

Ismo Karvonen

Biosuodatinlaitteisto 2

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kemiantekniikka

Insinöörityö

22.5.2013

Tekijä(t) Otsikko	Ismo Karvonen Biosuodatinlaitteisto 2
Sivumäärä Aika	xx sivua + x liitettä 22.5.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Prosessien suunnittelu ja käyttö
Ohjaaja(t)	Laboratorioinsinööri Marja-Leena Åkerman Lehtori Kaj Lindedahl
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa biosuodatinlaitteisto Vantaan Myyrmäen Metropolia Ammattikorkeakouluun. Biosuodatinlaitteisto suunniteltiin sopivan kokoiseksi, siihen saatiin kantoaineet Cleweriltä ja ostettiin tarvikkeet Fluorotechiltä.</p> <p>Tässä työssä käytettyä laitteistoa voidaan hyödyntää laboratoriotöissä. Laitteisto saatiin toimimaan hyvin.</p> <p>Työssä valmistettiin synteettinen jätevesi biosuodatinlaitteistoon, josta määritettiin liuenutta happea, kemiallista hapenkulutusta, kokonaistyppeä, kokonaisfosforia, pH:ta ja johdotkyä. Lisäksi laskettiin viipymäaika.</p> <p>Tuloksista havaittiin, että mittaustuloksissa ei ole kovinkaan paljoa vaihtelua. Jatkokehitystä ajatellen laitteistossa voisi käyttää erilaisia jätevesiä.</p>	
Avainsanat	Biosuodatus, synteettinen jätevesi, viipymäaika

Author(s) Title	Ismo Karvonen Biofiltration apparatus 2
Number of Pages Date	xx pages + x appendices 22 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	Process design and operation
Instructor(s)	Marja-Leena Åkerman, Laboratoryengineer Kaj Lindedahl, Lecturer
<p>The aim of this thesis was to design and build biofiltration apparatus to school of Metropolia University of Applied Sciences in Myyrmäki Vantaa. Biofiltration apparatus was designed to suitable size and the parts were purchased from Fluorotech, and filling material got from Clewer.</p> <p>In this work the equipment will be used for laboratory work. The process was working well.</p> <p>The work was done with synthetic wastewater used in biofiltration apparatus. In the study dissolved oxygen, chemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorus and pH and conductivity were determined. In addition, the retention time was calculated.</p> <p>The results showed that there is not very much variation in the measurements. For the further development of the apparatus there could be run variety of wastewater.</p>	
Keywords	Biofiltration, synthetic wastewater, retention time

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	6
2	Aerobinen jäteveden käsittely	6
2.1	Bioliete	7
2.2	Typen poisto	8
2.3	Fosforin poisto	10
2.4	Ilmastus	10
2.5	Reaktiot	12
2.6	Mikrobit	12
2.7	Viipymäaika	12
3	Kolonnin kantoaineet	13
4	Koesuunnitelma	14
4.1	Koejärjestelyt	14
4.2	Mittaukset ja analyysit	14
4.2.1	Liunneen hapenmittaus	15
4.2.2	Kemiallinen hapenkulutus (COD)	15
4.2.3	Kokonaistyyppi	16
4.2.4	Kokonaisfosfori	17
4.2.5	pH	17
4.2.6	Johtokyky	18
5	Mittaukset ja menetelmät	19
5.1	Synteettinen jätevesi	19
6	Tulokset	20
6.1	Tulosten tarkastelu	21
7	Yhteenveto	21
8	Jatkosuositukset	22
	Lähteet	23

Liitteet

Liite 1. PI-kaavio

Liite 2. Koesuunnitelma

Liite 3. Biosuodatinlaitteisto

1 Johdanto

Jäteveden puhdistusmenetelmiä ovat mekaaniset, kemialliset ja biologiset puhdistusmenetelmät. Tässä työssä paneudumme biologisiin puhdistusmenetelmiin. Biologisilla menetelmillä voidaan jätevesistä poistaa happea kuluttavia orgaanisia aineita sekä mikrobien ravinnoksi tarvitsemia fosfori- sekä typpiyhdisteitä. Monet ympäristölle haitalliset aineet muuttuvat vaarattomiksi ja haitalliset mikrobit poistuvat, syntyy lietettä. Syntynyt ylijäämäliete poistuu veden mukana. Biologisia puhdistusmenetelmiä kannattaa käyttää kun jätevedet sisältävät mikro-organismeille sopivia ravinteita. Mikroorganismit voivat käyttää hyväkseen vain pieniä molekyyliä. Ravinnesuoloja jää kuitenkin jäljelle vielä paljon, niinpä haitta-arvo on vielä suuri biologisesti käsitellylle jätevedelle. Tämän jälkeen jätevesi voidaan kuitenkin johtaa kunnallisiin puhdistamoihin. [3, s. 18, 24; 2, s. 68; 5, s. 35, 44]

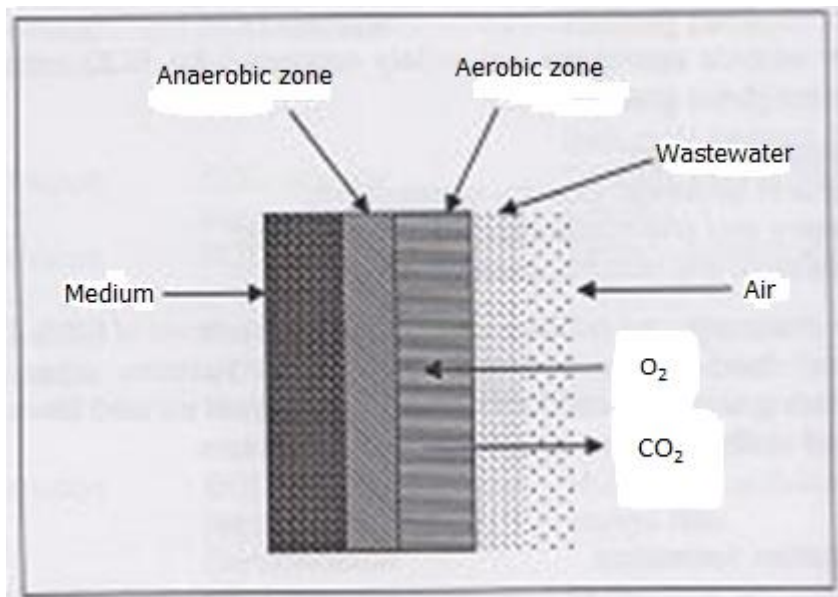
Työssä rakennettiin ja suunniteltiin biosuodatinlaitteisto, jolla voidaan puhdistaa jätevesiä. Puhdistettavaksi jätevedeksi valmistettiin synteettinen jätevesi. Biosuodatinlaitteisto sisältää aerobisen kolonnin, jossa jätevesien puhdistus tapahtuu. Kolonni täytettiin kantoaineella. Puhdistettava jätevesi pumpataan säiliöstä kolonniin. Tarvittavat osat käytiin hakemassa Fluorotechiltä Vantaalta.

