

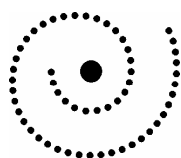


Johanna Lantto
Ismo Lindfors

JOUTSIJÄRVEN JA TUURUJÄRVEN VE- SIENSUOJELUSUUNNITELMA: HAKESUODATUSKOEKET



Porin kaupungin
ympäristötoimisto



Lounais-Suomen
ympäristökeskus



Kullaan kunta



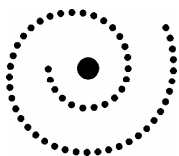
Johanna Lantto
Ismo Lindfors

JOUTSIJÄRVEN JA TUURUJÄRVEN VE- SIENSUOJELUSUUNNITELMA: HAKESUODATUSKOKEET

**PORIN
VESI**



Porin kaupungin
ympäristötoimisto



Lounais-Suomen
ympäristökeskus



Kullaan kunta

Pori 2005

Lantto Johanna, Lindfors Ismo 2005: Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma: hakesuodatuskokeet. Porin Vesi, Lounais-Suomen Ympäristökeskus, Porin kaupungin ympäristötoimisto ja Kullaan kunta. 47 s.

Painopaikka: Porin kaupungin painatuskeskus
Painatusaika: syyskuu 2005

Kansikuva: Hakesuodatin Liesojalla 31.5.2004. Kuva: Ismo Lindfors

Tiivistelmä

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voiko puuhakesuodattimilla pienentää ojia ja puroja pitkin järviin kulkeutuvaa hajakuormitusta. Hakesuodattimilla pyrittiin vähentämään veden kiintoaine-, ravinne- ja humuspitoisuuksia. Hakesuodattimia testattiin neljässä Joutsijärveen tai Tuurujärveen laskevassa ojassa vuosina 2004 ja 2005. Järvet sijaitsevat Satakunnassa Ulvilan kaupungissa entisen Kullaan kunnan alueella. Joutsijärveen yhteydessä oleva Tuurujärvi on Porin kaupungin raakavesilähde.

Hakesuodatuksella saavutettiin toukokuun 2004 ja huhtikuun 2005 välillä parhaimmillaan lähes 50 %:n keskimääräiset kiintoainereduktiot. Kokonaisfosforin keskimääräiset reduktiot vaihtelivat välillä 8–24 %, kokonaistyyppireduktiot välillä 2–10 % ja COD_{Mn}-reduktiot 0 %:sta 8 %:iin.

Kesällä 2005 ainoastaan yhdellä ojalla havaittiin merkittävää kiintoaineen pidättymistä (21 %) suodattimeen. Typpi-, fosfori- tai humusreduktioita ei käytännössä ollut havaittavissa. Fosforireduktion parantamiseksi kokeiltiin kesällä 2005 kalsiumhydroksidin ja kalsiumkarbonaatin lisäämistä suodattimiin. Varsinkin suuret kalsiumyhdisteiden lisäykset paransivat fosforin ja kiintoaineen reduktiotuloksia, mutta vaikutukset olivat lyhytaikaisia.

Tulosten suuri vaihtelu saattaa johtua esimerkiksi virtaama- ja sääolosuhteiden muutoksista sekä hakkeen koostumuksen, hakkeen vaihtovälin ja suodattimien yläpuolella ja väleihin kertyvän lietteen tyhjennysvälin vaihtelusta.

Käyttökelpoiseksi vesiensuojelumenetelmäksi tutkimuksessa käytetty puuhakesuodatintyyppi soveltuu parhaiten melko paljon kiintoainetta sisältäville vesille kovassa maaperässä kulkevissa ojissa ja puroissa, joiden virtaamat ovat pienehköt. Hakesuodattimia olisi mahdollista hyödyntää myös esimerkiksi laskeutusaltaan osana, jolloin suodattimella voitaisiin tehostaa kiintoaineen pidättymistä altaaseen tasaamalla virtaamia.

Hakesuodattimille tulee olla hyvät kulkuyhteydet. Lietteen poisto ja hakkeen vaihto sekä suodattimien tarkkailu aiheuttavat hakesuodattimille suurehkon huoltotarpeen. Myös kustannukset ovat melko korkeat, joten hakesuodatusmenetelmää tulisi kehittää toimivammaksi, ennen kuin hakesuodattaminen olisi kustannustehokas ja varmatoiminen ratkaisu hajakuormituksen pienentämiseksi.

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	5
2 Taustatietoa.....	7
3 Hakesuodatus.....	11
3.1 Hakesuodattimen sijoitus, rakenne ja huolto.....	12
3.2 Tutkimusajat.....	15
3.3 Hakesuodattimissa käytetty hake.....	20
3.4 Hakesuodattimiin kertynyt liete	22
3.5 Fosforin saostaminen kalsiumyhdisteiden avulla	23
4 Sääolot Joutsijärven ja Tuurujärven valuma-alueella 2004–2005.....	24
5 Ojavesien lämpötilat ja vedenkorkeudet tutkimusaikana.....	25
6 Hakesuodatustulokset	27
6.1 Tutkimustulokset toukokuu 2004–huhtikuu 2005.....	27
6.2 Tutkimustulokset touko–elokuu 2005.....	31
6.3 Kesän 2004 ja 2005 tutkimustulosten vertailua	35
7 Hakesuodattinten kustannukset	36
8 Johtopäätökset	37
Lähteet.....	39
Liitteet (3 kpl)	
1. Hakesuodattimen rakenne	
2. Hakesuodattimien vesianalyysitulokset	
3. Bakterianalyysit Liesojan vesinäytteistä	

1 Johdanto

Tämä on Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma: hakesuodatuskokeet -hankkeen loppuraportti. Hanketta ovat rahoittaneet Lounais-Suomen ympäristökeskus Euroopan aluekehitysrahaston ja ympäristöministeriön varoin sekä Porin Vesi, Porin kaupungin ympäristötoimisto ja Kullaan kunta (yhdistyi 1.1.2005 Ulvilan kaupunkiin). Hankkeen vastuullinen taho on Porin Vesi. Hakesuodatuksen tutkimusprojekti on jatkoa vuosina 2001–2004 toteutetulle Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma -hankkeelle.

Hankkeen edistymistä on seurannut ohjausryhmä, joka on kokoontunut virallisesti viisi kertaa. Ohjausryhmän kokouksiin ovat osallistuneet Marja Luntamo (Porin Vesi, puheenjohtaja), Ismo Lindfors (Porin Vesi, sihteeri), Pirkko-Valpasvuo-Jaatinen (Lounais-Suomen ympäristökeskus, hankkeen valvoja), Jari Lampinen (Porin kaupungin ympäristötoimisto), Matti Lankiniemi (Porin kaupungin ympäristötoimisto), Mikko Polvenlahti (Kullaan kunta ja Ulvilan kaupunki), Timo Silver (Lounais-Suomen metsäkeskus), Kaarlo Hilska (Joutsijärven ja Tuurujärven suojeluyhdistys ry), Timo Korkeaaja (Kullaan Restaurointi ja Rakennuspalvelu Oy), Hannu Korkeaaja (Kullaan Restaurointi ja Rakennuspalvelu Oy) ja projektityöntekijä Johanna Lantto.

Porin Vesi ottaa raakavetensä Satakunnassa, Ulvilan kaupungin (31.12.2004 asti Kullaan kunnan) alueella sijaitsevasta Tuurujärvestä, joka on matalien ja kapeiden salmien kautta yhteydessä suurempaan Joutsijärveen. Yhdessä lähi-alueiden kanssa järvet muodostavat myös merkittävän virkistys- ja retkeilyalueen. Molempien järvien veden laatu on lievästi huonontunut viime vuosikymmeninä, mikä on huomattavissa muun muassa levien lisääntymisenä ja järven ruskeavetisyyttä ilmaisevan väriluvun kasvuna. Raakaveden oton aloittaminen Tuurujärvestä vuonna 1989 tasoitti aiemmin Joutsijärven ja Tuurujärven välillä esiintyneitä veden laatueroja. Ravinnetasonsa perusteella Joutsijärvi ja Tuurujärvi ovat reheviä tai lievästi reheviä. (Oravainen 2005, Salonen et al. 2000, Salonen et al. 2001)

Tässä tutkimuksessa testattiin puuhakesuodatinten toimivuutta Joutsijärven ja Tuurujärven laskuojien veden puhdistamiseen. Kullaan restaurointi ja Rakennuspalvelu Oy on kehittänyt luonnonmukaista menetelmää, jolla järviolueiden valumavesien ravinne- ja kiintoaine- ja humuspitoisuuksia voitaisiin vähentää. Suunnitelma puuhakesuodattimista saatettiin käytännön tasolle Joutsijärven valuma-alueella ensimmäisen kerran syksyllä 2003. Tuolloin suodatksesta saatiin melko hyviä tuloksia. Tulokset innoittivat selvittämään menetelmän soveltuvuutta

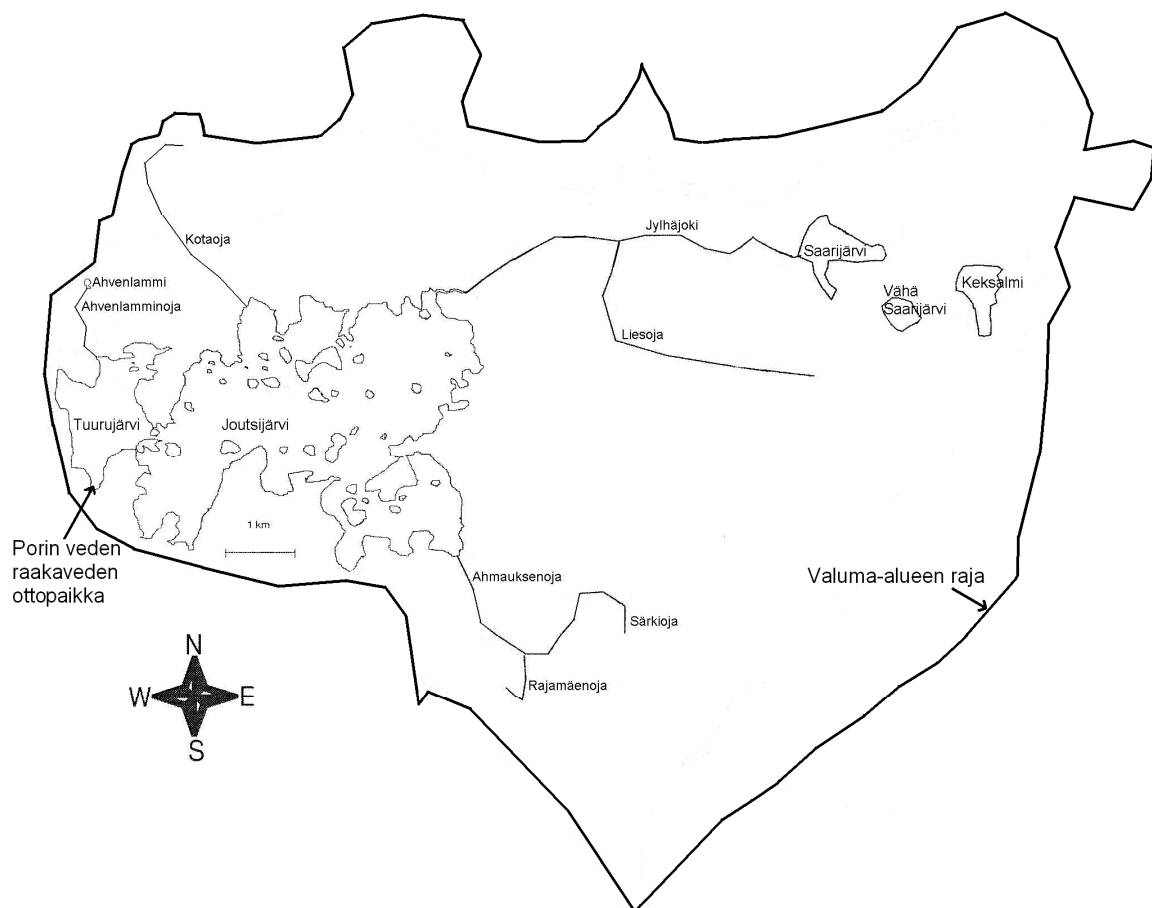
tarkemmin. Porin Vesi käynnisti Joutsijärven ja Tuurujärven vesien-suojelusuunnitelma: hakesuodatuskokeet -hankkeen keväällä 2004.

Joutsijärven ja Tuurujärven vesiekologisen tutkimuksen (Salonen et al. 2000) mukaan Joutsi- ja Tuurujärven valuma-alueelta tuleva ulkoinen ravinnekuormitus vaikuttaa järvien tilaan merkittävämmiin kuin sisäinen ravinnekuormitus. Järviin kohdistettavat vesiensuojelutoimenpiteet on siksi järkevää kohdistaa ensisijaisesti valuma-alueelle. Puuhakesuodattamisen tarkoituksena oli vähentää ojaveden kiintoaine-, humus- ja ravinnepitoisuuksia, pienentää hajakuormitusta ja vaikuttaa näin positiivisesti järvien veden laatuun. Järvien veden hyvä laatu takaisi myös Porin Veden raakaveden käyttökelpoisuuden.

Tämän raportin tarkoituksena on koota hakesuodatustulokset vuosilta 2004 ja 2005. Raportissa analysoidaan hakesuodatinten toimivuutta ja pohditaan siihen vaikuttaneita seikkoja sekä selvitetään hakesuodattimien käytöstä aiheutuvat kustannukset. Lisäksi tarkastellaan hakesuodatinten mahdollisia kehittämismahdollisuuksia.

2 Taustatietoa

Joutsijärvi ja Tuurujärvi kuuluvat Kokemäenjoen vesistöalueeseen. Porin Vesi on ottanut raakavettä Harjakankaan vesilaitokselle Tuurujärven eteläpäästä vuodesta 1989, ja vuonna 2004 vettä vedenotto oli keskimäärin 17 000 m³/d. Joutsijärven ja Tuurujärven yhteisen valuma-alueen suuruus on Lounais-Suomen ympäristökeskuksen mukaan 117 km², josta 3,4 % on peltoa, 56 % metsää ja 30 % suota. Soista vain 5 % on ojittamattomia. Tuurujärven valuma-alue on pääosin karua kangasmaastoa (Oravainen 1997). Joutsijärveen laskevien Jylhäjoen ja Ahmausojan osavaluma-alueet muodostavat 84 % koko valuma-alueesta. Joutsijärven pinta-ala on 840 ha ja Tuurujärven 139 ha. Kuvassa 2.1 on esitetty Joutsijärvi ja Tuurujärvi sekä niiden valuma-alue.



Kuva 2.1. Joutsijärvi ja Tuurujärvi sekä niiden valuma-alue. Muokattu lähteestä Ojala et al. (2002, s. 24).

Joutsijärven ja Tuurujärven pintaa säännöstellään Länsi-Suomen Vesioikeuden päätöksen Nro 32/1978/B mukaisesti. Päätöksen mukaan Joutsijärven vedenkorkeus on yleisesti pyrittävä pitämään mahdollisimman korkealla. Se on tarkoituksenmukaista myös Porin Vedelle, joka haluaa turvata raakaveden saantiin sekä pitää raakaveden mahdollisimman hyvälaatuisena. Vuosina 1980, 1986 ja 1990 tehtyjen kasvillisuuskartoitusten mukaan säännöstelyn ja vedenoton vaikutukset Tuurujärven kasvillisuuteen vaikuttavat olevan vähäisiä. (Ojala et. al 2002)

Vuosien 1999 ja 2001 koekalastusten perusteella Joutsijärven ja Tuurujärven kalasto on rakenteeltaan tyypillinen suomalaisille ruskeavetisille järville. Järvien kalakannat ovat keskenään hyvin samankaltaiset. Särki ja ahven olivat kalaston valtalajit. Kalakanta ei koekalastusten perusteella näyttäisi olevan liian tiheä. Porin Vesi on istuttanut velvoiteistutuksena Joutsijärveen siikaa vuosina 1980–1999 ja kuhaa vuodesta 2000. Siikaistutukset eivät koekalastuksissa vaikuttaneet kovin tuottoisilta. Muun muassa vahvan särkikannan ja suurikokoisten ahventen on todettu heikentävän siikakantaa (Raitaniemi et al. 1998, Raitaniemi 2000). Koekalastusten perusteella Salonen et al. (2000) ja Ojala et al. (2002) päättelivät, että istutetut lajit eivät lisäännä järvessä luontaisesti ja ovat näin täysin istutusten varassa. Kuhalla arveltiin olevan petokalana tummavetisessä järvessä paremmat elinmahdollisuudet. Siksi Joutsijärveen on istutettu vuodesta 2000 alkaen kuhaa. (Ojala et al. 2002, Salonen et al. 2000)

1990-luvun pintavesien käyttökelpoisuusluokittelussa Joutsijärvi luokiteltiin veden laadultaan tyydyttäväksi ja Tuurujärvi välttäväksi. Ravinnetasonsa perusteella Joutsijärvi oli vuonna 2004 lievästi rehevä ja Tuurujärvi rehevä (Oravainen 2005). Porin Vesi on seurannut Joutsijärven ja Tuurujärven veden laatua vuodesta 1982 lähtien kemiallisin ja fysikaalisin mittauksin. Myös Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry tarkkailee vesistön veden laatua. Joutsijärven fosforipitoisuuksissa ja COD_{Mn}-arvoissa, jotka kuvaavat orgaanisen aineen ja humuksen määrää vedessä, ei vuosien 1981 ja 2004 välisenä aikana ole tapahtunut suurta muutosta, mutta Tuurujärven fosforipitoisuudet ovat tuona aikana kasvaneet jonkin verran (Oravainen 2005). Kummassakin järvessä ruskeavetisyyttä kuvaava väriluku on suurentunut vuosien 1972–1999 välisenä aikana. (Salonen et al. 2000).

