
Haja-asutuksen harmaiden jätevesien ominaisuuksien tutkiminen

Mikko Litmanen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Litmanen	
Työn nimi Haja-asutuksen harmaiden jätevesien ominaisuuksien tutkiminen	
Päiväys 30.5.2011	Sivumäärä/Liitteet 42/5
Ohjaaja(t) Pasi Pajula, Yliopettaja (Vesi- ja ympäristötekniikka)	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikkö	
Tiivistelmä Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia harmaiden jätevesien ominaisuuksia ja niiden ennustettavuutta kiinteistöjen päästölähteistä. Ominaisuudet rajattiin kokonaistyyppiin, kokonaisfosforiin ja orgaaniseen aineeseen, koska näille parametreille haja-asutuksen jätevesiasetus asettaa puhdistusvaatimukset. Puhdistusvaatimuksista huolimatta harmaita jätevesiä ei ole Suomessa juurikaan tutkittu, mikä asetti tarpeen tälle tutkimukselle. Aluksi selvitettiin lähdekirjallisuudesta tietoa harmaiden jätevesien ominaisuuksista ja puhdistusvaihtoehtoista. Työssä myös otettiin ja analysoitiin näytteitä harmaista jätevesistä. Näytteet otettiin kiinteistöistä, jotka sijaitsivat Kuopion haja-asutusalueilla. Lähdekirjallisuudessa esiintyi melko suuria vaihteluita harmaiden jätevesien pitoisuuksille, mutta ne olivat suuruusluokaltaan melko lähellä jätevesiasetuksen laskettuja pitoisuuksia. Fosforipitoisuuksista on huomautettu, että käytetyllä pesuaineella on suuri vaikutus siihen. Kaikkien nykyisten harmaille jätevesille soveltuvien puhdistusvaihtoehtojen todettiin täyttävän jätevesiasetuksen vaatimukset. Näytteenottotuloksista puolestaan havaittiin fosforipitoisuuksien olevan noin kaksi kertaa suurempi kuin asetuksen laskettu pitoisuus. Tyyppi oli puolestaan hieman yli ja orgaaninen aines hieman alle asetukseen verrattuna. Harmaiden jätevesien ennustettavuus päästölähteiden perusteella jäi osittain epäselväksi. Tulokset viittaavat keskimääräisen fosforipitoisuuden olevan haja-asutusalueilla todellisuudessa korkeampi kuin jätevesiasetuksen kuormituksesta laskettu pitoisuus. Fosforipitoisuuteen sekä puhdistamon huollon vaikutus harmaiden jätevesien pitoisuuteen olisi syytä paneutua laajemmassa tutkimuksessa, koska tämän tutkimuksen näytteenottomäärät jäivät vähäisiksi.	
Avainsanat: harmaat vedet, harmaat jätevedet, jätevesiasetus, haja-asutus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Mikko Litmanen			
Title of Thesis Research on Characteristics of Grey Wastewater in Rural Areas			
Date	May 30, 2011	Pages/Appendices	42/5
Supervisor(s) Mr. Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Project/Partners Savonia University of Applied Sciences Environmental Engineering, Teaching and Research			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final project was to research the characteristics of grey wastewater and its predictability from households' wastewater sources. The characteristics were limited to total nitrogen, total phosphorus and organic matter, because these were the parameters which legislation requires to be purified in rural areas in Finland. Despite the requirements, only few studies have been made on grey wastewaters in Finland, which set the need for this research.</p> <p>First literature was studied to get information about the characteristics of grey wastewaters and purification options. Then samples were taken and analysed from grey wastewater. Samples were taken from households, which are located in rural areas around Kuopio.</p> <p>The literature study gave quite a large range for concentration variety in grey wastewater. Magnitudes, however, were found to be close to those calculated in wastewater legislation. It was pointed out that the used washing detergent has a big impact on phosphorus concentration. All currently available purification methods for grey wastewater met the requirements of the legislation. It was noticed from the sampling results that phosphorus concentrations were around twice as much as calculated in the legislation. Nitrogen content was a little higher and organic matter content little lower compared with the legislation. Predictability from household sources remained partly unclear.</p> <p>It can be concluded from the results that average phosphorus concentrations are in reality higher compared to the calculated concentration in wastewater legislation. Phosphorus concentrations and the effect of the system maintenance on grey wastewater concentrations should be researched in indepth studies.</p>			
<p>Keywords</p> <p>grey water, grey wastewater, wastewater legislation, rural area</p>			

ALKUSANAT

Haluan kiittää kaikkia henkilöitä, jotka ovat auttaneet tai motivoineet minua saamaan tämän opinnäytetyön valmiiksi.

Työn tilaajaa Ville Matikkaa kiitän mielenkiintoisesta aiheesta, joka on syventänyt tietämystäni haja-asutuksen jätevesien tilanteesta Suomessa. Sekä Villeä että työnhajaajaa Pasi Pajulaa haluan kiittää hyvistä neuvoista ja ideoista, jotka ovat auttaneet työssä.

Savonia-ammattikorkeakoulun opetus- ja tutkimusyksikköä haluan kiittää näytteenotto- ja analyysilaitteistojen tarjoamisesta. Lisäksi haluan kiittää yksikön työntekijöitä Minna Pyykköä, Meri Penttistä ja Matti Pessiä opastuksesta laboratoriossa. Minulle erityiset kiitokset muutamien analyysien suorittamisesta työssäni.

Kiitos kaikille kiinteistöjen omistajille, jotka lähditte mukaan tutkimukseen. Ilman teitä ei olisi näytteenotto onnistunut.

Lopuksi haluan kiittää äitiäni Liisaa, sekä tyttöystävääni Juttaa herkullisesta ruoasta ja muusta motivoinnista. Teillä oli tärkeä asema työn loppuun saattamisessa.

Mikko Litmanen 30.5.2011

SISÄLLYS

ALKUSANAT	5
SISÄLLYS.....	6
1 JOHDANTO	8
2 JÄTEVESIASETUS	10
3 HARMAAT JÄTEVEDET	13
3.1 Määrät.....	13
3.2 Koostumus	14
3.2.1 Jätevesiasetus.....	14
3.2.2 Aikaisempia tutkimuksia	15
4 HARMAAN JÄTEVEDEN PUHDISTAMOTYYPIT	17
4.1 Puhdistamot ja niiden toiminta harmaille jätevesille	17
4.1.1 Maasuodatus.....	17
4.1.2 Maahanimeytys	18
4.1.3 Pienpuhdistamot.....	18
4.1.4 Saostuskaivot.....	19
4.2 Puhdistamoiden tehokkuus mitattavien parametrien osalta	19
4.2.1 Esikäsittely saostuskaivoissa.....	19
4.2.2 Varsinainen käsittely.....	20
5 NÄYTTEENOTTO JA ANALYSOINNIT	21
5.1 Kohdekuvaukset.....	21
5.2 Näytteenotto	23
5.3 Analyysit.....	24
5.4 Kuormituskysely	25
6 TULOKSET	26
6.1 Pitoisuudet.....	26
6.2 Lämpötilat.....	28
6.3 Kohteen 1 intensiiviseurannan tulokset.....	29
6.4 Pitoisuudet kuormituksina ilmoitettuna.....	30
6.5 Kuormituskysely	32
7 TULOSTEN TARKASTELU.....	33
7.1 Pitoisuudet.....	33
7.2 Lämpötilat.....	33
7.3 Kuormitukset	34
7.4 Kuormituskysely	34
7.5 Vertailu jätevesiasetukseen	34

7.6 Vertailu muihin tutkimuksiin	35
7.7 Tulosten luotettavuus.....	36
7.8 Muita havaintoja	37
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	38
LÄHTEET.....	40
LIITE 1. Näytteenotin	43
LIITE 2. Fluke 50D K/J Thermometer	44
LIITE 3. Kuormituskysely	45
LIITE 4. Analyysien tulokset.....	46
LIITE 5. Kuormitukset laskettuina pitoisuuksien ja vedenkulutuksen perusteella	47

1 JOHDANTO

Vuoteen 2016 mennessä jokaisella viemäriverkoston ulkopuolisella kiinteistöllä tulisi olla jätevesiasetuksen (209/2011) /1/ puhdistusvaatimukset täyttävä jätevesijärjestelmä. Jätevesijärjestelmällä tarkoitetaan jätevesien haitta-aineiden poistamiseen suunniteltua järjestelmää. Kiinteistöjen päästämät jätevedet voidaan jakaa mustiin ja harmaisiin jätevesiin. Harmailla jätevesillä tarkoitetaan kiinteistöjen päästämiä jätevesiä, jotka eivät sisällä virtsaa tai ulostetta. Mustat jätevedet puolestaan sisältävät harmaiden jätevesien lisäksi virtsaa ja ulostetta. Suomen haja-asutusalueiden synnyttämiä harmaita jätevesiä ei ole koostumuksen osalta juurikaan tutkittu, vaikka jätevesiasetus määrittelee kuinka niitä tulee käsitellä. Tämä asettaakin tarpeen lisätutkimuksille.

Asetuksessa määrätyt puhdistusvaatimukset ovat BOD₇:stä 80 %:n reduktio, kokonaisfosforista 70 %:n reduktio ja kokonaistypestä 30 %:n reduktio. BOD:llä tarkoitetaan biologista hapenkulutusta, joka kuvaa orgaanisen aineen pitoisuutta vedessä. BOD₇ määrittää liuenneen hapen määrän, jonka biologiset organismit tarvitsevat orgaanisen aineen hajoittamiseen 7 päivän aikana. Kokonaistypellä ja -fosforilla tarkoitetaan typen ja fosforin eri yhdisteiden ja muotojen kokonaismäärää vedessä.

Työssä on tarkoituksena tutkia haja-asutuksen harmaiden jätevesien ominaisuuksia, ja pitoisuuksien vaihtelua typen, fosforin ja orgaanisen aineen osalta ennen kuin niitä käsitellään kiinteistökohtaisella harmaiden jätevesien puhdistamolla. Työ sisältää kirjallisuusselvityksen, jossa selvitetään suomalaisia ja ulkomaalaisia aiempia tutkimuksia ja tuloksia harmaista jätevesistä. Tarkoituksena on saada hyvää vertailumateriaalia lähteiden, sekä jätevesiasetuksen kuormituslukujen kesken. Lisäksi työssä tehdään käytännön osuus, jossa puolestaan haetaan ja analysoidaan harmaiden jätevesien näytteitä eri kohteista Kuopion haja-asutusalueella. Näytteet otetaan kiinteistöjen saostuskaivoista tai kaivon tulevasta jäteveden putkesta. Näytteet analysoidaan tämän jälkeen laboratorio-olosuhteissa. Tuloksena on tarkoitus saada näytteistä riittävästi tietoa haja-asutuksen keskimääräisistä pitoisuuksista typen, fosforin sekä orgaanisen aineen osalta, ja vertailla tuloksia jätevesiasetuksen kuormituslukuihin

Työn tilaajana on Savonia-ammattikorkeakoulu. ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikkö ja työ on osa MASU - Haja-asutuksen niukkaresurssiset käsittelykonseptit projektia, jossa selvitetään erityyppisten jätevesijärjestelmien toimivuutta ja ekotehokkuutta. Yhteistyökumppaneita projektissa ovat Itä-Suomen yliopisto, Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL), Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Geologian tutkimuskeskus (GTK).

