

Atso Salo

# BIOSUOTIMET METSÄTALOUDEN VESIENSUOJELUSSA

Opinnäytetyö  
Ympäristötekniologia


Huhtikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

# KUVAILULEHTI

	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  8.4.2016
<b>Tekijä(t)</b> Atso Verner Salo	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Ympäristötekniologia
<b>Nimeke</b> Biosuotimet metsätalouden vesiensuojelussa	
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Mikkelin ammattikorkeakoulu toteuttaa vesiensuojeluhanketta yhdessä Tapio Oy:n kanssa. Hanketta rahoittavat Etelä-Savon maakuntaliitto Euroopan aluekehitysrahastosta, RKP-Hiili Oy ja Tapio Oy. Työssä tutkittiin ja kehitettiin metsätalouden vesiensuojelun tehostamiseksi tarkoitettavia biosuotimia. Suodattimien tarkoitus oli poistaa vedestä ravinteita sekä kiintoainesta. Tutkimuksessa on rakennettu laboratoriomittakaavan koejärjestelyt sekä pilot-mittakaavan koejärjestelyt metsäkohteisiin. Vedestä tarkasteltiin muutoksia typen, fosforin, kiintoaineen, sameuden, värin, hapen, COD Mn, pH:n sekä sähkönjohtavuuden osalta. Työssä pyrittiin kehittämään suodatinta joka suodattaisi tehokkaasti ravinteita sekä olisi helppo ja edullinen toteuttaa erityyppisiin metsänhoitokohteisiin.</p> <p>Laboratoriomittakaavan kokeiden järjestelyt aloitettiin toukokuussa 2015. Laboratoriokokeissa rakennettiin kahdessa vaiheessa erityyppisiä kolonneja. Laboratoriomittakaavan tutkimuksissa suodatinmateriaaleina käytettiin haketta, lehtipuuhiiltä, kevytsoraa, vesihuollossa käytettäviä muovisia kantokappaleita, rahkasammalta ja rakeistettua tuhkaa. Pilot-mittakaavan kokeet järjesteltiin Juvalle kahteen metsänhoito kohteeseen sekä Mikkelin Metsä-Sairilaan Etelä-Savon Energia Oy:n polttoaineterminaalin laskuojaan. Juvan ensimmäinen pilot-mittakaavan koe aloitettiin kesäkuussa 2015 ja toinen lokakuussa 2015. Metsä-Sairilan koe aloitettiin marraskuussa 2015. Kokeet jatkuvat vuoden 2016 loppuun.</p> <p>Näytteiden analysoinnit suoritettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun energia - ja ympäristötekniikan laitoksen ympäristölaboratoriossa sekä osittain ulkopuolisella Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n laboratoriolle. Tutkimuksissa saatiin selvitettyä suodattimen toimivuutta. Laboratoriokokeet osoittivat, että parhaiten toimiva materiaali oli lehtipuuhiili. Pilot-mittakaavan kokeiden suotimissa materiaalina käytettiin hiiltä ja suotimet sitoivat hienoisesti fosforia ja kiintoainesta vedestä sekä laskivat pH-arvoa ja sähkönjohtavuutta.</p>	
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Vesiensuojelu, biosuodatin	
<b>Sivumäärä</b>  41	<b>Kieli</b> Suomi
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b> 1 kpl	
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Marjatta Lehesvaara	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy

## DESCRIPTION

	<b>Date of the bachelor's thesis</b> 8.4.2016
<b>Author(s)</b> Atso Verner Salo	<b>Degree programme and option</b> Environmental engineering
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Biofilters in water pollution control of silviculture	
<b>Abstract</b> <p>Idea of this project was to develop and research a bio-based filters to improve forestry water pollution control. Purpose of the filters was to remove a nutrients and solid matters from the ground water. There was build a laboratory scale experiments at St. Michels university of applied sciences and a pilot-scale experiments in to forest subject of experiment. Examination was focused to observe on a nitrogen, phosphorus, suspended matter, turbidity, oxygen, CODMn, pH and conductivity of the forest water. In the study was to develop a filter with good properties at filtering and easy and inexpensive to build for different type of forestry subjects.</p> <p>Measures of the laboratory size were started in May 2015. Filters were developed at two phases with different type of filters. Materials in Laboratory-scale experiments were woodchips, broadleaved tree charcoal, cinder, profile plastic which are used in water supply, sphagnum and granulated ash. Pilot-scale experiments were built at municipality of Juva in two forestry targets and at Metsä-Sairila's Ese PLC fuel terminal ditch in Mikkeli. Juva's first experiment was started in June 2015 and second one in October 2015. Metsä-Sairila's experiment was started in November 2015. Experiments are still continuing till end of 2016.</p> <p>Sample breakdown was performed in energy and environmental research institute laboratory at St. Michels university of applied sciences and also in Eurofins PLC laboratories. Results of the experiment were not as good at expected but function of the filter was clarified and research was able to move onward. Laboratory experiments showed that the best material was broadleaved tree charcoal. Material that was used in biofilters in pilot-scale experiments, was a broadleaved charcoal. Pilot-scale experiment showed that phosphorus was slightly reduced. Also pH-value and conductivity of the forest water were lightly reduced.</p>	
<b>Subject headings, (keywords)</b> Water pollution control, biofilter	
<b>Pages</b> 41	<b>Language</b> FIN
<b>Remarks, notes on appendices</b> 1 piece	
<b>Tutor</b> Marjatta Lehesvaara	<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Mikkeli University of Applied Sciences

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	METSÄTALouden VESISTÖVAIKUTUKSET.....	2
3	VESIENSUOJELUSSA KÄYTETTYJÄ MENETELMIÄ.....	4
3.1	Hallinnolliset menetelmät.....	4
3.2	Valuma-alueet.....	6
3.3	Paikkatietoanalyysit.....	7
3.4	Kunnostusojitus ja kunnostusojitusten aiheuttamien vesistövaikutusten vähentäminen .....	8
4	BIOSUODATIN .....	12
5	BIOSUODINKOKEET.....	15
5.1	Laboratoriomittakaavan kokeet .....	15
5.2	Pilot-mittakaavan kokeet .....	18
5.3	Vesianalyysit.....	21
5.4	Virhelähteet.....	22
6	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	23
6.1	Laboratoriomittakaava.....	23
6.2	Pilot-mittakaava.....	32
7	JOHTOPÄÄTELMÄT .....	37
	LÄHTEET.....	41

### LIITE

1 Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n tutkimustodistus

## 1 JOHDANTO

Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana tehostunut vesiensuojelu on vähentänyt metsätalouden aiheuttamia vesistökuormituksia. Metsätalouden osuus ihmistoiminnan aiheuttamista vesistöjen ravinnekuormituksista koostuu noin 6 % fosforipäästöistä ja 5 % typpipäästöistä. Merkittävintä haittaa aiheutuu lisääntyneestä kiintoaineen huuhtoutumisesta. Ravinnekuormituksen merkitys on vähäisempi. Metsätalouden vesistökuormitus kohdistuu usein herkimpiin latvavesiin, joissa muu kuormitus on yleensä vähäistä. (Ympäristöhallinto.) Tehostunut maa- ja metsätalous aiheuttavat ravinnekuormituksia vesistöihin, mikä heikentää vesien happipitoisuuksia. (Jauhiainen ym. 2013.) Vesistökuormituksen kannalta merkityksellisimpiä ja pohjavesille pilaantumisriskiä aiheuttavia metsätaloustoimenpiteitä ovat kunnostusojitus, maanmuokkaus, lannoitus, kantojen nosto sekä hakkuut. Hakkuiden ja lannoitusten yhteydessä vesistöjä suojellaan yleensä suojakaistan avulla, kunnostusojitusten yhteydessä puolestaan toteuttamalla lie-  
tekuoppia, kaivu- ja perkauskatkoja, laskeutusaltaita sekä pintavalutusta tai pohja- ja putkipatoja tai kosteikkoja. (Ympäristöhallinto.)

Tässä työssä tutkittiin voidaanko metsätalouden vesiensuojelua tehostaa biosuotimilla ja vähentää vesistöihin kulkeutuvaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta sijoittamalla suotimia kunnostusojiin. Lisäksi työssä tutkittiin ja kehitettiin metsätalouden vesiensuojelun tehostamiseksi tarkoitettaviin biosuotimiin parhaiten soveltuvia materiaaleja. Tutkittavat materiaalit olivat lehtipuuhiili, kevytsora, muoviset kantokappaleet, lehtipuu-hake, rahkasammal ja raetuhka. Opinnäytetyöprosessin aikana rakennettiin laboratoriomittakaavan koejärjestelyt Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratorioon sekä pilot-mittakaavan koejärjestelyt eri metsäkohteisiin. Suodinmateriaalien soveltuvuutta varten tutkittiin muutoksia, fosforin, kiintoaineen, sameuden, värin, hapen pH:n sekä sähkönjohtavuuden osalta. Lisäksi pilot-mittakaavan kokeilla haluttiin selvittää suodattimien rakenteen soveltuvuutta maastokohteisiin.