Sinileviä on aika ajoin havaittu sekä Joutsijärvellä että Tuurujärvellä. Juuri sinilevien ja limalevän (*Gonyostomum semen*) runsastuminen sekä veden ajoittainen samentuminen saivat järvien valuma-alueen asukkaat ja vapaa-ajan asukkaat sekä vedenhankinnasta vastaavat huolestumaan veden laadusta 1990-luvulla. Vuonna 1999 aloitettiin perusselvitys (Salonen et al. 2000), jonka avulla haluttiin kartoittaa Joutsijärven ja Tuurujärven tila. Selvityksessä tutkittiin ulkoisen ravinne-

kuormituksen määrää ja alueellista jakautumista, Joutsijärven sedimentaatiohistoriaa sekä järvien planktonin ja kalaston määrää ja laatua. Tutkimuksella haluttiin tuottaa tietoa järvien ekologisesta tilasta, jotta perustiedot jatkotoimenpiteisiin ryhtymisen varalta ovat olemassa ja mahdolliset järvien tilaa uhkaavat tekijät voidaan tunnistaa ennalta.

Salosen et al. (2000) selvitys sai jatkoa Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma -hankkeesta, jonka avulla on syvennetty tietoa Tuurujärven ja siihen yhteydessä olevan Joutsijärven tilasta ja pohdittu toimenpiteitä veden laadun parantamiseksi. Tutkimuksessa selvitettiin tarkemmin järvien osavalmualueiden ravinnekuormituslähteet ja kuormitusmäärät. Hankkeen loppuraporttina tehtiin järville vesiensuojelusuunnitelma (Ojala et al.), joka valmistui vuonna 2002.

Vesiensuojelusuunnitelmassa (Ojala et al. 2002) arvioitiin Joutsijärven ja Tuurujärven valuma-alueen ravinteiden ulkoinen kuormitus sekä laskennallisesti että mitaten. Laskettujen arvioiden perusteella fosforin ulkoiseksi kuormitukseksi saatiin noin 1 700 kg/a ja typen kuormitukseksi noin 39 000 kg/a. Salonen et al. (2000) arvioivat Joutsijärven ja Tuurujärven fosforikuormitukseksi noin 1 600 kg/a. Fosforikuormitus on huomattavasti typpikuormitusta pienempi, joten fosfori on järvissä minimiravinne eli fosforin osuus järvien rehevöitymisessä on merkittävämpi kuin typen. Salosen et al. tutkimuksen (2000) mukaan ulkoisen fosforikuormituksen vuosittainen sieto Joutsi- ja Tuurujärvessä olisi Vollenweiderin (1975) laskentatapaa noudattaen 764–1 273 kg. Raja-arvon ylittyminen aiheuttaa todennäköisesti järven hidasta rehevöitymistä.

Vesiensuojelusuunnitelman (Ojala et al. 2002) mukaan suurin osa Joutsijärven ja Tuurujärven valuma-alueen kuormituksesta on peräisin perushuuhtoutumasta sekä ilmalaskeumasta. Seuraavaksi eniten kuormittavat metsä- ja maatalous. Kokonaisfosforikuormituksesta yli 50 % on perushuuhtoutuman ja ilmalaskeuman vaikutusta. Arviolta 25 % kuormituksesta on lähtöisin maataloudesta ja 15 % metsätaloudesta. Kokonaistyppikuormituksesta lähes 80 % perushuuhtoutuman ja ilmalaskeuman aiheuttamaa. Seuraavaksi eniten kuormittavat metsätalous (13 %) ja maatalous (10 %).

Jylhäjoen maatilavaltaisella valuma-alueella keskimääräistä enemmän eli puolet kokonaisfosforikuormituksesta aiheutuu maataloudesta ja 12 % metsätaloudesta. Ahmauksenojan valuma-alueella on runsaasti metsiä sekä ojitettuja suoalueita, joten metsätalouden aiheuttama fosforikuormitus on keskimääräistä suurempi eli neljännes kokonaiskuormituksesta. (Ojala et al. 2002)

Salosen et al. (2000) mukaan 84 % Joutsijärveen ja Tuurujärveen virtaavasta ojavedestä on peräisin Jylhäjoesta ja Ahmauksenojasta. Arvioiden mukaan noin 2/3 kaikesta Joutsi- ja Tuurujärveen huuhtoutuvasta fosforista on Jylhäjoen osavalmu-alueelta. Ahmauksenojan kokonaisfosforikuormituksen osuudeksi arvioitiin viidesosa.

Vesiensuojelusuunnitelmassa (Ojala et al. 2002) annettiin kunnostus- ja toimenpidesuosituksia Joutsijärven ja Tuurujärven veden laadun parantamiseksi. Toimenpidesuosituksukset koskivat maa- ja metsätaloutta, ranta- ja haja-asutusta sekä matkailijoita. Kalaistutuksia ja roskakalojen tehopyyntiä kehoitettiin jatkettavan. Vesiensuojelutoimenpiteeksi ehdotettiin myös laskeutusaltaan tai kosteikon rakentamista esimerkiksi Jylhäjoen suuhun. Laskeutusaltaan rakentaminen osoitautui sittemmin teknisesti hyvin vaikeaksi ja tarvittavien lupien hankinnan osalta liian työlääksi. Lisäksi todettiin, että Jylhäjoen suuhun oli muodostunut luontaisesti runsaasti vesikasvillisuutta, joka pidättää ravinteita.

Tämä hakesuodatushanke on teknisesti ja osin taloudellisestikin yhteydessä vuosina 2001–2004 käynnissä olleeseen vesiensuojelusuunnitelma-hankkeeseen. Osana hakesuodatushanketta Joutsijärven Kylmälahteen istutettiin 8.10.2004 Porin Veden normaalin velvoiteistutuksen lisäksi 8 500 yksikesäistä kuhanpoikasta. Porin Veden vuosittainen velvoiteistutus on 10 000 kalanpoikasta.

Tuurujärven ja Joutsijärven suojelusuunitelma -hankkeeseen liittyen Lounais-Suomen metsäkeskus on vuonna 2003 tehnyt selvityksen, jossa tarkasteltiin viime vuosikymmeninä tehtyjä metsätaloustoimenpiteitä ja arvioitiin toimenpiteiden haittoja ja nykytilannetta järvien alueella. Selvityksessä tarkasteltiin myös mahdollisuuksia konkreettisiin vesiensuojelutoimenpiteisiin ja laadittiin yleiset vesiensuojeluohjeet eri toimijoille. (Silver & Seljamo 2003)

3 Hakesuodatus

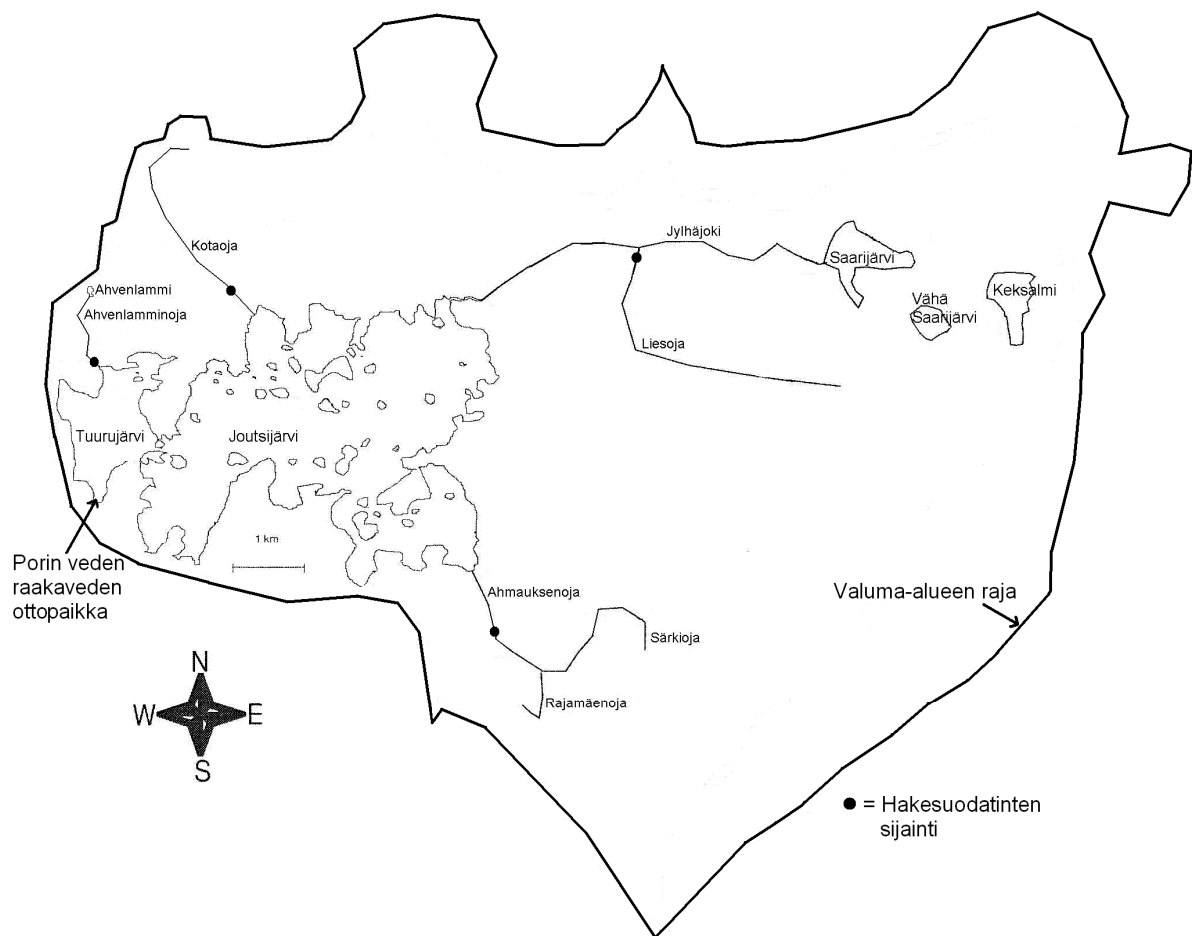
Syksyllä 2003 Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelusuunnitelma-hankkeeseen liittyen testattiin Joutsijärveen laskevalla Kotaojalla uudenlaisten, paikallisen kehitystyön tuloksena syntyneiden puuhakesuodatinten soveltuvuutta ojaveden kiintoaine-, humus- ja ravinnepitoisuuksien vähentämiseen. Kokeilun tulokset vaikuttivat hyviltä. Kiintoaineen reduktio vaihteli välillä 57–97 %, typpi-reduktio välillä 6,8–31 % ja fosforireduktio välillä 24–72 %. Tulosten perusteella hakesuodatusta päätettiin tutkia käytännössä useammalla Joutsi- tai Tuuru-järveen laskevalla ojalla.

Hakesuodatusta menetelmänä on testattu myös jäteveden pienpuhdistamona haja-asutusalueella. Tällöin hakesuodatin poisti 39,4–65,6 % kiintoainetta, 0,5–36,6 % fosforia ja 5–17 % typpeä. (Varjonen 2005)

Puuhaketta on kokeiltu myös turvetuotannon massansiirtoalueilla ja sarkaojilla sateiden aiheuttamien ylivirtaamien tasaamiseksi ja ympäristöhaittojen vähentämiseksi. Hakepadot todettiin tuolloin varteenotettavaksi vaihtoehdoksi massansiirtoalueilla. (Röpelinen 2000)

3.1 Hakesuodattimen sijoitus, rakenne ja huolto

Tässä tutkimuksessa käytettävän puuhakesuodatinmallin on suunnitellut ja kehittänyt Kullaan Restaurointi ja Rakennuspalvelu Oy. Yritys toimi hankkeessa suodatinten toimittajana ja hoitajana. Keväällä 2004 hakesuodattimet asennettiin yhteensä neljään laskuojaan, Ahmauksenojaan ja Kotaojaan, jotka laskevat Joutsijärveen, Liesojaan, joka yhtyy Joutsijärveen laskevaan Jylhäjokeen sekä Ahvenlamminojaan, joka laskee Tuurujärveen. Kuvassa 3.1 on esitetty tutkimusojien ja hakesuodatinten sijainti.



Kuva 3.1.1. Tutkimusojien ja puuhakesuodatinten sijainti. Muokattu lähteestä Ojala et al. (2002, s. 24).

Puuhakesuodatin koostuu kolmesta rautakehikosta, jotka asetellaan ojaan noin metrin välein. Rautakehikot asetetaan ojaan poikittain niin, että niiden päät ovat ojanpientareilla. Rautakehikkoon ripustetaan verkkoa siten, että syntyvän tilan sisälle voidaan asettaa muovisissa verkkosäkeissä olevaa puuhaketta. Hakkeella täytetyt noin 50 litran verkkosäkit sijoitetaan kehikkoihin tiivisti siten, että ojan koko vesimäärä virtaa hakkeen läpi. Hakesuodattimen rakenne on esitetty liitteessä 1. Kuvassa 3.1.2 on Ahvenlamminojalle sijoitettu puuhakesuodatin. Kotaojassa käytettiin rautakehikoiden sijaan puurakennelmaa, joka toimi pienessä ja kovareunaisessa ojassa hyvin. Kuvassa 3.1.3 näkyy Kotaojalla käytetty puuhakesuodatin.



Kuva 3.1.2. Hakesuodatin Ahvenlamminojalla 19.8.2005.



Kuva 3.1.3. Puurakenteinen hakesuodatin Kotaojalla 1.7.2005.

Hakesuodattimet sijoitettiin järviin laskeviin puroihin ja ojiin, joiden virtaamat ovat keskenään erisuuruisia. Sijoituspaikkaan vaikuttivat myös ojanpientareiden sekä ojanpohjan maalaji. Sopivin hakesuodattimen sijoituspaikka on kovapientareinen sekä -pohjainen oja. Saviset ja liian pehmeät ojanpientareet aiheuttivat käytössä ongelmia, kun suodattimen rautakehikot eivät pysyneet kunnolla paikallaan, ja virtaava vesi syövytti maata siten, että vesi pääsi kiertämään suodattimet sivutai alakautta. Paikka oli valittava myös siten, että suodatinten yläpuolella oleviin altaisiin kertynyt liete saatiin poistettua. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että paikan läheisyyteen tuli päästä loka-autolla.

Hakesuodattimet tarkastettiin tutkimuksen aikana säännöllisesti. Hakesäkkejä lisättiin mahdollisuuksien mukaan veden noustessa, jotta kaikki vesi menisi hakkeen läpi. Muutamilla ojilla ojanpientareiden pehmeys aiheutti työtä, sillä hakesuodattimien rautakehikot lähtivät liikkumaan piennarten pettäessä. Ongelmia hakesuodattimille aiheuttivat myös alueella elävät majavat, jotka rikkoivat hakesuodattimien verkkoja. Ne myös kaivoivat ojanpientareille kulkureittejään aiheuttaen pientareiden heikentymistä ja veden karkaamista ohi suodattimien.

