

YMPÄRISTÖN-  
SUOJELU

Riikka Vilpas, Katriina Kujala-Räty, Timo Laaksonen ja Erkki Santala

# Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo

Osa 1: Asumisjätevesien käsittely



Riikka Vilpas, Katriina Kujala-Räty, Timo Laaksonen ja Erkki Santala

Haja-asutuksen  
ravinnekuormituksen  
vähentäminen – Ravinnesampo

Osa 1: Asumisjätevesien käsittely

HELSINKI 2005

Julkaisu on saatavana myös Internetissä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

ISBN 952-11-1977-2  
ISBN 952-11-1978-0 (PDF)  
ISSN 1238-7312

Kansikuvat: Tiina Paju  
Taitto: Vammalan Kirjapaino Oy  
Valokuvat: Timo Laaksonen

Vammalan Kirjapaino Oy  
Vammala 2005

# Alkusanat

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) johdolla vuosina 1998–2001 toteutettu Hajasampo-tutkimushanke tuotti muiden tulostensa ohella perusteelliseen seurantaan tukeutuvaa tietoa muutamien silloin yleisten ja joidenkin uusien jätevesien käsittelymenetelmien toimivuudesta. Keskeisiä tuloksia oli sekä maasuodattamoiden että joidenkin tehdasvalmisteisten pienpuhdistamoiden hyvä biologinen toimivuus. Sen sijaan useimpien menetelmien teho vesistöjä rehevöittävien ravinteiden poistossa oli riittämätön. Vastaavan suuntaisia tuloksia saatiin useista muistakin suppeammista puhdistamoiden toimivuuksurannoista. Tästä syystä Hajasampo-hankkeen syksyllä 2001 valmistuneessa loppuraportissa suositeltiin yhtenä kolmesta jatkotutkimusaiheesta ravinteiden poiston tehostamiskeinojen tutkimista.

Vuonna 2000 voimaan tullut ympäristönsuojelulaki edellyttää, etteivät vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisen asutuksen jätevedet saa aiheuttaa vesistöjen pilaantumisen vaaraa. Lakia tämentämään valmisteltiin ympäristöministeriön asettamassa työryhmässä asetus talousjätevesien käsittelystä (myöh. asetus tai hajajätevesiasetus). Asetusluonnos valmistui syksyllä 2001 ja siinä ehdotettiin haja-asutuksen ja siihen rinnastettavan toiminnan jätevesien sisältämän orgaanisen kuormituksen, fosforin ja typen enimmäispäästöjen rajoittamista tehokkaasti.

Asetuksen ollessa jatkovalmisteluvaiheessa SYKEN vesivarayksikkö haki rahoitusta tutkimukselle ”Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo”. Samanaikaisesti Länsi-Suomen ympäristökeskus (LSU) pyrki jatkamaan Lappajärvi LIFE-hankkeessa aloittamaansa maito- ja eläintuotantajien jätevesien käsittelyn tutkimustoimintaa. Koska kummallekin hankkeelle haettiin päärahoitusta Teknologian kehittämiskeskus Tekesiltä, päätettiin hankkeet rahoittajan ehdotuksesta yhdistää. Samalla siihen lisättiin kokeellisen tutkimuksen osuus, josta tuli vastaamaan Tampereen teknillisen korkeakoulun (myöh. yliopiston, TTY) bio- ja ympäristötekniikan laitos yhdessä rakennusgeologian laitoksen kanssa.

Ravinnesampo-hanke muodostettiin kolmesta eri osa-alueesta, jotka olivat:

- Selvitys tavanomaisen asumisjäteveden ravinteiden poistosta ja sen mahdollisuuksista biologisten menetelmien yhteydessä.
- Selvitys maito- ja eläintuotantajien jätevesien (pesuvedet ja asumisjätevedet) käsittelyn edellytyksistä.
- Laboratoriokokeet ravinteita sitovilla adsorptiomassoilla.

Hankkeen tavoitteena oli asumisjätevesikohteiden osalta selvittää vesiä rehevöittävien ravinteiden, fosforin ja typen, eri poistomenetelmien tehokkuutta kiinteistökohtaisessa jätevedenkäsittelyssä ja menetelmien käytännön toimivuuden kriteerejä sekä vertailla eri menetelmiä, niiden tehokkuutta ja käyttökelpoisuutta. Samalla oli tarkoitus tuottaa yleispätevää ja vertailevaa tietoa haja-asutuksen jätevesien ravinteiden poistomenetelmistä ja niihin vaikuttavista tekijöistä kuten mitoituksesta, käytöstä ja ylläpidosta.

Tässä julkaisussa käsitellään Ravinnesampo-hankkeen ensimmäistä osa-aluetta eli asumisjätevesikohteiden toimintaa ja tuloksia. Myös maito- ja eläintuotantajien jätevesien seuranta tutkimus on julkaistu Suomen ympäristö -sarjassa. Adsorptiomassakokeista tehdyn Elina Laukkasen diplomityön julkaisee Tampereen teknillinen yliopisto.

Tutkimuksen lopullisena päämääränä oli lisätä ravinteiden poiston asiantuntemusta ja luoda edellytyksiä tehokkaiden menetelmien edelleen kehittämiseksi, jotta vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisten kuormittajien jätevedet voitaisiin myös ravinteiden osalta käsitellä uuden asetuksen vaatimukset täyttävästi. Tavoitteena oli, että mukana olevat yritykset voivat välittömästi hyödyntää tuloksia tuotekehityksessään.

Ravinnesampo-hankkeen toteutuksen ulkopuoliset rahoittajat olivat Tekes sekä maa- ja metsätalousministeriö. Varsinaisista tutkimusosapuolista suurin rahoitusosuus oli Suomen ympäristökeskuksella. Muut rahoitus- ja hankeosapuolet olivat Länsi-Suomen ympäristö-

keskus, Pirkanmaan ympäristökeskus, Tampereen teknillinen yliopisto, Kemira Oy Kemwater ja GrowHow, Nordkalk Oyj Abp, Propipe Oy, Green Rock Oy, Atomar Oy, Uponor Suomi Oy, Optiroc Oy Ab (nyk. Maxit Oy Ab), Raita Environment Oy, Wavin-Labko Oy, Jita Oy, Biolan Oy, KWH Pipe Oy, FANN Ympäristötekniikka Oy, Clewer Oy, Teoplast Oy, Pomiltek International Oy ja Tritonet Oy. Hankkeen toteuttamisesta tehtiin sen osapuolten kesken yhteistyösopimus, jossa määriteltiin hankkeen hallinto ja tekijäorganisaatio, kustannukset ja maksuaikataulu, raportointi, osapuolten velvollisuudet ja vastuu, alihankkijoiden käyttö ja oikeudet, tulosten, aineiston ja materiaalin omistusoikeudet sekä salassapitovelvollisuudet ja julkaiseminen. Sopimuksen allekirjoittivat kaikkien osapuolten edustajat.

Hankkeelle muodostettiin johtoryhmä, jonka puheenjohtajana toimi aluksi vesiylitarkastaja Markku Maunula, myöhemmin vesiylitarkastaja Minna Hanski maa- ja metsätalousministeriöstä. Muina jäseninä olivat yli-insinööri Klaus Munsterhjelm (SYKE, vara-puheenjohtaja), teknologia-asiantuntija Piia Moilanen (Tekes), yli-insinööri Jorma Kaloinen (ympäristöministeriö), erikoisasiantuntija Liisa Maria Rautio (LSU), professori Tuula Tuhkanen (TTY), projektipäällikkö Pasi Mikkola (Nordkalk), liiketoimintapäällikkö Stefan Sandbacka (KWH Pipe), myyntipäällikkö Mika Rajakangas (Propipe) ja markkinointipäällikkö Liisa Piirtola (Kemira Kemwater).

Tutkimushankkeen toteutuksen koordinoinnista vastasi Suomen ympäristökeskus, vastuullisena johtajana yli-insinööri Erkki Santala. Asumisjätevesiosion toteuttivat SYKEN vesivarayksikön vesihuoltoryhmän kehitysinsinööri, tekniikan lisensiaatti Katriina Kujala-Räty päättäjänä sekä tutkimusosaston ympäristötekniikan tutkimusohjelman tutkimusinsinööri Riikka Vilpas projektitutkijana ja johtoryhmän sihteerinä. Näytteenotosta vastasi tutkija Timo Laaksonen ja laboratoriomäärityksistä laborantti Taimi Määttä. Maito- ja jätevesiosion toteuttivat yhteistyössä Länsi-Suomen ympäristökeskuksen diplomi-insinööri Jami Aho ja vanhempi insinööri Irma Hyry sekä Tampereen teknillisen yliopiston professori Tuula Tuhkanen ja diplomi-insinööri Riikka Ikkala. Myös adsorptiomassakokeet toteutettiin TTY:ssä Tuula Tuhkasen johdolla ja niistä vastasivat Riikka Ikkalan lisäksi diplomi-insinööri Titta-Miia Kaivola sekä tekniikan ylioppilas Elina Laukkanen.

Edellä mainittujen lisäksi hankkeen toteuttamista ovat edesauttaneet lukemattomat asiantuntijat hankkeessa mukana olleissa yrityksissä. Koska tutkimus tehtiin normaalissa käytössä olevilla puhdistamoilla, on myös sijaintikiinteistöjen asukkaiden panos ollut merkittävä. Hankkeen varoja ei käytetty puhdistamoiden rakentamisen rahoittamiseen.

Hankkeeseen sisältyviä laboratorioanalyysijä ja näytteenottoja teetettiin SYKEN lisäksi kahdeksassa tutkimuslaboratoriossa. Hankkeessa olivat mukana myös suunnitteluinsinööri Lauri Etelämäki (SYKE), suunnitteluinsinööri Jukka Lahti ja tutkimusmestari Jari Vilén (PIR) sekä vesihuoltoinsinööri Jyrki Lammila (LOS).

Tämän asumisjätevesiä käsittelevän raportin tarkastusreferoinnin tekivät erikoistutkija Matti Valve SYKEstä ja ylitarkastaja Ari Kangas Uudenmaan ympäristökeskuksesta.

Tämän julkaisun tekijät kiittävät kaikkia Ravinnesampo-hankkeeseen tavalla tai toisella osallistuneita ja toivovat tutkimuksen tulosten ja julkaisun olevan hyödyksi jätevedenpuhdistusmenetelmiä ja -laitteita edelleen kehitettäessä sekä uutta tekniikkaa käytäntöön sovellettaessa.

Helsingissä, 20.5.2005

Tekijät

# Sisälllys

<b>Alkusanat</b> .....	<b>3</b>
<b>I Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Tutkittavat puhdistamot</b> .....	<b>8</b>
2.1 Maasuodattamot .....	8
2.2 Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot .....	10
2.3 Panospuhdistamot.....	11
2.4 Biosuotimet .....	11
2.5 Muut menetelmät.....	11
<b>3 Näytteenotto ja analysointi</b> .....	<b>14</b>
3.1 Näytteenottojärjestelyt .....	14
3.2 Analyysit .....	14
3.3 Näytteenotto .....	16
3.4 Toimivuustutkimukset ja kenttämääritykset .....	17
3.5 Vedenkulutuskysely.....	17
<b>4 Puhdistustulokset</b> .....	<b>18</b>
4.1 Yleistä .....	18
4.2 Laskutoimitukset.....	18
4.3 Tulevan jäteveden laatu .....	20
4.3.1 Tulevan jäteveden näytteet.....	20
4.3.2 Vertailu SYKEN Hajasampo-hankkeen tuloksiin.....	20
4.3.3 Vertailu hajajätevesiasetuksen kuormituslukuihin (g/asukas/vrk) .....	20
4.3.4 Tulevan jäteveden pitoisuudet verrattuna asetuksen kuormituslukujen mukaisiin pitoisuuksiin .....	20
4.4 Maasuodattamot.....	24
4.5 Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot.....	26
4.6 Panospuhdistamot .....	28
4.7 Biosuotimet .....	30
4.8 Muut menetelmät .....	32
4.8.1 Biolan harmaavesisuodatin.....	32
4.8.2 Filtralite -kevytsorasuodattamot .....	34
4.8.3 Green Pack Sako .....	35
4.8.4 Ekoteko + Saostuskaivo + Maasuodattamo .....	36
4.8.5 Esisaostus (Nordkalk Filtra P) ja maahan imeytys .....	36
<b>5 Tulosten tarkastelu</b> .....	<b>37</b>
5.1 Keskimääräiset päästöt .....	37
5.2 Tulosten vaihtelu .....	37
5.2.1 Kokonaisfosfori .....	39
5.2.2 Kokonaistyyppi .....	41
5.2.3 Biologinen hapenkulutus .....	42
5.2.4 Kiintoaine .....	43
5.2.5 Bakteerit.....	43
5.3 Puhdistamotyyppittäinen toimivuustarkastelu .....	45
5.3.1 Asetuksen vaatimusten täytyminen .....	45
5.3.2 Tavallinen maasuodattamo .....	45

5.3.3	<b>Fosforinpoistolla tehostetut maasuodattamot</b> .....	46
	Fosfilt -maasuodattamo .....	46
	Biotiitti -maasuodattamo.....	46
	Vaakavirtausmaasuodattamo .....	46
5.3.4	<b>Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot</b> .....	47
	Maasuodattamo + Biotiitti-jälkisuodatin .....	47
	Maasuodattamo + Propipe 1400 Filt -jälkisuodatin .....	47
	Maasuodattamo + Alumiinisulfaatti-saostus .....	47
	Maasuodattamo + Nordkalk Filtra P -jälkisuodatin .....	47
5.3.5	<b>Panospuhdistamot</b> .....	48
	Upoclean 5.....	48
	Wehoputs 6.....	48
	BioKem.....	48
5.3.6	<b>Biosuotimet</b> .....	48
	Clewer Bio 5 .....	48
	Bio-PP5.....	49
	Green Pack Sako Plus .....	49
5.3.7	<b>Muut puhdistusmenetelmät</b> .....	50
	Biolan harmaavesisuodatin .....	50
	Filtralite -suodattamo .....	50
	Green Pack Sako .....	50
5.4	<b>Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin</b> .....	51
5.5	<b>Puhdistamoiden huolto ja ylläpito</b> .....	51
5.6	<b>Kokeet fosforia sitovilla massoilla</b> .....	52
5.7	<b>Muita havaintoja</b> .....	52
	<b>6 Johtopäätökset</b> .....	<b>54</b>
	<b>7 Kirjallisuus</b> .....	<b>56</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>57</b>
	Liite 1 Tutkittujen puhdistamoiden prosessikaaviot ja kiinteistöjen perustiedot.....	57
	Liite 2 Näytteenottotiedot ja puhdistamoiden toimivuustarkastukset.....	71
	Liite 3 Puhdistamotietolomake.....	72
	Liite 4 Vedenkulutuskysely.....	74
	Liite 5 Puhdistamoiden kaikkien näytteenottokertojen tulokset.....	76
	Liite 6 Puhdistamokohtaiset tulosten hajontakuvat.....	84
	Liite 7 Kokeet fosforinpoistomassoilla <i>Elina Laukkanen</i> .....	89
	<b>Kuvailulehti</b> .....	<b>109</b>
	<b>Presentationsblad</b> .....	<b>110</b>
	<b>Documentation page</b> .....	<b>111</b>

# Johdanto

Ravannesampo-hankkeessa tutkittiin kiinteistökohtaisten jätevesien käsittelylaitteiden ja menetelmien sekä niissä käytettävien adsorptio- ja saostusmateriaalien toimivuutta käytännön olosuhteissa. Pääasiana olivat ravinteiden poiston tehostaminen haja-asutuksen talousjätevesistä ja karjatilojen maito huoneiden pesuvesien käsittelyn erikoistekniikat. Ravinteiden poiston osalta tutkittiin kiinteistökohtaiseen jätevedenkäsittelyyn, erityisesti biologisen käsittelyn yhteyteen soveltuvia poistomenetelmiä, niiden tehokkuutta, toteutusta, käyttöä, ylläpitoa ja toimivuuden kriteerejä. Osassa koekohteita jätevesijärjestelmään johdettiin myös tai ainoastaan maito huoneiden pesuvesiä. Niiden osalta keskeistä oli olemassa olevien tekniikoiden toimivuus tavanomaisesta poikkeavien jätevesien käsittelyssä sekä uuden soveltavan tekniikan kehittämistyön edistäminen.

Talousjätevesien aiheuttamaa kuormitusta voidaan vähentää myös käyttämällä kuivakäymälää tai keräämällä vesikäymälän jätevedet erikseen säiliöön muualla käsiteltäväksi. Tällöin käsittelyyn tulee vain ns. harmaata vettä. Tutkimuksen asumisjätevesiosiossa painopiste oli ns. mustan veden eli sellaisen asumisjäteveden käsittelyssä, jossa ovat mukana myös käymäläjätevedet. Kuitenkin laite- ja materiaalivalmistajien toivomuksesta mukaan otettiin vertailun vuoksi muutama pelkille harmaille vesille tarkoitettu järjestelmä, joista muutoin on saatavissa varsin vähän tutkittua tietoa.

Koska haja-asutuksen jätevesien käsittelystä on tehty lukuisia kotimaiseen ja kansainväliseen kirjallisuuteen ja aiempiin käyttökokemuksiin perustuvia raportteja, ei erityisen kirjallisuuskatsauksen laatimista tämän tutkimukseen yhteydessä pidetty tarpeellisena.

Tutkimuksen asumisjätevesiosio toteutettiin valitsemalla seurantaan 46 kohdetta, joissa käsiteltiin asumisjätevettä. Puhdistamoiden käyttökelppoisuuden ja toimivuuden kriteerien selvittämiseksi hankittiin tiedot seuraavista seikoista:

- puhdistamon mitoitus ja toteutus,
- puhdistamon käyttö, kuten säädöt ja kemikaalien annostelu,
- toteutetut huolto- ja hoitotoimenpiteet, jotka on aina kirjattava huoltokirjaan,
- poikkeuksellisesti tarvittavien korjausten toteutus sekä
- puhdistamon kuormitus näytteenottohetkellä.

Tässä tutkimuksessa seurannan kohteet ovat olleet todellisiin käyttöolosuhteisiin sijoitettuja, yleensä vain yhden kiinteistön jätevedet käsitteleviä puhdistamoita, joiden toimivuutta tarkkailtiin aika ajoin tapahtuvalla näytteenotolla ja havainnoinnilla. Siten havaintoihin ja näytteenottoon sisältyy epävarmuustekijöitä, joita ei voi välttää. Tulosten ei siten lähtökohtaisesti voida odottaa aina vastaavan valvotummista laboratoriotyyppisissä olosuhteissa tehdyillä toimitusseurannoilla saatavia tuloksia.



# 2

## Tutkittavat puhdistamot

Ravannesampo-hankkeen aikana seurattiin yli neljäkymmenen asumisjätevevettä käsittelevän puhdistamon toimintaa näytteenotoin ja analysein. Tutkittavana oli yhteensä noin 20 erilaista puhdistamotyyppiä. Keskenään samanlaisia puhdistamoita oli 1 – 5 kappaletta, vaikka niidenkin välillä saattoi olla hie- man eroja.

Puhdistamoiden valinnassa kiinnitettiin huomiota erityisesti näytteenoton helpouteen, näytteiden edustavuuteen sekä jäteveden laatuun ja määrään. Koepuhdistamoiksi valittiin pääasiassa yhden talouden kaikki jätevedet käsitteleviä puhdistamoita, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Tutkittujen puhdistamoiden jäteveden koostumukset on esitetty taulukossa 1.

Asumisjätevesikohteet valittiin yhteistyössä 13 yrityksen ja 2 alueellisen ympäristökeskuksen kanssa siten, että he ehdottivat tutkimukseen vaadittavat kriteerit täyttäviä puhdistamoita. Näistä tutkijat valitsivat tutkimukseen sopivimmat. Osa kohteista oli valmiita ja käytössä olleita puhdistamoita, osa rakennettiin juuri ennen näytteenoton aloittamista. Etenkin monet tavallisista ja fosforinpoistolla tehostetuista maasuodattamoista olivat olleet käytössä jo muutamia vuosia. Kutakin puhdistamotyyppiä pyrittiin valitsemaan useampi kuin yksi, mutta lopuksi seurantaan saatiin 1 – 5 kappaletta samanlaisia puhdistamoita. Valitut puhdistamokohteet sijaitsivat pääasiassa Uudenmaan alueella ja Lounais-Suomessa. Noin kymmenkunta kohdetta sijaitsi hajallaan ympäri Suomea.

Taulukko 1. Tutkittujen puhdistamoiden jäteveden koostumus.

Jäteveden koostumus	Puhdistamoiden määrä
mustat vedet (kaikki jätevedet)	40
harmaat vedet	3
harmaat vedet ja virtsa	2
harmaat vedet ja kompostikäymälän suotovedet	1

Valittujen puhdistamoiden toimivuutta seurattiin reilun vuoden ajan (kesä 2003 – kesä 2004) ottamalla näytteitä säännöllisin väliajoin yhteensä 5 – 8 kertaa puhdistamo kohden. Kaikissa kohteissa selvitettiin kokoomanäyttein puhdistamolta lähtevän veden ominaisuuksia. Varsinaiseen käsittelyyn menevän jäteveden laatu selvitettiin niissä kohteissa, joissa esikäsittely, yleensä saostuskaivoissa, tasasi laatua riittävästi. Lisäksi muutamasta kohteesta otettiin ns. välinäytteitä eri puhdistusvaiheiden välillä.

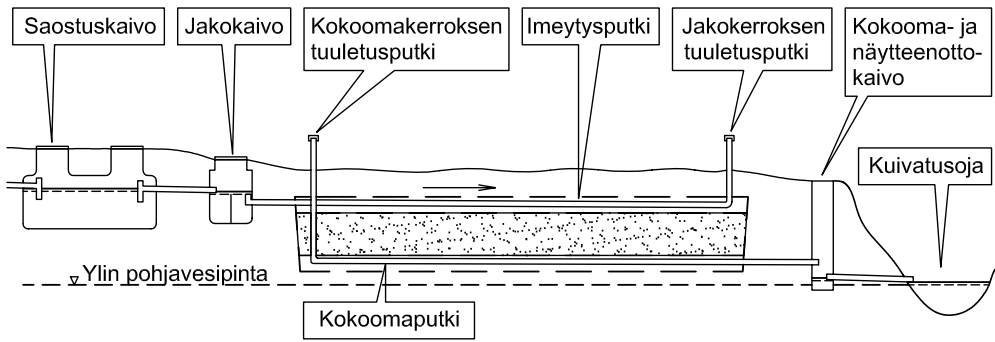
46 puhdistamosta kolme jouduttiin hylkäämään epäonnistuneen näytteenoton tai näytteiden epäedustavuuden takia. Lisäksi yksi laitetoimittaja lopetti toimintansa tutkimuksen aikana.

Tutkittavat puhdistamot jaettiin tulosten käsittelyä varten viiteen ryhmään: 1) Maasuodattamot, 2) Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot, 3) Panospuhdistamot, 4) Biosuotimet ja 5) Muut puhdistusmenetelmät. Kunkin ryhmän sisällä puhdistamot jaettiin edelleen tyypeittäin ja laite-toimittajittain.

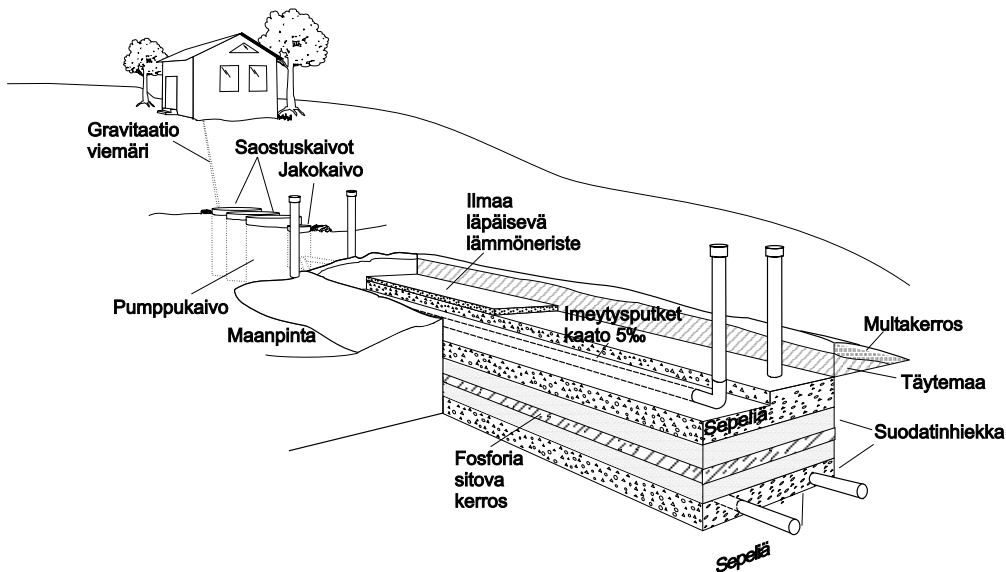
### 2.1 Maasuodattamot

Maasuodattamalla (kuva 1) tarkoitetaan heikosti vettä läpäisevään maaperään kaivettua tai reunoilta ja pohjasta tiiviisti eristettyä kenttää tai ojamaista kaivantoa, joka täytetään kerroksittain eri tavoin vettä läpäisevillä sepeli- ja hiekkalajikkeilla. Jätevesi johdetaan suodatinkerroksen pinnalle tasaisesti imeytysputkien avulla. Puhdistunut vesi kootaan talteen suodattimen pohjalta kokoomaputkien avulla ja johdetaan edelleen purkupaikkaan. Jätevesi puhdistuu kulkeutuessaan suodattimena toimivan hiekkapatjan lävitse. Suodatinhiekkään muodostuu biologista toimintaa, joka edesauttaa lika-aineiden poistumista.

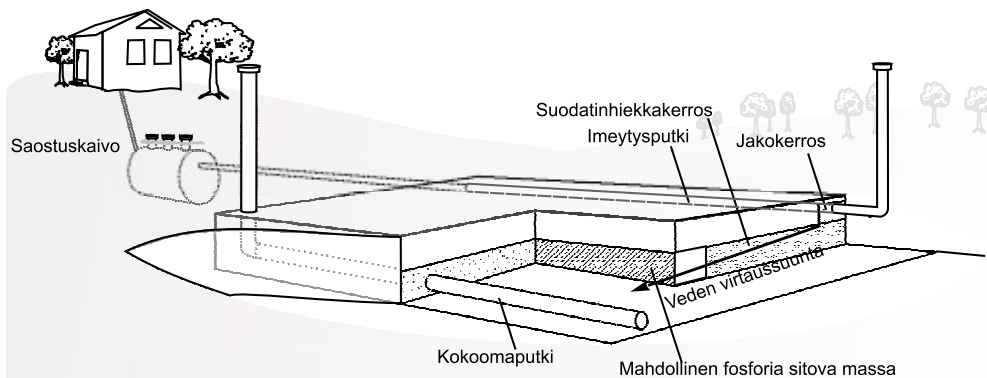
Maasuodattamon fosforinpoistotehoa voidaan parantaa (kuva 2) lisäämällä suodatinhiekan joukkoon fosforia sitovaa mate-



Kuva 1. Tavallisen maasuodattamon pituusleikkaus.



Kuva 2. Fosforinpoistolla tehostetun maasuodattamon pituusleikkaus.



Kuva 3. Vaakavirtausmaasuodattamon periaatekuva.

riaalia. Fosforia sitova materiaali voi olla suodatinhiekan joukossa vaakasuuntaisena kerroksena, pystysuuntaisena seinämänä tai sekoitettuna hiekan joukkoon. Periaate on, että jäteveden sisältämä fosfori saostuu ja/tai adsorboituu materiaalin pintaan.

Maasuodattamo voi toimia myös ns. vaakavirtausperiaatteella. Vaakavirtaus-maasuodattamossa (kuva 3) jätevesi puhdis-

tuu virratessaan vaakasuuntaisesti pohjaltaan lievästi viettävän hiekkapatjan lävitse. Jätevesi johdetaan suodattamon alkuosaan, mistä se virtaa suodattamon läpi painovoimaisesti. Suodatinpatjan loppuosasta puhdistettu vesi kootaan kokoomaputkilla ja johdetaan edelleen purkupaikkaan.

Tutkimuksessa oli mukana 8 maasuodattamoa, joiden tyypit, määrät ja laite-

toimittajat sekä puhdistamoista käytettävät lyhenteet on esitetty taulukossa 2. Liitteessä 1 on esitetty tutkittujen maasuodattamoiden prosessikaaviot sekä kiinteistöjen perustiedot.

## 2.2 Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot

Maasuodattamon fosforin poistoa voidaan tehostaa myös lisäämällä maasuodattamon perään fosforin jälkisuodatin (kuva 4). Jälki-

suodatin sisältää fosforia sitovaa materiaalia. Etuna fosforin jälkisuodatuksessa verrattuna fosforin poistolla tehostettuun maasuodattamoon on jälkisuodattimen pieni koko (yleensä < 1 m<sup>3</sup>), jolloin sen sisältämä suodatusmassa on helpompi vaihtaa uuteen puhdistustehon heiketessä.

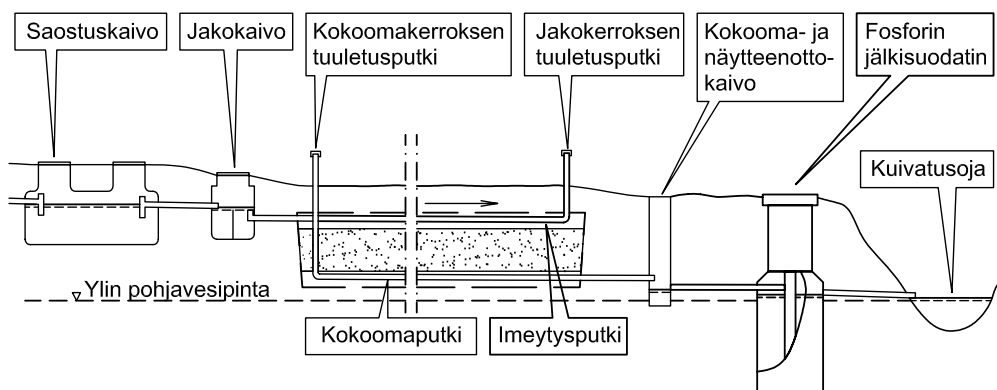
Tutkimuksessa oli mukana 7 jälkisuodatuksella tehostettua maasuodattamoa, joiden tyypit, määrät ja laitetoimittajat sekä puhdistamoista käytettävät lyhenteet on esitetty taulukossa 2. Liitteessä 1 on esitetty tutkittujen jälkisuodatuksella tehostettujen maasuodattamoiden prosessikaaviot sekä kiinteistöjen perustiedot.

Taulukko 2. Puhdistamotyyppit, niiden määrät ja laitetoimittajat sekä käytetyt lyhenteet.

Lyhenne	Kuvaus	Määrä	Laitetoimittaja / Rakentaja
<b>1. Maasuodattamot</b>			
MS I-2	Maasuodattamo	2	Lounais-Suomen ympäristökeskus
MS (Fosfilt)	Maasuodattamo (Fosfilt)	1	Lounais-Suomen ympäristökeskus
MS (Biotiitti) I-3	Maasuodattamo (Biotiitti)	3	Kemira GrowHow / Kemwater
Vaaka-MS I-2	Vaakavirtausmaasuodattamo (fosforia sitova kerros)	2	Pirkanmaan ympäristökeskus
<b>2. Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot</b>			
MS + JS (Biotiitti) I-2	Maasuodattamo + Jälkisuodatus (Biotiitti)	2	Kemira GrowHow / Kemwater
MS + JS (Propipe) I-2	Maasuodattamo + Jälkisuodatus (Propipe 1400 Filt)	2	Propipe Oy
MS + JS (Propipe) 3	Maasuodattamo (Fosfilt) + Jälkisuodatus (Propipe 1400 Filt)	1	Lounais-Suomen ympäristökeskus
MS + JS (AlSO4)	Maasuodattamo + Jälkisaostus (AlSO4)	1	Jita Oy
MS + JS (Nordkalk)	Maasuodattamo ja Jälkisuodatus (Nordkalk Filtra P) harmaat vedet	1	Nordkalk Oyj Abp
<b>3. Panospuhdistamot</b>			
Upoclean I-5	Panospuhdistamo Upoclean 5	5	Uponor Suomi Oy
Wehoputs I-3	Panospuhdistamo Wehoputs 6	3	KWH Pipe Oy
BioKem I-3	Panospuhdistamo BioKem 6 tai 10	3	Wavin-Labko Oy
<b>4. Biosuotimet</b>			
Clewer Bio I-2	Clewer Bio 5	2	Clewer Oy
Clewer Bio + JS	Clewer Bio 5 + Jälkisuodatus (Propipe 1400 Filt)	1	Clewer Oy
Bio-PP + MS	Bio-PP5 + Maasuodatin (InDrän)	1	Teoplast Oy
Bio-PPF	Bio-PP5 fosforin saostuksella	1	Teoplast Oy
GreenPackSako +	Green Pack Sako Plus	1	Green Rock Oy
<b>5. Muut puhdistusmenetelmät</b>			
Biolan-HVS (k)	Harmaavesisuodatin (suodatinmateriaalina kookosrouhe)	5**	Biolan Oy
Biolan-HVS (s)	Harmaavesisuodatin (suodatinmateriaalina vesisammal)	5**	Biolan Oy
Filtralite I-2	Filtralite-suodattamo	2	Maxit Oy Ab
GreenPackSako I-2	Esisaostus + Kivivillasuodatin	2	Green Rock Oy
Ekoteko	Ekoteko + Saostuskaivo + Maasuodattamo	1	Kemira Growhow / Kemwater
Esisaostus (Nordkalk)	Esisaostus (Nordkalk Filtra P) + Maahan imeytyminen	1	Nordkalk Oyj Abp
Hiselk I-2	Hiselk - pienpuhdistamo	2	Pomiltek International Oy
Kumpareimeytys	Kumpareimeytys	1	Jita Oy

\* Yritys lopetti toimintansa tutkimuksen aikana.

\*\* Suodatinmassa vaihdettu kookosrouheesta vesisammaleeseen tutkimuksen aikana.



Kuva 4. Jälkisuodatuksella tehostetun maasuodattamon pituusleikkaus.

## 2.3 Panospuhdistamot

Panospuhdistamot ovat ns. laite- eli pienpuhdistamoita. Ne ovat tehdasvalmisteisia ja kompakteja laitteita, joiden puhdistusmenetelmä on yleensä biologis-kemiallinen (aktiivilieteprosessi ja fosforin rinnakkaissaostus). Panospuhdistamot toimivat panosperiaatteella eli jätevesi puhdistetaan erissä.

Tutkimuksessa oli mukana 11 panospuhdistamo, joiden tyypit, määrät ja laitetuomittajat sekä puhdistamoista käytettävät lyhenteet on esitetty taulukossa 2. Liitteessä 1 on esitetty tutkittujen panospuhdistamoiden prosessikaaviot sekä kiinteistöjen perustiedot.

## 2.4 Biosuotimet

Biosuotimet ovat panospuhdistamoiden tavoin laite- eli pienpuhdistamoita eli ovat tehdasvalmisteisia kokonaisuuksia. Biosuotimissa on suodatinmateriaalia, joka voi olla eri laitteissa hyvinkin eri kokoista ja mallista. Puhdistuminen tapahtuu suodatinmateriaalin pintaan muodostuvan biofilmin avulla. Biosuotimissa on usein käytössä myös joko fosforin rinnakkais- tai jälkisaostus. Menetelmä on biologinen tai biologis-kemiallinen.

Tutkimuksessa oli mukana 6 biosuodinta, joiden tyypit, määrät ja laitetuomittajat sekä puhdistamoista käytettävät lyhenteet on esitetty taulukossa 2. Liitteessä 1 on esitetty tutkittujen biosuodinten prosessikaaviot sekä kiinteistöjen perustiedot.

## 2.5 Muut menetelmät

Tutkimuksessa oli mukana 14 muihin puhdistusmenetelmiin luokiteltavaa puhdistamo. Niiden tyypit, määrät ja laitetuomittajat sekä puhdistamoista käytettävät lyhenteet on esitetty taulukossa 2. Liitteessä 1 on esitetty muiden tutkittujen puhdistusmenetelmien prosessikaaviot sekä kiinteistöjen perustiedot.

Harmaavesisuodatin on nimensä mukaisesti tarkoitettu pääasiassa harmaiden vesien käsittelyyn. Puhdistamoon voidaan johtaa myös kuivakäymälän suotovedet. Harmaavesisuodatin muistuttaa biosuodinta ja siinä suodatinmateriaalina käytetään kookosta tai vesisammalta.

Filtralite -suodattamot perustuvat fosforia tehokkaasti sitovaan kevytsoratyypiseen Filtralite-materiaaliin. Ne voivat olla kokoonpanoltaan hyvinkin erilaisia ja ne suunnitellaan yleensä tontin olosuhteiden huomioiden. Filtralite-suodattamo voi toimia ns. vaakavirtausmaasuodattamona, jolloin suodatusmateriaalina käytetään yksinomaan fosforia tehokkaasti sitovaa Filtralite P:tä. Suodatinkentän alkupäässä on lisäksi biologinen esisuodatus, jossa käytetään karkeampaa materiaalia ja sen tarkoituksena on poistaa jäteveden sisältämä orgaaninen aine ja typpi. Filtralite -suodattamo voi olla rakenteeltaan myös kompaktimpi, jolloin suodatinmateriaalit (esisuodatus ja Filtralite-suodatus) voivat olla erillisten säiliöiden sisällä. Veden virtaus suodattamoissa tapahtuu sekä pumppaamalla että painovoimaisesti.

Kivivillasuodatin (Green Pack Sako) koostuu laatikkoon asennetuista kivivilla-



kerroksista. Kivillä toimii suodatinmateriaalina ja sen pinnalle muodostuu biologisesti jättevettä puhdistava kerros.

Ekoteko-palalla tarkoitetaan WC-istui-  
meen tai muualle ennen saostuskaivoja  
asennettavaa fosforia saostavaa ainetta sisäl-  
tävää pientä laitetta. Aina kun WC huuhdel-  
laan, pieni määrä saostuskemikaalia huuhtou-  
tuu veden mukana saostaen jätteen sisäl-  
tämää fosforia.

Kumpareimeytyksessä vesi pumpataan  
saostuskaivojen jälkeen ja johdetaan imey-

tyskenttään, joka on rakennettu maanpin-  
nan päälle rakennettuihin kumpareisiin.

Hiselk-pienpuhdistamo muistuttaa pa-  
nospuhdistamo, mutta se eroaa toiminnal-  
taan niistä siten, että puhdistus ei tapahdu  
erissä vaan jatkuvatoimisesti. Se on taval-  
laan hyvin pienen mittakaavan aktiiviliete-  
puhdistamo.

Kuvassa 5 on kuvia tutkituista puhdis-  
tamoista.



a



b



c



d



e



f

Kuva 5. Kuvia tutkituista puhdistamoista



g



h



i



j

- a) Maasuodattamo + Jälkisuodatin (Propipe 1400 Filt) (MS+JS(Propipe)2)
- b) Esisuodatus (Nordkalk Filtra P) + maahanimeytys
- c) Maasuodattamo (MS2)
- d) Panospuhdistamo Upoclean 5 (Upoclean 2)
- e) Biolan harmaaavesisuodatin (Biolan-HVS 5)
- f) Bio-PP5 + maasuodatin (InDrän) Bio-PP+MS
- g) Panospuhdistamo BioKem (BioKem 3)
- h) BioKemin reaktorisäiliö
- i) Panospuhdistamo Wehoputs 6 (Wehoputs 3)
- j) Wehoputs 6:n kemikaalin annostelu

# 3

## Näytteenotto ja analysointi

### 3.1 Näytteenottojärjestelyt

Näytteenotto aloitettiin touko–elokuussa 2003 ja se kesti noin vuoden. Etelä-Suomen alueella sijaitsevien puhdistamokohteiden (27 kpl) näytteenoton hoiti SYKEN sertifioitu näytteenottaja. Loppujen hajallaan olevien kohteiden näytteenotto ja/tai analysointi tilattiin alihankintana seuraavilta tahoilta: Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy (SKY), Länsi-Suomen ympäristökeskus (LSU), Pirkanmaan ympäristökeskus (PIR), Lapin ympäristökeskus (LAP), Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus (PPO), Imatran kaupungin ympäristö- ja terveyslaboratorio sekä Virtain kaupunki. SYKEN ottamien näytteiden analysointi tehtiin osin SYKEN Suomenojan tutkimusaseman laboratoriossa ja osin Suunnittelukeskuksessa (SK).

Taulukossa 3 on esitetty puhdistamokohteet sijainteineen ja niiden näytteenottajat ja analysointipaikat.

Tutkittavat kohteet olivat normaalissa käyttötilanteessa ja ohjeiden mukainen ylläpito pyrittiin mahdollisimman hyvin varmistamaan. Näytteenottojen yhteydessä tarkastettiin puhdistamoiden toimivuus ja arvioitiin näytteenottohetkellä mahdolliset toimivuuteen vaikuttaneet tekijät. Puhdistamoille ei saanut tehdä mitään rakenteellisia muutoksia seurannan käynnistyttyä. Normaalit huolto- ja korjaustoimenpiteet olivat kuitenkin sallittuja, mutta niistäkin oli ilmoitettava etukäteen hankkeen tutkijoille.

### 3.2 Analyysit

Näytteistä analysoitiin biologinen hapenkulutus ( $BOD_7$ ), kemiallinen hapenkulutus ( $COD_{Cr}$ ), kiintoaine, kokonaisfosfori (Kok-P), liukoinen kokonaisfosfori, kokonaistyyppi (Kok-N), ja nitriitti-nitraattityppi ( $NO_{2+3}$ -N). Osasta näytteitä analysoitiin lisäksi ammo-

niiumtyyppi ( $NH_4$ -N) ja lähtevän jäteveden näytteistä analysoitiin myös fekaaliset enterokokit.

*Biologinen hapenkulutus* mittaa vedessä olevan orgaanisen aineen aiheuttamaa hapen kulumista. Hapen kulumisen aiheuttaa siitä, että bakteerit käyttävät vedessä olevaa orgaanista eloperäistä ainetta energianlähteenään, jolloin kuluu happea ja syntyy hiilidioksidia.

*Kemiallinen hapenkulutus* mittaa vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten aineiden määrää. Määrittämisessä hapettimena käytetään dikromaatti-iona, joka on vahva hapetin. Kaikki orgaaninen aines ei hapetu, joten tulos on suhteellinen.

*Kiintoaineen* määrä kuvaa vedessä olevaa hiukkasmaista ainesta. Määrittäminen tehdään suodattamalla tietty vesimäärä tiheän kalvon läpi, joka kuivataan ja punnitaan.

*Kokonaisfosfori* ilmoittaa veden kokonaisfosforipitoisuuden. Siihen sisältyvät mm. fosfaatit, polyfosfaatit ja orgaaninen fosfori, jotka voivat olla joko liukoissa muodossa tai kiinteänä sakkana. Fosforipitoisuus on erittäin tärkeä veden rehevyyden arvioinnissa. Se on vesistöissä yleensä myös ns. perustuotannon minimitekijä eli korkea fosforipitoisuus aiheuttaa liiallista levän kasvua.

*Kokonaistyyppi* ilmoittaa veden kokonaistyyppipitoisuuden. Siihen sisältyvät kaikki eri tyyppien esiintymismuodot, kuten orgaaninen tyyppi ja epäorgaaniset muodot. Nitraatin, nitriitin ja ammoniumin pitoisuudet voidaan mitata myös erikseen. Talousjätevesien tyyppi on puhdistamoon johdettavissa lähinnä ammoniumtyyppinä ( $NH_4$ -N). Jäteveden käsittelyn tarkoituksena tyyppien osalta on muuttaa ammoniumtyyppi nitriitti- ja nitraattityypeksi ( $NO_{2+3}$ -N) ja edelleen tyyppikaasuksi. Ensimmäistä reaktiota sanotaan nitrifikaatioksi ja jälkimmäistä denitrifikaatioksi. Käytännössä kiinteistökohtaiset puhdistamot pystyvät yleensä osin nitrifioimaan tyyppiä.



Taulukko 3. Puhdistamokohteiden sijainti, näytteenottotahot sekä analysointipaikat.

Puhdistamot	Sijainti	Näytteenotto	Analyysit
<b>Maasuodattamot:</b>			
MS 1	Säkylä	SYKE	SYKE & SK
MS 2	Eura	SYKE	SYKE & SK
MS (Fosfilit)	Yläne	SYKE	SYKE & SK
MS (Biotiitti) 1	Siilinjärvi	SKY	SKY
MS (Biotiitti) 2	Siilinjärvi	SKY	SKY
MS (Biotiitti) 3	Siilinjärvi	SKY	SKY
Vaaka-MS 1	Kuru	PIR	PIR
Vaaka-MS 2	Kuru	PIR	PIR
<b>Maasuodattamo + Jälkisuodatin:</b>			
MS + JS (Biotiitti) 1	Siilinjärvi	SKY	SKY
MS + JS (Biotiitti) 2	Siilinjärvi	SKY	SKY
MS + JS (Propipe) 1	Vihti	SYKE	SYKE & SK
MS + JS (Propipe) 2	Askola	SYKE	SYKE & SK
MS + JS (Propipe) 3	Yläne	SYKE	SYKE & SK
MS + JS (AISO4)	Virrat	Virtain kaupunki	PIR
MS + JS (Nordkalk)	Yläne	SYKE	SYKE & SK
<b>Panospuhdistamot:</b>			
Upoclean 1	Kirkkonummi	SYKE	SYKE & SK
Upoclean 2	Tuusula	SYKE	SYKE & SK
Upoclean 3	Tuusula	SYKE	SYKE & SK
Upoclean 4	Vihti	SYKE	SYKE & SK
Upoclean 5	Myrskylä	SYKE	SYKE & SK
Wehoputs 1	Mustasaari	LSU	LSU
Wehoputs 2	Mustasaari	LSU	LSU
Wehoputs 3	Porvoo	SYKE	SYKE & SK
BioKem 1	Sipoo	SYKE	SYKE & SK
BioKem 2	Vammala	SYKE	SYKE & SK
BioKem 3	Nummela	SYKE	SYKE & SK
<b>Biosuotimet:</b>			
Clewer Bio 1	Lohja	SYKE	SYKE & SK
Clewer Bio 2	Rovaniemi mlk	LAP	LAP
Clewer Bio + JS	Rovaniemi mlk	LAP	LAP
Bio-PP + MS	Mäntsälä	SYKE	SYKE & SK
Bio-PPF	Joutseno	Kohteen asukas	Imatran kaupunki
GreenPackSako +	Forssa	SYKE	SYKE & SK
<b>Muut:</b>			
Biolan-HVS 1	Jokela	SYKE	SYKE & SK
Biolan-HVS 2	Nauvo	SYKE	SYKE & SK
Biolan-HVS 3	Eurajoki	SYKE	SYKE & SK
Biolan-HVS 4	Säkylä	SYKE	SYKE & SK
Biolan-HVS 5	Lappi	SYKE	SYKE & SK
Filtralite 1	Sipoo	SYKE	SYKE & SK
Filtralite 2	Kuusankoski	SYKE	SYKE & SK
GreenPackSako 1	Haapajärvi	PPO	PPO
GreenPackSako 2	Haapajärvi	PPO	PPO
Ekoteko	Siilinjärvi	SKY	SKY
Esisaostus (Nordkalk)	Parainen	SYKE	SYKE & SK
Hiselk 1	Ilmajoki	LSU	LSU
Hiselk 2	Kurikka	LSU	LSU
Kumpareimeytys	Virrat	Virtain kaupunki	PIR



Ulosteperäisen kuormituksen indikaattoreina käytetään ulosteissa normaalisti erittäin runsaina esiintyviä fekaalisia kolibakteereja ja *fekaalisia enterokokkeja*. Nämä eivät ole varsinaisia taudinaiheuttajia, mutta niiden esiintyminen kertoo mahdollisesta riskistä, että vedessä voi olla myös taudin aiheuttajia. Yhdyskuntien jätevesien lisäksi haja-asutus ja karjatalous aiheuttavat ulosteperäistä kuormitusta.

### 3.3 Näytteenotto

Näytteenoton ja puhdistamoiden tarkkailun piiriin kuului Etelä-Suomessa yhteensä lähes kolmekymmentä kohdetta. Näissä kohteissa suurimmat etäisyydet olivat jonkin verran yli 200 km Espoosta, mistä näytteenottomatkat käynnistyivät. Muiden kohteiden näytteenotto ostettiin alihankintana kuten kappaleessa 3.1 on kerrottu.

Käyntejä joka kohteeseen oli tarkoitettu tehdä 6–7 reilun vuoden aikana, joten matkojen etukäteissuunnittelu tarkkojen sijaintikarttojen avulla oli tärkeää ajomatkoihin kohtuullistamiseksi. Silti pisimmät päivämatkat nousivat noin 700 km:n mittaisiksi, koska samalle päivälle valituissa kohteissa oli käytävä useamman kerran pidennetyn työpäivän aikana. Muutamia kohteisiin oli tehtävä yksittäismatkoja johtuen esimerkiksi poikkeuksellisesta näytteensaantiajasta. Seuraavassa pari esimerkkiä: Eräs panospuhdistamo (3 kpl) pumppasi kirkasteen ulos klo 4.50 yöllä, erään panospuhdistamon mahdollinen pumppausaika selvisi kaukoseurannalla, ja näytteenottaja sai tiedon siitä n. klo 22.30.

Näytteenoton aikatauluihin vaikuttivat sekä laboratorioiden mahdollisuudet, että analyysien erityisvaatimukset, esimerkiksi bakteerimääritys, joka määräsi myös näytteiden nopean toimituksen laboratorioon.

Näytteenotto oli ratkaisevassa osassa puhdistamoiden toimintaa arvioitaessa. Tarkkakin analysointi laboratorioissa antaa vääriä tuloksia, jos näyte ei ole edustava. Näytteenotossa noudatettiin näytteenottajien sertifiointielimen hyväksymien kurssien viimeisintä ohjeistusta, projektin vastuhenkilöiden antamia evästyksiä sekä käytettiin hyväksi henkilöstön pitkää kokemusta jäteveden puhdistuksesta ja näytteiden käsittelystä.

Pidennetyn työpäivän aikana otettiin useampia osanäytteitä, joista muodostui kokoomanäyte. Kokonaisuudessa näytteitä otettiin yhdestä puhdistamosta seuraavasti: puhdistamosta lähtevästä vedestä 6–7, puhdistamoon tulevasta 1, mikäli mahdollista, ja mahdollisista välipisteistä 2–4 näytettä. Panospuhdistamoilla kokoomanäyte muodostui useimmissa tapauksissa ulospumpauksen aikana kerätyistä osanäytteistä. Tarkoituksena oli simuloida automaattista näytteenotinta, joka käynnistysimpulssin saatuaan ottaa näytteet tasavälein. Näytteenotossa huomioitiin myös virtaamavaihtelu.

Poikkeuksena tähän käytäntöön oli operointi Upoclean 5:n kanssa. Uponorin ja projektin asiantuntijoiden ryhmä sopi prosessin näytteenoton mahdollistamaan tilaan saattamiseksi tietystä toimenpideohjelmasta, jota noudatettiin, ja näyte otettiin suoraan reaktorista.

Tutkimuskohteiden yksilöllisyydestä ja paljoudesta johtuen, ei käytännön kenttätyössä menty automatisointiin. Manuaalinen näytteenotto mahdollisti tarkemman havainnoinnin seikoista, jotka saattoivat vaikuttaa näytteen edustavuuteen, esimerkiksi mahdolliset hetkittäiset virtaamavaihtelut.

Tulevan jäteveden laadun selvityksen kannalta tarvitaan sopivin väliajoin siihen keskittynyt erillinen projekti, josta saadaan tieto päivittää asetuksen kuormitusluku. Harmaiden jätevesien keräily tuloputken päästä on vielä yksinkertaista, mutta wc-vesien mukaantulo mutkistaa näytteenottoa ja analysointia. Saostuskaivojen toiminta oli tarkistettava ensin, jos näyte otettiin niiden jälkeen. Joissakin panospuhdistamoissa varsinaiseen prosessisäiliöön pumpattavassa vedessä oli mukana sisäinen kierto. Eli ylimääräliete pumpattiin prosessissa taaksepäin, jolloin liete aiheutti niukkahappisessa varastotilassa rikastumista, myös saostuskemikaali lietteessä mukana. Lisäksi nämä pumppausvarastot olivat osa puhdistamoita, eli eivät olleet tuloveden näytteenottopisteitä.

Erityistä esisuunnittelua vaativia kohteita oli muutama. Loma-asuntokohteissa oli selvítettävä asukkaiden paikallaoloajat, lossien aikataulut ja mahdollinen kaivojen jäätyminen käyttämättömän jakson jälkeen. Lisäksi eräässä puhdistamotyypissä tarvittiin traktori siirtämään peitekansia ja jossakin seisovat sulamisvedet notkoon sijoitetun suodatuskentän päällä.

### **3.4 Toimivuus- tutkimukset ja kenttä- määritykset**

Osa analyyseistä tehtiin paikan päällä. Lämpötila mitattiin kokoomanäytteestä ja yhdestä osanäytteestä. Samoista pisteistä mitattiin pH Hachin Sension 1 mittarilla, jossa oli yhdistelmäanturi. Tulokset merkittiin havainnointia varten kehitetylle toimivuustutkimus-lomakkeelle (Liite 2). Sille kirjattiin havainnot sääolosuhteista, puhdistamon kunnosta, saostuskaivojen tilasta, puhdistetun veden ulkonäöstä ja hajusta, huolloista ja muista ennalta määrittämättömistä seikoista. Tutkimuksen alussa kaikista tutkittavista kohteista täytettiin myös puhdistamotietolomake (Liite 3), jolle kirjattiin mm. tulosten tulkinnassa tarvittavia tietoja puhdistamosta.

### **3.5 Vedenkulutuskysely**

Kohteiden vedenkulutuksesta lähetettiin asukkaille vedenkulutuskysely (Liite 4), jonka tarkoituksena oli arvioida keskimääräinen vedenkulutus ja kohteiden vedenkäyttötottumukset. Kyselyn tulokset olivat vaihtelevia ja hyvin tulkinnanvaraisia, eikä niitä käytetty sellaisenaan tulosten käsittelyyn. Niiden avulla tehtiin ainoastaan suuntaa antavia arvioita kohteiden vedenkäyttötottumuksista.