2 Aerobinen jäteveden käsittely

Biologisiin jäteveden puhdistus menetelmiin kuuluvat sekä aerobiset että anaerobiset jäteveden puhdistus menetelmät. Tässä käsittelemme aerobisia jäteveden puhdistus menetelmiä. Aerobisiin jäteveden puhdistusmenetelmiin kuuluvat suspensioprosessi esim. aktiivilieteprosessi, jossa mikrobit voivat leijua vapaasti vedessä ja kiinteäalustainen prosessi esim. biologiset suodattimet ja bioroottorit, jossa mikrobit ovat muodostaneet biofilmin kiinnittymällä kiinteisiin kantaja-aineisiin. Aerobisia puhdistus menetelmiä käytetään orgaanisen aineksen poistoon ja nitrifikaatioon (typen poistoon). [1, s. 313; 2, s. 68–69; 5 s. 39]

Tämän työn aihe on biosuodatus, joten käsittelemme sitä enemmän. Työhön saatiin sopivaa kantaja-ainetta, Turkulaiselta jäteveden puhdistajalta Cleweriltä, jonka pinnalle

mikrobit saavat muodostettua biofilmin. Puhdistettava jätevesi valutetaan kolonnissa kantaja-ainetta pitkin ja tarvittava ilma puhalletaan alhaalta ylöspäin jäteveden virtauksen suuntaan. Kantaja-aineen kiinteälle pinnalle muodostuu kaksi pääkerrosta, joista uloimpana on aerobinen kerros ja sisempänä anaerobinen kerros. Näiden kerrosten paksuus vaihtelee mm. alustan, lämpötilan sekä reaktorityypin että hydraulisen kuorman mukaan, pienellä virtauksella paksumpi kerros ja suurella virtauksella ohuempi kerros. Nämä kaksi kantaja-aineen kerrosta muodostavat biofilmin aktiivisen osan. [3, s. 23; 5, s. 43]



Kuva 1. Biofilmin rakenne [4, s. 126]

2.1 Bioliete

Biolietettä syntyy aerobisessa jäteveden puhdistuksessa kun biofilmistä irtoaa ylimääräinen liete. Puhdistettavia jätevesiä puolestaan syntyy muun muassa kotitalouksien arki käytössä, teollisuudessa, pilaantuneilla maa-alueilla, nestemäisinä jätteinä sekä muina poikkeavina jätevesinä. Biolietteen ravinteena voidaan käyttää saniteettivesien lisäksi ortofosfori- ja fosforihappoa sekä ureafosfaattia että ureaa. Lämpötilan nousu kasvattaa biolietteen hapen kulutusta kaksinkertaisesti lämpötilan noustessa 10 °C. Biosuodattimen lietekonsentraatio pidetään niin korkeana että puhdistus teho saadaan

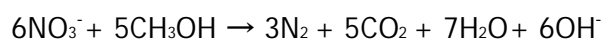
pidettyä vakiona lämpötiloissa 5-30 °C, alhaisemmissa lämpötiloissa voidaan saada yhtä hyvä tulos lisäämällä lietepitoisuutta eli pienentämällä lietekuormitusta. Termostaatin lämpötilaksi asetettiin 37,3 °C. Optimiravannesuhde on BOD : N : P = 100 : 5 : 1. Jäteveden virtausnopeus pumpun läpi on 8,50 rpm ja veden tilavuusvirta 0,00444 m³/h, joka saatiin laskemalla vettä 100 ml:n mittalasiin minuutin ajan. Pumpuna käytettiin Watson Marlow 505U:ta. Työssä käytettiin orgaanisen kuorman arviointiin kemiallista hapenkulutusta COD:a, joka kuvaa tarvittavaa happimäärää synteettisen jäteveden sisältämän orgaanisen aineksen hajottamiseen. Synteettisestä jätevedestä voidaan määrittää BOD/COD suhde saatujen BOD ja COD arvojen perusteella. Tässä tapauksessa suhdetta ei määritetty sillä kyseisiä arvoja ei mitattu. [6, s. 15; 1, s. 315; 7; 5, s. 48; 15]

2.2 Typen poisto

Typen poisto biosuodatuksessa tapahtuu kahdessa vaiheessa nitrifikaation ja denitrifikaation kautta. Nitrifikaatio tapahtuu aerobisissa olosuhteissa ja denitrifikaatio anaerobisissa olosuhteissa. Nitrifikaatiossa ammoniumionit hapettuvat nitriitin kautta nitraatiksi. Tapahtuu seuraavanlainen reaktio:

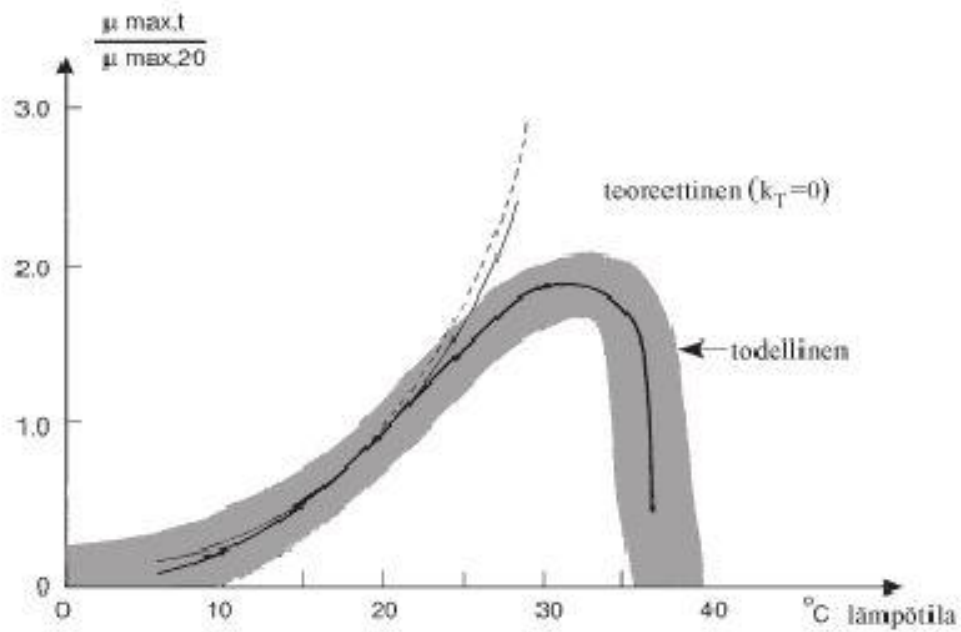


Reaktion aikaansaavat nitrifikaatiobakteerit. Optimilämpötila nitrifikaatiobakteerien kasvuun on 30-35 °C, jolloin kasvunopeus on suuri, kuten kuvasta 2 käy selväksi. Optimi pH nitrifikaatiolle on 7,2–8,5. Nitrifikaatiobakteerit tarvitsevat nitrifikaatioon happea vähintään 1 mg/l. Toisessa vaiheessa tapahtuu denitrifikaatio, jossa denitrifikaatiobakteerit pelkistävät nitraatin typpikaasuksi:

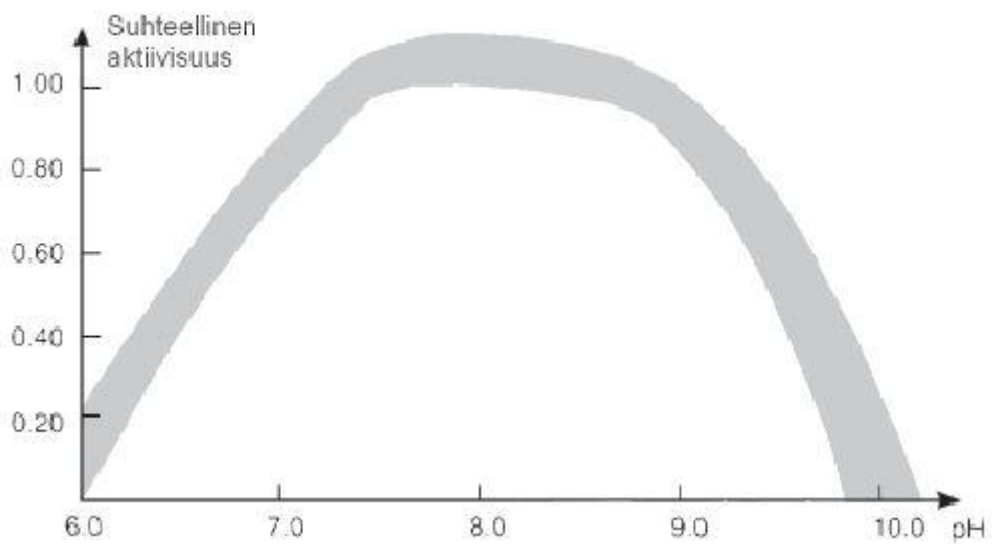


Denitrifikaatiobakteerit voivat käyttää myös happea denitrifikaatioon mutta silloin ne eivät pelkistä nitraattia. Kun happea on liuenneena 0,2 mg/l merkittävää denitrifikaatiota ei tapahdu. Tarvittava orgaaninen hiili saadaan reaktioon jäteveden sisältämistä yhdisteistä ja lietteen omasta ravintosisällöstä. Denitrifikaatio ei ole riippuvainen lämpötilasta niin paljoa kuin nitrifikaatio, sillä denitrifikaatioon kykenee monet lämpötilavaati-

muksiltaan erilaiset bakteerit. Optimi pH denitrifikaatiolle on 6,5–7,5. Yhdistämällä nämä kaksi prosessia saadaan 60–90 prosentin typenpoisto. [8, s. 11-12; 9; 13, s. 14; 20]



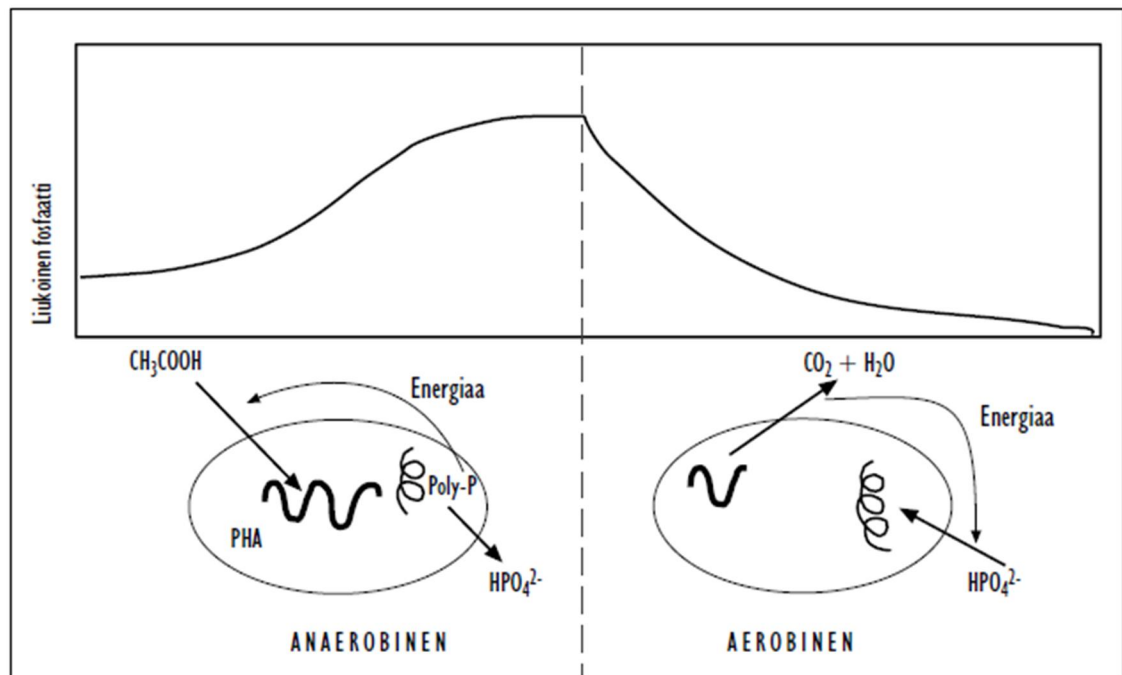
Kuva 2. Nitrifikaationopeus lämpötilan funktiona [12, s. 45]