2 JÄTEVESIASETUS

Ympäristönsuojelulain (86/2000) 11 ja 18 §:n nojalla säädettiin valtioneuvoston asetus (523/2003) talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla Helsingissä 11.6.2003. Asetus tuli voimaan 1.1.2004, ja sitä sovelletaan talousjätevesien käsittelyyn ja johtamiseen sekä jätevesijärjestelmien rakentamiseen ja ylläpitoon, jätevesistä muodostuviin lietteisiin sekä niiden keräilyyn ja käsittelyyn. Vuodesta 2004 lähtien viemäriverkoston ulkopuolelle rakennetuilla kiinteistöillä tulee olla jätevesiasetuksen puhdistusvaatimukset täyttävä jätevesien puhdistusjärjestelmä. Ennen vuotta 2004 rakennettujen kiinteistöjen vaatimukset tulee täyttää vuoteen 2014 mennessä. /2/

Asetus kumottiin uudella valtioneuvoston asetuksella (209/2011) 9.3.2011, ja se tuli voimaan 15.3.2011. Tässä työssä kyseiseen asetukseen viitataan termillä jätevesiasetus. Olennaisimmat muutokset lakiin olivat, että aiempien pääsääntöisesti käytössä olevien puhdistusvaatimusten (orgaanisesta aineesta (BOD₇) 90 %:n reduktio, fosforista 85 %:n reduktio ja typestä 40 %:n reduktio), paikalle tuli aiemmin alempana tasona tunnetut vaatimukset. Nämä puhdistusvaatimukset ovat orgaanisesta aineesta 80 % reduktio, fosforista 70 % reduktio ja typestä 30 % reduktio. Puhdistusvaatimus koskee kaikkia kiinteistön päästämiä talousjätevesiä. Ympäristönsuojelulain 19§:n mukaan voidaan poikkeuksellisesti ylempää puhdistustasoa käyttää. Asetuksen siirtymäaikaa pidennettiin 15.3.2016 asti. Kaikki 68-vuotta täyttäneet kiinteistöjen omistajat vapautettiin asetuksesta. Erillistä vapautusta voi myös hakea kunnilta viideksi vuodeksi kerrallaan. Kunnan ympäristönsuojelumääräyksissä voidaan säätää lievemmat puhdistusvaatimukset kohteille, joita koskevat 19§:n mukaan annetut kunnan ympäristönsuojelumääräykset. /1/

Asetuksessa ei ole varsinaisesti määrätty miten jätevedet puhdistetaan, vaan kuinka puhtaaksi jätevedet on saatava. Puhdistustuloksen arvioimista varten asetuksessa on määrätty keskimääräiset kuormitukset orgaaniselle ainekselle, fosforille ja typelle taulukossa 1. Kuormitukset ilmoitetaan lasketulla teoreettisella kuormituksella, jonka yksi henkilö aiheuttaa käsittelemättömällä talousjätevedellä grammoina vuorokaudessa. Harmaat jätevedet ovat taulukon mukaan kuormitukseltaan selvästi laimeam-

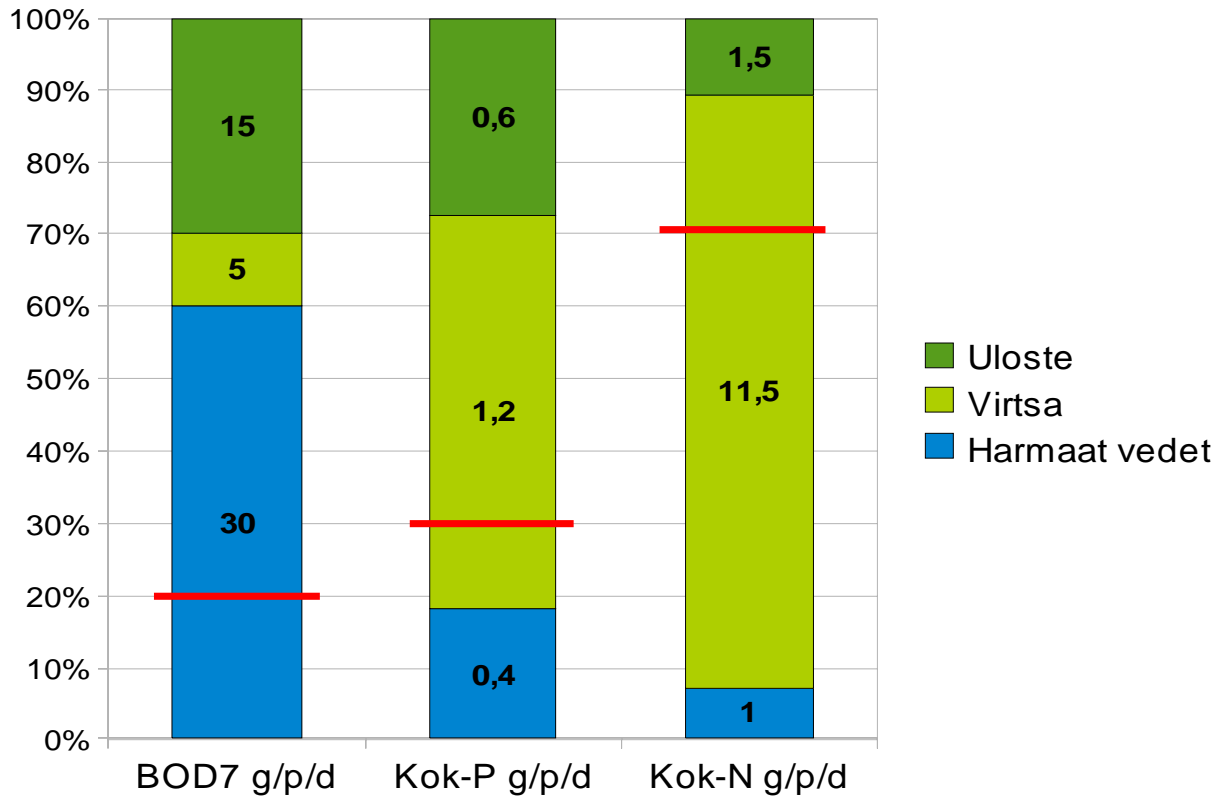
pia kuin jätevedet yleensä. Varsinkin typen ja fosforin osuudet ovat erittäin pienet, koska ulosteperäisiä päästöjä ei ole. Orgaanisen aineen kuormitus 30 grammaa asukasta kohden päivässä saattaa isoina vesimäärinä ilman käsittelyä aiheuttaa muutoksia vesistöihin.

TAULUKKO 1. Jätevesiasetuksen mukaiset keskimääräiset kuormitukset grammoina asukasta kohden päivässä (g/p/d) ja ulosteen, virtsan sekä harmaiden jätevesien osuudet prosentteina /1/

Kuormituslähde	Orgaaninen aines, BOD ₇		Kokonaisfosfori, P(kok)		Kokonaistyyppi, N(kok)	
	g/p/d	%	g/p/d	%	g/p/d	%
Uloste	15	30	0,6	30	1,5	10
Virtsa	5	10	1,2	50	11,5	80
Harmaat jätevedet	30	60	0,4	20	1,0	10
Kokonaiskuormitus	50	100	2,2	100	14	100

Harmaat jätevedet sisältävät kaikista jätevesistä taulukon mukaan 60 % orgaanisesta aineesta, 20 % kokonaisfosforista ja vain 10 % kokonaistypestä. Tämä esitetään havainnollisesti kuviossa 1, jossa punainen viiva kuvaa jätevesiasetuksen puhdistusvaatimusta. Jos harmaat jätevedet erotellaan mustista jätevesistä, jää jätevesiasetuksen mukaan puhdistettavaksi orgaanisesta aineesta vain 40%. Kokonaisfosforista ja -typestä ei käytännössä jää puhdistettavaa. Harmaiden vesien puhdistukseen soveltuukin tämän perusteella huomattavasti yksinkertaisemmat menetelmät, koska puhdistusprosessin tarvitsee ainoastaan vähentää orgaanista ainesta.

Fosfori ja typpi ovat välttämättömiä ravinteita vesistöjen kasveille ja Suomen olosuhteissa ne ovatkin useimmiten rajoittavia tekijöitä vesikasvillisuuden kasvamiselle. Näitä minimiravinteita huuhtoutuu vesistöön sekä luonnonhuuhtoumana että ihmisen toiminnan aiheuttamana kuormituksena. Joissain tapauksissa ihmistoiminnan kuormitus voi merkittävästi kasvattaa minimiravinteiden kuormitusta ja saada tätä kautta aikaan vesistön lisääntyvää rehevöitymistä. rehevöityminen johtaa useissa tapauksissa vesistön sisäisen kuormituksen kasvuun, jonka jälkeen vesistön luonnontilaan palauttaminen on erittäin vaikeaa. Orgaanin aines puolestaan kuluttaa vesistöissä niiden happivaroja ja saattaa siten olla merkittävä syy vesistön happikatoon ja kala-kuolemiin. /3/



KUVIO 1. Jätevesiasetuksen mukainen koostumus jätevesille

Jätevesiasetuksen tarkoituksena on vähentää haja-asutusalueen päästöjä vesistöön. Viemäriverkostojen ulkopuolella 350 000:ssa kiinteistössä asuu noin miljoona henkeä. Yksittäisen kiinteistön päästämä käsittelemätön jätevesikuormitus voi olla pientä, mutta kiinteistöjen yhteiskuormitus voi muodostaa huomattavaa vaikutusta vesistöön. Keskimäärin yhden haja-asutusalueella asuvan ihmisen aiheuttama kuormitus fosforin ja orgaanisen aineen osalta oli vuonna 2000 noin 6-8 kertainen verrattuna vesihuoltolaitoksen viemäriverkoston liittyneen ihmisen kuormitukseen. /4/

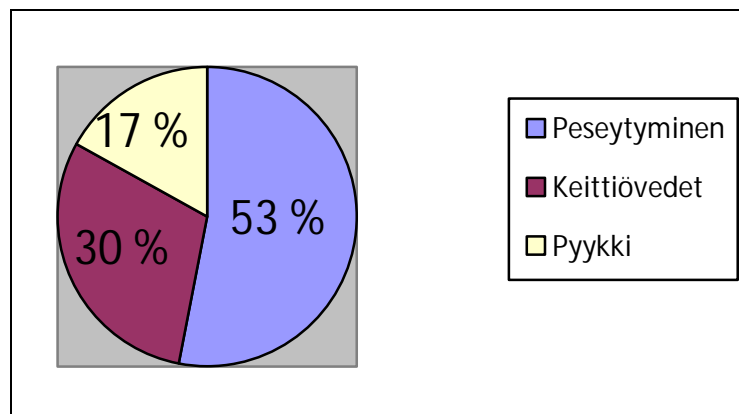
3 HARMAAT JÄTEVEDET

3.1 Määrät

Harmaan jäteveden määrä kiinteistöissä voi vaihdella paljon. Veden kulutus voi vaihdella maailmalla 20 - 30 litrasta aina satoihin litroihin asukasta kohden päivässä. Talousveden kulutuksen mittauksilla, vesimaksuilla ja teknisillä ratkaisuilla voidaan merkittävästi vaikuttaa vedenkulutukseen. /5/

Suomessa tehdyt tutkimukset veden käytöstä viittaavat kotitalouksien keskimääräisen veden kulutuksen olevan noin 110 litraa asukasta kohden päivässä (l/p/d). /6/ Harmaiden jätevesien osuus kaikista jätevesistä arvioidaan olevan noin 75 %. /7/ Kiinteistöissä muodostuvan harmaan jäteveden määrä on tällöin noin 80 litraa asukasta kohden päivässä. Suomen ympäristökeskuksen Ravinnesampo-hankkeessa saatiin lähes sama 110 litran kulutus asukasta kohden päivässä, ja sitä on käyty myös muissakin tutkimuksissa. /8/ Veden käyttö riippuu suuresti elämäntilanteesta. Esimerkiksi kerrostaloissa asuvien opiskelijoiden keskimääräinen vedenkulutus on 250 l/p/d, kun taas vastaavasti eläkeläisten vedenkulutus on keskimäärin vain 70 l/p/d. /9/

Harmaat jätevedet muodostuvat pääasiassa kylpy-, pyykki- ja keittiöjätevesistä. Prosentuaalisesti nämä jakautuvat kuvion 2 mukaan: peseytyminen 53%, keittiö 30 % ja pyykki 17 %. Kotitalouden varustelulla on näin ollen suuri vaikutus harmaan jäteveden määrään. /10/



KUVIO 2. Harmaiden jätevesien jakautuminen /10/

3.2 Koostumus

Harmaan jäteveden ominaisuudet muodostuvat pääosin talousveden laadusta, harmaita jätevesiä synnyttävistä kotitalouden toimista, sekä jakelu- ja viemäriverkoston putkistosta, joita voi olla esimerkiksi putkiston vuotaminen tai kemiallinen ja biologinen prosessi biofilmissä putkistojen seinämissä. Pitoisuudet vaihtelevat eri lähteissä elämäntyylin sekä laitteiston ja kemiallisten kotitaloustuotteiden käytön mukaan. Koostumus vaihtelee huomattavasti ajan ja paikan välillä, koska veden kulutus vaihtelee suhteessa päästettyyn ainemäärään. /7/

