 2011. A-Tomaatti Oy. Suullinen tiedonanto 16.11.2011

2011. Yhteyshenkilö 1. Suullinen tiedonanto heinä-lokakuu 2011.

2011. Yhteyshenkilö 2. Suullinen tiedonanto kesä-lokakuu 2011.

2011. Yhteyshenkilö 3. Suullinen tiedonanto kesä-lokakuu 2011.

LIITE 1/1

Kyvettitestien ohjeet

Kemiallinen hapenkulutus

http://www.hachlange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14787121/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/mdtQtyor5FN3cm45AZmU5a1ulho/M/dad4QA/AD_514_M_Druckf_burgund.pdf

Kokonaistyyppi

LCK 238

http://www.hachlange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/11294/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/KsqbIvspMSUe6N7uQRL-dBo-FMw/M/6US3fQ/AD_238_I_Druckf_burgund.pdf

LCK 138

http://www.hachlange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14782652/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/4EgLfC6K0T3UcNh83nhNJ204MQ/M/qy-z3Q/AD_138_I_Druckf_blau.pdf

Kokonaisfosfori

LCK 348

http://www.hachlange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14782686/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/4EgLfC6K0T3UcNh83nhNJ204MQ/M/pbRq4Q/AD_348_M_Druckf_blau.pdf

LCK 349

http://www.hachlange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14792589/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/4EgLfC6K0T3UcNh83nhNJ204MQ/M/UXyaoA/AD_349_P_Druckf_blau.pdf

LIITE 1/2

Ionittomat tensidit LCK 333

http://www.hachlange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14782676/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/y0qKx1-ILGPxzzM1m7dg-dMjGMk/M/hn7v0g/AD_333_F_Druckf_burgund.pdf

Anioniset tensidit LCK 332

http://www.hachlange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/14782675/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/y0qKx1-ILGPxzzM1m7dg-dMjGMk/M/raagKg/AD_332_I_Druckf_blau.pdf

Kationiset tensidit LCK 331

http://www.hachlange.co.uk/shop/action_q/download%3Bdocument/DOK_ID/4880/type/pdf/lkz/GB/spkz/en/TOKEN/y0qKx1-ILGPxzzM1m7dg-dMjGMk/M/YM68jw/PA158_331_02_9.pdf

LIITE 2

OXITOP KÄYTTÖOHJE

BOD-MITTAUS (routine BOD ja standard BOD)

Näytteen valmistelu

– Näytemäärä kannattaa valita niin, että ”vahvoja” näytteitä (paljon orgaanista hajoavaa ainetta) laitetaan vähän ja ”laimeita” (vähän orgaanista hajoavaa ainetta) näytteitä paljon. Valitse sopiva näytemäärä TAULUKOSTA 1.

TAULUKKO 1. Näytemäärät ja BOD-alue (eli esim. - 40mg/l, mittaa BOD - arvoja vain 40 mg/l saakka)

BOD-alue (mg/l)	näytetilavuus (ml)
– 40	432
– 400	164
– 80	365
– 200	250
– 800	97
– 2000	43,5
– 4000	22,7

- Laita magneettisekoittaja pulloon.
- Tarvittaessa voit laittaa pulloon myös ATU(allyylitiourea)-tippoja, jotka estävät nitrifikaation. Tippoja laitetaan **20** näytelitraa kohden.
- Aseta musta kumisäiliö pullon suuaukkoon, ja laita **3 kpl NaOH -pellettejä** säiliöön.
- Varmista että pullon suuaukko, kumisäiliön suuaukko ja mittapää ovat puhtaita
- Ruuvaa mittapää tiukasti paikoilleen (älä rasvaa pullon suuta, mittapää voi vahingoittua!)
- Käynnistä kontrollisäädin painamalla **ON/OFF** painiketta