Kuva 3. Denitrifikaatio pH:n funktiona [12, s. 55]

2.3 Fosforin poisto

Biologinen fosforin poisto voidaan toteuttaa biologisen typen poiston yhteydessä. Prosessi vaatii sekä aerobiset että anaerobiset olosuhteet. Aerobisissa olosuhteissa fosforia sitoutuu lietteeseen, ja anaerobisissa olosuhteissa fosforia vapautuu lietteestä. Fosforin poiston saavat aikaan polyP-bakteerit, jotka tarvitsevat hyvin aerobiset olosuhteet kasvuunsa. PolyP-bakteerit keräävät orgaanista ainesta anaerobisissa olosuhteissa solujen sisäänsä polyhydroksialkanoaatteina (PHA). PHA on polyP-bakteerien hyödynnettävissä olosuhteiden muuttuessa aerobisiksi. Orgaanisen aineen varastoinnissa aerobisissa olosuhteissa energian lähteenä toimii solun sisäinen polyfosfaatti. Energiaa saadaan syntymään pilkkomalla polyfosfaatti ortofosfaatiksi anaerobisissa olosuhteissa. [13, s. 30; 8 s. 9]

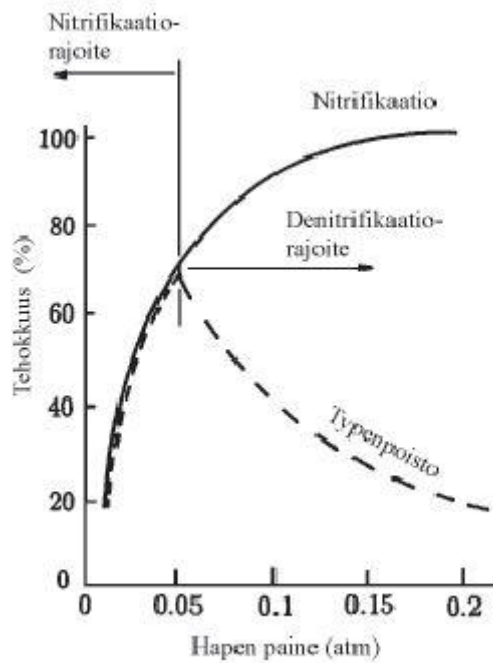


Kuva 4. Fosforin poiston mekanismit. Fosfaattipitoisuuden muutos ajan funktiona anaerobisesta aerobiseen. [8, s. 10]

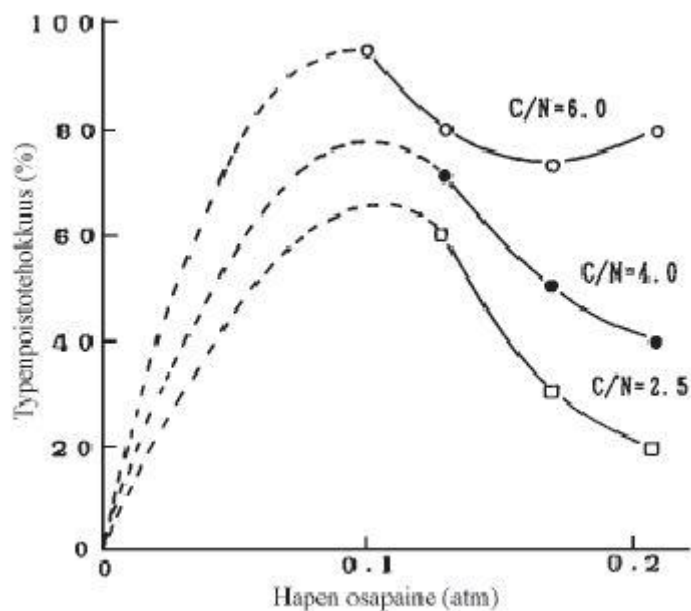
2.4 Ilmastus

Biosuodatus vaatii toimiakseen myös veteen liuennutta happea. Ilmastuksessa puhalletaan pumpulla ilmaa kolonin pohjalta mikrobin käyttöön. Tämä tapahtuu siis aerobi-

sessä kolonnissa. Anaerobisessa kolonnissa mikrobit puolestaan käyttävät nitraattia hapen sijasta. Koetta tehdessä ilmastusta ei ollut. [11]



Kuva 5. Hapen osapaineen vaikutus nitrifikaatioon ja typenpoistoon [12, s. 58]



Kuva 6. Typenpoistotehon riippuvuus hapen osapaineesta ja hiili-typpi -suhteesta [12, s. 58]

2.5 Reaktiot

Kun bakteerit lisääntyvät kiinteään ja nestemäisen rajapinnalla, tapahtuu aineenvaihduntaa ja limakerros lisääntyy vähitellen. Kun biologinen kerros paksuuntuu, bakteerit sisäkerroksilla eivät löydä ravintoa enää niin hyvin, sillä orgaaninen aines ja happi kuluvat lähellä pintaa. Vähitellen nämä sisäsolut kuolevat ja hajoavat hajottaen yhteyden biofilmin ja kantoaineen välillä. Kun soluja on riittävästi hajonnut, biofilmi irtaantuu ja kantautuu pois kantoaineesta jätevirtauksen mukana. Kokeessa muodostui jätevesiliuokseen sameutta, eikä varsinaista biofilmiä ehtinyt muodostumaan, sillä säiliö alkoi tulvia, ennen kuin biofilmi olisi ehtinyt muodostua. [4, s. 126]

2.6 Mikrobit

Puhdistettavissa jätevesissä esiintyy monenlaisia mikrobeja kuten bakteereja, alkueläimiä, rataseläimiä, sieniä, viruksia ja leviä. Jäteveden puhdistuksessa bakteerit ovat tärkeimmässä asemassa. Tärkein tekijä bakteereilla jäteveden puhdistuksessa on typen kiertoon osallistuvilla bakteereilla, nämät ovat anerobisia bakteereja. Nitrifikaatiossa bakteereina toimivat mm. *Nitrospira*, *Nitrococcus*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio* ja *Nitrobacter*. Denitrifikaatiossa bakteereina puolestaan toimivat mm. *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Spirillum*, *Hyphomicrobium*, *Agrobacterium*, *Acinetobacter*, *Propionobacterium*, *Rhizobium*, *Corynebacterium*, *Cytophaga*, *Thiobacillus* ja *Alcaligenes*. Fosforin poistossa bakteereina ovat *Acinetobacter*, *Nocardia*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas* ja *Rhodococcus*. Bakteerit kasvavat parhaiten pH-alueeltaan neutraalissa (6,6–7,5) ympäristössä. [10, s. 16-18; 14, s. 3]