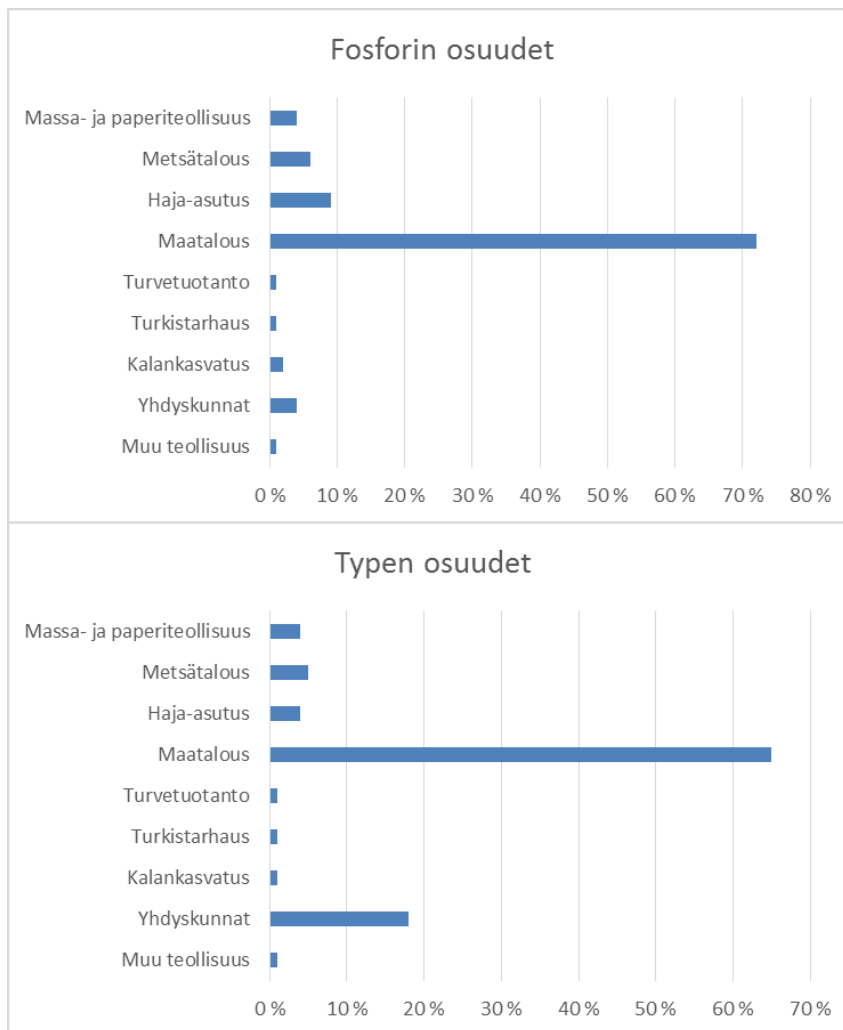
Työn tutkimusvaiheessa hyödynnettyä laboratoriolaitteistoa oli käytössä Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa kaikkiin tarvittaviin tutkimusvaiheisiin ja analyyseihin. Osat näytteistä lähetettiin Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:n laboratoriolle, jossa tehtiin analyyseja pilot-kokeiden näytteille. Viljavuuspalvelun tutkimustodistus

on liitteessä 1. Myös rakennelmat, joita tutkimusta varten valmistettiin, sisältyivät hankkeen alaisuuteen ja tarvikkeita hankittiin tarpeen mukaan paikallisista vähittäismyymälöistä sekä rautakaupoista.

Opinnäyte on tehty Mikkelin ammattikorkeakoulun hankkeen toimeksiannosta. Mikkelin ammattikorkeakoulu toteuttaa vesiensuojeluhanketta yhdessä Tapio Oy:n kanssa. Hanketta rahoittavat Etelä-Savon maakuntaliitto Euroopan aluekehitysrahastosta, RKP-Hiili Oy ja Tapio Oy.

## **2 METSÄTALouden VESISTÖVAIKUTUKSET**

Vesistökuormitus, jota aiheutuu metsätaloudesta, on luonteeltaan hajakuormitusta. Koska metsätaloutta harjoitetaan koko maassa laajoilla alueilla, aiheuttaa se merkittävän kuormituksen. Kuormituksen pitkäkestoisuus sekä herkkien vesialueiden hakkuut tekevät kuormituksesta huomioitavan asian, vaikka sen osuus kokonaiskuormituksesta on varsin pieni. (Kuva 1.) Kuormitusten suuruuteen vaikuttavat mm. maaperän laatu, topografia ja sademäärä. Kuormitus voidaan jakaa ravinne- (P, N), kiintoaine-, metalli-, happamuuskuormitukseen ja humuskuormitukseen, jossa liukoinen orgaaninen aines kulkeutuu vesistöihin huuhtoutumalla. (Joensuu ym. 2014, 11.) Hajakuormitus voi ilmetä orgaanisena tai epäorgaanisena kiintoaineena sekä lienneena orgaanisena aineena ja ravinteina, joista vesistöille haitallisimpia ovat fosfori ja typpi (Hiltunen ym. 2011, 127).



**KUVA 1. Ravinnekuormitusosuuksia (Joensuu 2013).**

Vesistöille aiheuttaman fosforikuormituksen arvioidaan olevan keskimäärin n. 230 tn vuodessa ja typpekuormituksen 3250 tn vuodessa. Ihmistoiminnan aiheuttama kokonaiskuormitus vesistöihin on arvioitu metsätaloudessa olevan fosforin osalta n. 6 % ja typen osalta 4 %, kun luonnon huuhtouman osuus fosforin kuormitukselle on kolmannes ja typelle 37 %. Metsätaloudessa kiintoainekuormitus on merkittävämpi tekijä kuin ravinnekuormitus. Kuormitus voidaan selvimminkin havaita latvavesistä. (Joensuu ym. 2014, 11.)

Kunnostusojien rakentaminen aiheuttaa metsätalouden suurimman yksittäisen vesistökuormituksen, kun irtoava kiintoaines liettää vesistöjä ja sen sisältämä orgaaninen aines kuluttaa happea hajotessaan. Typpi ja fosfori kulkeutuvat valumavesien mukana enimmäkseen kiinnittyneenä kiintoainekseen. Myös maastoon jääneet hakkuutähteet sekä metsälannoitus vapauttavat ravinteita maaperään sekä aiheuttavat ravinnekuormitusta. Riski on suurempi turvemaiilla kuin kivennäismailla. (Joensuu 2014, 12.) Hakkuut,

maanmuokkaus, täydennysojitus, perkaus, lannoitus ja kannonnosto voivat lisätä metsämailta tulevien valumavesien ja niiden ravintoainepitoisuuksien määriä. Toimenpiteistä aiheutuva vesistökuormitus syntyy valumavesien määrissä ja ravintopitoisuuksissa tapahtuneiden muutosten yhteisvaikutuksesta. Kun ravinteet päätyvät vesistöön, lisäävät ne ekosysteemin perustuotantoa ja vesi rehevöityy. Metsätaloustoimet voivat rehevöittää vesistöjä ja heikentää ekologista tilaa, mikä voi ilmetä mm. veden värimuutoksina, sameutumisenä, happikatona, madaltumisena ja rantojen liettymisenä.

Pohjavesien suojeleminen on erittäin tärkeää, sillä niiden likaantuminen on erittäin työlästä ja kallista puhdistaa. Metsätalouden harjoittaminen saattaa vaikuttaa pohjaveden muodostumiseen ja lisätä ravinteiden huuhtoutumista niihin. Pohjaveden laadun kannalta haitallisinta on nitraattityppi ja humus. Metsätalouden aiheuttamalla kuormituksella voi olla suuri paikallinen merkitys. Metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä käytettyjen vesiensuojelukeinojen teho vaikuttaa kuormitusten määrään merkittävästi kiintoaineen vähentyessä. (Hiltunen ym. 2011, 127–128.)

### **3 VESIENSUOJELUSSA KÄYTETTYJÄ MENETELMIÄ**

Vesiensuojelun päämääränä on suojella vesiä niin, ettei niiden tila huonone ja että vesistöjen tila olisi hyvä vuonna 2020. EU:n vesipuitedirektiivillä on asetettu yhteiset tavoitteet vesien tilan parantamiselle. Kunnilla on paikallinen vastuu suojelun edistämisestä ja valvonnasta. Vesilailalla säännellään maa- ja metsätalouden kuivatusta. Ympäristönsuojelulain säädetään ympäristön pilaantumista aiheuttavasta toiminnasta. (Tanskanen 2016.) Suomalaisessa metsätalouden harjoittamisessa on vesiensuojeluun kiinnitetty huomiota jo useamman vuosikymmenen ajan. Metsätalouden vesistölle aiheuttamia haittoja vähennetään huolellisella suunnittelulla hyödyntäen erilaisia paikkatietosovelluksella tuotettuja arviointeja. (Metsähallitus 2015) Luvussa 3 on avattuna yleisimpiä keinoja vesiensuojelumenetelmiin metsätalouden harjoittamisessa.

#### **3.1 Hallinnolliset menetelmät**

Metsätaloustoimien aiheuttamia haitallisia vaikutuksia on pyritty estämään ja vähentämään muun muassa säädösten, tavoiteohjelmien ja Valtioneuvoston päätösten avulla.



Metsätalouden vesiensuojelua ohjaavaa lainsäädäntöä on vesilaissa, ympäristönsuojelulaissa, metsälaissa sekä vastaavissa asetuksissa. Suometsätalouden vesiensuojelua voidaan ohjata jossakin määrin myös kestävän metsätalouden rahoituslain avulla. (Hiltunen ym. 2011, 128; Ympäristöhallinto.)