# 4

## Puhdistustulokset

### 4.1 Yleistä

Tässä luvussa esitetään puhdistamokohtaisesti keskeisimmät tulokset sekä niiden perusteella lasketut keskiarvot ja mediaanit. Tulokuvissa on mukana myös hajajätevesi-asetuksen kuormituslukujen ja peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti lasketut sallitut enimmäispitoisuudet kokonaisfosforille ja -typelle sekä orgaaniselle aineelle (BOD<sub>7</sub>). Puhdistamoiden kaikkien näytteenottokerrojen tulokset on esitetty liitteessä 5.

Asetuksen mukaiset tulevan jätevesikuormituksen vähenemät (%) laskettiin vertaamalla lähtevän jäteveden kuormitusta (päästö g/asukas/vrk) asetuksen kuormituslukuihin jokaisen kohteen vedenkulutustiedot ja asukasmäärä huomioiden. Harmaajätevesikohteissa puhdistusprosessia käsiteltiin kokonaisuutena siten, että myös WC-vesien käsittely huomioitiin kuormituksen vähenemien laskennassa.

### 4.2 Laskutoimitukset

Puhdistamoiden tulokset pyrittiin käsittelemään mahdollisimman yhteismitallisesti, jotta niitä voitaisiin helpommin verrata keskenään. Koska tulevan jäteveden näytteitä otettiin yleensä vain kerran puhdistamoa kohden, ei niiden perusteella saatu luotetta-

vaa tietoa puhdistamolle tulevasta jätevesikuormituksesta. Näin ollen puhdistustehot eli kuormituksen vähenemät (%) ja käsitellyn jäteveden aiheuttamat päästöt ympäristöön laskettiin asetuksen kuormituslukujen ja kohteiden vedenkulutusarvioiden perusteella.

Kohteiden keskimääräiseksi vedenkulutukseksi saatiin mitattujen arvojen (vesimittarit, panoslaskurit) ja vedenkulutuskyseilyn perusteella 110 l/asukas/vrk. Arvo on lähellä Hajasampo-projektin keskimääräistä vedenkulutusta, joka oli 114 l/asukas/vrk.

Yksittäisten kohteiden tulosten käsittelyssä käytettiin yleensä vedenkulutusarvona saatua keskimääräistä vedenkulutusta 110 l/asukas/vrk. Niiden puhdistamoiden kohdalla, joiden vedenkulutus todistettavasti oli selvästi alhaisempi tai korkeampi kuin keskiarvo, käytettiin vedenkulutusarvoina 70 l/asukas/vrk tai 160 l/asukas/vrk. Harmaata vettä (+ virtsaa tai suotovesiä) käsittelevissä puhdistamoissa vedenkulutusarvona käytettiin 80 l/asukas/vrk. Kaikki vedenkulutustiedot (mitatut ja arvioidut) ovat vain suuntaa antavia, koska mitatutkin tiedot ovat pitkältä aikaväliltä eivätkä juuri näytteenottohetken ajalta.

Taulukossa 4 on esitetty fosforille, typelle ja orgaaniselle aineelle (BOD<sub>7</sub>) asetuksen mukaiset tulevan jäteveden kuormitukset (g/asukas/vrk), käsittelyvaatimukset (%), lähtevän jäteveden sallitut enimmäis-

Taulukko 4. Asetuksen mukaiset parametrit fosforille, typelle ja orgaaniselle aineelle.

Parametri	Kok-P		Kok-N		BOD <sub>7</sub>	
	perus	lievennetty	perus	lievennetty	perus	lievennetty
Käsittelyvaatimus (%)	85	70	40	30	90	80
Tuleva kuormitus (= kuormitusluku) (g/asukas/vrk)	2,2	2,2	14	14	50	50
Sallittu enimmäispäästö (g/asukas/vrk)	0,33	0,66	8,4	9,8	5	10
Tuleva pitoisuus (mg/l)	20	20	127	127	455	455
Sallittu lähtevän jäteveden pitoisuus (mg/l)	3	6	76	89	45	91

Peruskäsittelyvaatimus = Asetuksen yleinen käsittelyvaatimus

Lievennetty käsittelyvaatimus = Kunnan ympäristönsuojelumääräyksissä määritelty käsittelyvaatimus

päästöt (g/asukas/vrk) sekä keskimääräisen vedenkulutuksen 110 l/asukas/vrk perusteella lasketut tulevan jäteveden pitoisuudet ja lähtevän jäteveden sallitut enimmäispitoisuudet.

Koska kaikki kappaleissa 4 ja 5 esitetyt kuormituksen vähenemät (%) ja lähtevän jäteveden päästöt ympäristöön (g/asukas/vrk) laskettiin asetuksen kuormituslukuja ja vedenkulutusarvioita käyttämällä, on niihin

syytä suhtautua varauksella. Kaikkien kohteiden osalta vedenkulutusarvot eivät ole kovin tarkkoja, ainoastaan suuntaa antavia. Laskettujen vähenemien arvioitu epätarkkuus on luokkaa ± 5 %-yksikköä ja päästöjen noin 5 – 10 %.

Laskutoimituksissa käytettiin seuraavia kaavoja:

$$\text{Asetuksen mukainen keskimääräinen kuormituksen vähenemä (\%)} = \frac{\text{Kuormitusluku} - (\text{Pitoisuus} \times \text{Vedenkulutus}) / 1000}{\text{Kuormitusluku}}$$

$$\text{Asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen (\%) mukaan laskettu lähtevän jäteveden sallittu enimmäispitoisuus (mg/l)} = \frac{\text{Kuormitusluku} \times 1000}{\text{Vedenkulutus}} \times \frac{100 - \text{Käsittelyvaatimus}}{100}$$

$$\text{Käsittelyn jäteveden aiheuttama päästö ympäristöön (g/asukas/vrk)} = \frac{\text{Pitoisuus} \times \text{Vedenkulutus}}{1000}$$

missä,

Kuormitusluku	Haja-asutuksen kuormitusluku, jolla tarkoitetaan yhden asukkaan käsittelemättömien jätevesien keskimääräistä kuormitusta (g/asukas/vrk). Kuormituslukujen arvot fosforille, typelle ja BOD <sub>5</sub> :lle on esitetty taulukossa 4.
Pitoisuus	Lähtevän jäteveden keskimääräinen pitoisuus (mg/l)
Vedenkulutus	Mitattu tai arvioitu vedenkulutus (l/asukas/vrk)
Käsittelyvaatimus	Asetuksen mukainen kuormituksen vähentämisvaatimus (%), jonka arvot on lueteltu taulukossa 4.

## 4.3 Tulevan jäteveden laatu

### 4.3.1 Tulevan jäteveden näytteet

Jokaisesta puhdistamokohteesta pyrittiin ottamaan ainakin yksi tulevan jäteveden näyte tulevan jätevesikuormituksen arvioimiseksi. Tulevan jäteveden näytteet otettiin saostussäiliöiden jälkeen pääosin kertanäytteinä. Joistakin kohteista tulevan jäteveden näytettä ei otettu lainkaan, koska niistä ei saatu edustavaa näytettä. Saostussäiliöistä lähtevän jäteveden laatu analyysitulosten mukaisesti on esitetty taulukossa 5.

Saostussäiliöistä lähtevän jäteveden pitoisuudet vaihtelivat paljon. Koska jokaisesta kohteesta otettiin yleensä vain yksi tulevan jäteveden näyte, niiden perusteella ei ryhdytty laskemaan puhdistusreduktioita ko. puhdistamoille. Kaikki seuraavissa kappaleissa esitetyt puhdistusreduktiot (= kuormituksen vähenemät) on laskettu asetuksen kuormituslukujen mukaan.

Taulukko 5. Saostussäiliöistä lähtevän jäteveden laatu.

Parametri	Kok-P mg/l	Kok-N mg/l	BOD <sub>7</sub> mg/l	Kiintoaine mg/l
Keskiarvo	17	95	282	135
Mediaani	16	97	245	78
Minimi	8	20	15	25
Maksimi	34	150	790	580
Näytteiden lkm	43	38	42	41

### 4.3.2 Vertailu SYKEN Hajasampo-hankkeen tuloksiin

Tutkittujen puhdistamoiden tulevan jäteveden näytteiden keskiarvot ja mediaanit (taulukko 5) olivat samaa suuruusluokkaa kuin vuosina 1998 – 2001 toteutetun Hajasampo-hankkeen mukaiset arvot (Kujala-Räty ym. 2001, Kujala-Räty 2004). Hajasampo-hankkeessa saostussäiliöistä lähtevän jäteveden pitoisuudet (keskiarvo ja mediaani) on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Saostuskaivosta lähtevän jäteveden pitoisuudet Hajasampo-hankkeessa (Kujala-Räty ym 2001, Kujala-Räty 2004).

Parametri	Kok-P mg/l	Kok-N mg/l	BOD <sub>7</sub> mg/l	Kiintoaine mg/l
Keskiarvo	16	105	227	71
Mediaani	12	99	220	71

### 4.3.3 Vertailu hajajätevesi-asetuksen kuormituslukuihin (g/asukas/vrk)

Saostussäiliöiden puhdistustehoksi voidaan olettaa BOD<sub>7</sub>:n suhteen 30 %. Vastaavasti kokonaisfosforin ja kokonaistypen suhteen puhdistusteho on 15 %:n suuruusluokkaa (Santala, 1990). Jos lisäksi käytetään keskimääräisenä vedenkulutuksena 110 l/vrk/asukas, voidaan laskea tulevan raakajäteveden aiheuttama keskimääräinen jätevesikuormitus: kokonaisfosfori 2,2 g/vrk/asukas, kokonaistyyppi 12,3 g/vrk/asukas ja BOD<sub>7</sub> 44,3 g/vrk/asukas.

Vertaamalla saatuja lukuja asetuksen mukaisiin kuormituslukuihin (kok-P 2,2, kok-N 14 ja BOD<sub>7</sub> 50 g/vrk/as.) huomataan, että fosforin kohdalla luku on täsmälleen sama ja tyypellä ja BOD<sub>7</sub>:llä hieman alhaisemmat, mutta kuitenkin samaa suuruusluokkaa. Eli ainakin keskimäärin seurattujen puhdistamoiden tulevan jäteveden laatu oli asetuksen kuormituslukujen mukainen. Lisäksi voidaan todeta, että asetuksessa käytetyt arvot vastaavat varsin hyvin todellisten puhdistamoiden kuormitusta.

### 4.3.4 Tulevan jäteveden pitoisuudet verrattuna asetuksen kuormituslukujen mukaisiin pitoisuuksiin

Puhdistamoille tulevan jäteveden näytteiden pitoisuutta verrattiin laskennassa käytettäviin tulevan jäteveden pitoisuuksiin, jotka saatiin asetuksen kuormituslukujen ja vedenkulutusarvioiden perusteella. Koska tulevan jäteveden näytteet otettiin yleensä saostuskaivojen jälkeen huomioitiin vertailussa saostuskaivojen puhdistava vaikutus sellaisilla puhdistamoilla, joissa oli saostuskaivot.

Todelliset tulevan jäteveden pitoisuudet sekä asetuksen mukaiset laskennassa käytetyt pitoisuudet on esitetty taulukossa 7.

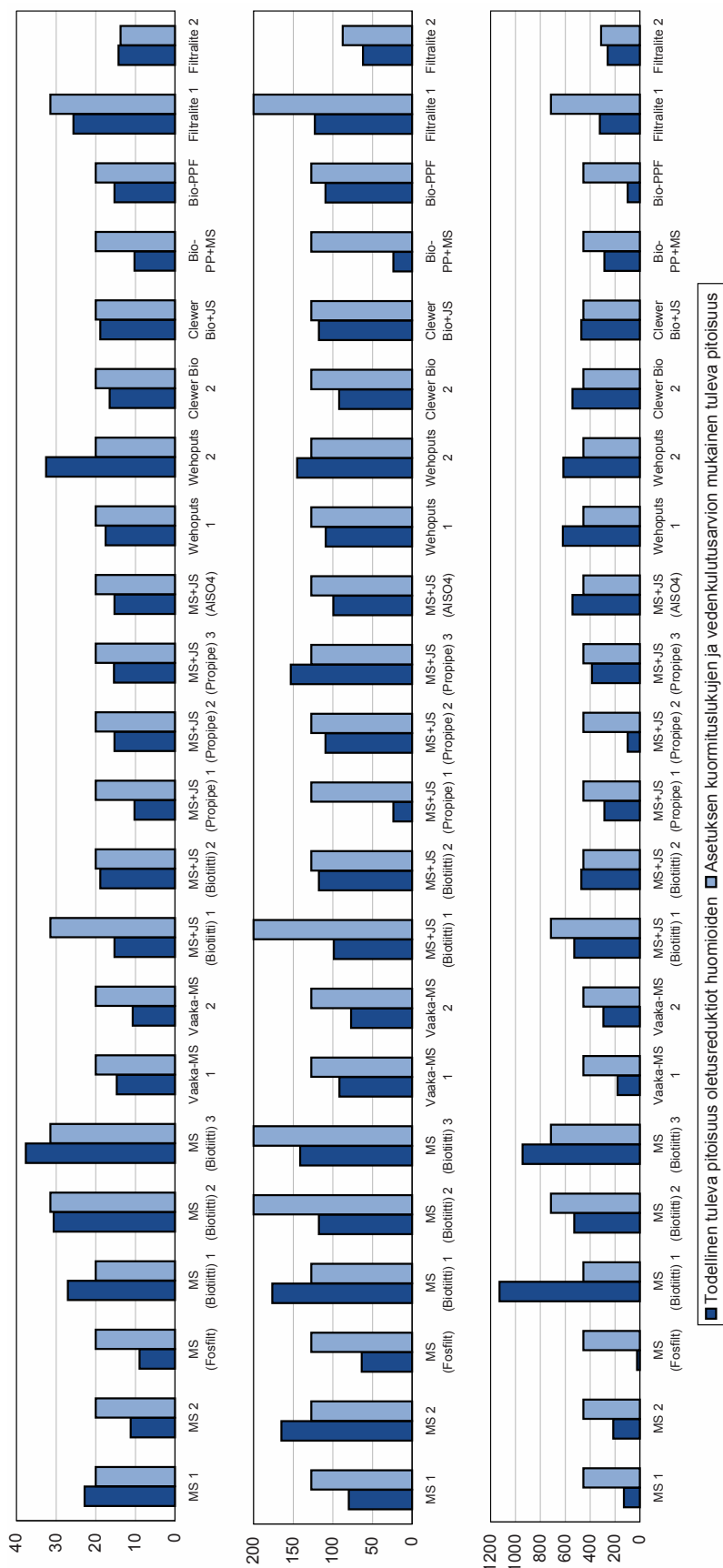
Taulukon 7 mukaan 18 puhdistamolla todelliset fosforin ja typen tulopitoisuudet olivat yhtä suuria tai alhaisempia kuin asetuksen kuormitusluvun ja kohteen vedenkulutuksen perusteella lasketut tulopitoisuudet. Vain neljällä puhdistamolla tulopitoisuudet olivat todellisuudessa korkeampia. Orgaaniseen aineeseen (BOD<sub>7</sub>) osalta vastaavat luvut olivat 14 ja 8.

Taulukko 7. Hajajätevesiasetuksen mukaisesti laskettujen tulevan jäteveden pitoisuuksien vertailu todellisiin mitattuihin tulevan jäteveden pitoisuuksiin. Tulevan jäteveden näytteet otettiin yleensä saostuskaivojen jälkeen, joten taulukon arvoissa on huomioitu saostuskaivon oletusreduktiot fosforille ja typelle 15 % ja orgaaniselle aineelle 30 %.

	Tulevan jäteveden pitoisuus (mg/l)					
	Kok-P		Kok-N		BOD <sub>7</sub>	
	Todellinen	Asetuksen mukainen	Todellinen	Asetuksen mukainen	Todellinen	Asetuksen mukainen
<b>1. Maasuodattimet</b>						
MS 1	23	20	80	127	129	455
MS 2	11	20	165	127	214	455
MS (Fosfilt)	9	20	64	127	21	455
MS (Biotiitti) 1	27	20	176	127	1129	455
MS (Biotiitti) 2	31	31	118	200	529	714
MS (Biotiitti) 3	38	31	141	200	943	714
Vaaka-MS 1	15	20	92	127	179	455
Vaaka-MS 2	11	20	77	127	293	455
<b>2. Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattimet</b>						
MS + JS (Biotiitti) 1	15	31	99	200	529	714
MS + JS (Biotiitti) 2	19	20	118	127	471	455
MS + JS (Propipe) 1	10	20	24	127	286	455
MS + JS (Propipe) 2	15	20	109	127	99	455
MS + JS (Propipe) 3	15	20	153	127	386	455
MS + JS (AlSO <sub>4</sub> )	15	20	99	127	543	455
<b>3. Panospuhdistamot</b>						
Wehoputs 1	18	20	109	127	620	455
Wehoputs 2	33	20	145	127	615	455
<b>4. Biosuodattimet</b>						
Clewer Bio 2	16	20	92	127	543	455
Clewer Bio + JS	19	20	118	127	471	455
Bio-PP + MS	10	20	24	127	286	455
Bio-PPF	15	20	109	127	99	455
<b>5. Muut</b>						
Filtralite 1	26	31	123	200	322	714
Filtralite 2	14	14	62	88	260	313

Näin ollen kuormituslukujen ja vedenkulutusarvioiden perusteella lasketut kuormituksen vähenemät (%) eivät suurimmassa osassa puhdistamoita ainakaan ole huonompia kuin todelliset reduktiot. Kappaleissa 4 ja 5 esitetyt kuormituksen vähenemät eivät siten täysin vastaa todellisia reduktioita, mutta antavat jonkinlaisia arvioita todellisten reduktioiden suuruudesta. Kappaleissa käytetty laskentatapa antaa suurimmassa osassa tapauksista tulokseksi korkeamman puhdistustehon kuin mihin todellisia

reduktioita käyttämällä olisi päästy. On kuitenkin muistettava, että taulukon 7 mukainen vertailu perustuu pääosin vain yhden näytteenottokerran tuloksiin eikä näin ollen ole kovin tarkka. Tulevan ja lähtevän jäteveden näytteet eivät myöskään käytännössä ole "samaa vettä", koska viipymät puhdistamoissa voivat olla jopa vuorokausia. Myös saostussäiliöiden oletusreduktiot ovat vain arvioita. Kuvassa 6 on esitetty taulukon 7 arvot graafisessa muodossa.



Kuva 6. Asetuksen mukaisesti laskettujen tulevan jäteveden pitoisuuksien vertailu todellisiin tulevan jäteveden pitoisuuksiin, joissa on huomioitu saostuskaivossa tapahtuvat oletetut reduktiot (kok-P 15 %, Kok-N 15 % ja BOD<sub>7</sub> 30 %).



## 4.4 Maasuodattamot

Tutkimuksessa seurattiin 8 maasuodattamon toimintaa. Tulosten käsittelyssä käytettiin seuraavia lyhenteitä:

MS 1-2	= Tavallinen maasuodattamo
MS (Fosfilt)	= Maasuodattamo (Fosfilt)
MS (Biotiitti) 1-3	= Maasuodattamo (Biotiitti)
Vaaka-MS 1-2	= Vaakavirtausmaasuodattamo (fosforia sitova kerros)

Kaksi tutkittua maasuodattamoa oli ns. tavanomaisia maasuodattimia ilman fosforin poiston tehostamista. Kaikissa muissa maasuodattamoissa oli fosforia adsorboivaa (sitovaa) ainetta.

Maasuodattamoissa käsitellyn jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mediaanit ja keskiarvot) sekä näytteiden lukumäärät on esitetty taulukossa 8. Asetuksen mukaisesti lasketut kuormituksen vähenemät (%), päästöt ympäristöön (g/asukas/vrk) sekä kohteiden vedenkulutusarvot on esitetty taulukossa 9. Kokonaisfosforin, kokonaistypen, orgaanisen aineen (BOD<sub>7</sub>) ja kiin-

toaineen pitoisuudet eri näytteenottokerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen ja peruskäsittelyvaatimusten perusteella lasketut lähtevän jäteveden sallitut enimmäispitoisuudet on esitetty viereisellä sivulla kuvassa 7.

Tavallisten maasuodattamoiden (MS 1 ja MS 2) fosforitulokset olivat selvästi huonompia kuin fosforia sitovaa materiaalia sisältävillä maasuodattamoilla keskimäärin. Typen ja etenkin BOD<sub>7</sub>:n suhteen kaikki maasuodattamot toimivat melko tasaisesti. Kiintoainetta karkasi vain satunnaisesti. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä ei yleensä noussut kovin korkeaksi.

Kappaleen 4.5 tavalliset maasuodattamot, joiden perässä oli fosforin jälkisuodatin, toimivat fosforin ja typen suhteen keskimäärin hieman paremmin kuin MS 1 ja MS 2. Niiden keskimääräinen lähtevän jäteveden fosforipitoisuus oli 4,3 mg/l, typpipitoisuus 52 mg/l ja BOD<sub>7</sub> 8 mg/l. Näytteet oli otettu ennen jälkisuodatinta.

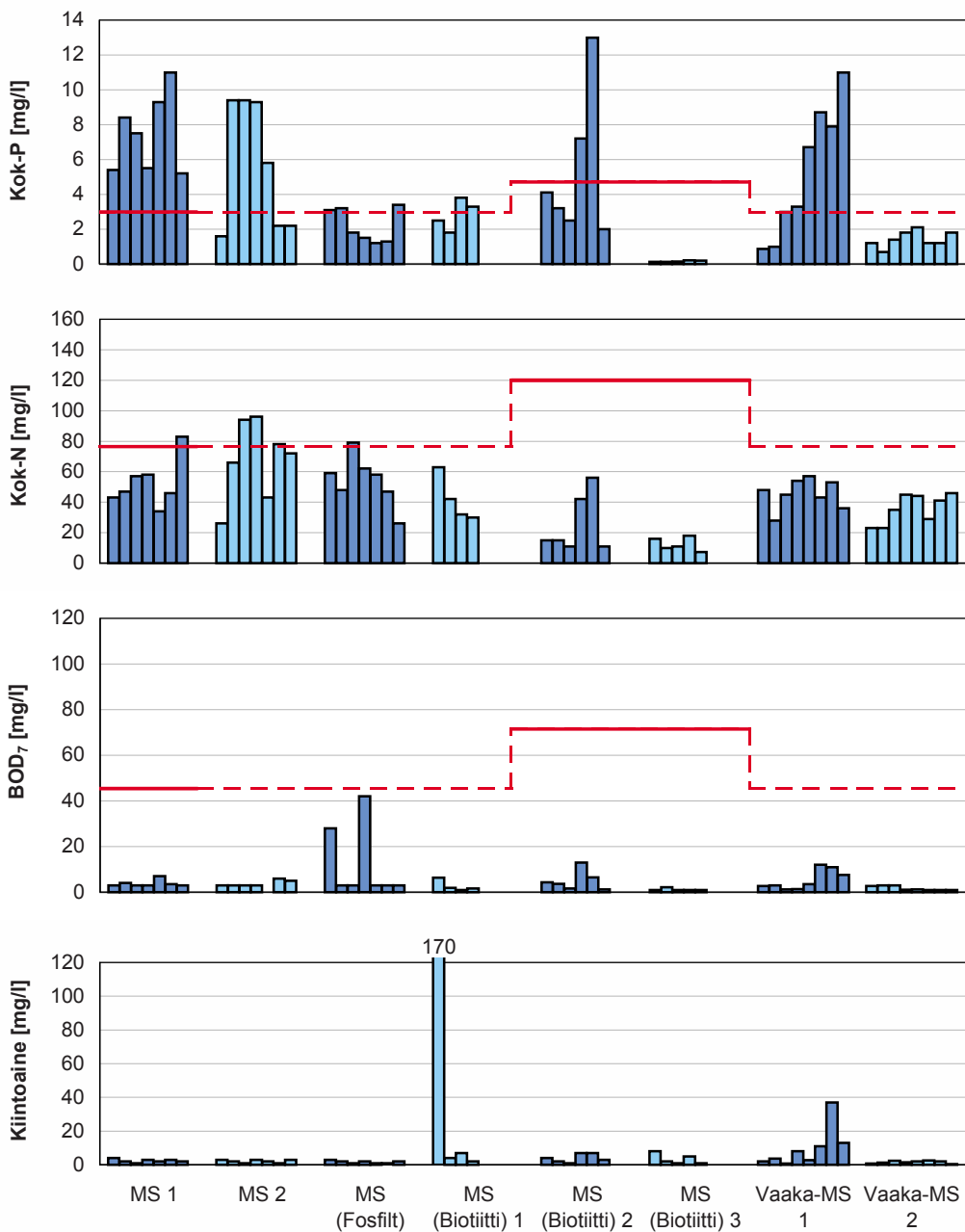
Toisaalta MS1 ja MS 2 olivat vanhempia kuin kappaleen 2 maasuodattamot.

Taulukko 8. Maasuodattamoiden puhdistustulosten mediaanit (Md) ja keskiarvot (KA).

Kohde	Näytteet lkm	Kok-P mg/l		Kok-N mg/l		BOD <sub>7</sub> mg/l		Kiintoaine mg/l		Fek.enterokokit kpl/100ml	
		Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA
MS 1	7	7,5	7,5	47	53	3	4	2	2	250	2427
MS 2	7	5,8	5,7	72	68	3	4	2	2	140	561
MS (Fosfilt)	7	1,8	2,2	58	54	3	12	2	2	460	6046
MS (Biotiitti) 1	4	2,9	2,9	37	42	2	3	6	46	13	72
MS (Biotiitti) 2	6	3,7	5,3	15	25	4	5	4	4	21	69
MS (Biotiitti) 3	5	0,2	0,2	11	13	1	1	2	3	2	3
Vaaka-MS 1	8	5,0	5,3	47	46	3	5	6	10	0	24
Vaaka-MS 2	8	1,3	1,4	38	36	1	2	2	2	11	12
Kaikki		2,8	4,0	44	43	3	5	2	7	20	1235

Taulukko 9. Maasuodattamoiden keskimääräiset kuormituksen vähenemät (%) ja päästöt (g/asukas/vrk) ympäristöön sekä arvioitujen vedenkulutukset.

Kohde	Vedenkulutus l/asukas/vrk	Kuormituksen vähenemät (%)			Päästöt (g/asukas/vrk)		
		Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>	Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>
MS 1	110	63	58	99	0,83	5,8	0,4
MS 2	110	72	47	99	0,63	7,5	0,4
MS (Fosfilt)	110	89	58	97	0,24	5,9	1,3
MS (Biotiitti) 1	110	86	67	99	0,32	4,6	0,3
MS (Biotiitti) 2	70	83	88	99	0,37	1,8	0,4
MS (Biotiitti) 3	70	99	94	100	0,01	0,9	0,1
Vaaka-MS 1	110	74	64	99	0,58	5,1	0,6
Vaaka-MS 2	110	93	72	100	0,15	4,0	0,2



Kuva 7. Maasuodattamoissa käsitellyn jäteveden pitoisuudet (kok-P, kok-N, BOD<sub>7</sub> ja kiintoaine) eri näytteenotto-kerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen perusteella laskettu lähtevän jäteveden sallittu enimmäispitoisuus kohteiden vedenkulutus huomioiden (katkoviiva = vedenkulutusarvioon perustuva, kiinteä viiva = mitattuun vedenkulutukseen perustuva) sekä tulosten tulkinnassa huomioitavat asiat.

Kohde	Huomioitavat asiat
MS 1	Saostuskaivot tyhjenetty 6. näyttekerran jälkeen
MS 2	Saostuskaivot tyhjenetty 5. näyttekerran jälkeen
MS (Fosfilt)	Saostuskaivot tyhjenetty 1. näyttekerran jälkeen
MS (Biotiitti) 1	1. näyttekerralla lähtöputkessa paljon savea (korkea kiintoainepitoisuus?)
MS (Biotiitti) 2	Saostuskaivot tyhjenetty 2. näyttekerran jälkeen, saostuskaivot täysinä viimeisellä näyttekerralla
MS (Biotiitti) 3	-
Vaaka-MS 1	Saostuskaivojen tyhjennys laiminlyöty
Vaaka-MS 2	Saostuskaivojen tyhjennys laiminlyöty

## 4.5 Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot

Tutkimuksessa seurattiin 7 jälkisuodatuksella tehostetun maasuodattamon toimintaa. Tulosten käsittelyssä käytettiin seuraavia lyhenteitä:

MS + JS (Biotiitti) 1-2	= Maasuodattamo + Jälkisuodatin (Biotiitti)
MS + JS (Propipe) 1-2	= Maasuodattamo + Jälkisuodatin (Propipe 1400 Filt)
MS + JS (Propipe) 3	= Maasuodattamo (Fosfilt) + Jälkisuodatin (Propipe 1400 Filt)
MS + JS (AISO4)	= Maasuodattamo + Jälkisaostus (AISO4)
MS + JS (Nordkalk)	= Maasuodattamo + Jälkisuodatin (Nordkalk Filtra P) → harmaat vedet !

Lähes kaikkien jälkisuodattimien edessä oli tavanomainen maasuodattamo, yhdessä puhdistamossa kymmenisen vuotta vanha fosforinpoistolla (Fosfilt) tehostettu

maasuodattamo. Yhdessä puhdistamossa oli jälkisuodattimen sijasta jälkisaostus (AISO<sub>4</sub>).

Jälkisuodatuksella tehostetuissa maasuodattamoissa käsitellyn jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mediaanit ja keskiarvot) sekä näytteiden lukumäärät on esitetty taulukossa 10. Asetuksen mukaisesti lasketut kuormituksen vähenemät (%), päästöt ympäristöön (g/asukas/vrk) sekä kohteiden vedenkulutusarvot on esitetty taulukossa 11. Kokonaisfosforin, kokonaistypen, orgaanisen aineen (BOD<sub>7</sub>) ja kiintoaineen pitoisuudet eri näytteenottokerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen ja peruskäsittelyvaatimusten perusteella lasketut lähtevän jäteveden sallitut enimmäispitoisuudet on esitetty viereisellä sivulla kuvassa 8.

Jälkisuodatuksella tehostettujen maasuodattamoiden fosforitulokset olivat keskimäärin parempia kuin tavallisilla maasuodattamoilla saavutetut tulokset. Parhaiten toimivien jälkisuodattimien jälkeen pitoisuudet olivat myös alhaisempia kuin fosforia sitovaa materiaalia sisältävillä maasuodattamoilla (kappale 4.4). Jälkisuodatus paransi tavallisten maasuodattamoiden fos-

Taulukko 10. Jälkisuodatuksella tehostettujen maasuodattamoiden puhdistustulosten mediaanit (Md) ja keskiarvot (KA).

Kohde	Näytteet lkm	Kok-P mg/l		Kok-N mg/l		BOD <sub>7</sub> mg/l		Kiintoaine mg/l		Fek.enterokokit kpl/100ml	
		Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA
MS + JS (Biotiitti) 1	4	4,5	4,0	50	48	28	25	13	13	400	450
MS + JS (Biotiitti) 2	6	5,1	6,5	43	53	4	6	3	3	10	9
MS + JS (Propipe) 1	6	0,2	1,0	62	62	8	12	3	4	10	87
MS + JS (Propipe) 2	6	0,0	0,0	43	46	3	3	1	2	10	8
MS + JS (Propipe) 3	7	0,2	0,2	27	31	3	3	2	3	20	263
MS + JS (AISO4)	7	7,3	6,3	41	42	40	54	20	25	33000	74591
MS + JS (Nordkalk)	6	2,3	2,1	2	2	12	16	11	11	15	285
Kaikki		0,39	2,4	40	40	5	17	3	9	18	12870

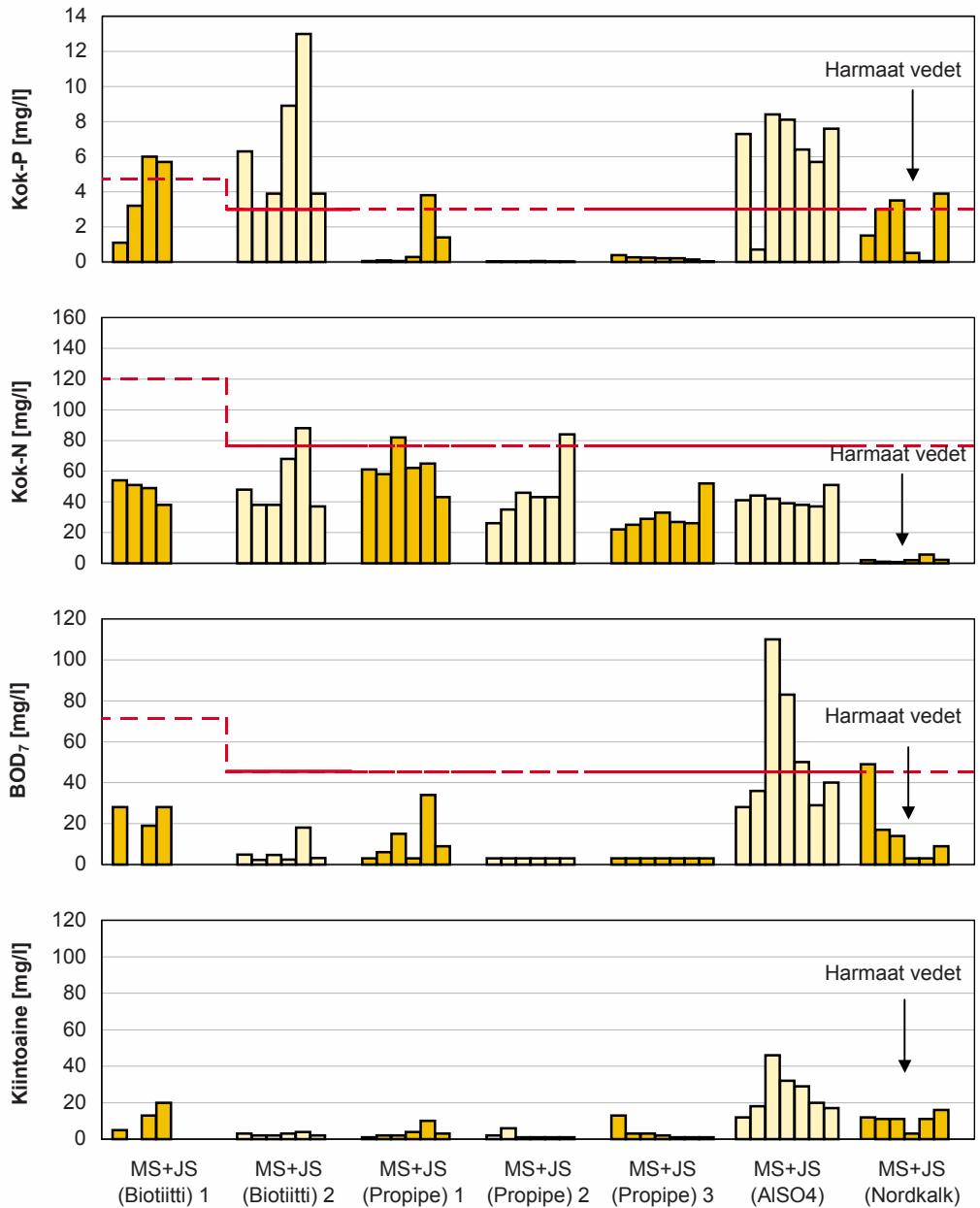
Taulukko 11. Jälkisuodatuksella tehostettujen maasuodattamoiden keskimääräiset kuormituksen vähenemät (%) ja päästöt (g/asukas/vrk) ympäristöön sekä arvioidut vedenkulutukset.

Kohde	Vedenkulutus l/asukas/vrk	Kuormituksen vähenemät (%)			Päästöt (g/asukas/vrk)		
		Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>	Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>
MS + JS (Biotiitti) 1	70	87	76	97	0,28	3,4	1,8
MS + JS (Biotiitti) 2	110	68	58	99	0,72	5,8	0,7
MS + JS (Propipe) 1	110	95	51	97	0,10	6,8	1,3
MS + JS (Propipe) 2	110	100	64	99	0,00	5,1	0,3
MS + JS (Propipe) 3	110	99	76	99	0,02	3,4	0,3
MS + JS (AISO4)	110	69	67	88	0,69	4,6	5,9
MS + JS (Nordkalk)	80	92	99	97	0,17	0,2	1,3

\* Kuormituksen vähenemissä huomioitu myös WC-vesien käsittely

forikuormituksen vähenemää keskimäärin 12,1 %-yksikköä. (Biotiitti 5,2 %-yksikköä, Propipe 1400 Filt 15,6 %-yksikköä ja Nordkalk Filtra P 19,1 %-yksikköä). Jälkisuodatus paransi lievästi myös typpikuormituksen vähenemää, joka nousi keskimäärin 4,4 %-yksikköä. BOD<sub>7</sub>-kuormituksen vähe-

nemään jälkisuodatuksella ei yleensä ollut vaikutusta. Kahden kohteen (MS+JS (Propipe) 3 ja MS+JS (AISO<sub>4</sub>)) jälkisuodatuksen/saostuksen tehoa ei pystytty määrittämään, koska kohteista ei otettu välinäytteitä maasuodattamon jälkeen.



Kuva 8. Jälkisuodatuksella tehostetuissa maasuodattamoissa käsitellyn jäteveden pitoisuudet (kok-P, kok-N, BOD<sub>7</sub> ja kiintoaine) eri näytteenotto-kerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen perusteella laskettu lähtevän jäteveden sallittu enimmäispitoisuus kohteiden vedenkulutus huomioiden (katkoviiva = vedenkulutusarvioon perustuva, kiinteä viiva = mitattuun vedenkulutukseen perustuva) sekä tulosten tulkinnassa huomioitavat asiat.

Kohde	Huomioitavat asiat:
MS+JS (Biotiitti) 1	Talvella jäätymisongelmia -> ei saatu näytteitä
MS+JS (Biotiitti) 2	-
MS+JS (Propipe) 1	-
MS+JS (Propipe) 2	-
MS+JS (Propipe) 3	Saostuskaivot tyhjennetty 1. kerran jälkeen ja ennen 3. ja 5. kertaa ja 6. kerran jälkeen
MS+JS (AISO <sub>4</sub> )	1. kerralla havaittu melko täydet saostuskaivot, saostuskemikaali lopussa 3. kerralla
MS+JS (Nordkalk)	Saostuskaivo tyhjennetty 1. kerran jälkeen, jälkisuodatuksen typenpoistossa vaihdettu fosforinpoistomassaan 4. kerran jälkeen, fosforinpoistomassa vaihdettu ennen 5. kertaa

## 4.6 Panospuhdistamot

Tutkimuksessa seurattiin kolmen eri laitevalmistajan panospuhdistamoita, joita oli yhteensä 11. Tulosten käsittelyssä käytettiin seuraavia tunnuksia:

Upoclean I-5	= Upoclean 5
Wehoputs I-3	= Wehoputs 6
BioKem I-3	= BioKem 6/10

Panospuhdistamoissa käsitellyn jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mediaanit ja keskiarvot) sekä näytteiden lukumäärät on esitetty taulukossa 12. Asetuksen mukaisesti lasketut kuormituksen vähenemät (%), päästöt ympäristöön (g/asukas/vrk) sekä kohteen vedenkulutusarvot on esitetty taulu-

kossa 13. Kokonaisfosforin, kokonaistypen, orgaanisen aineen (BOD<sub>7</sub>) ja kiintoaineen pitoisuudet eri näytteenottokerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen ja peruskäsittelyvaatimusten perusteella lasketut lähtevän jäteveden sallitut enimmäispitoisuudet on esitetty viereisellä sivulla kuvassa 9.

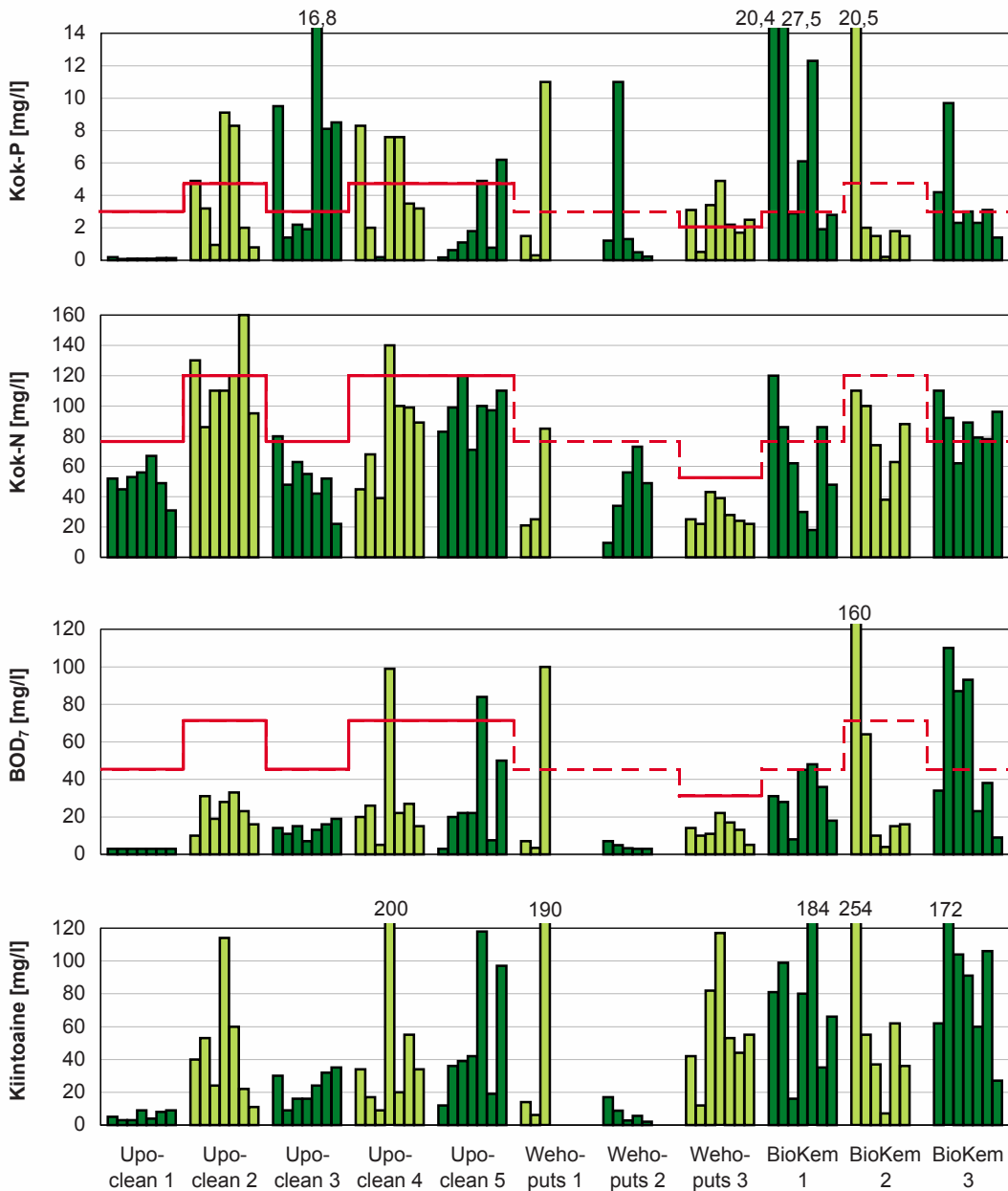
Panospuhdistamoiden tuloksille oli ominaista suuri vaihtelu. BOD<sub>7</sub>:n ja typen suhteen puhdistamot toimivat keskimäärin hyvin. Fosforin suhteen tulokset vaihtelivat enemmän. Kiintoainetta panospuhdistamoista (KA 51 mg/l) karkasi selvästi enemmän kuin maasuodattamoista (7 mg/l). Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli joillakin puhdistamoilla ajoittain hyvinkin korkea.

Taulukko 12. Panospuhdistamoiden puhdistustulosten mediaanit (Md) ja keskiarvot (KA).

Kohde	Näytteet lkm	Kok-P mg/l		Kok-N mg/l		BOD <sub>7</sub> mg/l		Kiintoaine mg/l		Fek.enterokokit kpl/100ml	
		Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA
Upoclean 1	7	0,1	0,1	52	50	3	3	5	6	10	24
Upoclean 2	7	3,2	4,2	110	116	23	23	40	46	3700	3637
Upoclean 3	7	8,1	6,9	52	52	14	14	24	23	830	4964
Upoclean 4	7	3,5	4,6	89	83	22	31	34	53	420	1753
Upoclean 5	7	1,1	2,2	99	97	22	30	39	52	70	2333
Wehoputs 1	3	1,5	4,3	25	44	7	37	14	70	110700	110700
Wehoputs 2	5	1,2	2,8	49	44	3	4	6	7	9100	329750
Wehoputs 3	7	2,5	2,6	25	29	13	13	53	58	1400	1986
BioKem 1	7	6,1	10,6	62	64	31	31	80	80	5850	15787
BioKem 2	6	1,7	4,6	81	79	16	45	46	75	3100	1182744
BioKem 3	7	3,0	3,7	89	87	38	56	91	89	38000	75400
Kaikki		2,2	4,3	68	70	16	26	35	51	1200	125812

Taulukko 13. Panospuhdistamoiden keskimääräiset kuormituksen vähenemät (%) ja päästöt (g/asukas/vrk) ympäristöön sekä arvioidut vedenkulutukset.

Kohde	Vedenkulutus l/asukas/vrk	Kuormituksen vähenemät (%)			Päästöt (g/asukas/vrk)		
		Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>	Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>
Upoclean 1	110	99	61	99	0,01	5,5	0,3
Upoclean 2	70	87	42	97	0,29	8,1	1,6
Upoclean 3	110	66	59	97	0,76	5,7	1,5
Upoclean 4	70	85	59	96	0,32	5,8	2,2
Upoclean 5	70	93	52	96	0,15	6,8	2,1
Wehoputs 1	110	79	65	92	0,47	4,8	4,1
Wehoputs 2	110	86	65	99	0,31	4,8	0,4
Wehoputs 3	110	87	77	97	0,29	3,2	1,4
BioKem 1	110	47	50	93	1,17	7,0	3,4
BioKem 2	70	85	60	94	0,32	5,5	3,2
BioKem 3	110	82	32	88	0,41	9,6	6,2



Kuva 9. Panospuhdistamoissa käsitellyn jäteveden pitoisuudet (kok-P, kok-N, BOD<sub>7</sub> ja kiintoaine) eri näytteenotto-kerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen perusteella laskettu lähtevän jäteveden sallittu enimmäispitoisuus kohteiden vedenkulutus huomioiden (katkoviiva = vedenkulutusarvioon perustuva, kiinteä viiva = mitattuun vedenkulutukseen perustuva) sekä tulosten tulkinnassa huomioitavat asiat.

Kohde	Huomioitavat asiat
Upoclean 1	Saostussäiliöt tyhjenetty 6. kerran jälkeen
Upoclean 2	Saostuskemikaali melkein loppu 5. kerralla
Upoclean 3	Kemikaalinsyöttö epäkunnossa 5. kerralla
Upoclean 4	Saostussäiliöt tyhjenetty 1. kerran jälkeen
Upoclean 5	-
Wehoputs 1	3. kerralla puhdistamossa kuollut liete -> poikkeuksellisesti "hapan suovesi" päässyt kaivoon ja raakaveden pH oli jopa alle 5
Wehoputs 2	Kemikaaliannostuksen lisäys 2. kerran jälkeen
Wehoputs 3	Puhdistamoon asennettu kalkkikiviputki pH:n nostamiseksi ennen 5. kertaa
BioKem 1	Kemikaalinsyöttö epäkunnossa 1. ja 2. kerralla, kemikaaliannostuksen lisäys ja ylijäämälietteen tyhjennys 5. kerran jälkeen, 6. näyte otettu suoraan reaktorista
BioKem 2	1. kerralla puhdistamossa kuollut liete -> liete uusittu ympillä ennen 2. kertaa
BioKem 3	Kemikaali loppu 2. kerralla, kemikaaliannostuksen lisäys 3. kerran jälkeen, saostuskemikaali vaihdettu 4. kerran jälkeen (ferrisulfaatti -> alumiinikloridi), ylijäämälietteen tyhjennys 6. kerran jälkeen

## 4.7 Biosuotimet

Tutkimuksessa seurattiin 6 biosuotimen toimintaa. Tulosten käsittelyssä käytettiin seuraavia lyhenteitä:

Clewer Bio 1-2	= Clewer Bio 5
Clewer Bio+JS	= Clewer Bio 5 + Jälkisuodatus (Propipe 1400 Filt)
Bio-PP+MS	= Bio-PP5 + Maasuodatin (InDrän)
Bio-PPF	= Bio-PP5 fosforin saostuksella
GreenPackSako+	= Green Pack Sako Plus

Biosuotimissa käsitellyn jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mediaanit ja keskiarvot) sekä näytteiden lukumäärät on esitetty taulukossa 14. Hajajätevesiasetuksen mukaisesti lasketut kuormituksen vähenemät (%), päästöt ympäristöön (g/asukas/vrk) sekä kohteiden vedenkulutusarvot on esitetty taulukossa 15. Kokonaisfosforin, kokonaistypen, orgaanisen aineen (BOD<sub>7</sub>) ja kiintoaineen pitoisuudet eri näytteenotto-kerroilla sekä hajajätevesiasetuksen kuormituslukumäärät ja peruskäsittelyvaatimusten perusteella lasketut lähtevän jäteveden sallitut enimmäispitoisuudet on esitetty viereisellä sivulla kuvassa 10.

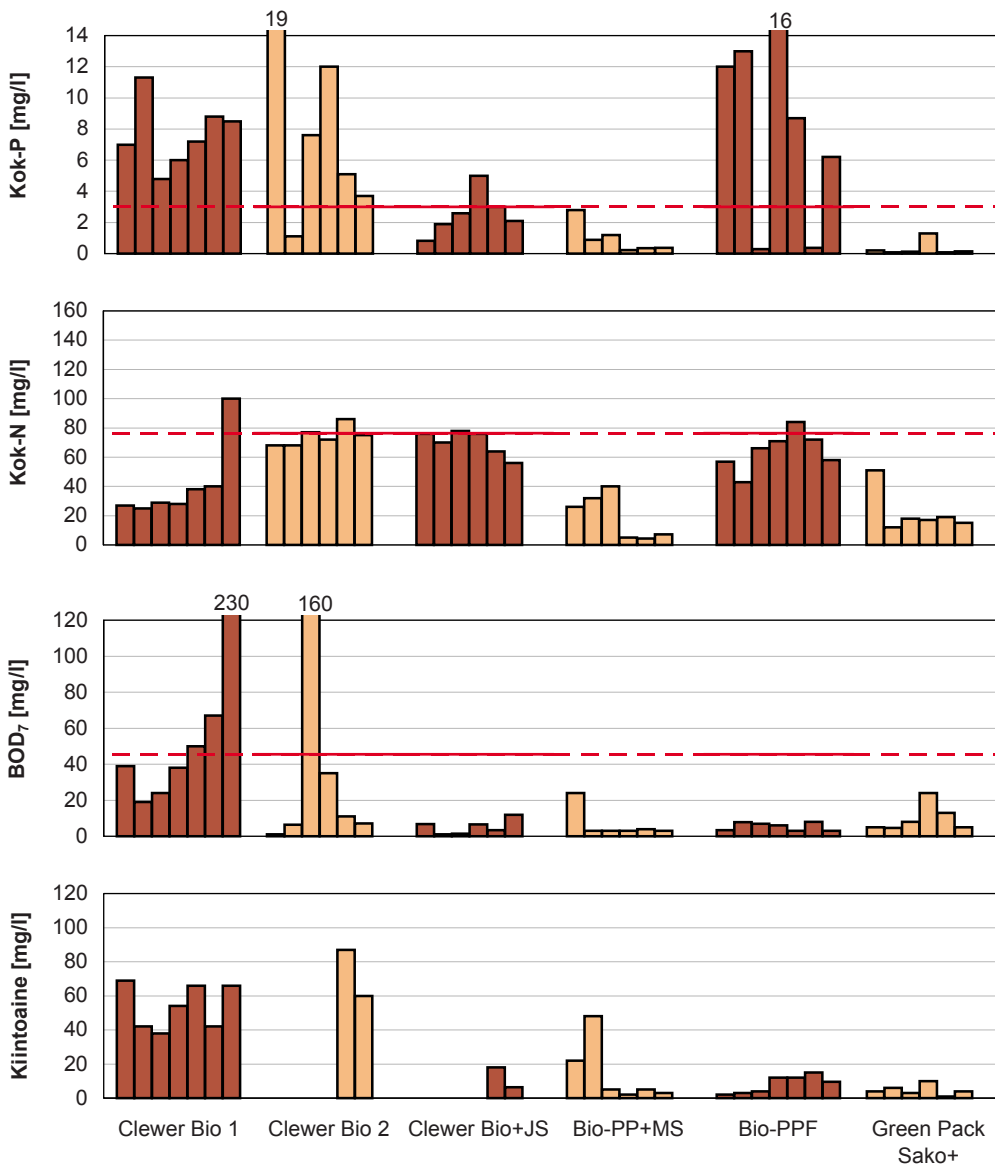
Biosuotimien tulokset vaihtelivat myös paljon. Osa puhdistamoista toimi fosforin suhteen hyvin ja osa heikommin. BOD<sub>7</sub>:n ja typen suhteen puhdistamot toimivat keskimäärin hyvin. Kiintoainetta karkasi biosuodattimista (KA 24 mg/l) enemmän kuin maasuodattimista (KA 7 mg/l), mutta kuitenkin jonkin verran vähemmän kuin panospuhdistamoista (KA 51 mg/l). Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli melko alhainen muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. InDrän-maasuodatin tehosti Bio-PP 5 puhdistamon fosforireduktiota keskimäärin 36,3 %-yksikköä ja BOD<sub>7</sub>-reduktiota 14,2 %-yksikköä. Typpi-reduk-tioon sillä ei ollut merkittävää vaikutusta. Propipe 1400 Filt -jälkisuodatuksella tehostetusta Clewer Bio 5 -puhdistamosta ei otettu välinäytteitä ennen jälkisuodatus-yksikköä, joten pelkän biosuotimen tehoa ei voitu määrittää. Verrattuna pelkkiin Clewer Bio 5 -puhdistamoihin, jälkisuodatuksella tehostetun puhdistamon pitoisuudet olivat selvästi alhaisemmat, joten fosforin jälkisuodatuksella oli todennäköisesti vaikutusta asiaan.