Yleensä harmaat jätevedet sisältävät huomattavasti vähemmän rehevöittäviä ravinteita kuin mustat jätevedet, koska virtsa ja uloste puuttuvat. Siksi myös patogeenien määrä on pieni. Harmaat jätevedet sisältävät usein suuria pitoisuuksia helposti hajovaa orgaanista ainesta, kuten rasvaa, öljyä ja saippuan jäämiä. /11/

3.2.1 Jätevesiasetus

Taulukossa 1 esitetyt jätevesiasetuksen kuormitukset orgaanisen aineksen, kokonaistypen ja kokonaisfosforin osalta esitetään teoreettisina kuormituslukuina (g/p/d). Nämä kuormitusluvut voidaan muuttaa pitoisuuksiksi milligrammoina litrassa(mg/l) kaavalla 1:

$$Pitoisuus(mg/l) = \frac{1000 \times Kuormitusluku(g/p/d)}{Vedenkulutus(l/p/d)}, \quad (1)$$

missä kuormitusluku on taulukossa 1 esitetty kuormitus typen, fosforin tai orgaanisen aineen osalta grammoina asukasta kohden päivässä. Vedenkulutus on laskettu tai arvioitu keskimääräinen yhden henkilön jätevesien tuotto vuorokaudessa litroina. Taulukon 1 mukaiset kuormitukset harmaille jätevesille ovat orgaanisen aineen (BOD₇) osalta 30 grammaa vuorokaudessa asukasta kohden vuorokaudessa (g/p/d), fosforin osalta 0.4 g/p/d ja typen osalta 1.0 g/p/d. Jos asukkaiden keskimääräisenä vedenkulutuksena käytetään 80 litraa asukasta kohden vuorokaudessa (80 l/p/d) saadaan kaavan 1 avulla laskettua taulukon 2 mukaiset pitoisuudet

TAULUKKO 2. Jätevesiasetuksen pohjalta lasketut harmaiden jätevesien pitoisuudet (mg/l), kun keskimääräisenä vedenkuluksena on 80 l/p/d

Parametri	Pitoisuus mg/l
BOD ₇	375 mg/l
Fosfori	5 mg/l
Typpi	12,5 mg/l

3.2.2 Aikaisempia tutkimuksia

Tehdyn kirjallisuustutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että harmaiden jätevesien ominaisuuksia Suomessa ei ole aikaisemmin selvitetty. Tutkimuksia on tehty laajemmin ulkomailla etenkin maissa, joissa raakaveden saanti on rajoitetumpaa kuin Suomessa. Eriksson on artikkelissaan /7/ koennut aikaisempia tutkimustuloksia harmaiden vesien ominaisuuksista. Taulukossa 3 on esitetty Erikssonin tutkimuksen keskeiset tulokset kokonaisfosforin, kokonaistypen ja BOD₇:n osalta.

TAULUKKO 3. Kokonaisfosfori, kokonaistyyppi ja orgaaninen aines päästölähteittäin. Tulokset esitetty pitoisuutena mg/l tai kuormituksena grammaa asukasta kohden päivässä g/p/d. /7/

Parametri	Kylpyhuone	Pyykinpesu	Keittiö	Kaikki
Kokonaisfosfori	0.11– 2 mg/l	0.062–57 mg/l	0,06-0,09 g/p/d	0.6–27.3 mg/l
Kokonaistyyppi	5.0-17.0 mg/l	6.0-21.0 mg/l	0.31-0.36 g/p/d	0.6-5.2 mg/l
BOD ₇	50-300 mg/l	5.1 g/p/d	47 mg/l	12.6 g/p/d

Taulukosta huomaa kuinka merkittävää pyykinpesu on fosforin päästölähteenä. Tästä voi päätellä, että käytetyllä pesuaineella voi olla suuri vaikutus harmaan jäteveden fosforipitoisuuteen. Tutkimuksissa onkin huomattu, että alueilla joissa fosforipitoiset pesuaineet ovat kielletty on tavallisten jätevesien keskimääräinen pitoisuus 4-14 mg/l, ja alueilla, joissa fosforipitoiset pesuaineet sallitaan on pitoisuus 6-23 mg/l. /7/ Yleisesti fosforitulokset ovat taulukossa 3 korkeammat kuin mitä jäsevesiasetuksessa on annettu. Kokonaistyyppiä vaikuttaa pitoisuuksiltaan taulukon mukaan olevan kaikissa

päästölähteissä lähes saman verran ja melko pienellä vaihteluvälillä. Sen pitoisuudet ovatkin hyvin lähellä jätevesiasetuksen harmaiden jätevesien arvoja, vaikkakin kaikkia päästölähteitä sisältävät typpitulokset ovatkin kyseenalaisen pieniä. BOD₇:n arvot ovat puolestaan huomattavasti pienempiä jätevesiasetukseen verrattuna. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että osa tutkimuksista on tehty jo 70-luvulla. Tutkimusmenetelmät näin ollen vaihtelevat paljon ja voivat olla harhaanjohtavia. Samoin kotitalouksien vesilaitteissa, pesuaineissa ja veden kulutuksessa saattaa esiintyä muutoksia, jotka vaikuttavat osaltaan tuloksiin. Osa tuloksistakin on esitettyä keskiarvona ja osa taas vaihteluväleinä.

Ridderstolpen (2004) tutkimuksessa on kerätty hieman uudempia tutkimustuloksia Euroopan harmaista jätevesistä. Tutkimus antaa harmaiden jätevesien fosforipitoisuudeksi 1-10 mg/l, typpipitoisuudeksi 0,5-15 mg/l sekä BOD₇ - pitoisuudeksi 150-400 mg/l. /11/ Fosfori- ja typpipitoisuudet ovat hyvin lähellä jätevesiasetuksen pitoisuuksia, ja orgaanisen aineen määrä on vain hieman pienempi. Erikssonin ja Ridderstolpen tutkimuksia tarkastellaan myöhemmin lisää tulosten tarkastelussa.

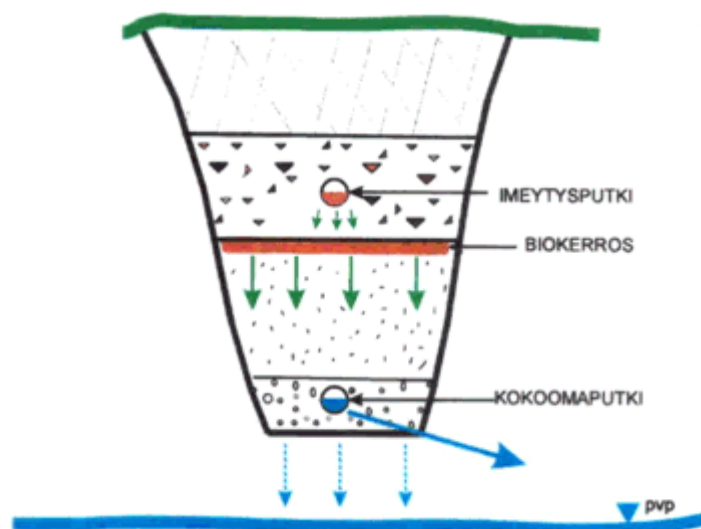
4 HARMAAN JÄTEVEDEN PUHDISTAMOTYYPIT

4.1 Puhdistamot ja niiden toiminta harmaille jätevesille

Jätevesille on Suomessa tarjolla kymmeniä kiinteistökohtaisia jäteveden puhdistusratkaisuja, jotka soveltuvat myös harmaille jätevesille. Puhdistamot voidaan jakaa kolmeen tyyppiin, jotka ovat maahanimeytys, maasuodatus ja pienpuhdistamot. Pienpuhdistamot sisältävät myös pelkästään harmailta jätevesille suunnatut järjestelmät, joita suomessa on esimerkiksi Biolan Harmaavesisuodatin, Eko-Matic ja Willa Putseri. /11/ Omana osanaan on myös syytä tutkia saostuskaivoja. Ennen saostuskaivot olivat itsenään riittävä puhdistusmenetelmä, mutta nykyään ne nähdään lähinnä esikäsittelynä muille menetelmille.

4.1.1 Maasuodatus

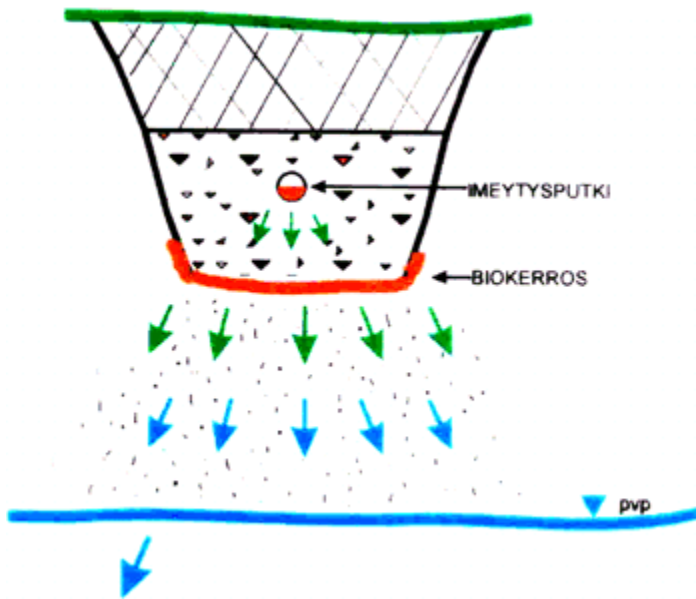
Maasuodatus (kuva 1) on menetelmä, jossa jätevesi johdetaan imeytysputken avulla suodatinkerrosten läpi kaivannon pohjalle, josta se otetaan talteen kokoomaputkilla ja johdetaan purkupaikkaan. Suodatinkerrokset ovat eri tavoin vettä läpäiseviä sepeli- ja hiekkalajeja, joiden tarkoituksena on suodattaa sen läpikulkevaa jätevettä. Suodatinkerrosten yläosiin muodostuu puhdistuksen kannalta keskeinen mikrobiologisesti aktiivinen ns. biokerros yläpuolella muodostuu ns.biokerros, joka auttaa jäteveden puhdistumisessa. /7/



KUVA 1. Maasuodatuksen periaate . Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. [viitattu 14.4.2011] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=241742&lan=fi&clan=fi>

4.1.2 Maahanimeytys

Maahanimeytyksen periaatteena (kuva 2) on jäteveden johtaminen jakorakententeen kautta maahan. Jätevesi suodattuu sen mennessä maakerrosten läpi pohjaveteen. Maahanimeytys on siis oikeastaan hyvin samankaltainen idealtaan kuin maasuodatus. Sen periaatteellisena erona on, että maasuodatuksessa puhdistettu jätevesi puretaan muualla kun taas maahanimeytyksessä se johdetaan syvempiin maakerroksiin ja lopulta pohjaveteen. /12/



KUVA 2. Maahanimeytyksen periaate. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. [viitattu 14.4.2011] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=246294&lan=fi&clan=fi>

4.1.3 Pienpuhdistamot

Pien- eli laitepuhdistamot ovat joko paikan päällä osista valmistettu tai valmis tehdasvalmisteinen käsittelyjärjestelmä. Pienpuhdistamot voivat toimia jatkuvatoimisesti tai panospuhdistamoina. Puhdistusmenetelmänä on usein biologis-kemiallinen aktiivilieteprosessi, jossa puhdistus tapahtuu ilman ja biologisen mikrobitoiminnan avulla. Laittepuhdistamot vaativat yleensä paljon huoltamista hyvän puhdistustuloksen ylläpitämiseksi. /12/

4.1.4 Saostuskaivot

Saostuskaivo on yksi- tai useampiosainen tiivis jäteveden esikäsittelymenetelmä, jonka tarkoituksena on erottaa lika-aineita käyttämällä hyväksi niiden tiheysominaisuuksien eroavaisuutta veden tiheydestä. Vettä kevyemmät aineet nousevat saostuskaivon pintaan ja vettä raskaammat aineet laskeutuvat kaivon pohjalle. Saostuskaivot suojaavat samalla seuraavia puhdistusprosesseja tukkivilta ainesosilta.. Saostuskaivoissa tapahtuu myös lietteen hajoamistoimintaa.