3.2 Tutkimusojat

Ahmauksenoja laskee Joutsijärven kaakkoisosaan Ahmauslahteen. Noin viidesosa Joutsijärven kokonaisfosforikuormituksesta on peräisin Ahmauksenojasta (Ojala et al. 2002). Särkiojan ja Rajamäenojan vedet valuvat Ahmauksenojaan. Ojien valuma-alueella on runsaasti metsiä ja ojitettuja suo-alueita, ja Ojala et al. (2002) arvioikin, että 25 % eli keskimääräistä suurempi osa fosforikuormituksesta on metsätalouden aiheuttamaa. Ahmauksenojan pien-tareet ovat hyvin pehmeitä, mikä aiheutti ongelmia hakesuodattimen toimivuudelle. Virtaaman ollessa suuri vesi syövytti maata ja pääsi ohittamaan suodattimet sivukautta. Veden korkeus vaihteli hyvin paljon sateiden ja valuman mukaan. Ojan virtaamat vaihtelivat tutkimusaikana välillä 25–560 l/s. Suurin virtaama mitattiin Ahmauksenojalla 9.8.2005 runsaiden sateiden jälkeen. Kuva 3.2.1 on otettu Ahmauksenojalta 9.8.2005. Keskimäärin virtaama oli tutkimusaikana noin 100 l/s.



Kuva 3.2.1. Ahmauksenojan hakesuodatin 9.8.2005 virtaaman ollessa 560 l/s.

Ahmauksenojan hakesuodattimeen tulevan veden kemiallinen hapenkulutus mitattuna COD_{Mn} -lukuna vaihteli välillä 14–55 mgO_2/l . Kiintoainetta vedessä oli keskimäärin yli 16 mg/l . Värin vaihteluväli tutkimusaikana oli 120–750 Pt mg/l ja sameuden 2,1–83,0 FNU. Veden kokonaisfosforista (keskimäärin 48 $\mu g/l$) noin 60 % oli liuenneessa muodossa. Liukoisesta fosforista yli 95 % oli fosfaattifosforia.

Ahvenlamminoja saa alkunsa Ahvenlammesta ja laskee Tuurujärven luoteisosaan. Ojan virtaamaa ei mitattu, mutta silmämääräisesti virtaama oli pieni. Oja on yläjuoksulla alle metrin levyinen, mutta levenee järveä lähestyessä noin puolitista metriä leveäksi. Ojan kokonaispituus on noin 1,5 km ja ojan valuma-alue on kangasmaastoa. Ahvenlamminojan hakesuodattimeen tulevassa vedessä oli kiintoainetta keskimäärin 12 mg/l eli jonkin verran enemmän kuin Kotaojassa. Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) vaihteli tutkimusaikana välillä 25–48 mgO_2/l . Väriarvo oli tutkimusaikana 160–750 Pt mg/l ja sameus 2,4–34,5 FNU. Veden kokonaisfosforiarvo oli keskimäärin 71 $\mu\text{g/l}$, josta noin 70 % oli liukoista fosforia. Liukoisesta fosforista noin 60 % oli fosfaattimuodossa.

Kotaoja on pienivirtaamainen oja, joka laskee Joutsijärven luoteisosaan. Ojan leveys hakesuodattimien sijoituspaikalla on noin metri ja syvyys noin 50 cm. Oja saa alkunsa ojitetulta Pitkäsuolta ja virtaa sieltä noin 3 km:n matkan kangasmaaston läpi Joutsijärveen. Kotaojaan sijoitetun puuhakesuodattimen sekä yläettä alapuolella on majavan patorakennelmat, jotka patoavat vettä ja tasaavat virtausta jonkin verran. Kuvassa 3.2.2 näkyy Kotaojan puurakenteinen hakesuodatin. Kotaojan vedessä on vähän kiintoainetta ja se on kirkasta muihin tutkimuksen ojavesiin verrattuna. Veden kemiallinen hapenkulutus on kuitenkin melko suuri. Hakesuodattimeen tulevan veden COD_{Mn} -arvot vaihtelivat tutkimusnäytteissä välillä 33–69 mgO_2/l . COD_{Mn} -lukujen keskiarvo oli 45 mgO_2/l eli orgaanista ainetta oli vedessä paljon. Väriluvut vaihtelivat välillä 180–450 Pt mg/l ja sameus välillä 1,6–24,0 FNU. Veden kokonaisfosfori oli tutkimusaikana keskimäärin 62 $\mu\text{g/l}$, ja siitä noin 80 % oli liuenneessa muodossa. Noin 70 % liukoisesta fosforista oli fosfaattifosforia.



Kuva 3.2.2. Kotaojan hakesuodatin 1.7.2005.

Liesoja yhtyy Jylhäjokeen, joka laskee Joutsijärven koillisosaan. Liesoja virtaa läpi maatalousvaltaisen alueen. Osa valumavedestä on peräisin ojitetuilta suo-alueilta. Joutsi- ja Tuurujärven kokonaisfosforikuormituksesta 2/3 tulee Jylhäjoen valuma-alueelta. Tästä Jylhäjoen fosforikuormituksesta lähes puolet on peräisin Liesojasta. Suurin osa Jylhäjoen kiintoaineesta tulee myös Liesojasta. Liesojan virtaama oli tutkimusaikana keskimäärin yli 100 l/s. Virtaamavaihtelu on Liesojassa kuitenkin huomattavasti pienempää kuin Ahmauksenojassa. Liesojan vesi on sameaa ja sisältää melko paljon kiintoainetta (keskimäärin 17 mg/l). Kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) vaihteli tutkimusaikana välillä 22–69 mgO_2/l . Värilukujen vaihteluväli tutkimusaikana oli 140–800 Pt mg/l ja sameuden vaihteluväli 5,7–111 FNU. Kokonaisfosforia oli ojavedessä keskimäärin 62 $\mu\text{g/l}$, josta noin 60 % oli liuenneena veteen. Noin 60 % liukoisesta fosforista oli fosfaattimuodossa. Liesojan puuhakesuodatin näkyy kuvassa 3.2.3. (Ojala et al. 2002)



Kuva 3.2.3. Liesojan hakesuodatin 1.7.2005.

Taulukoihin 3.2.4, 3.2.5 ja 3.2.6 on koottu tutkimusojien hakesuodattimiin tulevien vesien analyysitulosten vaihteluvälit ja keskiarvot touko–elokuussa 2004, syyskuussa 2004–huhtikuussa 2005 ja touko–elokuussa 2005. Edellä tekstissä esiintyneet pitoisuuksien keskiarvot on laskettu koko tutkimusajalta.

Taulukko 3.2.4. Tutkimusojien veden laatu ennen hakesuodattimia touko–elokuussa 2004.

touko–elokuu -04		Ahmauksenoja	Ahvenlamminoja	Kotaoja	Liesoja
Kiintoaine (mg/l)	vaihteluväli keskiarvo	5,5 - 43 15,6	1,7 - 24 7,6	38,0	5,2 - 27 15,0
COD _{Mn} (mgO ₂ /l)	vaihteluväli ka.	14,0 - 50,0 28,2	25 - 37,0 31,2	57	22,0 - 69,0 36,5
Kokonaisfosfori (µg/l)	vaihteluväli ka.	20 - 62 34	27 - 120 61	180	22 - 87 48
Kokonaistyyppi (µg/l)	vaihteluväli ka.	470 - 1 510 700	690 - 1 100 880	1540	790 - 1590 1040
pH	vaihteluväli ka.	4,8 - 5,4 5,1	5,7 - 6,5 6,0	6,1	5,1 - 6,3 5,8
Väri (mg/l Pt)	vaihteluväli ka.	120 - 400 240	160 - 300 250	400	140 - 800 340
Sameus (FNU)	vaihteluväli ka.	5,6 - 22 10,5	3,5 - 28 9,0	24,0	5,7 - 92 26,7
Sähkönjohtavuus	vaihteluväli ka.	9,7 - 18,8 12,4	6,1 - 61 15,7	5,3	8,5 - 11,3 10,3

Taulukko 3.2.5. Tutkimusojien veden laatu ennen hakesuodattimia syyskuussa 2004–huhtikuussa 2005.

syyskuu 2004– huhtikuu 2005		Ahmauksenoja	Ahvenlamminoja	Kotaoja	Liesoja
Kiintoaine (mg/l)	vaihteluväli keskiarvo	2,6 - 64 26,3	4,4 - 94 24,4	0,9 - 28 12,4	7,0 - 23 14,3
COD _{Mn} (mgO ₂ /l)	vaihteluväli ka.	27,0 - 46,0 37,3	28,0 - 47,0 34,5	35,0 - 69,0 49,8	26,0 - 46,0 32,3
Kokonaisfosfori (µg/l)	vaihteluväli ka.	14 - 73 53	22 - 98 48	17 - 100 42	22 - 69 45
Kokonaistyyppi (µg/l)	vaihteluväli ka.	760 - 1 110 980	820 - 1 160 960	770 - 1 220 1010	1 050 - 1 860 1290
pH	vaihteluväli ka.	4,7 - 5,8 5,2	5,2 - 6,5 5,7	5,0 - 6,0 5,3	4,9 - 6,0 5,2
Väri (mg/l Pt)	vaihteluväli ka.	160 - 450 280	180 - 300 230	180 - 450 320	160 - 500 260
Sameus (FNU)	vaihteluväli ka.	2,1 - 83,0 21	3,2 - 16 8,9	2,2 - 11 5,6	6,6 - 37 19,8
Sähkönjohtavuus	vaihteluväli ka.	7,5 - 27 12,5	6,1 - 77 18,8	3,5 - 4,8 4,2	8,9 - 13,5 11,1

Taulukko 3.2.6. Tutkimusojien veden laatu ennen hakesuodattimia touko–elokuussa 2005.

touko–elokuu -05		Ahmauksenoja	Ahvenlamminoja	Kotaoja	Liesoja
Kiintoaine (mg/l)	vaihteluväli keskiarvo	4,1 - 22,9 11,3	1,3 - 30,8 8	1,1 - 8,8 3	8,0 - 33,8 19,1
COD _{Mn} (mgO ₂ /l)	vaihteluväli ka.	24,4 - 54,7 33,1	26,8 - 47,6 33,3	33,1 - 48,6 41,3	31,0 - 47,8 40,8
Kokonaisfosfori (µg/l)	vaihteluväli ka.	29 - 130 52	42 - 226 93	43 - 111 62	42 - 128 85
Kokonaistyppe (µg/l)	vaihteluväli ka.	700 - 1 510 1040	810 - 1 900 1320	810 - 1 000 920	600 -1 320 1050
pH	vaihteluväli ka.	5,5 - 6,0 5,8	5,9 - 6,3 6,1	4,6 - 6,2 5,9	5,7 - 6,3 6
Väri (mg/l Pt)	vaihteluväli ka.	165 - 750 320	160 - 750 300	240 - 360 280	180 - 750 400
Sameus (FNU)	vaihteluväli ka.	3,5 - 34,3 11,2	2,4 - 34,5 11	1,6 - 6,8 3,4	7,8 -111 37,3
Sähkönjohtavuus	vaihteluväli ka.	8,7 - 15,5 10,5	6,4 - 7,5 7	3,7 - 5,9 4,4	7,9 - 11,6 10

Kesien 2004 ja 2005 vesien analyysitulokset eivät juurikaan poikkea toisistaan. Kotaojan veden kesän 2004 analyysitulokset eivät ole vertailukelpoisia vuoden 2005 kanssa, sillä Kotaojasta otettiin touko–elokuussa 2004 vesinäyte vain kerran.

Syyskuussa 2004–huhtikuussa 2005 Ahmauksenojalta, Ahvenlamminojalta ja Kotaojalta otetuissa näytteissä oli kiintoaineiden keskiarvo suurempi kuin kesä–näytteissä. Myös kemiallinen hapenkulutus oli syys–huhtikuussa näillä ojilla jonkin verran suurempi. Liesojassa sekä kiintoainepitoisuus että kemiallinen hapenkulutus olivat syys–huhtikuussa pienempiä kuin kesinä 2004 ja 2005. Syys–huhtikuussa otettujen näytteiden keskiarvot ovat vain suuntaa antavia, sillä näytteitä ei otettu lainkaan joului-, helmi- ja maaliskuussa.

3.3 Hakesuodattimissa käytetty hake

Puuhakesuodattimissa käytettiin kuorellista, karkeahkoa noin vuoden vanhaa, jonka keskimääräinen raekoko oli noin 2–4 cm. Hake oli tarpeeksi karkeaa, jotta suodatin läpäisi hyvin vettä, eikä nostanut veden pintaa liikaa. Vuonna 2004 käytetty hake oli sekahaketta, jossa oli sekä havu- että lehtipuuta. Toukokuusta 2005 lähtien Liesojassa ja Ahmauksenojassa käytettiin koivuhaketta. Hakkeet vaihdettiin tutkimuksen aikana Liesojaan ja Ahmauksenojaan kolme kertaa: 13.7.2004, 19.10.2004 ja toukokuussa 2005 (Liesojaan 17.5.2005 ja Ahmauksenojaan 21.5.2005). Ahvenlamminojaan hakkeet vaihdettiin kahdesti: 13.7.2004 ja 19.10.2004. Kotaojaan suodatinhake vaihdettiin syyskuussa 2004. Suodatinhake näytti silmämääräisesti keräävän hyvin humusta, sillä se muuttui käytössä tummaksi ja humuspäälysteiseksi kuten kuvasta 3.3.1 näkyy. Kuvan hake on ollut käytössä suodattimessa noin seitsemän kuukautta.

Hakkeita vaihdettaessa pidettiin huolta siitä, että suodattimien yläpuolelle kertynyt liete ei pääsisi karkaamaan virran mukana. Hakkeet vaihdettiin järjestyksessä ylimmästä suodattimesta alimpaan siten, että vesi virtasi koko ajan ainakin kahden suodattimen läpi. Ensimmäisellä ja toisella hakkeenvaihtokerralla (13.7.2004 ja 19.10.2004) myös lietteen poistettiin Liesojan ja Ahvenlamminojan hakesuodattimien yläpuolelta. Ahmauksenojasta lietettä poistettiin yhtäaikaan hakkeen vaihdon kanssa vain toisella hakkeenvaihtokerralla 19.10.2004.



Kuva 3.3.1. Hakesuodattimessa käytettyä puuhaketta.

Suodatinhakkeen pinnalle muodostui ainakin lämpimän veden aikaan bakteerimassaa. Kuvassa 3.3.2 on 100-kertainen mikroskooppisuurennos märän hakkeen pinnalta kesällä 2004 otetusta näytteestä.



Kuva 3.3.2. 100-kertaisesti suurennettu mikroskooppikuva hakkeen pinnalta otetusta näytteestä.

Käytetty hake poltettiin Metsäopiston kattilassa tai käytettiin puutarhassa kateaineeksi. Kuvassa 3.3.3 näkyy puutarhakatteena käytettyä suodatinhaketta.



Kuva 3.3.3. Hakesuodattimien käytettyä haketta puutarhan kateaineeksi.

3.4 Hakesuodattimiin kertynyt liete

Hakesuodattimet hidastavat virtausta, jolloin osa kiintoaineesta laskeutuu ojan pohjalle suodattimien yläpuolelle tai niiden väliin. Tätä laskeutuvaa tai laskeutunutta lietettä poistettiin tutkimuksen aikana joka ojasta kaksi kertaa: 13.7.2004 (Ahmauksenojasta 20.7.2004) ja 19.10.2004. Yleensä lietettä poistettiin 10 m³ kerrallaan yhdestä ojasta. Kotaojasta poistettiin ensimmäisellä kerralla 12 m³ ja Ahmauksenojasta 20 m³. Poistettu liete sijoitettiin metsäalueille kohteisiin, joista tämä vesistökuormitusta aiheuttava materiaali ei pääse virtaamaan takaisin vesistöön. Kuvasta 3.4.1 näkee poistetun lietteen kiinteähkön olomuodon.

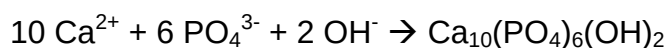


Kuva 3.4.1. Puuhakesuodattimen yläpuolelta poistettua lietettä.

3.5 Fosforin saostaminen kalsiumyhdisteiden avulla

Fosforin reduktion parantamiseksi kokeiltiin kahdella ojalla kalsiumpohjaisten tuotteiden lisäämistä suodatinrakenteeseen. Kalsiumin ja fosforin välistä saostumisreaktiota käytetään usein muun muassa jätevesien fosforin poistoon. Kotaojan hakesuodattimeen lisättiin kalsiumhydroksidia (Ca(OH)_2) joka oli suodatinurakoitsijan itsetekemää. Ahvenlamminojan suodattimeen lisättiin raekooltaan Nordkalkin 1–3 mm:n kalkkikivirouhetta eli kalsiumkarbonaattia (CaCO_3), tuotenimeltään NK Parfill 1/3000. Molemmat tuotteet lisättiin suodattimeen verkosäkeissä.