Vesiensuojelulle asetetaan tavoitteita ja periaatteita Kansallisessa metsäohjelmassa 2015 sekä vesiensuojelun suuntaviivoissa 2015. Vesiensuojelun suuntaviivat 2015 on sovitettu yhteen EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin 2000/60/EY ja sen pohjavesien suojelua koskevan tytärdirektiivin 2006/118/EY tavoitteiden kanssa. (Finer 2007, 1.) Käytännön ohjeita sisältyy vapaaehtoiseen metsäsertifiointiin ja metsätalouden vesiensuojelusuosituksiin. Lisäksi metsäyhtiöillä on myös omia ohjeita vesiensuojeluun. (Ympäristöhallinto) Euroopan unionin vesipuitedirektiivin 2000/60/EY mukaan kansalliseksi toteuttamiseksi on säädetty laki 30.12.2004/1299 ja asetus 30.11.2006/1040 vesienhoidon järjestämisestä, jonka pääperiaatteena on pyrkimys saavuttaa ja säilyttää pintavesien hyvä ekologinen tila. Lisäksi vesistöjen ja pohjavesien tilan kohentamiseksi on laadittu alueellisia vesienhoitosuunnitelmia, toimenpideohjelmia ja toteutusohjelmia. Valtionneuvoston periaatepäätös vesienhoidon toimenpideohjelman toteuttamiseksi annettiin 17.2.2011. Vesienhoidon perustoimenpiteet ovat jo vakiintunutta käytäntöä ja lisätoimenpiteillä joko tehostetaan entisten keinojen käyttöä tai kokonaan uusien keinojen käyttöönottoa. Lisätoimenpiteitä tarvitaan jos perustoimenpiteet eivät riitä vesimuodostuman hyvän tilan saavuttamiseen tai turvaamiseen. ELY-keskukset koordinoivat vesienhoidon suunnittelua ja toteutusta. Metsähallitus osallistuu siten kuin yhteistyöryhmissä sovitaan. (Hiltunen ym. 2011, 128.)

Metsäalueilla pienvesiä on kunnostettu kestävän metsätalouden rahoituslain (Kamera) tuella Suomen metsäkeskuksen luonnonhoitohankkeissa. (Hämäläinen 2015, 11.) Metsälaki (1093/1996) edellyttää ympäristöasioiden huomioon ottamista metsätaloudessa yleisesti. Vesiensuojelua koskevia säädöksiä on kirjattu vesilakiin (587/2011) ja vesilain muutoksiin sekä ympäristönsuojelulakiin (86/2000). Lakien nojalla metsätaloudelliset toimenpiteet eivät yleensä ole luvanvaraisia. (Hiltunen ym. 2011, 128.) Metsähallitus on lupautunut noudattamaan Suomen PEFC-järjestelmän kansallisia kestävän metsänhoidon arvosteluperusteita. PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) on kansainvälinen metsäsertifiointijärjestelmä, joka edistää ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävä metsätaloutta kaikkialla maailmassa (PEFC-Suomi.). Järjestelmässä on mm. vesiensuojelua koskevia ehtoja joilla pidetään

yllä metsien monimuotoisuutta. (Hiltunen ym. 129, 2011.) Vesilain 1. luvun 1. §:n mukaan tulee vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä edistää niin, että se on ekologisesti kestävä. Lisäksi tulee vähentää vesiympäristön käytöstä aiheutuvia haittoja ja parantaa vesiympäristön tilaa. (Vesilaki 587/2011.)

### **3.2 Valuma-alueet**

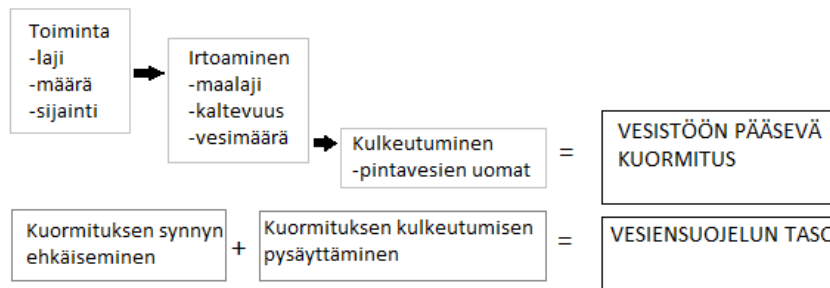
Valuma-alueella tarkoitetaan sitä aluetta, jolta vesi kerääntyy esimerkiksi vesiensuojelurakenteelle. Valuma-alue on hyvä rajata, jotta vesivalumien määrä voidaan huomioida vesiensuojelurakenteen mitoitusta varten. Yhden laskujan valuma-alue voi siis olla huomattavan suuri alue, jopa suurempi kuin käsiteltävä alue. (Joensuu 2013, 18.) Valuma-aluesuunnittelu tehdään hakkuiden sijoitussuunnittelun yhteydessä.

Valuma-alueyökalun käytöllä tarkastelualueella vuosittain toteutettavat metsänhoitotoimenpiteet toteutetaan siten, että mahdolliseen vesistöön kohdistuva kuormitus ei ylitä rajoja huomioiden vesiensuojelutoimenpiteiden tehoa. Valuma-aluesuunnittelun yhteydessä tarkastellaan myös tarpeita ja mahdollisuuksia kohdentaa vaativia, useiden työmaiden vesiensuojelu rakenteita, sellaisiin paikkoihin, joissa niiden tuottama hyöty on suurin. Yleisesti metsätalouden vesiensuojelu on suunniteltu lähinnä työmaa- tai hanketasolla. Vesienhoidon järjestämiseen kuuluu tarvittaessa myös suunnittelu, joka kohdistuu vähintään yhden vesimuodostuman valuma-alueeseen kerrallaan. Valuma-alueanalyysillä voidaan arvioida hakkuu- ja muiden metsätaloustoimenpiteiden, kuten maanmuokkaus, kunnostusojitus- ja lannoitetoimenpiteiden aiheuttamaa kokonaiskuormitusta valuma-alueelle. Samalla voidaan myös arvioida kuinka tehokkaasti menetelmät vähentävät kuormitusta. (Metsähallitus 2015.)

Valuma-aluesuunnittelu kuuluu lisätoimenpideohjelmiin, joissa valuma-alueet on määriteltä ympäristöhallinnon vesistöaluejaon mukaisesti. Valuma-aluejako kuuluu Metsähallituksen paikkatietojärjestelmän taustatasoihin. Ympäristöhallinto laatii valumaaluesuunnittelun toimintamallin ja ohjeistuksen. Metsätalouden aiheuttamaa kuormitusta on arvioitu metsätalouden toimenpideohjelmien ja toimenpiteille todettujen ominaiskuormituslukujen avulla. Ominaiskuormitusluvut on määriteltä metsä uudistamiselle turve- ja kivennäismailla, kunnostusojitukselle ja lannoitukselle. Ominaiskuormitusluvut on esitetty kokonaisfosforille ja tyypelle sekä kunnostusojituksen osalta myös kiintoainekselle. (Hiltunen ym. 2011, 129–130.)

### 3.3 Paikkatietoanalyysit

Paikkatietoanalyysijä voidaan käyttää kahteen päätarkoitukseen, joita ovat eroosioalttiuden arviointi sekä vesiensuojelurakenteiden suunnittelu. Käytännössä eroosioalttiuden arvioiminen ja vesiensuojelurakenteiden tyyppin valinta, sijoittaminen ja mitoittaminen tehdään vuorovaikutussuhteessa. Metsähallituksella on käytössään kaksi paikkatietosovelluksessa tuotettua vesiensuojelun suunnittelua avustavaa kartta-aineistoa, jossa yksi kuvaa veden virtausta uomissa ja toinen pintaveden virtausta siellä, missä uomia ei ole. Työkohteiden rajaukset ja päätökset vesiensuojelumenetelmistä tehdään maastosuunnittelun jälkeen.



**KUVA 2. Kuormituksen syntyminen ja kulkeutuminen (Metsähallitus 2010).**

Eroosiota voidaan ehkäistä havaitsemalla työkohteen sille altistavat tekijät ja suunnittelemalla kohteen vesiensuojelua huomioimalla tätä aiheuttavat tekijät. Metsätalouden toiminta aiheuttaa eroosiota epäsuorasti poistamalla maanpintaa sitovaa kasvillisuutta tai muuttamalla pintavesien kulkureittejä. Vesieroosio voidaan jakaa pintaeroosioon ja uomaeroosioon. Pintaeroosiota tapahtuu, kun sadepisarat irrottavat maahiukkasia pintakasvillisuuden puuttuessa. Tuoreet ojat, kaivuukasat tai maanmuokkauksen jättämät jäljet altistavat maapohjan eroosiolle. Uomaeroosiossa veden virtausenergia irrottaa ja kuljettaa maahiukkasia veden mukana. Uoman eroosioalttiutta voidaan arvioida tulva-aikaisten virtausten sekä maalajin eroosioherkkyyden perusteella. Yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala sekä uoman kaltevuus vaikuttavat olennaisesti virtausnopeuteen. (Hiltunen ym. 2011, 130–132.)

### 3.4 Kunnostusojitus ja kunnostusojitusten aiheuttamien vesistövaikutusten vähentäminen

Kunnostusojitusalueella metsätöitä tehdessä ensisijainen vesiensuojelutavoite on vähentää ojien syöpymistä ja samalla varmistaa, ettei ojitustoimenpiteellä huononnetta pohjavesien käyttökelpoisuutta. Kunnostusojitusten rakentamisen myötä valumavesien kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet tiivistyvät yleensä tavallista korkeammiksi. (Joensuu 2013, 52.) Kunnostusojituskohteet ovat yleensä puustoisia, kertaalleen ojitettuja soita. Ojien perkauksella ei ole todettu lisäävän ylivalumaa, mutta sillä saatetaan lisätä alivalumaa, jota esiintyy sateettomilla ajanjaksoilla. Ylivalumalla tarkoitetaan jonkin ajanjakson aikana, esimerkiksi yhden vuoden aikana, tapahtuvaa suurinta valumaa jollakin alueella. Alivalumalla tarkoitetaan sateettomamman ajanjakson suurinta valumaa jollakin alueella. Täydennysojitus ja ojien perkaus saattavat kasvattaa valumahuippuja, koska tiheä uomaverkko kokoaa vettä tehokkaasti ja tällöin hetkelliset virtaamat kasvavat. Suurimmillaan valunta on yleensä keväällä lumien sulamisvaiheessa. Ilmaston lämpenemisen on arvioitu siirtävän tulvahuippuja talveen erityisesti Etelä-Suomessa. Pohjois-Suomessa on arvioitu kevättulvien voimistuvan sadannan lisääntytyä. (Leinonen ym. 2011, 133.)