Taulukko 14. Biosuotimien puhdistustulosten mediaanit (Md) ja keskiarvot (KA).

Kohde	Näytteet lkm	Kok-P mg/l		Kok-N mg/l		BOD <sub>7</sub> mg/l		Kiintoaine mg/l		Fek.enterokokit kpl/100ml	
		Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA
Clewer Bio 1	7	7,2	7,7	29	41	39	67	54	54	32000	26529
Clewer Bio 2	6	6,4	8,1	74	74	9	37	74	74	75	852
Clewer Bio+JS	6	2,4	2,6	73	70	5	5	12	12	288	1974
Bio-PP+MS	6	0,6	1,0	17	19	3	7	5	14	15	150
Bio-PPF	7	8,7	8,1	66	64	6	5	10	8	170	342
GreenPackSako+	6	0,1	0,3	18	22	7	10	4	5	30	853
Kaikki		2,9	4,8	54	49	7	23	11	24	135	5554

Taulukko 15. Biosuotimien keskimääräiset kuormituksen vähenemät (%) ja päästöt (g/asukas/vrk) ympäristöön sekä arvioidut vedenkulutukset.

Kohde	Vedenkulutus l/asukas/vrk	Kuormituksen vähenemät (%)			Päästöt (g/asukas/vrk)		
		Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>	Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>
Clewer Bio 1	110	62	68	85	0,85	4,5	7,4
Clewer Bio 2	110	60	42	92	0,89	8,1	4,1
Clewer Bio+JS	110	87	45	99	0,29	7,7	0,6
Bio-PP+MS	110	95	85	98	0,11	2,1	0,8
Bio-PPF	110	60	50	99	0,89	7,0	0,6
GreenPackSako+	110	99	83	98	0,03	2,4	1,1



Kuva 10. Biosuotimissa käsitellyn jäteveden pitoisuudet (kok-P, kok-N, BOD<sub>7</sub> ja kiintoaine) eri näytteenotto-kerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen perusteella laskettu lähtevän jäteveden sallittu enimmäispitoisuus kohteiden vedenkulutus huomioiden (katkoviiva = vedenkulutusarvioon perustuva, kiinteä viiva = mitattuun vedenkulutukseen perustuva) sekä tulosten tulkinnassa huomioitavat asiat.

Kohde	Huomioitavat asiat
Clewer Bio 1	Kemikaalipumppu epäkunnossa 2. kerralla, kierrätyspumppu epäkunnossa viimeisellä kerralla
Clewer Bio 2	Saostuskaivot täynnä 2. kerralla
Clewer Bio+JS	-
Bio-PP+MS	4. kerralla sadevedet vuotaneet puhdistamoon ja Indrän-kenttä täynnä vettä
Bio-PPF	1. kerralla näytteenottokaivossa lietekertymä -> voi huonontaa tuloksia, saostuskaivot täynnä 4. kerralla -> tyhjennys, uusi kemikaalipumppu 4. kerran jälkeen, fosforin saostuksessa ongelmia koko tutkimuksen ajan (kts. 5.2.5)
GreenPackSako+	1.-3. näyte ennen jälkisuodatusta, 3. kerralla 1 pumppu rikki, 4.-6. näyte jälkisuodatuksen jälkeen



## 4.8 Muut menetelmät

Tutkimuksessa oli mukana edellä mainittujen lisäksi 14 muihin puhdistusmenetelmiin luokiteltavaa puhdistamaa. Tässä kapaleessa tarkastellaan ainoastaan 11 puhdistamon tuloksia, koska kolmen kohteen osalta näytteenotto epäonnistui tai näytteitä ei saatu lainkaan (Hiselk 1, Hiselk 2 ja kumpareimeytys).

### 4.8.1 Biolan harmaavesisuodatin

Tutkimuksessa oli mukana 5 Biolanin harmaavesisuodatinta, jotka olivat kokoonpanoltaan ja tulevan jäteveden kuormituksen suhteen kaikki hieman erilaisia. Tulosten käsittelyssä käytettiin seuraavia lyhenteitä:

Biolan-HVS 1-2 = Biolan harmaavesisuodatin (harmaat vedet + erottelevan kuivakäymälän virtsa)

Biolan-HVS 3 = Biolan harmaavesisuodatin (harmaat vedet + kompostikäymälän suotovedet)

Biolan-HVS 4-5 = Harmaavesisuodatin (harmaat vedet)

Kummatkin harmaata vettä ja virtsaa käsittelevät kohteet olivat käytössä vain osaaikaisesti ja samoin myös toinen ainoastaan harmaat vedet käsittelevistä kohteista. Kaikissa kohteissa oli kuiva- tai kompostikäymälä. Kuormituksen vähenemää laskettaessa huomioitiin puhdistamon ja kuivakäymälän muodostama kokonaisuus. Neljän suodattimen suodatinmassat vaihdettiin SYKEN luvalla kookosrouheesta vesisammaleeseen tutkimuksen aikana. Käytetystä suodatinmateriaalista käytettiin lyhenteitä k = kookosrouhe ja s = vesisammal.

Harmaavesisuodattimissa käsitellyn jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mediaanit ja keskiarvot) sekä näytteiden lukumäärät on esitetty taulukossa 16. Asetuksen mukaisesti lasketut kuormituksen vähenemät (%) puhdistamon ja kuivakäy-

Taulukko 16. Harmaavesisuodattimien puhdistustulosten mediaanit (Md) ja keskiarvot (KA). Suodatinmateriaalit: k = kookos ja s = vesisammal.

Kohde / massa	Näytteet lkm	Kok-P mg/l		Kok-N mg/l		BOD <sub>7</sub> mg/l		Kiintoaine mg/l		Fek.enterokokit kpl/100ml		
		Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA	
		Biolan-HVS 1	k	7	11,5	11,4	89	113	15	17	8	18
Biolan-HVS 2	k	4	9,9	12,1	24	45	178	183	31	34	666000	27837750
	s	3	2,3	3,4	3	6	11	45	14	11	5600	19167
Biolan-HVS 3	k	4	10,2	10,9	64	65	24	27	35	38	4050	252200
	s	5	1,9	4,0	49	56	11	9	6	7	1000	12480
Biolan-HVS 4	k	6	1,0	0,9	9	8	87	96	65	71	1450	5422
	s	3	0,6	0,6	9	8	77	73	31	33	80	123
Biolan-HVS 5	k	5	11,4	11,3	7	8	55	61	37	46	800	1752
	s	4	3,5	3,5	6	7	8	9	12	12	25	30
Kaikki			8,3	6,8	12	41	25	55	16	31	3300	2751521

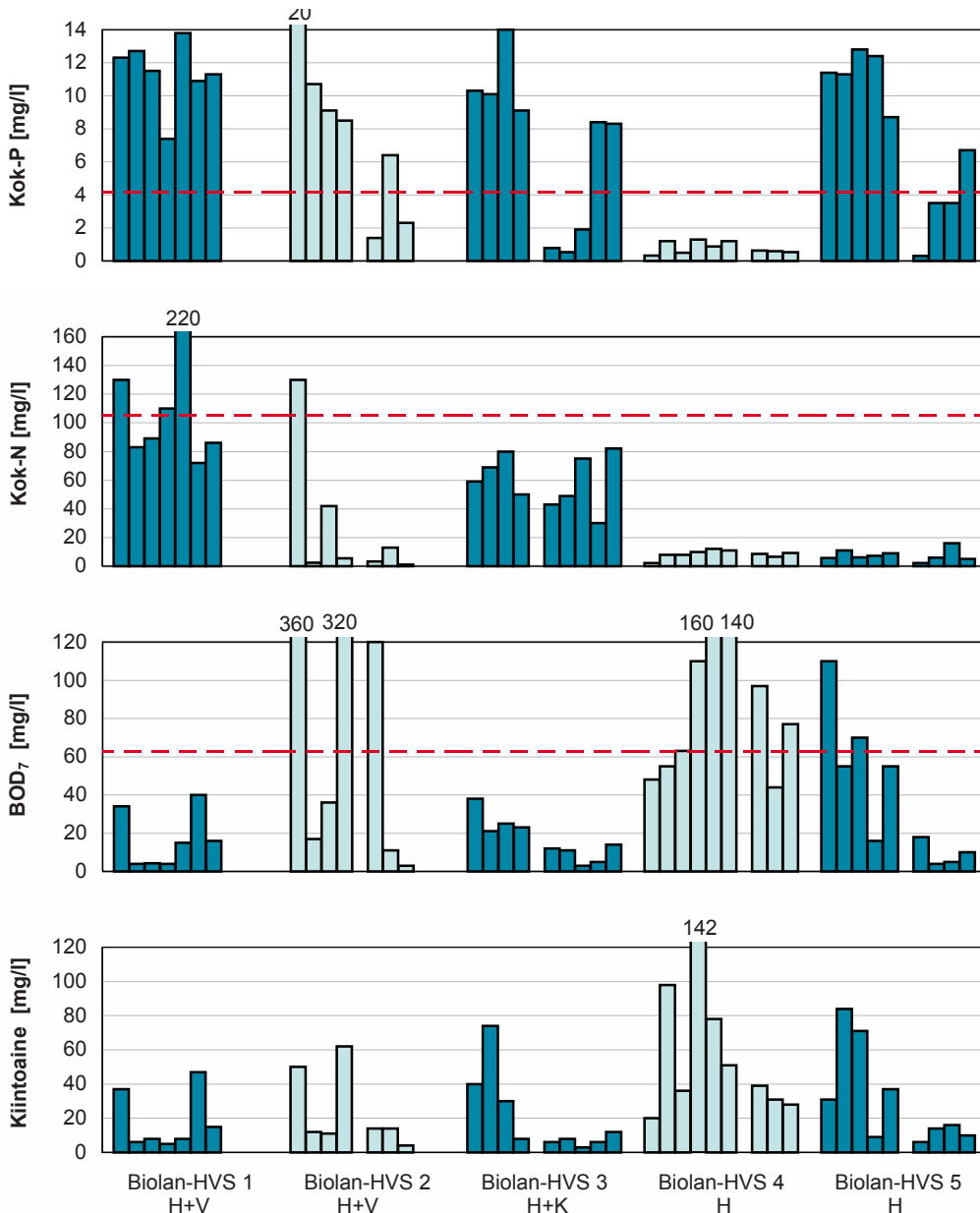
Taulukko 17. Harmaavesisuodatin + kuivakäymälä kokonaisuuksien keskimääräiset kuormituksen vähenemät (%) ja päästöt (g/asukas/vrk) ympäristöön sekä arvioitujen vedenkulutukset. Suodatinmateriaalit: k = kookos ja s = vesisammal.

Kohde / massa	Vedenkulutus l/asukas/vrk	Kuormituksen vähenemät (%)			Päästöt (g/asukas/vrk)			
		Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>	Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>	
Biolan-HVS 1	k	80	59	35	97	0,91	9,0	1,4
Biolan-HVS 2	k	80	56	74	71	0,97	3,6	14,6
	s	80	88	97	93	0,27	0,5	3,6
Biolan-HVS 3	k	80	60	63	96	0,87	5,2	2,2
	s	80	85	68	99	0,32	4,5	0,7
Biolan-HVS 4	k	80	97	95	85	0,07	0,6	7,7
	s	80	98	95	88	0,05	0,6	5,8
Biolan-HVS 5	k	80	59	95	90	0,90	0,6	4,9
	s	80	87	96	99	0,28	0,6	0,7

mälän muodostamalle kokonaisuudelle, päästöt ympäristöön (g/asukas/vrk) sekä kohteiden vedenkulutusarvot on esitetty taulukossa 17. Kokonaisfosforin, kokonaisympäristön, orgaanisen aineen (BOD<sub>7</sub>) ja kiintoaineen pitoisuudet eri näytteenotto-kerroilla sekä asetuksen kuormituslukumien ja peruskäsittelyvaatimusten perusteella lasketut lähtevän jäteveden sallitut enimmäispitoisuudet on esitetty kuvassa 11.

Harmaavesisuodattimien puhdistustulokset paranivat huomattavasti, kun suo-

datinmassaksi vaihdettiin vesisammal. Harmaavesisuodatin + kuivakäymälä-kokonaisuuden kuormituksen vähenemät paranivat fosforin osalta keskimäärin 22 %-yksikköä, typen osalta 7 %-yksikköä ja BOD<sub>7</sub>:n osalta 9 %-yksikköä. Kaikista harmaavesisuodattimista karkasi jonkin verran kiintoainetta ja fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä nousi ajoittain hyvinkin korkeaksi.



Kuva 11. Biolan harmaavesisuodattimissa käsitellyn jäteveden pitoisuudet (kok-P, kok-N, BOD<sub>7</sub> ja kiintoaine) eri näytteenotto-kerroilla sekä asetuksen kuormituslukumien perusteella laskettu lähtevän jäteveden sallittu enimmäispitoisuus kohteiden vedenkulutusarvot huomioiden sekä tulosten tulkinnassa huomioitavat asiat.

H+V = harmaat vedet + virtsa, H+K = harmaat vedet + kompostikäymälän suotovedet, H = harmaat vedet.

Kohde	Huomioitavat asiat
Biolan-HVS 1	4. kerralla saostuskaivossa vuoto ?
Biolan-HVS 2	Uusi suodatinmassa 4. kerran jälkeen (kookos -> vesisammal)
Biolan-HVS 3	2. kerran jälkeen lisätty fosforinsaostuselementti, uusi suodatinmassa 4. kerran jälkeen (kookos -> vesisammal) ja fosforin saostuselementti otettu pois
Biolan-HVS 4	Uusi suodatinmassa 6. kerran jälkeen (kookos -> vesisammal)
Biolan-HVS 5	Uusi suodatinmassa 5. kerran jälkeen (kookos -> vesisammal)

## 4.8.2 Filtralite -kevytsora-suodattamot

Tutkimuksessa oli mukana 2 Filtralite -kevytsorasuodattamaa, jotka olivat kokoonpanoltaan hyvinkin erilaiset. Tulosten käsittelyssä käytettiin seuraavia lyhenteitä:

Filtralite 1 = Filtralite – vaakavirtausmaasuodattamo  
Filtralite 2 = Filtralite – kompaktisuodattamo

Filtralite-suodattamoissa käsitellyn jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mediaanit ja keskiarvot) sekä näytteiden lukumäärät on esitetty taulukossa 18. Hajajätevesiasetuksen mukaisesti lasketut kuor-

mituksen vähenemät (%), päästöt ympäristöön (g/asukas/vrk) sekä kohteiden vedenkulutusarvot on esitetty taulukossa 19. Kokonaisfosforin, kokonaistypen, orgaanisen aineen (BOD<sub>7</sub>) ja kiintoaineen pitoisuudet eri näytteenottokerroilla sekä hajajätevesiasetuksen kuormituslukujen ja tiukempien puhdistusvaatimusten perusteella lasketut lähtevän jäteveden sallitut enimmäispitoisuudet on esitetty kuvassa 12.

Filtralite -suodattamoista lähtevän jäteveden fosforipitoisuudet olivat todella alhaisia. Suodattimet toimivat hyvin myöskin typen ja BOD<sub>7</sub>:n suhteen. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli myös alhainen lähtevän jäteveden korkeasta pH:sta johtuen.

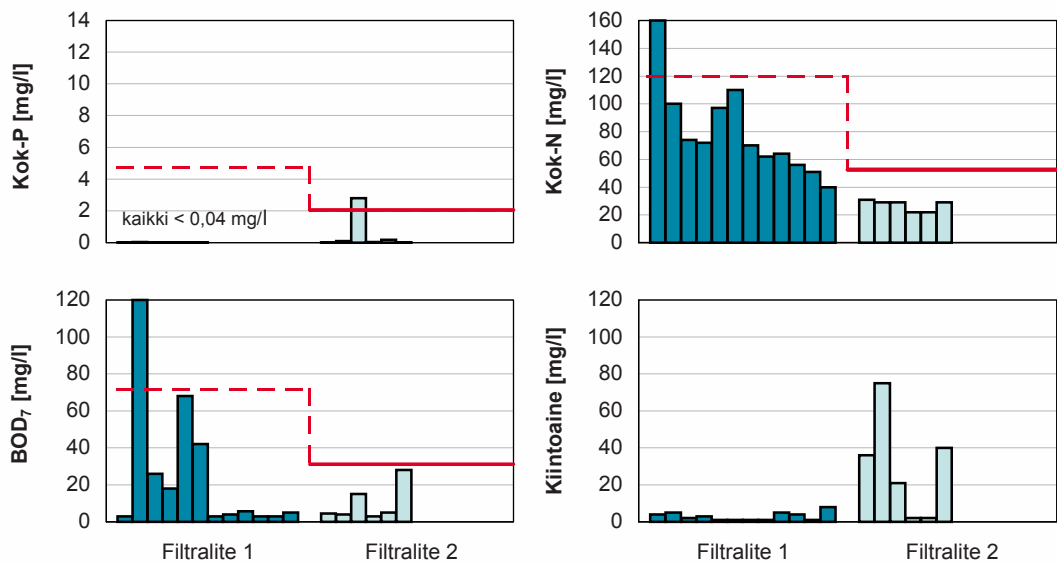
Taulukko 18. Filtralite-suodattamoiden puhdistustulosten mediaanit (Md) ja keskiarvot (KA).

Kohde	Näytteet lkm	Kok-P mg/l		Kok-N mg/l		BOD <sub>7</sub> mg/l		Kiintoaine mg/l		Fek.enterokokit kpl/100ml	
		Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA
Filtralite 1	12	0,0	0,0	71	80	5	25	3	3	5	5
Filtralite 2	6	0,1	0,5	29	27	5	10	29	29	10	58
Kaikki		0,15	5,9	63	71	22	74	9	24	10	105742

Taulukko 19. Filtralite-suodattamoiden keskimääräiset kuormituksen vähenemät (%) ja päästöt (g/asukas/vrk) ympäristöön sekä arvioitujen vedenkulutukset.

Kohde	Vedenkulutus l/asukas/vrk	Kuormituksen vähenemät (%)			Päästöt (g/asukas/vrk)		
		Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>	Kok-P	Kok-N	BOD <sub>7</sub>
Filtralite 1	70	100	60	97	0,00	5,6	1,8
Filtralite 2	160	96	69	97	0,08	4,3	1,6

Kuva 12. Filtralite-suodattamoissa käsitellyn jäteveden pitoisuudet (kok-P, kok-N, BOD<sub>7</sub> ja kiintoaine) eri näytteenottokerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen perusteella laskettu lähtevän jäteveden sallittu enimmäispitoisuus kohteiden vedenkulutusarvioiden (katkoviiva = laskettu vedenkulutusarvion perusteella, kiinteä viiva = laskettu mitatun vedenkulutuksen perusteella) sekä tulosten tulkinnessa huomioitavat asiat



### Kohde Huomioitavat asiat

- Filtralite 1 3:lla ensimmäisellä näytekeralla suodatinkenttä ei kokonaan käytössä, vedenkulutus lisääntynyt 3. näytekeran jälkeen (uusi porakaivo)
- Filtralite 2 3. näytekeralla putki tukossa, joten jätevesi oikovirrannut fosforisuodattimien läpi, putket huuhdeltu 3. näytekeran jälkeen, fosforisuodattimien massat vaihdettu 5. näytekeran jälkeen

### 4.8.3 Green Pack Sako

Tutkimuksessa oli mukana kaksi Green Pack Sako -puhdistamoa (kivivillasuodatin), jotka sisältävät kolmiosaisen esiselkeytyksen. Kummassakin kohteessa oli lisäksi fosforin esisaostus.

Green Pack Sako -puhdistamoissa käsitellyn jäteveden keskimääräiset pitoisuudet (mediaanit ja keskiarvot) sekä näytteiden lukumäärät on esitetty taulukossa 20. Haja-  
jätevesiasetuksen mukaisesti lasketut kuormituksen vähenemät (%), päästöt ympäristöön (g/asukas/vrk) sekä kohteiden vedenkulutusarviot on esitetty taulukossa 21.

Kokonaisfosforin, kokonaistypen, orgaanisen aineen (BOD7) ja kiintoaineen pitoisuudet eri näytteenottokerroilla sekä hajajätevesiasetuksen kuormituslukujen ja peruskäsitteilyvaatimusten perusteella lasketut lähtevän jäteveden sallitut enimmäispitoisuudet on esitetty kuvassa 13.

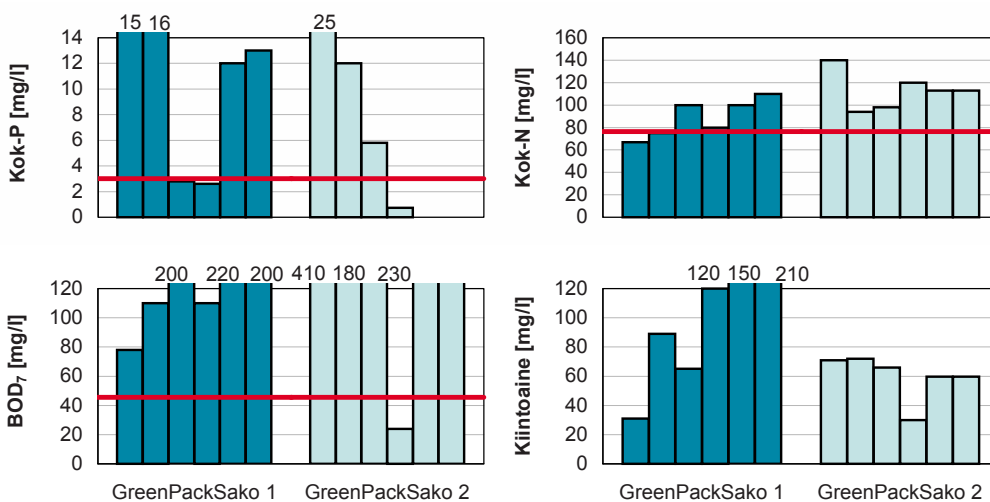
Green Pack Sako -puhdistamot eivät toimineet odotetulla tavalla. Kummankin kohteen tulevan jäteveden kuormitus oli ajoittain epätavallisen korkea. Tulevan jäteveden fosforipitoisuus oli kummassakin kohteessa korkeimmillaan yli 70 mg/l, typpipitoisuus yli 300 mg/l ja BOD7 yli 1000 mg/l. Mahdolliset selitykset korkeille tulopi-

Taulukko 20. Green Pack Sako –puhdistamoiden puhdistustulosten mediaanit (Md) ja keskiarvot (KA).

Kohde	Näytteet lkm	Kok-P mg/l		Kok-N mg/l		BOD7 mg/l		Kiintoaine mg/l		Fek.enterokokit kpl/100ml	
		Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA	Md	KA
GreenPackSako 1	6	12,5	10,2	90	89	155	153	105	69	14500	41133
GreenPackSako 2	4	8,9	10,9	109	113	205	211	111	60	1450	1670
Kaikki		12,0	10,5	99	98	190	176	72	90	7350	25348

Taulukko 21. Green Pack Sako –puhdistamoiden keskimääräiset kuormituksen vähenemät (%) ja päästöt (g/asukas/vrk) ympäristöön sekä arvioidut vedenkulutukset

Kohde	Vedenkulutus l/asukas/vrk	Kuormituksen vähenemät (%)			Päästöt (g/asukas/vrk)		
		Kok-P	Kok-N	BOD7	Kok-P	Kok-N	BOD7
GreenPackSako 1	110	49	30	66	1,12	9,8	16,8
GreenPackSako 2	110	46	11	54	1,20	12,4	23,2



Kuva 13. Green Pack Sako -puhdistamoissa käsitellyn jäteveden pitoisuudet (kok-P, kok-N, BOD7 ja kiintoaine) eri näytteenottokerroilla sekä asetuksen kuormituslukujen perusteella laskettu lähtevän jäteveden sallittu enimmäispitoisuus kohteiden vedenkulutusarviot huomioiden sekä tulosten tulkinnassa huomioitavat asiat.

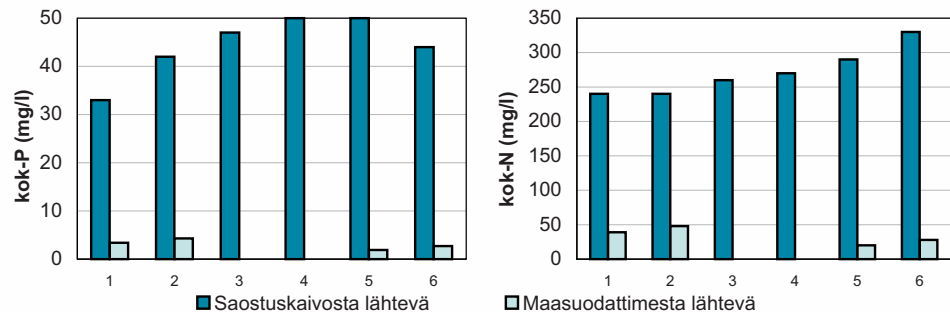
Kohde	Huomioitavat asiat
GreenPackSako 1	Tulevan jäteveden kuormitus ajoittain epätavallisen korkea
GreenPackSako 2	Tulevan jäteveden kuormitus ajoittain epätavallisen korkea

toisuuksille voivat olla joko tulevan jäteveden näytteiden epäedustavuus tai kohteiden todella alhainen vedenkulutus. Kummassakaan kohteessa ei ollut vesimittaria, joten vedenkulutukseksi arvioitiin keskimääräinen 110 l/vrk/asukas. Jos vedenkulutusarviona käytettäisiin arvoa 70 l/vrk/asukas, olisivat taulukon 21 kuormituksen vähenemät fosforin osalta 68 ja 65 %, typen osalta 56 ja 44 % ja BOD7:n osalta 79 ja 70 %. Nämä tulokset ovat lähellä asetuksen lievennettyjä vaatimuksia (fosfori 70 %, typpi 30 % ja BOD7 80 %), mutta eivät fosforin ja BOD7:n osalta yllä aivan niihinkään.

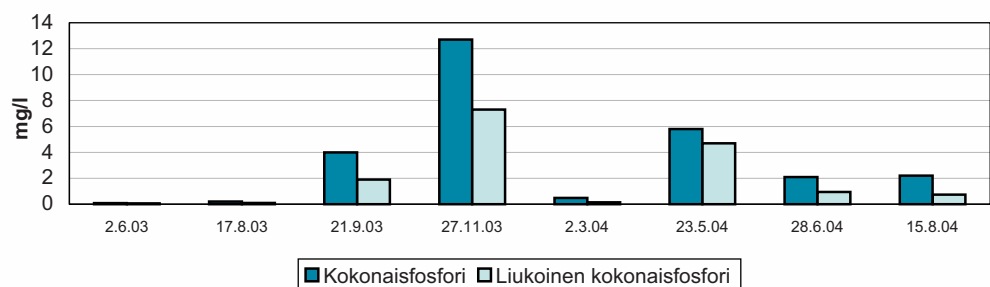
#### 4.8.4 Ekoteko + Saostuskaivo + Maasuodattamo

Tutkimuksessa oli mukana kaksi puhdistamoa, joissa oli tarkoitus tutkia WC-istuiheen asennettavan Ekoteko-palan vaikutusta erityisesti fosforin puhdistustehoon. Puhdistamoihin kuului Ekoteko + saostuskaivo + maasuodattamo. Toinen kohde jouduttiin kuitenkin hylkäämään, koska sieltä ei saatu näytteitä.

Ekoteko lisättiin tutkittavaan järjestelmään 3. näytteenotokerran jälkeen. Kuvassa



Kuva 14. Puhdistamon Ekoteko + saostuskaivo + maasuodattamo kok-P ja kok-N tulokset eri näytteenotokertoilla. Ekoteko lisätty puhdistamoon 3. näytteenotokerran jälkeen



Kuva 15. Puhdistamon Esisaostus (Filtra P) + maahan imeytys fosforitulokset esisaostusvaiheen jälkeen. Saostuskaivoista lähtevän jäteveden kokonaisfosforipitoisuus 28.6.04 oli 18,8 mg/l.

14 on esitetty puhdistamon fosfori- ja typpitulokset eri näytteenotokertoilla. Puhdistamon fosforireduktio puhdistamolle tulevan ja sieltä lähtevän jäteveden pitoisuuksien mukaan laskettuna oli keskimäärin 92,4 %, typpireduktio 87,1 % ja BOD<sub>7</sub>-reduktio 99,7 % ja kiintoainereduktio 97,2 %. Ekotekon vaikutusta puhdistustuloksiin ei kuitenkaan luotettavasti voitu havaita.

#### 4.8.5 Esisaostus (Nordkalk Filtra P) ja maahan imeytys

Puhdistamon Esisaostus (Nordkalk Filtra P) + maahan imeytys fosforitulokset esisaostusvaiheen jälkeen on esitetty kuvassa 15. Jos tulevan jäteveden fosforikuormitukseksi arvioidaan asetuksen mukaisesti 2,2 g/vrk/asukas ja vedenkulutukseksi 110 l/vrk/asukas, saadaan keskimääräiseksi fosforireduktioksi 82,8 % (36,5 – 99,6 %). Typpi- ja BOD<sub>7</sub>-pitoisuuksiin esisaostuksella ei ollut juurikaan vaikutusta. Toisaalta sen tarkoituksena olikin juuri fosforin saostaminen. Suodatinmassa tukkeutui helposti, jolloin huolto- tarve oli tiheä ja tulokset vaihtelevia.

## Tulosten tarkastelu

### 5.1 Keskimääräiset päästöt

Kuvassa 16 on esitetty tutkittujen puhdistamotyyppien keskimääräiset (puhdistamokohtaisten keskiarvojen mediaanit) lähtevän jäteveden päästöt sekä asetuksen mukaiset sallitut enimmäispäästöt (g/asukas/vrk) fosforille, typelle ja orgaaniselle aineelle (BOD<sub>7</sub>) käyttäen jokaisen kohteen arvioitua vedenkulutusta.

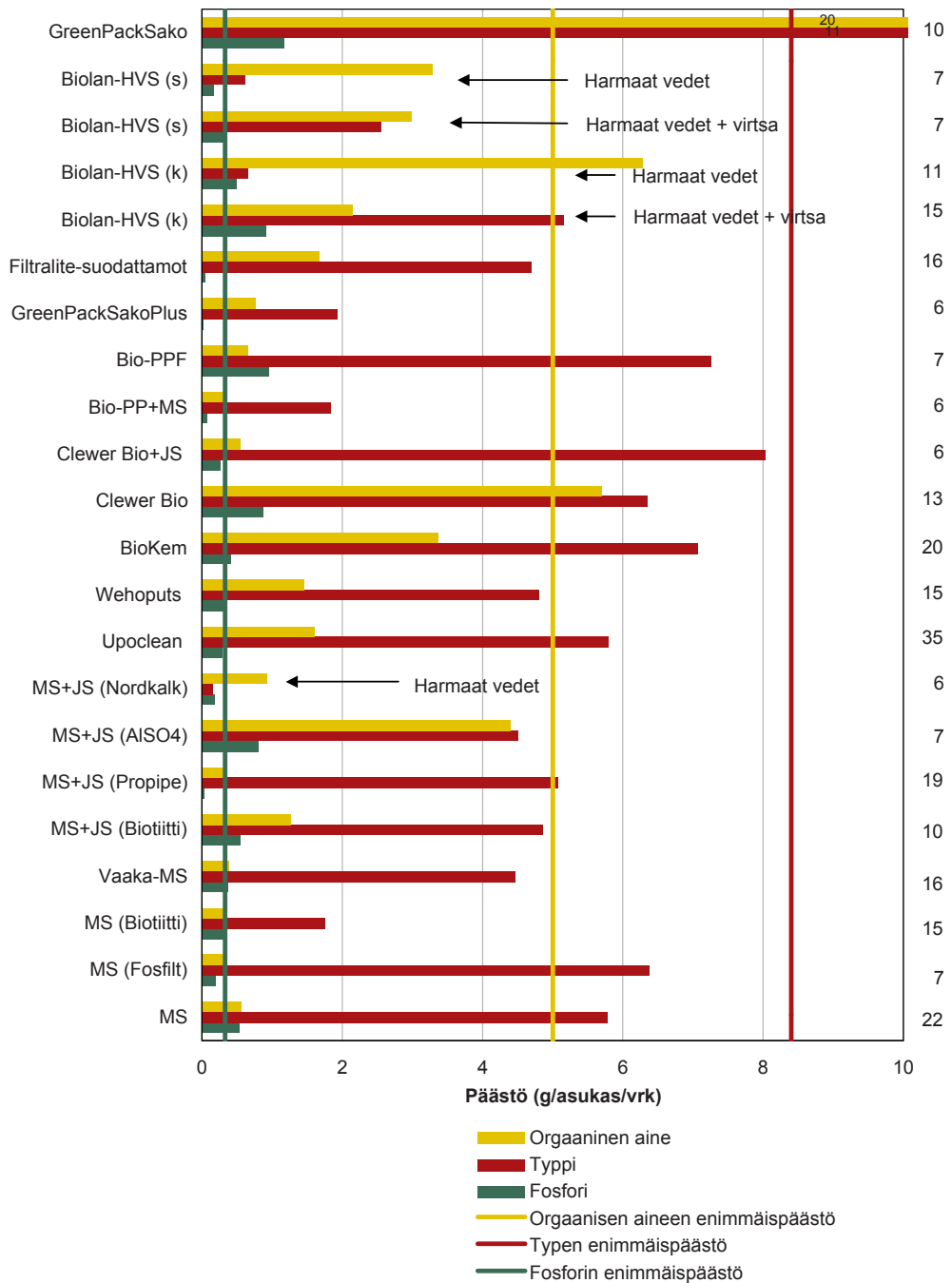
Kuvasta nähdään, että yli puolet puhdistamotyypeistä toimivat keskimäärin asetuksen mukaisesti. Kaikki puhdistamotyypit toimivat keskimäärin asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti orgaanisen aineen (BOD<sub>7</sub>) suhteen. Typen osalta vaatimuksia eivät täyttäneet Clewer Bio 5 -puhdistamo ja Biolan harmaavesisuodatin (kookos) käsiteltäessä harmaita jätevesiä. Fosforin osalta vaatimuksia eivät täyttäneet tavallinen maasuodattamo, Biotiittijälkisuodatuksella tehostettu maasuodattamo, alumiinisulfaattisaostuksella tehostettu maasuodattamo, biosuotimet Clewer Bio 5 ja Bio-PPF sekä Biolanin harmaavesisuodattimet (kookos). BioKem -panospuhdistamoilla ja vaakavirtausmaasuodattamoilla fosforipäästöt ylittivät vaatimustason vain hieman.

### 5.2 Tulosten vaihtelu

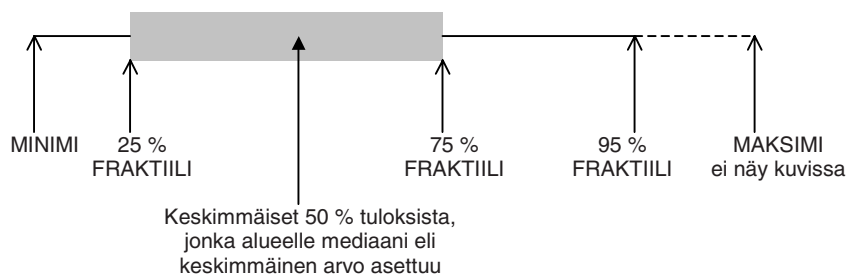
Kuvissa 18–22 on esitetty eri puhdistamotyyppien kaikkien näytteenotokertojen tulosten vaihteluvälit fosforille, typelle, BOD<sub>7</sub>:lle ja kiintoaineelle sekä bakteereille. Kunkin puhdistamotyyppin huonoimmat tulokset (ylin 5 %) on karsittu pois. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista (alarajana 25 % fraktiili ja ylärajana 75 % fraktiili). Väritetyn alueen vasemmalle puolelle sijoittuva janan osa kuvaa alinta neljänestä tuloksista ja oikealle puolelle sijoittuva janan osa ylintä neljänestä tuloksista lukuun ottamatta 5 % korkeimmista arvoista. Kuvassa 17 on havainnollistettu hajontakuvien esitystapaa. Liitteessä 6 on tulosten hajontakuvat esitetty puhdistamokohtaisesti.

Kuvissa 18–22 on esitetty myös hajajätevesiasetuksen mukaiset enimmäispäästörajat, jotka on laskettu jokaisen puhdistamon vedenkulutus huomioiden. Näin ollen tulokset ovat mahdollisimman hyvin keskenään verrattavia. Tuloksia arvioitaessa on huomioitava virhemarginaali, joka on arviolta 5–10 %. Otettujen näytteiden määrät on esitetty kunkin hajontajanan oikeassa päässä.

Jos tulokset perustuvat vain yhden puhdistamon tuloksiin eli näytemääriä < 8, niiden yleistettävyyks on luonnollisesti huonompi kuin moneen samanlaiseen puhdistamoon perustuvien tulosten.



Kuva 16. Puhdistamotyyppien keskimääräiset lähtevän jäteveden fosfori-, typpi- ja orgaanisen aineen päästöt sekä asetuksen peruskäsitelyvaatimusten mukaiset enimmäispäästöraajat. Luvut kuvan oikeassa reunassa esittävät kustakin puhdistamotyyppistä otettujen käsitellyn jäteveden näytteiden lukumäärän.



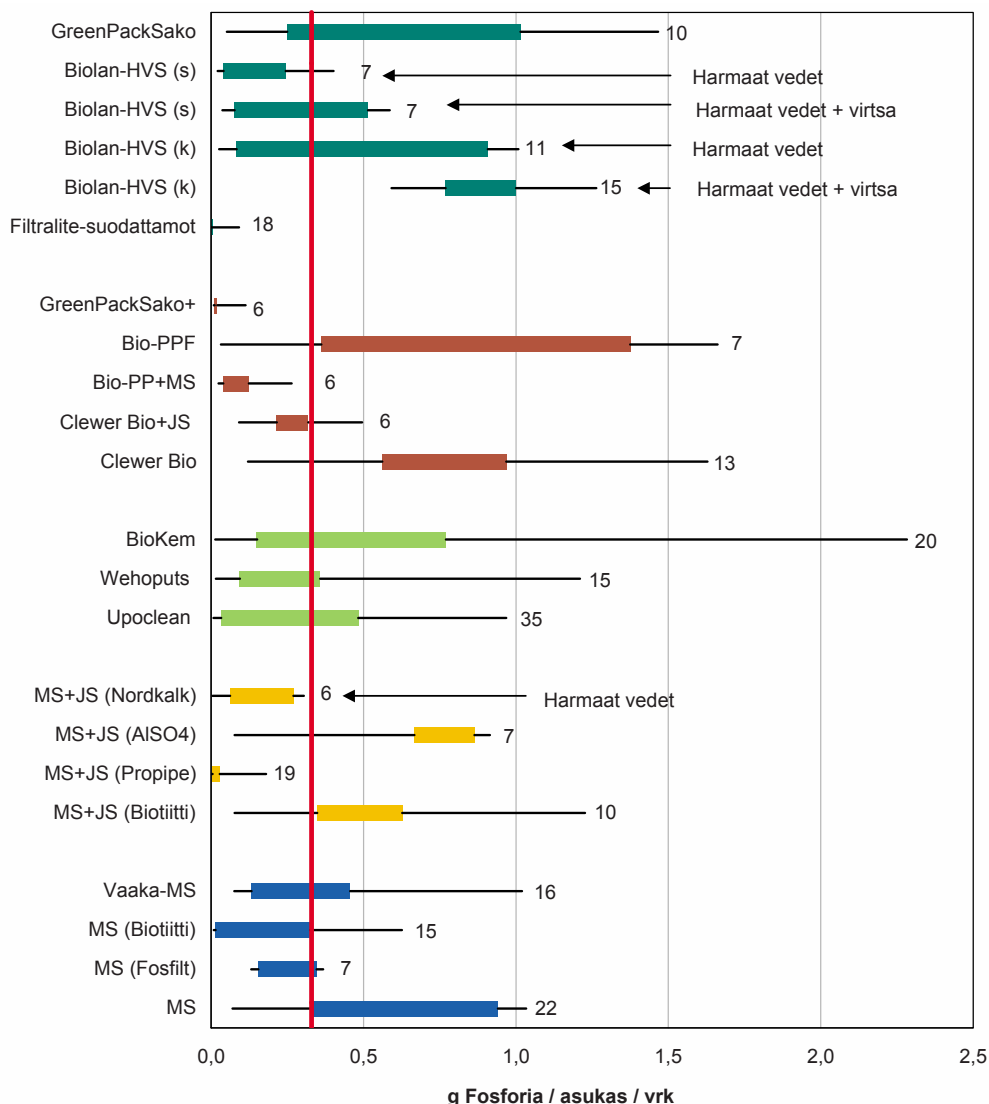
Kuva 17. Hajontakuvien havainnollistaminen.

## 5.2.1 Kokonaisfosfori

Tutkittujen puhdistamoiden fosforipäästöt vaihtelivat paljon. Yli puolet puhdistamoista poisti fosforia keskimäärin asetuksen vaatimusten mukaisesti, mutta osalla puhdistamoista oli selviä ongelmia. Kaikkien puhdistamoiden keskimääräinen fosforipäästö 0,39 g/asukas/vrk oli kuitenkin vain vähän korkeampi kuin asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 85 % mukaan laskettu fosforin sallittu enimmäispäästö 0,33 g/asukas/vrk. Eri puhdistamotyyppien fosforipäästöjen vaihtelu on esitetty kuvassa 18.

Fosforin suhteen viisi parhaiten toimivaa puhdistamotyyppiä olivat:

- Filtralite-suodattamot 2 kpl
- Green Pack Sako Plus 1 kpl
- Maasuodattamo + Jälkisuodatus (Propipe 1400 Filt) 3 kpl
- Bio-PP5 + Maasuodatin (InDrän) 1 kpl
- Maasuodatin + Jälkisuodatus (Nordkalk Filtra P)käsiteltäessä harmaita vesiä 1 kpl



Kuva 18. Puhdistamotyyppien fosforipäästöjen vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista. Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janat kuvaavat ylintä ja alinta neljännestä tuloksista. Punainen pystyviiva ilmoittaa asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen (85 %) mukaisen sallitun enimmäispäästön fosforille. Luku kunkin janan oikealla puolella esittää otettujen näytteiden lukumäärän.



Näillä kaikilla kaikki fosforitulokset olivat asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisia.

Tavalliset maasuodattamot (MS) pysyivät harvoin poistamaan fosforia asetuksen mukaisesti ja fosforipäästöt ylittivätkin asetuksen enimmäispäästörajan lähes joka kerta. Ainoastaan yhden tavallisen maasuodattamon kahdella näytteenotokerralla päästiin enimmäispäästörajan alapuolelle. Loppujen viiden tavallisen maasuodattamon fosforipäästöt ylittivät enimmäispäästörajan lähes joka kerta.

Fosforia sitovaa materiaalia sisältävät maasuodattamot (Biotiitti- ja Fosfilit-maasuodattamot ja fosforia sitovaa materiaalia sisältävät vaakavirtausmaasuodattamot) toimivat hyvin verrattuna tavallisiin maasuodattamoihin. Myös erillisillä fosforin jälkisuodattimilla maasuodattamon jälkeen saatiin yleensä parempia fosforituloksia kuin tavallisilla maasuodattamoilla. Jälkisuodattimista parhaiten toimi Propipe 1400 Filt -massaa sisältävä jälkisuodatin. Myös Nordkalk Filtra P -massaa sisältävä jälkisuodatin toimi hyvin ainakin harmaita vesiä käsiteltäessä. Sen sijaan Biotiitti -massaa sisältävä jälkisuodatin ei toiminut odotetulla tavalla, mutta itse maasuodattamossa omaksi suodatinkerrokseksi lisätty Biotiitti toimi hyvin. Fosforin jälkisaostus alumiinisulfaatilla (AlSO<sub>4</sub>) ei toiminut ongelmitta.

Myös panospuhdistamot (Upoclean, Wehoputs, BioKem) toimivat keskimäärin paremmin kuin tavalliset maasuodat-

tamot. Tasaisimmin panospuhdistamoista toimi Wehoputs 6, mutta myös Upoclean 5 toimi hyvin. Sen sijaan BioKemin fosforinpoistossa oli vielä parantamisen varaa. Toisaalta suuri osa BioKemin huonoista tuloksista aiheutui joko fosforin saostuksessa olleista ongelmista tai yhdellä puhdistamolla tulevan jäteveden epänormaalia kuormituksesta, joka tappoi puhdistavan biolietteen.

Biosuotimien fosforipäästöt vaihtelivat paljon mallista riippuen. Sekä Clewer Bio 5:lla ja Bio-PPF:llä oli ongelmia fosforin poiston suhteen. Kun Clewer Bio 5 täydennettiin Propipe 1400 Filt -jälkisuodatuksella (JS) ja Bio-PP InDrän-maasuodattimella (MS), toimi kokonaisuus selvästi paremmin. Sen sijaan Green Pack Sako Plus toimi erinomaisesti fosforin suhteen. Kaikkia biosuodintyyppisiä oli mukana vain yksi puhdistamo Clewer Bio 5 -puhdistamoita lukuun ottamatta, joten tuloksia ei voi yleistää.

Filtralite -suodattamoilla fosforipäästöt olivat erittäin alhaiset ja Biolanin harmaavesisuodattimillakin fosforipäästöt lasivat merkittävästi, kun suodatinmassa vaihdettiin kookosrouheesta vesisammaleen (k → s). Biolan-harmaavesisuodattimet toimivat hyvin harmaita vesiä käsiteltäessä, mutta heti kun suodattimeen johdettiin myös virtsa tai kompostikäymälän suotovedet, pitoisuudet nousivat huomattavasti. Green Pack Sako -puhdistamoiden fosforinpoisto ei toiminut ongelmitta.

## 5.2.2 Kokonaistyyppi

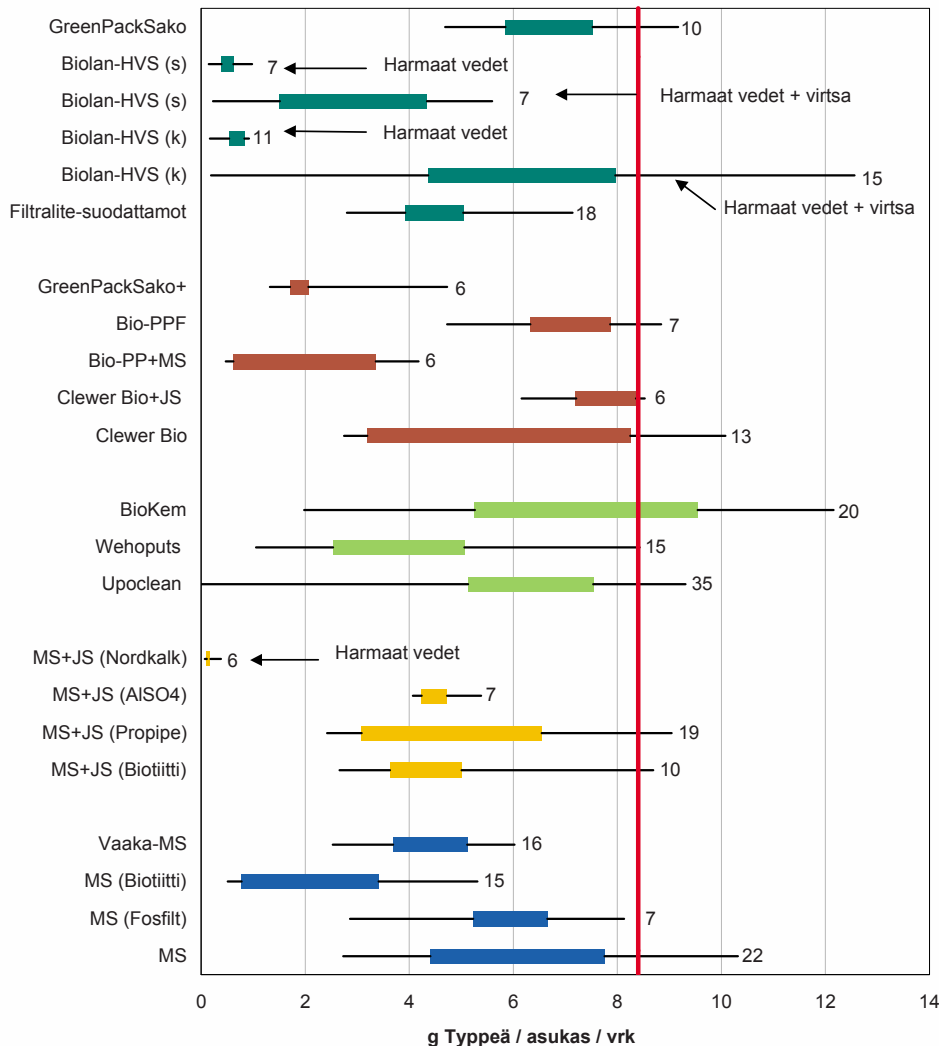
Kuten fosforipäästöt, myös typpipäästöt vaihtelivat paljon eri puhdistamotyyppien välillä. Kaikkien puhdistamoiden keskimääräinen typpipäästö oli 4,4 g/asukas/vrk eli reilusti alle asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 40 % mukaan lasketun sallitun enimmäispäästörajan 8,4 g/asukas/vrk. Lähes kaikkien puhdistamotyyppien typpipäästöt olivat alle asetuksen enimmäispäästörajan. Eri puhdistamotyyppien typpipäästöjen vaihtelu on esitetty kuvassa 19.

Typen suhteen viisi parhaiten toimivaa puhdistamotyyppiä olivat:

- Maasuodatin + Jälkisuodatus (Filtralite P) käsiteltäessä harmaita vesiä 1 kpl
- Biolan -harmaavesisuodattimet (kookos tai vesisammal) käsiteltäessä harmaita vesiä 2 kpl
- Bio-PP5 + Maasuodatin (InDrän) 1 kpl
- Green Pack Sako Plus 1 kpl
- Maasuodattamo (Biotiitti) 3 kpl

Kolmessa parhaiten toimineissa puhdistamossa käsiteltiin tosin vain harmaat vedet, joten tulokuormituskin oli niissä selvästi alhaisempi kuin muissa puhdistamoissa.

Lähes kaikki muutkin puhdistamot toimivat typen suhteen asetuksen vaatimuksiin nähden hyvin. Ainoastaan BioKem -panospuhdistamoilla enemmän kuin neljännes tuloksista ylitti asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen. Tähän saattoi osalltaan vaikuttaa yhden puhdistamon biolietteen kuoleminen kuten kappaleessa 5.2.1 on kerrottu.



Kuva 19. Puhdistamotyyppien typpipäästöjen vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista. Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat ylintä ja alinta neljänestä tuloksista. Punainen pystyviiva ilmoittaa asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen (40 %) mukaisen sallitun enimmäispäästön tyypelle. Luku kunkin janan oikealla puolella esittää otettujen näytteiden lukumäärän.

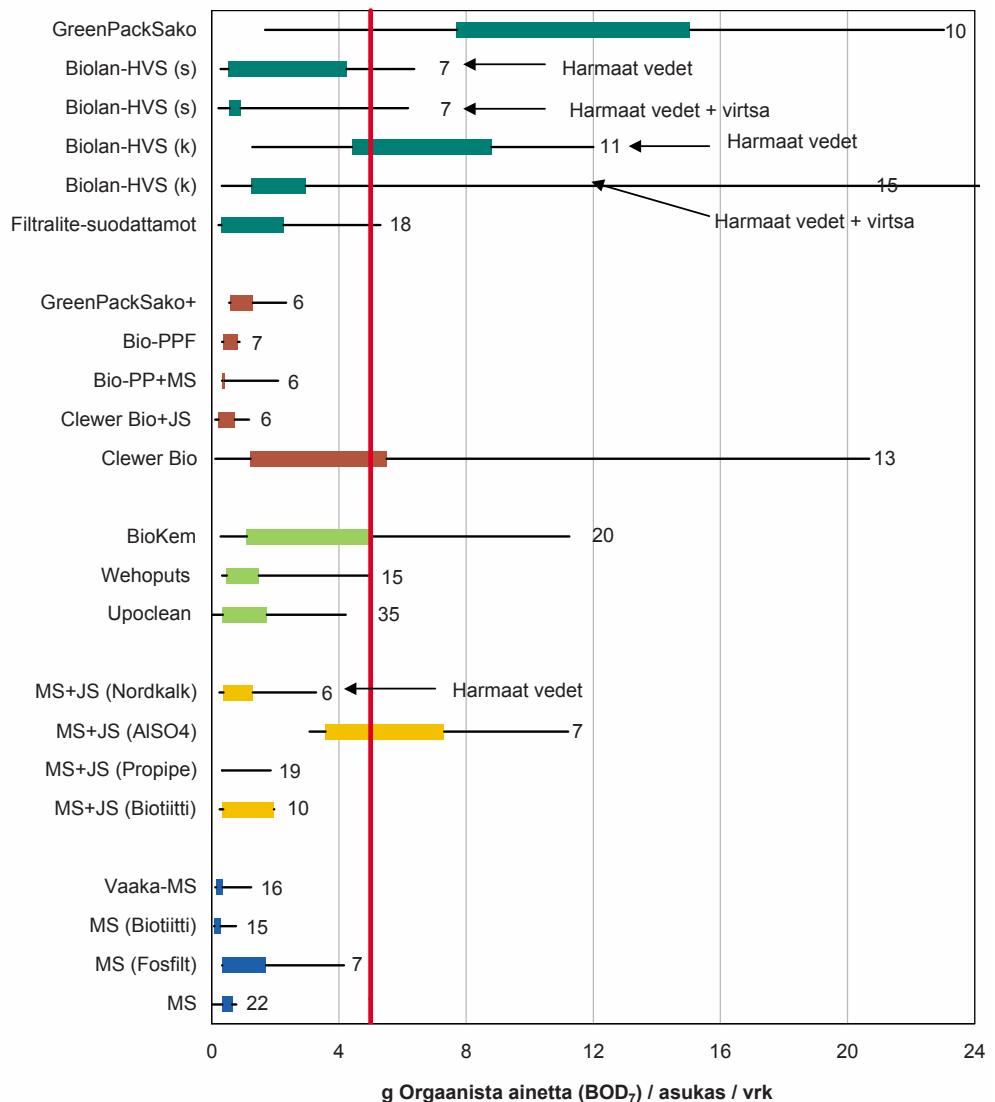
### 5.2.3 Biologinen hapenkulutus

Puhdistamoiden orgaanisen aineen päästöt olivat lähes kaikilla puhdistamotyypeillä vähäisiä. Kaikkien puhdistamoiden keskimääräinen orgaanisen aineen päästö oli 2,3 g/asukas/vrk eli reilusti alle asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 90 % mukaan lasketun sallitun enimmäispäästörajan 5 g/asukas/vrk. Eri puhdistamotyyppien orgaanisen aineen päästöjen vaihtelu on esitetty kuvassa 20.