Kalsiumhydroksidia lisättiin Kotaojaan kaksi kertaa: 15.6.2005 ja 23.7.2005. Molemmilla kerroilla kalsiumhydroksidia laitettiin suodattimeen 27 litraa. Kalsiumhydroksidi asetettiin keskimmäiseen suodattimeen muutamassa säkissä. Kalsiumhydroksidi eli sammutettu kalkki muodostaa vedessä kalsiumioneja ja reagoi fosfaatti-ionien kanssa, jolloin syntyy hydroksyyliapatiittia seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



Yleensä kalkkia tarvitaan runsaasti, jotta saataisiin riittävän hyvin laskeutuvia hiutaleita. Kalsiumin ja fosfaatin saostumisreaktio on hyvin riippuvainen pH:sta. Kalsium ja fosfori reagoivat paremmin, mikäli vesi on emäksistä. (Pleym et al. 1991)

Kalkkikivirouhetta lisättiin Ahvenlamminojaan yhteensä kolme kertaa: 15.6.2005 37 litraa, 29.6.2005 54 litraa ja 23.7.2005 vielä 36 litraa. Kalkkikivirouhesäkit asetettiin keskimmäiseen suodattimeen hakesäkkien päälle ja viereen. Kalsiumkarbonaatti hajoaa vedessä kalsium- ja karbonaatti-ioneiksi, jotka reagoivat vedessä olevien fosfaattien kanssa.

4 Sääolot Joutsijärven ja Tuurujärven valuma-alueella 2004–2005

Vuosi 2004 oli keskimääräistä sateisempi. Varsinkin kesä oli viileä ja poikkeuksellisen sateinen. Lumet sulivat huhtikuussa. Vettä ei tuolloin satanut juuri lainkaan, joten valuma pysyi pienenä. Toukokuu alkoi poikkeuksellisen lämpimänä. Viikon hellejakso kuun alussa lämmitti pintavedet, jotka kuitenkin viilenivät myöhemmin ajanjaksolle tyypillisiksi. Toukokuussa satoi tavanomaista enemmän. Sää jatkui poikkeuksellisen sateisena kesäkuussa. Purot ja joet virtasivat voimakkaasti ja järvien vedenpinnat nousivat. Myös hajakuormitus voimistui valumien kasvaessa. Säätyyppi jatkui heinäkuussakin sateisena. Vasta elokuussa sää muuttui lämpimämmäksi. Kuurosateita saatiin sen verran, että veden pinnat olivat loppukesälläkin korkealla ja virtaamat pysyivät normaalia suurempina. Syyskuun sää jatkui epävakaisena, mutta lämpimänä. Sateita tuli normaalia enemmän. Järvet jäätivät marraskuun puolenvälin jälkeen. Lämpimän syksyn takia järvien vesimassat jäivät lämpimiksi. Vielä joulukuussakin satoi normaalia enemmän, ja virtaamat ja vedenkorkeudet olivat tavanomaista suurempia. (Oravainen 2005, Suomen ympäristökeskus 2004)

Tammikuu 2005 oli selvästi tavanomaista lauhempi ja sateisempi. Helmi- ja maaliskuu olivat kuivempia ja kylmempiä, mutta vedenkorkeudet pysyivät edelleen keskimääräistä korkeammalla. Järvien ja jokien jäät alkoivat haurastua maaliskuun lopulla ja lumet sulivat vauhdilla huhtikuun alun lämpimässä säässä. Huhtikuun loppu ja toukokuu olivat viileitä. Kesäkuu alkoi koleassa säässä, mutta ilmat lämpenivät kuun puolivälin tienoilla. Kesäkuun loppupuoli oli normaalia viileämpi. Heinäkuun alkupuoli oli helteinen ja vähäsateinen. Heinäkuun loppu ja elokuu olivat normaalia sateisempia. Kuurosateita saatiin lähes joka päivä. (Oravainen 2005, Suomen ympäristökeskus 2005)

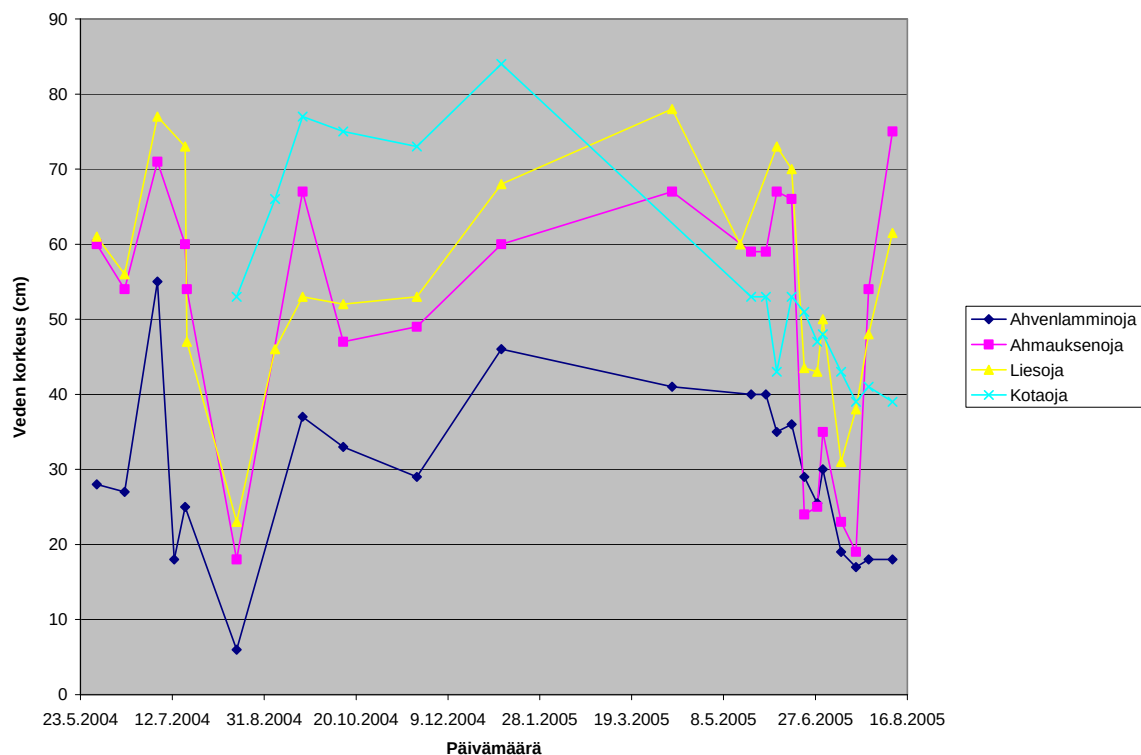
5 Ojavesien lämpötilat ja vedenkorkeudet tutkimusaikana

Ojavesien lämpötilat nousivat korkeimmillaan yli 18 asteeseen. Vuonna 2004 vedet olivat lämpimimmillään heinäkuun alussa ja vuonna 2005 heinäkuun puolivälissä. Kesä-elokuun ojavesien keskimääräinen lämpötila oli 12,5 °C. Taulukossa 5.1 on esitetty ojavesien lämpötilat tutkimusaikana.

Taulukko 5.1. Tutkimusojien vesien lämpötilat 1.6.2004–8.8.2005.

Päivämäärä	Kotaoja	Ahmauksenoja	Liesoja	Ahvenlamminoja
	lämpötila/ ° C	lämpötila/ ° C	lämpötila/ ° C	lämpötila/ ° C
1.6.2004		7	7	5
16.6.2004		10	10	10
4.7.2004		17	16	18
19.7.2004	13	12	13	12
16.8.2004	14	14	14	14
6.9.2004	13	13	13	
21.9.2004	11	11	11	11
13.10.2004	3	3	3	3
10.4.2005	5	2	2	5
23.5.2005		11		9
31.5.2005	6,8	8,1		6,9
6.6.2005	9	10,4	10,5	10,4
14.6.2005	10	11,6	11,6	11,4
21.6.2005	11,9	12,6	12,5	13,2
28.6.2005	10,7	10,6	11,3	11,7
1.7.2005	11,3	11,5	11,7	11,5
11.7.2005	15,4	15	15,1	18,7
19.7.2005	14,4	15,5	15,1	15,4
26.7.2005	13,2	13,9	14,3	13,7
8.8.2005	12,2	12,3	12,6	12,4

Vesi oli tutkimusojissa alkukesällä 2004 melko korkealla. Korkeimmilleen vesi nousi heinäkuun 2004 alussa. Elokuun 2004 puoliväliin mennessä ojien vedenpinnat olivat laskeneet noin puoli metriä heinäkuun huippuarvoista. Talveksi vesi nousi kaikissa ojissa ja vettä oli keväälläkin 2005 runsaasti. Kesäkuun 2005 puolivälissä veden korkeudet laskivat kevään arvoista, ja kesä–heinäkuussa 2005 veden korkeudet vaihtelivat sateiden ja valumien mukaan. Heinäkuun loppupuolelta saakka Ahmauksenojan ja Liesojan veden korkeudet nousivat runsaasti ja 8.8.2005 Ahmauksenojalla mitattiin suurin virtaama koko tutkimusaikana. Kuvan 5.2 kuvaajassa on esitetty tutkimusojien veden korkeudet ajalla 1.6.2004–8.8.2005.



Kuva 5.2. Tutkimusojien veden korkeudet aikavälillä 1.6.2004–8.8.2005.

6 Hakesuodatustulokset

6.1 Tutkimustulokset toukokuu 2004–huhtikuu 2005

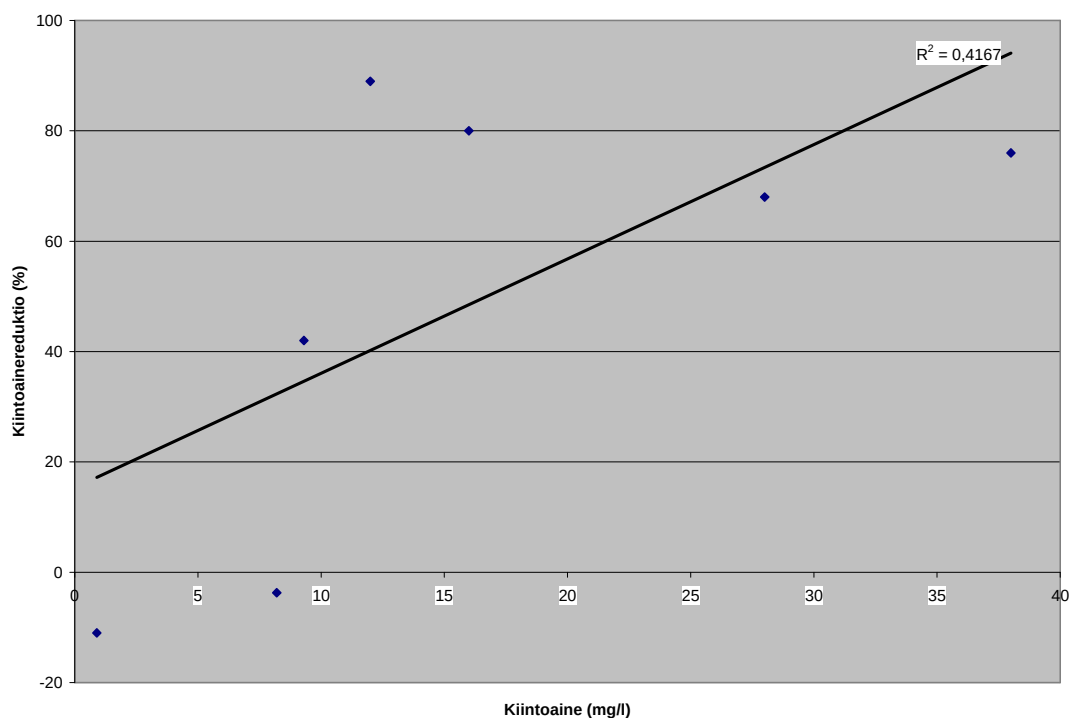
Puuhakesuodattimet asennettiin paikoilleen kolmeen ojaan toukokuussa 2004 ja Kotaojaan kesäkuussa 2004. Kesän 2004 aikana otettiin näytteitä noin kaksi kertaa kuukaudessa. Loka- ja marraskuussa haettiin yhdet näytteet, jonka jälkeen näytteet otettiin vielä kerran tammikuussa ja huhtikuussa. Joka ojalta otettiin vesinäyte ennen suodattimia ja suodattimien jälkeen. Vesinäytteet pyrittiin ottamaan tarpeeksi kaukaa (n. 10–15 m) ennen suodattimia, jotta suodattimien yläpuolelle kertynyt liete ja kelluva kiintoaine eivät vaikuttaisi tuloksiin. Vesinäytteet lähetettiin analysoitaviksi Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen laboratorioon Tampereelle. Vesistä analysoitiin pH, sähkönjohtavuus, sameus, väri, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, COD_{Mn} ja kiintoaine. Taulukossa 5.1.1 on esitetty kiintoaineen, COD_{Mn}:n, kokonaisfosforin ja kokonaistypen keskimääräiset reduktiot hakesuodatinajoilla aikavälillä 13.5.2004–10.4.2005. Vesianalyysien tarkat näytteenottokertakohtaiset tulokset selviävät liitteestä 2.

Taulukko 6.1.1. Tutkimusojien kiintoaineen, COD_{Mn}:n, kokonaisfosforin ja kokonaistypen keskimääräiset reduktiot 13.5.2004–10.4.2005.

	Kiintoaine-reduktio	COD _{Mn} -reduktio	Kok.tyyppi-reduktio	Kok.fosfori-reduktio
Ahmauksenoja	30 %	8 %	10 %	24 %
Ahvenlamminoja	40 %	1 %	5 %	16 %
Kotaoja	49 %	4 %	9 %	8 %
Liesoja	17 %	0 %	2 %	8 %

Vuoden 2004 kesä ja syksy olivat sateisia, mikä nosti ojien valuma-alueiden valumia ja ojien virtaamia. Suodattimien hakesäkipinoja koottiin niin korkeiksi, kuin se padotuksen kannalta oli mahdollista. Silti osa (arviolta 20 %) huippuvirtaamista ylitti tai ohitti suodattimet.

Vesien kiintoainepitoisuudet vähenivät suodatuksessa keskimäärin 17–49 %. Paras kiintoaineen reduktiotulos oli Kotaojalla (49 %). Ahvenlamminojalla kiintoaineen keskimääräinen reduktio oli 40 %, Ahmauksenojalla 30 % ja Liesojalla 17 %. Parhaiten kiintoainetta pidättyi suodattimiin, kun tulevan veden kiintoainepitoisuus oli korkea. Kuvan 5.1.2 kuvaajasta näkee kiintoainereduktion lineaarisen korrelaation suodattimeen tulevan veden kiintoainepitoisuuteen Kotaojalla 16.8.2004–10.4.2005 välisenä aikana. Myös muilla ojilla oli havaittavissa samantyyppinen korrelaatio. Suodattimiin tulevan veden kiintoainepitoisuuksilla ei havaittu olevan suoraa verrannollisuutta veden lämpötilaan tai veden korkeuteen. Sen sijaan kiintoainereduktiot kasvoivat hieman virtaaman kasvaessa.