Kiintoaineksen sekä ravinteiden huuhtoutumista voidaan vähentää jättämällä ojia herkillä alueilla perkaamatta tai hidastamalla veden virtausta ojissa sijoittamalla alueille vesiensuojelurakenteita. Ojaeroosioon vaikuttavia tekijöitä ovat maalaji, vesimäärä ja pohjan kaltevuus. Myös ojien kaivamisajankohdan ajoittaminen sateettomammalle jaksolle vaikuttaa huuhtoutumien määriin. Kunnostusojituksen suunnitteluvaiheessa olisi hyvä myös huomioida puiden haihduttava vaikutus, joka voi olla riittävä aina seuraavaan päätehakkuuseen asti. (Joensuu 2013, 53.) Tämän vuoksi runsaspuustoisien alueen ojien täydentäminen voi olla tarpeetonta puuston juuri suuren haihdunnan vuoksi. Pitkälle maatuneessa turpeessa vesi liikkuu hitaasti, joten ojien kuivattava vaikutus voi jäädä olemattomaksi. (Hiltunen ym. 2011, 135.)

Metsätaloudessa voidaan käyttää sekä biologisia että mekaanisia valumavesien selkeytysmenetelmiä. Mekaanisiin selkeytysmenetelmiin voidaan lukea laskeutusaltat sekä erilaiset padot ja biologisiin menetelmiin pintavalutuskentät. Hyvällä suunnittelulla ja huolellisella toteutuksella voidaan parantaa pintavalutuksen ja laskeutusaltaiden toimi-

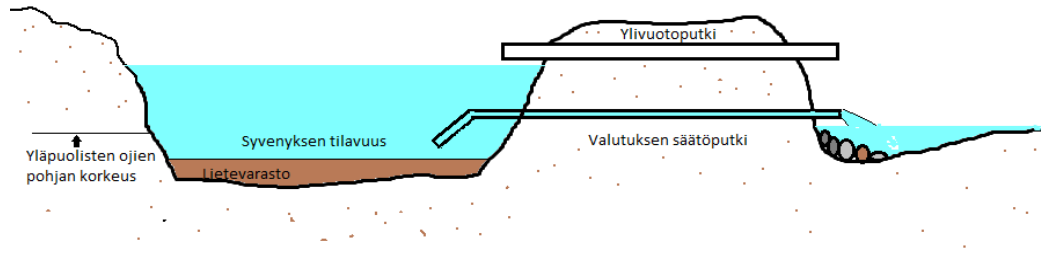
vuutta sekä pienentää huomattavasti kiintoaine- ja ravinnekuormitusta. Vedenselkeytysrakenteiden jälkitarkkailu ja hoito voivat olla kalliita ja työläitä toteuttaa ja olisi hyvä alusta asti käyttää mahdollisimman pitkäkestoisia ratkaisuja. Vedenhankintaa varten tärkeillä pohjavesialueilla ja vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesi-alueilla sijaitsevat ojitusalueet jätetään kunnostamatta. Kyseisten alueiden rajan ulkopuolelle jätetään 30–60 metriä leveä reunavyöhyke jolla ei kaiveta. (Hiltunen ym. 2011, 135.)

Kunnostusojitussuunnitelman laatimisen yhteydessä tulee aina tehdä vesiensuojelusuunnitelma. Suunnitteluvaiheessa tulee tunnistaa eroosioalttiit ojat ja tässä voidaan hyödyntää paikkatieto-ohjelmia maalajien ja maanmuotojen tunnistamisessa. Perkaustarve tulee arvioida maan ominaisuuksien mukaan ja herkimvät osat voidaan jättää perkaamatta. Laskuojat perataan vain niiltä osin kun se on välttämätöntä tarvittavan kuivatussyvyyden aikaansaamiseksi. Laskuojiin kohdistuu suurempi valuma ja tällöin eroosioalttiisuus kasvaa. Vesistöön johtavat vanhat ojat jätetään perkaamatta muutaman kymmenen metrin matkalta ennen vesirajaa. Ojat tulisi sijoittaa niin kauas vesistöä, ettei veden keskipinnankorkeus ylitä ojanpohjan korkeutta. (Joensuu 2013, 55–57.)

Kiintoainekuormaa voidaan ojakohtaisesti vähentää jättämällä ojaan kaivukatkoja. Kaivukatkot ovat ojiin kaivamatta jätettäviä kohtia ja ovat toiminnaltaan pienoiskoossa olevia pintavalutuskenttiä. Katkon pituus riippuu maalajista ja kaltevuudesta. Vanhojen ojien kunnostuksessa jätetään vastaavasti ojan osia perkaamatta. (Joensuu 2013, 19.)

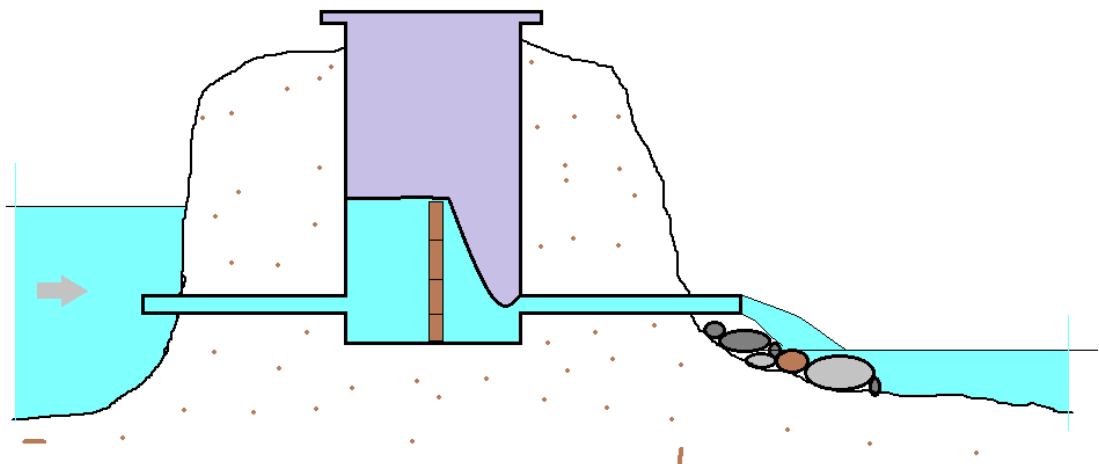
## **Padot**

Patoja käytetään hallitsemaan veden virtausta ja pyritään varmistamaan, että veden virtausnopeus pysyy riittävän pienenä eikä irrota maa-ainesta mukanaan. Virtaamanhallintarakenteilla tarkoitetaan vain niitä rakenteita, joilla on vaikutusta virtaaman voimakkuuteen ja nopeuteen. Käytössä tällä hetkellä olevia rakenteita ovat erilaiset padot. Putkipato muistuttaa tierumpua ja sen tarkoituksena on rajoittaa tulvahuippujen aikaan virtaavia vesimääriä virtausnopeuksia. (kuva 3.) Putkipadon toimintaperiaate on veden hetkellinen varastoituminen padon yläpuolelle ja virtausnopeuden pienentäminen, joka vähentää eroosiota. Padolla voidaan myös pidättää vettä ojitusalueella vesiensuojelluisena rakenteena. (Joensuu 2013, 24–26.)



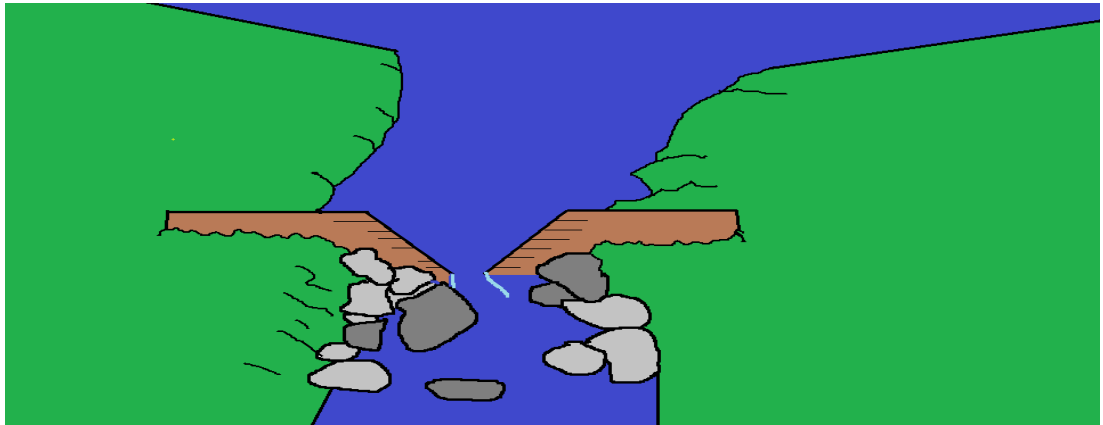
**KUVA 3. Putkipato (Joensuu 2013).**

Settipato on metallista rakennettu kehikko, jossa on veden virtaussuuntaan nähden poikittain asetettuja lankkuja, joilla voidaan säätää virtausnopeutta ja korkeutta. Settipatoja voidaan käyttää, kun laskeutusaltaassa halutaan säädellä veden pinnan korkeutta tai halutaan seurata altaan tehoa. Pato pidättää kiintoainesta altaassa. Patotyyppi käy hyvin paikkoihin, joissa tarvitaan purkuojaan rumpu. Patoa ei käytetä kohteilla, joissa kalankulku on mahdollista. (Joensuu 2013, 28.) Munkkipato on patopenkereeseen tehtävä säätökaivo, johon vesi tulee putkea pitkin. (Kuva 4.) Putkien koko määräytyy tapauskohtaisesti tulvanaikaisen suurimman mahdollisen virtaaman avulla. Vedenpinnan korkeutta säädetään mekaanisesti levyn avulla.