2.7 Viipymäaika

Viipymäaika mitattiin vähentämällä kolonnin tilavuus kantoaineiden tilavuudella ja jakamalla tilavuusvirralla. Viipymäaikaa mitattaessa määritettiin täytekappaleiden tilavuus kolonnissa. Kantoaineiden tilavuutta määritettäessä otettiin 500 ml:n dekantterilasi, johon lisättiin vettä 300 ml:aan ja lisättiin kantoainetta 50,6 g, jolloin veden pinta nousi 330 ml:aan. Kolonnin kantoaineet nousivat suhteessa 909,1 ml:sta 1000 ml:aan. Kantoaineiden tilavuudeksi saatiin $1000 \text{ ml} - 909,1 \text{ ml} = 90,9 \text{ ml} = 90900 \text{ mm}^3$.

Viipymäaika = kolonnin tilavuus (V) $\pi \times r^2 \times d$ - kantoaineiden tilavuus / tilavuusvirta Q

Kolonnin tilavuus = $\pi \times (105,6 \text{ mm})^2 \times 1500 \text{ mm} = 52549545,98 \text{ mm}^3$

Kantoaineiden tilavuus = 90900 mm^3

Tilavuusvirta = $0,00444 \text{ m}^3/\text{h} = 1\,000\,000\,000 \text{ mm}^3 / \text{h}$

Viipymäaika = $52549545,98 \text{ mm}^3 - 90900 \text{ mm}^3 / 1\,000\,000\,000 \text{ mm}^3 / \text{h} = 0,0526 \text{ h}$
 = 3,15 min

3 Kolonnin kantoaineet

Bioliete on sitoutuneena kolonnissa olevaan kantoaineeseen biofilminä. Kantoaineena voidaan käyttää hiekkaa, soraa, muovikappaleita, polystyreenipalloja, kiekkoja yms.

Tässä työssä käytettiin kantoaineena Aqwise ABC-5 -kantoainetta. Sekä aerobisessa että anaerobisessa kolonnissa on kantoainetta noin metrin verran. Kolonnien täyttöaste on n. 67 %.

Ominaisuudet:

Pituus 12 mm

Leveys 12 mm

Kokonaispinta-ala: $900 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Suojattupinta-ala: $650 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Tiheys: 1,01 kertaa veden tiheys

Kappalemäärä/ m^3 : noin $450\,000 \text{ kpl}/\text{m}^3$

Materiaali: HDPE musta



Kuva 7. Kantoaine

4 Koesuunnitelma

4.1 Koejärjestelyt

Koesuunnitelmaa tarvitaan prosessin optimoimiseksi, tässä tapauksessa mittausanalyysien optimoimiseksi. Koetoiminnalla pyritään ymmärtämään paremmin mittausanalyysieja. Koesuunnitelma laaditaan, jotta päästäisiin hyviin lopputuloksiin mahdollisimman pienin kustannuksin. Koesuunnittelussa otetaan huomioon vaikuttavat häiriötekijät, koetulosten tilastollinen riippumattomuus ja sopiva analysointimenetelmä sekä selvitetään koevirhe. Koevirhe on satunnaisten ja systemaattisten virheiden summa. [16, s. 4; 20 s. 37]

4.2 Mittaukset ja analyysit

Laitteiston lämpötila termostoitiin 37°C:seen koko kokeen ajan. Mittaukset suoritettiin kerran viikossa kuukauden ajan. Mittauksessa laitettiin vesijohtovesi, synteettinen jätevesiliuos 0-hetkessä 5.2.2013, 11.2.2013 ja 18.2.2013 vesihauteeseen termostoitumaan 24 C°:seen 10 minuutiksi ja mitattiin pH, happi ja johtokyky.

4.2.1 Liuenneen hapenmittaus

Happea mitattiin happimittarilla (kuva 8) viidestä eri jätevesiliuosnäytteestä ja vesijohtovedestä neljä kertaa, joista laskettiin keskiarvo.



Kuva 8. Happimittari Hach LDO tm multi HQ40d

4.2.2 Kemiallinen hapenkulutus (COD)

Kemiallinen hapenkulutus (COD eli Chemical Oxygen Demand) tarkoittaa sitä happimäärää, joka tarvitaan jäteveden sisältämien orgaanisten aineitten hajottamiseen. Mitä suurempi kemiallinen hapenkulutus on, sitä suurempi vesistöjen päästöjen hapen kulu-

tus on. Luonnonvesissä COD:lla tarkoitetaan eloperäisten aineiden, kuten karjatalouden, päästöjen, luonnonhuuhtoumien, humuksen, planktonin sekä jätevesien orgaanisten yhdisteiden määrää. COD on tärkeä määritettäessä veden laatua, ja sitä käytetään yleisesti analyttisissä laboratorioissa. Mittauksen hyviä puolia ovat sen yksinkertaisuus, lyhyt analyysiaika ja toistettavuus verrattuna BOD-määrittelyyn. [18, 19 s. 7]

4.2.3 Kokonaistyyppi

Kokonaistyyppi määritettiin fotometrisellä menetelmällä Lange DR 3900:lla (kuva 11) 320–1100 nanometrin aallonpituusalueella.

Fosfaatti määritettiin pipetoimalla kyvetteihin 1,3 ml näytettä ja 1,3 ml liuosta A, lisättiin tabletti B ja suljettiin korkit. Kyvetit laitettiin termostoitumaan tunniksi 100 °C:seen Lange LT 200 -laitteeseen. Kyvetit jäähdytettiin ja lisättiin 1 microcap C. Suljettiin kyvetit ja sekoitettiin. Pipetoitiin kyveteistä 0,5 ml ja liuoksesta D 0,2 ml uusiin kyvetteihin ja sekoitettiin. Odotettiin 15 minuuttia ja analysoitiin näytteet. Tuloksiksi saatiin 17,4 ja 17 mg/l. Näytteet menivät tulosalueen 1-16 mg/l ulkopuolelle.