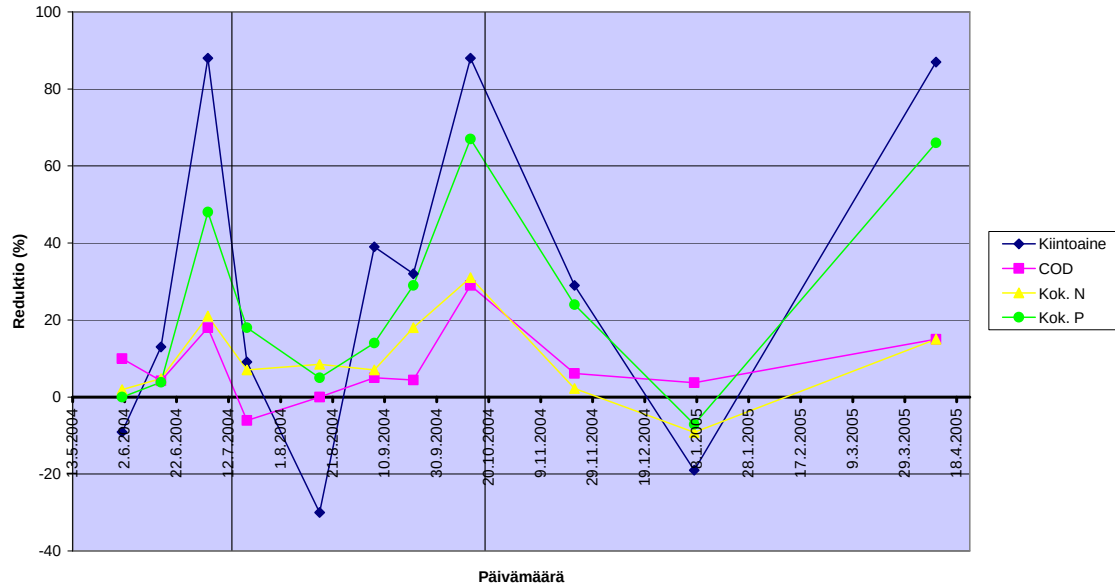
Kuva 6.1.2. Kiintoainereduktion riippuvuus kiintoaineen määrästä Kotaojalla 16.8.2004–10.4.2005.

Kemiallinen hapenkulutus oli hieman pienempi suodattimien jälkeisessä vedessä kuin ennen suodattimia. Eri ojien keskimääräiset COD_{Mn}-reduktiot vaihtelivat välillä 0–8 %. Hakesuodattimet eivät siis juurikaan poistaneet liuennutta orgaanista ainetta. Samansuuntaista informaatiota antoivat vesinäytteiden väriluvut. Väriluvut olivat yleensä samansuuruisia sekä hakesuodattimeen tulevassa että siitä lähtevässä vedessä.

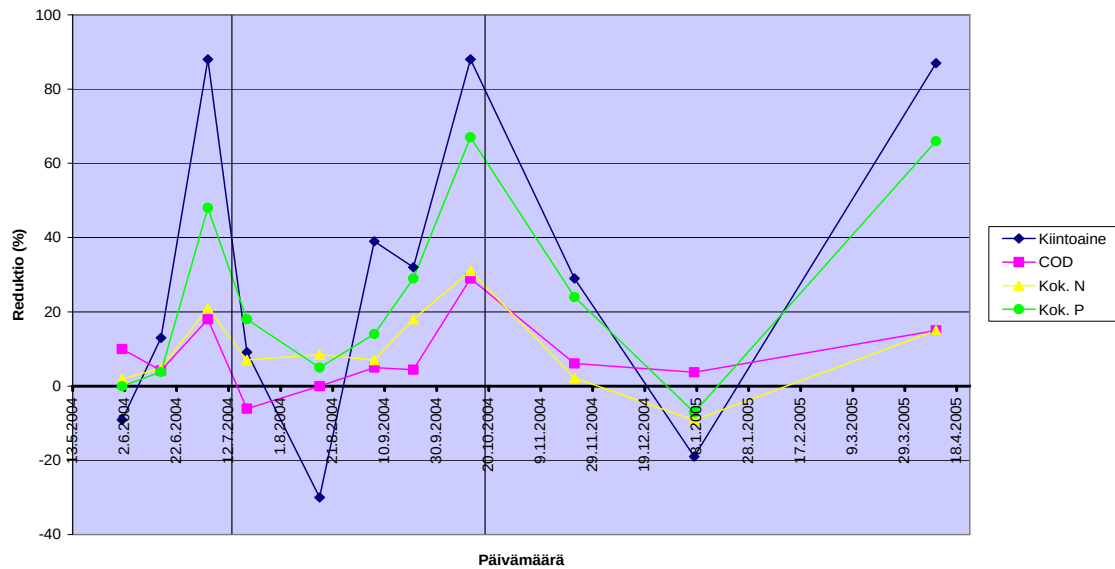
Kokonaistypestä 2–10 % pidättyi suodattimeen. Suurin reduktio (10 %) saavutettiin Ahmausojalla. Kotaojalla kokonaistypestä pidättyi 9 %. Ahvenlamminojan (5 %) ja Liesojan (2 %) kokonaistyyppireduktiot olivat heikompia.

Kokonaisfosforista lähes neljännes pidättyi puuhakesuodattimeen Ahmauksen-
ojalla. Ahvenlamminojalla kokonaisfosforireduktio oli 16 %, Kotaojalla ja Liesojalla 8 %.

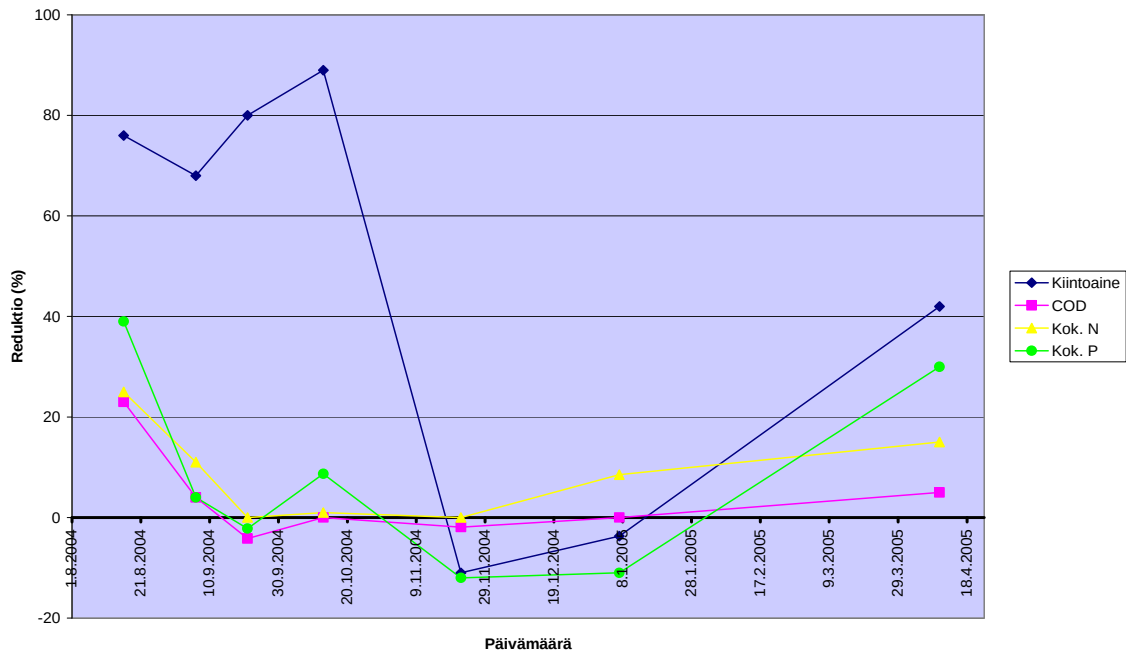
Kuvien 6.1.3 ja 6.1.4 sekä 6.1.5 ja 6.1.6 kuvaajissa on esitetty tutkimusojien kiintoaine-, COD_{Mn} -, kokonaisfosfori- ja kokonaistyppireduktiot aikavälillä 13.5.2004–10.4.2005.



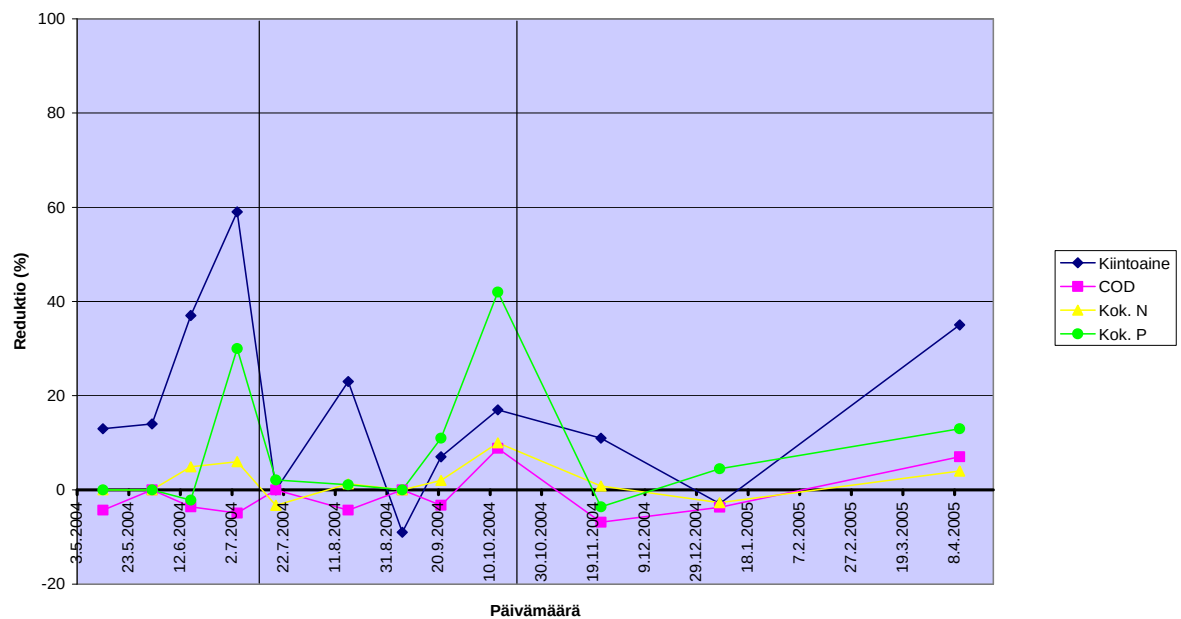
Kuva 6.2.2. Ahmauksenojan reduktiot 13.5.2004–10.4.2005. Hakkeenvaihdot on merkitty kuvaajaan pystyviivoin.



Kuva 6.2.2. Ahvenlamminojan reduktiot 13.5.2004–10.4.2005. Hakkeenvaihdot on merkitty kuvaajaan pystyviivoin.



Kuva 6.2.2. Kotaojan reduktiot 13.5.2004–10.4.2005.



Kuva 6.2.2. Liesojan reduktiot 13.5.2004–10.4.2005. Hakkeenvaihdot on merkitty kuvaajaan pystyviivoin.

Liesojasta otettiin elo-, syys- ja lokakuussa 2004 vesinäytteet, joista analysoitiin enterokokkibakteerit, koliformiset bakteerit sekä kokonaispesäkeluvut. Analyysit osoittivat, että Liesojan vedessä oli 6.8.2004 melko runsaasti suolistoperäisiä enterokokkeja sekä koliformisia bakteereja. Kokonaispesäkeluvut olivat 6.8.2004 suodattimien jälkeen suurempia kuin ennen suodattimia, mikä johtuu todennä-

köisesti siitä, että suodatinmassan pinnalle voi kertyä bakteerimassaa. Koliformisten bakteerien ja enterokokkien määrä sekä kokonaispesäkeluvut olivat syys- ja lokakuussa pienempiä kuin elokuussa. Bakteerianalyyysien tarkat tulokset ovat liitteessä 3.

Kesän 2004 reduktiokuvaajissa on huomattavissa, että reduktiot huononevat hakkeen vaihdon jälkeen hetkellisesti. Ahvenlamminojan kuvaajassa (kuva 6.2.2) tämä trendi on näkyvissä kaikkein selkeimmin. 13.7.2004 tapahtuneen hakkeen vaihdon jälkeen reduktiot putoavat huomattavasti. Samoin käy toisen hakkeen vaihdon (19.10.2004) jälkeen. Samankaltaista reduktioiden vähene mistä hakkeen vaihtamisen jälkeen on havaittavissa ainakin Liesojalla

6.2 Tutkimustulokset touko–elokuu 2005

23.5.2005 lähtien ojilta haettiin vesinäytteet viikottain. Näytteet analysoitiin Porin Veden Harjakankaan vesilaitoksen laboratoriossa. Vedestä tehtiin samat analyysit kuin aiemminkin. Kokonaistypen määrittäminen tehtiin Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa Tampereella. Taulukossa 5.2.1 on esiteltä hakesuodatinten aiheuttamat keskimääräiset kiintoaine-, COD_{Mn}-, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppireduktiot tutkimusojilla aikavälillä 23.5.2005–8.8.2005.

Taulukko 6.2.1. Tutkimusojien kiintoaineen, COD_{Mn}:n, kokonaisfosforin ja kokonaistypen keskimääräiset reduktiot 23.5.2005–8.8.2005.

	Kiintoaine-reduktio	COD _{Mn} -reduktio	Kok.typpi-reduktio	Kok.fosfori-reduktio
Ahmauksenoja	-4 %	2 %	1 %	-1 %
Ahvenlamminoja	2 %	-2 %	17 %	6 %
Kotaoja	21 %	1 %	0 %	2 %
Liesoja	-3 %	-1 %	-1 %	-19 %

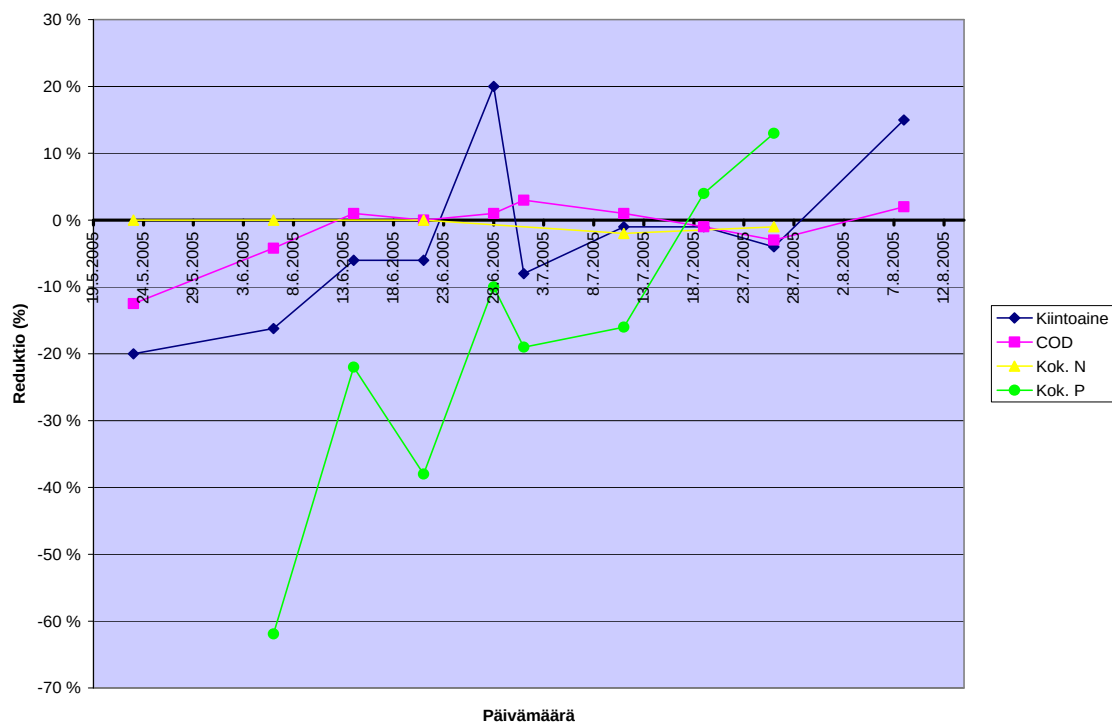
Kiintoaineen reduktioiden keskimääräiset arvot vaihtelivat -4 %:n ja 21 %:n välillä. Parhain tulos kiintoaineen pidättämisessä saatiin Kotaojalla, jossa yli viidesosa kiintoaineesta pidättyi puuhakesuodattimeen. Muissa ojissa keskimääräiset kiintoainereduktiot olivat nollan luokkaa. Ahvenlamminojan suodattimet pidättivät 2 % kiintoaineesta, mutta Ahmauksenojan ja Liesojan kiintoainepitoisuudet jopa lisääntyivät hakesuodattimissa. Aikaisempien tutkimustulosten kaltaista verrannollisuutta suodattimeen tulevan veden kiintoainepitoisuuden ja kiintoainereduktion välillä ei ollut havaittavissa kesän 2005 tuloksissa.

COD_{Mn}-arvot eivät muuttuneet hakesuodattimissa käytännössä lainkaan. Reduktioit vaihtelivat välillä -2–1 %. Myöskään väriluvuissa ei ollut havaittavissa muutoksia.