4.2 Puhdistamoiden tehokkuus mitattavien parametrien osalta

Kuten kappaleessa 2 on mainittu, harmaiden vesien kannalta tärkein vaatimus puhdistamolle olisi sen tehokas orgaanisen aineen poisto. Normaalialhaisemmista puhdistustarpeista johtuen harmaiden vesien puhdistaminen onkin mustia jätevesiä yksinkertaisempaa. Periaatteessa puhdistamon pitäisi vain pystyä hajoittamaan hyvin harmaiden jätevesien sisältämiä monimutkaisia orgaanisen aineen yhdistelmiä vedeksi ja hiilidioksidiksi. Myös saostuskaivojen tyhjennystarve vähenee wc-jätteiden puuttuessa. Pitoisuuksien alhaisuudesta johtuen onkin hyvä tarkastella erikseen saostuskaivon ja varsinaisen puhdistuksen tehokkuutta erikseen.

4.2.1 Esikäsittely saostuskaivoissa

Saostuskaivojen tehokkuutta on vaikea lähteä arvioimaan, koska saostuskaivojen toimintaan vaikuttaa moni eri tekijä. Santalan /13/ mukaan saostuskaivojen puhdistustehokkuus typen, fosforin ja orgaanisen aineen osalta on vain 10-20 %. Tämänkin puhdistustehokkuuden pitäisi riittää useimmissa tapauksissa. Sen sijaan saostuskaivon puhdistustehokkuus ei ole riittävä orgaanisen aineen osalta. Tähän viittaa myös Hyttisen /14/ tutkimus saostuskaivoista.

4.2.2 Varsinainen käsittely

Saostuskaivot oikeastaan aina edeltävät maasuodatusta – ja imeytystä. Tällöin vain pieni osa orgaanisesta aineesta tulisi puhdistaa, koska SYKE:n Ravinnesampo projektin /7/ ja Valonian harmaavesiseurannan maasuodattamoiden tuloksien mukaan puhdistustehot ovat riittäviä täyttämään jätevesiasetuksen vaatimukset. /15/ Puhdistustehot riittäisivät myös ennen maaliskuun lakimuutosta oleviin puhdistusvaatimuksiin. Maimeytyksien tehokkuutta ei näytteenotoilla voi juurikaan tutkia. Se on periaatteeltaan hyvin paljon maasuodatuksen kaltainen, joten maasuodatuksien tuloksien voi olettaa pätevän myös imeytykseen.

Laitepuhdistamotkin ovat Hajasampo-hankkeen perusteella toimineet tarpeeksi hyvin harmaiden jätevesien osalta, vaikkakin tulokset ovat vaihdelleet paljon. /7/ Käytännössä nykyvaatimuksilla kaikilla hyväksytyillä jäteveden puhdistamoilla on riittävä tehokkuus harmaiden jätevesien puhdistukseen.

5 NÄYTTEENOTTO JA ANALYSOINNIT

5.1 Kohdekuvaukset

Tässä tutkimuksessa oli tarkoituksena tutkia harmaiden jätevesien laatua haja-asutusalueilla. Tutkitut kohteet sijaitsivat Kuopion ympäristössä. Kohteet 1-5 ja 7 sijaitsivat Jännevirran ja Kohman välillä. Yhteissaunat eli kohteet 8 ja 9 sijaitsivat Päivärannassa ja Kettulanlahdessa. Kohde 6 puolestaan sijaitsi Hirvisaassa. Kohdekuvaukset on laadittu haastattelemalla kiinteistön käyttäjiä ja keräämällä tietoa kuormituskyselyn avulla. Vedenkulutusarviot perustuvat enimmäkseen kiinteistöjen omistajien omiin arvioihin ja kiinteistön vesikalusteiden pohjalta arvioituun veden käyttöön.

Kohde 1

Viiden asukkaan omakotitalo. Kohteessa on tyypillinen omakotitalon varustelu saunoineen. Vedenkulutus näytteissä oli noin 40 litraa asukasta kohden vuorokaudessa (l/p/d). Raakavesilähde on kiinteistöllä sijaitseva kaivo. Kohteen näytteet johdettiin viemäriputken päästä suoraan näyteastiaan ennen niiden sekoittumista sakokaivovesiin.

Kohde 2

Kohde on loma-asuntona toimiva vanha maalaistalo, jota käytetään toukolokakuussa. Raakavesilähteenä on verkostovesi ja harmaat vedet johdatetaan yksiosaiseen sakokaivoon. Kiinteistössä on sisällä yksi vesipiste keittiössä, jossa kaikki harmaat vedet muodostuvat. Nämä vedet koostuvat lähinnä astioiden pesuvesistä. Tämän lisäksi vettä johdetaan rantasaunaan, jonka vedet eivät päädy sakokaivoon. Kiinteistöllä asuu kesäaikaan keskimäärin 4 henkilöä ja vuoden vedenkulutus on noin 5 kuutiometriä. Tämä tarkoittaa, että vuorokauden vedenkulutus on maksimissaan 50 litraa ja tästäkin vedestä suurin osa menee erilliseen saunarakennukseen. Kohteen näytteet kerättiin suoraan talosta tulevan viemäriputken päästä ennen niiden sekoittumista sakokaivovesiin. Vuorokauden näytemääräksi saatiin aina alle 5 litraa johtuen pienestä kulutuksesta.

Kohde 3

Kohde on loma-asunto, jota käyttää 2 henkilöä. Kohteessa on samanlainen varustelu ja päästölähteet kuin omakotitaloissakin. WC-vedet johdetaan erilliseen umpisäiliöön. Talousvesi tulee vesijohtoverkostosta. Harmaiden jätevesien puhdistus suoritetaan Labkon 2-osaisella mökkisakokaivolla ja imeytyksellä. Näytteenottoaikana pesukoneita käytettiin 2 kertaa viikossa ja suihkua joka päivä. Harmaita jätevesiä on muodostunut arviolta noin 80 l/p/d. Sakokaivoa ei tyhjennetty ennen näytteenottoja tai niiden aikana.

Kohde 4

Kohde on loma-asunto, jota käyttää 2 henkilöä. Kohteessa on samanlainen varustelu ja päästölähteet kuin omakotitaloissakin. Raakavesi saadaan omalla pumpulla omasta kaivosta. Mustat jätevedet johdetaan umpisäiliöön. Harmaat jätevedet puhdistetaan Raita Oy:n harmaavesisuodattimella, jota edeltää kaksiosainen sakokaivo. Koneita käytetään viikoittain. Saunaa käytetään joka toinen ilta. Harmaita jätevesiä on muodostunut arviolta noin 75 l/p/d. Sakokaivo tyhjennettiin noin kuukausi ennen viimeistä näytteenottoa. Aikaisemmin sakokaivo oli noin vuoden toiminnassa ilman tyhjennyksiä.

Kohde 5

Kohde on kahden henkilön asuttama omakotitalo. Raakavesilähteenä on oma kaivo. Harmaat jätevedet puhdistetaan saostuskaivolla, jonne myös johdetaan kuivakäymälän virtsat. Sieltä jätevedet johdetaan imeytyskaivoon. Keittiövesiä ei ole liitetty saostuskaivoon, vaan ne johdetaan erikseen maahan. Harmaiden vesien sakokaivoon tulevien vesien määräksi arvioitiin noin 30 l/p/d, koska kohteessa ei ole myöskään suihkua. Sakokaivo tyhjennettiin heinäkuussa. edellinen tyhjennys oli noin vuosi sitten.

Kohde 6

Kahden henkilön käytössä oleva loma-asunto, jota ollaan muuttamassa omakotitaloksi. Raakavesilähde on kiinteistöllä sijaitseva kaivo. Harmaavesijärjestelmänä toimii 2-osainen sakokaivo ja imeytyskenttä. Järjestelmä oli ollut toiminnassa noin kuukauden ensimmäisen näytteenoton aikana. Kahden ensimmäisen näytteenoton ai-

kana suihkun ja saunan harmaita vesiä ei vielä johdettu sakokaivoon, mutta kahdella viimeisellä kerralla ne johdettiin. Astianpesukonetta käytetään ja pyykinpesukonetta vastaavasti käytetty noin 2-3 kertaa viikossa. Kiinteistössä saunotaan noin 5 kertaa viikossa ja suihkua käytetään päivittäin. Kiinteistöllä muodostuvien harmaiden jätevesien määräksi on arvioitu noin 70 l/p/d.

Kohde 7

Kohde on kahden henkilön asuttama omakotitalo. Raakavesilähteenä on oma kaivo. Harmaavesijärjestelmänä toimii 2-osainen sakokaivo ja imeytyskenttä. Sakokaivot oli tyhjennetty viikko ennen ensimmäistä näytteenottoa Astianpesukonetta käytetään ja pyykinpesukonetta vastaavasti on edellisen kohteen tavoin käytetty n. 2-3 kertaa viikossa. Sauna ei ole ollut käytössä, mutta suihkua on käytetty päivittäin. Harmaita jätevesiä on muodostunut arviolta noin 60 l/p/d.

Kohde 8

Kohteen sakokaivoon johdetaan yhteissaunojen pesuvedet. Lisäksi sadevedet johdetaan sakokaivoon, mutta näytteenottojen aikana tai välillä ei satanut lainkaan. Raakavesilähteenä on verkostovesi.

Kohde 9

Kohteen sakokaivoon johdetaan yhteissaunojen pesuvedet. Raakavesilähteenä on verkostovesi.

5.2 Näytteenotto

Näytteenotot aloitettiin toukokuun lopulla 2010 ja saatiin päätökseen saman vuoden marraskuussa. Näytteenotot hoiti insinööriyöntekijä. Näytteenottoja edelsi tutustuminen kohteeseen yhteistyössä kiinteistön omistajan kanssa. Tutustumisessa selvitettiin puhdistamo ja sen osat, sekä sovittiin alustavasta näytteenottoaikataulusta.

Kohteissa 3-9 näytteenotto tapahtui suoraan ensimmäisestä saostuskaivosta. Alussa tavoitteena oli ottaa näytteet suoraan viemäristä ennen sakokaivoa, mutta tästä luo-

vuttiin, sillä näytteenoton kannalta tämä olisi ollut erittäin vaativa ja aikaa vievä tapa. Saostussäiliöissä vesi sekoittuu ja tämä tasoittaa myös vedenlaadun vaihteluita, jolloin näyte todennäköisesti edustaa paremmin keskimääräistä tulevaa harmaata jätevettä. Näytteet otettiin kokoomanäytteinä kahdesta eri osanäytteestä, eli näytteenotto tapahtui eri kellon aikoina samana päivänä. Nämä osanäytteet yhdistettiin loopulta yhdeksi kohdekohtaiseksi kokoomanäytteeksi. Kohteissa 3-7 näytteet otettiin kahtena kertana aikavälillä 8.30-15.30, ja kohteissa 8-9 se puolestaan tehtiin aikavälillä 17-21. Näytteet säilytettiin yön yli kylmässä seuraavaan aamuun asti, jonka jälkeen ne analysoitiin. Kohteissa 1-2 puolestaan näytteenotto tapahtui keräämällä koko vuorokauden harmaavesi astiaan, josta kokoomanäyte sitten otettiin. Astiat toimitettiin aamulla suoraan analysoitavaksi.

Näytteenotoissa käytettiin noin 2,5 metristä varrellista näytteenotinta (Liite 1), johon kiinnitettiin 250 ml happopesty lasipullo. Pullo upotettiin noin 30-50 cm syvyyteen saostuskaivoissa, ja nostettiin sen täytyttyä. Samalla pyrittiin välttämään pinnalla olevan lietteen ja kiintoaineen joutumista näytteeseen. Tämä tehtiin kaksi kertaa yhdellä näytteenotto kerralla. Kokoomanäytteessä oli päivän päätyttyä n. 1 litra harmaata jätevettä. 250 ml näytteistä lisäksi mitattiin mahdollisuuksien mukaan lämpötila Fluke 50D K/J Thermometer mittarilla (Liite 2).

5.3 Analyysit

Analyysit suoritettiin Savonia-ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikön jätevesilaboratoriossa. Edellisenä päivänä haetut näytteet otettiin kylmiöstä aamulla ja ne analysoitiin laboratoriotiloissa. Näytteistä analysoitiin päivän aikana kokonaisfosfori, kokonaistyyppi ja kemiallinen hapenkulutus(COD). Päivän päätteeksi myös biologisen hapenkulutuksen määrittäminen aloitettiin laittamalla näytteet 20 C^o:een lämpökaappiin, joissa ne viipyvät tarvittavat seitsemän päivää.

Analyysimenetelminä käytettiin HACH DR/2010 metodeita/16/. Biologinen hapenkulutus analysoitiin Oxitop laitteistolla/17/, johon tarvittiin tieto kemiallisesta hapenkulutuksesta. Anaalyysit määrittystapoinen on lueteltu taulukossa 4.