Orgaanisen aineen ( $BOD_7$ ) suhteen kuusi parhaiten toimivaa puhdistamotyyppiä olivat:

- Maasuodattamo (Biotiitti) 3 kpl
- Vaakavirtausmaasuodattamo 2 kpl
- Maasuodattamo + Propipe 1400 Filt - jälkisuodatin 3 kpl
- Clewer Bio 5 + Propipe 1400 Filt - jälkisuodatin 1 kpl
- Bio-PP5 + Maasuodatin (InDrän) 1 kpl
- Tavallinen maasuodattamo 6 kpl

Lähes kaikki muutkin puhdistamotyytit poistivat orgaanista ainetta asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti.



Kuva 20. Puhdistamotyyppien orgaanisen aineen ( $BOD_7$ ) päästöjen vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista. Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat ylintä ja alinta neljännestä tuloksista. Punainen pystyviiva ilmoittaa asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen (90 %) mukaisen sallitun enimmäispäästön orgaaniselle aineelle. Luku kunkin janan oikealla puolella esittää otettujen näytteiden lukumäärän.

## 5.2.4 Kiintoaine

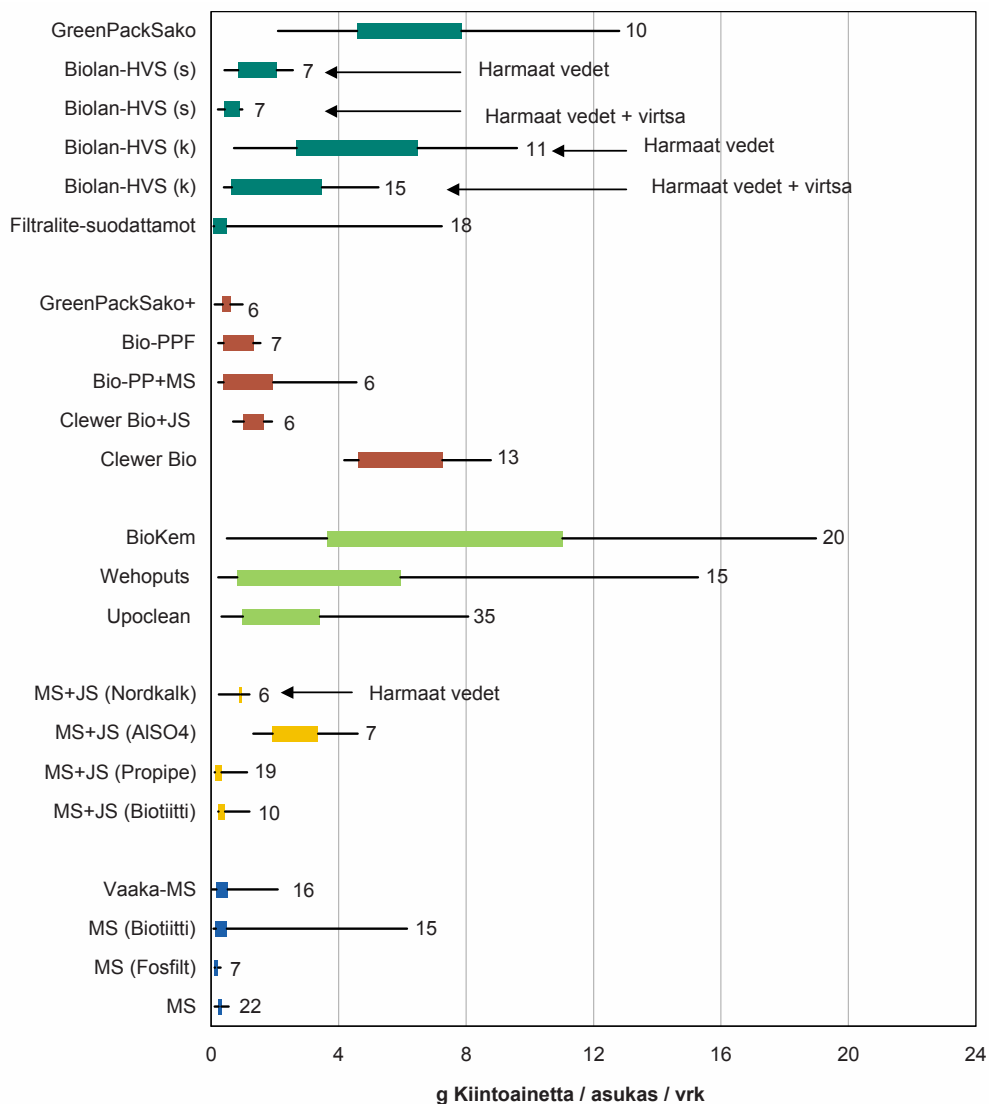
Asetuksessa ei ole annettu käsittelyvaatimuksia kiintoaineelle. Kiintoaine vaikuttaa kuitenkin välillisesti myös muihin parametreihin. Näin ollen kiintoaineen karkaaminen aiheuttaa nousua myös puhdistamolta lähtevän jäteveden fosforin, typen ja orgaanisen aineen määrissä.

Suurin osa puhdistamotyypeistä poisti kiintoainetta tehokkaasti. Kaikkien puhdistamoiden keskimääräinen kiintoainepäästö oli 2,2 g/asukas/vrk. Keskimääräistä paremmin kiintoainetta poistivat kaikki maasuodattamat, mukaan lukien tavalliset ja fosforinpoistolla tehostetut sekä jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamat. Sen sijaan panospuhdistamoilla ja biosuotimilla kiintoainepäästöt olivat keskimääräistä korkeam-

mat. Eri puhdistamotyyppien kiintoainepäästöjen vaihtelu on esitetty kuvassa 21.

## 5.2.5 Bakteerit

Hygieenisen likaantumisen luokitus on laadittu erikseen uimavesille ja erikseen talousvesille. Uimaveden laatuluokituksen (sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö päätös 41/99) mukaan uimiseen sopivassa vedessä fekaalisten enterokokkien määrän tulee olla alle 200 kpl/dl. Aikaisemmin käytetyn lääkintöhallituksen yleiskirjeen 1683 mukainen luokitus oli seuraava: Hyvä uimavesi alle 100 kpl/dl, välttävä uimavesi 100 – 1000 kpl/dl, huono uimavesi yli 1000 kpl/dl.



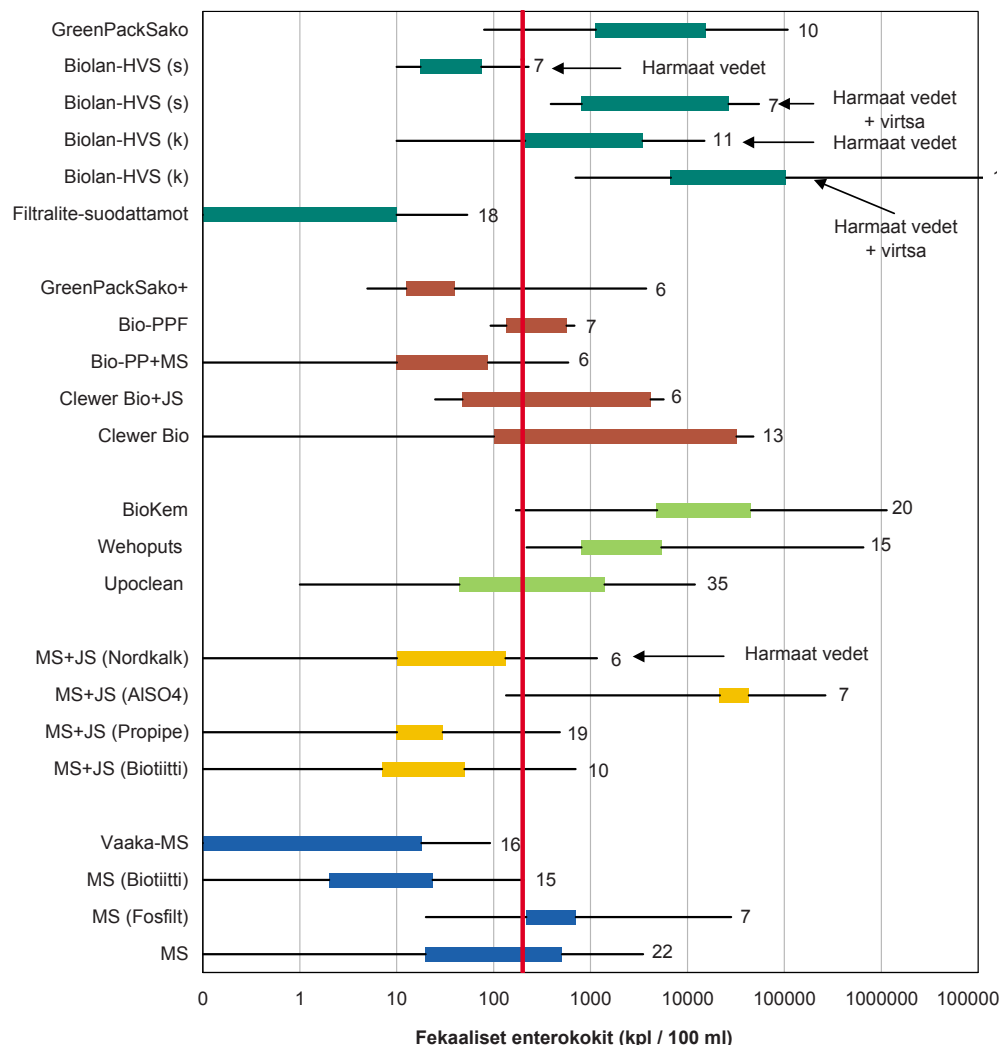
Kuva 21. Puhdistamotyyppien kiintoainepäästöjen vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista. Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat ylintä ja alinta neljänestä tuloksista. Luku kunkin janan oikealla puolella esittää otettujen näytteiden lukumäärän.

Muutamien ulosteperäisten bakteerien esiintyminen ei ole siten tulkittavissa uimaveden kyseessä ollen mitenkään haitalliseksi. Vasta bakteerimäärän noustua muutama sataan on syytä selvittää likaantumisen syy. Kiinteistökohtaisissa puhdistamoissa lähtevän jäteveden fekaalisten enterokokkien määrää 1000 kpl/dl voidaan pitää vielä hyvänä tuloksena, koska päästessään vesistöön tai pohjaveteen tämä määrä on laimentunut moneen kertaan. Jos lähtevän jäteveden määrä on useita tuhansia, on puhdistamon toiminnassa bakteerien suhteen parantamisen varaa.

Bakteereiden (fekaaliset enterokokit) osalta puhdistamoiden välillä oli jonkin verran eroja. Tavallisilla ja fosforia sitovaa materiaalia sisältävillä maasuodattamoilla puhdistetun jäteveden bakteereiden määrä oli keskimäärin 150 kpl/dl. Jälkisuodatuksella

tehostetuissa maasuodattimissa vastaava bakteerimäärä oli 15 kpl/dl.

Panospuhdistamoilla ja biosuotimilla lähtevän jäteveden bakteerimäärät nousivat usein yli 1000 kpl/dl. Ainakin panospuhdistamoilla tämä on suoraan sidoksissa karkaavaan kiintoaineeseen. Biosuotimissa jälkikäsitteilyllä bakteerimäärät saatiin laskemaan alle 100 kpl/dl. Filtralite -suodattamoilla lähtevän jäteveden bakteerimäärät olivat erittäin alhaisia, koska pH nousi puhdistamoissa hyvin korkeaksi tappaen kaikki bakteerit. Harmaavesisuodattimilla kookosmassaa käytettäessä bakteerimäärät olivat yleensä tuhansia, kun taas vesisammalta käytettäessä määrät laskivat muutama sataan. Eri puhdistamotyyppien lähtevän jäteveden bakteerimäärien vaihtelu on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Käsitellyn jäteveden bakteerimäärien vaihtelu (fekaaliset enterokokit) eri puhdistamotyypeissä. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista. Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat ylintä ja alinta neljänestä tuloksista. Hyvän uimaveden laatuulukituksen mukaan (punainen pystyviiva) fekaalisten enterokokkien määrä saa olla enintään 200 kpl/dl. Hyvän arvona käsitellyssä jätevedessä voidaan pitää arvoa fekaaliset enterokokit < 1000 kpl/dl. Luku kunkin janan oikealla puolella esittää otettujen näytteiden lukumäärän.

## 5.3 Puhdistamotyyppittäinen toimivuustarkastelu

### 5.3.1 Asetuksen vaatimusten täytyminen

Hankkeen aikana tutkittiin lähes kahdenkymmenen erilaisen puhdistamotyyppin toimintaa variaatioineen. Kaikkien puhdistamotyyppien keskimääräinen fosforipäästö oli 0,39 g/asukas/vrk, typpipäästö oli 4,4 g/asukas/vrk ja orgaanisen aineen päästö 2,3 g/asukas/vrk. Sallittu fosforin enimmäispäästö peruskäsittelyvaatimuksella 85 % on 0,33 g/asukas/vrk. Alueilla, joilla sovelletaan lievennettyä käsittelyvaatimusta 70 % fosforin

enimmäispäästö saa olla 0,66 g/asukas/vrk. Typelle vastaavat enimmäispäästöt ovat 8,4 (40 %) ja 9,8 (30 %) g/asukas/vrk ja BOD<sub>7</sub>:lle 5 (90 %) ja 10 (80 %) g/asukas/vrk. Taulukossa 22 on esitetty asetuksen vaatimukset täyttävien näytekertojen määrä tutkituilla puhdistamoilla.

### 5.3.2 Tavallinen maasuodattamo

Tutkimuksessa oli mukana kaksi tavallista maasuodattamoa, joista kummastakin otettiin seitsemän lähtevän jäteveden näytettä. Näiden lisäksi tutkimuksessa oli mukana neljä tavallista maasuodattamoa, joiden jälkikäsittelynä oli fosforin jälkisuodatin. Näistä puhdistamoista otettiin ns. välinäytteitä maasuodattamon jälkeen jokaisesta kaksi kertaa.

Taulukko 22. Asetuksen vaatimukset täyttävien näytekertojen määrä kunkin puhdistamotyyppin kokonaisnäytemäärään verrattuna.

Puhdistamotyyppi	Fosfori		Typpi		Orgaaninen aine	
	a	b	a	b	a	b
Tavallinen maasuodattamo	5/22	14/22	17/22	19/22	22/22	22/22
Fosfilit-maasuodattamo	4/7	7/7	6/7	7/7	7/7	7/7
Biotiitti-maasuodattamo	11/15	14/15	15/15	15/15	15/15	15/15
Vaakavirtausmaasuodattamo	11/16	12/16	16/16	16/16	16/16	16/16
Maasuodattamo + Biotiitti-jälkisuodatin	3/10	7/10	9/10	10/10	10/10	10/10
Maasuodattamo + Propipe 1400 Filt -jälkisuodatin	18/19	19/19	17/19	19/19	19/19	19/19
Maasuodattamo + Alumiinisulfaattisaostus	1/7	2/7	7/7	7/7	4/7	6/7
Maasuodattamo + Nordkalk Filtra P -jälkisuodatin harmaille vesille	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6
Upoclean 5	23/35	31/35	31/35	34/35	33/35	35/35
Wehoputs 6	11/15	13/15	14/15	15/15	14/15	14/15
BioKem	12/20	15/20	11/20	16/20	15/20	17/20
Clewer Bio 5	1/13	5/13	10/13	12/13	9/13	11/13
Clewer Bio 5 + Propipe 1400 Filt -jälkisuodatin	5/6	6/6	5/6	6/6	6/6	6/6
Bio-PP5 + fosforin jälkisaostus	2/7	2/7	6/7	7/7	7/7	7/7
Bio-PP5 + Indrän -maasuodattamo	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6
Green Pack Sako Plus	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6	6/6
Biolan harmaavesisuodatin (kookos) - harmaat vedet	6/11	6/11	11/11	11/11	6/11	9/11
Biolan harmaavesisuodatin (kookos) - harmaat vedet + virtsa	0/15	1/15	11/15	12/15	13/15	13/15
Biolan harmaavesisuodatin (vesisammal) - harmaat vedet	6/7	7/7	7/7	7/7	5/7	7/7
Biolan harmaavesisuodatin (vesisammal) - harmaat vedet + virtsa	4/7	7/7	7/7	7/7	6/7	7/7
Filtralite-suodattamat	18/18	18/18	18/18	18/18	17/18	18/18
Green Pack Sako	3/10	4/10	2-9/10	3-10/10	1/10	2-4/10

a = peruskäsittelyvaatimus, b = lievennetty käsittelyvaatimus

Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 5,7 mg/l (päästö 0,5 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 53 mg/l (päästö 5,8 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 5 mg/l (päästö 0,6 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 3 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 200 kpl/dl.

Vajaa neljännes fosforituloksista oli asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisia ja noin kaksi kolmannesta lievennetyn käsittelyvaatimuksen mukaisia. Noin viidennes typpituloksista ei täyttänyt asetuksen peruskäsittelyvaatimusta ja noin kymmenesosa ei täyttänyt myöskään lievennettyä käsittelyvaatimusta. Orgaanisen aineen osalta kaikki näytteet olivat asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisia.

Tutkituista maasuodattamoista kaksi oli rakennettu 90-luvulla (1992 ja 1996) ja loput olivat joko uusia tai pari vuotta käytössä olleita. Maasuodattamon iän vaikutuksesta puhdistustehoon ei saatu riittävästi havaintoaineistoa varmojen johtopäätösten tekemiseksi, vaikka vanhemmat maasuodattamot toimivatkin keskimäärin jonkin verran heikommin kuin uudemmat. Kaksi 90-luvulla rakennettua puhdistamoa oli mukana myös SYKEN Hajasampo-projektissa.

### 5.3.3 Fosforinpoistolla tehostetut maasuodattamot

Tutkimuksessa oli mukana kuusi fosforinpoistolla tehostettua maasuodattamoa. Näissä maasuodattamoon oli suodatinhiekan joukkoon lisätty fosforia sitovaa massaa.

#### Fosfilt -maasuodattamo

Tutkimuksessa oli mukana yksi Fosfilt-maasuodattamo, josta otettiin 7 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 1,8 mg/l (päästö 0,2 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 58 mg/l (päästö 6,4 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 3 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 2 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 500 kpl/dl.

Fosforituloksista yli puolet täytti asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen ja lievennetyn vaatimuksen täytti kaikki tulokset. Typen ja orgaanisen aineen osalta puhdistamo toimi asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti. Puhdistamo oli ollut

käytössä yli kymmenen vuotta ja oli mukana myös SYKEN Hajasampo-projektissa. Fosfilt-materiaali on Kemiran valmistama tuote. Tutkittavia puhdistamoita oli vain yksi, joten tuloksia ei voida yleistää.

#### Biotiitti -maasuodattamo

Tutkimuksessa oli mukana kolme Biotiitti-maasuodattamoa, joista kustakin otettiin 4–6 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 2,9 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 25 mg/l (päästö 1,8 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 3 mg/l (0,3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 4 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin alle 100 kpl/dl.

Noin neljännes fosforituloksista oli asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisia ja loput tulokset täyttivät lievennetyn vaatimuksen yhtä kertaa lukuun ottamatta. Typen ja orgaanisen aineen osalta puhdistamot toimivat asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti. Puhdistamoista kaksi oli uusia ja yksi oli ollut käytössä pari vuotta. Biotiitti-massa oli tutkimuksen aikana vielä tuotekehitysvaiheessa ja sen toimivuutta on kehitetty edelleen. Kehitteillä on myös vaakavirtausperiaatteella toimiva maasuodattamo, jossa fosforinsaostusmassa (Biotiitti) on helpompi vaihtaa uuteen puhdistustehon heiketessä.

#### Vaakavirtausmaasuodattamo

Tutkimuksessa oli mukana kaksi fosforinpoistolla tehostettua vaakavirtausmaasuodattamoa, joista kummastakin otettiin 8 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 3,4 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 41 mg/l (päästö 4,3 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 4 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 6 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 20 kpl/dl.

Puolet toisen puhdistamon fosforituloksista täytti asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen ja lievennetyn käsittelyvaatimuksen. Toisen puhdistamon kaikki fosforitulokset olivat peruskäsittelyvaatimuksen mukaisia. Typen ja orgaanisen aineen osalta puhdistamot toimivat asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti. Puhdistamot olivat olleet käytössä reilut viisi vuotta. Kummankin puhdistamon saostuskaivojen tyhjennys oli laiminlyöty eikä niitä oltu tyhjennetty



kahteen vuoteen. Toinen puhdistamo oli mukana SYKEN Hajasampo-projektissa.

### 5.3.4 Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot

Tutkimuksessa oli mukana kuusi jälkisuodatuksella tehostettua maasuodattamoa ja yksi jälkisaostuksella tehostettu maasuodattamo. Kaikissa näissä puhdistamoissa oli esikäsittelynä tavallinen maasuodattamo yhtä poikkeusta lukuun ottamatta.

#### Maasuodattamo + Biotiitti-jälkisuodatin

Tutkimuksessa oli mukana kaksi Biotiitti-jälkisuodatuksella tehostettua maasuodattamoa, joista otettiin 4 ja 6 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 5,7 mg/l (päästö 0,5 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 53 mg/l (päästö 4,9 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 16 mg/l (1,3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 8 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 200 kpl/dl.

Noin neljännes tuloksista oli asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisia fosforin osalta ja noin neljännes ei täyttänyt lievennettyäkään käsittelyvaatimusta. Typen ja orgaanisen aineen osalta puhdistamot toimivat asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti. Jälkisuodatuksella pystyttiin tehostamaan maasuodattamon toimintaa fosforin osalta vain noin 0 – 10 %. Kummatkin puhdistamot olivat uusia. Tämäkin Biotiitti-massa oli tutkimuksen aikana vielä tuotekehitysvaiheessa ja sen toimivuutta on kehitetty edelleen.

#### Maasuodattamo + Propipe 1400 Filt-jälkisuodatin

Tutkimuksessa oli mukana kaksi Propipe 1400 Filt-jälkisuodatuksella tehostettua maasuodattamoa, joista otettiin kummatkin 6 lähtevän jäteveden näytettä. Lisäksi mukana oli yksi yli kymmenen vuotta vanha Fosfilt-maasuodattamo, joka oli myöhemmin täydennetty Propipe 1400 Filt-jälkisuodatuksella ja siitä otettiin 7 lähtevän jäteveden näytettä.

Kaikkien Propipe 1400 Filt-jälkisuodatuksella tehostettujen puhdistamoiden lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 0,2 mg/l (päästö 0,02 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 46 mg/l (päästö 5,1 g/

asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 3 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 3 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 100 kpl/dl.

Puhdistamot toimivat fosforin, typen ja orgaanisen aineen osalta asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti. Jälkisuodatuksella pystyttiin tehostamaan maasuodattamon toimintaa fosforin osalta 6 – 25 %. Yksi puhdistamoista oli uusi, yksi oli ollut käytössä pari vuotta ja yksi yli kymmenen vuotta. Fosfilt-maasuodattamon omaava puhdistamo oli mukana myös SYKEN Hajasampo-projektissa. Nykyisin Propipe 1400 Filt-jälkisuodattimissa käytetään Nordkalk Filtra P-massaa.

#### Maasuodattamo + Alumiini-sulfaatti-saostus

Tutkimuksessa oli mukana yksi alumiini-sulfaatti (AlSO<sub>4</sub>)-jälkisaostuksella tehostettu maasuodattamo, josta otettiin 7 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 7,3 mg/l (päästö 0,8 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 41 mg/l (päästö 4,5 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 40 mg/l (päästö 4,4 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 20 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 33 000 kpl/dl eli hyvin korkea.

Fosforin osalta yksi seitsemän näytteenottokerran tuloksesta oli asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukainen ja kaksi seitsemästä lievennetyn vaatimuksen mukaisia. Sen sijaan typen osalta puhdistamo toimi asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisesti. Orgaanisen aineen osalta yli puolet tuloksista täytti asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen ja loput yhtä lukuun ottamatta lievennetyn käsittelyvaatimuksen. Jälkisaostuksen tehoa ei pystytty määrittämään, koska puhdistamosta ei otettu välinäytteitä maasuodattamon jälkeen. Puhdistamo oli uusi. Puhdistamo rakennettiin talviaikana, jolloin maa oli joroudassa. Se todennäköisesti osaltaan vaikutti puhdistustehon heikkouteen. Lisäksi tutkittavia puhdistamoita oli vain yksi, joten tuloksia ei voida yleistää.

#### Maasuodattamo + Nordkalk Filtra P-jälkisuodatin

Tutkimuksessa oli mukana yksi Nordkalk Filtra P-jälkisuodatuksella tehostettu maasuodattamo, josta otettiin 6 lähtevän jäteveden näytettä. Puhdistamossa käsiteltiin

ainoastaan kiinteistön harmaat jätevedet. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 2,3 mg/l (päästö 0,2 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 2 mg/l (päästö 0,2 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 12 mg/l (päästö 0,9 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 11 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 20 kpl/dl.

Kun huomioitiin kokonaisuutena harmaiden jätevesien käsittely puhdistamossa ja käymäläjätevesien erilliskäsittely päästiin tulosten perusteella asetuksen vaatimuksiin fosforin, typen ja orgaanisen aineen osalta. Jälkisuodatuksella pystyttiin tehostamaan maasuodattamon toimintaa fosforin osalta noin 19 %. Puhdistamo oli ollut käytössä pari vuotta. Puhdistamon kuormitus oli hyvin vaihteleva kiinteistössä harjoitettavan catering-palvelun vuoksi. Tutkittavia puhdistamoita oli vain yksi, joten tuloksia ei voida yleistää.

### 5.3.5 Panospuhdistamot

#### Upoclean 5

Tutkimuksessa oli mukana viisi Upoclean 5 -panospuhdistamoa, joista kaikista otettiin 7 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 4,2 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 83 mg/l (päästö 5,8 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 23 mg/l (päästö 1,6 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 46 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 2 300 kpl/dl.

Noin kaksi kolmannesta tuloksista täytti asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen fosforin osalta ja noin joka kymmenes tulos ei täyttänyt lievennettyä käsittelyvaatimusta. Typen osalta joka kymmenes tulos ei täyttänyt asetuksen peruskäsittelyvaatimusta, mutta lähes kaikki tulokset täyttivät lievennetyn vaatimuksen. Orgaanisen aineen osalta lähes kaikki tulokset täyttivät asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen. Kaikki puhdistamot olivat uusia.

#### Wehoputs 6

Tutkimuksessa oli mukana kolme Wehoputs 6 -panospuhdistamoa, joista otettiin kustakin 3–7 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 2,8 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 44 mg/l (päästö 4,8 g/asukas/

vrk), BOD<sub>7</sub> 13 mg/l (päästö 1,4 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 58 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin yli 100 000 kpl/dl, vaikkakin keskiarvoa nosti muutama erityisen huono tulos.

Noin kolmannes tuloksista ei täyttänyt asetuksen peruskäsittelyvaatimusta fosforin osalta ja noin reilu kymmenesosa tuloksista ylitti lievennetynkin käsittelyvaatimuksen. Typen ja orgaanisen aineen osalta puhdistamot toimivat asetuksen mukaisesti. Kaikki puhdistamot olivat uusia. Yhden puhdistamokohteen raakaveden pH oli ajoittain hyvin matala, mikä saattoi vaikuttaa puhdistustehoa alentavasti.

#### BioKem

Tutkimuksessa oli mukana kolme BioKem -panospuhdistamoa, joista kustakin otettiin 6–7 lähtevän jäteveden näytettä. Kaksi puhdistamoa oli mitoitettu yhdelle perheelle ja yksi kahdelle. Kahdelle perheelle mitoitettukin puhdistamo oli suurimman osan ajasta vain yhden perheen käytössä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 4,6 mg/l (päästö 0,4 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 79 mg/l (7,1 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 45 mg/l (3,4 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 80 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 75 000 kpl/dl.

Reilu kolmannes tuloksista ei täyttänyt asetuksen peruskäsittelyvaatimusta fosforin osalta ja noin neljäsosa tuloksista ei täyttänyt lievennettyäkään käsittelyvaatimusta. Typen osalta vajaa puolet tuloksista ei täyttänyt asetuksen peruskäsittelyvaatimusta ja noin viidennes ylitti myös lievennetyn käsittelyvaatimuksen. Orgaanisen aineen osalta noin neljäsosa tuloksista ei täyttänyt asetuksen peruskäsittelyvaatimusta ja pari tulosta ylitti lievennetynkin vaatimuksen. Kaikki puhdistamot olivat uusia. Yhdessä kohteessa oli ongelmia fosforin saostuslaitteiston kanssa ja toisessa puhdistamon biomassassa kuoli luultavasti epänormaalisti kuormituksesta johtuen. Nämä seikat näkyivät etenkin fosforituloksissa.

### 5.3.6 Biosuotimet

#### Clewer Bio 5

Tutkimuksessa oli mukana kolme Clewer Bio 5 -puhdistamoa, joista otettiin 6–7 lähtevän jäteveden näytettä. Yhden puhdistamo

mon perässä oli lisäkäsittelyä Propipe 1400 Filt -jälkisuodatin. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus niillä kahdella puhdistamolla, joissa ei ollut jälkisuodatinta oli 7,9 mg/l (päästö 0,9 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 58 mg/l (päästö 6,3 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 52 mg/l (päästö 5,7 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 64 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 14 000 kpl/dl.

Jälkisuodatuksella tehostetun puhdistamon lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 2,4 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 73 mg/l (päästö 8 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 5 mg/l (päästö 0,5 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 12 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 300 kpl/dl. Eli jälkisuodatuksella pystyttiin tehostamaan Clewer Bio 5 -puhdistamon toimintaa erityisesti fosforin, orgaanisen aineen ja bakteereiden osalta.

Vain yksi kolmestatoista Clewer Bio 5 -puhdistamoiden fosforituloksista täytti asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen ja vain noin kolmannes täytti lievennetyn käsittelyvaatimuksen. Typen ja orgaanisen aineen osalta noin neljännes tuloksista ei täyttänyt asetuksen peruskäsittelyvaatimuksia. Sen sijaan jälkisuodatuksella tehostettu puhdistamo täytti asetuksen peruskäsittelyvaatimukset niin fosforin, typen kuin orgaanisen aineenkin osalta paria poikkeusta lukuun ottamatta. Kaikki puhdistamot olivat olleet käytössä pari vuotta.

## Bio-PP5

Tutkimuksessa oli mukana kaksi Bio-PP5 -puhdistamoa, joista otettiin 6–7 lähtevän jäteveden näytettä. Kummatkin puhdistamot olivat ns. perusmalleja, mutta toisen perässä oli jälkikäsittelyä pieni InDrän -maasuodattamo ja toiseen oli lisätty jälkikäteän fosforin jälkisaostus.

Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus InDrän -maasuodattamon sisältävän Bio-PP5 -puhdistamon jälkeen oli 0,6 mg/l (päästö 0,1 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 17 mg/l (päästö 1,8 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 3 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 5 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 15 kpl/dl. InDrän -jälkikäsittelyllä pystyttiin parantamaan biosuotimen fosforinpoistotehoa noin 36 % ja orgaanisen aineen poistotehoa noin 14 %. Typenpoistotehoon sillä ei ollut merkittävää vaikutusta.

Fosforin jälkisaostuksen sisältävän suotimen lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 8,7 mg/l (päästö 1,0 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 66 mg/l (päästö 7,3 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 6 mg/l (päästö 0,7 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 10 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin alle 200 kpl/dl.

Vain neljännes fosforin jälkisaostuksen sisältävän suotimen fosforituloksista täytti asetuksen perus- ja lievennetyn käsittelyvaatimuksen. Typen ja orgaanisen aineen osalta puhdistamo toimi asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti. Sen sijaan InDrän -jälkikäsittelyn sisältävä puhdistamo toimi asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaan niin fosforin, typen kuin orgaanisen aineenkin suhteen.

Fosforin jälkisaostuksen sisältävä puhdistamo oli ollut käytössä noin vuoden. Toinen puhdistamo oli uusi. Fosforin jälkisaostuksen omaava puhdistamo ei ollut alun perin tarkoitettu fosforin saostukseen ja saostus ei toiminutkaan kunnolla. Ongelmia olivat mm. kemikaalin syötön tukkeutuminen ja kemikaalin kiteytyminen. Nämä fosforin saostukseen liittyvät ongelmat on otettu uusissa malleissa paremmin huomioon mm. parantamalla saostuskemikaalin sekoitusta. InDrän -jälkikäsittelyn sisältävä puhdistamo oli perustettu liian matalaan, mikä aiheutti ajoittaisen tulvimisen sekä biosuotimeen että maasuodattinkenttään. Näytteitä saattoi näin ollen ajoittain laimentaa valumavedet. Kumpaakin puhdistamokoonpanoa oli tutkimuksessa mukana vain yksi, joten tuloksia ei voida yleistää.

## Green Pack Sako Plus

Tutkimuksessa oli mukana yksi Green Pack Sako Plus -puhdistamo, josta otettiin 6 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 0,1 mg/l (päästö 0,01 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 18 mg/l (1,9 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 7 mg/l (0,8 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 4 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 30 kpl desilitrassa.

Puhdistamo toimi asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti niin fosforin, typen kuin orgaanisen aineenkin suhteen. Kohteessa asui vain kaksi henkilöä, joten tuleva jätevesikuormitus oli alhainen. Puhdistamo oli uusi. Tutkittavia puhdistamoita oli vain yksi, joten tuloksia ei voida yleistää.

### 5.3.7 Muut puhdistusmenetelmät

#### Biolan harmaavesisuodatin

Tutkimuksessa oli mukana viisi harmaavesisuodatinta, joista kolmessa käsiteltiin harmaiden vesien lisäksi myös erottelevan kiviakäymälän virtsa tai kompostikäymälän suotovedet. Suodattimissa käytettiin suodatinmateriaalina aluksi kookosrouhetta, joka vaihdettiin neljässä puhdistamossa vesisammaleksi tutkimuksen aikana. Puhdistamoista otettiin kustakin 6–9 lähtevän jäteveden näytettä.

Harmaita jätevesiä käsittelevillä puhdistamoilla ja suodatinmateriaalina kookosrouhe lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 6,1 mg/l (päästö 0,5 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 8,1 mg/l (päästö 0,6 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 79 mg/l (päästö 6,3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 59 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 3 500 kpl/dl. Kun harmaiden vesien lisäksi käsiteltiin virtsaa tai suotovesiä lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 11,4 mg/l (päästö 0,9 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 65 mg/l (päästö 5,2 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 27 mg/l (päästö 2,1 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 34 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin yli 100 000 kpl/dl.

Kun suodatinmateriaaliksi vaihdettiin vesisammal puhdistustulokset paranivat erityisesti fosforin suhteen huomattavasti. Harmaita jätevesiä käsittelevillä puhdistamoilla lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 2 mg/l (päästö 0,2 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 7,7 mg/l (päästö 0,6 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 41 mg/l (päästö 3,3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 22 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 100 kpl/dl. Kun harmaiden vesien lisäksi käsiteltiin virtsaa tai suotovesiä lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 3,9 mg/l (päästö 0,3 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 32 mg/l (päästö 2,6 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 37 mg/l (päästö 3 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 11 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin noin 20 000 kpl/dl.

Kookosrouhetta käytettäessä ei päästy fosforin osalta asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisiin tuloksiin, muuta kuin yhdellä harmaita jätevesiä käsittelevällä puhdistamolla. Sen sijaan typen suhteen puhdistamot toimivat lähes aina ja orgaanisen aineen suhteen kolmessa tapauksessa neljästä asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti. Kun suodatinmateriaaliksi vaihdettiin vesisammal päästiin fosforinkin suhteen yleensä asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisiin tuloksiin. Vesisammalta käytettäessä typen ja orgaanisen aineen suhteen ei ollut vaikeuksia toimia peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti paria poikkeusta lukuun ottamatta. Kaikki puhdistamot olivat uusia.

#### Filtralite -suodattamo

Tutkimuksessa oli mukana kaksi Filtralite -suodattamo, joista otettiin 6–12 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 0,3 mg/l (päästö 0,04 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 50 mg/l (4,7 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 18 mg/l (1,7 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 16 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 10 kpl/dl.

Puhdistamot toimivat asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti niin fosforin, typen kuin orgaanisen aineenkin suhteen. Puhdistamot olivat uusia.

#### Green Pack Sako

Tutkimuksessa oli mukana kaksi Green Pack Sako -kiviviljasuodatinta, joista otettiin 4–6 lähtevän jäteveden näytettä. Lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 10,6 mg/l (päästö 1,2 g/asukas/vrk), typpipitoisuus 101 mg/l (11,1 g/asukas/vrk), BOD<sub>7</sub> 182 mg/l (20 g/asukas/vrk) ja kiintoaine 85 mg/l. Fekaalisten enterokokkien määrä lähtevässä jätevedessä oli keskimäärin 21 000 kpl/desilitrassa.

Puhdistamot eivät toimineet odotetulla tavalla ja vain vajaa kolmannes fosforituloksista täytti asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen ja reilu kolmannes lievennetyn käsittelyvaatimuksen. Typen suhteen viidennes tuloksista oli asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen mukaisia ja vajaa kolmannes tuloksista täytti lievennetyn vaatimuksen. Orgaanisen aineen osalta kymmenesosa tuloksista täytti peruskäsittelyvaatimuksen ja viidennes lievennetyn käsittelyvaatimuksen. Nämä laskelmat perustuvat vedenkulutusarvioon 110 l/asukas/vrk. Todennäköisesti kohteiden vedenkulutus oli tätä alhaisempi, koska kummankin puhdistamon tulopitoisuudet olivat ajoittain hyvinkin korkeita. Jos vedenkulutusarviona olisi käytetty 70 l/asukas/vrk, niin ainakin typpitulokset olisivat täyttäneet asetuksen peruskäsittelyvaatimukset.



timuksen. Green Pack Sako -puhdistamoiden tuloksiin kannattaa suhtautua varauksella myös siksi, että näytteiden edustavuus oli kyseenalainen. Puhdistamot olivat vuo- den vanhoja.

## 5.4 Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Ravennesampon tuloksia on suhteellisen vaikea vertailla aikaisempiin tutkimuksiin, koska vastaavantyyppisiä yhtä laajoja tutkimuksia on aikaisemmin tehty Suomessa vain muutama. Yli viisi vuotta vanhoihin tutkimuksiin tuloksia ei muutenkaan voi suoraan verrata, koska tekniikka ja menetelmät ovat kehittyneet huomattavasti siinä ajassa.

Ravennesampon tuloksia verrattiin SYKEN Hajasampo-hankkeen (1998–2001) tuloksiin (Kujala-Räty ym. 2001, Kujala-Räty 2004), jossa tutkittiin osin samoja puhdistamotyyppisiä kuin Ravennesampon.

Hajasampo-hankkeessa tutkittujen tavallisten maasuodattamoiden (13 kpl) lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 2,6 mg/l. Ravennesampo-hankkeessa tutkittujen kuuden maasuodattamon lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus 5,7 mg/l oli kaksi kertaa korkeampi. Yhtenä syynä tähän voi olla se, että Ravennesampon mukana olleet maasuodattamot olivat keskimäärin vanhempia kuin Hajasampon mukana olleet. Ravennesampon maasuodattamoista kaksi oli mukana jo Hajasampo-tutkimuksessa. Hajasampon maasuodattamoiden keskimääräiset typpi- ja BOD<sub>7</sub>-pitoisuudet olivat 48 mg/l ja 8 mg/l, kun Ravennesampon vastaavat keskimääräiset arvot olivat 53 mg/l ja 5 mg/l. Niissä ei ollut niin suurta eroa kuin fosforipitoisuuksissa.

Ravennesampon neljä fosforia sitovaa materiaalia sisältävää maasuodattamoa toimivat huomattavasti paremmin kuin Hajasampon vastaavat puhdistamot. Hajasampon lähtevän jäteveden keskimääräinen fosforipitoisuus oli 7,9 mg/l, kun Ravennesampon vastaava arvo oli 2,6 mg/l. Yhtenä syynä on todennäköisesti fosforia sitovien massojen kehittyminen tehokkaammiksi. Keskimääräiset typpi- ja BOD<sub>7</sub>-pitoisuudet Hajasampon fosforia sitovaa materiaalia sisältävillä maasuodattamoilla olivat 78 mg/l ja 5 mg/l, kun Ravennesampon vastaavat keskimääräiset arvot olivat 33 mg/l ja 5 mg/l eli myös keskimääräinen

typpipitoisuus oli Ravennesampon puhdistamoilla alhaisempi.

Ravennesampon kahdella fosforia sitovaa materiaalia sisältävällä vaakavirtausmaasuodattamolla keskimääräinen lähtevän jäteveden fosforipitoisuus oli

3,4 mg/l, kun Hajasampon yhden vastaavan puhdistamon keskimääräinen pitoisuus oli 2,1 mg/l eli jonkin verran alhaisempi. Hajasampon keskimääräiset typpi- ja BOD<sub>7</sub>-pitoisuudet olivat 49 mg/l ja 5 mg/l ja Ravennesampon vastaavat arvot olivat 41 mg/l ja 4 mg/l eli vain hieman alhaisemmat.

Ruotsalaisessa Bra Små Avlopp-hankkeessa (Hellström ym. 2003) tutkittiin kiinteistökohtaisia puhdistamoita kolmen vuoden ajan 2000–2002. Yksi tutkituista puhdistamoista oli Upoclean 5 -panospuhdistamo. Muita täsmälleen vastaavia laitteita tai menetelmäyhdistelmiä ei ollut. Tutkitun yhden Upoclean 5 -puhdistamon lähtevän jäteveden fosforipitoisuudet olivat useimmiten alle 1 mg/l, typpipitoisuudet vaihtelivat välillä 10–35 mg/l ja BOD<sub>7</sub>-pitoisuudet olivat yleensä noin 20 mg/l. Ravennesampon viisi Upoclean 5 -puhdistamoa toimivat fosforin suhteen keskimäärin heikommien. Keskimääräinen lähtevän jäteveden fosforipitoisuus oli 4,2 mg/l ja vain yhdellä puhdistamosta viidestä päästiin alle 1 mg/l pitoisuuksiin. Myös typpipitoisuudet olivat keskimäärin korkeammat eli 83 mg/l. Kahden parhaiten toimivan puhdistamon typpipitoisuuksien keskiarvot olivat kummallakin noin 50 mg/l. BOD<sub>7</sub>:n suhteen puhdistamot toimivat keskimäärin samalla tavalla ja lähtevän jäteveden keskimääräinen BOD<sub>7</sub>-pitoisuus oli 23 mg/l.

## 5.5 Puhdistamoiden huolto ja ylläpito

Tutkimuksessa mukana olleita puhdistamoita ylläpidettiin ja huollettiin normaalisti hankkeen aikana. Mitään rakenteellisia muutoksia puhdistamoille ei saanut tehdä. Yleisin huolto- ja ylläpitotoimenpide oli saostussäiliöiden tyhjennys ja saostuskemikaalin lisäys.

Sähköä vaativissa laitepuhdistamoissa (panospuhdistamot ja biosuotimet) tapahtui jonkin verran laitteiden epäkuuntoa. Yleisimmin kyseessä olivat pumpuviat. Laittepuhdistamoissa oli suhteellisen yleistä myös se, että saostuskemikaalia

ei muistettu lisätä puhdistamoon tarpeeksi ajoissa, jolloin fosforipitoisuudet nousivat ajoittain hyvinkin korkeiksi.

Panospuhdistamoissa tapahtui myös biolietteen tuhoutumista, jolloin puhdistusprosessi häiriintyi joksikin aikaa ja palautui vasta kun sinne oli lisätty tervettä biolietettä. Saostuskemikaalin annostelussa oli myös jonkin verran ongelmia.

Tutkimuskohteiden kiinteistöjen omistajat olivat kiinnostuneita puhdistamoidensa toiminnasta. Siitä huolimatta tuli käsitys, että heidän vastuulleen ei ole syytä jättää kovin paljon tarkkailu- ja huoltotoimia. Nykyelämässä työpäivät saattavat, ainakin talvikaudella, kestää pimeästä pimeään, ja puhdistamon hoito ei välttämättä innosta työpäivän jälkeen. Täytyy muistaa, että pelkkä alkuinnostus ei riitä, vaan puhdistamon on toimittava vuosista vuosikymmeniin. Muutamat laitevalmistajat tarjoavatkin laitteilleen huoltosopimuksia. Myös äkillisten laiterikkojen varalta olisi hyvä olla selvillä lähiseudun ”nopean toiminnan korjausjoukot”. Lähes kaikki puhdistamot kykenevät toimimaan ilman jatkuvaa paimennusta, jos kaikki osatekijät täsmäävät suunniteltuun. Mutta mahdollinen häiriö on saatava nopeasti selville, koska puhdistustulos heikkenee pitkäksi aikaa jo parin päivänkin häiriöstä, ainakin biologisessa prosessin osassa.

Huolto- ja tarkastustoimien helppou- teen kannattaa panostaa suunnittelussa nykyistä enemmän. Seuraavassa muutamia seikkoja, jotka tekivät kiusaa:

- kaivojen kansissa oli syvennyksiä, jotka jäätyivät täyteen estäen avaamisen
- avattavissa luukuissa oli pieniä ruuveja ja muttereita koloissa, jotka talvella jäätyivät
- kansirakennelmat olivat liian raskaita
- painavia kemikaaliastioita oli huolto- luukkujen päällä

Ehkä asukkaan motivaatiota tarkkailla puhdistamon toimintaa olisi lisätävissä silläkin, että hän voisi helpommin nähdä puhdistamosta lähtevän puhdistuneen jäteveden. Ainakin panospuhdistamoissa vaatii onnea olla paikalla ulospumpauksen aikana. Mahdollinen tarkastusputkista näkyvä vesi on niin syvällä, että ilman näyttöä ei veden selkeyttä pysty näkemään. Joissakin tapauksissa on hyvä, että

vesi on syvällä, koska liian pinnassa olevat purkuputket jäätyvät.

Tutkimuksessa ei tutkittu tai vertailtu puhdistusmenetelmien vaatimia huolto- ja ylläpitotoimenpiteitä. Samanaikaisesti Ravinnesampon kanssa oli meneillään SYKEN Ylläpitosampo-hanke, jossa tehtiin mm. huoltokortit erilaisten puhdistusmenetelmien vaatimalle huollolle ja ylläpidolle. Myös Ylläpitosampo-hankkeen loppuraportti on julkaistu Suomen ympäristö-sarjassa.

## 5.6 Kokeet fosforia sitovilla massoilla

Ravinnesampo-hankkeen yhtenä osakokonaaisuutena oli tutkia erilaisia fosforinpoistoon soveltuvia adsorptiomassoja, joita käytetään mm. tehostamaan tavallisen maasuodattamon fosforin poistoa tai erillisissä jälkisuodattimissa maasuodattamon jälkeen. Tutkittavilla massoilla tehtiin sekä lyhytkestoisia ravistelukoikeita sekä pitkäkestoisia kolonnikoikeita. Ravistelukoikeilla pyrittiin selvittämään fosforin sitoutumisnopeutta sekä pH:n ja veden laadun vaikutusta fosforin sitoutumiseen. Kolonnikoikeissa seurattiin massojen kykyä sitoa fosforia pitkällä aikavälillä.

Kolonnikoikeissa tutkittiin yhteensä kahtatoista tutkimuksiin toimitettua massaa. Kokeet aloitettiin synteettisellä jätevedellä, jonka jälkeen massojen toimivuuteen tai yritysten toiveisiin perustuen valittiin massat, joilla tehtiin kolonnikoe myös maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä. Joidenkin massojen konseptia kehitettiin tutkimuksen aikana. Esimerkiksi rautakipsiä ei käytetty maasuodattimen jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikoikeessa sellaisenaan vaan siihen seostettiin rautalastua ja hiekkaa. Tarkempi kuvaus tehdyistä adsorptiomassakokeista on julkaistu Elina Laukkasen diplomityönä..... Tiivistelmä diplomityöstä on liitteessä 7.

## 5.7 Muita havaintoja

Biolan harmaaavesisuodattimien seurannan yhteydessä voitiin tehdä havaintoja myös harmaan veden bakteeripitoisuuksista. Tutkituissa puhdistamoissa käsitelty harmaa

vesi ei ollut hygieenisesti kovinkaan puhdasta, toisin kuin usein oletetaan. Silloin kun harmaiden jätevesien käsittelyyn johdetaan erottelevan kuivakäymälän virtsa tai kompostikäymälän suotovedet, voi bakteeripitoisuus olla hyvinkin korkea. Edes pelkkiä harmaita vesiä käsiteltäessä ei puhdistettu

vesi ole bakteeritonta. Suodatinmateriaalina kokeiltu vesisammal poisti bakteereita selvästi tehokkaammin kuin kookosrouhe.

Näin ollen harmaiden vesien käsittelyyn ei pidä suhtautua välinpitämättömästi, varsinkaan jos puhdistamo sijaitsee lähellä virkistyskäytössä olevaa vesistöä.



# 6

## Johtopäätökset

Ravannesampo-hankkeen päätavoitteena oli selvittää mahdollisimman monen eri tyyppisen puhdistusmenetelmän kykyä vähentää talousjätevesien aiheuttamaa ravinnekuormitusta sekä edistää tässä suhteessa hyvin toimivien laitteiden tuotekehitystä. Hankkeen edetessä yhdeksi keskeisistä tavoitteista nousi myös sen selvittäminen, minkälaisilla puhdistusmenetelmillä voidaan täyttää vuoden 2004 alussa voimaan tulleen hajajätevesiasetuksen vaatimukset. Kattavaa kirjallisuusselvitystä ei tämän tutkimuksen yhteydessä pidetty tarpeellisena, koska useita sellaisia on tehty aiemmin SYKENkin toimesta.

Tutkimuksen tulosten kannalta yhdeksi tärkeimmäksi tekijäksi nousi näytteenotto ja sen luotettavuus. Kun lähes kaikki johtopäätökset perustuvat näytteisiin ja niistä tehtyihin määrityksiin, on näytteenottoon voitava luottaa ja näytteenottajan tiedettävä mitä tekee. Näytteenottajaksi kannattaakin valita sertifioitu näytteenottaja, jolla on kokemusta juuri jätevesinäytteiden ottamisesta. Tässä tutkimuksessa lähes kaikki näytteenottajat täyttivät nämä kriteerit.

Tutkimuksen kaikki näytteenotot osuivat ajanjaksolle, jolloin Suomessa vallitsi epätavallinen kuivuustilanne. Pohjavesi oli hyvin matalalla koko tutkimuksen ajan ja sateet olivat poikkeuksellisen vähäisiä. Näin ollen maasuodattamoihin ei juurikaan päässyt laimentavia vesiä ja tulokset ovat ehkä luotettavampia kuin normaalina vesivuonna olisi saatu. Epätavallinen kuivuustilanne myös osaltaan vaikeuttaa tämän tutkimuksen tulosten vertailua monien muiden vastaavien tutkimusten tuloksiin.

Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 46 kiinteistökohtaista asumisjätevettä käsittelevää puhdistamoita. Tulosten perusteella on todettavissa, että olemassa olevilla puhdistustekniikoilla on mahdollista saavuttaa hajajätevesiasetuksen vaatimukset. Lähes kaikki tutkitut puhdistamot poistivat orgaanista ainetta ja tyypeä asetuksessa vaaditulla tavalla. Fosforin suhteenkin yli puo-

let puhdistamoista toimi hyvin, mutta osalla oli ongelmia.

Monilla puhdistamoilla vaadittu fosforinpoistoteho saavutettaisiin, jos puhdistamoihin muistettaisiin huoltaa vaaditulla tavalla. Etenkin monet laitepuhdistamot (panospuhdistamot ja biosuodattimet) olivat selvästi herkempiä häiriöille kuin maasuodattamot. Valitettavan usein niihin oli unohdettu lisätä esim. fosforin saostuskemikaalia ajoissa ja seurauksena oli hyvinkin korkeita fosforipäästöjä. Myös laitepuhdistamoiden monimutkaisempi tekniikka (pumput, ym. sähköä vaativat laitteet) saattaa altistaa ne useammin häiriöille.

Tässä tutkimuksessa seuratut tavalliset maasuodattamot riittivät harvoin puhdistamaan kaikki kiinteistön jätevedet niin hyvin, että tulos olisi fosforin suhteen ollut asetuksen vaatimusten mukainen. Typen ja orgaanisen aineen suhteen niillä ei ollut ongelmia. Tavallinen maasuodattamo onkin syytä varautua täydentämään mahdollisella fosforin lisäkäsittelyllä (esim. jälkisuodatin) ainakin niillä alueilla, joilla sovelletaan fosforin peruskäsittelyvaatimusta (85 %). Lievennettyä käsittelyvaatimusta soveltavilla alueilla tavallinen maasuodattamokin on usein riittävän hyvin toimiva puhdistusmenetelmä. Osa tutkituista maasuodattamoista oli yli kymmenen vuotta käytössä olleita, mikä osaltaan saattoi hieman heikentää niillä saatuja tuloksia.

Fosforinpoistolla tai jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot toimivat yleensä selvästi paremmin kuin tavalliset maasuodattamot. Parhaiten toimivilla fosforinpoistomassoilla päästiin asetuksen vaatimuksiin niin fosforin, typen kuin orgaanisenkin aineen suhteen. Panospuhdistamot ja biosuodattimet toimivat yleensä vaihtelevammin kuin maapuhdistamot. Useimmilla niistä oli kuitenkin edellytykset toimia asetuksen vaatimusten mukaisesti edellyttäen, että kaikki vaadittavat huolto- ja ylläpitotoimenpiteet tehtiin kunnolla.