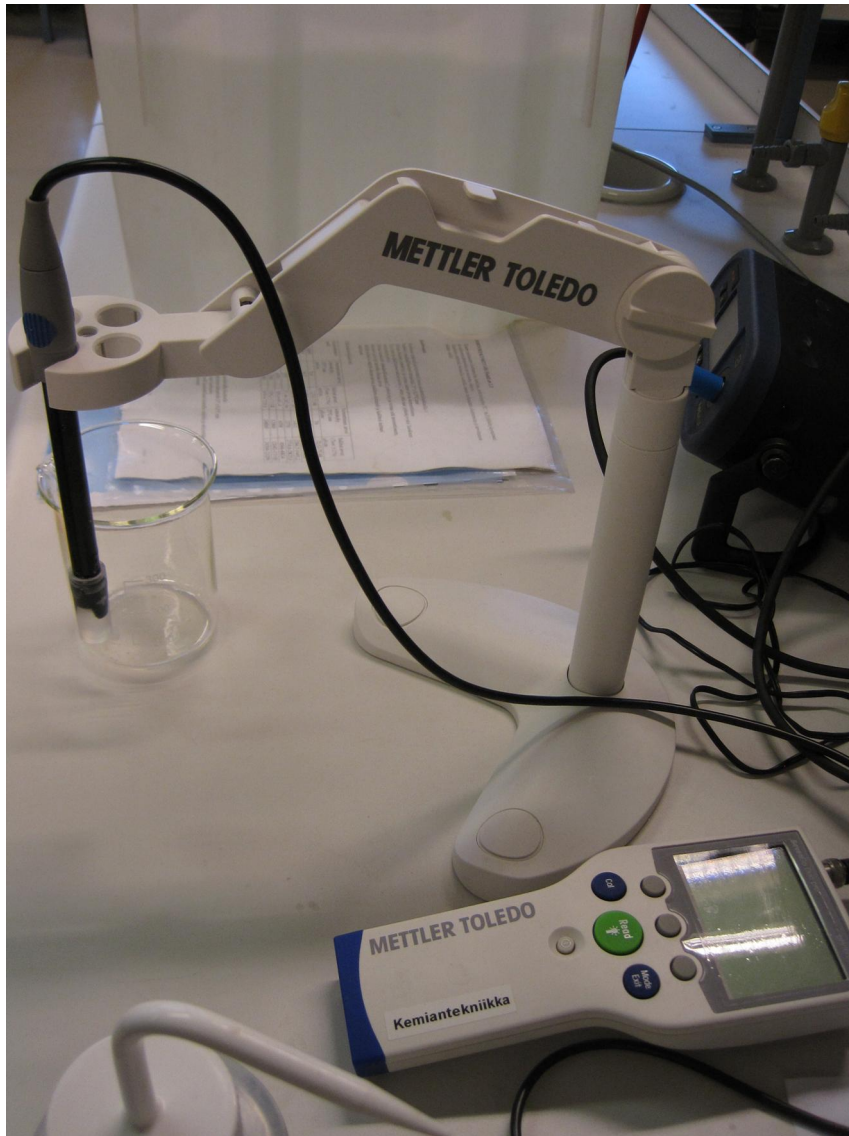
Kuva 9. Lange DR 3900

4.2.4 Kokonaisfosfori

Fosfaatti määritettiin ottamalla 10 ml jokaista näytettä ja pipetoimalla 100 ml:n mittapulloon laimentamalla vedellä. Jokaista laimennosta pipetoitiin 2 ml fosfaattikyvetiin ja ravistettiin. Fosfaattikyvetit laitettiin termостоitumaan 100 °C:seen 60 minuutiksi Lange LT 200 -laitteeseen. Jäähdyneisiin kyvetteihin pipetoitiin 0,2 ml reagenssia B ja vaihdettiin korkki. Kyvettejä ravistettiin muutama kerta ja odotettiin 10 minuuttia ja ravistettiin uudelleen, minkä jälkeen näytteet mitattiin.

4.2.5 pH

pH:ta mitattiin jokaisesta näytteestä ja vesijohtovedestä kuvan 10 pH-mittarilla. Mittaus elektrodina oli Mettler Toledo InLab Expert Pro-ISM pH.



Kuva 10. pH-mittari Mettler Toledo SevenGO Duo Pro

4.2.6 Johtokyky

Synteettisen jäteveden johtokykyä mitattiin kuvan 14 johtokykymittarilla kaikista näytteistä sekä vesijohtovedestä.



Kuva 11. Johtokykymittari FieldLab Lf

5 Mittaukset ja menetelmät

5.1 Synteettinen jätevesi

Synteettinen jätevesi tarkoittaa liuosta, joka on valmistettu tietyistä kemikaaleista, jotka vastaavat jätevedessä olevia kemikaaleja. Työssä valmistettiin 125 litran synteettinen jätevesiliuos, johon käytettiin

20 g peptonia,	punnittiin 20,02 g
13,75 g lihauutetta,	punnittiin 13,75 g
3,75 g $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$,	punnittiin 3,76 g
0,875 g NaCl,	punnittiin 0,8769 g
0,5 g $\text{CaCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$,	punnittiin 0,49 g
0,25 g $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$,	punnittiin 0,25 g

3,5 g K_2HPO_4 , punnittiin 3,50 g
 1,375 - 1,250 g pinta-aktiivista ainetta, punnittiin 1,27 g

BOD- ja COD-arvoja jätevesiliuokselle ei ole. [17, s. 1]

Alkuperäinen 125 litran allas alkoi vuotaa, jolloin allas vaihdettiin pienempään 36 litran lähtötilavuusikseen altaaseen, johon siirrettiin muutama litra vettä parin päivän välein. Altaassa tapahtui konsentraation muutos veden lisäyksen jälkeen, jolloin jätevesiliuoksen konsentraatio pieneni.

Pinta-aktiivisena aineena käytettiin natriumlauryylisulfaattia (BDH).