TAULUKKO 4 . Näytteistä tehdyt analyysit määrittystapoineen.

Määrittäminen	Määrittäminen	Määrittäminen
Biologinen hapenkulutus (BOD ₇)	System OxiTop Control	
Kemiallinen hapenkulutus (COD)	Hach DR/2010 spektrofotometri	8000
Kokonaisfosfori (Kok-P)	Hach DR/2010 spektrofotometri	8190
Kokonaistyppi (Kok-N)	Hach DR/2010 spektrofotometri	10071
Nitriittityppi (NO ₂ ⁻ -N)	Hach DR/2010 spektrofotometri	8507
Nitraattityppi(NO ₃ ⁻ -N)	Hach DR/2010 spektrofotometri	8039
Ammoniumtyppi NH ₄ -N	Hach DR/2010 spektrofotometri	8038

5.4 Kuormituskysely

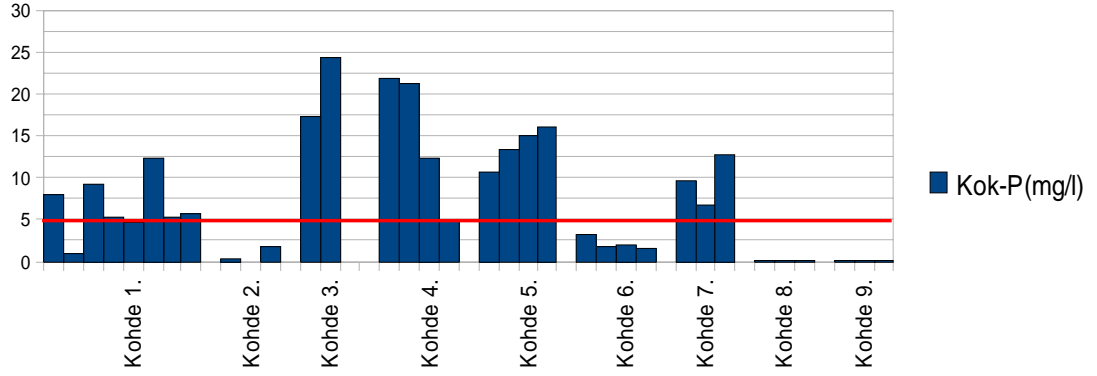
Näytteenottojen yhteydessä paikalla olevilta kiinteistöjen asukkailta pyydettiin vastaamaan kuormituskyselyyn (Liite 3.). Kysymyksissä vastattiin päivän aikana tapahtuneisiin harmaiden jätevesien muodostumiseen liittyviin kysymyksiin. Kyselyn tarkoituksena oli selvittää mahdollisia pitoisuuksien vaihteluita päivittäisten jätevesipäästöjen muuttuessa.

6 TULOKSET

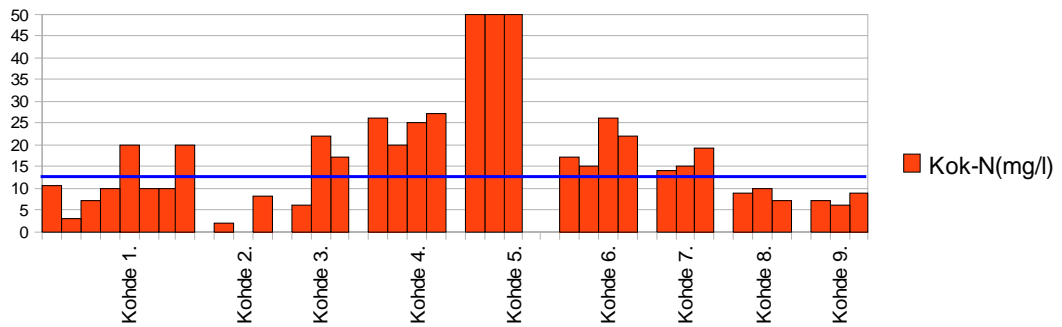
6.1 Pitoisuudet

Eri näytteiden analyysitulokset esitetään kokonaisuudessaan liitteessä 4. Liitteen tuloksissa näkyy analyysin tekopäivä ja pitoisuudet milligrammoina litrassa(mg/l) kohdekohtaisesti. Tuloksille on laskettu keskiarvot asunnoille ja pelkille saunoille erikseen. Asunnoille on lisäksi laskettu mediaani, joka on keskiarvo, jos tuloksista poistetaan korkein ja pienin kohdekohtainen keskiarvo. Mediaanilla saadaan poistettua huomattavasti keskiarvoista poikkeavat tulokset, mikä näin pienessä näytemäärässä saattaa vastata todellista haja-asutuksen keskiarvotuloksia, kuin varsinainen keskiarvo. Näytteistä analysoitiin metodista johtuen myös kemiallinen hapenkulutus, vaikka se sitä ei mainitakaan jätevesiasetuksen yhteydessä. Kemiallinen hapenkulutus(COD) on biologisen hapenkulutuksen tavoin menetelmä orgaanisen aineen määrittämiseen vedessä. Tuloksissa on muutamissa analyyseissä merkki ">", joka tarkoittaa että tulos on mennyt yli sillä hetkellä ylimmän mitattavassa olevan arvon. Näitä tuloksia ei keskiarvoihin laskettu.

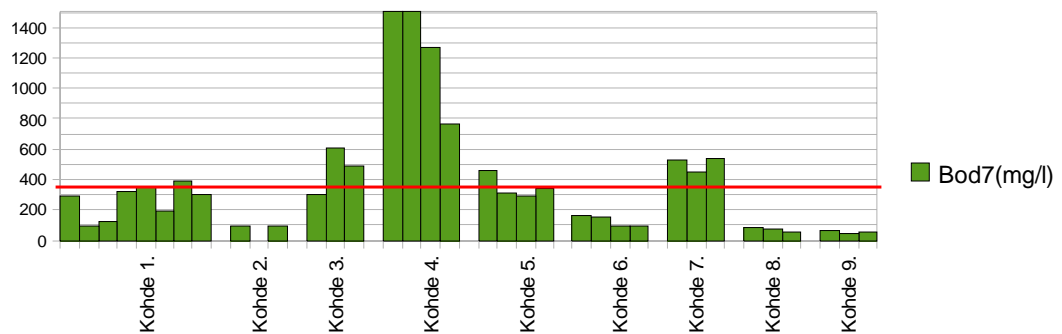
Kuviossa 3,4 ja 5 on esitetty liitteen 4 kohdekohtaiset tulokset pitoisuuksien osalta erikseen kokonaisfosforille, kokonaistypelle ja orgaaniselle aineelle. Analyysitulokset ovat kohteissa ajallisesti järjestyksessä, vasemmalla vanhin ja oikealla uusin tulos. Punainen ja sininen viiva kaaviossa vastaa taulukon 2 jätevesiasetuksen laskettuja keskiarvopitoisuuksia. Kuviossa 4 ylimmäksi rajaksi on asetettu pitoisuus 50 mg/l, vaikka kohteen 5 tulokset sen ylittävätkin. Isompi raja vaikeuttaisi vertailua pienempien pitoisuuksien kanssa. Samasta syystä myös Kuviossa 5 on asetettu rajaksi 1500 mg/l.



KUVIO 3. Kohdekohtaiset kokonaisfosforitulokset. Punainen viiva kuvaa jätevesiasetuksen kuormituksesta laskettua pitoisuutta.



KUVIO 4. Kohdekohtaiset kokonaistyyppitulokset. Sininen viiva kuvaa jätevesiasetuksen kuormituksesta laskettua pitoisuutta.



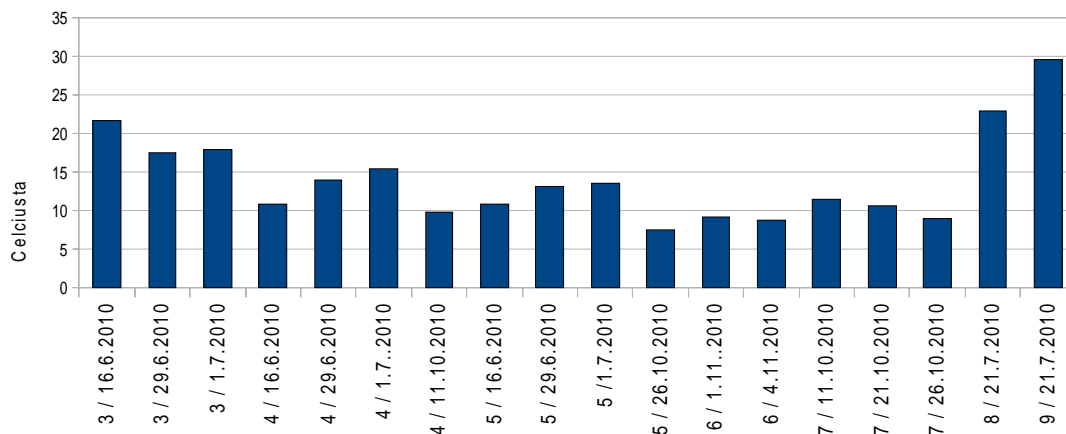
KUVIO 5. Kohdekohtaiset BOD₇ tulokset. Punainen viiva kuvaa jätevesiasetuksen kuormituksesta laskettua pitoisuutta.

6.2 Lämpötilat

Lämpötilat osamittauksineen on taulukossa 5. Taulukossa on myös laskettu lämpötilojen keskiarvot päivän ajalta. Kohteista 1 ja 2 ei mitattu lämpötilaa, koska näistä kohteista ei varsinaista näytteenottoa tapahtunut. Muissa kohteissa lämpötilaa ei pystytty mittaamaan lämpötilamittarin puuttuessa. Kuviossa 6 lämpötilojen päivittäiset keskiarvot on esitetty graafisena kuvaajana.

TAULUKKO 5. Kohteiden lämpötilamittaukset

Kohde / Pvm.	Osamittaukset °c				Ka. °c
3 / 16.6	23,0	23,8	19,6	19,9	21,6
3 / 29.6	17,5	17,4	17,4	17,5	17,5
3 / 1.7	17,7	17,7	17,8	17,9	17,8
4 / 16.6	10,8	10,8	11,3	10,8	10,9
4 / 29.6	13,6	13,3	14,8	14,3	14,0
4 / 1.07	14,7	15,1	15,5	16,1	15,4
4 / 11.10	10	10,2	9,5	9,4	9,8
5 / 16.6	10,3	10,8	10,9	11,3	10,8
5 / 29.6	12,4	11,8	13,8	14,3	13,1
5 / 1.07	13,3	12,8	13,8	14,1	13,5
5 / 26.10	7,9	7,7	7,2	7,2	7,5
6 / 1.11	9,5	9,4	8,8	8,8	9,1
6 / 4.11	9,1	8,8	8,5	8,4	8,7
7 / 11.10	11,4	11,7	11,4	11,4	11,5
7 / 21.10	10,9	10,8	10,5	10,4	10,7
7 / 26.10	9,2	9	8,8	8,9	9
8 / 21.7	20,1	20,1	25,3	25,8	22,8
9 / 21.7	27,7	28,0	30,3	31,8	29,5