**KUVA 4. Munkkipato (Joensuu 2013).**

V-padolla tarkoitetaan patoa, jossa v-mallinen aukko on rakennettu esimerkiksi vesivaaneriin. (kuva 5.) Levy kaivetaan maan sisälle ja tuetaan kivillä, milloin rakennelma kestää myös tulvavedet. Patotyyppi soveltuu pienehköille kohteille ja aukkoon voidaan lisäksi laittaa asteikko, jolla voidaan seurata virtaamaa. (Joensuu 2013, 29.)



**KUVA 5. V-pato (Joensuu 2013).**

Pohjapadot tehdään ojien ja naveroiden pohjille kivien avulla tai puusta tai muusta materiaalista. Pato pidättää hyvin pohjakulkeumana liikkuvaa karkeaa maa-ainesta. Pohjapato voidaan toteuttaa nopeasti uudisojiin tai jo toteutetuille ojituksille. Patoja voi olla useita peräkkäin, milloin puhutaan putousportaista. Putousportaiden avulla voidaan pienentää virtausnopeus syöpymisen kannalta riittävän pieneksi ja patotyyppiä käytetään paikoilla, joilla on todettu suuri maan syöpmisriski. (Joensuu 2013, 30.)

Lietekuopat ovat uusiin ja perattaviin ojiin vähintään 100 metrin välein jätettäviä syvennyksiä, joihin pidättyy enimmäkseen kaivuuaikana muodostuvaa karkeaa kiintoainesta. Lietekuopan tavoitteellinen tilavuus kaivuuhetkellä on 1–2 kuutiometriä. Pintavalutuskenttä on metsänkäsittelyalueen ja vesistön väliin jäävä alue, jolle metsän käsittelyvedet ohjataan yleensä laskeutusaltaan kautta. Vesi johdetaan maan pintakasvillisuuden sekaan ja veden mukana huuhtoutuvat kiintoaineet ja ravinteet sitoutuvat kasvillisuuteen ja pintamaahan. Metsälain (1093/1996) kymmenennen pykälän mukaan pintavalutuskenttänä ei saa käyttää erityisen tärkeää elinympäristöä. Laskeutusaltaiden avulla pystytään vähentämään valumavedestä kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Altaan toiminta perustuu veden virtausnopeuden hidastamiseen ja siinä mukana kulkevien hiukkasten laskeutumiseen altaan pohjalle. Laskeutusallas ei ole ensisijainen vesiensuojelukeino. (Joensuu 2013, 20–23.)

## 4 BIOSUODATIN

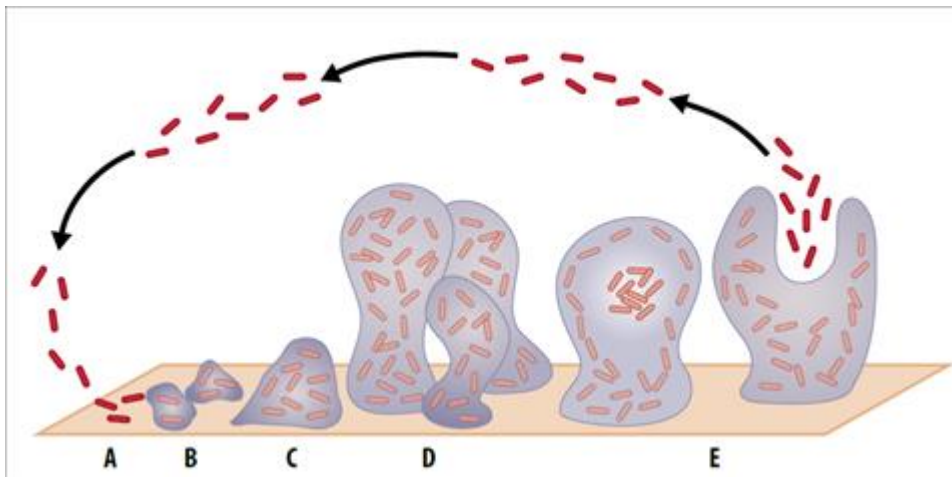
Biosuodattimet ovat biomateriaaleista tai muista materiaaleista valmistettuja ja ympäristöystävällisiä veden puhdistamiseen tarkoitettuja erilaisia ratkaisuja. Materiaaleja voivat olla olki, hiili, hiekka ja sora joilla pyritään sitomaan puhdistettavasta vedestä epäpuhtauksia. Yksi yleinen materiaali on muovinen kantokappale, jota käytetään vesihuollossa. Suodatinmateriaalin pinnalle muodostuu ajastaan biofilmiä.

Vesihuollossa hyvin useasti käytetty suodatinmateriaali on muovia. Toiminta perustuu siihen, että kappaleessa on mahdollisimman paljon pinta-alaa, johon biofilmiä voi alkaa muodostua ja näin kuluttaa veden ravinteita hyödykseen. Siksi tässä prosessissa voidaan käyttää vaikkapa aaltoilevaa putkea, joka mahdollistaa mahdollisimman paljon kasvupintaa biofilmille ja samalla lisää pinta-alaa suodattimen lävitse virtaavalle vedelle. Orgaaninen materiaali hajoaa ajasta nopeammin kuin epäorgaaninen.

Biosuodattimessa mikrobikasvusto muodostuu suodatinmateriaalin pinnalle ja puhdistuminen tapahtuu osittain sen avulla. Vesi johdetaan suodattimen läpi ja suodattimessa oleva materiaali ja biofilmi sitovat ja hajottavat epäpuhtauksia osin kiintoaineksen jäädessä suodattimeen ja osin biofilmin aineenvaihdunnan tuloksena. Luonnolliseksi biosuodattimeksi voidaan mieltää myös sadevettä keräävä puutarha-allas, jossa on kaloja, kasveja sekä hiekan läpi kiertävä vesi, jota hyödynnetään talouden vesitarpeisiin.

Biofilmillä tarkoitetaan mikrobien muodostamaa järjestynyttä rakennetta, joka on kiinnittynyt elolliseen tai elottomaan pintaan.(kuva 6.) Biofilmi-käsitteen loivat mikrobiologit ja insinöörit, jotka tutkivat vesistöjen kiviin tai vesiputkistoihin kiinnittyneitä useiden bakteerilajien muodostamia yhteisöjä. Biofilmimuodossa olevat bakteerit viestivät keskenään ja mukautuvat erilaisiin olosuhteisiin. (Tapiainen ym. 2010). Biofilmin muodostumiseen tarvitaan ravinteita, mikrobisoluja, rajapintaa ja nestettä. Biofilmiä hyödynnetään jätevesien puhdistuksessa ja erilaisissa bioprosesseissa.



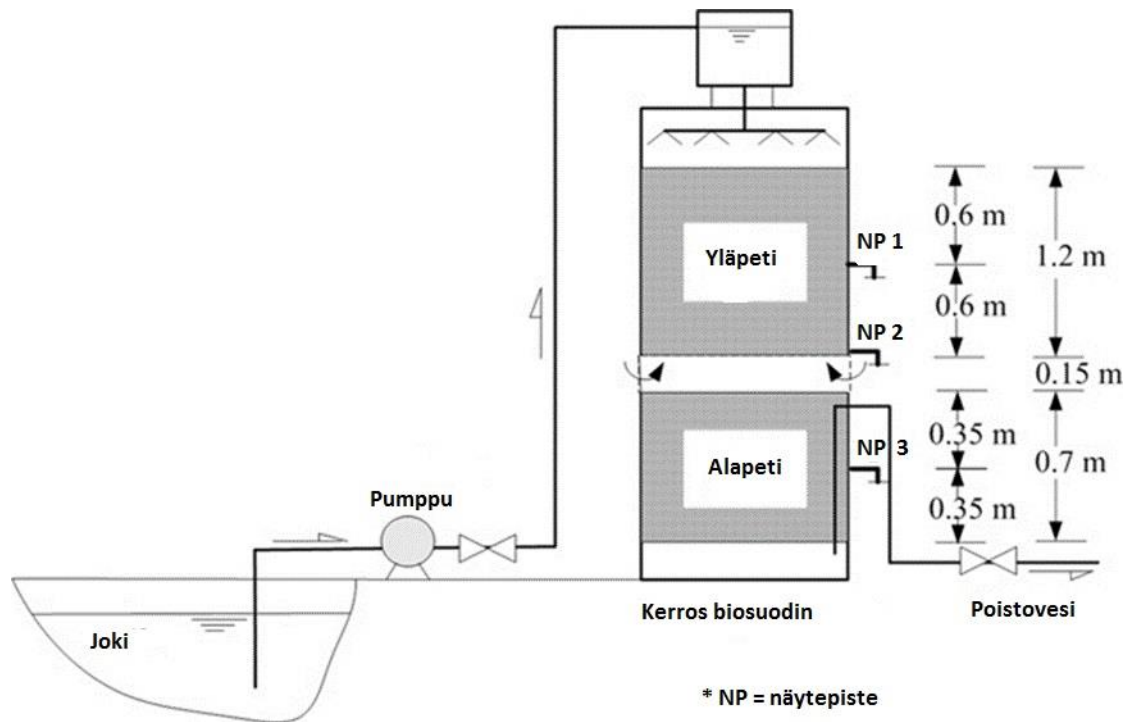


**KUVA 6. Biofilmin muodostumista (Duodecim 2010).**

Biofilmin muodostuminen on monitahoinen toiminto, missä alustamateriaalilla, mikrobien ominaisuuksilla sekä nestemäärällä on tärkeä merkitys. Biofilmissä elävien mikrobien toiminta sekä aktiviteetit kohdistuvat ravinteiden hankintaan. Mikrobit kiinnittyvät toisiinsa sekä pintaan ja muodostavat yhteisöjä. Mikrobien pintaan muodostuu polysakkarideista koostuva eräänlainen kuori ja tämän ansiosta mikrobeilla on suojakerros, jonka sisällä ne voivat jatkaa lisääntymistä. Biofilmi on mikrobien yksi suojautumiskeino erilaisia antibakteerisia tekijöitä vastaan. Lopuksi osa mikrobeista irtoaa pinnalta ja voi kiinnittyä uudelleen toisaalle. (Wirtanen 2002, 13–15.)