6 Tulokset

Taulukko 1. Mittaustulokset

	Kraanavesi	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Näyte 4	Näyte 5	
Päivämäärä	5.2.2013	5.2.2013	11.2.2013	18.2.2013	19.2.2013	26.2.2013	
Happi	10,82	2,30	7,84	7,06	7,29	7,64	mg/l
	10,74	2,25	7,87	7,00	7,24	7,56	mg/l
	10,82	2,25	7,89	6,98	7,20	7,50	mg/l
keskiarvo	10,79	2,27	7,87	7,01	7,24	7,57	mg/l
Johtokyky	154	292	423	382	425	400	μ S/cm
	170	288	418	395	423	477	μ S/cm
	176	289	434	394	442	395	μ S/cm
keskiarvo	167	290	425	390	430	424	μ S/cm
pH	7,89	6,97	8,43	8,40	8,39	8,38	
	7,96	6,91	8,46	8,41	8,43	8,39	
	7,99	6,91	8,46	8,42	8,43	8,39	
keskiarvo	7,95	6,93	8,45	8,41	8,42	8,39	
Kokonaisfosfori		0,623	0,538	0,645	0,644		mg/l
Kokonaistyyppi		17,4	17,0				mg/l

Biosuodatinlaitteistoon valmistettiin koeajoa varten synteettinen jätevesiliuos, jota käytettiin kuukauden ajan tehden mittauksia samalla jätevesiliuoksesta. Synteettisestä jätevedestä tehtiin mittauksia hapestä, johtokyvystä, pH:sta, kokonaisfosforista ja -

typestä. Saaduista mittauksista laadittiin taulukko 1. Taulukosta nähdään mittaustulokset vesijohtoveden sekä näytteiden hapen, johtokyvyn, pH:n sekä kokonaisfosforin ja -typen osalta. Koejärjestelyn aikana lämpötilaa pidettiin 37 °C:ssa. Näytteitä säilytettiin jääkaapissa.

6.1 Tulosten tarkastelu

Tuloksista nähdään, että mittauksissa ei ole kovinkaan paljon vaihtelua, joten tuloksia voidaan pitää tilastollisesti merkitsevinä. Typen poiston pH näyttää olevan sopiva mittaustuloksiin nähden. Tuloksia ei voida soveltaa suurempaan prosessimittakaavaan, vaan kokeita pitäisi tehdä lisää. Työssä päästiin tavoitteisiin osittain, sillä biosuodatinlaitteisto alkoi vuotaa kuukauden kuluttua, eikä mittauksia voitu enää jatkaa ajan rajallisuuden vuoksi. Merkittävää taloudellista tekijää tuloksilla ei ole. Laitteistoa voidaan hyödyntää myös opetuksessa.

Kemiallista hapenkulutusta ei mitattu välittömästi. COD:n mittaaminen saattaa olla turhaa, sillä sen näytteenotosta oli kulunut sen verran aikaa, että tulos olisi ollut epäluotettava.

7 Yhteenveto

Rakennettu biosuodatinlaitteisto valmistettiin oppilaitoksen käyttöön. Biosuodatinlaitteiston valmistaminen sujui varsin hyvin, kaikki tarvittavat osat saatiin hankittua ja biosuodatinlaitteisto saatiin rakennettua sopivan kokoiseksi. Synteettisen jäteveden virtaus pidettiin vakiona pumpulla.

Ongelmaksi työssä nousi säillö, josta synteettinen jätevesi pääsi vuotamaan. Tutkimus jouduttiin täten keskeyttämään kuukauden käynnissä pidon jälkeen. Varsinaista lietettä ja biofilmiä ei prosessissa syntynyt, sillä prosessi oli käynnissä varsin lyhyen aikaa. Vesi kolonnissa, laitteistossa ja altaassa sameutui. Koska kyseessä on synteettinen jätevesiliuos, ei typen- ja fosforin poistoon osallistuvia bakteereja juurikaan ole. Työssä jäi selvittämättä COD-pitoisuus, sillä näytteen otosta oli kulunut liian pitkä aika COD:n mittaamiseen, jolloin tulokset olisivat olleet epäluotettavia.

Koesuunnitelma olisi voitu laatia jo aiemmin. Laitteistossa voisi myös käyttää erilaisia jätevesiä sekä määrittää useampia mittausparametreja, esim. mikrobeita.

8 Jatkosuositukset

Tutkimusta voitaisiin jatkaa parantamalla biosuodatinlaitteistoa niin, että laitteisto ei vuotaisi. Työtä voidaan hyödyntää opetuksessa ympäristölaboratorion töiden tekemiseen, kun laitteisto saadaan parannettua niin, että se ei enää vuoda. Työtä olisi voitu parantaa koeaikaa pidentämällä ja useammilla mittauksilla, lisäksi voisi tutkia ilmastuksen vaikutusta laitteistoon. Myös erilaisia jätevesiä voisi tutkia.

Lähteet

- 1 Vesikirja, Insinööritoimisto Kaiko Oy, 1988.
- 2 Karttunen Erkki, Vesihuoltotekniikan perusteet, 1999.
- 3 Vesien käsittely 2, Tekniikka ja ympäristötieto 4, 1992.
- 4 Stuetz Richard, Principles of Water and Wastewater Treatment Processes, 2009.
- 5 Lindedahl Kaj, Jätevedenpuhdistus. Luentomoniste Metropolia AMK, 2012
- 6 Nuortimo Kalle, Jätevesien ja poistokaasujen käsittely Suomen kemianteollisuudessa, 2002.
- 7 Poikkeavat jätevedet (WWW-dokumentti)
<<http://www.hsy.fi/vesi/asiakaspalvelu/Sivut/poikkeavatjatevedet.aspx>>. 02.08.2012
Luettu 13.11.2012
- 8 Suomen ympäristökeskus, Biologisen fosforin- ja typenpoiston tehokkuus, prosessiohjaus ja mikrobiologia. (WWW-dokumentti)
<<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=19562>>. 1999. Luettu 14.11.2012
- 9 Typenpoistomenetelmät (WWW-dokumentti)
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6571&lan=fi>. Luettu 15.11.2012
- 10 Lehtonen Anna, Biologisen kantoainereaktorin mikrobidiversiteetin muutokset orgaanisten haitta-aineiden poistossa. (WWW-dokumentti)
<http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/opinnaytteet/lehtonen2011.pdf>
- 11 Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo - käyttö (WWW-dokumentti)
<http://turunseudunpuhdistamo.fi/ilmastus.html>
TM Rakennusmaailma 1/12, 25.1.2012.
- 12 Laura Lehtniemi, Pienpuhdisamoiden toimivuus ja typenpoisto (WWW-dokumentti)
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=gmail&attid=0.1&thid=13b1d90eceb35ecd&mt=application/pdf&url>
- 13 Lindedahl Kaj, Jätevedenpuhdistus typen- ja fosforinpoisto, Metropolia AMK 2012
- 14 Hygieniapassimateriaalia (WWW-dokumentti)
<http://www.amiedu.net/jokeri/suomenkieli/mater/hygienia/hygieniapassimateriaalia.doc>. Luettu 13.12.2012
- 15 Jäteveden kemiallinen hapenkulutus. (WWW-dokumentti)
<http://report.chemind.fi/jatevedenkemiallinen>. Luettu 12.12.2012