KUVIO 6. Lämpötilojen päivittäiset keskiarvot

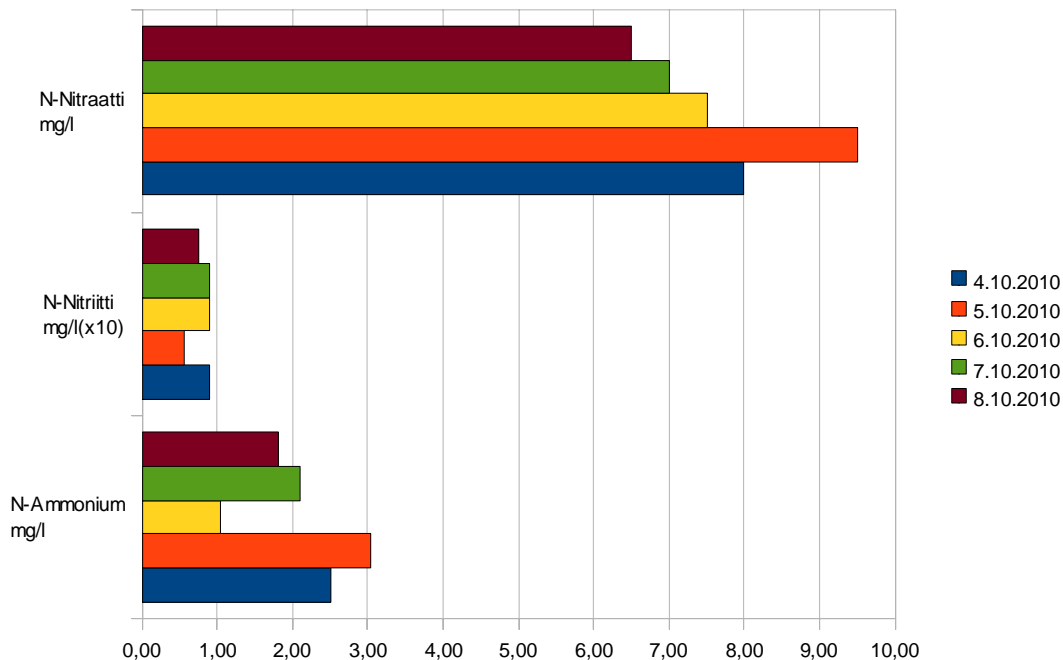
6.3 Kohteen 1 intensiiviseurannan tulokset

Liitteessä 3 on vahvistettuna päivämäärät 4.-8.10.2010 kohteesta 1, koska tällöin suoritettiin niin sanottu ”tehoviikko”. Tehoviikon aikana kohteesta 1 otettiin näytteet viitenä päivänä peräkkäin ja analysoitiin samaan tahtiin. Nämä analyysit suoritti Savonia-ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikön työntekijä. Kohde 1 oli omakotitalo, jonka harmaat jätevedet johdettiin suoraan näyteastiaan ennen saostuskaivoa. Kuormituskysely- ja analyysitulokset ovat viikon ajalta esitetty rinnakkain taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Tehoviikon tulokset kuormituskyselyn ja analyysien osalta

Päivämäärä	Pyykinpesu	Astioiden pesu	Suihku/sauna	Kok-P mg/l	Kok-N mg/l	Bod ₇ mg/l
04.10.2010	Fosfaatiton 1 x	1x Koneella	2x	5,28	10,0	321,0
05.10.2010	Fosfaatiton 1 x	1x Koneella	5x + Sauna	4,73	20,0	349,0
06.10.2010	-	2x Koneella	2x	12,29	10,0	191,0
07.10.2010	-	2x Koneella	2x	5,22	10,0	388,0
08.10.2010	-	2x Koneella	5x	5,77	20,0	298,0

Näistä näytteistä analysoitiin poikkeuksellisesti myös ammonium-, nitriitti- ja nitraattityppi (kuvio 6). Ne analysoitiin taulukon 4 metodien mukaan. Typen eri muodoilla on eri ominaisuuksia, ja ne voivat olla suurina pitoisuuksina haitallisia vesistöille.



KUVIO 6 . Kohteen 2 tehoviikon typen eri muotojen analysointitulokset

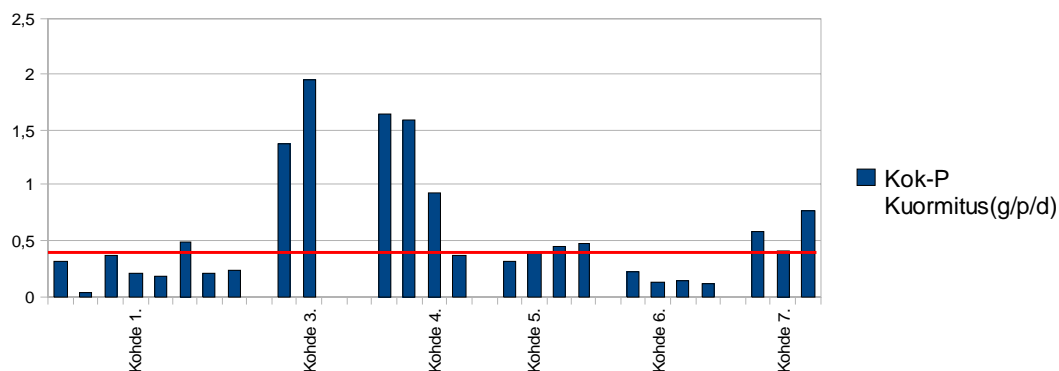
6.4 Pitoisuudet kuormituksina ilmoitettuna

Pitoisuudet voidaan muuttaa kuormituksiksi, mikäli vedenkulutus tunnetaan. Vedenkulutuksina käytettiin kohdekuvauksissa mainittuja arvioita vedenkulutuksesta. Pitoisuudet milligrammoina litrassa (mg/l) voidaan muuttaa kuormitukseksi grammaa asukasta kohden päivässä (g/p/d) käyttämällä kaavaa 2:

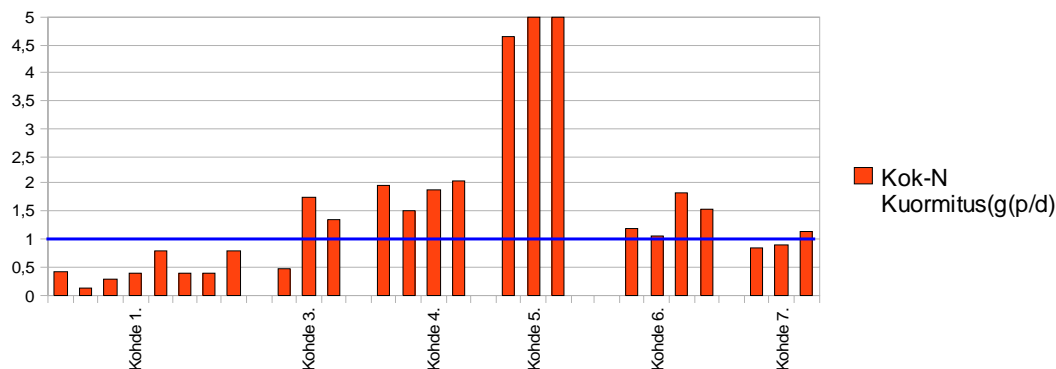
$$Kuormitusluku(g / p / d) = \frac{Pitoisuus(mg / l) \times Vedenkulutus(l / p / d)}{1000}, \quad (2)$$

missä vedenkulutus on litraa asukasta kohden päivässä (l/p/d). Liitteen 4 pitoisuuksien mukaan lasketut kuormitukset ovat liitteessä 5. Saunojen kuormituksia ei ole laskettu, koska vedenkulutus henkilöä kohden on erittäin hankalaa arvioida. Kohteen 2 kuormitusta ei ole myöskään laskettu, koska päivittäiset vesimäärät olivat erittäin pieniä.

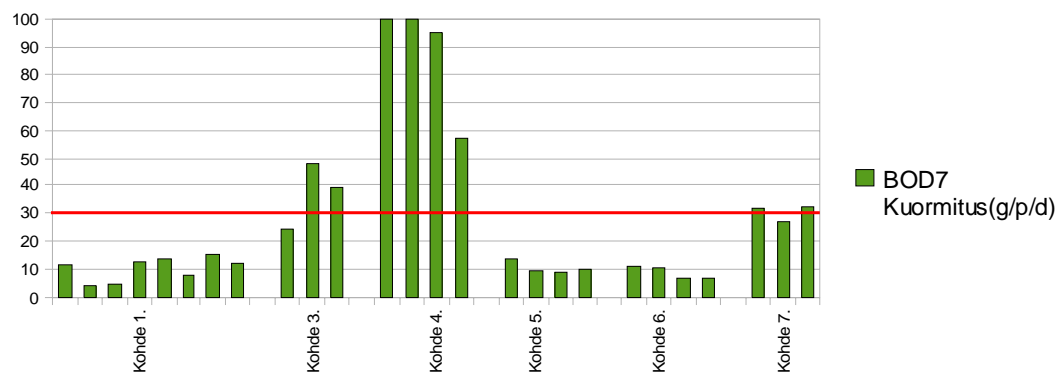
Kuviossa 7,8 ja 9 on esitetty kohdekohtaiset kuormitukset erikseen kokonaisfosforille, kokonaistypelle ja orgaaniselle aineelle. Punainen ja sininen viiva kaaviossa vastaa taulukon 1 kuormituksia harmaille jätevesille. Kuvioden 4 ja 5 tavoin, on kuviossa 8 asetettu ylärajaksi 5 g/p/d ja kuviossa 9 100 g/p/d vertailun selventämiseksi.



KUVIO 7. Kohdekohtaiset kokonaisfosforikuormitukset grammoina vuorokaudessa asukasta kohti laskettuna. Punainen viiva kuvaa jätevesiasetuksen kuormitusta.



KUVIO 8. Kohdekohtaiset kokonaistyyppikuormitukset grammoina vuorokaudessa asukasta kohti laskettuna.. Sininen viiva kuvaa jätevesiasetuksen kuormitusta.



KUVIO 9. Kohdekohtaiset BOD₇ kuormitukset grammoina vuorokaudessa asukasta kohti laskettuna. Punainen viiva kuvaa jätevesiasetuksen kuormitusta.

6.5 Kuormituskysely

Kuormituskyselyiden (liite 3) vastaukset ovat taulukossa 7. Taulukossa esitetään näytteenottopäivän pyykin- ja astianpesut sekä peseytyminen. Pyykinpesun osalta on mainittu sisälsikö pesuaine fosfaattia vai ei. Muita kysymyksiä vastauksia ei ole mainittu, koska yhdessäkään kohteessa ei käytetty ruoka-aineita hanan alla tai pesty lasten takapuolia vaipan vaihdon yhteydessä. Vesilähde on mainittu jo kohdekuva-
uksessa.

TAULUKKO 7. Kuormituskyselyn tulokset

<i>Päivämäärä</i>	<i>Näyte</i>	<i>Pyykinpesu</i>	<i>Astioiden pesu</i>	<i>Suihku/sauna</i>
26. touko	Kohde 1.	1 x Fosfaatiton	-	-
09. kesä	Kohde 1.	-	-	-
19. loka	Kohde 1.	-	1x Koneella	2x
04.10.2010	Kohde 1.	1 x Fosfaatiton	1x Koneella	2x
05.10.2010	Kohde 1.	1 x Fosfaatiton	1x Koneella	5x + Sauna
06.10.2010	Kohde 1.	-	2x Koneella	2x
07.10.2010	Kohde 1.	-	2x Koneella	2x
08.10.2010	Kohde 1.	-	2x Koneella	5x
26. touko	Kohde 2.	-	-	-
09. kesä	Kohde 2.	-	-	-
19. loka	Kohde 2.	-	3x Käsin	-
17. kesä	Kohde 3.	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa
30. kesä	Kohde 3.	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa
02. heinä	Kohde 3.	Ei tietoa	Ei tietoa	Ei tietoa
17. kesä	Kohde 4.	-	1x Käsin	-
30. kesä	Kohde 4.	1 x Fosfaatiton	1x Koneella	-
02. heinä	Kohde 4.	2 x Fosfaatiton	1x Koneella	-
12. loka	Kohde 4.	-	-	-
17. kesä	Kohde 5.	-	-	-
30. kesä	Kohde 5.	1 x Fosfaatiton	-	-
02. heinä	Kohde 5.	-	-	-
27. loka	Kohde 5.	-	-	-
23. syys	Kohde 6.	1x Fosfaattinen	-	-
01. loka	Kohde 6.	-	-	-
03. marras	Kohde 6.	1x Fosfaatiton	-	-
05. marras	Kohde 6.	-	-	-
12. loka	Kohde 7.	1x Fosfaattinen	1x Koneella	-
22. loka	Kohde 7.	-	-	-
27. loka	Kohde 7.	-	-	-

7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Pitoisuudet

Asuntojen eli kohteiden 1-7 BOD₇-, fosfori- ja typpipitoisuudet ovat pääasiassa melko lähellä toisiaan, vaikkakin muutamia poikkeuksia löytyy. Kohteen 5 typpitulokset ovat huomattavasti korkeammat muihin kohteisiin verrattuna, mikä selittyy pääasiassa kuivakäymälän suotovesistä. Kuivakäymälän suotovedet sisältävät virtsan takia runsaasti typpeä. Kohteessa 4 on puolestaan erittäin korkeat BOD₇ pitoisuudet. Huomattavaa on, että neljännen näytteen analyysissä pitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä. Todennäköisin selitys tälle on saostuskaivon tyhjennys noin kuukausi ennen neljättä näytteenottoa. Tämä viittaisi siihen, että säännöllinen sakokaivojen tyhjennys vaikuttaa suoraan jäteveden laatuun. Kohteen 2 pitoisuudet ovat puolestaan sekä typen, fosforin ja orgaanisen aineen osalta selvästi keskiarvoja pienempiä. Kohteen harmaat jätevedet sisälsivät vain hanavesiä keittiöstä, mikä selittää pienet pitoisuudet. Poikkeuksista johtuen mediaaneja voidaan pitää lähempänä todellisia keskimääräisiä harmaiden jätevesien pitoisuuksia haja-asutusalueella, kuin keskiarvojen pitoisuuksia. Saunojen pitoisuuksissa ei juurikaan mitään vaihteluita ole havaittavissa. BOD₇ pitoisuudet ovat 50-100 mg/l, typpipitoisuudet 6-10 mg/l ja fosforia ei löytynyt juurikaan näytteistä.