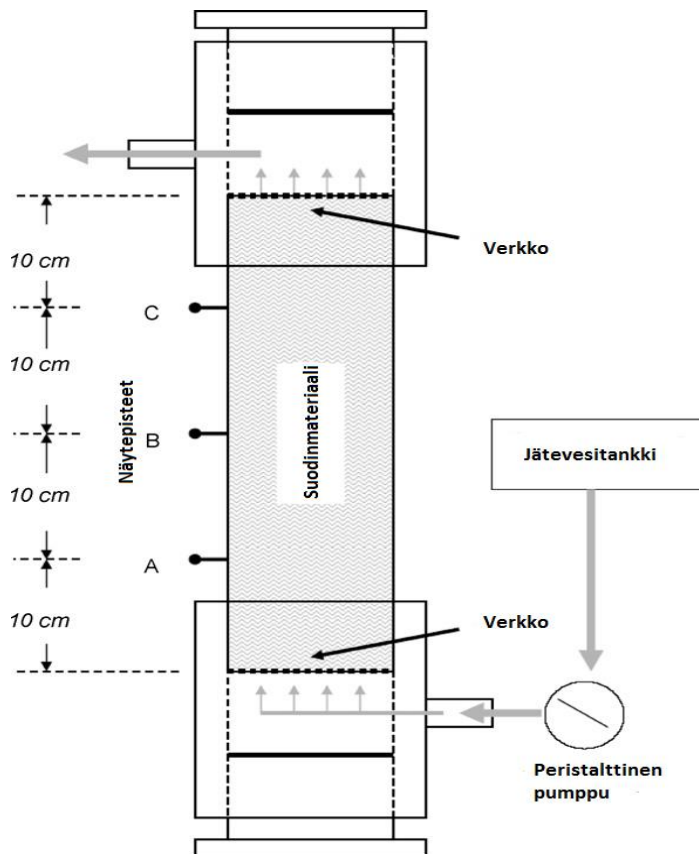
Biosuodattimen hyödyntämistä vedenpuhdistuksessa on tutkittu ympäri maailmaa ja positiivisia tuloksia on saatu. Seuraavana on pari esimerkkiä maailmalla tehdyistä biosuodatin kokeista, joissa on tutkittu likaisten vesistöjen ja likavesien puhdistamista biosuotimien avulla.

Tornisuodattimia on käytetty kaasun puhdistuksessa, pintavesien käsittelyssä ja kalanviljelyssä veden kierrätykseen. Parantaakseen tornisuodattimien denitrifikaatio kykyä, kehiteltiin kaksikerroksinen biosuodatin, jossa käsiteltiin saastunutta jokivettä. Suodatin oli pakattu huokoisella keraamisella lentotuhkalla, joka oli rakeistettua. (kuva 7.) Kokeessa tutkittiin muun muassa valutusmäärien vaikutusta suodattimeen, hiilen ja typen suhdetta sekä suodattimen suorituskykyä. Tuloksista huomattiin, että suodatin alkoi toimia jo kuudessatoista päivässä, kun kasvualustana käytettiin joen omaa sedimenttiä. Biosuodatin poisti yli 80 % COD :sta, yli 85 % ammoniumista ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) ja 60 % kokonaistypestä. Hiilen ja typen suhde vaihteli 6 ja 10 välillä. Suodatin osoittautui tehokkaaksi puhdistajaksi. (Zhaoqian ym. 2012.)



**KUVA 7. Kaksikerroksinen tornisuodatin (SD).**

Toisessa tutkimuksessa arvioitiin olkien ja puuhakkeen edullisuutta verrattuna Kaldnes-profiilimuoviin suuria typpipitoisuuksia sisältävien vesien denitrifikaatio prosessissa. Yhdeksää 3,8 litran laboratoriomittakaavan kokoista bioreaktoria käytettiin typenpoiston vertailuun. (kuva 8.) Bioreaktoreihin syötettiin tasaisella virtauksella nitraatti ( $\text{NO}_3^-$  N) pitoista vettä neljän viikon ajan, joiden konsentraatiot olivat 50, 120 ja 200 mg/l. Tutkimukset osoittivat, että puulla ja oljella saadut tulokset olivat tasavertaisia Kaldnesmuovien ominaisuuksien kanssa. Pitoisuudeltaan 200 mg/l liuoksesta saatiin poistettua jopa 99 prosenttia typestä. (Saliling ym. 2006.)



**KUVA 8. Biosuodin (SD).**

## 5 BIOSUODINKOKEET

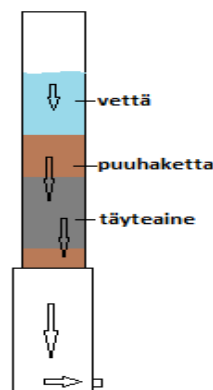
Laboriommittakaavan kokeita varten valmistettiin kahdenlaisia kolonneja. Molempien kolonnien toimintaperiaate oli sama. Suodatettava vesi valui ylhäältä suodatinmateriaalin lävitse ja poistui alaosassa sijaitsevan putken kautta astiaan. Ajatuksena oli, että suodatin materiaalin pinnalle muodostuu biofilmiä, joka omalta osaltaan vaikuttaa ravinnepitoisuuden veden virratessa suodattimen lävitse. Pilot-mittakaavan kokeita varten rakennettiin metsäkohteisiin biosuodattimet, jotka sijoitettiin kunnostusojiin. Laboratorio -ja pilot-mittakaavan tutkimuksessa vesi analysoitiin ennen ja jälkeen suodatuksen.

### 5.1 Laboriommittakaavan kokeet

Työssä ensimmäinen koesarja tarkoittaa laboratoriokokeiden ensimmäistä osuutta, mikä tehtiin kesäkuun ja syyskuun välisenä aikana vuonna 2015. Toisella koesarjalla tarkoitetaan jälkimmäistä laboratoriokoe osuutta, mikä tehtiin lokakuun ja tammikuun

välisenä aikana talvena 2015–2016. Tutkimuksia tehtiin kahdessa vaiheessa laboratoriomittakaavassa ja pilot-mittakaavassa kolmella eri mittauspaikalla eri ajanjaksoina. Juva 1 -suodin rakennettiin 10.8.2015, Juva 2 -suodin rakennettiin 7.10.2015 ja Metsä-Sairilan -suodin rakennettiin 18.11.2015.

Ensimmäisiä laboratorioskokeita varten valmistettiin tornimallisia biosuodattimia, joihin täytteeksi valikoitiin lehtipuuhaketta, lehtipuuhiiltä, kevytsoraa sekä vedenpuhdistamoilla käytettäviä muovisia kantokappaleita. (kuva 10.) Suodattimiin valutettiin suovettä tutkimuskohteelta neljä kertaa viikossa. Valutusmäärät olivat 10 l, 4 l, 2 l ja 1 l. Näytteet otettiin aina valutuksen yhteydessä. Vedenpinnan korkeus pidettiin suodatimessa tasaisena, jotta biofilmiä alkaisi muodostumaan puuhakkeen ja täyteaineen pinnalle. Ensimmäisen koesarjan kolonnien materiaali oli PPE-muovia (polyfenyylioksidi). Tämä on tyypillinen askelpolymeerireaktiolla ketjuuntuva termoplastinen polymeeri, jota käytetään yleisesti viemäriputkimateriaalina sekä läpinäkyvää muoviputkea, jonka materiaali jäi tuntemattomaksi ja niiden tilavuus oli noin 23 l per suodin (Höök 2014). Molemmat materiaalit olivat tässä kokeessa inerttejä käsiteltävien vesien sekä suodinmateriaalien kanssa. Kuvasta 9 voi havaita, että vettä valutettiin ylhäältäpäin ja alaosassa sijaitsee valumaputki, josta näyte otettiin ja että täyteaine oli pakattu puuhakekerrosten väliin.