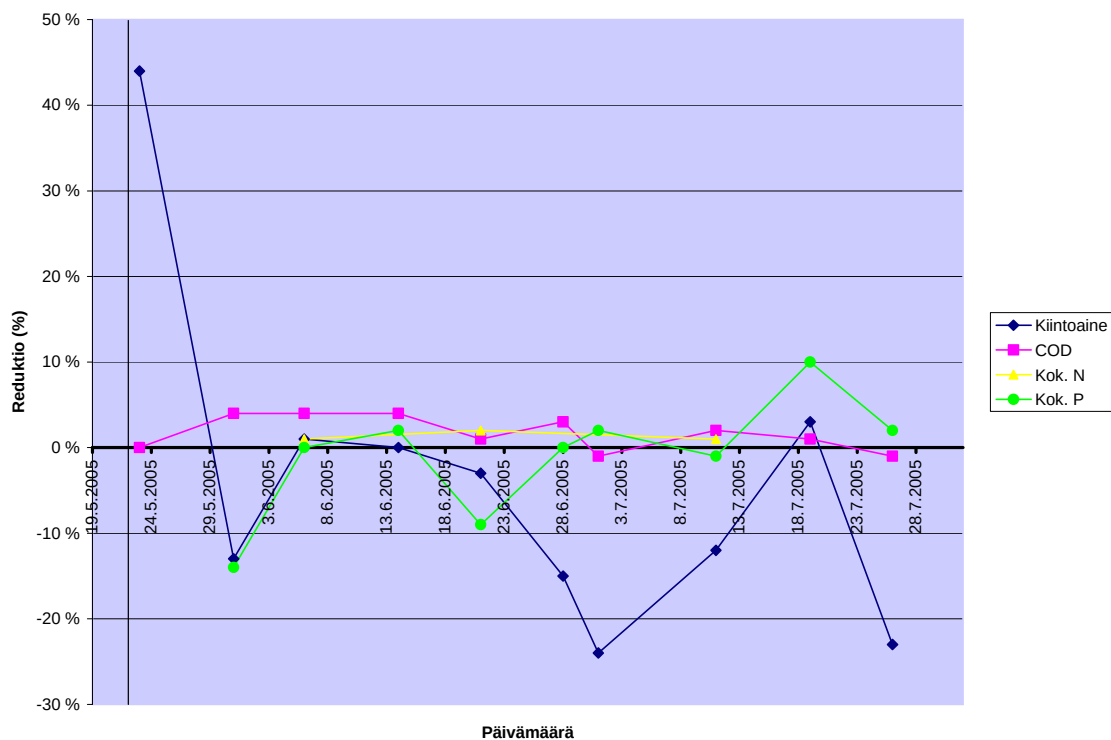
Kokonaistyyppireduktiot ovat muissa ojissa nollan luokkaa, mutta Ahvenlammin-ojassa on saavutettu 17 %:n kokonaistyyppien reduktio. Tulos voi olla hieman epäluotettava, sillä kokonaistyyppiä analysoitiin näytteistä vain keskimäärin joka toinen kerta.

Kokonaisfosfori pidättäytyi hakesuodattimeen vain kahdessa ojassa ja niissäkin huonosti. Ahvenlamminojan kokonaisfosforireduktio oli 6 % ja Kotaojan 2 %. Ahmauksenojassa kokonaisfosfori lisääntyi hakesuodattimessa 1 % ja Liesojassa melkein neljäsosan verran.

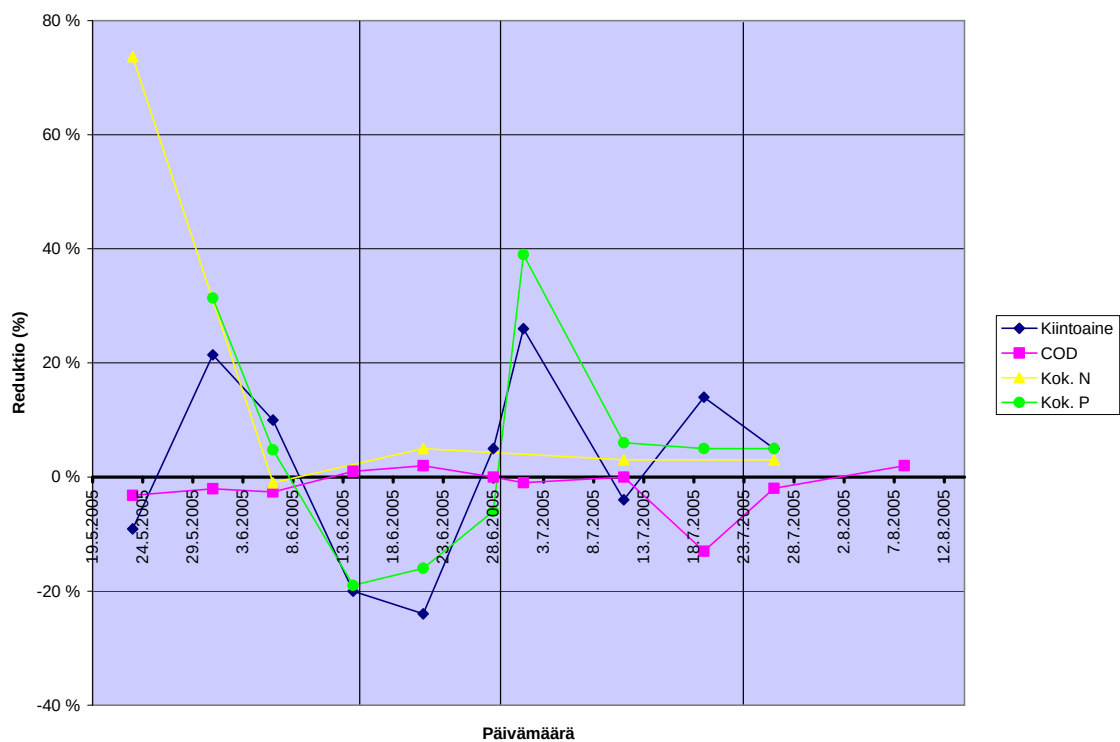
Huomionarvoista on, että Liesojassa myös kiintoaine-, COD- ja kokonaistyyppipitoisuudet ovat hakesuodattimen jälkeen hieman suurempia kuin ennen suodatinta. Tämä voisi kenties johtua hakesuodattimiin kertyneen aineksen irtoamisesta veteen. Virtaus on myös voinut irrottaa maa-ainesta veteen suodatinten kohdalta. Liesojan suodattimet oli asennettu pehmeämpään maahan kuin muiden ojien suodattimet. Kuvassa 6.2.1 on kuvaaja Liesojan reduktioista. Kuvissa 6.2.2, 6.2.3 ja 6.2.4 on esitetty Ahmauksenojan, Ahvenlamminojan ja Kotaojan kiintoaine-, COD_{Mn}-, kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforireduktiot.



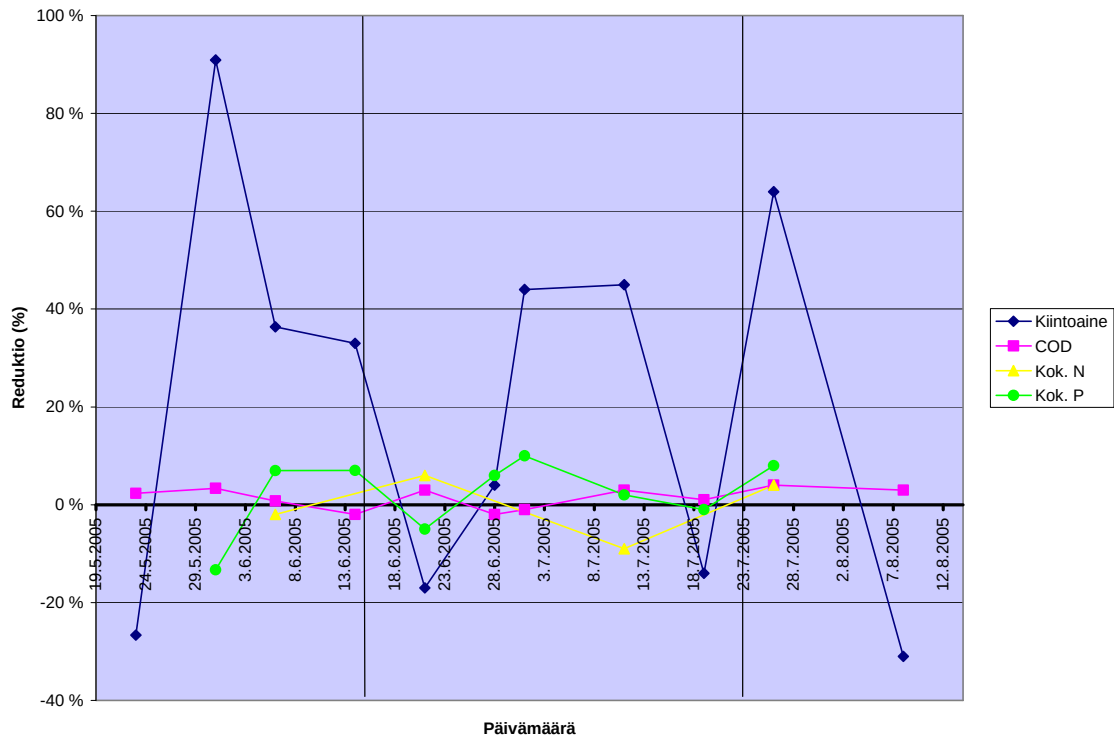
Kuva 6.2.1. Liesojan reduktiot 23.5.2005–8.8.2005.



Kuva 5.2.2. Ahmauksenojan reduktiot 23.5.2005–26.7.2005. Hakkeenvaihto on merkitty kuvaajaan pystyviivalla.



Kuva 6.2.3. Ahvenlamminojen reduktiot 23.5.2005–8.8.2005. Kalsiumkarbonaatin lisäykset merkitty kuvaajaan pystyviivoin.



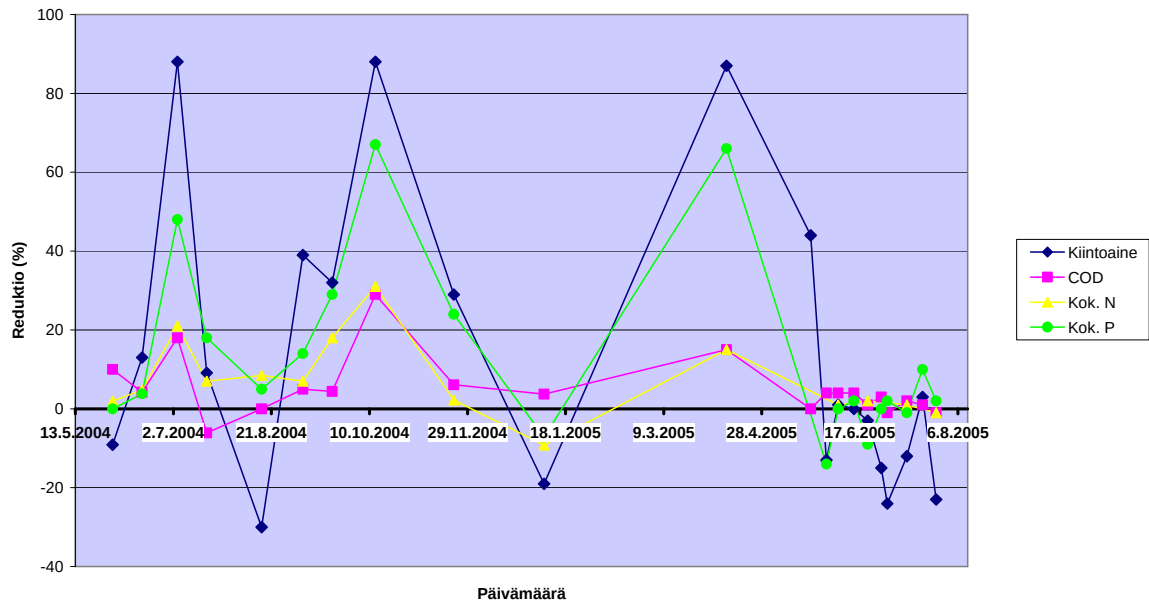
Kuva 6.2.3. Kotoajan reduktiot 23.5.2005–8.8.2005. Kalsiumhydroksidin lisäykset merkitty kuvaajaan pystyviivoin.

Ahvenlamminojaan lisätty kalsiumkarbonaatti näkyy reduktiokuvaajassa selvästi vain keskimmäisen lisäyskerran (29.6.2005) jälkeen. Silloin kalkkikivirouhetta lisättiin ojaan eniten eli 54 l. Kotoajan reduktioissa ei ensimmäinen kalsiumhydroksidin lisäys (15.6.2005) aiheuta muutoksia, mutta toisen samansuuruisen lisäyksen (23.7.2005) jälkeen kiintoaineen ja fosforin reduktiot kasvavat.

Tuurujärvestä ja oja vesistä ennen ja jälkeen hakesuodatinten otettiin kesän 2005 aikana kaksi kertaa näytteet, joista määritettiin HPSEC-menetelmällä humuksen eri fraktiokokojen määrää vedessä. Kromatogrammeista ilmeni suurikokoisen humusfraktion erikoisen runsas esiintyminen Liesojassa, Ahvenlamminojassa sekä Ahmauksenojassa. Jatkossa olisi mielenkiintoista selvittää, mistä tuo fraktiopiikki on peräisin.

6.3 Kesän 2004 ja 2005 tutkimustulosten vertailua

Hakesuodattimet pidättivät kiintoainetta, kokonaisfosforia ja kokonaistyppeä sekä vähensivät kemiallista hapenkulutusta vuonna 2004 huomattavasti paremmin kuin kesällä 2005. Kuvassa 5.3.1 on esitetty reduktiot Ahmauksen ojalta koko tutkimusajalta 1.6.2004–26.7.2005.



Kuva 6.3.1. Ahmauksen ojien reduktiot koko tutkimusajalta.

Huhtikuuhun 2005 saakka Ahmauksen ojien vedestä mitattiin hakesuodattimen aiheuttamia jopa 90 %:n kiintoainereduktioita sekä lähes 70 %:n kokonaisfosforireduktioita. Kesällä 2005 kiintoainereduktioita ei tapahtunut juuri ollenkaan. Päin vastoin kiintoainepitoisuudet suodattimen jälkeen olivat jopa suurempia kuin ennen suodattimia. Muilla ojilla erot kesän 2004 ja kesän 2005 välillä ovat samankaltaisia kuin Ahmauksen ojalla. Syynä tulosten erilaisuuteen voisi olla esimerkiksi erilaiset sää- ja virtaamaolot, hakkeen koostumuksen muutos Liesojalla ja Ahmauksen ojalla, puuhakkeen vaihtovälien vaihtelu sekä näytteenottajan vaihtuminen. Hakesuodattimiin kertynyttä lietettä ei tyhjennetty vuonna 2005 kertaakaan, joten on mahdollista, että ojien uomiin kertynyt liete on huonontanut reduktiotuloksia esimerkiksi estämällä suodattimiin tulevan kiintoaineen laskeutusta jo liian täyteen ojauomaan.

7 Hakesuodatinten kustannukset

Yhden suodatinyksikön tarvikkeet, teko ja paikalleenasennus maksoivat suodattimen koosta riippuen noin 1 400–3 000 euroa. Näin ollen yhden hakesuodatin kokonaisuuden hinnaksi tuli paikalleen asennettuna 4 100–9 000 euroa. Pienemmän suodattimen hinnasta alle 50 % oli tarvikkeiden osuutta. Suuremmalla suodattimella tarvikkeet muodostivat hieman alle 60 % suodattimen tarvike-, teko- ja paikalleenasennuskustannuksista. Hakkeiden vaihto tuli maksamaan ojasta riippuen 600–2 000 euroa per yksi hakesuodatin kokonaisuus. Hakesuodattimia seurattiin ja huollettiin sulan veden aikaan keskimäärin kaksi kertaa viikossa. Tästä kertyi kustannuksia noin 200 euroa kuukaudessa. Talvella suodattimia tarkkailtiin noin kerran kuussa, jolloin kustannuksia tuli noin 100 euroa per kuukausi.

Vuonna 2004 Liesojaan, Ahmauksenojaan ja Ahvenlamminojaan vaihdettiin hakkeet kaksi kertaa. Kokonaiskustannukset toukokuun hakesuodatinten asennuksesta vuoden loppuun eli puolelta vuodelta olivat siis noin 6 300–14 000 euroa. Puolen vuoden kokonaiskustannuksista hakkeen vaihdon osuus oli 6 300:n euron kustannuksista 20 % ja 14 000 euron kustannuksista 30 %. Seurantakustannukset olivat 6300 euron kokonaiskustannuksista noin 15 % ja 14 000 euron kustannuksista vajaa 10 %.