7.2 Lämpötilat

Lämpötilojen vaikutusta pitoisuuksiin ei ole juurikaan havaittavissa. Lämpötilojen muutokset saostuskaivossa vaikuttavat lähinnä olevan sidoksissa sakokaivojen ympäristön lämpötilaan. Korkeat lämpötilat kohteessa 3 saattaa viitata reiluun pesukoneen käyttöön fosforitulosten perusteella. Kohteessa 3 olikin erittäin korkeat fosforipitoisuudet. Kuormituskyselyitä ei tällä kohteelle tehty, mutta kohdekuvauksessa mainittu pesukoneen käyttö ei ole poikkeuksellisen suurta.

7.3 Kuormitukset

Kun tulokset esitetään kuormituksina (Liite 5) nähdään kuormiksissa suurta vaihtelua. Pitoisuuksien tapaan myös kuormitusten keskiarvoja nostavat kohteet 4 ja 5. Kuormitukseen on syytä suhtautua varauksella, koska vedenkulutukset perustuvat pääosin karkeisiin arvioihin. Ainoastaan kohteessa 1 vedenkulutuksesta saatiin tarkka tieto, ja siinäkin vedenkulutus asukasta kohden jää alhaiseksi lapsista johtuen. Muutenkin vedenkulutukset asukasta kohden jäivät selvästi muissa tutkimuksissa esitettyjä vedenkulutuksia alhaisemmaksi.

7.4 Kuormituskysely

Kuormituskyselyistä ei ole havaittavissa selkeää yhteyttä tietyn harmaan jäteveden lähteen ja pitoisuuksien välillä. Tämän perusteella harmaiden vesien pitoisuudet BOD₇, typen ja fosforin osalta eivät sakokaivoissa kovinkaan paljoa vaihtele päivittäin. Kohteen 1 tehoviikon tuloksista huomaa ainoastaan, että typpipitoisuudet nousevat kun suihkua käytetään runsaammin. Kuormituskyselystä ei kuitenkaan kysytty raanaveden käyttöä. Kohteissa 1 ja 2 sillä voi olla suurikin merkitys pitoisuuksiin, koska näiden kohteiden näytteet olivat yhden päivän ajan tulleita jätevesinäytteitä, jotka eivät olleet sekoittuneet saostuskaivossa.

7.5 Vertailu jätevesiasetukseen

Taulukossa 8 on vertailtu taulukosta 2 saatuja pitoisuuksia, analysoitujen näytteiden keskipitoisuuksiin ja mediaaneihin. Mediaanit ovat huomattavasti lähempänä jätevesiasetuksen pitoisuuksia, ja sen todettiin edellisessä kappaleessa olevan lähempänä todellista pitoisuutta kuin keskiarvo. Kuitenkin mediaanitkin ovat selvästi korkeammat, kuin mitä jätevesiasetuksessa esitetään typen ja fosforin osalta. Orgaaninen aines jää puolestaan hieman alle jätevesiasetuksen pitoisuudesta.

TAULUKKO 8. Vertailua näytteenottotulosten ja jätevesiasetuksen pitoisuuksista

Parametri	Jätevesiasetuksen teoreettinen pitoisuus	Asuntonäytteiden keskiarvo	Asuntonäytteiden mediaani
BOD ₇	375 mg/l	463,52 mg/l	341,65 mg/l
Fosfori	5 mg/l	9,85 mg/l	9,43 mg/l
Typpi	12,5 mg/l	40,97 mg/l	17,36 mg/l

Asuntonäytteiden keskiarvoiset kuormitukset menevät erittäin lähelle asetuksen kuormituslukuja BOD₇:n ja kokonaisfosforin osalta. Typpi on noin 2 kertaa isompi kuin asetuksessa, mutta jos kohdetta 5 ei laskettaisi keskiarvoon mukaan, niin olisi kuormitus 1,13 g/p/d. Tämä tulos olisi samalla linjalla fosforin ja orgaanisen aineen kanssa. Kuormituksista on kuitenkin syytä huomata, että kohteissa oli pieni vedenkulutus, mikä vaikuttaa kuormitustuloksiin pienentävästi.

7.6 Vertailu muihin tutkimuksiin

Taulukossa 9 esitetään kootusti jätevesiasetuksen, tämän tutkimuksen, Erikssonin tutkimuksen Ridderstolpen tutkimukset tulokset pitoisuuksina. Tuloksia vertailtaessa on kuitenkin huomattava, että tutkimuksien arvot vaihtelevat paljon ja Suomen olotilat voivat poiketa niistä paljonkin. Verrattaessa tämän tutkimuksen tuloksia kokonaisfosforin osalta Erikssonin tutkimukseen, voidaan havaita pitoisuuksien olevan lähellä toisiaan. Tehdyn tutkimuksen mukaan voidaan katsoa kokonaisfosforipitoisuuden olevan suurempi kuin mitä jätevesiasetuksessa on esitetty. Vertailtaessa Ridderstolpen tutkimuksen ja tämän tutkimuksen tuloksia, voidaan havaita, että kokonaisfosforipitoisuudet ovat Suomessa korkeampia, koska Suomessa ei ole kielletty fosfaattipitoisia pesuaineita.

TAULUKKO 9. Tulosten vertailua pitoisuuksittain mg/l ja kuormituksena g/p/d.

<i>Parametri</i>	<i>Jätevesiasetus</i>	<i>Asuntonäytteiden mediaani</i>	<i>Erikssonin tutkimus</i>	<i>Ridderstolpen tutkimus</i>
Kokonaistyyppi	12,5 mg/l	341,65 mg/l	0,6-5,2 mg/l	0,5-15 mg / l
Kokonaisfosfori	5 mg/l	9,43 mg/l	0,6-27,3 mg/l	1 - 10 mg / l
BOD ₇	375 mg / l	17,36 mg/l	12,6 g/p/d	150 - 400 mg / l

Saunojen pesuvesien pitoisuudet ovat hyvin pieniä. Sama ilmiö havattiin Eriksonin tutkimuksessa. Eriksonin tutkimuksessakin. Yksityskohtaista vertailua tämän ja muiden tutkimusten välillä on vaikea tehdä, mutta voidaan sanoa, että saadut tulokset ovat järkeviä ja linjassa muiden tutkimusten kanssa.

7.7 Tulosten luotettavuus

Näytteenottokehteiden vähyyden vuoksi virhemarginaali tuloksissa on melko iso, jos tuloksien on tarkoitus kuvata tarkkaa haja-asutusalueiden harmaiden jätevesien pitoisuutta ja kuormitusta. Mahdollisia virheitä tuloksiin voi aiheutua näytteenotosta, analyyseistä sekä näytteiden säilytyksistä. Kiinteistöjen omistaja pystyisi vaikuttamaan pitoisuuksiin esimerkiksi juoksuttamalla vettä runsaasti ennen näytteenotokertoja. Myös insinööriyöntekijän oma huolimattomuus voi vaikuttaa pitoisuuksiin sekä näytteenotossa että analyysissä. Tärkeä kysymys myös on, vaikuttaako jäteveden yön yli säilytys pitoisuuksien laimemiseen? Tuloksia onkin lähinnä syytä katsoa kuvaa antavina harmaiden jätevesien pitoisuuksista haja-asutusalueella.

Kemiallista hapenkulutusta on hyvä verrata biologiseen hapenkulutukseen, koska BOD₅:n ja COD:n suhde on yleensä noin 0,6 /18/. Kirjallisuuden perusteella esitetään /19/, että BOD₅-pitoisuus voidaan muuttaa BOD₇-pitoisuudeksi kertomalla BOD₅ 1,17:llä. BOD₇/COD -suhde on tällöin noin 0,7. Taulukossa 10 on esitetty näytteiden COD ja BOD₇ keskiarvot rinnakkain. BOD₇/COD -suhteeksi tulee keskiarvojen osalta 0,62, joka on melko lähellä teoreettista suhdetta. Tämä tukee tulosten luotettavuutta.

TAULUKKO 10. BOD7:n ja COD:n vertailua

Kohde	BOD7 (mg/l)	COD (mg/l)	BOD7/COD suhde
1	256,95	401,88	0,64
2	92,9	486,5	0,19
3	465,67	860,67	0,54
4	1443,5	1452,5	0,99
5	351	720,75	0,49
6	127,3	218,25	0,58
7	507,33	944,33	0,54
8	66,25	206,33	0,32
9	58,33	161,7	0,36
Kohteiden keskiarvot	375,9	608,36	0,62

7.8 Muita havaintoja

Tuloksissa on syytä huomata kohteessa 2, 9.6.2010 tapahtunut näytteenotto, jota edelsi runsas pilaantuneen maidon kaataminen viemäriin. Tästä johtuen näytettä ei saatu analysoituksi. Kohteessa 6 puolestaan suihkuvedet liitettiin sakokaivoon vasta toisen näytteenoton jälkeen, ja pitoisuudet ovatkin sen jälkeen tyyppä lukuunottamatta pienempiä. Tyyppä vaikuttaakin suihkuvedessä olevan enemmän kuin hanavedessä, jos saunojen pesuvesiä vertaamalla kohteeseen 2 ja kahteen kohteeseen 1 näytteeseen.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tarkoituksena oli saada tietoa haja-asutusalueiden harmaiden jätevesien ominaisuuksista. Ominaisuuksista mielenkiinnon kohteena olivat orgaaninen aine, typpi ja fosfori. Tutkimuksessa otettiin harmaiden jätevesien näytteitä yhdeksästä eri kohteesta Kuopion haja-asutusalueella ja tehtiin näytteiden analysointi. Kohteissa seurattiin myös harmaiden jätevesien lämpötilaa sekä tutkittiin vedenkäyttöön liittyviä asioita kyselytutkimuksen avulla. Saatuja tuloksia verrattiin aikaisempiin harmaiden jätevesien laadusta tehtyihin tutkimuksiin sekä haja-asutuksen jätevesiasetuksessa määritettyihin kuormituslukuihin typen, fosforin ja orgaanisen aineen osalta. Kuormituslukukujen paikkaansa pitävyys on tärkeää, koska niitä usein käytetään puhdistamoiden tehokkuutta määritellessä.

Kirjallisuustutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että tutkimuksissa havaitut pitoisuudet vaihtelevat suuresti kohdekohtaisesti. Kuitenkin ulkomailla tehtyjen tutkimusten pitoisuudet ovat saman suuntaisia kuin tässä tutkimuksessa todetut pitoisuudet. Havaitut fosforipitoisuudet ovat korkeampia kuin mitä haja-asutuksen jätevesiasetuksessa esitetään. Tämä selittyy ainakin osittain fosfaattipitoisten pesuaineiden käytöllä. Harmaiden vesien kuormitukset ovat joka tapauksessa niin pienet, että olemassa olevat jäteveden puhdistamot täyttävät jätevesiasetuksen puhdistusvaatimukset selvästi. Kysymys nouseekin, mikä on sopiva tapa puhdistaa harmaat jätevedet, jotta nykyisten asetusten vaatimukset täyttyvät?

Näytteenottotulokset olivat typen ja fosforin pitoisuuksien osalta jonkin verran jätevesiasetusta korkeampia, mutta orgaaninen aine hyvin lähellä. Kuormitukset vastasivat jätevesiasetuksen lukuja, mutta on huomioitava että vedenkulutukset kohteissa olivat melko pieniä. Saunojen pesuvesien pitoisuudet olivat odotetun pieniä. Tulosten luotettavuuden ja edustavuuden kannalta on otettava huomioon, että näytteenottokohteita ja näytteenottokertoja oli vähän. Myös kuormituslaskuissa käytetyt vedenkulutukset perustuivat pääasiassa karkeisiin arvioihin.