**KUVA 9. Ensimmäisen koesarjan kolonnin malli (Salo 2015).**

Toisen laboratoriomittakaavan kokeita varten kolonnit rakennettiin 2 litran muovisista laboratoriomittalaseista, joiden alaosaan porattiin reiät valutusta ja näytteenottoa varten. (kuva 11). Niiden täyteenä oli rahkasammalta, rakeistettua tuhkaa, lehtipuuhaketta, kevytsoraa sekä lehtipuuhiiltä. Niiden suodatinmateriaali liotettiin ensin ionivaihdetulla

vedellä, jotta mahdolliset ravintoainepitoisuudet saatiin laskemaan kokeita varten ja näin pystyttiin havaitsemaan muutokset verrattuna lähtökohtiin ja havaitsemaan kuinka paljon suodinmateriaaleista irtosi ravinteita. Suotimen toimintaperiaate oli sama kuin ensimmäisen koesarjan kolonneissa, mutta suotimessa ei käytetty kuin yhtä materiaalia ja valutus suoritettiin peristalttisen pumpun avulla.



**KUVA 10. Ensimmäisen vaiheen kolonnit ovat rivissä. Vasemmalta lukien täyteenä on hiiltä, kevytsoraa ja muovisia kantokappaleita (Salo 2015).**

Kutakin kolonnityyppiä tehtiin kaksi kappaletta eri täyteaineita varten. Tällä toimenpiteellä voitiin saada tarkemmat tulokset, kun saatavilla oli myös rinnakkaisnäytteet vertailuun. Kuvasta 10 ja 9 nähdään, että suodattimen täyteaine oli pakattu puuhakekerrosten väliin. Puuhakkeen oli määrä poistaa vedestä karkeat kiintoainekset, sekä myöskin toimia kasvualustana biofilmille. Myös sen mahdollista käyttöikää pystyi tarkkailemaan.



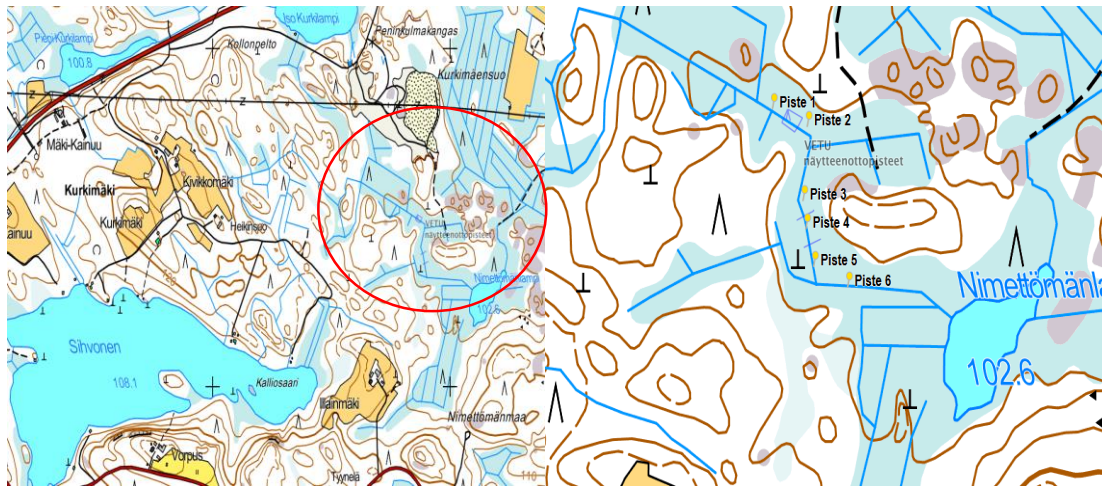
**KUVA 11. Kuvassa on laboratoriomittakaavan toisen koesarjan kolonneja (Salo 2015).**

Toisen koesarjan laboratorioskokeiden kolonneja oli myös rinnakkaiset jokaiselle suodatinmateriaalille ja niissä ei ollut täytteenä kuin yhtä materiaalia. Suodatin materiaaleja liotettiin tislatussa vedessä ylimääräisten ravinteiden poistamiseksi noin kuukauden ajan. Alkupäivinä 9.10.2015, 15.10.2015 ja 16.10.2015 tehtiin kokeita liotetusta vedestä. Suodattimiin valutettiin vettä peristalttisten pumppujen avulla.

## **5.2 Pilot-mittakaavan kokeet**

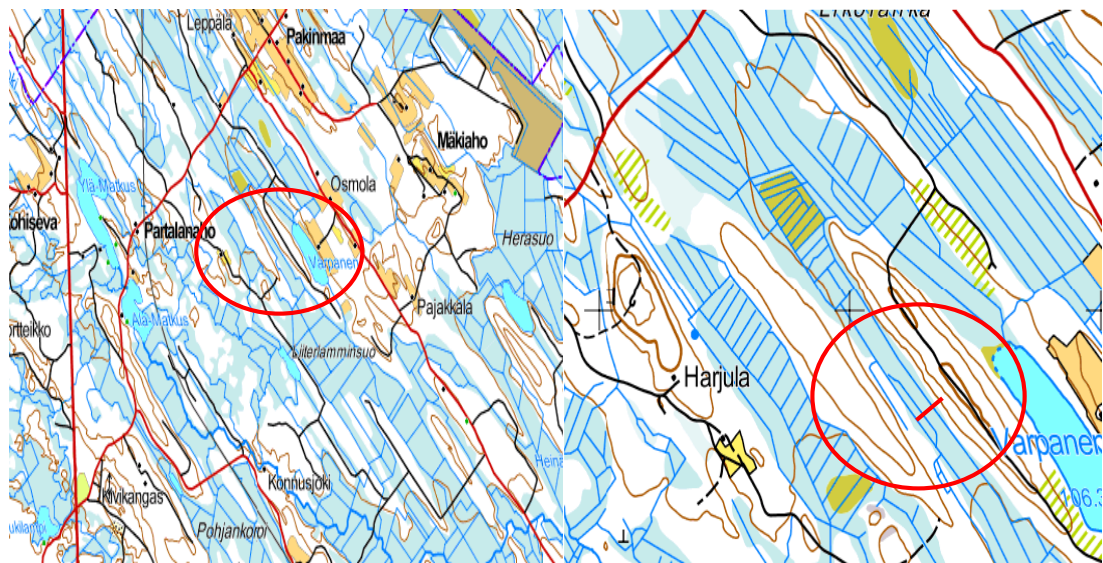
Pilot-mittakaavan kokeet valmisteltiin metsänhoitoalueille kunnostusojiin. Rakennettuja suodinyksiötä sijoitettiin alueille ravinteiden tehokasta vähentämistä ajatellen tärkeään paikkaan huomioimalla ojien yhtymäkohtia ja että ravinnehuuhtoumat saataisiin pysäytettyä hakkuualueelle. Pilot-kokeiden paikat olivat Juvalla (kuva 12–13), jossa oli kaksi suodinta sekä Metsä-Sairilassa, jossa oli yksi suodinrakennelma. Suotimien materiaalina oli lehtipuuhiiltä sekä Juva 1:n kaksiosaisella suotimella oli myös lehtipuu-hake etusuotimena. Kaksiosaisella suodattimella oli ensin puuhakesuodin ja noin 5 metrin jälkeen hiilisuodinosa.(kuva 15.) Työssä on eri koepaikkojen suotimista käytetty nimiä Juva 1, Juva 2 ja Metsä-Sairilan suodin.





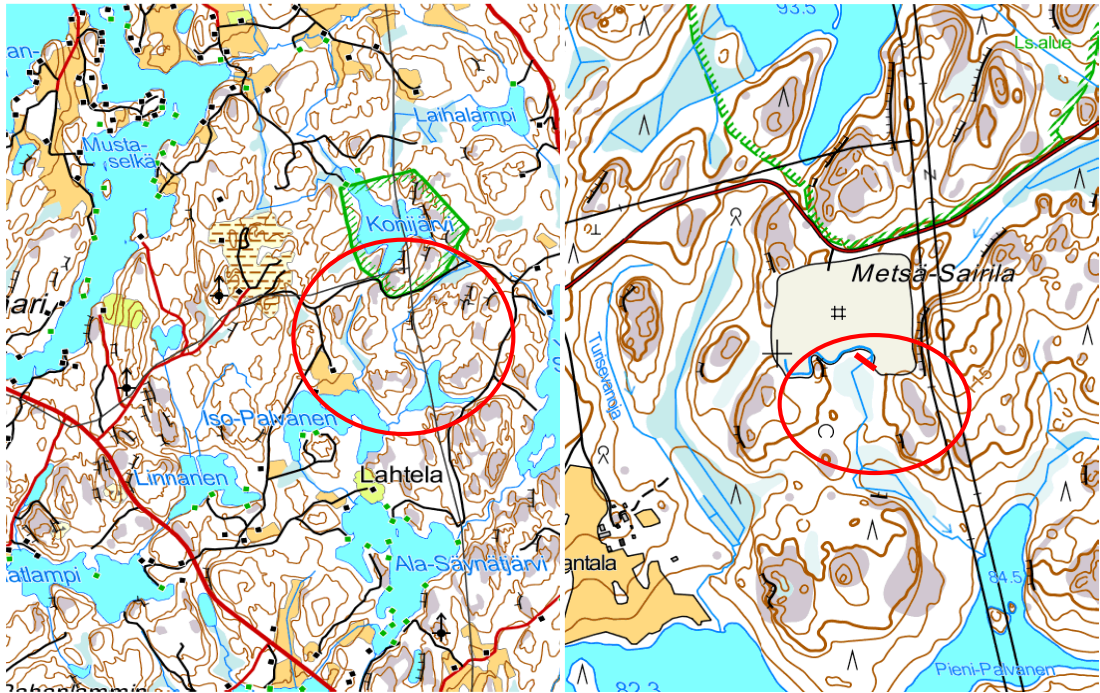
**KUVA 12. Ensimmäisen pilot-kokeen Juva 1:n sijainti Juvalla (Karttapaikka).**

Kuvissa 12 ja 13 punainen ympyrä osoittaa, missä suodatin sijaitsee ja kuvissa 13 ja 14 punainen viiva osoittaa suodattimen paikan kartalla. Suodattimien paikat pyrittiin valitsemaan siten, että suodattimesta saatava hyöty maksimoitui. Juva 1 suotimella varsinainen suodinosa sijaitsi pisteiden 3 ja 5 välissä. (kuva 12.)