Yleisesti ottaen maasuodattamot vaativat vähemmän huoltotoimenpiteitä kuin laitepuhdistamot. Toisaalta jälkisuodatuksella tehostetuissa maasuodattamoissakin fosforia sitova massa täytyy vaihtaa uuteen parin vuoden välein. Laitepuhdistamoiden hyvänä puolenä on se, että ne vaativat huomattavasti vähemmän tilaa kuin maasuodattamot. Laitepuhdistamot soveltuvat yleensä myös tontille kuin tontille, kun taas maasuodattamoa ei kaikkiiin paikkoihin voida rakentaa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella suositeltavimpia puhdistusmenetelmiä haja-asutusalueella sijaitsevan kiinteistön kaikkien jätevesien käsittelyyn ovat jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot ja hyvin toimivat laitepuhdistamot. Fosforia sitovaa massaa sisältävät maasuodattamot toimivat myös hyvin, mutta niistä massa on hankalampi vaihtaa uuteen fosforinpoiston heiketessä kuin fosforin jälkisuodattimista. Myös erityisvalmisteista kevytsoraa käyttävillä suodattamoilla päästiin erinomaiseen tulokseen.

Etenkin loma-asunnoissa jätevesijärjestelmä kannattaa suunnitella mahdollisimman yksinkertaiseksi ja niissä olisi hyvä suosia kuivakäymäläratkaisuja. Mikäli käymäläjätteet otetaan talteen esimerkiksi kompostikäymälässä ja jatkokäsittellään asianmukaisesti, jää käsiteltäväksi vain harmaata jätevettä. Harmaiden vesien käsittelyyn soveltuvat esimerkiksi harmaavesisuodattimet, joissa käytetään vesisammalta suodatinmateriaalina. Myös tavalliset maasuodattamot soveltuvat hyvin harmaiden vesien käsittelyyn.

Ravannesampo-hanke pyrki olemaan mahdollisimman kattava tutkimus Suomessa vuonna 2003 markkinoilla olleista erilaisista puhdistusmenetelmistä. Tutkitut puhdistamot edustivat sen hetkistä tekniikkaa ja monia puhdistusmenetelmiä onkin kehitetty edelleen myös tutkimuksen aikana ja tutkimuksesta saatujen kokemusten perusteella. Hankkeen päärahoittajan Tekesin näkökulmasta yhtenä tavoitteena olikin tuottaa tuotekehitystietoa, jotta puhdistamoita voitaisiin kehittää edelleen toimivammiksi ja mm. asetuksen vaatimukset täyttäväksi. Toisaalta muiden rahoittajien näkökulmasta hankkeen tulokset ovat laajasti hyödynnettävissä myös välitettäessä

tietoa kuntien viranomaisille ja kansalaisille. Tuloksia tulkittaessa on syytä muistaa, että Ravannesampo oli yksi tutkimusmuiden joukossa, eikä sitä voi siis pitää ainoana tiedonlähteenä puhdistusmenetelmiin liittyen.

SYKEN Suomenojan tutkimusasemalla aloitetaan vuoden 2005 aikana pienten jäteveden käsittelylaitteiden testaustointa eurooppalaisen standardin mukaisesti. Testatut puhdistamot ovat oikeutettuja saamaan CE-merkinnän. Tämä testaus koskee siis lähinnä laitepuhdistamoita eli panospuhdistamoita ja biosuotimia. Tämä testaus tulee antamaan huomattavasti vertailukelpoisemman tiedon erilaisten menetelmien toimivuudesta kuin kentällä olevien kohteiden testaus. CE-testauksessa kaikki näytteet ovat vuorokauden kokoomanäytteitä ja kaikkiiin puhdistamoihin johdetaan jätevettä samalta asuinalueelta. Kenttäkokeissa vertailu puhdistamoiden kesken on huomattavasti epäluotettavampaa, koska kohteiden vedenkäyttötottumukset ja näin ollen myös puhdistamoiden kuormitus on hyvinkin erilainen. Toisaalta käytännön seurannassa tulevat paremmin esille käyttäjään ja käyttökohteeseen liittyvät satunnaiset ongelmat, joita ei voida simuloida laboratoriossa. Tästä syystä myös käytännön oloissa tehtävät seurannat ovat hyödyllisiä.

Tulevaisuudessa yksi tärkeä tutkimusaihe on selvittää osa-aikaisessa ja jaksottaisessa käytössä oleviin kiinteistöihin, erityisesti loma-asuntoihin, soveltuvien puhdistusmenetelmien toimivuutta ja käyttövarmuutta. Nyt toteutetun tutkimuksen perusteella ei esimerkiksi voida päätellä, mitkä tutkituista laitteista ja menetelmistä toimisivat moitteettomasti usean kuukauden mittaisen käyttökätkön jälkeen talvella.

Käytännön olosuhteissa puhdistamon hyvä toimivuus edellyttää useimpien puhdistamoiden kohdalla käyttäjältä tietämystä omasta puhdistamostaan, jotta puhdistamo toimisi vaaditulla tavalla. Sopivan puhdistusmenetelmän valinnan tulisi perustua aina kohteen tarpeisiin ja olosuhteisiin. Valinnassa tulisi kiinnittää huomiota myös siihen, minkä tyyppinen puhdistamo parhaiten soveltuu kiinteistön omistajalle eli mitä huoltotoimenpiteitä on valmis tekemään ja kuinka usein. Ainoastaan halvin hinta ei ole pätevä kriteeri puhdistamon valinnassa.

# 7

## Kirjallisuus

---

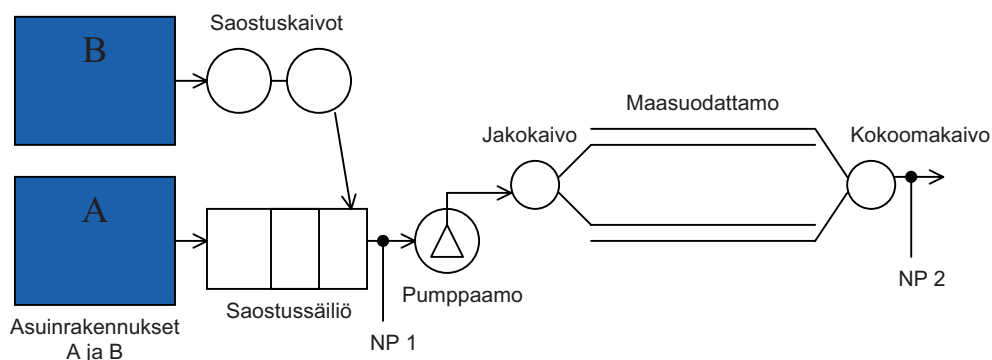
- Hellström, D., Jonsson, L. & Sjöström, M. 2003. Bra Små Avlopp, Slutrapport, Utvärdering av 15 enskilda avloppsanläggningar. Stocholms Vatten. 179 s.
- Kujala-Räty, K. & Santala, E. (toim.) 2001. Haja-asutuksen jätevesien käsittelyn tehostaminen, Hajasampo-projektin loppuraportti. Helsinki. Suomen ympäristö 491. 299 s. ISBN 952-11-0918-1 (nid.), ISBN 952-11-0986-6 (PDF), ISSN 1238-7312.
- Kujala-Räty, K. 2004. Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistuksen toimivuus Hajasampo-projektissa. Helsinki. Suomen ympäristö 654. 150 s. ISBN 952-11-1510-6 (nid.), ISBN 952-22-1511-4 (PDF), ISSN 1238-7312.
- Laukkanen, E. 2005. Haja-asutusalueen jätevesien käsittelyn fosforinpoiston tehostaminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Ympäristötekniikan osasto/Bio- ja ympäristötekniikan laitos.
- Santala, E. (toim.) 1990. Pienet jäteveden maapuhdistamot. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja B:1. 117 s. ISBN 951-47-3064-X, ISSN 0786-9606.
- Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. 542/2003. (www-dokumentti). <[www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)> 2003.

# Liite I Tutkittujen puhdistamoiden prosessi-kaaviot ja kiinteistöjen perustiedot

## MAASUODATTAMOT

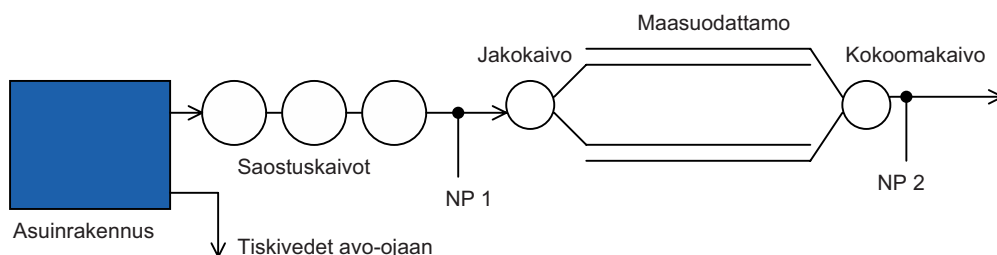
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Maasuodattamo	MS 1	Lounais-Suomen ympäristökeskus (LOS)	Säkylä	2 asuinrakennusta (8 asukasta) + heinä–elokuussa maatilan työntekijöiden sosiaalityöistä harmaat jätevedet	1992

Asuinrakennuksien (A ja B) jätevedet johdetaan molempien omien saostuskaivojen/säiliön kautta. Kesäaikana lisäkuormitusta aiheuttaa maatilan työntekijöiden sosiaalityöistä harmaat jätevedet, jotka johdetaan myös asuinrakennuksen A saostussäiliön kautta. Kotitalouden A saostussäiliö on 3-osainen (Uponor, tilavuus 2 m<sup>3</sup>). Kotitalouden B saostuskaivo on 2-osainen (betoni, noin 2 m<sup>3</sup>), minkä jälkeen jätevesi johdetaan kotitalouden A kolmanteen saostussäiliön osaan. Sen jälkeen jätevedet johdetaan pumppaamoon, josta ne pumpataan jakokaivon kautta maasuodattamoon. Maasuodattamossa on kaksi linjaa ja sen pinta-ala on noin 25 m<sup>2</sup>. Kiinteistöjen raakavesi tulee vesijohtoverkosta. Keskimääräiset vedenkulutukset vesimittarin mukaan asuinrakennuksessa A 722 l/vrk ja asuinrakennuksessa B 274 l/vrk.



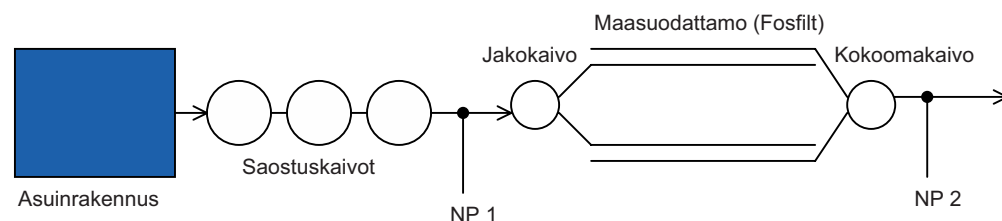
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Maasuodattamo	MS 2	Lounais-Suomen ympäristökeskus (LOS)	Eura	2 asukasta (muut paitsi tiskivedet)	1996

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 3-osaisen saostuskaivon kautta maasuodattamoon. Tarkemmat tiedot puuttuvat. Raakavesi tulee lähteestä.



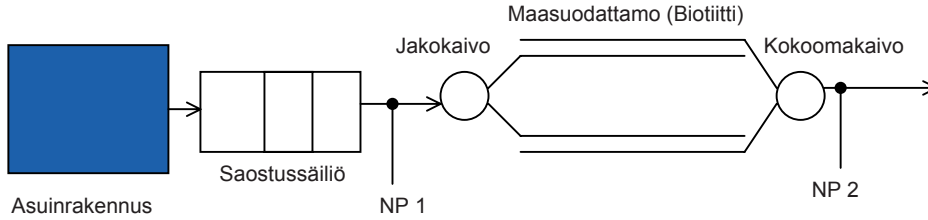
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Fosforinpoistolla tehostettu maasuodattamo (Fosfilt)	MS (Fosfilt)	Lounais-Suomen ympäristökeskus (LOS)	Yläne	4 asukasta	1992

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 2 + 1 -osaisen saostuskaivon (tilavuus 1,5–2 m<sup>3</sup>) kautta maasuodattamoon, jonka pinta-ala on noin 20 m<sup>2</sup>. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



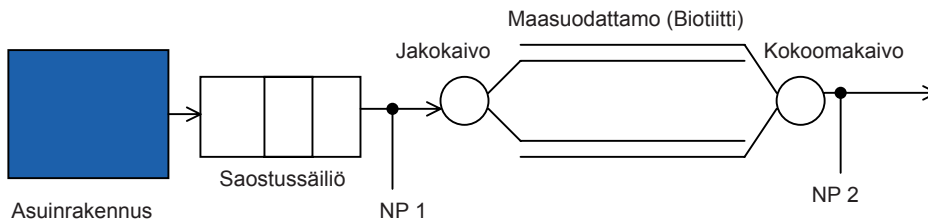
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Fosforinpoistolla tehostettu maasuodattamo (Biotiitti)	MS (Biotiitti) 1	Kemira	Siilinjärvi	5 asukasta	2003

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 3-osaisen saostuskaivon (Uponor, 3 m<sup>3</sup>) kautta maasuodattamoon. Maasuodattamoon kuuluu jakokaivo, 2-linjainen imeytys- ja kokoomaputkisto sekä kokoomakaivo. Maasuodattamon pinta-ala on 30 m<sup>2</sup>. Suodatinkerrokseen kuuluu 300 mm paksuinen biotiittikerros, joka on sijoitettu tavanomaisen suodatinhiekkakerroksen väliin. Raakavesi tulee vesijohtoverkostosta.



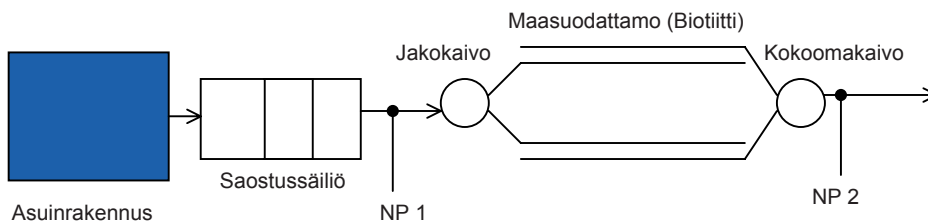
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Fosforinpoistolla tehostettu maasuodatin (Biotiitti)	MS (Biotiitti) 2	Kemira	Siilinjärvi	7 asukasta	2001

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 3-osaisen saostuskaivon (Uponor, 2m<sup>3</sup>) kautta maasuodattamoon. Maasuodattamoon kuuluu jakokaivo, 2-linjainen imeytys- ja kokoomaputkisto sekä kokoomakaivo. Maasuodattamon pinta-ala on 40 m<sup>2</sup>. Suodatinkerrokseen kuuluu 300 mm paksuinen biotiittikerros, joka on sijoitettu tavanomaisen suodatinhiekkakerroksen väliin. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta. Vedenkulutus vesimittarin mukaan 472 l/vrk.



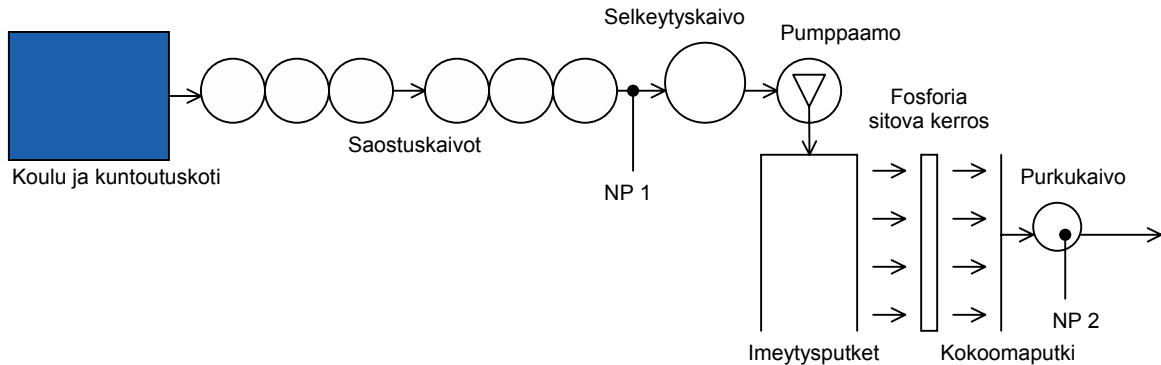
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Fosforinpoistolla tehostettu maasuodatin (Biotiitti)	MS (Biotiitti) 3	Kemira	Siilinjärvi	3 asukasta	2003

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 3-osaisen saostuskaivon kautta maasuodattamoon. Maasuodattamoon kuuluu jakokaivo, 2-linjainen imeytys- ja kokoomaputkisto sekä kokoomakaivo. Maasuodattamon pinta-ala ei tiedossa. Suodatinkerrokseen kuuluu 300 mm paksuinen biotiittikerros, joka on sijoitettu tavanomaisen suodatinhiekkakerroksen väliin. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta. Vedenkulutus vesimittarin mukaan 185 l/vrk.



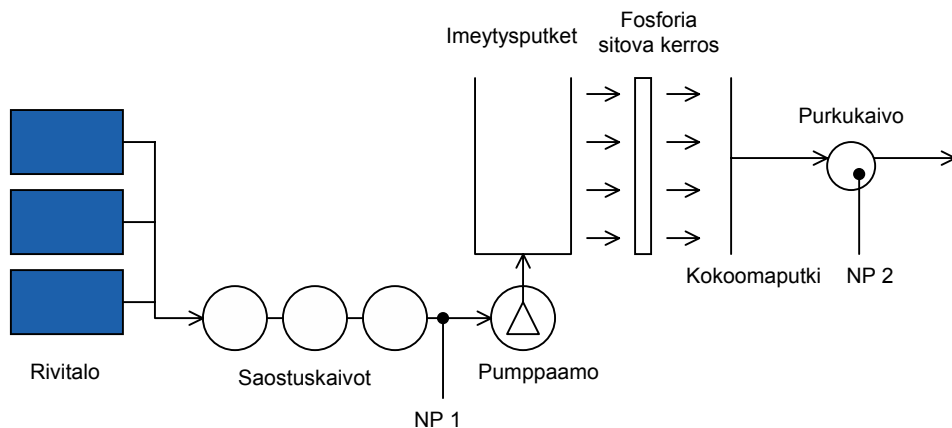
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Fosforinpoistolla tehostettu vaakavirtausmaasuodatin	Vaaka-MS 1	Pirkanmaan ympäristökeskus (PIR)	Kuru	Nuorten huume kuntoutuskeskus (noin 10 asukasta)	1998

Jätevedet johdetaan 3+3-osaisten saostuskaivojen (tilavuus yhteensä 6 m<sup>3</sup>), selkeytyskaivon ja pumppaamon kautta vaakavirtausmaasuodattamoon. 2-linjaisesta imeytysputkistosta jätevesi suodattuu ensin alaspäin ja sen jälkeen lähes horisontaalisesti kohti kokoomaputkia. Suodattava jätevesi johdetaan fosforia sitovan adsorptiokerroksen läpi (tilavuus 2 m<sup>3</sup>) ja kerätään kokoomaputkilla purkukaivoon, mistä se johdetaan edelleen avo-ojaan. Raakavesi tulee omasta rengaskaivosta.



Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Fosforinpoistolla tehostettu vaakavirtausmaasuodatin	Vaaka-MS 2	Pirkanmaan ympäristökeskus (PIR)	Kuru	Rivitalo, jossa 3 asuinhuoneistoa (8 asukasta)	1999

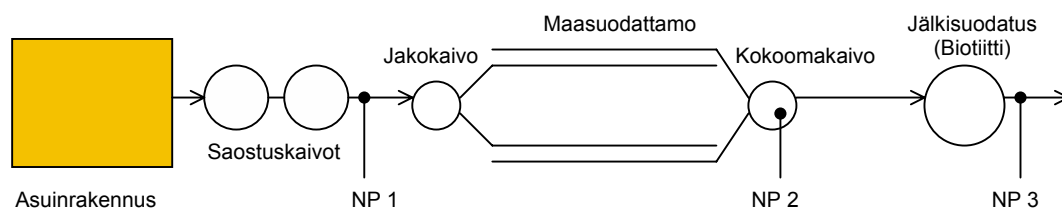
Jätevedet johdetaan 3-osaisten saostuskaivon ja pumppaamon kautta vaakavirtausmaasuodattamoon. 2-linjaisesta imeytysputkistosta jätevesi suodattuu ensin alaspäin ja sen jälkeen lähes horisontaalisesti kohti kokoomaputkia. Suodattava jätevesi johdetaan fosforia sitovan adsorptiokerroksen läpi, josta massa vaihdettu toukokuussa 2003 (90 kg kalkkia, 126 kg ferrosulfaattia ja 60 kg rautalastuja hiekkaan sekoitettuna). Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



#### JÄLKISUODATUKSELLA TEHOSTETUT MAASUODATTAMOT

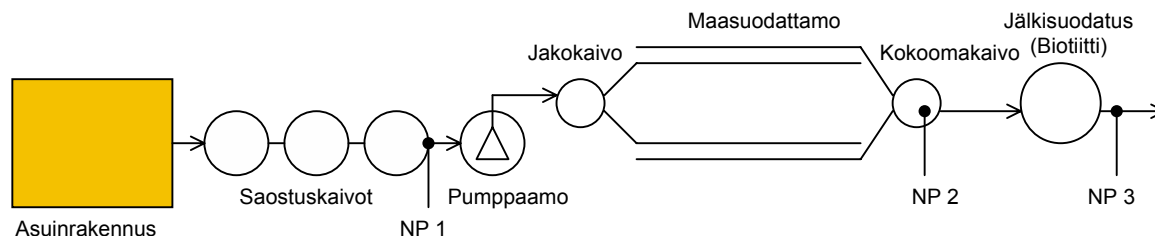
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Maasuodattamo + jälkisuodatin (Formuloitu biotiitti)	MS + JS (Biotiitti) I	Kemira	Siilinjärvi	5 asukasta	2002–2003

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 2-osaisten saostussäiliön (n. 2 m<sup>3</sup>) kautta maasuodattamoon ja siitä edelleen fosforin jälkisuodatuksen (Formuloitu biotiitti – 300 l). Maasuodattamoon kuuluu jakokaivo, imeytys- ja kokoomaputkisto sekä kokoomakaivo. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



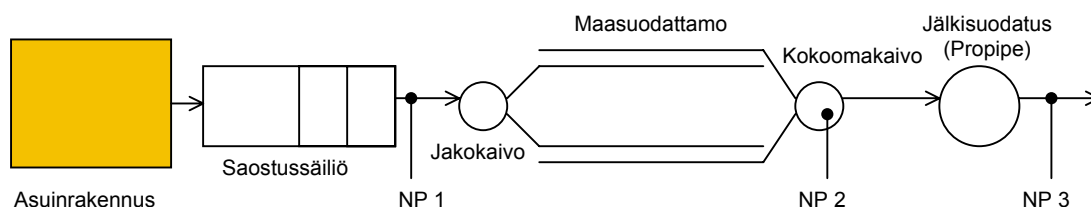
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Maasuodattamo + jälkisuodatin (Formuloitu biotiitti)	MS + JS (Biotiitti) 2	Kemira	Siilinjärvi	4 asukasta + päivisin 3 hoitolasta	2000–2003

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 3-osaisen saostussäiliön ja pumppaamon kautta 3-linjaiseen maasuodattamoon ja siitä edelleen fosforin jälkisuodatussuodattukseen (Formuloitu biotiitti – 300 l). Maasuodattamon pinta-ala on noin 30 m<sup>2</sup> ja siihen kuuluu jakokaivo, imeytys- ja kokoomaputkisto sekä kokoomakaivo. Raakavesi tulee vesi-johtoverkosta. Keskimääräinen vedenkulutus vesimittarin mukaan noin 525 l/vrk.



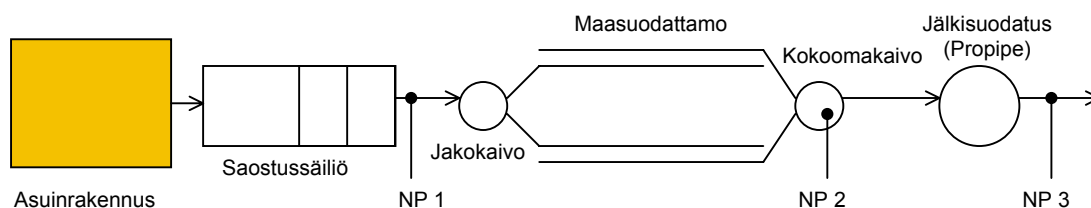
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Maasuodattamo + jälkisuodatin (Propipe 1400 Filt)	MS + JS (Propipe) 1	Propipe Oy	Vihti	2 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan 3-osaisen saostussäiliön (tilavuus 2 m<sup>3</sup>) kautta 2-linjaiseen maasuodattamoon, johon kuuluu jakokaivo, imeytys- ja kokoomaputkistot sekä kokoomakaivo. Maasuodattamon pinta-ala on n. 20 m<sup>2</sup>. Maasuodattamosta jätevedet johdetaan jälkisuodattukseen (tilavuus 1 m<sup>3</sup>), jossa massana Propipe 1400 Filt. Raakavesi tulee omasta lähdekaivosta.



Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Maasuodattamo + jälkisuodatin (Propipe 1400 Filt)	MS + JS (Propipe) 2	Propipe Oy	Askola	2 asukasta	2003

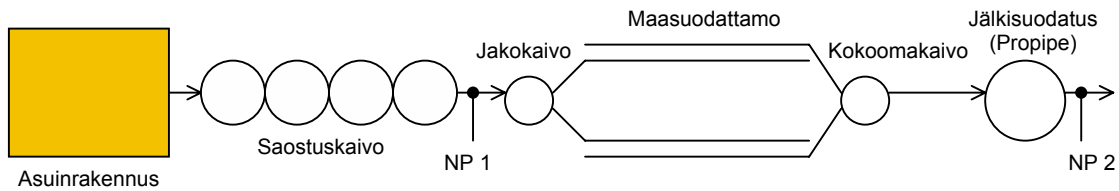
Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan 3-osaisen saostussäiliön kautta 2-linjaiseen maasuodattamoon, johon kuuluu jakokaivo, imeytys- ja kokoomaputkistot sekä kokoomakaivo. Maasuodattamon pinta-ala on n. 32 m<sup>2</sup>. Maasuodattamosta jätevedet johdetaan jälkisuodattukseen (tilavuus 1 m<sup>3</sup>), jossa massana Propipe 1400 Filt. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.





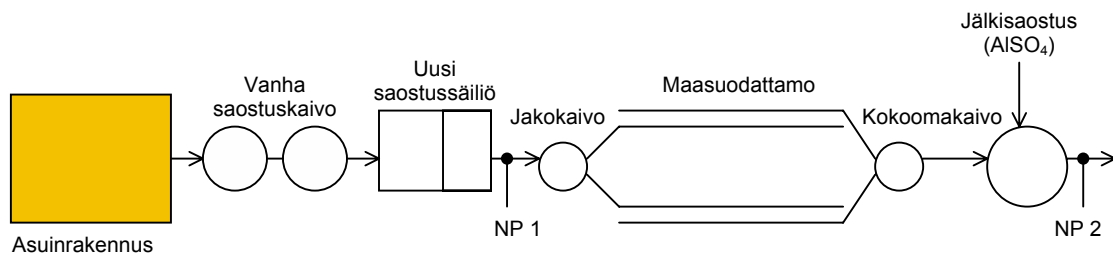
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Fosforinpoistolla tehostettu maasuodattamo (Fosfilt) + jälkisuodatin (Propipe 1400 Filt)	MS + JS (Propipe) 3	Lounais-Suomen ympäristökeskus (LOS)	Yläne	2 asukasta + maatilamatkailun asiakkaita noin 6000 – 8000 vuodessa	1994

Jätevedet johdetaan 4-osaisen saostuskaivon kautta maasuodattamoon, jonka suodatinkerroksessa on Fosfilt -massaa. Maasuodattamon pinta-ala on 25 – 30 m<sup>2</sup>. Maasuodattamosta jätevedet johdetaan jälkisuodattukseen (tilavuus 1 m<sup>3</sup>), jossa massana on Propipe 1400 Filt. Raakavesi tulee omasta porakaivosta ja toisinaan lähteestä. Vedenkulutus vesimittarin mukaan keskimäärin 446 l/vrk.



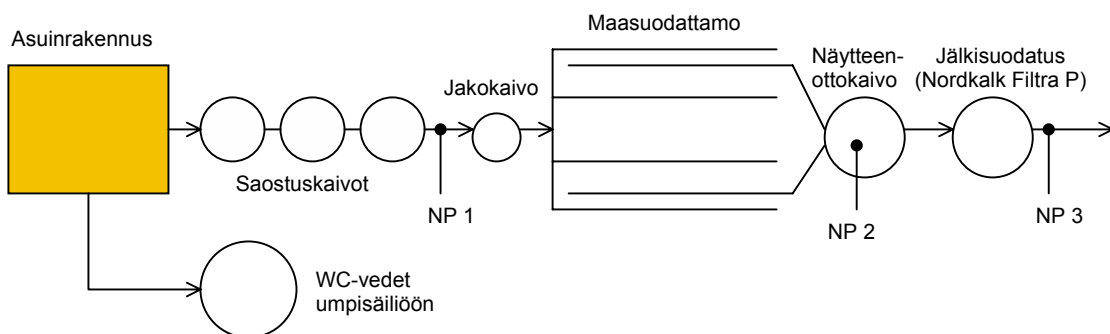
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Maasuodattamo + jälkisaostus (Alumiinisulfaatti)	MS + JS (AIS04)	Jita Oy	Virrat	3 – 7 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevedet esiselkeytetään 2-osaisessa vanhassa saostuskaivossa (betoni) ja 2-osaisessa uudessa saostussäiliössä (1 m<sup>3</sup>). Sen jälkeen jätevedet johdetaan kaksilinjaiseen maasuodattimeen, jonka pinta-ala on 25 m<sup>2</sup>. Maasuodattimeen kuuluu jakokaivo, imeytys- ja kokoomaputkisto sekä kokoomakaivo, josta jätevedet johdetaan erilliseen fosforin saostussäiliöön, jonka tilavuus on 0,8 m<sup>3</sup> ja saostuskemikaalina käytetään Kemiran alumiinisulfaattia. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Maasuodattamo + jälkisuodatin (Filtira P)	MS + JS (Nordkalk)	Nordkalk Oyj Abp	Yläne	2 asukasta + Catering-palvelu sekä sauna- ja kokoustilat (max. 50 asiakasta), vain harmaat vedet puhdistamoon	2001

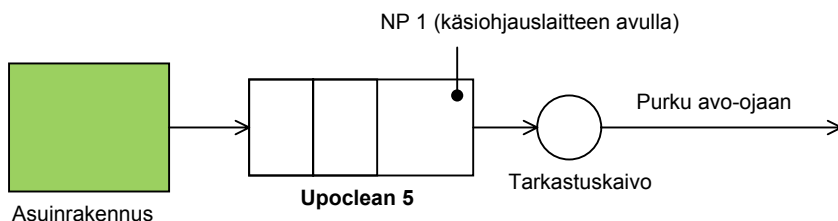
Asuinrakennuksen ja muiden tilojen harmaat jätevedet johdetaan 3-osaisen saostuskaivon (betoni) kautta maasuodattimeen. Maasuodattimeen kuuluu jakokaivo, neljälinjainen imeytys- ja 2-linjainen kokoomaputkisto. Maasuodattimen pinta-ala on n. 50 m<sup>2</sup>. Maasuodattimesta jätevedet johdetaan näytteenottokaivon kautta jälkisuodattukseen (tilavuus 1m<sup>3</sup>). Suodatinmateriaalina on 25.2.2004 lähtien ollut Nordkalk Filtra P. WC-vedet johdetaan umpisäiliöön. Raakavesi tulee omasta rengaskaivosta.



PANOSPUHDISTAMOT

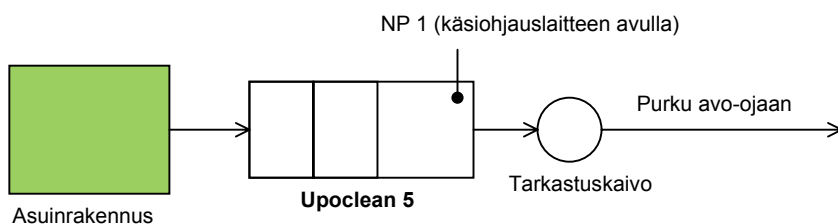
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo Upoclean 5 (aktiiviliete + rinnakkaisaastus)	Upoclean 1	Uponor Suomi Oy	Kirkkonummi	4 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Upoclean 5 -puhdistamoon, johon kuuluu 2-osainen esiselkeytys ja panosperiaatteella toimiva aktiivilieteprosessi. Biologisen käsittelyn vaiheet sisältävät esiselkeytetyn jäteveden pumppauksen prosessisäiliöön, ilmastuksen, kemikaalin annostelun ja sekoituksen, selkeytyksen, ylijäämälietteen palautuksen esiselkeytysosaan ja selkeytyneen jäteveden poisjohtamisen. Fosforin rinnakkaisaastus tehdään alumiinipohjaisella kemikaaliliuoksella (XL60). Puhdistettu jätevesi johdetaan avo-ojaan. Raakavesi tulee omasta porakaivosta. Vedenkulutus panoslaskurin mukaan keskimäärin 530 l/vrk.



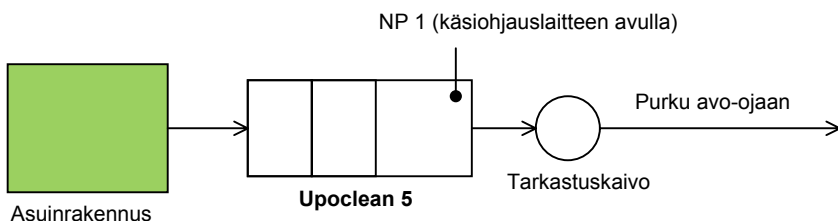
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo Upoclean 5 (aktiiviliete + rinnakkaisaastus)	Upoclean 2	Uponor Suomi Oy	Tuusula	2 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Upoclean 5 -puhdistamoon, johon kuuluu 2-osainen esiselkeytys ja panosperiaatteella toimiva aktiivilieteprosessi. Biologisen käsittelyn vaiheet sisältävät esiselkeytetyn jäteveden pumppauksen prosessisäiliöön, ilmastuksen, kemikaalin annostelun ja sekoituksen, selkeytyksen, ylijäämälietteen palautuksen esiselkeytysosaan ja selkeytyneen jäteveden poisjohtamisen. Fosforin rinnakkaisaastus tehdään alumiinipohjaisella kemikaaliliuoksella (XL60). Puhdistettu jätevesi johdetaan avo-ojaan. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta. Vedenkulutus panoslaskurin mukaan keskimäärin 136 l/vrk.



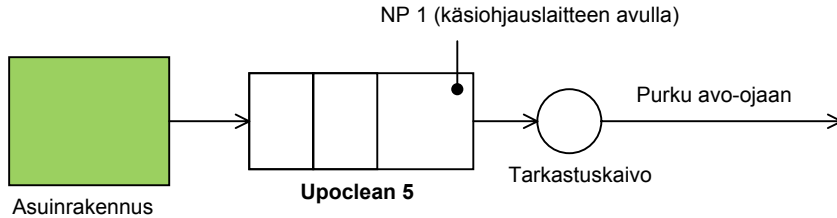
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo Upoclean 5 (aktiiviliete + rinnakkaisaastus)	Upoclean 3	Uponor Suomi Oy	Tuusula	2 asukasta	2003

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Upoclean 5 -puhdistamoon, johon kuuluu 2-osainen esiselkeytys ja panosperiaatteella toimiva aktiivilieteprosessi. Biologisen käsittelyn vaiheet sisältävät esiselkeytetyn jäteveden pumppauksen prosessisäiliöön, ilmastuksen, kemikaalin annostelun ja sekoituksen, selkeytyksen, ylijäämälietteen palautuksen esiselkeytysosaan ja selkeytyneen jäteveden poisjohtamisen. Fosforin rinnakkaisaastus tehdään alumiinipohjaisella kemikaaliliuoksella (XL60). Puhdistettu jätevesi johdetaan avo-ojaan. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta. Vedenkulutus panoslaskurin mukaan keskimäärin 226 l/vrk.



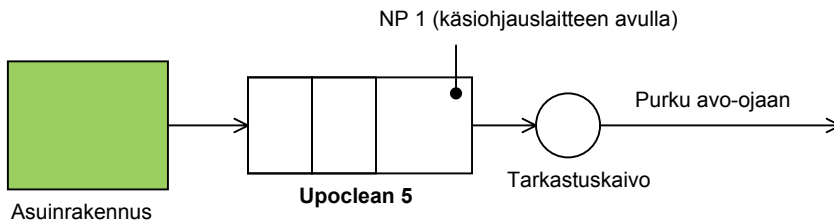
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo Upoclean 5 (aktiiviliete + rinnakkaisaastus)	Upoclean 4	Uponor Suomi Oy	Vihti	5 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Upoclean 5 -puhdistamoon, johon kuuluu 2-osainen esiselkeytys ja panosperiaatteella toimiva aktiivilieteprosessi. Biologisen käsittelyn vaiheet sisältävät esiselkeytetyn jäteveden pumppauksen prosessisäiliöön, ilmastuksen, kemikaalin annostelun ja sekoituksen, selkeytyksen, ylijäämälietteen palautuksen esiselkeytysosaan ja selkeytyneen jäteveden poisjohtamisen. Fosforin rinnakkaisaastus tehdään alumiinipohjaisella kemikaaliliuoksella (XL60). Puhdistettu jätevesi johdetaan avo-ojaan. Raakavesi tulee omasta rengaskaivosta. Vedenkulutus panoslaskurin mukaan keskimäärin 371 l/vrk.



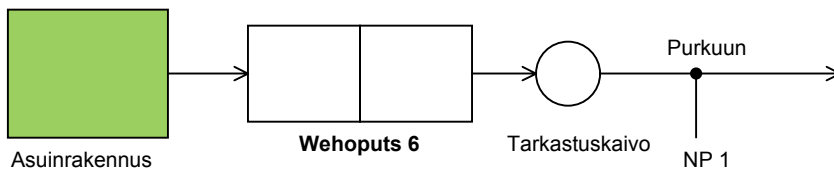
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo Upoclean 5 (aktiiviliete + rinnakkaisaastus)	Upoclean 5	Uponor Suomi Oy	Myrskylä	3 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Upoclean 5 -puhdistamoon, johon kuuluu 2-osainen esiselkeytys ja panosperiaatteella toimiva aktiivilieteprosessi. Biologisen käsittelyn vaiheet sisältävät esiselkeytetyn jäteveden pumppauksen prosessisäiliöön, ilmastuksen, kemikaalin annostelun ja sekoituksen, selkeytyksen, ylijäämälietteen palautuksen esiselkeytysosaan ja selkeytyneen jäteveden poisjohtamisen. Fosforin rinnakkaisaastus tehdään alumiinipohjaisella kemikaaliliuoksella (XL60). Puhdistettu jätevesi johdetaan avo-ojaan. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta. Vedenkulutus panoslaskurin mukaan keskimäärin 156 l/vrk.



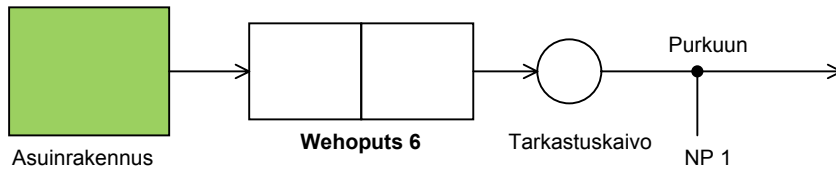
Tyyppi	Tyyppi	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo Wehoputs 6 (aktiiviliete + rinnakkaisaastus)	Wehoputs 1	KWH Pipe Oy	Mustasaari	3 asukasta	2003

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Wehoputs 6 -puhdistamoon, johon kuuluu varastosäiliö ja varsinainen prosessisäiliö. Prosesseihin kuuluvat käsittelemättömän jäteveden pumppaus varastosäiliöstä prosessisäiliöön, jäteveden ja aktiivilietteen sekoitus, ilmastus, laskeutus ja käsitellyn jäteveden pumppaus purkuputkeen. Puhdistusprosesseihin kuuluvat myös fosforin rinnakkaisaastus rautapohjaisella kemikaaliliuoksella (Kemiran PIX 115) ja ylijäämälietteen pumppaus niin sanottuun lietepussiin. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



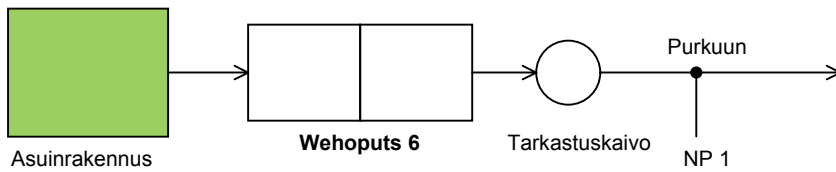
Tyyppi	Tyyppi	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo Wehoputs 6 (aktiiviliete + rinnakkaisaostus)	Wehoputs 2	KWH Pipe Oy	Mustasaari	3-4 asukasta + 5 hoitolasta päivisin	2003

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Wehoputs6 -puhdistamoon, johon kuuluu varastosäiliö ja varsinainen prosessisäiliö. Prosesseihin kuuluvat käsittelemättömän jäteveden pumppaus varastosäiliöstä prosessisäiliöön, jäteveden ja aktiivilietteen sekoitus, ilmastus, laskeutus ja käsitellyn jäteveden pumppaus purkupuutkeen. Puhdistusprosesseihin kuuluvat myös fosforin rinnakkaisaostus rautapohjaisella kemikaaliliuoksella (Kemiran PIX 115) ja ylijäämälietteen pumppaus niin sanottuun lietepussiin. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



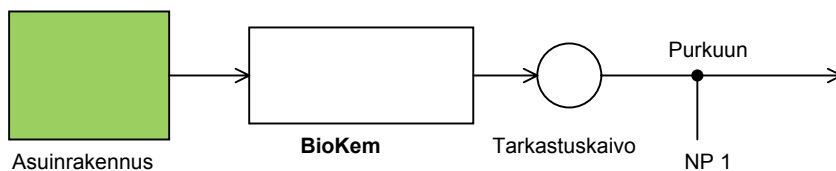
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo Wehoputs 6 (aktiiviliete + rinnakkaisaostus)	Wehoputs 3	KWH Pipe Oy	Porvoo	2 asukasta	2003

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Wehoputs6 -puhdistamoon, johon kuuluu varastosäiliö ja varsinainen prosessisäiliö. Prosesseihin kuuluvat käsittelemättömän jäteveden pumppaus varastosäiliöstä prosessisäiliöön, jäteveden ja aktiivilietteen sekoitus, ilmastus, laskeutus ja käsitellyn jäteveden pumppaus purkupuutkeen. Puhdistusprosesseihin kuuluvat lisäksi kalkkikiviputki 8.4.2004, jotta pH ei olisi liian alhainen. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



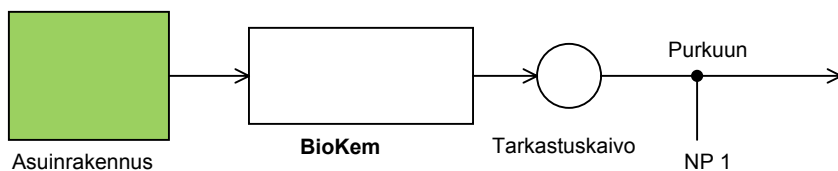
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo BioKem LM3000 (aktiiviliete + rinnakkaisaostus)	BioKem I	Wavin-Labko Oy	Sipoo	3 asukasta	2003

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Labko Biokem -puhdistamoon, jonka prosesseihin kuuluvat ilmastus, laskeutus ja käsitellyn jäteveden pumppaus purkupuutkeen. Fosforia saostetaan rinnakkaisaostuksena rautapohjaisella kemikaaliliuoksella. Tässä kohteessa saostuskemikaalina käytettiin ferrisulfaattia. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



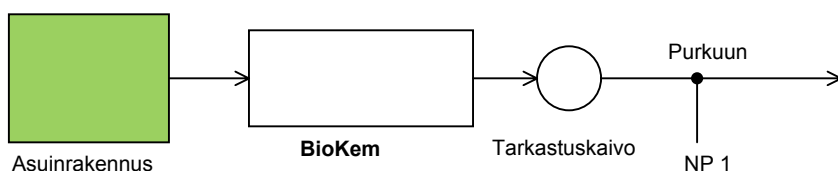
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo BioKem LM3000 (aktiiviliete + rinnakkaissaostus)	BioKem 2	Wavin-Labko Oy	Vammala	5 asukasta	2003

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Labko Biokem -puhdistamoon, jonka prosesseihin kuuluvat ilmastus, laskeutus ja käsitellyn jäteveden pumppaus purkupuutkeen. Fosforia saostetaan rinnakkaissaostuksena rautapohjaisella kemikaaliliuoksella. Tässä kohteessa saostuskemikaalina käytettiin ferrisulfaattia. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Panospuhdistamo BioKem LM5000 (aktiiviliete + rinnakkaissaostus)	BioKem 3	Wavin-Labko Oy	Nummela	5 asukasta + kesämökki (5 asukasta) keväällä 2004 otettu käyttöön	2003

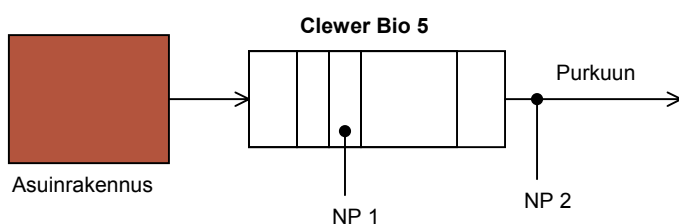
Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Labko Biokem -puhdistamoon, jonka prosesseihin kuuluvat ilmastus, laskeutus ja käsitellyn jäteveden pumppaus purkupuutkeen. Fosforia saostetaan rinnakkaissaostuksena rauta- tai alumiinipohjaisella kemikaaliliuoksella. Tässä kohteessa saostuskemikaalina oli aluksi ferrisulfaatti ja se vaihdettiin alumiinikloridiin 28.11.03 (4. näytekerän jälkeen). Raakavesi tulee omasta porakaivosta. Vedenkulutus isännän arvion mukaan 400–500 l/vrk. Kesämökin jätevedet johdettu puhdistamoon vasta hankkeen näytteenoton päätyttyä, joten puhdistamo on ollut mitoitukseltaan aluksi liian suuri vain yhden perheen jätevesien käsittelyyn.



#### BIOSUOTIMET

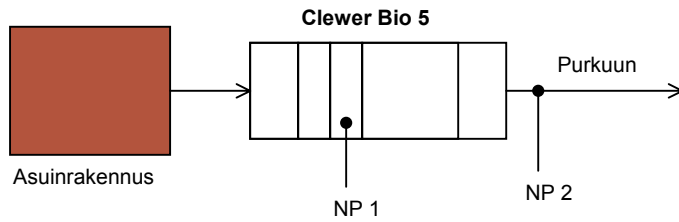
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Biosuodin (Clewer Bio 5)	Clewer Bio 1	Clewer Oy	Lohja	6 asukasta	2001

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Clewer Bio 5-puhdistamoon, johon kuuluu 2-osainen esiselkeytys, kemiallinen saostus, biologinen suodatin ja jälkiselkeytys. Jätevettä kierretään suodattimen sekä hapellisen ja hapettoman vaiheiden välillä. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



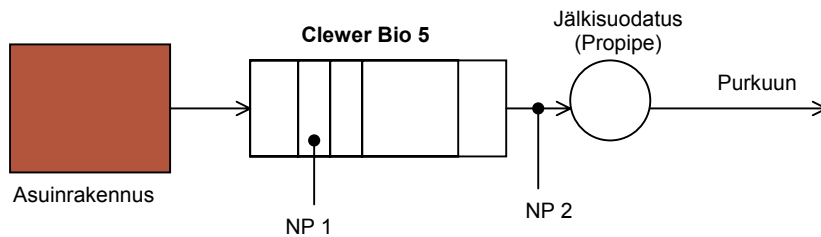
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Biosuodin (Clewer Bio 5)	Clewer Bio 2	Clewer Oy	Rovaniemi	4 asukasta	2001

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Clewer Bio 5-puhdistamoon, johon kuuluu 2-osainen esiselkeytys, kemiallinen saostus, biologinen suodatin ja jälkiselkeytys. Jätevettä kierrätetään suodattimen sekä hapellisen ja hapettoman vaiheiden välillä. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta. Vedenkulutus vesimittarin mukaan keskimäärin 473 l/vrk.



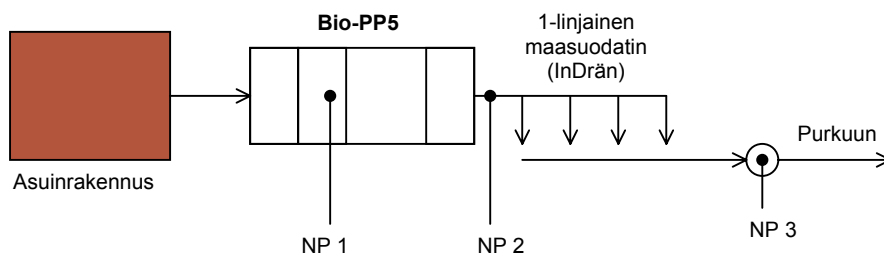
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Biosuodin (Clewer Bio 5) + jälkisuodatin (Propipe 1400 Filt)	Clewer Bio + JS	Clewer Oy	Rovaniemi	5 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan Clewer Bio 5-puhdistamoon, johon kuuluu 2-osainen esiselkeytys, kemiallinen saostus, biologinen suodatin ja jälkiselkeytys. Jätevettä kierrätetään suodattimen sekä hapellisen ja hapettoman vaiheiden välillä. Clewer Bio 5 -puhdistamon jälkeen jätevedet johdetaan Propipe 1400 Filt jälkisuodattimeen ja siitä edelleen purkupuutkeen. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta. Vedenkulutus vesimittarin mukaan keskimäärin 451 l/vrk.



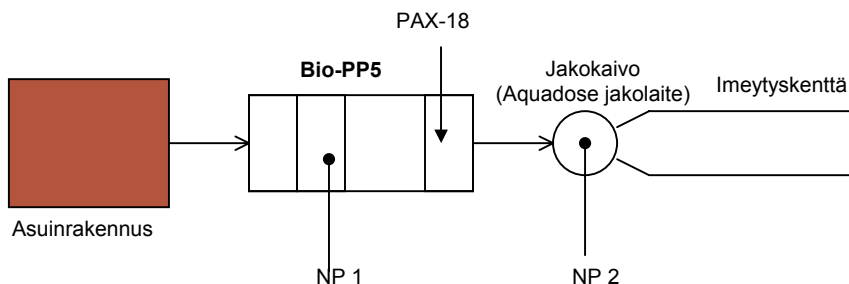
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Biosuodin (Bio-PP5) + maasuodatin (InDrän)	Bio-PP + MS	Teoplast Oy	Haarajoki	3 asukasta	2003

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan 4-osaiseen Bio-PP5 puhdistamoon (tilavuus 3,5 – 4 m<sup>3</sup>). Prosessiin kuuluu 2-osainen esiselkeytys, biologinen suodatin ja jälkiselkeytys. Tämän jälkeen jätevedet johdetaan pieneen 1-linjaiseen maasuodattimeen, jonka suodatinrakenne on varustettu InDrän -modulein (4 kpl yhteensä noin 3 m<sup>2</sup>). Lisäksi puhdistamoon kuuluu pumppu, joka kierrättää jätevettä biosuodin-osassa. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



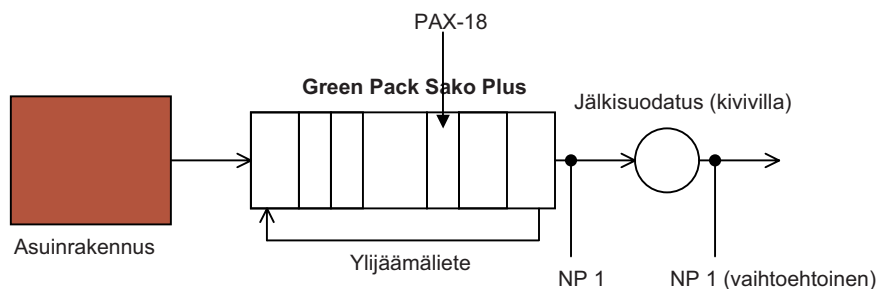
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Biosuodinn fosforin saostuksella (Bio-PP5) + Imeytyskenttä	Bio-PPF	Teoplast Oy	Joutseno	4 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevedet johdetaan 4-osaiseen Bio-PP5 puhdistamoon (tilavuus 4 m<sup>3</sup>). Prosessiin kuuluu 2-osainen esiselkeytys, biologinen suodatin ja jälkiselkeytys, jossa tapahtuu myös fosforin saostus alumiinikloridilla (Kemiran PAX-18). Jälkisaostus on lisätty puhdistamoon jälkikäteen (normaalisti ei kuulu tähän perusmalliin). Jälkisaostuksesta jätevedet johdetaan Aquadose annostelulaitteella varustetun jakokaivon kautta 2-linjaiseen imeytyskenttään. Lisäksi puhdistamoon kuuluu kemikaalipumppu ja pumppu, joka kierrättää jätevedettä biosuodinn-osassa. Raakavesi tulee omasta rengaskaivosta. Vedenkulutus keskimäärin 578 l/vrk.



Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Biosuodinn fosforin saostuksella (Green Pack Sako Plus)	GreenPack-Sako+	Green Rock Oy	Forssa	2 asukasta	2003

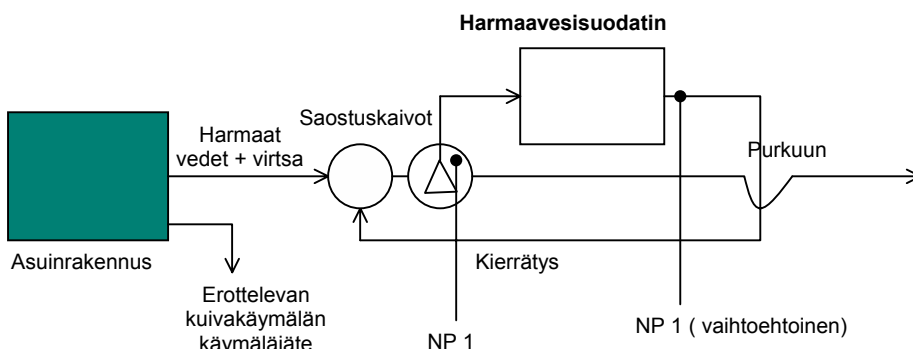
Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan Green Pack Sako Plus -puhdistamoon, johon kuuluu 3-osainen esiselkeytys, biologinen suodatus, 3-osainen jälkiselkeytys, jonka ensimmäisessä osassa kemiallinen jälkisaostus alumiinikloridilla (Kemiran PAX-18) sekä jälkisuodatus (kivivilla). Lisäksi puhdistamoon kuuluu pumppu, joka nostaa jätevedet biologisen suodattimen alaosasta kemialliseen saostusosaan ja pumppu, joka nostaa ylijäämälietteen jälkiselkeytyksen alaosasta saostuskaivon ensimmäiseen osaan sekä kierrätyspumppu, joka hoitaa ilmastuksen. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



## MUUT

Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Harmaavesisuodatin	Biolan-HVS I Sten	Biolan Oy	Jokela	3 – 5 asukasta (harmaat vedet + kuivakäymälän virtsa)	2003

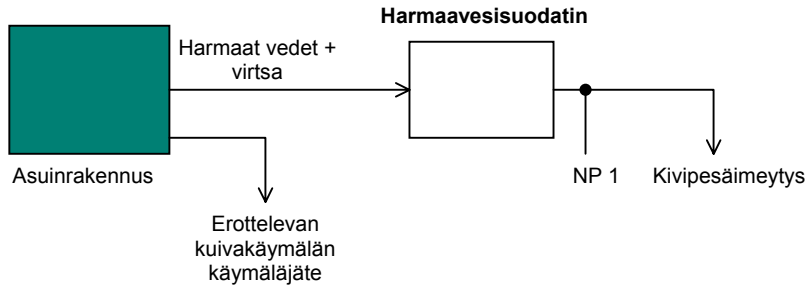
Asuinrakennuksesta harmaat vedet (astia- ja pyykinpesukoneen jätevedet + muut pesuvedet) sekä erottelevan kuivakäymälän virtsa johdetaan jätevesijärjestelmään. Jätevedet johdetaan viettoviemärisä 2-osaiseen saostuskaivoon (tilavuus n. 1,8 m<sup>3</sup>), jonka toisesta osasta jätevedet pumpataan Biolan -harmaavesisuodattimeen. Suodatettu jätevesi palautetaan saostuskaivon ensimmäiseen osaan ja kierrätetään edelleen saostuskaivon toisen osan kautta suodattimeen. Purkuputki lähtee saostuskaivon toisesta osasta. Raakavesi tulee omasta rengaskaivosta.





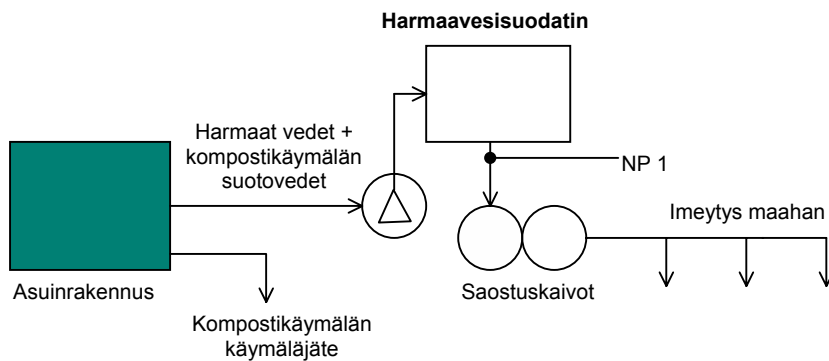
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Harmaavesisuodatin	Biolan-HVS 2	Biolan Oy	Nauvo	5 asukasta – kesämökki (harmaat vedet + kuivakäymälän virtsa)	2003

Asuinrakennuksesta harmaat vedet (astia- ja pyykinpesukoneen jätevedet + muut pesuvedet) sekä erottelevan kuivakäymälän virtsa johdetaan jätevesijärjestelmään. Jätevedet johdetaan viettoviemäriin suoraan Biolan -harmaavesisuodattimeen ja käsitellyt jätevedet imeytetään kivipesän kautta maahan. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



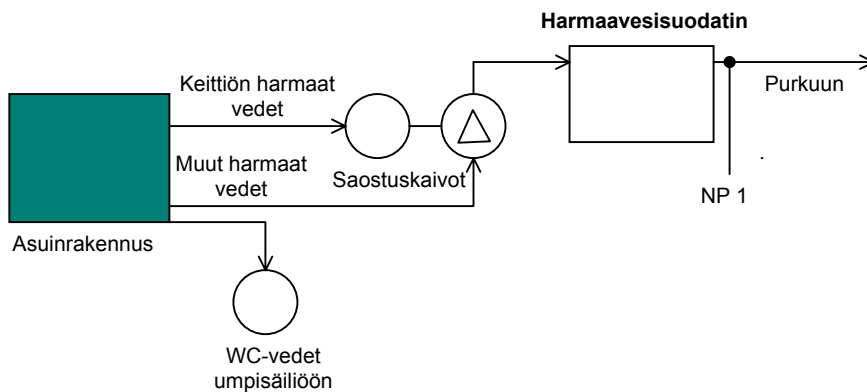
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Harmaavesisuodatin	Biolan-HVS 3	Biolan Oy	Eurajoki	2 asukasta (harmaat vedet + kompostikäymälän suotovedet)	2002

Asuinrakennuksesta harmaat vedet (astia- ja pyykinpesukoneen jätevedet + muut pesuvedet) sekä kompostikäymälän suotovedet johdetaan jätevesijärjestelmään. Jätevedet johdetaan viettoviemäriin saostuskaivon ensimmäiseen osaan (tilavuus 1,5 m<sup>3</sup>), josta ne pumpataan Biolan -harmaavesisuodattimeen. Suodatettu jätevesi valuu painovoimaisesti saostuskaivon 2. ja 3. osaan (tilavuus yht. 3 m<sup>3</sup>) ja edelleen salaojaputkistoon. Fosforia saostetaan kompostikäymälän suotonesteeseen annosteltavalla rauta- ja alumiinisulfatilla. Saostuksesta luovuttiin, kun suodatinmassa vaihdettiin kookoksesta vesisammaleeseen. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



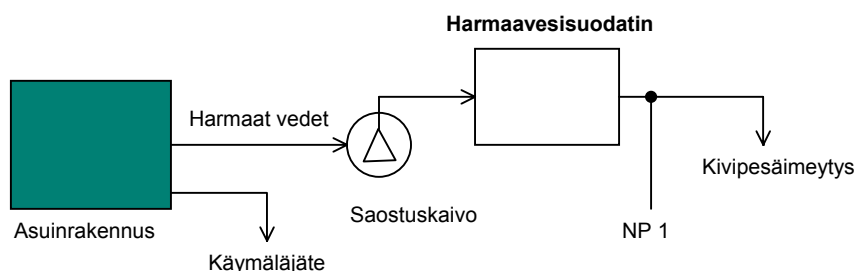
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Harmaavesisuodatin	Biolan-HVS 4	Biolan Oy	Säkylä	4 asukasta (harmaat vedet)	2003

Asuinrakennuksesta harmaat vedet (astia- ja pyykinpesukoneen jätevedet + muut pesuvedet) johdetaan jätevesijärjestelmään. Keittiöstä tulevat jätevedet johdetaan 2-osaisen saostuskaivon ensimmäiseen osaan ja edelleen toiseen osaan. Muut harmaat vedet johdetaan suoraan saostuskaivon toiseen osaan. Saostuskaivon toisesta osasta kaikki harmaat vedet pumpataan Biolan -harmaavesisuodattimeen, josta käsitelty jätevesi johdetaan purkupuutkeen ja edelleen avo-ojaan. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



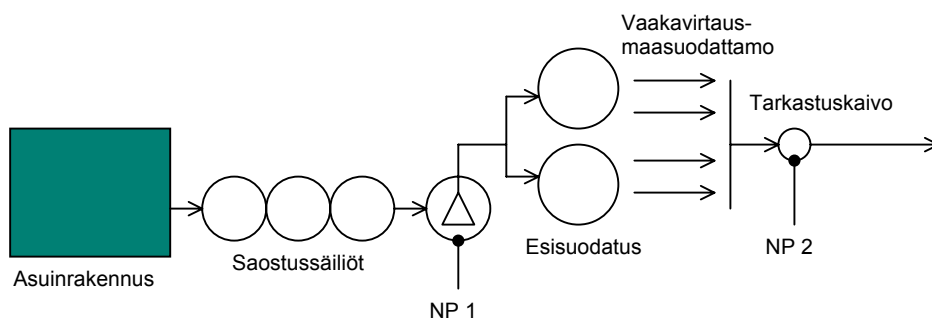
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Harmaavesisuodatin	Biolan-HVS 5	Biolan Oy	Lappi	2 asukasta – kesämökki (harmaat vedet)	2003

Asuinrakennuksesta harmaat vedet (astianpesukoneen jätevedet + muut pesuvedet) johdetaan jätevesijärjestelmään. Jätevedet johdetaan viettoviemärisissä pumpaamoon, josta ne pumpataan Biolan -harmaavesisuodattimeen. Suodattimen jälkeen jätevedet imeytetään kivipesän kautta maahan. Kohteessa on kuivakäymälä. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



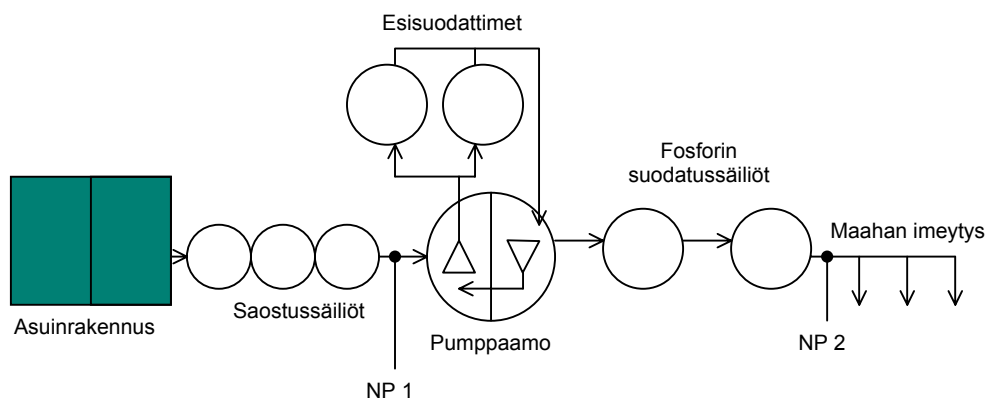
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Filtralite-suodattamo vaakavirtausperiaatteella	Filtralite I	Maxit Oy Ab	Sipoo	6 asukasta (kesästä 2004 alkaen 2 asukasta)	2002

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 3-osaisen saostussäiliön (Uponor, 4 m<sup>3</sup>) kautta Filtralite-vaakavirtausmaasuodattamoon, jossa suodatinmateriaalina on kevytsoratyyppinen Filtralite-materiaali. Maasuodattamoon kuuluu pumpaus, jäteveden suihkulevyitys, esisuodatus (Filtralite NR 2–4 mm) ja fosforin suodatus adsorptiokerroksen (Filtralite P) läpi sekä kokoomakaivo. Esisuodatus on 60 cm paksuinen kerros, joka sijaitsee fosforin suodatuskentän alkuosassa kentän päällä. Esisuodatuksesta jätevesi valuu fosforin suodatuskenttään, joka toimii vaakavirtausperiaatteella. Kentän pinta-ala on n. 40 m<sup>2</sup> ja syvyys 1 m. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



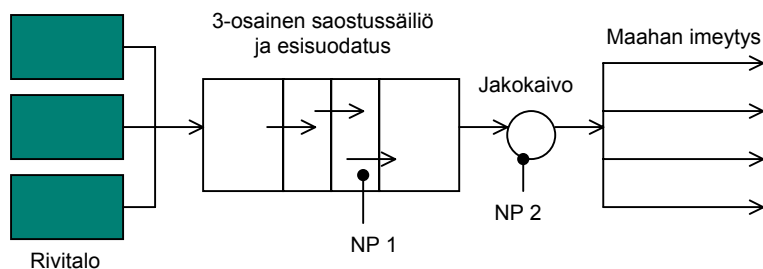
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Filtralite-suodattamo säiliöissä	Filtralite 2	Maxit Oy Ab	Kuusankoski	Paritalo (2 asuinhuoneistoa), 6 asukasta	2003

Asuinrakennuksesta jätevedet johdetaan 3-osaisen saostussäiliön (Uponor, 4 m<sup>3</sup>) kautta pumpukaivon ensimmäiseen osaan ja pumpataan edelleen kahteen rinnakkaiseen esisuodattimeen (Filtralite NR 2–4 mm, yhteensä n. 9 m<sup>3</sup>). Jätevesi suihkutetaan esisuodattimien pinnalle tasaisesti suuttimien avulla. Esisuodattimista jätevesi palaa pumpukaivon toiseen osaan, josta osa kierrätetään takaisin pumpukaivon ensimmäiseen osaan ja osa pumpataan edelleen kahteen perättäiseen fosforinsuodatussäiliöön (Filtralite P, yhteensä n. 10 m<sup>3</sup>), joissa jätevesi virtaa alhaalta ylöspäin. Fosforinsuodatuksesta jätevesi johdetaan imeytysputken (20 m) kautta maahan. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



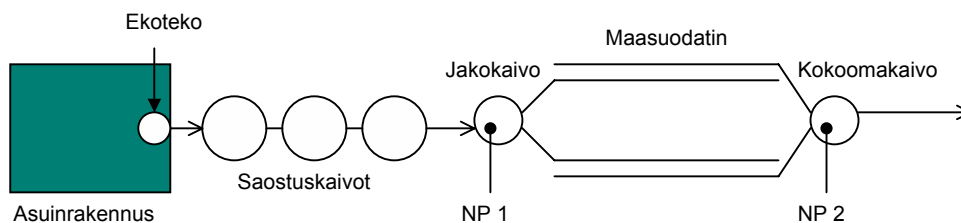
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Esisuodatus (Nordkalk Filtra P) + maahan imeytys	Esisuodatus (Nordkalk)	Nordkalk Oyj Abp	Parainen	Rivitalo (3 asuinhuoneistoa), 7 asukasta	2001

Kolmen kotitalouden jätevedet johdetaan betonirakenteiseen puhdistamoon, johon kuuluu 3-osainen esiselkeytys (4 m3) ja neljännessä osassa oleva suodatus (3,5 m3) Nordkalk Filtra P -massan läpi. Käsitelty jätevesi johdetaan jakokaivon kautta maahanimeyttämöön, jonka pinta-ala on 30 m2. Raakavesi tulee omasta porakaivosta.



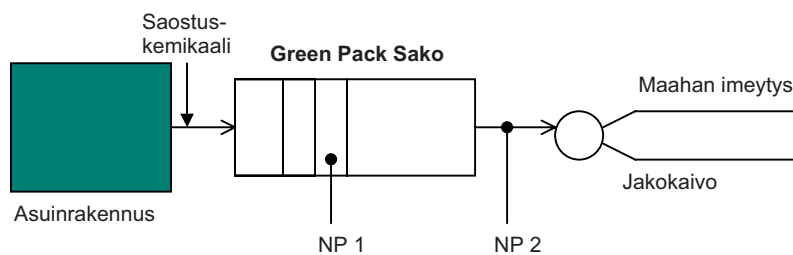
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Esisaostus (Ekoteko) + maasuodatin	Ekoteko	Kemira Oyj	Siihlinjärvi	4 asukasta	2001

Asuinrakennuksen vesikäymälään on asennettu alumiinisulfaatin annostelulaite (Ekoteko – Aquastone). Jätevedet johdetaan 3-osaisen saostuskaivon kautta maasuodattimeen. Maasuodattimeen kuuluu jakokaivo, 2-linjainen imeytys- ja kokoomaputkisto sekä kokoomakaivo. Maasuodattamon pinta-ala on noin 60 m2. Raakavesi tulee vesijohtoverkosta.



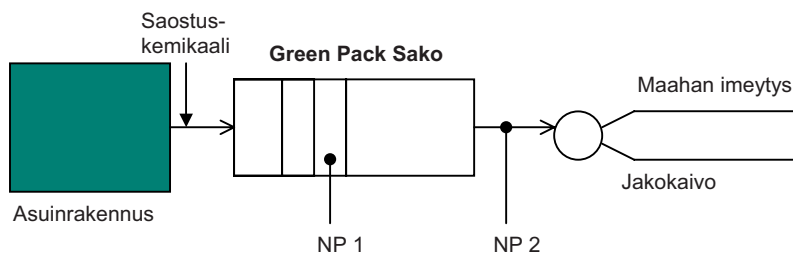
Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Esisaostus (Ekoteko) + Green Pack Sako + maahan imeytys	GreenPackSako I	Green Rock Oy	Haapajärvi	4 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevesiin syötetään saostuskemikaali (alumiinisulfaatti). Jätevedet johdetaan Green Pack Sako -puhdistamoon (vanha malli). Puhdistamoon kuuluu 3-osainen esiselkeytys, mekaaninen suodatus (kivivilla) ja biologinen suodatus. Käsitelty jätevesi imeytetään maahanimeyttämössä. Raakavesi ?



Tyyppi	Lyhenne	Laitetoimittaja	Sijainti	Asukkaat / kuormitustiedot	Rv.
Esisaostus + Green Pack Sako + maahan imeytys	GreenPackSako 2	Green Rock Oy	Haapajärvi	5 asukasta	2002

Asuinrakennuksen jätevesiin syötetään saostuskemikaali (alumiinisulfaatti), minkä jälkeen jätevedet johdetaan Green Pack Sako -puhdistamoon (uusi malli). Puhdistamoon kuuluu 3-osainen esiselkeytys, mekaaninen suodatus ja biologinen suodatus. Käsitelty jätevesi imeytetään maahanimeyttämössä. Raakavesi ?



## LIITE 2 Näytteenottotiedot ja puhdistamoiden toimivuustarkastukset

Kiinteistön nimi	
Päivämäärä	
Näytteenottoaika/-ajat (ja lämpötilat)	
Näytteenottokohdat	
Havainnot teki ja näytteet otti	
Rakenteiden kunto	
Laitteiden kunto	
Saostuskaivojen lietetilanne	
Saostuskaivojen tyhjennykset, jos tiedossa	
Tehdyt huollot, jos tiedossa	
Puhdistetun jäteveden ulkonäkö ja haju	
Jäteveden lämpötila	
Näytteenottoajan olosuhteet - ulkolämpötila - sade - lumipeite - routa	
Muut havainnot puhdistamon toimivuudesta	

## LIITE 3 Puhdistamotietolomake

### Yleiset tiedot:

<b>Kiinteistönomistajan nimi / nimet</b>
<b>Yhteystiedot (osoite, puhelin)</b>
<b>Puhdistamon koodi ja nimi</b>
<b>Lomakkeen täyttöpäivämäärä ja täyttäjät</b>
<b>Muuta (esim. ajo-ohje, kohde mukana muussa seurannassa)</b>

### Jäteveden käsittelyä koskevat tiedot:

<b>Puhdistamotyyppi</b>
<b>Käsittelyprosessi</b>
<b>Sakokaivo</b> Kuinka monta osaa / osastoa _____ kpl Osien tilavuus / yhteistilavuus _____ m <sup>3</sup> Tyhjennysväli _____ Viimeksi tyhjennetty _____ Maasuodattamon pinta-ala _____ m <sup>2</sup> Jälkisuodatuksen tilavuus _____ m <sup>3</sup> Panospuhdistamoilla kuinka monta sykliä/vrk _____ Tyhjennysvaihe alkaa/alkavat klo _____
<b>Puhdistamon rakennusvuosi ja käyttöönottoajankohta sekä mahdolliset muutostyöt</b>
<b>Kapasiteetti (AVL tai mitoitusvirtaama)</b>

**Suunnitellut näytteenottoapaikat / Kommentit onnistuuko näytteenotto suunnitellusta paikasta (ehdotus vaihtoehtoisesta paikasta)**

**Kuormitustiedot:**

**Jätevedenkoostumus (esim. harmaat vedet)**

**Asukkaat**

Aikuisten lkm \_\_\_\_ Kokopäivätyö kodin ulkopuolella \_\_\_\_ Osapäivätyö kodin ulkopuolella \_\_\_\_

Lasten lkm \_\_\_\_ Koulussa \_\_\_\_ Päiväkodissa \_\_\_\_ Vaippaikäiset \_\_\_\_

**Jätevesi**

Vesikäymälä On Ei lkm \_\_\_\_

Kompostikäymälä On Ei lkm \_\_\_\_

Muu, mikä \_\_\_\_\_

Suihku On Ei lkm \_\_\_\_

Kylpyamme On Ei lkm \_\_\_\_

Sauna On Ei lkm \_\_\_\_

Astianpesukone On Ei lkm \_\_\_\_ Käytettävä astianpesuaine \_\_\_\_\_

Pyykinpesukone On Ei lkm \_\_\_\_ Käytettävä pyykinpesuaine \_\_\_\_\_

Muut kiinteistössä tapahtuvat toiminnot, joista muodostuu jätevettä:

**Talousvesi**

Verkostovesi \_\_\_\_

Oma vedenottamo \_\_\_\_ Mikä? porakaivo rengaskaivo muu \_\_\_\_\_

Vesimittari On Ei



12.8.2004

### **Vedenkulutuskysely Suomen ympäristökeskuksen Ravinnesampo-hankkeessa mukana oleville puhdistamotalouksille**

Ravinnesampo-hanke lähenee loppuaan ja suurimmassa osassa koekohteita näytteenotto on saatu päätökseen. Kiitokset kaikille mukana olleille yhteistyöstä. Hankkeen tulokset julkistetaan virallisesti tämän vuoden loppuun mennessä ja varsinainen loppuraportti julkaistaan ensi keväänä.

Kohteiden tulosten tarkempaa käsittelyä varten tarvitsemme arvion jokaisen koekohteen päivittäisestä vedenkulutuksesta. Analyysitulosten ja vedenkulutustietojen perusteella pystymme mm. laskemaan toimivatko puhdistamot hajajätevesiasetuksen asettamien vaatimusten rajoissa. Toivomme, että myös ne kohteet, joiden vedenkulutustiedot ovat saatavilla (vesimittari, panoslaskuri) vastaisivat kyselyyn, jotta voimme testata kyselyn tarkkuutta.

Toivomme, että vastaatte oheiseen vedenkulutuskyselyyn mahdollisimman tarkasti ja palautatte sen meille mukana olevalla palautuskuorella.

Kyselyn loppuun voitte merkitä, jos haluatte oman puhdistamonne analyysitulokset ennen virallista tulosten julkistamista. Jos haluatte tulokset mieluummin sähköpostitse, niin ilmoittakaa myös sähköpostiosoitteenne.

Kiitokset vaivannäöstä ja mukavaa alkavaa syksyä kaikille !

Toivottaen,

Riikka Vilpas  
Tutkimusinsinööri  
Suomen ympäristökeskus  
p. 09-4030 0323  
riikka.vilpas@ymparisto.fi



**RAVINNESAMPON KOEKOHTEIDEN VEDENKULUTUSKYSELY****Pyykinpesu**

pyykkien käsin pesu \_\_\_\_\_ krt/kk

pyykkien koneellinen pesu \_\_\_\_\_ krt/kk

**Astianpesu**

astioiden käsin pesu \_\_\_\_\_ krt/vko

astioiden pesu astianpesukoneella \_\_\_\_\_ krt/vko

**Hygienian hoito** (Kaikki asukkaat yhteensä)

Kuinka monta kertaa käydään suihkussa ? \_\_\_\_\_ krt/vrk

Kuinka monta kertaa pestään hanasta tulevalla vedellä  
kädet ? \_\_\_\_\_ krt/vrk

entä kasvot ? \_\_\_\_\_ krt/vrk

Kuinka monta kertaa pestään hampaat vuorokaudessa ? \_\_\_\_\_ krt/vrk

Kuinka monta kertaa viikossa ajetaan parta vaahdolla ja vedellä ? \_\_\_\_\_ krt/vko

Kuinka monta kertaa kuukaudessa kylvetään ? \_\_\_\_\_ krt/kk

Kuinka monta kertaa vedätte WC:n päivässä ? \_\_\_\_\_ krt/vrk

Kuinka monta kertaa saunotte kuukaudessa ? \_\_\_\_\_ krt/kk

Mitä vuosimallia WC-istuimenne suunnilleen on? \_\_\_\_\_

**Muu veden käyttö**Mitä muita ja kuinka usein toistuvia kyselyssä mainitsemattomia vettä kuluttavia  
toimenpiteitä taloudessanne tehdään ?Mitä sellaisia vettä kuluttavia toimenpiteitä taloudessanne tehdään, jossa vesi ei  
päädy talon viemäriin.

(esim. nurmikon kastelu tai auton pesu)? Kuinka usein niitä teette ?

Haluamme puhdistamomme analyysitulokset ennen virallista julkistamista:

Kyllä  Ei  Sähköpostiosoite:

\_\_\_\_\_

## LIITE 5 Puhdistamoiden kaikkien näytteenottokertojen tulokset

	Vedenkulutusarvio [l/asukas/vrk]	Kok-P [mg/l]	Kok-N [mg/l]	BOD <sub>7</sub> [mg/l]	Kiintoaine [mg/l]	Fekaaliset enterokokit [kpl/100ml]
<b>I. MAASUODATTAMOT</b>						
MS 1						
7.5.03	110	5,4	43	3	4	250
26.8.03	110	8,4	47	4	2	600
29.9.03	110	7,5	57	3	1	10
11.11.03	110	5,5	58	3	3	130
27.1.04	110	9,3	34	7	2	100
13.4.04	110	11,0	46	4	3	13 000
14.6.04	110	5,2	83	3	2	2 900
MS 2						
7.5.03	110	1,6	26	3	3	140
5.8.03	110	9,4	66	3	2	19
9.9.03	110	9,4	94	3	1	0
11.11.03	110	9,3	96	3	3	10
10.2.04	110	5,8	43		2	280
6.5.04	110	2,2	78	6	1	3 000
31.5.04	110	2,2	72	5	3	480
MS (Fosfilt)						
7.5.03	110	3,1	59,0	28	3	40 000
5.8.03	110	3,2	48	3	2	400
29.9.03	110	1,8	79	3,0	1	32
28.10.03	110	1,5	62	42	2	610
15.12.03	110	1,2	58	3	1	20
2.3.04	110	1,3	47	3	1	800
27.4.04	110	3,4	26	3	2	460
MS (Biotiitti) 1						
29.9.03	110	2,5	63	6,4	170	20
21.10.03	110	1,8	42	1,9	4	2
20.11.03	110	3,8	32	1	7	5
24.5.04	110	3,3	30	1,6	2	260
MS (Biotiitti) 2						
29.9.03	70	4,1	15	4,3	4	15
21.10.03	70	3,2	15	3,7	2	27
20.11.03	70	2,5	11	1,6	1	15
13.1.04	70	7,2	42	13	7	170
1.4.04	70	13	56	6,5	7	180
24.5.04	70	2	11	1,2	3	4

	Vedenkulutusarvio [l/asukas/vrk]	Kok-P [mg/l]	Kok-N [mg/l]	BOD7 [mg/l]	Kiintoaine [mg/l]	Fekaaliset enterokokit [kpl/100ml]
<b>MS (Biotiitti) 2</b>						
29.9.03	70	0,12	16	1	8	10
21.10.03	70	0,12	10	2,2	2	1
20.11.03	70	0,15	11	1	1	0
1.4.04	70	0,21	18	1	5	2
24.5.04	70	0,19	7,3	1	1	2
<b>Vaaka-MS 1</b>						
1.10.03	110	0,87	48	2,7	2	2
1.12.03	110	1	28	3	3,7	0
8.1.04	110	3	45	1,2	0,8	0
9.2.04	110	3,3	54	1,3	8	0
8.3.04	110	6,7	57	3,5	2,7	0
13.4.04	110	8,7	43	12	11	0
10.5.04	110	7,9	53	11	37	97
7.6.04	110	11	36	7,6	13	90
<b>Vaaka-MS 2</b>						
1.10.03	110	1,2	23	2,7	0,8	2
1.12.03	110	0,7	23	3	1,3	0
8.1.04	110	1,4	35	3	2,4	34
9.2.04	110	1,8	45	1,1	1,5	1
8.3.04	110	2,1	44	1,2	2	17
13.4.04	110	1,2	29	1	2,5	7
10.5.04	110	1,2	41	1	2	21
7.6.04	110	1,8	46	1	0,3	14
<b>2. JÄLKISUODATUKSELLA TEHOSTETUT MAASUODATTAMOT</b>						
<b>MS + JS (Biotiitti) 1</b>						
21.10.03	70	1,1	54	28	5	50
20.11.03	70	3,2	51			
1.4.04	70	6	49	19	13	400
24.5.04	70	5,7	38	28	20	900
<b>MS + JS (Biotiitti) 2</b>						
29.9.03	110	6,3	48	4,9	3	7
21.10.03	110	3	38	2,3	2	18
20.11.03	110	3,9	38	4,7	2	0
13.1.04	110	8,9	68	2,5	3	12
1.4.04	110	13	88	18	4	2
24.5.04	110	3,9	37	3,2	2	16
<b>MS + JS (Propipe) 1</b>						
9.6.03	110	0,1	61	3	1	130
11.8.03	110	0,1	58	6	2	10
7.10.03	110	0,05	82	15	2	4
8.12.03	110	0,28	62	3	4	0
23.2.04	110	3,8	65	34	10	370
26.4.04	110	1,4	43	9	3	10

	Vedenkulutusarvio [l/asukas/vrk]	Kok-P [mg/l]	Kok-N [mg/l]	BOD <sub>5</sub> [mg/l]	Kiintoaine [mg/l]	Fekaaliset enterokokit [kpl/100ml]
MS+JS (Propipe) 2						
21.10.03	110	0,04	26	3	2	0
11.12.03	110	0,02	35	3	6	10
9.2.04	110	0,01	46	3	1	10
29.3.04	110	0,06	43	3	1	20
10.5.04	110	0,02	43	3	1	10
22.6.04	110	0,02	84	3	1	0
MS+JS (Propipe) 3						
7.5.03	110	0,4	22,0	3	13	20
5.8.03	110	0,3	25	3	3	1 500
29.9.03	110	0,25	29	3	3	250
28.10.03	110	0,21	33	3	2	10
15.12.03	110	0,21	27	3	1	40
2.3.04	110	0,15	26	3	1	10
27.4.04	110	0,03	52	3	1	10
MS+JS (AIS04)						
25.11.03	110	7,3	41	28	12	47 000
27.1.04	110	0,7	44	36	18	135
25.2.04	110	8,4	42	110	46	33 000
18.3.04	110	8,1	39	83	32	39 000
27.4.04	110	6,4	38	50	29	360 000
31.5.04	110	5,7	37	29	20	30 000
29.6.04	110	7,6	51	40	17	13 000
MS+JS (Nordkalk)						
17.6.03	80	1,5	2,0	49	12	1 500
5.8.03	80	3,0	1,1	17	11	170
9.9.03	80	3,5	0,86	14	11	0
15.12.03	80	0,52	2	3	3	10
21.6.04	80	0,06	5,6	3	11	10
23.8.04	80	3,9	2,3	9	16	20
3. PANOSPUHDISTAMOT						
Upoclean I						
25.6.03	110	0,18	52	3	5	1
11.8.03	110	0,07	45	3	3	6
2.9.03	110	0,10	53	3	3	44
13.10.03	110	0,09	56	3	9	75
19.1.04	110	0,10	67	3	4	10
9.3.04	110	0,13	49	3	8	20
15.6.04	110	0,13	31	3	9	10

	Vedenkulutusarvio [l/asukas/vrk]	Kok-P [mg/l]	Kok-N [mg/l]	BOD <sub>7</sub> [mg/l]	Kiintoaine [mg/l]	Fekaaliset enterokokit [kpl/100ml]
<b>Upoclean 2</b>						
10.6.03	70	4,90	130	10	40	6 500
6.8.03	70	3,20	86	31	53	3 700
15.9.03	70	0,95	110	19	24	360
18.11.03	70	9,10	110	28	114	700
26.1.04	70	8,3	120	33	60	9 200
11.3.04	70	2	160	23	22	4 200
27.5.04	70	0,8	95	16	11	800
<b>Upoclean 3</b>						
10.6.03	110	9,50	80	14	30	560
6.8.03	110	1,40	48	11	9	270
15.9.03	110	2,20	63	15	16	1 100
4.11.03	110	1,90	55	7	16	1 400
26.1.04	110	16,8	42	13	24	830
19.4.04	110	8,1			32	
27.5.04	110	8,5	22	19	35	30 000
<b>Upoclean 4</b>						
9.6.03	70	8,30	45	20	34	5 900
11.8.03	70	2,00	68	26	17	75
2.9.03	70	0,19	39	5	9	4
13.10.03	70	7,60	140	99	200	3 700
8.12.03	70	7,60	100	22	20	210
23.2.04	70	3,5	99	27	55	630
26.4.04	70	3,2	89	15	34	
<b>Upoclean 5</b>						
24.6.03	70	0,17	83	3	12	16 000
18.8.03	70	0,63	99	20	36	20
8.9.03	70	1,10	120	22	39	65
21.10.03	70	1,80	71	22	42	86
11.12.03	70	4,90	100	84	118	70
29.3.04	70	0,77	97	7,5	19	20
10.5.04	70	6,2	110	50	97	70
<b>Wehoputs 1</b>						
15.8.03	110	1,5	21	7,1	14	1 400
18.9.03	110	0,3	25	3,5	6,1	
10.3.04	110	11	85	100	190	220 000
<b>Wehoputs 2</b>						
15.8.03	110	1,2	9,6	7,1	17	1 300 000
18.9.03	110	11	34	4,9	8,7	
10.3.04	110	1,3	56	3,3	2,8	1 200
7.4.04	110	0,5	73	3	5,6	17 000
10.6.04	110	0,14	49	3	2	800

	Vedenkulutusarvio [l/asukas/vrk]	Kok-P [mg/l]	Kok-N [mg/l]	BOD, [mg/l]	Kiintoaine [mg/l]	Fekaaliset enterokokit [kpl/100ml]
Wehoputs 3						
21.8.03	110	3,10	25	14	42	220
2.10.03	110	0,51	22	10	12	4 000
14.11.03	110	3,4	43	11	82	5 400
4.2.04	110	4,9	39	22	117	1 400
20.4.04	110	2,2	28	17	53	280
13.5.04	110	1,7	24	13	44	700
11.8.04	110	2,5	22	5	55	1 900
BioKem 1						
24.6.03	110		120	31	81	
27.8.03	110	27,50	86	28	99	220
3.10.03	110	2,90	62	8	16	48 000
1.12.03	110	6,10	30	45	80	6 500
24.2.04	110	12,3	18	48	184	5 200
23.4.04	110	1,9	86	36	35	30 000
13.8.04	110	2,8	48	18	66	4 800
BioKem 2						
13.8.03	70	20,50	110	160	254	5 900 000
22.9.03	70	2,00	100	64	55	10 000
22.10.03	70	1,50	74	10	37	3 100
6.2.04	70	0,2	38	4	7	
16.4.04	70	1,8	63	15	62	170
30.6.04	70	1,5	88	16	36	450
BioKem 3						
9.6.03	110	4,20	110	34	62	6 800
12.8.03	110	9,70	92	110	172	300 000
3.9.03	110	2,30	62	87	104	30 000
14.10.03	110	3,00	89	93	91	78 000
5.12.03	110	2,30	79	23	60	38 000
16.1.04	110	3,10	78	38	106	70 000
11.5.04	110	1,4	96	9	27	5 000
4. BIOSUOTIMET						
Clewer Bio 1						
25.6.03	110	7,0	27	39	69	2 600
11.8.03	110	11,3	25	19	42	36 000
7.10.03	110	4,8	29	24	38	5 100
8.12.03	110	6	28	38	54	32 000
19.1.04	110	7,2	38	50	66	14 000
23.2.04	110	8,8	40	67	42	48 000
26.4.04	110	8,5	100	230	66	48 000

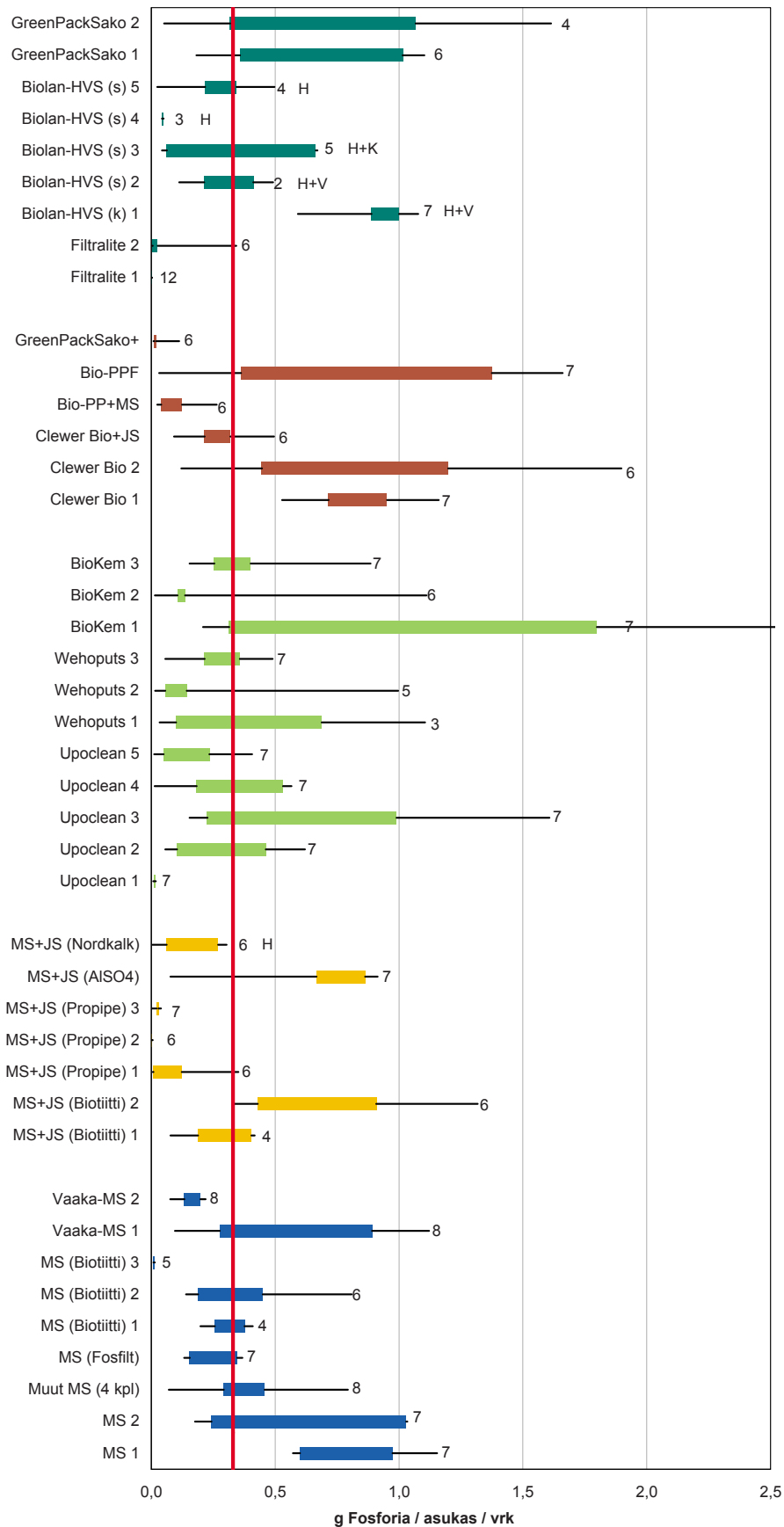
	Vedenkulutusarvio [l/asukas/vrk]	Kok-P [mg/l]	Kok-N [mg/l]	BOD <sub>5</sub> [mg/l]	Kiintoaine [mg/l]	Fekaaliset enterokokit [kpl/100ml]
<b>Clewer Bio 2</b>						
23.9.03	110	19	68	1		50
21.10.03	110	1,1	68	6,4		100
24.11.03	110	7,6	77	160		160
20.1.04	110	12	72	35		4 800
24.3.04	110	5,1	86	11	87	0
20.4.04	110	3,7	75	7,2	60	0
<b>Clewer Bio + JS</b>						
23.9.03	110	0,83	76	6,7		55
21.10.03	110	1,9	70	1		25
24.11.03	110	2,6	78	1,4		520
20.1.04	110	5	76	6,5		5 800
24.3.04	110	3	64	3,3	18	45
27.4.04	110	2,1	56	12	6,3	5 400
<b>Bio-PP + MS</b>						
24.6.03	110	2,8	26	24	22	750
18.8.03	110	0,89	32	3	48	110
8.9.03	110	1,2	40	3,0	5	0
11.12.03	110	0,22	5	3	2	10
9.2.04	110	0,35	4,3	4	5	10
29.3.04	110	0,36	7,3	3	3	20
<b>Bio-PPF</b>						
20.10.03	110	12	57	3,4	2	150
17.11.03	110	13	43	7,9	3	170
12.1.04	110	0,29	66	7	4	550
9.2.04	110	16	71	6	12	93
22.3.04	110	8,7	84	3	12	580
26.4.04	110	0,36	72	8	15	730
23.5.04	110	6,2	58	3	9,5	120
<b>GreenPackSako +</b>						
16.10.03	110	0,2	51	5	4	5
1.12.03	110	0,09	12	6	6	10
29.1.04	110	0,13	18	8	3	20
22.4.04	110	1,3	17	24	10	40
10.6.04	110	0,08	19	13	1	40
17.8.04	110	0,14	15	5	4	5 000



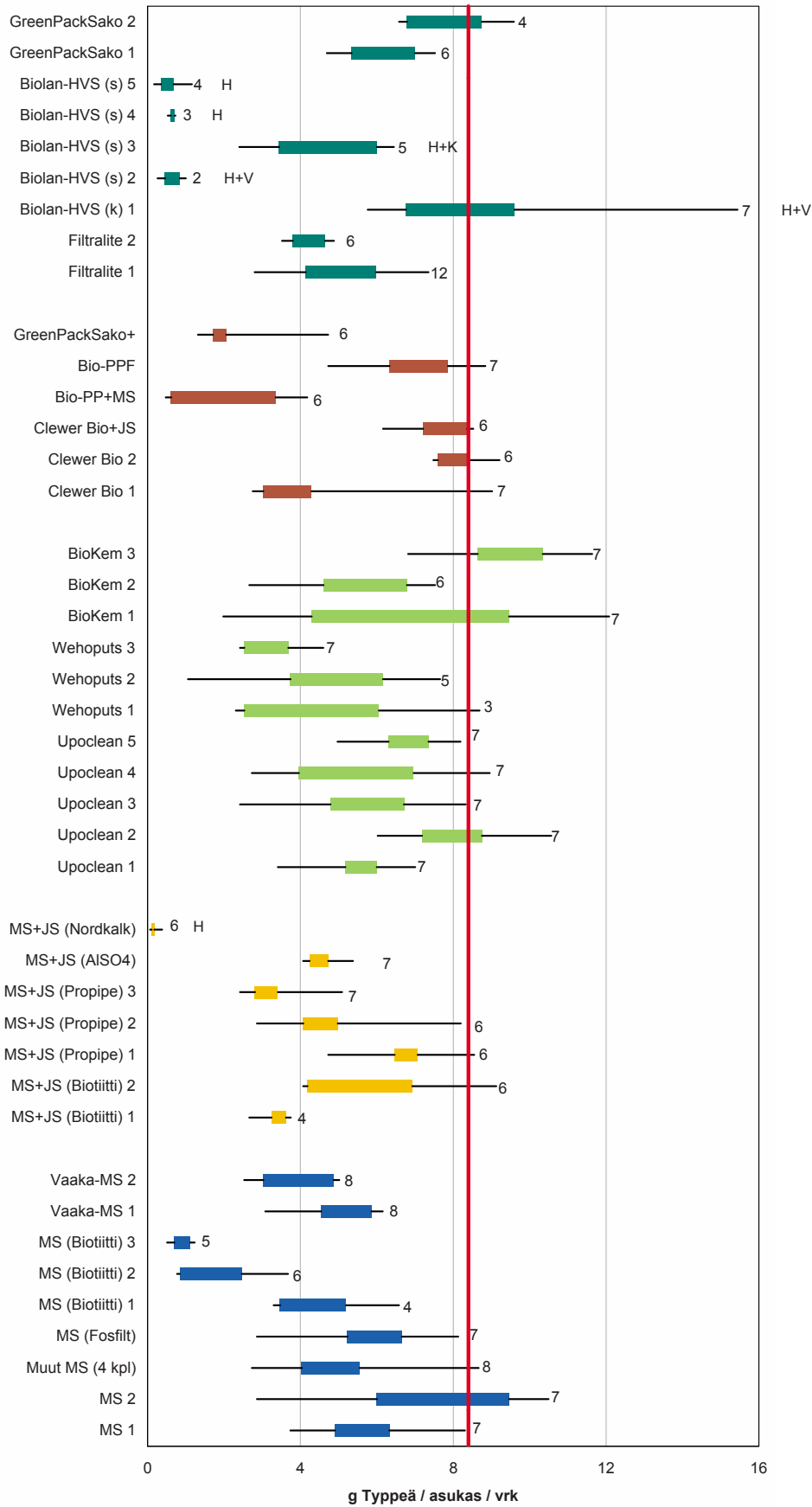
	Vedenkulutusarvio [l/asukas/vrk]	Kok-P [mg/l]	Kok-N [mg/l]	BOD <sub>5</sub> [mg/l]	Kiintoaine [mg/l]	Fekaaliset enterokokit [kpl/100ml]
<b>5. MUUT PUHDISTUSMENETELMÄT</b>						
<b>Filtralite 1</b>						
10.6.03	70	0,03		3	4	0
2.7.03	70	0,04	100	120	5	0
6.8.03	70	0,03	74	26	2	0
15.9.03	70	0,02	72	18	3	0
4.11.03	70	0,02	97	68	1	10
18.11.03	70	0,02	110	42	1	10
8.1.04	70	0,01	70	3	1	10
9.2.04	70	0,01	62	4	1	10
30.3.04	70	0,01	64	5,8	5	10
19.4.04	70	0,01	56	3	4	10
8.6.04	70	0,01	51	3	1	0
24.8.04	70	0,01	40	5	8	0
<b>Filtralite 2</b>						
12.1.04	160	0,03	31	4,5	36	10
17.2.04	160	0,11	29	4	75	10
22.3.04	160	2,8	29	15	21	300
17.5.04	160	0,04	22	3	2	10
29.6.04	160	0,18	22	5	2	10
16.8.04	160	0,02	29	28	40	10
<b>Biolan-HVS (k) 1</b>						
24.6.03	80	12,3	130	34	37	160 000
18.8.03	80	12,7	83	4	6	3 300
15.9.03	80	11,5	89	4,3	8	11 000
18.11.03	80	7,4	110	4	5	8 500
11.3.04	80	13,8	220	15	8	8 100
10.5.04	80	10,9	72	40	47	50 000
22.6.04	80	11,3	86	16	15	50 000
<b>Biolan-HVS (k) 2</b>						
17.8.03	80	20,0	130	360	50	110 000 000
21.9.03	80	10,7	2,4	17	12	19 000
11.1.04	80	9,1	42	36	11	32 000
23.5.04	80	8,5	5,4	320	62	1 300 000
<b>Biolan-HVS (k) 3</b>						
1.7.03	80	10,3	59,0	38	40	5 300
9.9.03	80	10,1	69	21	74	2 800
11.11.03	80	14	80	25	30	1 000 000
27.1.04	80	9,1	50	23	8	700

	Vedenkulutusarvio [l/asukas/vrk]	Kok-P [mg/l]	Kok-N [mg/l]	BOD <sub>7</sub> [mg/l]	Kiintoaine [mg/l]	Fekaaliset enterokokit [kpl/100ml]
<b>Biolan-HVS (k) 4</b>						
1.7.03	80	0,3	2,1	48	20	3 600
26.8.03	80	1,2	7,8	55	98	20
29.9.03	80	0,49	7,8	63	36	2 600
11.11.03	80	1,3	9,8	110	142	300
27.1.04	80	0,88	12	160	78	10
13.4.04	80	1,2	11	140	51	26 000
<b>Biolan-HVS (k) 5</b>						
1.7.03	80	11,4	5,7	110	31	3 300
26.8.03	80	11,3	11	55	84	4 000
9.9.03	80	12,8	6,1	70	71	540
13.4.04	80	12,4	7,2	16	9	120
31.5.04	80	8,7	9	55	37	800
<b>Biolan-HVS (s) 2</b>						
28.6.04	80	1,4	3,3	120	14	50 000
15.8.04	80	6,4	13	11	14	1 900
<b>Biolan-HVS (s) 3</b>						
6.5.04	80	0,78	43	12	6	3 400
31.5.04	80	0,53	49	11	8	57 000
21.6.04	80	1,9	75	3	3	390
6.9.04	80	8,4	30	5	6	610
5.10.04	80	8,3	82	14	12	1 000
<b>Biolan-HVS (s) 4</b>						
14.6.04	80	0,62	8,5	97	39	< 10
6.9.04	80	0,60	6,6	44	31	280
5.10.04	80	0,53	9,2	77	28	80
<b>Biolan-HVS (s) 5</b>						
21.6.04	80	0,3	2,1	18	6	10
23.8.04	80	3,5	6	4	14	40
6.9.04	80	3,5	16	5	16	10
5.10.04	80	6,7	5,1	10	10	60
<b>GreenPackSako 1</b>						
27.10.03	110	15	67	78	31	11 000
24.11.03	110	16	75	110	89	160 000
9.2.04	110	2,8	100	200	65	12 000
29.3.04	110	2,6	80	110	120	800
26.4.04	110	12	100	220	150	17 000
31.5.04	110	13	110	200	210	46 000
<b>GreenPackSako 2</b>						
27.10.03	110	25	140	410	71	3 700
24.11.03	110	12	94	180	72	800
9.2.04	110	5,8	98	230	66	2 100
29.3.04	110	0,74	120	24	30	80

## LIITE 6 Puhdistamokohtaiset tulosten hajontakuvat

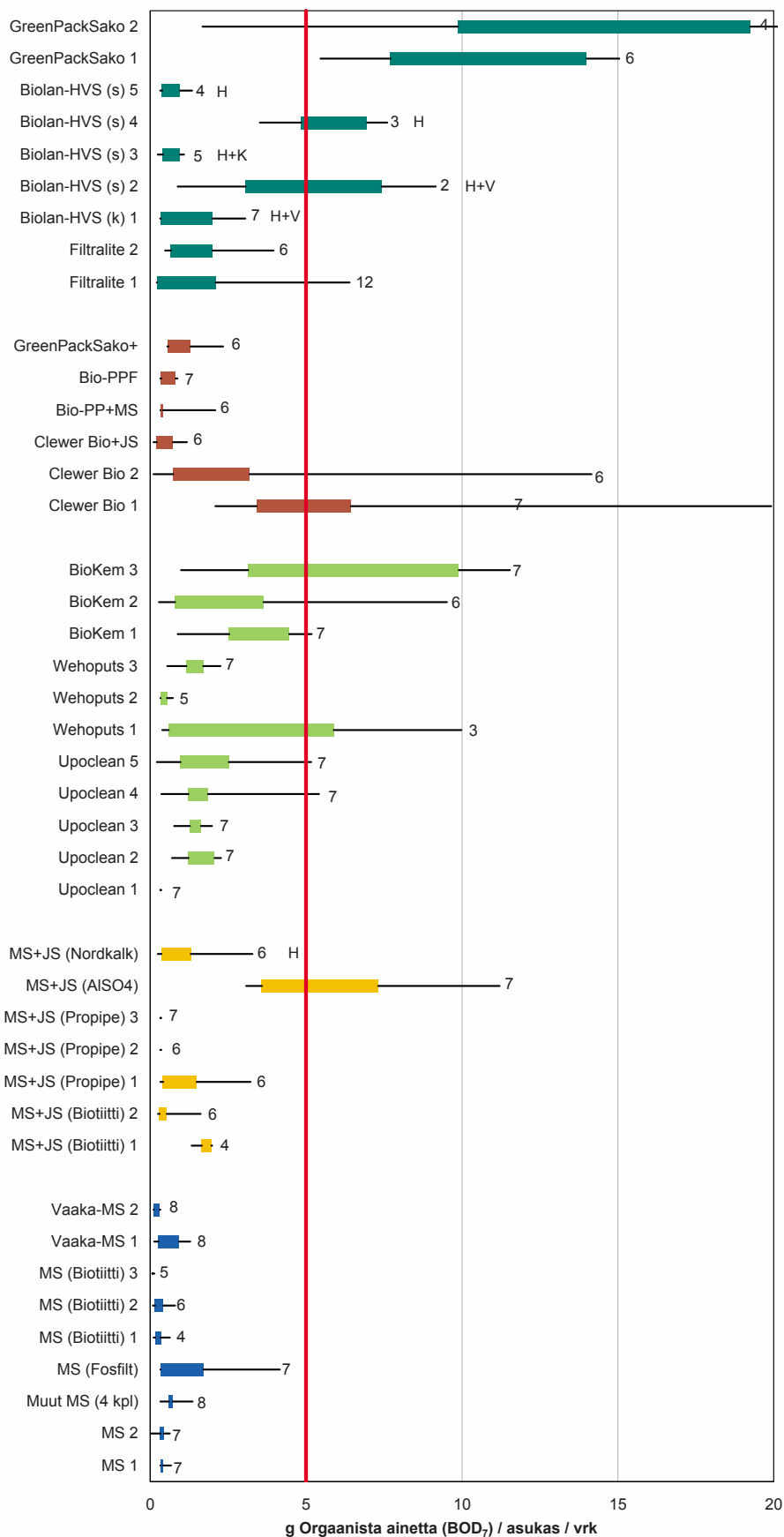


Kuva 1. Puhdistamokohtaiset fosforipäästöjen vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista (alarajana 25 % fraktiili ja ylärajana 75 % fraktiili). Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat ylintä ja alinta neljänestä tuloksista. Punainen pystyviiva ilmoittaa asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen (85 %) mukaisen sallitun enimmäispäästön fosforille. H = harmaat vedet, H+V = harmaat vedet + virtsa, H+K = harmaat vedet + kompostointikäymälän suotovedet.