8 Johtopäätökset

Hakesuodatinjärjestelmät eivät koko ajan toimineet toivotulla tavalla ojavesien kiintoaineen, fosforin ja typen vähentämisessä. Hakesuodatinten toiminta vaikutti lupaavalta toukokuun 2004 ja huhtikuun 2005 välisen ajan tutkimustulosten perusteella. Kesällä 2005 reduktioita ei kuitenkaan saavutettu käytännössä lainkaan. Järjestelmän kuluihin ja suureen huoltotarpeeseen nähden hakesuodatuksella ei saavutettu tutkimuksen aikana riittäviä keskimääräisiä tuloksia esimerkiksi laskeutusaltaisiin verrattuna.

Hakesuodatinten toiminta perustuu ojavesissä pääosin virtaaman tasaamiseen ja hidastamiseen siten, että vedessä oleva kiintoaine laskeutuu suodatinten yläpuolelle sekä väleihin. Osa kiintoaineesta jää myös kiinni hakkeeseen. Kiintoaineeseen kiinnittynyt fosfori vähenee kiintoaineen reduktion yhteydessä. Myös liuennutta fosforia saatiin poistettua kalsiumpitoisten yhdisteiden avulla, mutta yhdisteiden vaikutusaika oli lyhyt. Kokonaistypen vähentäminen puuhakesuodattimilla osoittautui heikoksi, sillä puuhakesuodattimista puuttuu toimiva keino typen poistamiseksi. Myöskään suurelta osin liukoista humusta ei juurikaan saada poistettua ojavesistä vain hakesuodatinten avulla.

Ongelmia hakesuodattamisessa aiheuttavat suuret virtaamavaihtelut. Suurien virtaamien aikaan sekä laskeutunut että suodattimeen pidähtynyt kiintoaine voi lähteä liikkeelle. Suuret virtaamat myös siirtelevät suodattimia ja syövyttävät maata suodattimien ympäriltä, mikäli suodattimet sijoitetaan pehmeään maastoon. Tällöin vesi voi päästä virtaamaan suodattimien ohi.

Parhaita reduktiotuloksia saatiin jo vähän aikaa käytössä olleella hakkeella. Hakesuodatin tukkeutuessa kiintoaineesta tulokset kuitenkin heikkenivät. Hakesuodattimissa käytettiin toukokuuhun 2005 saakka sekahaketta, jolla saatiin parempia reduktiotuloksia kuin koivuhakkeella, jota kokeiltiin kahdessa suodattimessa kesällä 2005. Huonommat reduktiotulokset koivuhakkeella voivat kuitenkin johtua myös muista seikoista, kuten suodattimeen tulevan veden laadun pienistä muutoksista sekä erisuuruisista virtaamista ja veden lämpötiloista. Todellisissa olosuhteissa tehdyssä tutkimuksessa ei eri muuttujien tarkkoja vaikutuksia reduktioarvoihin saatu selville. Vaikutusten yksityiskohtainen selvittäminen vaatisi laboratoriokokeita.

Hakesuodatusmenetelmää on mahdollista kehittää toimivammaksi. Tuolloin huomio tulisi kiinnittää suodatinrakenteeseen, hakkeen koostumukseen, hakkeen vaihtotiheyteen sekä lietteen poistotiheyteen. Parhaat reduktiotulokset saavutettaisiin luultavasti kiinteällä suodatinrakenteella, esimerkiksi betoni-

kouruun sijoitetuilla suodattimilla, joiden läpi virtaisi tasaisella virtaamalla runsaasti kiintoainetta ja ravinteita sisältävää vettä. Lietteen poistotiheys tulisi olla sellainen, että suodatinten ylipuoliseen uomaan ei kertyisi lietettä niin paljon, että se lähtisi esimerkiksi suuren virtaaman aikaan liikkeelle.

Puuhakesuodattimia voisi kenties hyödyntää esimerkiksi laskeutusallasjärjestelmän jälkeisenä osaprosessina. Hakesuodatin voisi toimia varmisteenä, joka pysäyttäisi virtaamaa ja estäisi altaaseen laskeutuneen lietteen pääsemistä ojassa alaspäin. Tällöin esim. maa- ja metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamat ravinnevalumat saataisiin pidätettyä ennen niiden valumista järveen.

Tässä tutkimuksessa käytetyn kaltainen hakesuodatinjärjestelmä soveltuu parhaiten melko paljon kiintoainetta sisältävien, virtaamiltaan pienehköjen ja kovassa maaperässä kulkevien ojien vesiensuojelumenetelmäksi. Hakesuodattimille tulee olla myös hyvät kulkuyhteydet huoltotarpeen vuoksi.

Lähteet

Ojala, E., Salokangas, S., Ojanen, M. 2002. Joutsijärven ja Tuurujärven vesien-suojelusuunnitelma. Pori, Porin kaupungin painatuskeskus. 59 s.

Oravainen, R. 1997. Vuosiyhteenveto Kullaanjoen järjestelyyn liittyvästä veden laadun tarkkailusta vuodelta 1997. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 8 s.

Oravainen, R. 2005. Vuosiyhteenveto Kullaanjoen järjestelyyn liittyvästä veden laadun tarkkailusta vuodelta 2004. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 13 s.

Pleym, H. et al. 1991. Ympäristötekniikka. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy. 324 s.

Raitaniemi, J., Malinen, T., Nyberg, K. & Rask, M. 1998. Vahva särkikanta heikentää siian kasvua. Suomen Kalastuslehti. 6/1998, s. 28–31.

Raitaniemi, J. 2000. Happamuus vaikuttaa sekä epäsuorasti että suorasti kalojen kasvuun. Suomen Kalastuslehti. 2/2000, s. 4–7.

Röpelinen, J. 2000. Tuotantokentällä tehtävien toimenpiteiden vaikutus turvetuotannon valumavesien määrään ja laatuun. Väitöskirja. Oulu, Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. 173 s.

Salonen, S., Hellsten, P., Saarikari, V. & Vuorio, K. 2000. Joutsijärven ja Tuurujärven vesiekologinen tutkimus. Turku, Turun yliopisto, Satakunnan ympäristöntutkimuskeskus. 51 s.

Salonen, S., Hellsten, P., Saarikari, V. & Vuorio, K. 2001. Porin raakavesilähteen ekologinen tila. Vesitalous 4/2001. s. 40–42

Silver, T. & Seljamo, P. 2003. Joutsijärven ja Tuurujärven vesiensuojelutoimenpiteiden suunnitteluhanke. Luonnonhoitohanke.

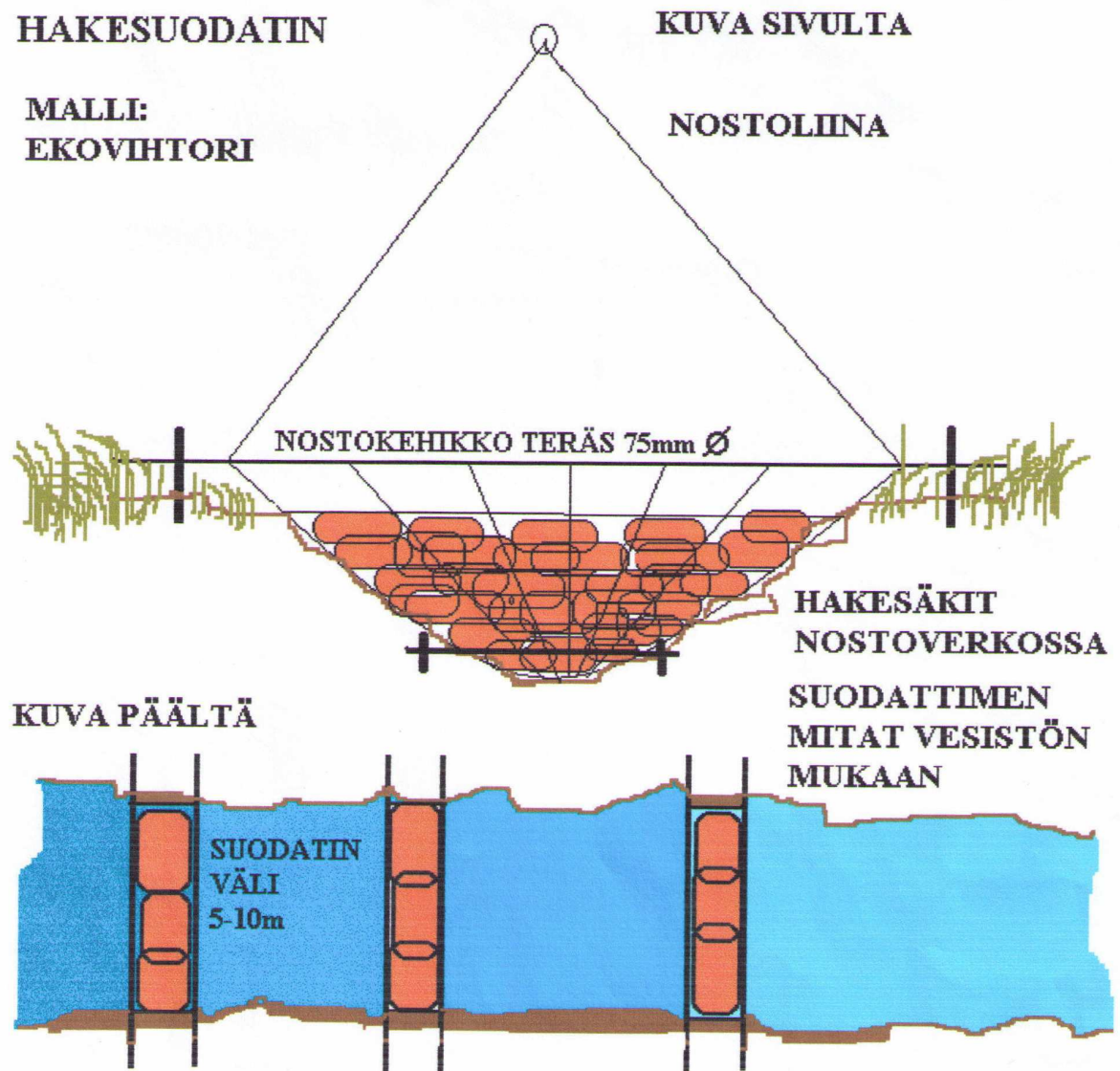
Suomen ympäristökeskus. 2004. Hydrologinen kuukausitiedote. Tammikuu–joulukuu 2004.

Suomen ympäristökeskus. 2005. Hydrologinen kuukausitiedote. Tammikuu–toukokuu 2005.

Varjonen, J. 2005. Jäteveden puhdistusmenetelmät haja-asutusalueilla ja hakesuodattimen soveltuvuus jäteveden puhdistukseen. Pori, Satakunnan ammattikorkeakoulu. 62 s.

Vollenweider, R.A. 1975. Input–output models, with special reference to the phosphorus loading concept in limnology. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 37. s. 53–84

LIITE 1. Hakesuodattimen rakenne



LIITE 2. Hakesuodatinojien vesianalyysitulokset

NäytePvm	Oja	Sameus FNU	K-aine mg/l	Sähkonj mS/m	pH	Väri mg/l Pt	COD(Mn) mg/l O2	Kok.N µg/l	Kok.P µg/l
AHMAUSOJA									
1.6.2004	Ahm 1	5,6	5,5	11,6	5,2	120	20	550	20
1.6.2004	Ahm2	5,4	6,0	11,7	5,2	140	18	540	20
Teho %		3,6	-9,1			-17	10	1,9	0
16.6.2004	Ahm 1	6,4	8,3	11,2	5,4	240	24	620	26
16.6.2004	Ahm2	6,8	7,2	11,1	5,4	240	23	590	25
Teho %		-6,3	13			0	4,2	4,8	3,8
4.7.2004	Ahm 1	22	43	9,7	4,9	400	50	1140	62
4.7.2004	Ahm2	4,1	5	9,8	4,9	320	41	900	32
Teho %		81	88			20	18	21	48
19.7.2004	Ahm 1	6,4	11	10,8	5,1	300	33	710	40
19.7.2004	Ahm2	6,5	10	10,8	5,1	300	35	660	33
Teho %		-1,6	9,1			0	-6,1	7,0	18
16.8.2004	Ahm 1	12	10	18,8	4,8	120	14	470	20
16.8.2004	Ahm2	12	13	18,7	4,8	120	14	430	21
Teho %		0	-30			0	0	8,5	5
6.9.2004	Ahm 1	18	18	9,7	5,8	450	43	910	73
6.9.2004	Ahm2	17	11	9,6	5,9	450	41	850	63
Teho %		6	39			0	4,7	7	14
21.9.2004	Ahm 1	83	12	27	5,6	400	46	1110	73
21.9.2004	Ahm2	83	8,2	11	5,6	400	44	910	52
Teho %		0	32			0	4,4	18	29
13.10.2004	Ahm 1	2,1	58	10,3	5,1	300	42	1060	66
13.10.2004	Ahm2	3,3	7,2	10,3	5,1	220	30	730	22
Teho %		57	88			36	29	31	67
22.11.2004	Ahm 1	4,2	3,1	10,9	4,7	200	33	910	25
22.11.2004	Ahm2	3,8	2,2	10,9	4,8	200	31	890	19
Teho %		9,5	29			0	6,1	2,2	24
7.1.2005	Ahm 1	2,7	2,6	9,5	4,8	160	27	760	14
7.1.2005	Ahm2	3,4	3,1	9,5	4,8	160	26	830	15
Teho %		-26	-19			0	3,7	-9,2	-7,1
10.4.2005	Ahm 1	16	64	7,5	5,1	180	33	1100	64
10.4.2005	Ahm2	8,1	8,2	7,5	5,1	180	28	940	22
Teho		49 %	87 %			0 %	15 %	15 %	66 %
23.5.2005	Ahm 1	3,6	4,1	9,7	5,7	165	26	<500	
23.5.2005	Ahm2	3,7	2,3	9,6	5,7	150	26	<500	
Teho		-3 %	44 %			9 %	0 %		
31.5.2005	Ahm 1	3,5	5,6	9,4	5,8	210	28,7	<500	29
31.5.2005	Ahm2	3,5	6,3	9,4	5,7	210	27,5	<500	33
Teho		0 %	-13 %			0 %	4 %		-14 %
6.6.2005	Ahm 1	5,4	8,4	8,9	5,8	180	27,6	700	35
6.6.2005	Ahm 2	4,3	8,3	8,9	5,8	180	26,6	690	35
Teho		20 %	1 %			0 %	4 %	1 %	0 %
14.6.2005	Ahm 1	5,4	8,4	8,7	5,8	240	33,4		46
14.6.2005	Ahm 2	5,4	8,4	8,7	5,8	240	31,9		45
Teho		0 %	0 %			0 %	4 %		2 %
21.6.2005	Ahm 1	4,7	9,3	10,1	5,9	300	34,3	890	44
21.6.2005	Ahm 2	5	9,6	10,1	5,9	300	33,9	910	48
Teho		-6 %	-3 %			0 %	1 %	2 %	-9 %
28.6.2005	Ahm 1	9	9,6	13,24	5,9	240	25,4		40
28.6.2005	Ahm 2	9,1	11	13,1	5,8	240	24,6		40
Teho		-1 %	-15 %			0 %	3 %		0 %

1.7.2005	Ahm 1	10	9,2	10	6	375	35		55
1.7.2005	Ahm 2	9,8	11,4	10	6	375	35,5		54
Teho		2 %	-24 %			0 %	-1 %		2 %
11.7.2005	Ahm 1	34,3	21,4	9,3	6	750	54,7	1510	130
11.7.2005	Ahm 2	34,5	24	9,2	6	750	53,8	1490	131
Teho		-1 %	-12 %			0 %	2 %	1 %	-1 %
19.7.2005	Ahm 1	26,2	19,8	15,5	5,7	360	24,4		48
19.7.2005	Ahm 2	25,6	19,2	15,4	5,7	360	24,2		43
Teho		2 %	3 %			0 %	1 %		10 %
26.7.2005	Ahm 1	10	6	10,6	5,5	360	41,2	1040	42
26.7.2005	Ahm 2	10	7,4	10,6	5,5	360	41,7	1050	41
Teho		0 %	-23 %			0 %	-1 %	-1 %	2 %
8.8.2005	Ahm 1		22,9						
8.8.2005	Ahm 2		22,8						
Teho			0 %						