16 Taavitsainen Veli-Matti, Koesuunnittelun kurssi. Metropolia AMK 2012

17 C 92 E/274, 2004. (WWW-dokumentti)

[http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2004:092E:0274:0288:FI:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2004:092E:0274:0288:FI:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2004:092E:0274:0288:FI:PDF) Luettu
14.12.2012

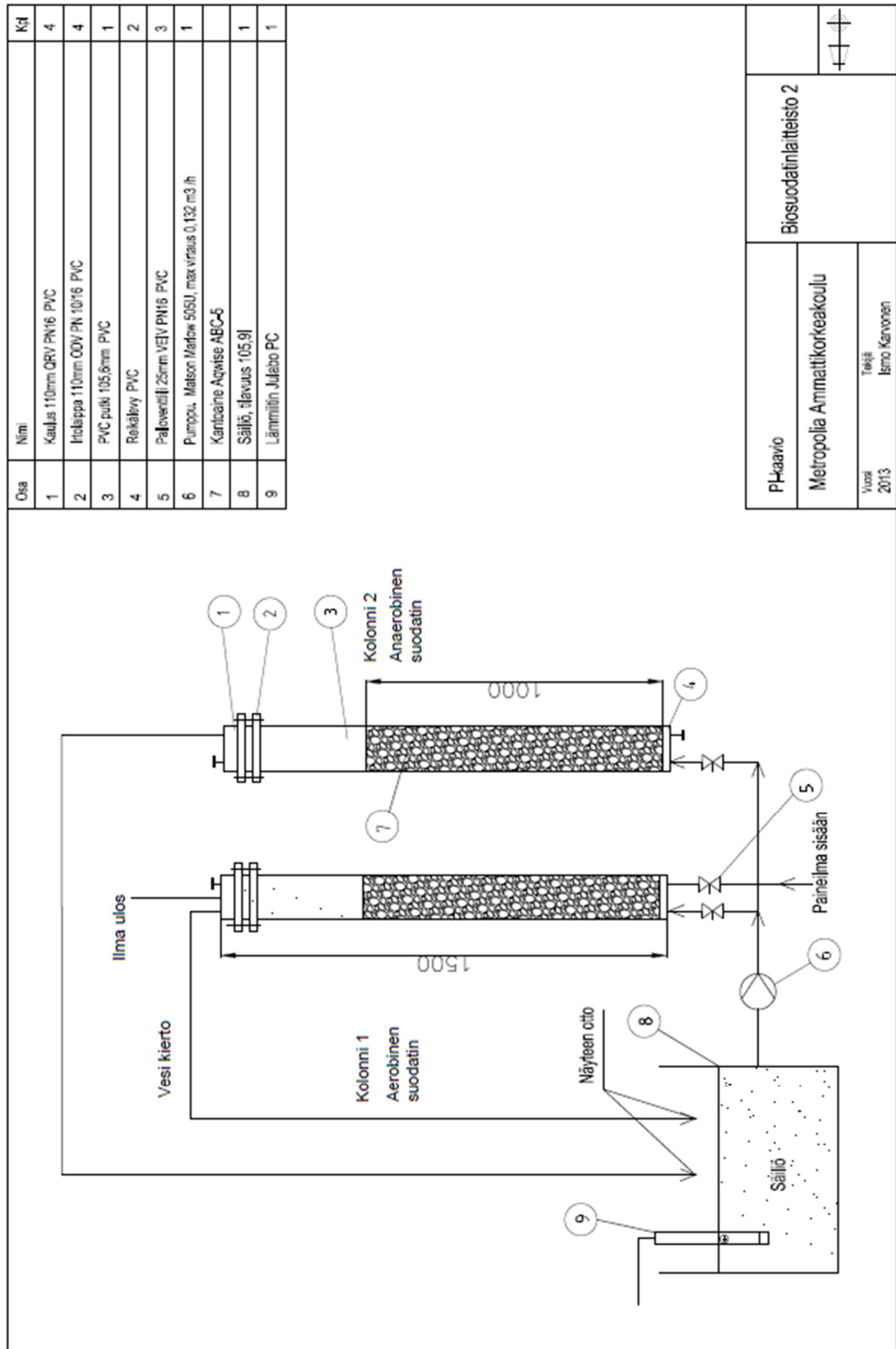
18 Kemiallinen hapenkulutus (WWW-dokumentti)

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=23236&lan=fi>

19 Heta Ristola, Prosessijäteveden orgaanisen kuorman mittaaminen panimo- ja virvoitusjuomatehtaassa. Insinööriyö. Metropolia AMK 2012

20 Tiia Viinikainen Maaperänäytteiden polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen määrittäminen HPLC:lla. Insinööriyö. EVTEK 2003

Liite 1: PI-kaavio



Osa	Nimi	Kpl
1	Kaulus 110mm ORV PN16 PVC	4
2	Intoleippa 110mm ODV PN 10/16 PVC	4
3	PVC putki 105,8mm PVC	1
4	Reikälevy PVC	2
5	Paljoventili 25mm VEV PN16 PVC	3
6	Pumppu, Malson Merlow 50SU, max virtaus 0,132 m ³ /h	1
7	Kantolaine Aquatse ABC-5	1
8	Säiliö, tilavuus 105,9l	1
9	Lämmittin Julebo PC	1

PI-kaavio	Biosuodatinlaitteisto 2
Metropolia Ammattikorkeakoulu	
Vuosi 2013	Tekijä Ismo Karvonen

Liite 2: Koesuunnitelma

	Tulokset					
Näytteen ottokerta	1	2	3	4	5	
Analyysi						
Happi O ₂	2,27	7,87	7,01	7,24	7,57	mg/l
Kemiallinen hapen kulutus COD						
Kokonaistyyppi N ⁺	17,4	17,0				mg/l
Kokonaisfosfori P ⁺	0,0623	0,538				mg/l
pH	6,93	8,45	8,41	8,42	8,39	
Lämpötila T	37	37	37	37	37	°C
Virtausnopeus V	0,00444	0,00444	0,00444	0,00444	0,00444	m ³ /h
Johtokyky	167	290	425	390	424	μS/cm

Liite 3: Biosuodatinlaitteisto