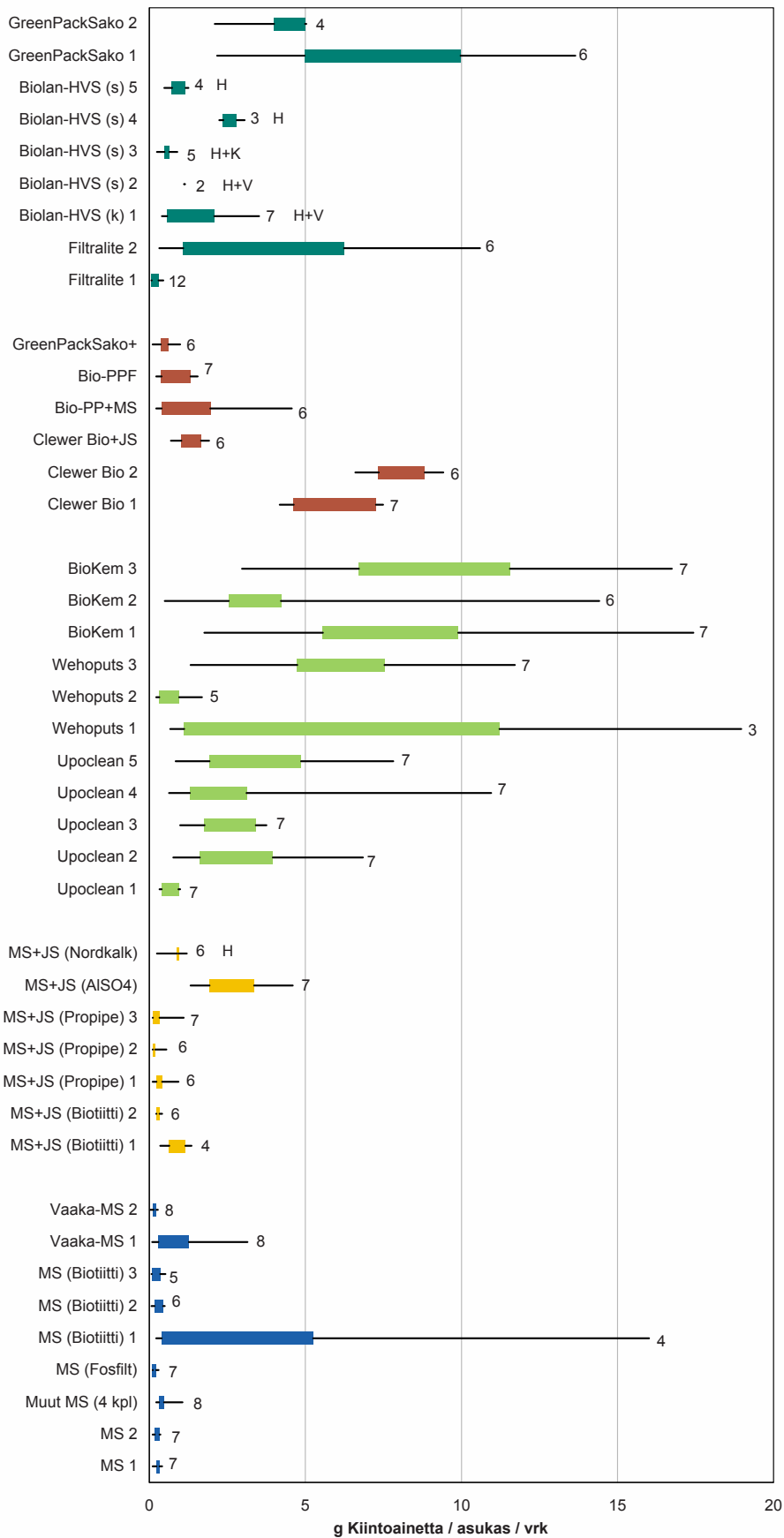


Kuva 2. Puhdistamokohdattaiset tyypit

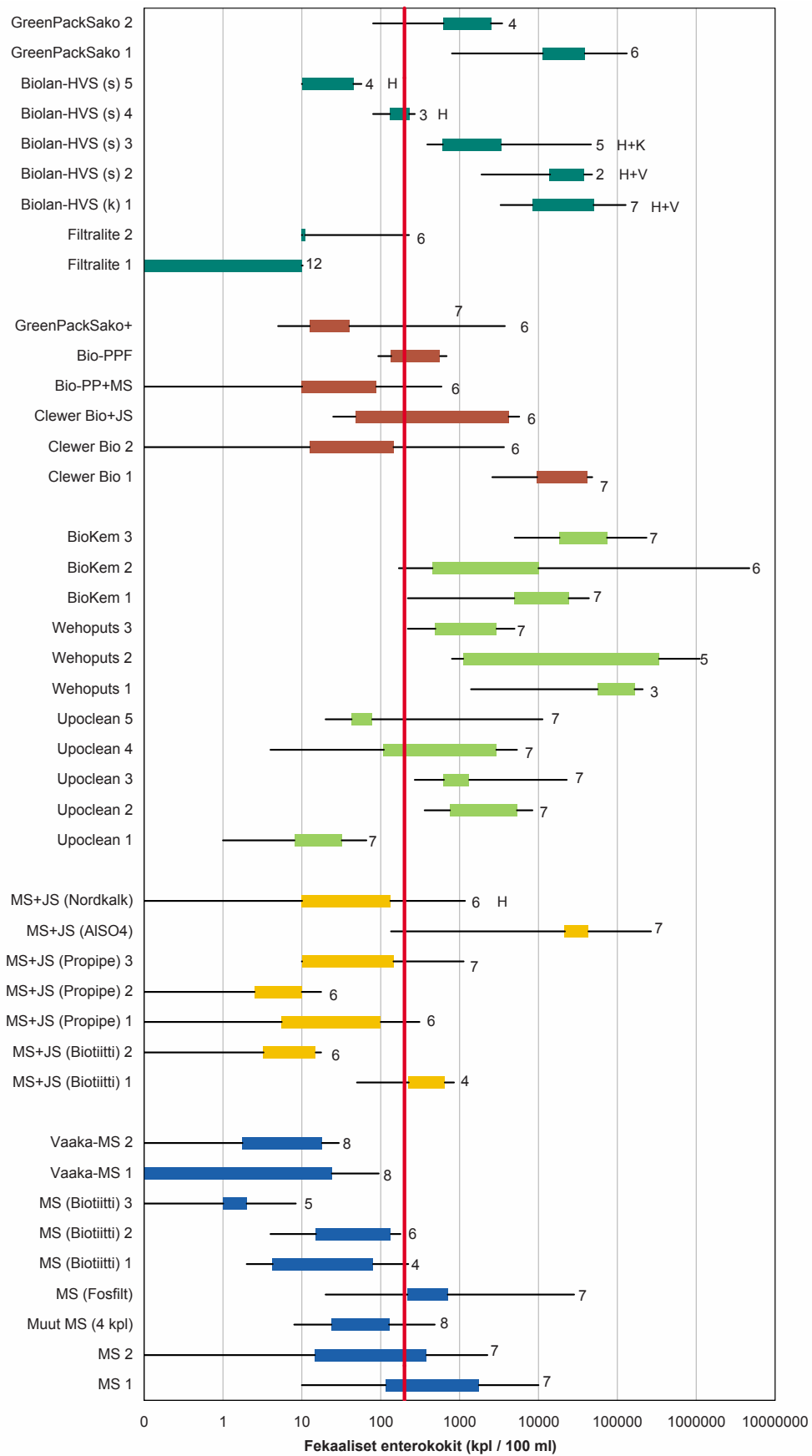
päästöjen vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimmäisiä 50 %:a tuloksista (alarajana 25 % fraktiili ja ylärajana 75 % fraktiili). Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat



Kuva 3. Puhdistamokohtaiset orgaanisen aineen (BOD<sub>7</sub>) päästöjen vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista (alarajana 25 % fraktiili ja ylärajana 75 % fraktiili). Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat ylintä ja alinta neljänneistä tuloksista. Punainen pystyviiva ilmoittaa asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen (90 %) mukaisen sallitun enimmäispäästön orgaaniselle aineelle. H = harmaat vedet, H+V = harmaat vedet + virtsa, H+K = harmaat vedet + kompostointikäymälän suotovedet.



Kuva 4. Puhdistamokohtaiset kiintoainepäästöjen vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista (alarajana 25 % fraktiili ja ylärajana 75 % fraktiili). Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat ylintä ja alinta neljänestä tuloksista. H = harmaat vedet, H+V = harmaat vedet + virtsa, H+K = harmaat vedet + kompostointikäymälän suotovedet.



Kuva 5. Puhdistamokohtaiset bakteerimäärien (fekaaliset enterokokit) vaihteluvälit. Kunkin janan väritetty alue kuvaa keskimäisiä 50 %:a tuloksista (alarajana 25 % fraktiili ja ylärajana 75 % fraktiili). Väritetyn alueen oikealle ja vasemmalle puolelle sijoittuvat janan osat kuvaavat ylintä ja alinta neljänestä tuloksista. Hyvän uimaveden laatuukituksen mukaan (punainen pystyviiva) fekaalisten enterokokkien määrä saa olla enintään 200 kpl/dl. Hyvänä arvona käsitellyssä jätevedessä voidaan pitää arvoa fekaaliset enterokokit < 1000 kpl/dl. H = harmaat vedet, H+V = harmaat vedet + virtsa, H+K = harmaat vedet + kompostointikäymälän suotovedet.



# LIITE 7 Kokeet fosforinpoistomassoilla

Elina Laukkanen

## 1 Johdanto

Ravennesampo-hankkeen yhtenä osakokonaaisuutena oli tutkia erilaisia fosforinpoistoon soveltuvia adsorptiomassoja. Tutkitavilla massoilla tehtiin sekä lyhytkestoisia ravistelukoikeita, että pitkäkestoisia kolonnikoikeita. Ravistelukoikeilla pyrittiin selvittämään fosforin sitoutumisnopeutta sekä pH:n ja veden laadun vaikutusta fosforin sitoutumiseen. Kolonnikoikeissa seurattiin massojen kykyä sitoa fosforia pitkällä aikavälillä. Kolonnikoikeen aikana voitiin myös havainnoida massojen tukkeutumisherkyyttä sekä miten pH:n muutokset vaikuttivat fosforin sitoutumiseen. Kolmelle käytöstä poistetulle massalle teetettiin raskasmetalli- ja ravinneanalyysit loppusijoitusvaihtoehtojen arvioimiseksi.

Kolonnikoikeissa tutkittiin yhteensä kahtatoista tutkimuksiin toimitettua massaa. Kokeet aloitettiin synteettisellä jätevedellä, jonka jälkeen massojen toimivuuteen tai yritysten toiveisiin perustuen valittiin massat, joilla tehtiin kolonnikoe myös maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä. Joidenkin massojen konseptia kehitettiin tutkimuksen aikana. Esimerkiksi rautakipsiä ei käytetty maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikoikeessa sellaisenaan vaan siihen seostettiin rautalastua ja hiekkaa.

## 2 Materiaalit ja menetelmät

### 2.1 Kokeissa käytetyt vedet

Ravistelukoikeissa käytettävät eri vahvuiset fosforiliuokset tehtiin liuottamalla kaliumdivetyfosfaattia ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) tislattuun veteen. Kokeissa käytettiin seuraavia fosforipitoisuuksia: 10 mg/l, 20 mg/l, 40 mg/l ja 100 mg/l. Jos ravistelukoikeen yhteydessä haluttiin selvittää pH:n vaikutusta fosforin sitoutumiseen, veden pH säädettiin kokeen alussa käyttäen 0,1 M HCl:a ja 2 M NaOH:a. Ravistelukoikeissa ja kolonnikoikeissa käytet-

tyn synteettisen jäteveden koostumukset poikkesivat jonkin verran toisistaan. Taulukkoon 1 on koottu synteettisen jäteveden tekoon käytetyt kemikaalit.

Taulukko 1. Synteettisen jäteveden valmistukseen käytetyt kemikaalit.

---

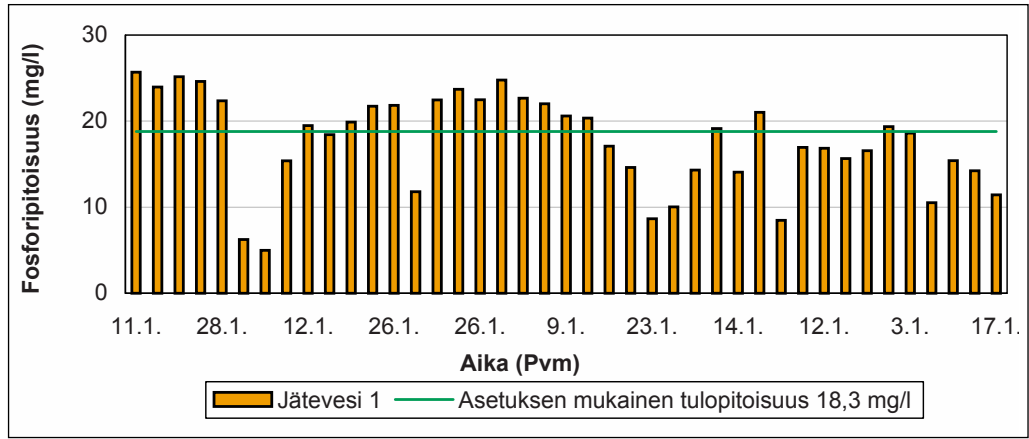
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
$\text{CH}_3\text{COONa}$
$\text{NH}_4\text{Cl}$
$\text{KH}_2\text{PO}_4$
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
$\text{NaHCO}_3$
$\text{NaCl}$
$\text{KCl}$
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

---

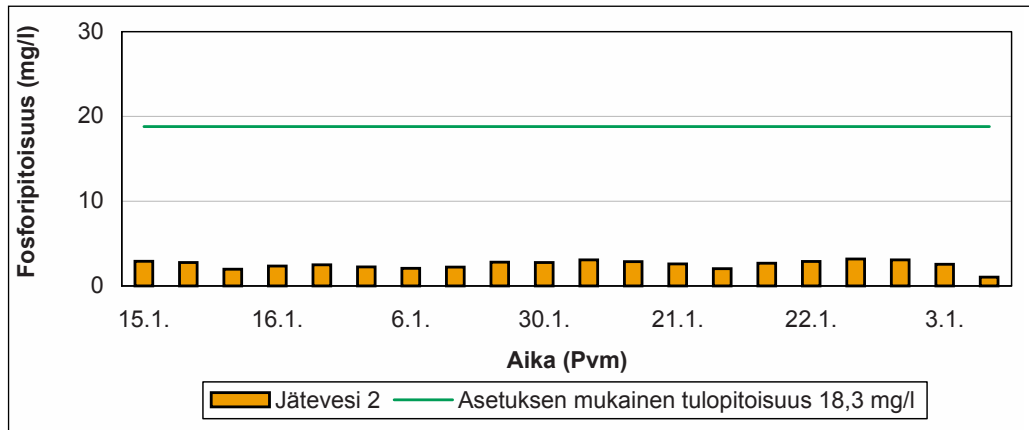
Ravistelukoikeissa käytetyn synteettisen jäteveden fosforipitoisuus oli noin 10 mg/l ja kolonnikoikeissa noin 20 mg/l. Myös COD-kuormassa (kemiallinen hapenkulutus) oli eroa vesien välillä. Synteettisessä jätevedessä glukoosi ja asetaatti muodostivat COD-kuorman.

Kokeissa käytettiin fosforiliuosten ja synteettisen jäteveden lisäksi maasuodattamon jälkeistä jätevettä sekä maitohuoneen lypsyaseman pesuvettä. Yhden massan osalta kolonnikoe tehtiin myös käsittelemättömällä asumisjätevedellä. Maasuodattamon jälkeistä jätevettä haettiin kahdesta kiinteistöstä kesän ja syksyn 2004 aikana. Maasuodattamon jälkeinen jätevesi otettiin maasuodattamokentän jälkeisestä kokoomakaivosta. Kuvista 1 ja 2 voidaan havaita, että haettujen jätevesien fosforipitoisuuksissa oli eroa ja että fosforipitoisuus vaihteli myös kohteissa eri ajankohtina. Kuvissa on mukana myös hajajätevesiasetuksen mukaisesti laskettu keskimääräinen tulevan jäteveden pitoisuus, kun vedenkulutusarvona on käytetty henkeä kohden 117 l/d.

Maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikoikeessa käytetty vesi oli kahdesta edellä mainitusta kohteesta haettujen vesien seos. Laboratoriossa tehtyjen määritysten perusteella jätevesien sisältämä fosfori oli vedessä ortofosfaattina. Kolonnikoikeissa veden fosforipitoisuus pidettiin tasolla 20 mg/l. Tämän vuoksi haettuun jäteveeseen lisättiin tarvittaessa  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ :a. Veden pH vaihteli välillä



Kuva 1. Jäteveden (1) fosforipitoisuudet.



Kuva 2. Jäteveden (2) fosforipitoisuudet.

Taulukko 2. Synteettisen ja maasuodattamon jälkeisen jäteveden ominaisuuksia.

Parametri	Yksikkö	Synteettinen jätevesi	Maasuodattamon jälkeinen jätevesi
Fosfori, P	mg/l	20	20
Kemiallinen hapenkuklutus, COD	mg/l	500 – 1000	30 – 100
Typpi, N	mg/l	20 – 40	60 – 170
pH		6 – 8	6 – 8
Johtokyky	mS/cm	1 – 1,5	0,5 – 1,5

6–8. Taulukkoon 2 on koottu kokeissa käytettyjen vesien ominaisuuksia.

lopuksi 2 tunnin välein. Otetuista vesinäytteistä mitattiin pH ja määritettiin suodatuksen jälkeen fosforipitoisuus standardin SFS 3026 mukaisesti.

## 2.2 Ravistelukoekiden koejärjestelyt

Erlenmeyer-pulloihin punnittiin noin 1g tutkittavaa fosforinadsorptiomassaa ja mitattiin joko 500 ml fosforiliuosta, synteettistä jätevettä tai maasuodattamon jälkeistä jätevettä. pH säädettiin haluttuun arvoon 0,1 M HCl:n tai 2 M NaOH:n avulla. Tämän jälkeen erlenmeyer-pullo laitettiin ravistelijaan, jonka sekoitusnopeus oli 170–180 kierrosta minuutissa. Koeolosuhteet olivat kaikille massoille samat, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia keskenään. Ravistelukoekiden kokonaissekoitusaika oli 8 tuntia, jonka aikana vedestä otettiin näytteitä aluksi 15 minuutin välein, sitten tunnin ja

## 2.3 Kolonnikokeiden koejärjestelyt

Fosforinadsorptiomassa sijoitettiin muoviseen kolonniin, jonka halkaisija oli 90 mm ja korkeus 300 mm. Kolonnin pohjalla käytettiin lasikuulia, jotta massaa ei päässyt karkaamaan kolonnista ja massan yläpinta saatiin riittävän lähelle lähtevän veden ulostuloputkea. Synteettisellä jätevedellä tehdyissä kokeissa massan määrä oli 1 l (kolonniin laitettavan massan määrä punnittiin) ja jätevettä pumpattiin kolonniin noin 4 l/d. Jätevettä pumpattiin massan läpi alhaalta ylöspäin kaksi kertaa vuorokaudessa kolmen

tunnin mittaisissa jaksoissa. Kolmen tunnin aikana jätevettä virtasi siten massan läpi nopeudella 0,66 l/h. Maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyissä kokeissa massoille käytettiin samaa L/S suhdetta (=massan läpi virranneen jäteveden (l) suhde massan määrään (kg)), mutta siten että massan määrä oli 0,5 l ja jätevettä pumpattiin kolonniin 2 l/d. Kolmen tunnin aikana jätevettä virtasi tällöin massan läpi noin nopeudella 0,33 l/h. Jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia keskenään, koeolosuhteet olivat kaikille kokeessa käytetyille massoille samat.

Kolonniin menevästä ja sieltä poistuvasta vedestä analysoitiin fosforipitoisuus standardin SFS 3026 mukaisesti kaksi kertaa viikossa. Kolonniin menevästä vedestä määritettiin sekä liukoinen kokonaisfosfori että kokonaisfosfori. Kolonnista poistuvasta vedestä määritettiin pelkästään liukoinen kokonaisfosfori. Liukoisen fosforin määrittystä varten näyte suodatettiin membraanisuolettimen (huokoskoko 45 µm) läpi. Fosforimääritysten yhteydessä mitattiin myös vesinäytteiden pH ja johtokyky.

## 2.4 Fosforinpoistomassat ja niiden ominaisuudet

Kaikkien tutkittujen massojen ominaisuuksista ei ollut mahdollista saada tarkempaa tietoa. Tuotteet olivat tuotekehityksen eri vaiheissa, jolloin tuotteen ominaisuuksien antaminen ei ollut välttämättä yritysten edun mukaista. Toisaalta kaikki tutkimuksiin toimitetut massat eivät olleet syntyneet yritystoiminnan tuloksena tai niiden varsinaisen käyttötarkoituksen ei liittynyt fosforinpoistoon. Tällöin haluttiin laboratoriomittakaavan kokeilla selvittää massojen mahdollista fosforinpoistokykyä tai parantaa koe-kohteissa fosforinpoistoon sopiviksi havaittuja konsepteja.

### 2.4.1 Biotiitti

Biotiittivalmisteet, joista toinen oli käsitelty emäksiseksi, toimitti tutkittavaksi Kemira. Biotiittiä saadaan Kemiran Siilinjärven tehtailta apatiittimalmin rikastusprosessin oheistuotteena. Biotiitti on murskattua ja jauhettua kiveä ja sen raekokojakauma on säädetty suodatinkäyttöön sopivaksi. Biotiitin päämineraali on flogopiittikiille. Muut mineraalit ovat pääasiassa karbonaattimineraaleja, kalsiittia ja dolomiittia. Biotiitti

sisältää siten merkittävän määrän kationeja, kuten rautaa, alumiinia, kalsiumia, magnesiumia ja kaliumia. Tuotetta, jota valmistaa Kemphos Oy myydään maatalous- ja rautakaupoissa 1000 kg:n suursäkeissä. (Kemira GrowHow, 2005a)

### 2.4.2 Ferrihydroksidimassat

Ferrihydroksidimassoja toimitti tutkimuksiin Kemira. Toinen massoista oli rakeistettua ferrihydroksidia, tuotenimeltään Kemira GFH 24 ja toinen ferrihydroksidisakkaa, tuotenimeltään Kemira Ferrihydroksidi. (Kemira GrowHow, 2005b)

### 2.4.3 Nordkalk Filtra P1 – P4

Nordkalk Filtra P -massa on Nordkalk Oyj Abp:n kehittämä ja patentoima fosforinpoiston tehostamiseen tarkoitettu massa. Kaupallinen Nordkalk Filtra P -tuote (LVI-koodi 3625540) eroaa jonkin verran kemiallisilta ominaisuuksiltaan tutkimuksissa käytetyistä Nordkalk Filtra P1–P4 -massoista. Nordkalk Filtra P -massaa valmistetaan Nakkilassa. Valmistusvaiheessa massan eri komponentit, kalkki, kipsi ja rautayhdisteet, sekoitetaan ja massa granuloidaan 2,5–13 mm:n raekokoon. Tuotetta myydään 1000 kg:n suursäkeissä hyvin varustetuissa LVI-liikkeissä. Säkin hinta on noin 250 € sisältäen 22 %:n arvonlisäveron. (Nordkalk Oyj Abp, 2004; Nordkalk Oyj Abp, 2005b)

### 2.4.4 Puolipoltettu dolomiitti

Dolomiitista prosessoitua massaa toimitti tutkimuksiin Nordkalk Oyj Abp. Dolomiittimineraali eroaa kalsiittimineraalista siten, että huomattava osa kalsiitin sisältämästä kalsiumkarbonaatista on korvautunut magnesiumkarbonaatilla (MgCO<sub>3</sub>). Polton yhteydessä karbonaatti yhdisteet muuttuvat oksideiksi. (Nordkalk Oyj Abp, 2005c)

### 2.4.5 Propipe 1400 FILT

Propipe 1400 FILT -massaa toimitti tutkimuksiin Propipe Oy. Fosforinpoiston tehostamiseen tarkoitettu suodatinmassa on Envitop Oy:n ja Propipe Oy:n kehittämä tuote, joka koostuu pääosin savesta, kalkista ja muutamasta lisäaineesta.

### 2.4.6 Filtralite P

Filtralite P -massaa toimitti tutkittavaksi Maxit Oy Ab (Optiroc Oy). Massa on kevytsoraa, johon lisätty kalkkia valmistusvaiheen lopussa. Filtralite P on hienojakoinen suuren ominaispinta-alan omaava suodatusaine. Tuotteen on kehittänyt Optiroc AS savesta ja luonnollisista lisäaineista. Filtraliten tuotannossa savi syötetään ensiksi pyöriviin uuneihin. Saven käsittely uunissa kestää muutaman tunnin. Uunissa savi kuivataan, siitä muodostetaan pellettejä ja se laajennetaan 1200 °C lämpötilassa. Savi laajenee, kun sen sisältämä orgaaninen aine palaa, ja muodostunut kaasu saa aikaan huokosia. Uunikäsittelyn jälkeen laajennetut savipelletit seulotaan, lajitellaan ja tarvittaessa murskataan erikokoisiksi rakeiksi. Filtralite-tuotteet voidaan toimittaa irtotavarana tai myös suurissa säkeissä. Toimituksiin, joissa vaaditaan NSF-sertifikaatti, tavara toimitetaan suljetuissa säkeissä. Muihin toimituksiin kätetään yleensä avonaisia säkkejä. Kotitalousjäteveden puhdistusjärjestelmiin materiaali toimitetaan 2,0 m<sup>3</sup> säkeissä. (Maxit Group, 2005a; Maxit Group, 2005b; Maxit Group, 2005c)

### 2.4.7 Rautakipsi ja Rautalastuseokset 1 ja 2

Rautakipsiä ja rautalastuseoksissa käytettyjä materiaaleja toimitti tutkimuksiin Pirkanmaan ympäristökeskus. Rautakipsiä Kemira Pigments:n Porin tehtaalta käytettiin kokeissa sellaisenaan, minkä lisäksi sitä käytettiin molemmissa rautalastuseoksissa. Rautalastun ja rautakipsin lisäksi seoksissa käytettiin myös hiekkaa, jotta massan rakenteesta tulisi riittävän huokoinen ja vettäpitävä. Rautalastu oli tavallista, yleisen, ruostuvan teräksen työstämisessä muodostunutta lastua ja hiekka harjusoraa, jonka rakeisuus oli välillä 0–4. (Pirkanmaan ympäristökeskus, 2005)

## 2.5 Käytöstä poistetut suodatinmassat

### 2.5.1 Massan koostumus

Kolmesta käytetystä fosforinpoistomassasta yksi lähetettiin tutkittavaksi geologian tutkimuskeskukseen ja kaksi viljavuuspalveluun.

Massoista määritettiin fosfori- ja typpipitoisuudet sekä raskasmetallipitoisuudet elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin, nikkelin, lyijyn ja sinkin osalta. Kaksi tutkituista massoista oli otettu maasuodattamokentän jälkeisestä jälkisuodatuskaivosta (Propipe Oy) ja yksi massa oli laboratorio-olosuhteissa maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa kyllästynyt massa (Nordkalk Filtra P1, Nordkalk Oyj Abp).

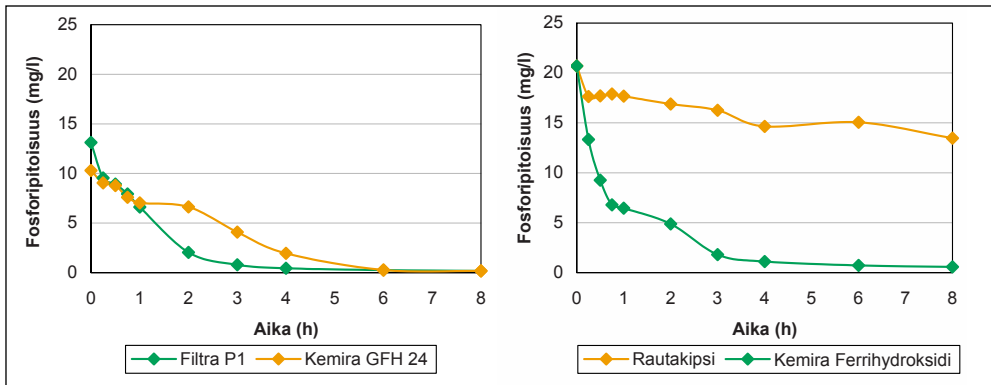
## 3 Tulokset ja niiden tarkastelu

### 3.1 Ravistelukoeket

Ravistelukoeket tehtiin suurimmalla osalla massoista sekä eri vahvuisilla fosforiliuosilla, synteettisellä jätevedellä että maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä. Ravistelukoekiden ja kolonnikokeiden perusteella valittiin parhaat massat. Osa massoista toimitettiin ajallisesti tutkimuksen loppuvaiheessa, jolloin koko ravistelukoearjaa ei voitu niillä toteuttaa. Jäljempänä on tarkasteltu fosforin sitoutumisnopeutta ravistelukoekissa sekä pH:n ja veden ominaisuuksien vaikutusta ravistelukoekiden tuloksiin.

#### 3.1.1 Fosforin sitoutumisnopeus

Fosforin sitoutumisnopeus kuvastaa reaktiivisuutta, jolla massa kemiallisiin ja rakenteellisiin ominaisuuksiinsa perustuen reagoi fosforin kanssa. Reaktiot ovat luonteeltaan heterogeenisiä reaktioita, sillä ne tapahtuvat faasirajoilla ja voivat olla luonteeltaan joko kemiallista tai fysikaalista adsorptiota. Massasta voi myös liueta veteen aineosia, jotka reagoivat fosforin kanssa. Kokeen aikana osa massoista menetti alkuperäisen rakenteensa, hajoten ravistelun vaikutuksesta. Myös kolonnikokeessa massaan kohdistui, ei kuitenkaan yhtä voimakkaana, vastaavia massan rakennetta muokkaavia voimia jäteveden virtauksesta johtuen. Massan rakenteen muuttuminen hienojakoisemmaksi lisää reaktiopinta-alaa ja nopeuttaa täten fosforin sitoutumista. Kuvassa 3 on tarkasteltu Nordkalk Filtra P1:n ja rakeistetun ferrihydroksidin (Kemira GFH 24) sekä ferrihydroksidisan (Kemira Ferrihydroksidi) ja rautakipsin osalta fosforin sitoutumisnopeutta maa-



Kuva 3. Ravistelukoeket maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä. Kuvassa on esitetty kokeiden aikana (8 h) fosforipitoisuudessa tapahtuvat muutokset (fosforin sitoutumisnopeus).

suodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä ravistelukoekessa. Kokeessa käytetty massan määrä oli 1g. Fosforinsitoutumisnopeutta tutkittaessa pH:ta ei säädetty. Nordkalk Filtra P1 ja Kemira GFH 24 -massat saavuttivat kokeen aikana 98 %:n fosforireduktion. Kuvasta 3 voidaan havaita, että Nordkalk Filtra P1 -massalla fosforin poistuma jätevedestä saavutettiin nopeammin eli fosforin sitoutumisnopeus oli suurempi. Ferrihydroksidisakka toimi kokeessa huomattavasti rautakipsiä paremmin sekä fosforin poistuman että fosforinsitoutumisnopeuden suhteen. Ferrihydroksidisakalla saavutettiin kahdeksan tunnin koeajassa 97 %:n fosforireduktio ja rautakipsillä 35 %:n fosforireduktio.

### 3.1.2 pH:n vaikutus

Ravistelukoekissa pH:n vaikutusta fosforin poistumiseen tutkittiin sekä eri vahvuisilla fosforiliuoksilla, että synteettisellä jätevedellä. Kokeissa saaduista tuloksista voitiin havaita, että joillakin massoilla pH vaikutti merkittävästi saavutettavaan fosforireduktion. Puolipoltetun dolomiitin, biotiitin ja rautakipsin kohdalla korkealla pH:lla saavutettiin parempi fosforinpoisto kuin matalammassa pH:ssa. Sen sijaan Propipe 1400 FILT -massalla saatiin tulos, jonka perusteella massa pystyisi poistamaan fosforia paremmin matalammassa pH:ssa. Puolipoltettu dolomiitti, biotiitti ja rautakipsi sisältävät kalsiumyhdisteitä, mikä voisi selittää massojen parempaa toimivuutta korkeassa pH:ssa. Toisaalta myös Propipe 1400 FILT sisältää kalkkia, jolloin asian ei voida yksiselitteisesti olettaa johtuvan kalsiumyhdisteiden olemassa olosta.

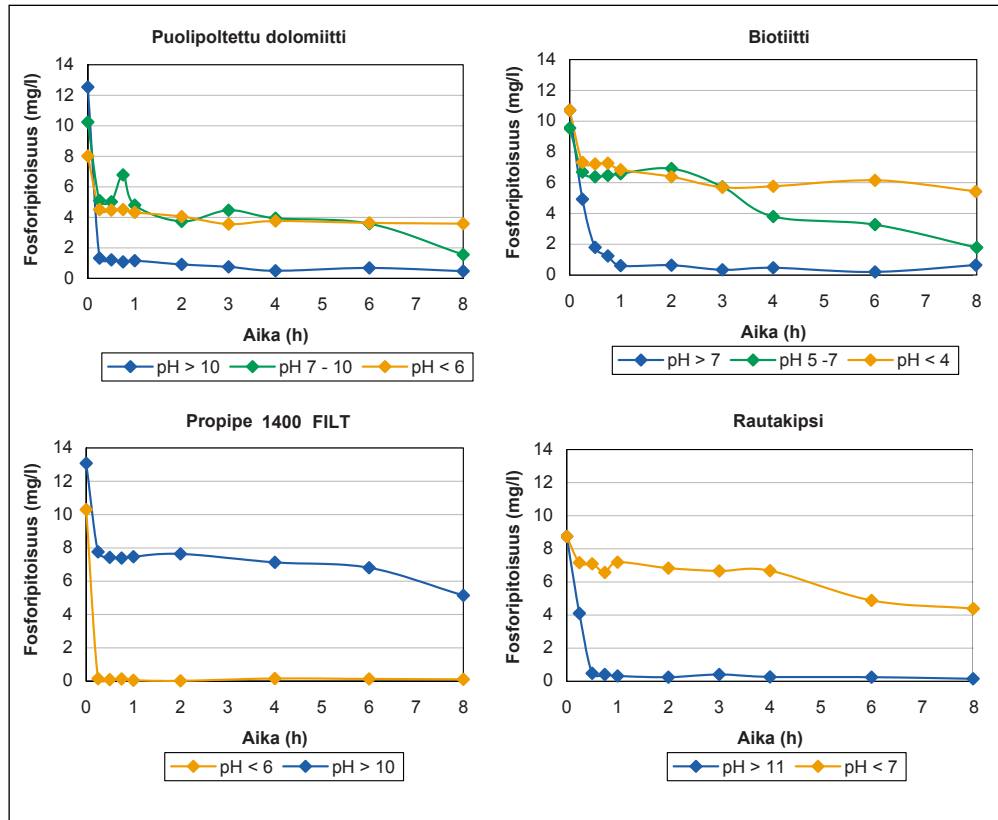
Myös Nordkalk Filtra P -tuotteet sisältävät kalsiumyhdisteitä, mutta niillä ei havaittu vastaavanlaista pH-olosuhteiden vaikutusta fosforin sitoutumiseen ravisteluko-

keiden aikana. Pitempikestoissa kolonnikoekissa voitiin havaita myös Nordkalk Filtra P1:n ja Nordkalk Filtra P2:n kohdalla pH:n ja fosforinsitoutumisen keskinäinen vaikutus, siten että pH ja fosforinsitomiskapasiteetti laskivat samanaikaisesti. Kalsiumyhdisteet esiintyvät massoissa eri muodoissa ja määrissä, minkä lisäksi ne voivat olla sitoutuneina massayksikön (rakeen) eri osiin eri tavoin. Toisaalta pH:n noustessa pinnan positiivisesti varautuneiden kohtien sähkövaraus ja elektrostaattinen potentiaali pienenevät, mikä voi johtaa fosforinadsorptiokapasiteetin pienentymiseen. Näillä tekijöillä ja massan muulla kemiallisella koostumuksella voidaan pyrkiä selittämään massojen kompleksista käyttäytymistä erilaisissa pH-olosuhteissa.

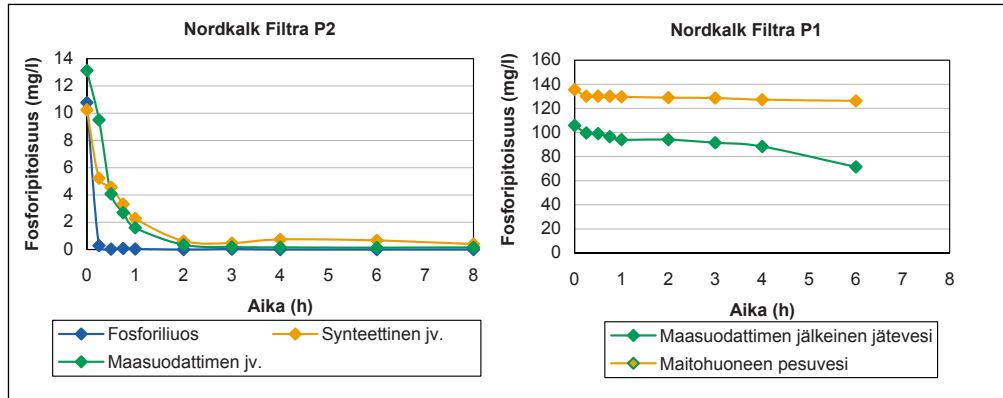
Kuvassa 4 on esitetty puolipoltetun dolomiitin, biotiitin, Propipe 1400 FILT:in ja rautakipsin fosforinpoistokapasiteetti eri pH:n omaavilla fosforiliuoksilla. Kokeissa käytetty massan määrä oli 1g.

### 3.1.3 Vesien ominaisuuksien vaikutus

Vesien ominaisuuksilla, kuten orgaanisen aineksen määrällä ja fosforin olomuodolla voi olla vaikutusta massan fosforinpoistokapasiteettiin. Kuvasta 5 voidaan havaita orgaanisen aineksen vaikutus fosforin sitoutumiseen Nordkalk Filtra P2 -massalla tehdyissä ravistelukoekissa. Fosforiliuoksella, joka ei sisältänyt lainkaan orgaanista ainesta, saavutettiin sekä fosforin sitoutumisnopeudessa että fosforireduktiossa parhaat tulokset. Fosforiliuoksen fosfori poistui liuoksesta heti ensimmäisen 15 minuutin aikana, kun muiden jätevesien osalta siihen meni 2 tuntia. Synteettisellä jätevedellä ja maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä saavutetuissa fosforin sitoutumisnopeuksissa ei ollut juurikaan eroa, mutta maasuodattamon jälkei-



Kuva 4. Ravistelukoeket fosforiliuksilla – Puolipoltettu dolomiitti, biotiitti, Propipe 1400 FILT ja rautakipsi. Fosforipitoisuuden muutos eri pH-alueilla.



Kuva 5. Fosforipitoisuuden muutos eri vesillä Nordkalk Filtra P1 ja P2 -massoilla tehdyissä ravistelukoekissa.

sellä jätevedellä saavutettu fosforireduktio oli jonkin verran parempi. Käytetty massan määrä oli 1g.

Kuvasta 5 voidaan havaita, että Nordkalk Filtra P1 pystyi sitomaan paremmin fosforia maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä ravistelukoekessa kuin maitohuoneen lypsyaseman pesuvedellä tehdyssä ravistelukoekessa. Vesien orgaanisen aineksen määrässä ei ollut suurta eroa, jolloin voidaan olettaa, että myös fosforin muodolla on vaikutusta fosforinsitomiskapasiteettiin. Maasuodattamon jälkeisessä jätevedessä

fosfori oli lähes täydellisesti ortofosfaattina, kun taas maitohuoneen lypsyaseman pesuvedessä fosforista vain 1–2 % oli ortofosfaattina. Pesuaineen koostumuksen perusteella loput fosforista esiintyi maitohuoneen lypsyaseman pesuvedessä polyfosfaatteina. Kokeessa käytetty massan määrä oli 1g.

Edellä esitettyjen ravistelukoekiden perusteella voidaan päätellä, että erilaisilla fosforinpoistomassoilla on tietty kapasiteetti sitoa fosforia ja erilaiset optimiolosuhteet, kuten pH. Fosforin sitoutumisen voidaan olettaa tapahtuvan nopeammin, jos fosfo-



rin poistuminen tapahtuu saostumismekanismien kautta. Aidolle adsorptiolle on tyypillistä se, että tasapainon muodostumiseen menee aikaa.

### 3.2 Kolonnikokeet

Massojen fosforireduktiota ja niiden muuttosta seurattiin kolonnikokeiden aikana laboratoriossa tehdyin fosforimäärityksin (SFS 3026) kaksi kertaa viikossa. Tulosten tarkastelun yhteydessä massoille tehtiin päiväkohtainen fosforinsitoutumistarkastelu. Eri massojen fosforinsitoutumiskyky laskettiin seuraavan yhtälön mukaan:

$$\sum_1^d P = (\gamma \cdot Q \cdot (R / 100)) / m$$

Yhtälössä

$\gamma$  on syötetyn jäteveden fosforipitoisuus (g/l)

$Q$  on syötetyn jäteveden määrä (l)

$R$  on reduktioprosentti (%)

$m$  on massan määrä kolonnissa (kg)

$\sum_1^d P$  on sitoutuneen fosforin määrä (g P/kg massaa) päivään  $d$  mennessä

Tulostarkasteluissa hajajätevesiasetuksen tiukempi 85 %:n reduktiotaso vastaa talousjätevedelle lähtevän veden fosforipitoisuutta 2,8 mg/l. Tällöin on käytetty lähtöoletuksina, että päivittäinen fosforikuorma on henkeä kohden 2,2 g/d ja päivittäinen veden kulutus 117 l/d.

Tulokset esitetään eri massoille taulukoihin koottuina lukuarvoina sekä fosforireduktion muutosta ajan funktiona esittävinä kuvaajina. Taulukoissa ilmoitetaan sitoutuneen fosforin määrä (g P/kg massaa) kolmena eri ajankohtana. Ajankohdina on käytetty sallitun fosforipitoisuuden 2,8 mg/l ylittymistä, 50 %:n reduktiotason alittumista sekä koko koeaikaa. Taulukossa

on esitetty myös näihin ajankohtiin liittyvät L/S suhteet eli massan läpivirranneen jäteveden määrän (l) suhde massan määrään (kg).

Sitoutuneen fosforin määrästä tärkein arvo on se, joka kertoo massan kyvystä saavuttaa asetuksen vaatima 85 %:n reduktio, eli tällöin käsitellyn lähtevän talousjäteveden fosforipitoisuus on pienempi kuin 2,8 mg/l. Nämä lukuarvot vastaavat massan fosforinpoistokapasiteettia ja niitä voidaan käyttää hyväksi, kun arvioidaan massojen tarvittavaa määrää tai vaihtoväliä käytännön sovelluskohteissa, kuten jälkisuodatuskaivossa.

#### 3.2.1 Biotiitti

Kemiran toimittamalla Biotiitilla tehtiin kolonnikoe ainoastaan synteettisellä jätevedellä. Kokeen tulokset on koottu taulukkoon 3. Tuloksista voidaan havaita, että kokeen aikana biotiitti ei pystynyt saavuttamaan 85 %:n reduktiotasoa (2,8 mg/l pitoisuuden alitus) kuin lyhyen aikaa. Kokeen loppuajan reduktiotaso vaihteli 50 %:n molemmin puolin.

#### 3.2.2 Biotiitti P50

Biotiitin tilalla maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa käytettiin emäksistä biotiittia. Kokeessa saadut tulokset on esitetty taulukossa 4. Kuvassa 6 on puolestaan esitetty fosforireduktion muutos ajan funktiona. Massan määrä kolonnissa oli 0,601 kg ja vettä pumpattiin kolonniin huoneenlämpötilassa kahdesti vuorokaudessa 3 tunnin jaksoissa nopeudella 0,33 l/h.

Kuvasta 6 voidaan todeta, että fosforireduktio pysyi korkeana kokeen alussa, mutta tippui suhteellisen nopeasti alle 50 %:n reduktiotason. Tämä havaitaan myös taulukossa 4 esitettyihin sitoutuneen fosforin eli fosforinpoistokapasiteettien arvoissa.

Taulukko 3. Kolonnikoe Biotiitilla (synteettinen jätevesi).

Kolonnikoe – Biotiitti (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)	Sitoutunut P	Aika	L/S
	(g P/kg massaa)	(d)	(l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	0,5	10	31
50 %:n fosforireduktion alitus	Ei voitu määrittää		
Koko kokeen aikana sitoutunut	2,3	78	240



### 3.2.3 Kemira Ferrihydroksidi

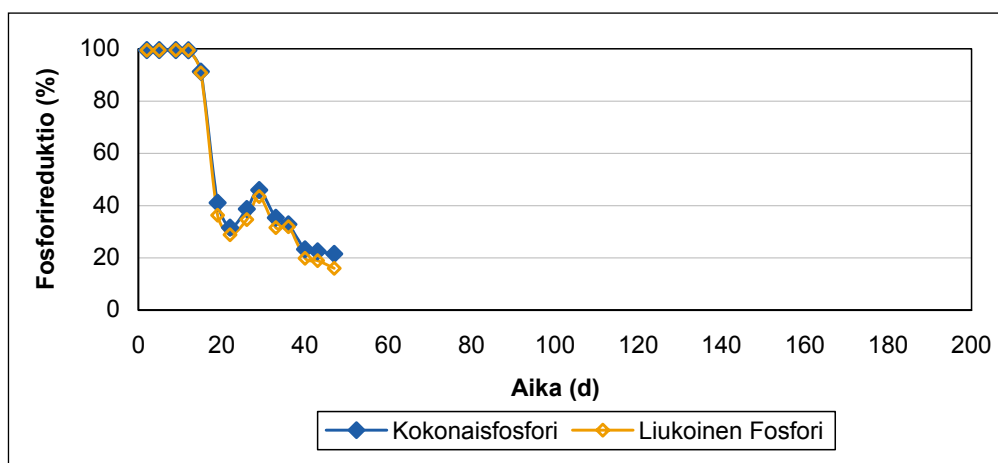
Kemira Ferrihydroksidilla saavutettiin synteettisellä jätevedellä tehdyssä kolonniko-keessa huomattavasti paremmat tulokset kuin maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonniko-keessa. Tulokset on esitetty taulukossa 5.

Mitään yksiselitteistä syytä sille, että Kemira Ferrihydroksidi toimi paremmin synteettisellä jätevedellä tehdyssä kokeessa, ei voida antaa. Muiden massojen kohdalla

tulokset olivat päinvastaisia eli matalamman orgaanisen kuorman omaavalla maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyissä kokeissa massojen fosforinsitomiskapasiteetit olivat paremmat. Kokeissa käytetty ferrihydroksidisakka ei ollut tasalaatuista, mikä on saattanut vaikuttaa tuloksiin. Synteettisellä jätevedellä tehdyssä kolonniko-keessa voitiin havaita myös massan rakenteen muuttuminen hienojakoisemmaksi kuin maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonniko-keessa. Kuvassa 7 on esitetty

Taulukko 4. Kolonnikoe Biotiitilla P50 (maasuodattamon jälkeinen jätevesi).

Kolonnikoe – Biotiitti P 50 (maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)	Sitoutunut P	Aika	L/S
	(g P/kg massaa)	(d)	(l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	1,1	18	61
50 %:n fosforireduktion alitus	1,1	18	61
Koko kokeen aikana sitoutunut	1,7	47	158



Kuva 6. Kolonnikoe Biotiitilla P50 (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (47 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.

Taulukko 5. Kolonnikokeet Kemira Ferrihydroksidilla.

Kolonnikoe - Kemira Ferrihydroksidi (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)			
	Sitoutunut P	Aika	L/S
	(g P/kg massaa)	(d)	(l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	5,5	89	290
50 %:n fosforireduktion alitus	7,1	120	391
Koko kokeen aikana sitoutunut	7,4	133	433
Kolonnikoe - Kemira Ferrihydroksidi (maasuodattamon jätevesi P~20 mg/l)			
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	Ylitti koko kokeen ajan		
50 % fosforireduktion alitus	Reduktio koko kokeen ajan > 50 %		
Koko kokeen aikana sitoutunut	3,6	78	245

fosforireduktion muutos ajan funktiona Kemiran Ferrihydroksidilla maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa. Massan määrä kolonnissa oli 0,628 kg ja vettä pumpattiin kolonniin huoneenlämpötilassa kahdesti vuorokaudessa 3 tunnin jaksoissa nopeudella 0,33 l/h.

Kuvasta 7 voidaan havaita, että saavutettava fosforireduktio ylittää 50 %:n reduktiotason koko kokeen aikana, mutta ettei massan osalta saavuteta asetuksen vaatimaan 85 %:n reduktiota eli 2,8 mg/l pitoisuuden alitusta.

### 3.2.4 Kemira GFH 24

Kemiran toimittamalla rakeistetulla ferrihydroksidilla, Kemira GFH 24 tehtiin kolonnikoe ainoastaan maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä. Tämän kokeen tulokset on esitetty taulukossa 6 ja fosforireduktion muutos kokeen aikana kuvassa 8. Massan määrä kolonnissa oli 0,708 kg ja vettä pumpattiin kolonniin huoneenlämpötilassa kahdesti vuorokaudessa 3 tunnin jaksoissa nopeudella 0,33 l/h.

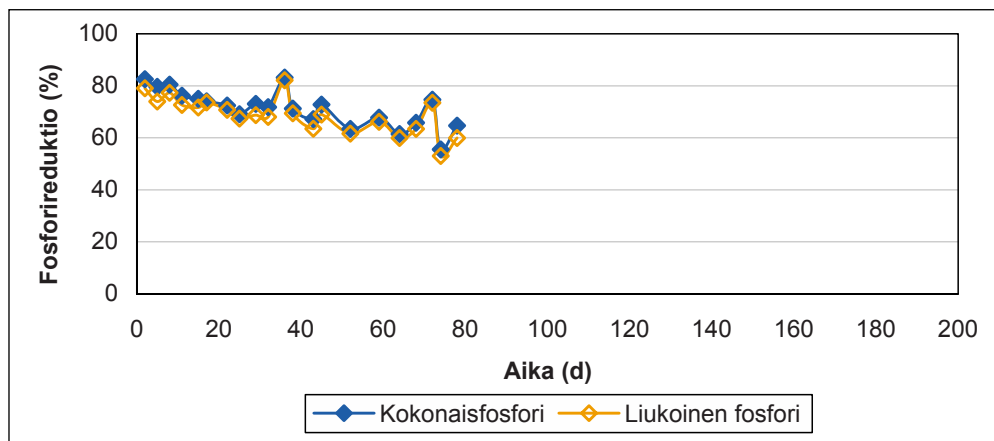
Tuloksista voidaan havaita, että ferrihydroksidilla saavutettu sallitun P-pitoisuuden 2,8mg/l alitukseen perustuva fosfori-

poistokapasiteetti oli yhtä suuri kuin käsitellyllä biotiitilla. Ferrihydroksidilla reduktiotason aleneminen tapahtui kuitenkin asteittain, ja 50 %:n reduktiotason alittuminen tapahtui vasta pitemmän ajan kuluessa.

### 3.2.5 Nordkalk Filtra P1

Tutkituista massoista Nordkalk Filtra P1 toimi huomattavasti muita massoja paremmin maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa. Tämän vuoksi massa valittiin niin sanottuun ylikuormituskokeeseen, joka tehtiin maitohuoneen lypsyaseman pesuvedellä. Maitohuoneen lypsyaseman pesuvedessä fosforikuorma oli huomattavasti korkeampi kuin maasuodattamon jälkeisessä jätevedessä. Taulukkoon 7 on koottu kolonnikokeissa saadut tulokset Nordkalk Filtra P1 -massalle. Kuvassa 9 on puolestaan esitetty fosforireduktion muutos ajan funktiona maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä. Massan määrä kolonnissa oli 0,489 kg ja vettä pumpattiin kolonniin huoneenlämpötilassa kahdesti vuorokaudessa 3 tunnin jaksoissa nopeudella 0,33 l/h.