AHVENLAMMINOJA

NäytePvm	Oja	Sameus FNU	K-aine mg/l	Sähkonj mS/m	pH	Väri mg/l Pt	COD(Mn) mg/l O2	Kok.N µg/l	Kok.P µg/l
13.5.2004	Ahv 1	3,5	1,7	7	5,7	160	27	690	27
13.5.2004	Ahv 2	3,6	1,7	7,1	5,7	160	27	700	26
Teho %		-2,9	0			0	0	-1,4	3,7
1.6.2004	Ahv 1	4,1	2,0	6,8	6,0	200		700	35
1.6.2004	Ahv 2	3,8	2,3	6,8	6,0	200		700	34
Teho %		7,3	-15			0		0	2,9
16.6.2004	Ahv 1	6,5	6,1	6,1	6,2	240	25	810	45
16.6.2004	Ahv 2	7	4,6	6,1	6,1	240	26	770	42
Teho %		-7,7	25			0	-4	4,9	6,7
4.7.2004	Ahv 1	4,5	5,4	7,1	5,9	280	37	1020	43
4.7.2004	Ahv 2	3,7	2,4	7,1	5,9	240	36	930	33
Teho %		18	56			14	2,7	8,8	23
19.7.2004	Ahv 1	7,4	6,4	6,1	5,8	300	37	940	94
19.7.2004	Ahv 2	4,7	4,2	7,4	6,4	300	35	940	77
Teho %		36	34			0	5,4	0	18
16.8.2004	Ahv 1	28	24	61	6,5	300	30	1100	120
16.8.2004	Ahv 2	18	10	64	6,5	250	29	910	100
Teho %		36	58			17	3,3	17	17
6.9.2004	Ahv 1	16	7,7	6,7	6,5	300	28	840	98
6.9.2004	Ahv 2	15	6,4	6,7	6,4	300	28	830	85
Teho %		6	17			0	0	1	13
21.9.2004	Ahv 1	4,4	6	77	6	180	29	820	39
21.9.2004	Ahv 2	3	2,7	76	6,1	180	29	750	32
Teho %		32	55			0	0	8,5	18
13.10.2004	Ahv 1	5	94	8,1	5,5	200	38	950	46
13.10.2004	Ahv 2	2,6	2,3	8	5,4	200	38	810	30
Teho %		48	98			0	0	15	35
22.11.2004	Ahv 1	12	24	8,2	5,2	300	47	1160	48
22.11.2004	Ahv 2	3,1	2,3	8,2	5,2	260	42	1050	27
Teho %		74	90			13	11	9,5	44
7.1.2005	Ahv 1	3,2	4,4	6,5	5,2	200	34	880	22
7.1.2005	Ahv 2	1,6	1,6	6,7	5,3	180	35	970	22
Teho %		50	64			10	-2,9	-10	0
10.4.2005	Ahv 1	13	10	6,1	5,7	180	31	1100	37
10.4.2005	Ahv 2	11	11	6,1	5,7	180	31	1080	31
Teho %		15 %	-10 %			0 %	0 %	2 %	16 %

23.5.2005	Ahv 1	2,5	2,2	7,3	5,9	180	31	1900	
23.5.2005	Ahv 2	2,6	2,4	7,3	5,9	180	32	500	
Teho		-4 %	-9 %			0 %	-3 %	74 %	
31.5.2005	Ahv 1	2,4	1,4	7,1	5,9	195	29,4	<500	51
31.5.2005	Ahv 2	2,4	1,1	7,1	5,9	195	30,5	<500	35
Teho		0 %	21 %			0 %	-2 %		31 %
6.6.2005	Ahv 1	3,2	3	6,8	6,1	210	29,7	810	42
6.6.2005	Ahv 2	3,4	2,7	6,8	6	210	30,5	820	40
Teho		-6 %	10 %			0 %	-3 %	-1 %	5 %
14.6.2005	Ahv 1	2,7	3	6,6	6	225	35,3		42
14.6.2005	Ahv 2	2,7	3,6	6,6	6	225	34,8		50
Teho		0 %	-20 %			0 %	1 %		-19 %
21.6.2005	Ahv 1	8,1	7,2	7,2	6,2	270	31,4	940	59
21.6.2005	Ahv 2	8,8	8,9	7,2	6,2	270	30,8	990	70
Teho		-9 %	-24 %			0 %	2 %	5 %	-16 %
28.6.2005	Ahv 1	15,4	8,6	7,3	6,3	270	26,8		83
28.6.2005	Ahv 2	15	8,2	7,4	6,3	270	26,8		88
Teho		3 %	5 %			0 %	0 %		-6 %
1.7.2005	Ahv 1	4,1	2,3	6,4	6,1	160	33,8		89
1.7.2005	Ahv 2	4,3	1,7	6,4	6,1	160	34		54
Teho		-5 %	26 %			0 %	-1 %		39 %
11.7.2005	Ahv 1	34,5	30,8	7,5	6,3	750	47,6	1820	226
11.7.2005	Ahv 2	31,2	32	7,7	6,2	750	47,6	1770	212
Teho		10 %	-4 %			0 %	0 %	3 %	6 %
19.7.2005	Ahv 1	27,4	21,8	7,1	6,3	420	33,8		166
19.7.2005	Ahv 2	25,3	18,8	7,2	6,3	420	38,1		157
Teho		8 %	14 %			0 %	-13 %		5 %
26.7.2005	Ahv 1	10,1	5,9	6,6	6,3	270	33,4	1110	76
26.7.2005	Ahv 2	9,9	5,6	6,7	6,3	300	34,2	1080	72
Teho		2 %	5 %			-10 %	-2 %	3 %	5 %
8.8.2005	Ahv 1		1,3				33,6		
8.8.2005	Ahv 2		3,5				33		
Teho			-169 %				2 %		

KOTAOJA

NäytePvm	Oja	Sameus FNU	K-aine mg/l	Sähkonj mS/m	pH	Väri mg/l Pt	COD(Mn) mg/l O2	Kok.N µg/l	Kok.P µg/l
16.8.2004	Kota 1	24	38	5,3	6,1	400	57	1540	180
16.8.2004	Kota 2	10	9,1	5,1	6,2	350	44	1150	110
Teho %		58	76			13	23	25	39
6.9.2004	Kota 1	11	28	4,7	6	350	50	1220	100
6.9.2004	Kota 2	8,2	9	4,7	6	350	48	1080	96
Teho %		25	68			0	4	11	4
21.9.2004	Kota 1	2,5	16	4,8	5,1	450	69	1200	45
21.9.2004	Kota 2	3,1	3,2	4,8	5,1	450	72	1200	46
Teho %		-1,2	80			0	-4,2	0	-2,2
13.10.2004	Kota 1	2,2	12	4,4	5	350	54	980	23
13.10.2004	Kota 2	1,7	1,3	4,4	5	350	54	970	21
Teho %		23	89			0	0	1	8,7
22.11.2004	Kota 1	2,2	0,9	4,1	5	300	52	860	17
22.11.2004	Kota 2	1,7	1	4,1	5	300	53	860	19
Teho %		29	-11			0	-1,9	0	-12
7.1.2005	Kota 1	4,7	8,2	3,6	5,3	180	35	770	19
7.1.2005	Kota 2	4,7	8,5	3,6	5,4	180	35	710	21
Teho %		0	-3,7			0	0	8,5	-11

10.4.2005	Kota 1	11	9,3	3,5	5,5	260	39	1050	50
10.4.2005	Kota 2	5,3	5,4	3,5	5,5	260	37	890	35
Teho %		52 %	42 %			0 %	5 %	15 %	30 %
23.5.2005	Kota 1	2,4	1,5	3,7	5,8	240	43	<500	
23.5.2005	Kota 2	2,5	1,9	3,7	5,9	240	42	<500	
Teho		-42 %	-27 %			0 %	2 %		
31.5.2005	Kota 1	1,6	1,1	3,7	5,8	240	38,6	<500	30
31.5.2005	Kota 2	1,5	0,1	3,7	5,7	240	37,3	<500	34
Teho		6 %	91 %			0 %	3 %		-13 %
6.6.2005	Kota 1	1,8	1,1	3,7	5,8	240	38,1	810	43
6.6.2005	Kota 2	1,8	0,7	3,7	5,8	240	37,8	830	40
Teho		0 %	36 %			0 %	1 %	-2 %	7 %
14.6.2005	Kota 1	1,6	3	3,8	5,6	270	45,4		46
14.6.2005	Kota 2	1,6	4	3,8	5,6	270	46,2		43
Teho		0 %	-33 %			0 %	-2 %		7 %
21.6.2005	Kota 1	2,7	2,9	4,2	6	300	40,4	880	57
21.6.2005	Kota 2	2,6	3,4	4,3	5,9	300	39	930	60
Teho		4 %	-17 %			0 %	3 %	6 %	-5 %
28.6.2005	Kota 1	5,5	5	5,2	6,2	270	33,1		72
28.6.2005	Kota 2	5,1	5,2	5,3	6,1	270	33,8		68
Teho		7 %	4 %			0 %	-2 %		6 %
1.7.2005	Kota 1	2,2	1,6	4	5,8	300	41,1		50
1.7.2005	Kota 2	2,2	0,9	4	5,9	300	41,6		45
Teho		0 %	44 %			0 %	-1 %		10 %
11.7.2005	Kota 1	6,8	8,8	5,9	6,2	300	37,1	970	99
11.7.2005	Kota 2	6,2	4,8	6,3	6,3	300	35,9	1060	97
Teho		9 %	45 %			0 %	3 %	-9 %	2 %
19.7.2005	Kota 1	5,8	4,3	5,2	6	300	40,6		111
19.7.2005	Kota 2	6,9	4,9	5,2	6	300	40,2		112
Teho		-19 %	-14 %			0 %	1 %		-1 %
26.7.2005	Kota 1	3,1	2,2	4,5	5,8	360	48,6	1000	53
26.7.2005	Kota 2	2,8	0,8	4,5	5,8	360	46,5	960	49
Teho		10 %	64 %			0 %	4 %	4 %	8 %
8.8.2005	Kota 1		1,3				47,8		
8.8.2005	Kota 2		1,7				46,6		
Teho			-31 %				3 %		

LIESOJA

NäytePvm	Oja	Sameus FNU	K-aine mg/l	Sähkonj mS/m	pH	Väri mg/l Pt	COD(Mn) mg/l O2	Kok.N µg/l	Kok.P µg/l
13.5.2004	Lies 1	5,7	5,2	10,2	5,3	160	23	820	22
13.5.2004	Lies 2	5,7	4,5	10,2	5,3	140	24	820	22
Teho %		0	13			13	-4,3	0	0
1.6.2004	Lies 1	8,6	5,6	10,8	6,1	140	22	790	29
1.6.2004	Lies 2	8,2	4,8	10,8	6,0	140	22	790	29
Teho %		4,7	14			0	0	0	0
16.6.2004	Lies 1	20	19,0	11,1	6,3	280	28	1020	44
16.6.2004	Lies 2	21	12,0	11,1	6,4	280	29	970	43
Teho %		-5	37			0	-3,6	4,9	-2,2
4.7.2004	Lies 1	21	27	8,5	5,1	320	41	1160	57
4.7.2004	Lies 2	9,7	11	8,5	5,2	280	43	1110	40
Teho %		54	59			13	-4,9	6,0	30
19.7.2004	Lies 1	13	11	11,3	5,8	350	36	870	46
19.7.2004	Lies 2	12	11	11,3	5,8	350	36	900	45
Teho %		7,7	0			0	0	-3,3	2,1

16.8.2004	Lies 1	92	22	10,1	6,1	800	69	1590	87
16.8.2004	Lies 2	87	17	10	6,1	800	72	1570	86
Teho %		5,4	23			0	-4,3	1,3	1,1
6.9.2004	Lies 1	37	11	8,9	6,0	500	46	1080	69
6.9.2004	Lies 2	39	12	8,9	5,9	500	46	1080	69
Teho %		-2	-9			0	0	0	0
21.9.2004	Lies 1	13	14	13,5	5,0	260	30	1050	45
21.9.2004	Lies 2	11	13	13,5	5,0	220	31	1030	40
Teho %		15	7			15	-3,3	2	11
13.10.2004	Lies 1	27	23	13,5	4,9	240	34	1380	57
13.10.2004	Lies 2	13	19	13,5	4,9	220	31	1240	33
Teho %		52	17			8,3	8,8	10	42
22.11.2004	Lies 1	11	11	11,9	4,9	180	29	1250	28
22.11.2004	Lies 2	10	9,2	11,9	4,9	200	31	1240	29
Teho %		9,1	11			-11	-6,9	0,8	-3,6
7.1.2005	Lies 1	6,6	7	9,8	5,1	160	26	1100	22
7.1.2005	Lies 2	4,7	7,2	9,8	5,1	160	27	1130	21
Teho %		29	-2,9			0	-3,7	-2,7	4,5
10.4.2005	Lies 1	24	20	8,9	5,1	200	29	1860	47
10.4.2005	Lies 2	17	13	8,8	5,1	200	27	1790	41
Teho %		29 %	35 %			0 %	7 %	4 %	13 %
23.5.2005	Lies 1	9,5	8	9,6	6,0	180	32	600	
23.5.2005	Lies 2	9,1	9,6	9,7	6,0	180	36	600	
Teho		4 %	-20 %			0 %	-13 %	0 %	
6.6.2005	Lies 1	8,2	11,1	8,5	6,1	225	31	1050	42
6.6.2005	Lies 2	7,9	12,9	8,5	6,1	225	32,3	1050	68
Teho		4 %	-16 %			0 %	-4 %	0 %	-62 %
14.6.2005	Lies 1	11,7	10	7,9	5,7	255	38,4		72
14.6.2005	Lies 2	12,4	11	7,9	5,7	255	38,1		88
Teho		-6 %	-10 %			0 %	1 %		-22 %
21.6.2005	Lies 1	7,8	9,1	10,4	6	270	34,9	1040	44
21.6.2005	Lies 2	7,6	9,7	10,4	6	300	35	1040	71
Teho		3 %	-6 %			-11 %	0 %	0 %	-38 %
28.6.2005	Lies 1	24,2	15,2	11,3	6,1	450	39,4		73
28.6.2005	Lies 2	24,2	12,2	11,3	6,1	450	38,9		80
Teho		0 %	20 %			0 %	1 %		-10 %
1.7.2005	Lies 1	33,9	24,2	9,3	6	400	38,7		89
1.7.2005	Lies 2	35,3	26,2	9,3	6	400	37,7		96
Teho		-4 %	-8 %			0 %	3 %		-19 %
11.7.2005	Lies 1	78,1	42	11,6	6,2	750	52	1320	122
11.7.2005	Lies 2	82,3	42,3	11,7	6,2	750	51,5	1340	141
Teho		-5 %	-1 %			0 %	1 %	-2 %	-16 %
19.7.2005	Lies 1	111	33,8	11,4	6,3	600	47,4		128
19.7.2005	Lies 2	114	34	11,4	6,3	600	47,9		123
Teho		-3 %	-1 %			0 %	-1 %		4 %
26.7.2005	Lies 1	51,2	17	10,1	5,8	480	47,8	1230	108
26.7.2005	Lies 2	51,2	17,6	10,1	5,8	480	49	1240	94
Teho		0 %	-4 %			0 %	-3 %	-1 %	13 %
8.8.2005	Lies 1		21				46,6		
8.8.2005	Lies 2		17,8				45,8		
Teho			15 %				2 %		

LIITE 3. Bakterianalyysit Liesojan vesinäytteistä

	Ennen suodatusta	Suodatuksen jälkeen	Reduktio
Enterokokit [pmy/100 ml]			
6.8.2004	96	84	13 %
6.9.2004	22	21	5 %
3.10.2004	<1	<1	
Kokonaispesäkeluku 22 °C [pmy/ml]			
6.8.2004	1800	3000	-66 %
6.9.2004	1400	1300	7 %
3.10.2004	980	750	23 %
Kokonaispesäkeluku 36°C [pmy/ml]			
6.8.2004	350	600	-42 %
6.9.2004	360	280	22 %
3.10.2004	230	230	0 %
Koliformiset bakteerit 37°C [pmy/100 ml]			
6.8.2004	eritt. runs.	eritt. runs.	
6.9.2004	78	72	8 %
3.10.2004	52	16	69 %
Koliformiset bakteerit 44°C [pmy/100 ml]			
6.8.2004	84	66	22 %
6.9.2004	60	60	0 %
3.10.2004	<1	<1	