Työ oli osa MASU-projektia ja työn yhtenä tavoitteena oli selvittää, pystyykö kiinteistöjen vesilaitteiden ja käytön perusteella ennustamaan jätevesikuormitusta. Verrattaessa veden käyttöä ja kiinteistöjen vesilaitteita saatuihin tuloksiin, ei kuitenkaan pystytty havaitsemaan yhteyttä kuormituksen ja vedenkäytön/vesilaitteiden välillä. Suu-

rimmat havainnot olivat kuivakäymälän suotovesien suuri vaikutus typpipitoisuuteen, sekä sakokaivojen tyhjennyksen vaikutus orgaanisen aineksen määrään. Vakituisten asumisen kohteiden samankaltaisuus johtaa siihen, että nämä kohteet edustavat lähinnä kahden henkilön asuttamia kiinteistöjä Suomen haja-asutusalueella.

Työ onnistui selventämään harmaiden jätevesien ominaisuuksia typen, fosforin ja orgaanisen aineen osalta. Jatkossa tulosten luotettavuutta ja yleensäkin harmaiden jätevesien ominaisuuksien tietoutta voitaisiin parantaa laajemmalla kenttätutkimuksella. Jatkotutkimuksien aiheita harmaista jätevesistä joka tapauksessa tulee riittämään tämänkin työn jälkeen, koska harmaiden jätevesien tutkimusta Suomessa ei ole juurikaan harrastettu aiemmin.

LÄHTEET

- 1 VNA 209/2011. *Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla.* [viitattu 12.2.2011] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110209>
- 2 VNA 542/2003. *Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla.* [viitattu 29.3.2011] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030542>
- 3 Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutti. *Haja-asutuksen jätevesien käsittelyopas suunnittelijoille, rakentajille ja viranomaisille.* [verkkodokumentti, viitattu 30.1.2011] 2005. Saatavissa: http://www.kyyjarvi.fi/filebank/252-jatevesiopas_6_2005.pdf
- 4 Hallitusneuvos, Kaarikivi-Laine, Ulla 6.6.2003. *VNA 542/2003:n perustelumuistio.* [verkkodokumentti, viitattu 30.2.2011] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=7579>
- 5 Fangyue Li - Knut Wichmann - Ralf Otterpohl. *Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses.* Science of the Total Environment 407, 3439–3449. 2009.
- 6 Etelämäki, Lauri, Veden käyttö Suomessa. *Suomen ympäristö 305*, Asuminen, s. 84.1999.
- 7 Eriksson Eva ym. *Characteristics of grey waste water.* Urban Water 4, 85–104. 2002.
- 8 Vilpas, Riikka ym. *Suomen ympäristö 762*, Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – Ravinnesampo. Osa 1: asumisjätevesien käsittely. [viitattu 29.3.2011] 2005. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=37356&lan=fi>

9 Pelto-Huikko, Aino – Vieno, Niina, *Vesikoulu - Tietopaketti juomavedestä ja sen valmistuksesta Suomessa*. [verkkodokumentti, viitattu 12.1.2011] 2009. Saatavissa: http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu_tietopaketti_juomavedesta.pdf

10 Tuukkanen, Markus, *Haasko - koulutus*. Moniste. Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto. 2008.

11 Ridderstolpe Peter.. Introduction to greywater management. EcoSanRes Report 2004 - 4. [verkkodokumentti, viitattu 14.1.2011] 2004. Saatavissa: http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR4web.pdf

12 Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu [online-tietokanta]. 16.3.2011. [viitattu 14.4.2011] www.ymparisto.fi > Vesivarojen käyttö > Vesihuolto > Haja-asutuksen jätevedet > *SYKE:n puhdistamosivusto*. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=304726>

13 Santala, Erkki, *Pienet jäteveden maapuhdistamot*. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 1990.

14 Hyttinen, Tanja, *Saostuskaivojen tehokkuus ympäristökuormituksen vähentämisessä*. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Bio- ja ympäristötekniikan laitos. 2007.

15 Varsinais-Suomen kestävän kehityksen ja energia asioiden palvelukeskus. [online-tietokanta] 28.8.2008 [viitattu 14.2.2011]. [turku.fi](http://www.turku.fi) > VALONIA > Jätevesi > Näytteenottoseuranta > *Harmaavesipuhdistamot*. Saatavissa: <http://www.valonia.fi/public/default.aspx?nodeid=14345&culture=fi-FI&contentlan=1>

16 Hach Company, DR/2010 *Spectrophotometer procedures manual*. [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2011] 2010. Saatavissa: <http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3A4930022286|1>

17 WTW, *Operation manual System OxiTop® Control*. [verkkodokumentti, viitattu 20.4.2011] 2006. Saatavissa: http://www.wtw.de/downloads/manuals/ba31114e05_OxiTop_Control_OC_100.pdf

18 Jyväskylän yliopisto, *Jätevesien käsittelyprosessit ja -laitokset*. Luentomoniste. 2006.

19 Tukiainen, Tuija, *Vesihuoltolaitosten kasvihuonekaasupäästöt Suomessa*. Diplomityö. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. 2009.

LIITE 1. Näytteenotin



KUVA 3. Näytteenottosauva. Valokuva Mikko Litmanen

LIITE 2. Fluke 50D K/J Thermometer



KUVA 4. Lämpötilamittari. Valokuva Mikko litmanen.

LIITE 3. Kuormituskysely

Puhdas vesilähde: _____

Sakokaivot tyhjennettiin viimeksi: _____

Näytteenottopäivän aikana:

Aukkaat lkm _____

Pestiinkö lemmikkejä? K / E

Pestiinkö lasten takapuolia vaipan vaihdon yhteydessä? K / E

Käytettiinkö ruoka-aineita hanan alla? K / E

Käytettiinkö pyykinpesukonetta? K / E

Montako kertaa? lkm _____

Käytetty pesuaine: _____

Pestiinkö astioita? K / E

Montako kertaa? lkm _____

Käsin Käytetty pesuaine: _____

Koneella Käytetty pesuaine: _____

Käytettiinkö suihkua? K / E

Montako kertaa? lkm _____

Käytettiinkö saunaa? K / E

LIITE 4. Analysien tulokset

Päivämäärä	Näyte	Kok-P(mg/l)	Kok-N(mg/l)	Bod7(mg/l)	COD(mg/l)
26. touko	Kohde 1.	7,89	10,5	287	492
09. kesä	Kohde 1.	0,98	3	98,6	150
16. elo	Kohde 1.	9,23	7	123	223
04. loka	Kohde 1.	5,28	10,0	321,0	511,0
05. loka	Kohde 1.	4,7	20,0	349,0	502,0
06. loka	Kohde 1.	12,3	10,0	191,0	275,0
07. loka	Kohde 1.	5,2	10,0	388,0	614,0
08. loka	Kohde 1.	5,8	20,0	298,0	448,0
	Keskiarvo	6,42	11,31	256,95	401,88
26. touko	Kohde 2.	0,33	2	90,1	540
09. kesä	Kohde 2.	>22,83	>250	>2000	>1500
16. elo	Kohde 2.	1,76	8	95,7	433
	Keskiarvo	1,04	5	92,9	486,5
17. kesä	Kohde 3.	17,28	6	304	867
30. kesä	Kohde 3.	24,26	22	603	867
02. heinä	Kohde 3.	>22,83	17	490	848
	Keskiarvo	20,77	15	465,67	860,67
17. kesä	Kohde 4.	21,85	26	1511	>1500
30. kesä	Kohde 4.	21,13	20	2231	>1500
02. heinä	Kohde 4.	12,33	25	1271	1592
12. loka	Kohde 4.	4,97	27	761	1313
	Keskiarvo	15,07	24,5	1443,5	1452,5
17. kesä	Kohde 5.	10,63	155	462	849
30. kesä	Kohde 5.	13,44	210	309	705
02. heinä	Kohde 5.	14,94	220	295	595
27. loka	Kohde 5.	16,04	>250	338	734
	Keskiarvo	13,76	195	351	720,75
23. syys	Kohde 6.	3,2	17	161	284
01. loka	Kohde 6.	1,86	15	151	235
03. marras	Kohde 6.	1,99	26	98,6	173
05. marras	Kohde 6.	1,66	22	98,6	181
	Keskiarvo	2,18	20	127,3	218,25
12. loka	Kohde 7.	9,7	14	530	832
22. loka	Kohde 7.	6,82	15	451	1189
27. loka	Kohde 7.	12,69	19	541	812
	Keskiarvo	9,73	16	507,33	944,33
Asuntojen keskiarvo		9,85	40,97	463,52	726,41
Mediaani		9,43	17,36	341,65	629,18
22. heinä	Kohde 8.	0,03	9	86	177
29. heinä	Kohde 8.	0,09	10	74,7	210
12. elo	Kohde 8.	0,02	7	57,8	232
	Keskiarvo	0,05	8,67	72,83	206,33
22. heinä	Kohde 9.	0,03	7	64,8	169
29. heinä	Kohde 9.	0,07	6	50,3	131
12. elo	Kohde 9.	0,08	9	59,9	185
	Keskiarvo	0,06	7,33	58,33	161,67
Saunojenkeskiarvo		0,05	8	65,58	184

LIITE 5. Kuormitukset laskettuina pitoisuuksien ja vedenkulutuksen perusteella

Päivämäärä	Näyte	Kok-P(mg/l)	Kok-P Kuormitus(g/p/d)	Kok-N(mg/l)	Kok-N Kuormitus(g/p/d)	Bod7(mg/l)	BOD7 Kuormitus(g/p/d)	Vedenkulutus l/p/d
26.5.2010		7,89	0,32	10,5	0,42	287	11,48	40
9.6.2010		0,98	0,04	3	0,12	98,6	3,94	40
19.10.2010		9,23	0,37	7	0,28	123	4,92	40
4.10.2010	Kohde 1.	5,28	0,21	10,0	0,4	321,0	12,84	40
5.10.2010		4,7	0,19	20,0	0,8	349,0	13,96	40
6.10.2010		12,3	0,49	10,0	0,4	191,0	7,64	40
7.10.2010		5,2	0,21	10,0	0,4	388,0	15,52	40
8.10.2010		5,8	0,23	20,0	0,8	298,0	11,92	40
	KESKIARVO	6,42	0,26	11,31	0,45	256,95	10,28	
17.6.2010		17,28	1,38	6	0,48	304	24,32	80
30.6.2010	Kohde 3.	24,26	1,94	22	1,76	603	48,24	80
2.7.2010		>22,83		17	1,36	490	39,2	80
	KESKIARVO	20,77	1,66	15	1,2	465,67	37,25	
17.6.2010		21,85	1,64	26	1,95	1511	113,33	75
30.6.2010		21,13	1,58	20	1,5	2231	167,33	75
2.7.2010	Kohde 4.	12,33	0,92	25	1,88	1271	95,33	75
12.10.2010		4,97	0,37	27	2,03	761	57,08	75
	KESKIARVO	15,07	1,13	24,5	1,84	1443,5	108,26	
17.6.2010		10,63	0,32	155	4,65	462	13,86	30
30.6.2010	Kohde 5.	13,44	0,4	210	6,3	309	9,27	30
2.7.2010		14,94	0,45	220	6,6	295	8,85	30
27.10.2010		16,04	0,48	>250		338	10,14	30
	KESKIARVO	13,76	0,41	195	5,85	351	10,53	
23.9.2010		3,2	0,22	17	1,19	161	11,27	70
1.10.2010	Kohde 6.	1,86	0,13	15	1,05	151	10,57	70
3.11.2010		1,99	0,14	26	1,82	98,6	6,9	70
5.11.2010		1,66	0,12	22	1,54	98,6	6,9	70
	KESKIARVO	2,18	0,15	20	1,4	127,3	8,91	
12.10.2010		9,7	0,58	14	0,84	530	31,8	60
22.10.2010	Kohde 7.	6,82	0,41	15	0,9	451	27,06	60
27.10.2010		12,69	0,76	19	1,14	541	32,46	60
	KESKIARVO	9,73	0,58	16	0,96	507,33	30,44	
	KUORMITUSTEN KESKIARVO		0,7		1,95		34,28	