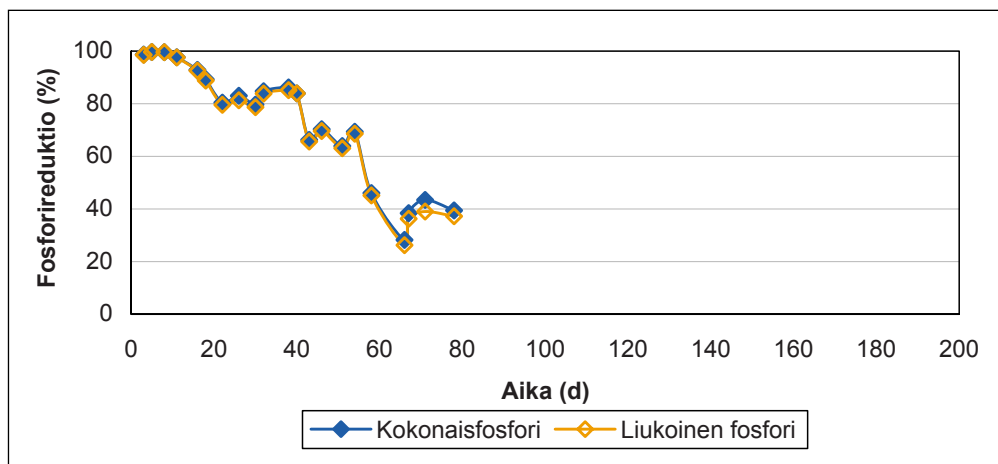
Nordkalk Filtra P1 -massa toimi maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kokeessa paremmin kuin synteetti-



Kuva 7. Kolonnikoe Kemiran Ferrihydroksidilla (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (78 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.

Taulukko 6. Kolonnikoe rakeistetulla ferrihydroksidilla (maasuodattamon jälkeinen jätevesi).

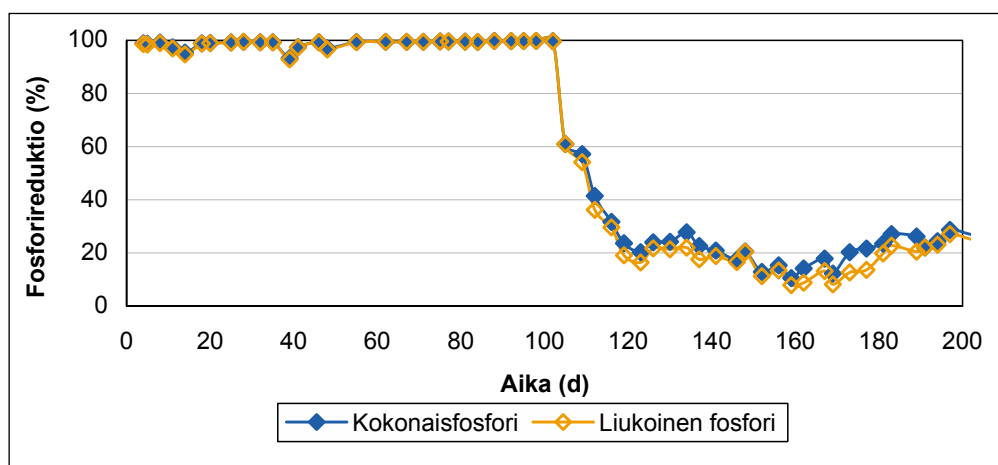
Kolonnikoe – Kemira GFH 24 (Maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)			
	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	1,1	21	61
50 %:n fosforireduktion alitus	2,7	57	165
Koko kokeen aikana sitoutunut	3,1	79	228



Kuva 8. Kolonnikoe rakeistetulla ferrihydroksidilla (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (78 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.

Taulukko 7. Kolonnikokeet Nordkalk Filtra PI -massalla.

<b>Kolonnikoe – Nordkalk Filtra PI (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)</b>			
	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	2,1	22	94
50 %:n fosforireduktion alitus	Reduktio koko kokeen ajan > 50 %		
Koko kokeen aikana sitoutunut	6,2	93	397
<b>Kolonnikoe – Nordkalk Filtra PI (maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)</b>			
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	11,3	104	427
50 %:n fosforireduktion alitus	11,7	111	455
Koko kokeen aikana sitoutunut	13,5	202	829
<b>Kolonnikoe – Nordkalk Filtra PI (maituhuoneen pesuvesi, P~130 mg/l)</b>			
Sallitun P-pitoisuuden (4,1 mg/l) ylitys	3,4	14	29
50 %:n fosforireduktion alitus	4,4	19	40
Koko kokeen aikana sitoutunut	5,3	35	73



Kuva 9. Kolonnikoe Nordkalk Filtra PI -massalla (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (202 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.

sellä jätevedellä ja maitohuoneen pesuvedellä tehdyissä kolonnikokeissa. Tämä voi johtua kokeissa käytettyjen vesien erilaisuudesta. Maasuodattamon jälkeisen jäteveden orgaaninen kuorma (COD) oli huomattavasti pienempi verrattuna synteettiseen jäteveeseen. Myös fosforin havaittiin esiintyvän kokeissa käytetyissä jätevesissä eri olomuodoissa. Maasuodattamon jälkeisessä jätevedessä fosfori oli kokonaan ortofosfaattina, kun taas maitohuoneen pesuvedessä ortofosfaattina esiintyvän fosforin määrä oli 1–2 % kokonaisfosforimäärästä.

### 3.2.6 Nordkalk Filtra P2

Toinen kolonnikokeissa käytetty Nordkalk Oyj Abp:n Filtra P massa oli Nordkalk Filtra P2. Verrattuna Nordkalk Filtra P1 -massaan Nordkalk Filtra P2 ei toiminut maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kokeessa yhtä hyvin. Massojen kemiallisessa koostumuksessa on jonkin verran eroa. Lisäksi BET-arvo, joka kuvastaa massan ominaispinta-alan suhdetta painoon, on Nordkalk Filtra P2 -massalla pienempi kuin Nordkalk Filtra P1 -massalla. Synteettisellä

jätevedellä tehdyissä kokeissa massat toimivat yhtä hyvin. Saaduista tuloksista voidaan päätellä, että korkea orgaaninen kuorma (COD) häiritsee molempien kolonnikokeissa käytettyjen Nordkalk Filtra P -massojen kykyä sitoa fosforia jätevedestä. Taulukkoon 8 on koottu kolonnikokeissa saadut tulokset Nordkalk Filtra P2 -massalle.

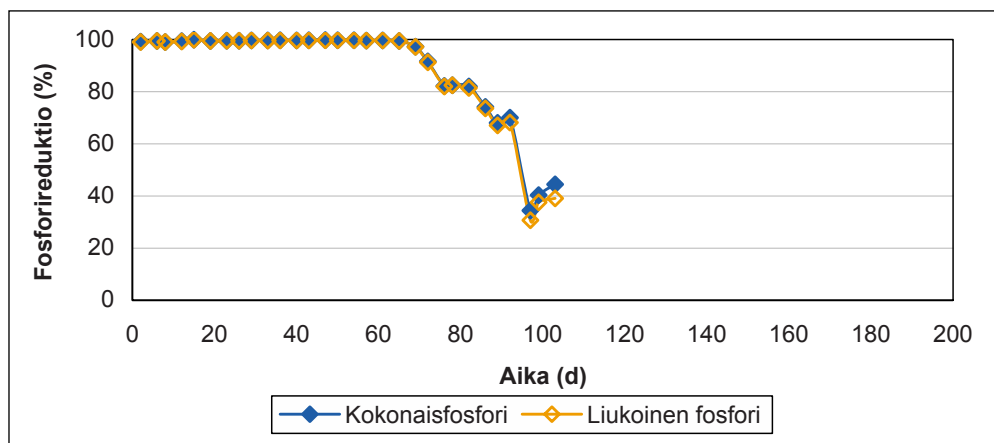
Kuvassa 10 on puolestaan esitetty fosforireduktion muutos ajan funktiona maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä. Massan määrä kolonnissa oli 0,513 kg ja vettä pumpattiin kolonniin huoneenlämpötilassa kahdesti vuorokaudessa 3 tunnin jaksoissa nopeudella 0,33 l/h.

### 3.2.7 Puolipoltettu dolomiitti

Synteettisellä jätevedellä tehdyn kolonnikokeen tulokset puolipoltetulla dolomiitilla on esitetty taulukossa 9. Tuloksista voidaan havaita että puolipoltettu dolomiitti ei toiminut kokeessa yhtä hyvin kuin Nordkalk Filtra P -massat. Massaa ei valittu käytettäväksi maasuodattimen jälkeisellä jätevedellä tehtyyn kolonnikokeeseen.

Taulukko 8. Kolonnikokeet Nordkalk Filtra P2 -massalla.

Kolonnikoe - Nordkalk Filtra P2 (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)			
	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	2,2	27	100
50 %:n fosforireduktion alitus	Reduktio koko kokeen ajan > 50 %		
Koko kokeen aikana sitoutunut	6,0	103	383
Kolonnikoe - Nordkalk Filtra P2 (maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)			
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	5,6	75	261
50 %:n fosforireduktion alitus	6,9	95	330
Koko kokeen aikana sitoutunut	7,3	103	358



Kuva 10. Kolonnikoe Nordkalk Filtra P2 -massalla (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (103 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.

Taulukko 9. Kolonnikoe puolipoltetulla dolomiitilla.

Kolonnikoe - Puolipoltettu dolomiitti (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)			
	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	1	15	55
50 %:n fosforireduktion alitus	4,4	93	342
Koko kokeen aikana sitoutunut	4,4	93	342

### 3.2.8 Propipe 1400 FILT

Taulukkoon 10 koottujen tulosten perusteella Propipe 1400 FILT -massa toimi tutkituista massoista kolmanneksi parhaiten maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa. Propipe 1400 FILT -massa toimi paremmin, kun suodatettavan veden COD -kuorma oli pienempi. Synteettisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa massalla ei saavutettu 85 %:n fosforireduktiota vaan lähtevän veden fosforipitoisuus ylitti 2,8 mg/l koko kokeen ajan.

Kuvassa 11 on esitetty fosforireduktion muutos ajan funktiona maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä. Maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa

käytetty massan määrä oli 0,530 kg ja vettä pumpattiin kolonniin huoneenlämpötilassa kahdesti vuorokaudessa 3 tunnin jaksoissa nopeudella 0,33 l/h.

### 3.2.9 Filtralite P

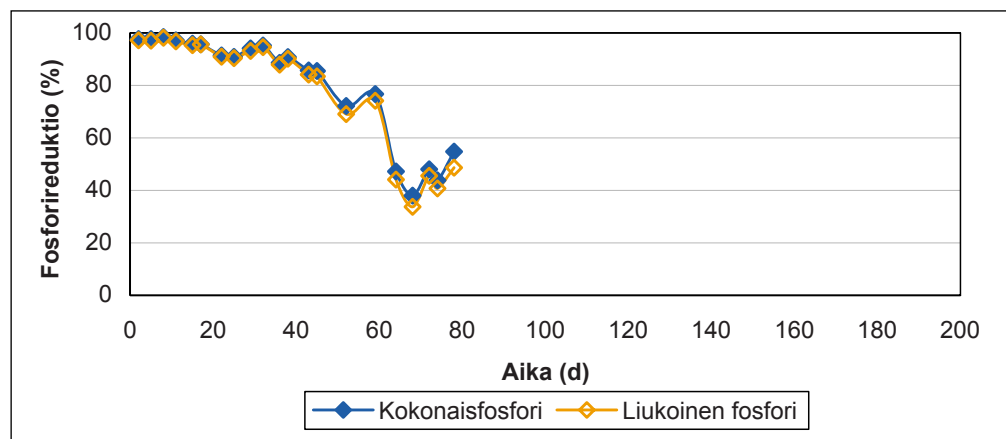
Filtralite P -massaa toimitti tutkimuksiin Maxit Group (Optiroc). Massalla tehtiin kolonnikokeet paitsi synteettisellä jätevedellä ja maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä myös saostuskaivon jätevedellä. Synteettisellä ja maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyissä kolonnikokeissa massan 85 %:n fosforireduktiota vastaavat fosforinsitomiskapasiteetit olivat lähes samat. Sen sijaan saostuskaivon jätevedellä teh-

Taulukko 10. Kolonnikokeet Propipe I400 FILT -massalla.

Kolonnikoe – Propipe I400 FILT (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)			
	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	Ylitti koko kokeen ajan		
50 % :n fosforireduktion alitus	4,8	75	177
Koko kokeen aikana sitoutunut	5,7	97	381

Kolonnikoe – Propipe I400 FILT (maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)			
	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	3,2	44	159
50 %:n fosforireduktion alitus	4,1	63	228
Koko kokeen aikana sitoutunut	4,7	78	282



Kuva 11. Kolonnikoe Propipe FILT I400 -massalla (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (78 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.

dyssä kolonnikokeessa massan 85 %:n fosforireduktiota vastaava fosforinsitomiskapasiteetti oli huomattavasti heikompi. Voidaan olettaa, että runsas orgaanisen aineksen määrä häiritsi massan kykyä sitoa fosforia jätevedestä. Kolonnikoe saostuskaivon jätevedellä tehtiin, koska maasuodattamoissa massaa käytetään varsinaisen suodatinkerroksen materiaalina. Taulukkoon 11 on koottu tulokset Filtralite P -massalla tehdyistä kolonnikokeista.

Kuvissa 12 ja 13 on esitetty fosforireduktion muutos maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä ja saostuskaivon jätevedellä tehtyjen kolonnikokeiden aikana. Maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa käytetty massan määrä oli 0,275 kg ja vettä pumpattiin kolonniin huo-

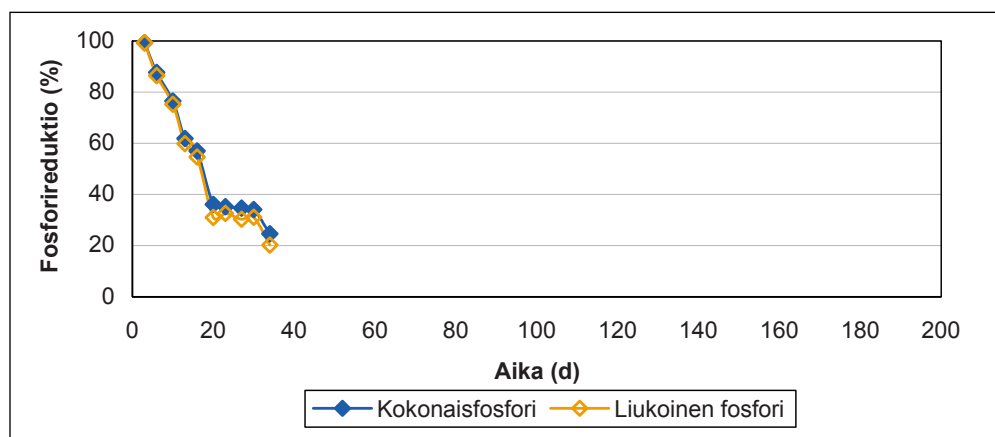
neenlämpötilassa kahdesti vuorokaudessa 3 tunnin jaksoissa nopeudella 0,33 l/h. Sako-kaivon jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa käytetty massan määrä oli 0,550 kg.

### 3.2.10 Rautakipsi

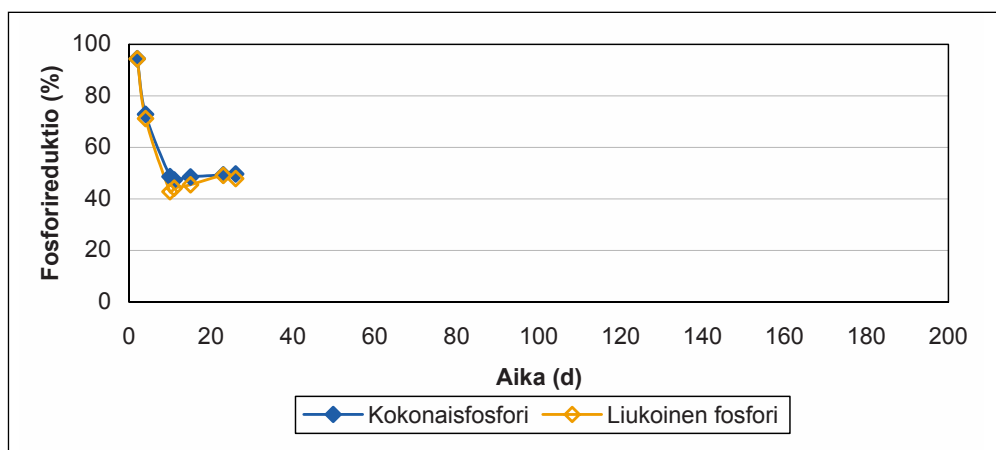
Rautakipsillä tehtiin kolonnikoe synteettisellä jätevedellä. Tulokset on esitetty taulukossa 12. Fosforireduktio vaihteli kokeen aikana paljon eikä massan osalta voitu las-  
kennallisesti määrittää 85 %:n reduktiota vastaavaa fosforinsitomiskapasiteettia. Rautakipsiä käytettiin myös maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyssä kolonnikokeessa. Tällöin sen joukkoon oli sekoitettu hiekkaa ja rautalastua.

Taulukko 11. Kolonnikokeet Filtralite P -massalla.

<b>Kolonnikoe – Filtralite P (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)</b>			
	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	1,3	8	61
50 %:n fosforireduktion alitus	4,8	39	298
Koko kokeen aikana sitoutunut	5,3	46	351
<b>Kolonnikoe – Filtralite P (maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)</b>			
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	1,2	10	72
50 %:n fosforireduktion alitus	2	19	136
Koko kokeen aikana sitoutunut	2,8	36	258
<b>Kolonnikoe – Filtralite P (saostuskaivon jätevesi, P~20 mg/l)</b>			
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	0,2	3	11
50 %:n fosforireduktion alitus	0,4	9	33
Koko kokeen aikana sitoutunut	0,9	26	94



Kuva 12. Kolonnikoe Filtralite P -massalla (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (36 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.



Kuva 13. Kolonnikoe Filtralite P -massalla (saostuskaivon jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (26 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.

Taulukko 12. Kolonnikoe rautakipsillä (synteettinen jätevesi).

**Kolonnikoe – Rautakipsi (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)**

	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	Ei voitu määrittää		
50 %:n fosforireduktion alitus	7,0	129	470
Koko kokeen aikana sitoutunut	7,1	133	485

### 3.2.11 Rautalastuseokset

Rautalastuseoksia toimitti tutkimuksiin Pirkanmaan ympäristökeskus. Tutkimuksissa käytettiin kahta koostumukseltaan erilaista seosta. Rautalastuseoksessa 1 rautakipsin ja rautalastun osuudet seoksesta olivat huomattavasti pienemmät kuin rautalastuseoksessa 2. Tulosten perusteella voidaan todeta, että rautalastuseoksella 2 oli huomattavasti parempi fosforinpoistokapasiteetti kuin

rautalastuseoksella 1. Rautakipsin ja rautalastun määrien lisääminen paransi seoksen fosforinsitomiskykyä, koska ne reagoivat fosforin kanssa hiekkaa tehokkaammin. Tulokset on esitetty taulukoissa 13 ja 14.

Kuvissa 14 ja 15 on esitetty rautalastuseoksilla saavutettujen fosforireduktioiden muutos maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyissä kolonnikokeissa. Rautalastuseoksen 1 määrä kolonnissa oli 0,760 kg ja rautalastuseoksen 2 määrä kolonnissa oli

Taulukko 13. Kolonnikoe rautalastuseoksella 1 (maasuodattamon jälkeinen jätevesi).

**Kolonnikoe – Rautalastuseos 1 (maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)**

	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	0,22	5	14
50 %:n fosforireduktion alitus	0,43	12	34
Koko kokeen aikana sitoutunut	0,8	28	79

Taulukko 14. Kolonnikoe rautalastuseoksella 2 (maasuodattamon jälkeinen jätevesi).

**Kolonnikoe – Rautalastuseos 2 (maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)**

Maasuodattimen jätevesi, P~20 mg/l	Sitoutunut P (g P/kg massaa)	Aika (d)	L/S (l/kg)
Sallitun P-pitoisuuden (2,8 mg/l) ylitys	2,8	44	152
50 %:n fosforireduktion alitus	4,3	77	267
Koko kokeen aikana sitoutunut	4,5	86	298

0,580 kg. Vettä pumpattiin kolonniin huoneenlämpötilassa kahdesti vuorokaudessa 3 tunnin jaksoissa nopeudella 0,33 l/h.

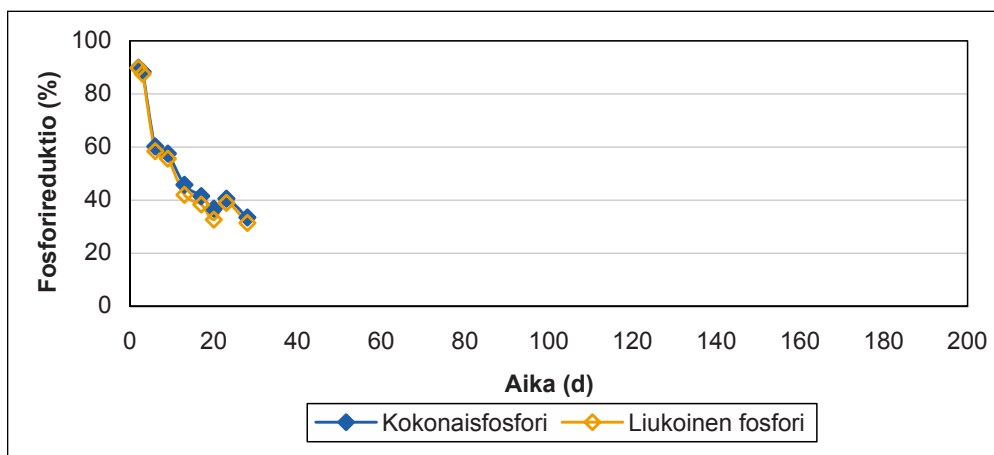
### 3.3 Tulokset koottuina

Erilaisiin veden käsittelyn adsorptioprosesseihin tarkoitettujen adsorbenttien tärkeimpiä ominaisuuksia ovat niiden sisältämien mineraalien ja orgaanisen aineksen kemialliset ominaisuudet. Tämän lisäksi vaikutusta on adsorbenttien rakenteellisilla ominaisuuksilla, kuten hienojakaisuudella sekä huokoskoolla ja -muodolla. Paitsi adsorbenttien ominaisuudet myös ympäristötekijät kuten lämpötila ja pH vaikuttavat adsorptioprosessiin ja siten adsorbenttiin ja adsorbattin eli adsorptoituvan aineen välisen sidoksen luonteeseen. Fosforinpoistoon käytettävissä adsorbenteissa fosforin sitoutuminen rakenteeseen voi tapahtua, joko fyysikaalisen tai kemiallisen adsorption kautta. Adsorbentit voivat myös edesauttaa fosforin saostumista luovuttamalla liuokseen metalleja,

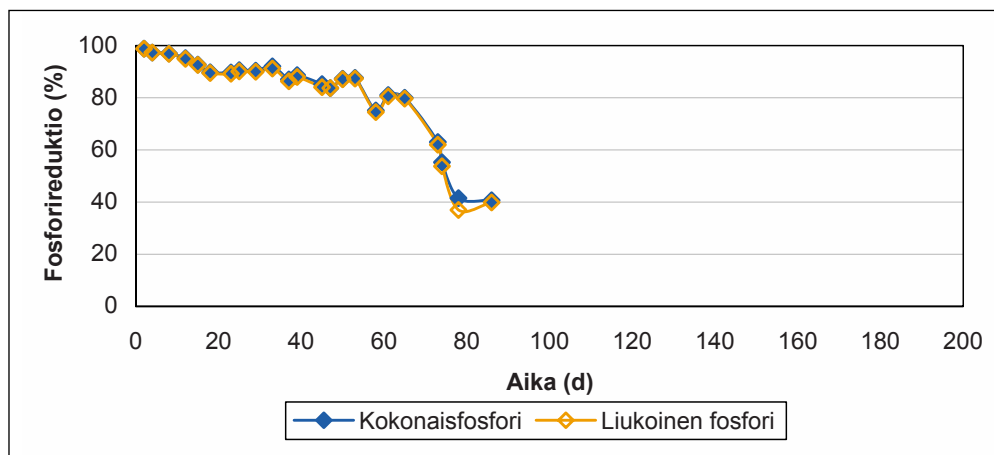
jotka reagoiessaan fosforin kanssa muodostavat niukkaliukoisien fosforisaostuman. (Tchobanoglous ja Schroeder; 1987, Tan, 1982, Del Bubba et al., 2003)

Sekä synteettisellä että maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehtyjen kolonnikokeiden tulokset on esitetty kaikkien massojen osalta taulukoissa 15 ja 16. Massoille laskettiin myös vaihtovälit (taulukko 17) ja tarvittavat määrät (taulukko 18) tiettyjä oleuksia käyttäen. Nämä laskennalliset arvot perustuvat maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyissä kolonnikokeissa saatuihin massojen fosforinsitomiskapasiteetteihin (sitoutunut P g/kg massaa).

Kirjallisuuden mukaan useimpien hiekkojen maksimaalinen fosforin sitomiskapasiteetti vaihtelee välillä 0,035–0,079 mg/g. Kvartsihiekan maksimaalinen fosforin sitomiskapasiteetti oli alhaisin (0,014 mg/g), kun taas kalsiumpitoisilla hiekoilla saavutettiin huomattavasti korkeammat fosforin sitomiskapasiteetit (0,169 ja 0,266 mg/g). (Del Bubban et al., 2003)



Kuva 14. Kolonnikoe rautalastuseoksella 1 (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (28 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.



Kuva 15. Kolonnikoe rautalastuseoksella 2 (maasuodattamon jälkeinen jätevesi). Kuvassa on esitetty kokeen aikana (86 d) tapahtunut fosforireduktion muutos.



Taulukko 15. Tulokset synteettisellä jätevedellä tehdyistä kolonnikokeista.

Kolonnikoe (synteettinen jätevesi, P~20 mg/l)			
Massa	Yritys	Reduktio > 85 % Sitoutunut P (g/kg)	Reduktio > 50 % Sitoutunut P (g/kg)
Biotiitti	Kemira	0,5	Ei voitu määrittää
Käsitelty biotiitti	Kemira	-	-
Kemira ferrihydroksidi	Kemira	5,5	7,1
Kemira GFH 24	Kemira	-	-
Nordkalk Filtra P1	Nordkalk	2,1	Reduktio > 50 %
Nordkalk Filtra P2	Nordkalk	2,2	Reduktio > 50 %
Puolipoltettu dolomiitti	Nordkalk	1	4,4
Filtralite P	Maxit	1,3	4,8
Propipe I400 FILT	Propipe	Reduktio < 85 %	5,7
Rautakipsi	Pirkanmaan ympäristökeskus	Ei voitu määrittää	7
Rautalastuseos 1	Pirkanmaan ympäristökeskus	-	-
Rautalastuseos 2	Pirkanmaan ympäristökeskus	-	-

Taulukko 16. Tulokset maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyistä kolonnikokeista.

Kolonnikoe (maasuodattamon jätevesi, P~20 mg/l)			
Massa	Yritys	Reduktio > 85 % Sitoutunut P (g/kg)	Reduktio > 50 % Sitoutunut P (g/kg)
Biotiitti	Kemira	-	-
Käsitelty biotiitti	Kemira	1,1	1,1
Kemira ferrihydroksidi	Kemira	Reduktio < 85 %	Reduktio > 50 %
Kemira GFH 24	Kemira	1,1	2,7
Nordkalk Filtra P1	Nordkalk	11,3	11,7
Nordkalk Filtra P2	Nordkalk	5,6	6,9
Puolipoltettu dolomiitti	Nordkalk	-	-
Filtralite P	Maxit	1,2	2,0
Propipe I400 FILT	Propipe	3,2	4,1
Rautakipsi	Pirkanmaan ympäristökeskus	-	-
Rautalastuseos 1	Pirkanmaan ympäristökeskus	0,22	0,43
Rautalastuseos 2	Pirkanmaan ympäristökeskus	2,8	4,3

Maasuodattamon yhteydessä käytettävän massan vaihtovälin laskennassa käytettiin seuraavia oletuksia. Oletukset 1: neljän hengen talous, fosforikuorma 2,2 g/d/hlö, käytettävä massan määrä 1000 kg. Oletukset 2: neljän hengen talous, fosforikuorma 2,2 g/d/hlö, käytettävä massan määrä 1000 kg, maasuodatinkenttä pystyy vähentämään fosforikuormituksesta 50 %.

Vedenkulutukseksi oletettiin 117 l henkeä kohden. Käytetty arvo 117 l/d/hlö määrittää sallitun lähtevän veden pitoisuuden 2,8 mg/l, joka vastaa 85 %:n fosforireduktiota. Vaihtoväli voitiin laskea käyttäen seuraavaa kaavaa, jossa käytettävä P:n arvo saatiin taulukosta 16.

$$Vaihtoväli(a) = \frac{\sum_1^d P \cdot 1000 \text{ kg}}{2,2 \text{ g/d/hlö} \cdot 4 \text{ hlö} \cdot 365 \text{ d/a}}$$

Taulukko 17. Massoille lasketut vaihtovälit.

<b>Massan vaihtoväli (a)</b>			
Massa	Yritys	Oletukset 1	Oletukset 2
Biotiitti	Kemira	-	-
Käsitelty biotiitti	Kemira	0,34	0,68
Kemira Ferrihydroksidi	Kemira	-	-
Kemira GFH 24	Kemira	0,34	0,68
Nordkalk Filtra P1	Nordkalk	3,53	7,06
Nordkalk Filtra P2	Nordkalk	1,74	3,48
Puolipoltettu dolomiitti	Nordkalk	-	-
Filtralite P	Maxit	0,37	0,75
Propipe I400 FILT	Propipe	1	2
Rautakipsi	Pirkanmaan ympäristökeskus	-	-
Rautalastuseos 1	Pirkanmaan ympäristökeskus	0,07	0,14
Rautalastuseos 2	Pirkanmaan ympäristökeskus	0,87	1,74

Massan määrän laskennassa käytettiin seuraavia oletuksia. Oletukset 1: neljän hengen talous, veden kulutus 117 l/hlö, fosforikuorma 2,2 g/d/hlö, massan vaihtoväli kolme vuotta. Oletukset 2: neljän hengen talous, veden kulutus 117 l/hlö, fosforikuorma 2,2 g/d/hlö, massan vaihtoväli kolme vuotta, maasuodatinkenttä pystyy vähen-

tämään fosforikuormituksesta 50 %. Tarvitava massan määrä laskettiin käyttäen seuraavaa kaavaa, jossa käytettävä P:n arvo saatiin taulukosta 16.

$$m(\text{kg}) = \frac{3a \cdot 2,2 \text{ g/d/hlö} \cdot 4 \text{ hlö} \cdot 365 \text{ d/a}}{\sum_1^d P}$$

Taulukko 18. Massoille lasketut käyttömäärät.

<b>Massan määrä (kg)</b>			
Massa	Yritys	Oletukset 1	Oletukset 2
Biotiitti	Kemira	-	-
Käsitelty biotiitti	Kemira	8760	4380
Kemira Ferrihydroksidi	Kemira	-	-
Kemira GFH 24	Kemira	8030	4015
Nordkalk Filtra P1	Nordkalk	850	425
Nordkalk Filtra P2	Nordkalk	1721	680,5
Puolipoltettu dolomiitti	Nordkalk	-	-
Filtralite P	Maxit	8030	4015
Propipe I400 FILT	Propipe	3011	1505,5
Rautakipsi	Pirkanmaan ympäristökeskus	-	-
Rautalastuseos 1	Pirkanmaan ympäristökeskus	48180	24090
Rautalastuseos 2	Pirkanmaan ympäristökeskus	3441	1720,5

### 3.4 Käytöstä poistetut suodatinmassat

#### 3.4.1 Massojen koostumukset

Massat 1 ja 2 olivat käytöstä poistettuja fosforinpoistomassoja täyden mittakaavan puhdistamoista. Näytteet otettiin maasuodattamon jälkeisestä fosforinpoiston tehostamiseen tarkoitettusta jälkisuodatinkaivosta (Propipe Oy). Massa 3 on laboratorio-olosuhteissa kyllästettyä Nordkalk Filtra P1 -massaa. Näyte massasta lähetettiin analysoitavaksi maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyn kolonnikokeen jälkeen. Massa 3(0) on puolestaan käyttämätöntä Nordkalk Filtra P1 -massaa. Taulukossa 19 on esitetty käytettyjen fosforinpoistomassojen ravinne- ja raskasmetallipitoisuudet. Taulukoissa 20–22 on esitetty erilaisia raja-arvoja raskasmetallipitoisuuksille.

Kun verrataan käyttämättömän Nordkalk Filtra P1 -massan raskasmetallipitoisuuksia

käytöstä poistetun Nordkalk Filtra P1 -massan raskasmetallipitoisuuksiin (Nordkalk Oyj Abp, 2005a), voidaan todeta, että kaikkia raskasmetalleja on kertynyt maasaan. Kokeessa, joka tehtiin maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä ja joka kesti 202 vuorokautta, kertymät eivät kuitenkaan ylittäneet raskasmetalleille asetettuja raja-arvoja. Kaksi muuta massaa oli otettu maasuodattamon jälkeisestä fosforin jälkisuodatusta kaivosta. Ainoastaan massan 2 kromipitoisuus ylitti niukasti valtioneuvoston päätöksessä puhdistamolietteiden käytöstä maanviljelyksessä (Vnp 282/1994) annetun kromin raja-arvon. Muutoin massojen raskasmetallipitoisuudet alittivat päätöksessä asetetut raja-arvot sekä MMMp 46/1994:ssä asetetut maanparannusaineiden ja kompostointivalmisteiden raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot. Käytettyjen fosforinpoistomassojen kokonaisraskasmetallipitoisuuksien perusteella massoja voidaan levittää pellolle maanparannusaineeksi ja lannoitteeksi.

Taulukko 19. Käytettyjen suodatinmassojen ravinne- ja raskasmetallipitoisuudet.

Aine	Yksikkö	Massa 1	Massa 2	Massa 3	Massa 3 (0)
Hg	mg/kg ka	0,04	<0,07	0,08	<0,02
Cd	mg/kg ka	0,68	0,13	0,31	0,09
As	mg/kg ka	-	1,6	<1,0	-
Cr	mg/kg ka	150	310	250	144
Cu	mg/kg ka	70,9	<5	32	8
Ni	mg/kg ka	39,3	16	29	15
Pb	mg/kg ka	75,6	48	21	11
Zn	mg/kg ka	170	110	210	42
P	mg/kg ka	2740	470	4100	
N	mg/kg ka	0,09	<1,3	<1,6	

Taulukko 20. Maanviljelyksessä käytettävän lietteen tai lieteseoksen suurimmat sallitut raja-arvot (mg/kg TS).

Hg	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
2	3	300	100	150	600	1500

Taulukko 22. Maanparannusaineiden ja kompostointivalmisteiden sisältämien raskasmetallipitoisuuksien raja-arvot (mg/kg TS).

Hg	Cd	As	Ni	Pb	Cu	Zn
2	3	50	100	150	600	1500

Taulukko 23. Pellon maaperän raja-arvot raskasmetallien osalta (mg/kg TS).

Hg	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
0.2	0.5	200	60	60	100	150

## 4 Johtopäätökset

### fosforinpoistomassoilla tehdyistä kokeista

Fosforinpoistomassojen voidaan olettaa poistavan fosforia jätevedestä kemiallisen ja fysikaalisen adsorption sekä fosforin saostumisen kautta. Tarkka fosforinpoistomekanismi on vielä epäselvä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena ei ollut paneutua sitoutumismekanismien selvittämiseen vaan tutkia eri massojen kykyä sitoa fosforia ja näihin tuloksiin nojautuen tehdä oletuksiin pohjautuvia laskelmia tarvittavasta massojen määrästä ja vaihtovälistä käytännön sovelluskohteissa. Laskelmat perustuvat maasuodattamon jälkeisellä jätevedellä tehdyissä kolonnikokeissa saatuihin massojen fosforinsitomiskapasiteetteihin. Pitkäkestoiset kolonnikokeet antavat tietoa massojen pitempiäaikaisesta kyvystä poistaa fosforia jätevedestä. Ravistelukokeista saadut tulokset tukivat pitkäkestoisista kolonnikokeista saatuja tuloksia. Samat massat toimivat hyvin sekä ravistelukokeissa että kolonnikokeissa.

Ulkomaisiin tutkimuksiin verrattuna useilla tässä tutkimuksessa testatuilla massoilla päästiin vähintään yhtä hyviin tuloksiin fosforinpoiston osalta. Tällaisia mas-

soja olivat Nordkalk Oyj Abp:n toimittamat Nordkalk Filtra P -massat, Propipe Oy:n 1400 Filt -massa ja Pirkanmaan ympäristökeskuksen rautalastuseos 2. On myös tarpeen korostaa, että tässä tutkimuksessa massojen fosforinpoistokykyä tutkittiin aidoilla jätevesillä. Monissa aiemmissa tutkimuksissa on käytetty eri vahvuisia fosforiliuoksia. Kaikki tutkimuksessa käytetyt massat tarjoavat tavallisiin suodatinhiekkoihin verrattuna paremman fosforinpoistokapasiteetin. Yleisesti voidaan todeta, että kiinteistökohtaisen jätevesien käsittelyn yhteydessä erilaiset fosforinpoistomassat tarjoavat keinoon tehostaa fosforinpoistoa.

Joitakin massoja on jo nyt olemassa valmiina tuotteina. Monien massojen osalta tarvitaan vielä tuotekehitystä ja tuotteistamista erilaisiin käyttökohteisiin soveltuviksi konsepteiksi. Tässä tutkimuksessa selvitettiin myös käytöstä poistettujen massojen raskasmetalli- ja ravinnepitoisuuksia. Näistä saatujen tulosten perusteella raskasmetallipitoisuudet eivät rajoita massojen hyödyntämistä ja loppusijoittamista.

## Liitteen 7 lähteet:

- Del Bubba, M., Arias, C.A., Brix, H., 2003. Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds as measured by the Langmuir isotherm. *Water Research* 37, 3390–3400.
- Tan, K.H., 1982. Principles of soil chemistry. Marsell Dekker, New York. Pp.148–178
- Tchobanoglous, G., Schroeder, E.D., 1987. Water Quality (Characteristics-Modeling-Modification)
- Kemira GrowHow, 2005a. Maasuodinbiotiitti.  
Saataavissa: [http://www.kemira-growhow.com/NR/rdonlyres/6997A801-3588-43B3-B5C6-6C320F9D9711/0/TUOTEKORTTI\\_asiakas.doc](http://www.kemira-growhow.com/NR/rdonlyres/6997A801-3588-43B3-B5C6-6C320F9D9711/0/TUOTEKORTTI_asiakas.doc)
- Kemira GrowHow, 2005b. (Sähköpostiviesti 10.3.2005, Arttu Aromaa) Tuotetietoa.
- Maxit Group, 2005a (Viitattu 8.3.2005). Filtraliten tuotanto. Saataavissa: [http://www.filtralite.com/./index.asp?title=Tuotanto&aid=22028&path\\_by\\_id=/22001/22016/22028/&siteid=22&SITE\\_LANGUAGE=FI](http://www.filtralite.com/./index.asp?title=Tuotanto&aid=22028&path_by_id=/22001/22016/22028/&siteid=22&SITE_LANGUAGE=FI)
- Maxit Group, 2005b (Viitattu 8.3.2005) Filtraliten kuljetus ja toimitus.  
Saataavissa: [http://www.filtralite.com/./index.asp?title=Kuljetus+ja+toimitus&aid=22020&path\\_by\\_id=/22001/22020/&siteid=22&SITE\\_LANGUAGE=FI&tid=22020](http://www.filtralite.com/./index.asp?title=Kuljetus+ja+toimitus&aid=22020&path_by_id=/22001/22020/&siteid=22&SITE_LANGUAGE=FI&tid=22020)
- Maxit Group, 2005c. (Viitattu 8.3.2005) Product Specification of Filtralite.  
Saataavissa: [http://www.filtralite.com/arch/\\_img/176569.pdf](http://www.filtralite.com/arch/_img/176569.pdf)
- Nordkalk Oyj Abp, 2004. (Sähköpostiviesti 3.12.2004, Satu Antola) Filtra P1–P4 ja dolomiitin ominaisuudet.
- Nordkalk Oyj Abp, 2005a. (Sähköpostiviesti 10.1.2005, Satu Antola) Filtra P1–P4 ja dolomiitin raskasmetallipitoisuudet.
- Nordkalk Oyj Abp, 2005b. (Sähköpostiviesti 4.2.2005, Pasi Mikkola) Tietoja Filtra P massasta.
- Nordkalk Oyj Abp, 2005c. (Viitattu 23.3.2005) Dolomiitti. Saataavissa: [http://www.nordkalk.com/servlet/CollectionServlet?view=0&page\\_id=441](http://www.nordkalk.com/servlet/CollectionServlet?view=0&page_id=441)
- Pirkanmaan ympäristökeskus, 2005. (Sähköpostiviesti 1.3.2005, Jukka Lahti) Tietoja toimitetuista näytteistä.

# Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)	Julkaisu-aika	Kesäkuu 2005
Tekijä(t)	Riikka Vilpas, Katriina Kujala-Räty, Timo Laaksonen ja Erkki Santala		
Julkaisun nimi	Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo Osa 1: Asumisjätevesien käsittely		
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo Osa 2: Maito- ja eläinjalostusjätevesien käsittely Julkaisut saatavana myös internetistä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>		
Tiivistelmä	<p>Ravinnesampo-hanke pyrki olemaan mahdollisimman kattava tutkimus Suomessa vuonna 2003 markkinoilla olleista kiinteistökohtaisista jätevesien käsittelyjärjestelmistä. Hankkeen päätavoitteena oli kehittää kiinteistökohtaisten puhdistamoiden ravinteiden poistoa ja edistää tässä suhteessa hyvin toimivien puhdistamoiden tuotekehitystä. Lisäksi selvitettiin minkälaisilla puhdistusmenetelmillä voidaan täyttää uuden hajajätevesiasetuksen (542/2003) vaatimukset. Hanke jakaantui kolmeen osa-alueeseen: 1) Asumisjätevesien käsittely, 2) Maito- ja eläinjalostusjätevesien yhteiskäsittely ja 3) Kokeet fosforia sitovilla adsorptiomassoilla. Tämä julkaisu käsittelee osakokonaisuutta 1 eli asumisjätevesien käsittelyä.</p> <p>Hankkeen asumisjätevesien käsittelyä tutkiva osio toteutettiin valitsemalla seurantaan 46 kiinteistökohtaista puhdistamo, joista otettiin säännöllisesti näytteitä vuoden mittaisen seurantajakson aikana. Näytteistä analysoitiin mm. kokonaisfosfori ja -typpi, biologinen hapenkulutus, kiintoaine ja fekaaliset enterokokit. Tutkittavat puhdistusmenetelmät jaettiin viiteen ryhmään: 1) Maasuodattamot, 2) Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattamot, 3) Panospuhdistamot, 4) Biosuotimet ja 5) Muut menetelmät.</p> <p>Tulosten perusteella lähes kaikilla tutkituilla puhdistamoilla oli periaatteessa mahdollista puhdistaa kiinteistön jätevedet riittävän tehokkaasti asetuksen vaatimuksiin nähden. Useimmat puhdistamot poistivat typpeä ja orgaanista ainetta asetuksessa vaaditulla tavalla. Fosforin suhteenkin yli puolet puhdistamoista toimi hyvin, mutta osalla oli ongelmia. Käytännön olosuhteissa puhdistamon hyvä toimivuus edellyttää kuitenkin, että puhdistamo käytetään ja huolletaan oikein. Sopivan puhdistusmenetelmän valinnan tulisi perustua aina kohteen tarpeisiin ja olosuhteisiin. Valinnassa tulisi kiinnittää huomiota myös siihen, minkä tyyppinen puhdistamo parhaiten soveltuu kiinteistön omistajalle eli mitä huoltotoimenpiteitä on valmis tekemään ja kuinka usein.</p>		
Asiasanat	haja-asutus, kiinteistöt, jätevesien käsittely, pienpuhdistamo, maasuodatus, fosforin jälkisuodatus, panospuhdistamo, biosuodin		
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 762		
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu		
Projektihankkeen nimi ja projektinumero	Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen - Ravinnesampo XC03402		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Teknologian kehittämiskeskus (Tekes), Maa- ja metsätalousministeriö (MMM), Suomen ympäristökeskus (SYKE), Länsi-Suomen ympäristökeskus (LSU), Tampereen teknillinen yliopisto (TTY) sekä tutkimukseen osallistuneet alan yritykset (16 kpl).		
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot			
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-1977-2 952-11-1978-0 (pdf)	
	Sivuja 111	Kieli Suomi	
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 20 €	
Julkaisun myynti/jakaja	Edita Oyj, PL 800, 00043 Edita Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, telefax 020 450 2380 Sähköposti: <a href="mailto:asiakaspalvelu@edita.fi">asiakaspalvelu@edita.fi</a> , Internet: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>		
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki		
Painopaikka ja -aika	Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 2005		

# Presentationsblad

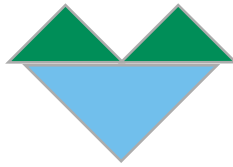
<b>Utgivare</b>	Finlands miljöcentral (SYKE)		<b>Datum</b> Juni 2005
<b>Författare</b>	Riikka Vilpas, Katriina Kujala-Räty, Timo Laaksonen och Erkki Santala		
<b>Publikationens titel</b>	Minskande av miljöbelastning orsakad av glesbebyggelsens näringsämnen – Ravinnesampo Del 1: Behandling av hushållsavloppsvatten		
<b>Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt</b>	Minskande av miljöbelastning orsakad av glesbebyggelsens näringsämnen – Ravinnesampo Del 2: Behandling av avloppsvatten från mjölkrum Publikationen finns tillgänglig på internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>		
<b>Sammandrag</b>	<p>Projektet "Minskande av miljöbelastning orsakad av glesbebyggelsens näringsämnen –Ravinnesampo" hade som mål att vara ett omfattande forskningsprojekt om enskilda avloppsrenings-system som fanns på marknaden år 2003 i Finland. Huvudändamålet var att förbättra anläggningarnas förmåga att minska halten av näringsämnen i avloppsvatten samt främja produktutveckling bland lämpliga anläggningstyper. Ytterligare redogjordes för vilka reningsmetoder har möjlighet att fylla de krav, som den nya hushållsvattenförordningen (542/2003) förutsätter. Projektet omfattade delområden: 1) Behandling av vanlig hushållsavloppsvatten, 2) Behandling av avloppsvatten från mjölkrum och 3) Laboratorieförsök med fosforadsorberande material. I denna rapport redovisas resultat från det första delområdet.</p> <p>Totalt 46 små reningsanläggningar valdes för utvärdering. De flesta var nya anläggningar, antingen fabriksstillverkade eller sådana, som var delvis byggda på platsen. Några äldre anläggningar var också med i utvärderingen. Anläggningarna kan grupperas i fem huvudtyper: 1) Vanliga markbäddar, 2) Markbäddar med separat fosforfilter, 3) Reningsverk med satsvis aktivslam-process (SBR) och kemisk fällning, 4) Biobäddar och 5) Övriga metoder. Projektets personal tog vattenprov från utgående, delvis också från ingående, avloppsvatten under ett års uppföljningsperiod. Proven togs för analys av t. ex. biologisk syreförbrukning, total fosfor, total kväve och fekala enterokocker.</p> <p>Nästan alla anläggningar, som var med i projektet, hade potential att klara de krav som ställts av den finska förordningen. De flesta minskade organisk substans och kväve tillräckligt. Med hänsyn till fosfor fungerade merparten av anläggningar bra men många hade problem. För att nå en bra funktion i praktiken, måste man även sköta väl alla nödvändiga driftrutiner. Det är viktigt att man alltid tar i beaktande möjligheterna för drift och tillsyn när man väljer anläggningstyp.</p>		
<b>Nyckelord</b>	glesbygd, avloppsvattenbehandling, fastigheter, reningsanläggning, minireningsverk, markbädd, efterfällning av fosfor, satsreningsverk, droppfilter		
<b>Publikationsserie och nummer</b>	Miljön i Finland 762		
<b>Publikationens tema</b>	Miljövård		
<b>Projektets namn och nummer</b>	Minskande av miljöbelastning orsakad av glesbebyggelsens näringsämnen – Ravinnesampo, XCO3402		
<b>Finansiär/ uppdragsgivare</b>	Teknologiska utvecklingscentralen (Tekes), Jord- och skogsbrukministeriet (MMM), Finlands miljöcentral (SYKE), Västra Finlands miljöcentral, Tammerfors Tekniska Universitet och företagen som deltog i projektet (16 st).		
<b>Organisationer i projektgruppen</b>			
	<b>ISSN</b> 1238-7312	<b>ISBN</b> 952-11-1977-2 952-11-1978-0 (pdf)	
	<b>Sidantal</b> 111	<b>Språk</b> finsk	
	<b>Offentlighet</b> Offentlig	<b>Pris</b> 20 €	
<b>Beställningar/ distribution</b>	Edita Publishing Oy, PB 800, 00043 Edita, Finland Postförsäljningen: Tel. +358 020 450 05, telefax +358 020 450 2380, Email: <a href="mailto:asiakaspalvelu@edita.fi">asiakaspalvelu@edita.fi</a> , Internet: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>		
<b>Förläggare</b>	Finlands miljöcentral, PB 140, FIN-00251 Helsingfors, Finland		
<b>Tryckeri/ tryckningsort och -år</b>	Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 2005		



# Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute (SYKE)		Date	June 2005
Author(s)	Riikka Vilpas, Katriina Kujala-Räty, Timo Laaksonen and Erkki Santala			
Title of publication	Enhancing nutrient removal efficiency of onsite wastewater treatment systems – Ravinnesampo Part 1: Treatment of domestic wastewater			
Other project publications	Enhancing nutrient removal efficiency of onsite wastewater treatment systems – Ravinnesampo Part 2: Wastewater treatment on dairy farms The publications are available in the internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Abstract	<p>Ravinnesampo-project (Enhancing nutrient removal efficiency of onsite wastewater treatment systems) was an extensive research of the onsite wastewater treatment systems in the market in Finland 2003. The main goal of the research was to enhance the nutrient removal efficiency of onsite wastewater treatment systems and to encourage further product development especially of systems which were already known to perform well. In addition, the project aimed to find out which systems conform the requirements given in the new Government Decree on Treating Domestic Wastewater in Areas Outside Sewer Networks (542/2003). The project was divided into three research components: 1) Treatment of domestic wastewater, 2) Treatment of dairy farm wastewater together with domestic wastewater and 3) Laboratory experiments with the phosphorus adsorbing materials. This publication describes the results of part 1, Treatment of domestic wastewater. Altogether 46 onsite treatment systems, installed to treat domestic wastewater from single family homes, were chosen for performance monitoring. Composite samples were taken regularly during one year. The samples were analyzed and the concentrations of tot-P, tot-N, BOD<sub>7</sub>, TSS and fecal enterococci were determined. The investigated systems were both package plants and onsite constructed systems. They could be divided into five groups which were: 1) Conventional sand filters, 2) Sand filters with special P-adsorption media, 3) Sequencing batch reactors with simultaneous phosphorus precipitation, 4) Biological filters (fixed-film systems) and 5) Other treatment systems.</p> <p>Almost all the investigated systems have the potential to reach the discharge limits given in the Finnish Decree. Most of the systems removed organic matter and nitrogen to the required level, but only half of the systems reached also the phosphorus removal requirements. The report includes several tables and graphs comparing the performance of different systems. Proper operation and maintenance is essential in order to reach good performance, especially when more sophisticated equipment is used. Therefore, the choice of treatment system must be made individually with the properties of the site as well as the management capacity and willingness of the homeowner taken into account.</p>			
Keywords	rural settlement, onsite, wastewater treatment, small treatment plant, sand filter, post precipitation of phosphorus, sequencing batch reactor, biofilter			
Publication series and number	The Finnish Environment 762			
Theme of publication	Environment Protection			
Project name and number, if any	Enhancing nutrient removal efficiency of on-site wastewater treatment systems, XC03402			
Financier/ commissioner	National Technology Agency of Finland (Tekes), Ministry of Agriculture and Forestry (MMM), Finnish Environment Institute (SYKE), West Finland Regional Environment Centre, Tampere University of Technology and the companies participated in the research (16 kpl).			
Project organization	ISSN 1238-7312		ISBN 952-11-1977-2 952-11-1978-0 (pdf)	
	No. of pages 111		Language Finnish	
	Restrictions Public		Price 20 €	
For sale at/ distributor	Edita Publishing Ltd, P.O.Box 800 FIN-00043 Edita, Finland Mail orders: Phone +358 020 450 05, telefax +358 020 450 2380 Email: <a href="mailto:asiakaspalvelu@edita.fi">asiakaspalvelu@edita.fi</a> , Internet: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>			
Financier of publication	Finnish Environment Institute, P.O.Box 140, FIN - 00251 Helsinki, Finland			
Printing place and year	Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 2005			





## YMPÄRISTÖN- SUOJELU

### Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo Osa 1: Asumisjätevesien käsittely

Ravinnesampo-hanke pyrki olemaan mahdollisimman kattava tutkimus Suomessa vuonna 2003 markkinoilla olleista kiinteistökohtaisista jätevesien käsittelyjärjestelmistä. Hankkeen päätavoitteena oli kehittää kiinteistökohtaisten puhdistamoiden ravinteiden poistoa ja selvittää mahdollisimman monen eri tyyppisen puhdistamon kykyä vähentää talousjätevesien aiheuttamaa ravinnekuormitusta.

Hankkeen edetessä yhdeksi keskeisistä tavoitteista nousi myös selvittää, minkälaisilla puhdistusmenetelmillä voidaan täyttää vuoden 2004 alussa voimaan tulleen hajajätevesiasetuksen vaatimukset. Tämä julkaisu sisältää tulokset asumisjätevesiä käsittelevien puhdistamoiden osalta. Tulosten perusteella lähes kaikilla tutkituilla puhdistamoilla on mahdollista puhdistaa kiinteistön jätevedet riittävän tehokkaasti asetuksen vaatimuksiin nähden. Toisaalta fosforin poistossa on vielä parantamisen varaa joidenkin puhdistamoiden kohdalla. Usein pelkästään oikealla käytöllä ja huollolla voidaan tuloksia parantaa huomattavasti



Julkaisu on saatavissa myös Internetissä:  
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut>

ISBN 952-11-1977-2 (nid.)  
ISBN 952-11-1978-0 (PDF)  
ISSN 1238-7312

Myynti:  
Edita Publishing Oy  
PL 800, 00043 EDITA, vaihde 020 450 000  
puhelin 020 450 05, faksi 020 450 2380  
Edita-kirjakauppa Helsingissä:  
Annankatu 44, puhelin 020 450 2566