**KUVA 13. Kuvassa on Juva 2:n sijainti (Karttapaikka).**

Metsäalueet, joille suodattimet asennettiin, olivat kunnostusojitettuja metsäkohteita. Metsä-Sairilan suodattimen sijainti poikkesi Juvan suodattimista siten, että valuma tuli osittain asfaltilla päällystetyltä poltto-aineterminaali kentältä eikä puhtaasti metsästä. (kuva 14.) Polttoainekentällä varastoitiin puuhaketta kasoissa.



**KUVA 14. Kuvassa on Metsä-Sairilassa sijaitseva poltto-aineterminaalien ojan suodatin karttakuvana (Karttapaikka).**

Suodattimien rungot valmistettiin puusta ja koottiin ruuvien ja nauhojen avulla. Kehikko muotoiltiin siten, että sen profiili noudatti ojan muotoa. Kehikon ulkoseinämille kiinnitettiin kanaverkot, jotta suodatinmateriaali pysyi kehikon sisäpuolella. Ojan pohjalle asetettiin maanrakennuksessa käytettävää viiraa, jotta suodattimen lävitse virtaava vesi oli mahdollisimman edustava mittausta ja näytteenottoa varten. Juvalla rakennetut suodattimet noudattivat samaa muotoilua, paitsi toisella kohteella ei ollut käytössä puuhakeosaa ja se oli yksiosainen, kun ensimmäinen suodatin oli kaksiosainen. (kuva 15.)





**KUVA 15. Pilot-kokeilun suotimet. Ylhäältä lukien ensimmäisenä on Metsä-Sairilan -suodin, alhaalla vasemmalla Juva 1 -suodin, ja alhaalla oikealla Juva 2 suodin (Salo 2015).**

Juva 1 -suotimen hakeosa purettiin 17.11, koska se patosi vettä ojaan eikä metsäpohja kuivunut tarpeeksi. Metsä-Sairilan suodin rakennettiin 18.11 ojan pituussuunnassa. Siinä ojaveden viipymä suodatinmateriaalissa oli pitkäkestoisempi verrattaessa pystymalleihin.

### 5.3 Vesianalyysit

Valumavesien monitorointia varten vedestä analysoitiin pH, sähkönjohtavuus, COD-luku, kokonaisfosfori, kokonaistyppeä, sameus, ja kiintoaine. Taulukossa 1 on koottuna työssä käytettyjä menetelmiä sekä välineitä. Vesianalyseissa noudatettiin standardeja.

### TAULUKKO 1. Yhteenvedo työssä käytetyistä standardeista ja välineistä

<b>Analyysi</b>	<b>Standardi</b>	<b>Välineistöä</b>
Kokonaistyyppi	SFS 5505	Büchi Distillation Unit K-355 ja Kjeldigester K-449
Kokonaisfosfori	SFS 3026 / ISO 6878:2004	DR 6000™ UV VIS Spektrofotometri
Kiintoaine	SFS-EN 872	Vaaka ja uuni
pH	SFS-3021	pHm 210 meterlab
Sähkönjohtavuus	SFS-EN 27888	WTW cond 3310
Sameus	SFS-EN ISO 7027	TN-100 turbidimeter
Väri	SFS-EN ISO 7887	DR 6000™ UV VIS Spektrofotometri
COD Mn	SFS 3036	-
Happi	SFS-EN 25813	-

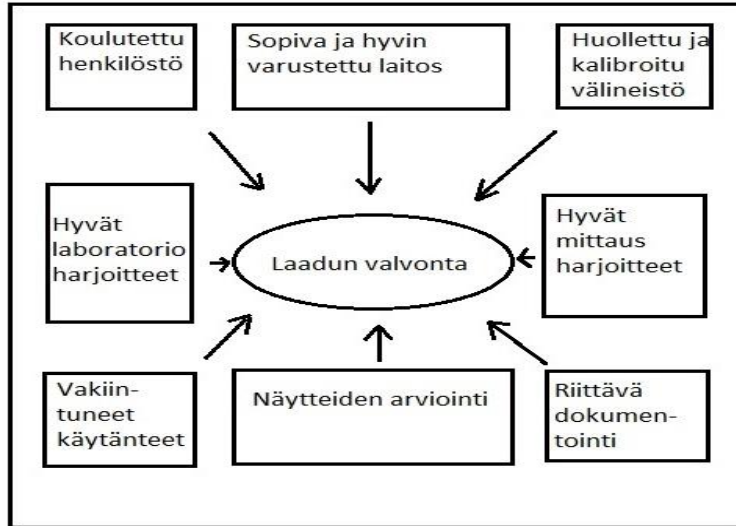
#### 5.4 Virhelähteet

Ympäristöanalyseissa systemaattiset ja satunnaiset virheet kuuluvat huomioitaviin asioihin, kun pohditaan laadunvalvontaa. Laadunvalvonnan avulla tulee tunnistaa, tiedostaa, mitata ja pitää virheet mahdollisimman pieninä niin kenttä kuin laboratoriokokeissa ja menettelyissä. (Kebbekus & Mitra 1998, 305.)

Työssä haetut näytteet otettiin näytepisteiltä noudattamalla edustavan näytteenoton sääntöjä. Näytteenottaja oli saanut tarvittavan koulutuksen ja hänellä oli näytteenotto-sertifikaatti. Näytteenotossa voi tapahtua odottamattomia virheitä, mikäli ei osaa tunnistaa edustavaa näytteenottotekniikkaa. Näytteen sekaan voi helpostikin joutua ylimääräistä maa-ainesta tai muuta sinne kuulumatonta materiaalia ja tämä aiheuttaa näytteen kontaminoitumisen; siksi näytteitä ei otettu esimerkiksi silloin, kun vesi oli vähissä näytepisteillä.

Yleisin virhe pH-mittauksissa on lämpötilaeron aiheuttama vääristymä kalibroinnin ja varsinaisen näytteen mittauksessa. Tästä johtuvaa virhettä voidaan kompensoida ATC (Automatic Temperature Compensation) mikroprosessorilla varustetuilla laitteilla ilmoittamalla mittaustilämpötila kalibrointivaiheessa tai siten, että laitteessa on kiinnitet-

tynä lämpötila-anturi, joka mittaa lämpötilaa jatkuvasti ja huomioi lämpötilaeron kalibroinnin aikana. Tässä työssä tehdyt mittaukset suoritettiin laitteella, jossa oli tämä ominaisuus. (Lehtonen 1998, 139.)



**KUVA 16. Kuvassa on laadunvalvontaan liittyviä eri osa-alueita (Kebbekus & Mitra, 1998).**

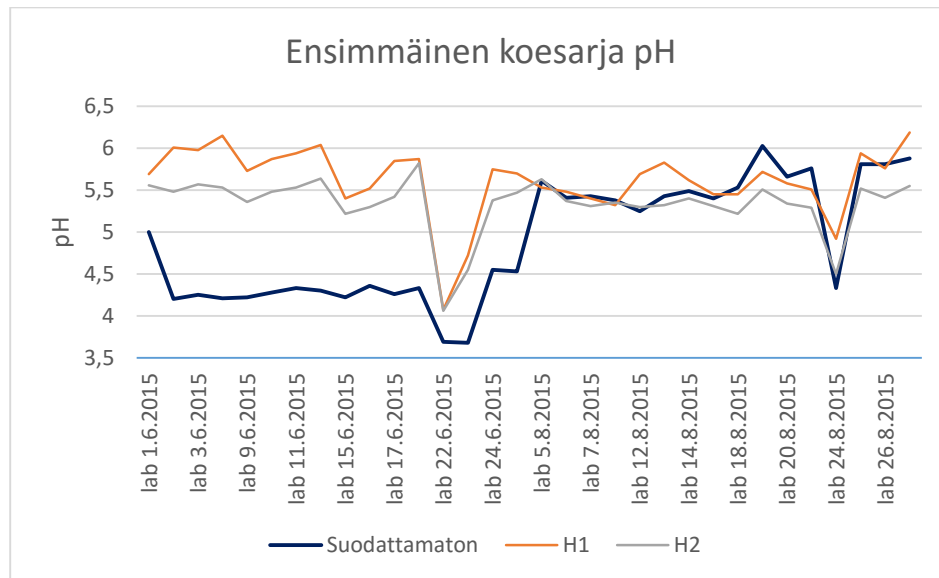
Kuvassa 16 on havainnollistettu laadunvalvonnan osa-alueiden merkitys kokonaisuudessa. Laboratoriotyöskentelyssä laadukkaiden tulosten saaminen edellyttää näiden osa-alueiden tarkkaa tuntemista ja tässä työssä kiinnitettiin huomiota näihin asioihin sekä näytteitä käsiteltiin sen mukaisesti analysoinnin eri vaiheissa. Laboratoriossa tutkimusten virhelähteitä minimoitiin muun muassa tekemällä useita rinnakkaisnäytteitä, kontrollinäytteitä ja mittauksia sekä noudattamalla säännöllistä yhdenmukaista määrittäystä noudattamalla tarkasti standardien ohjeita.

## 6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tuloksissa on tarkasteltuna tutkimuksen kannalta keskeisimmät tulokset. Ensin on käsiteltyä laboratoriomittakaavan tulokset ja sen jälkeen pilot-mittakaavan tulokset.

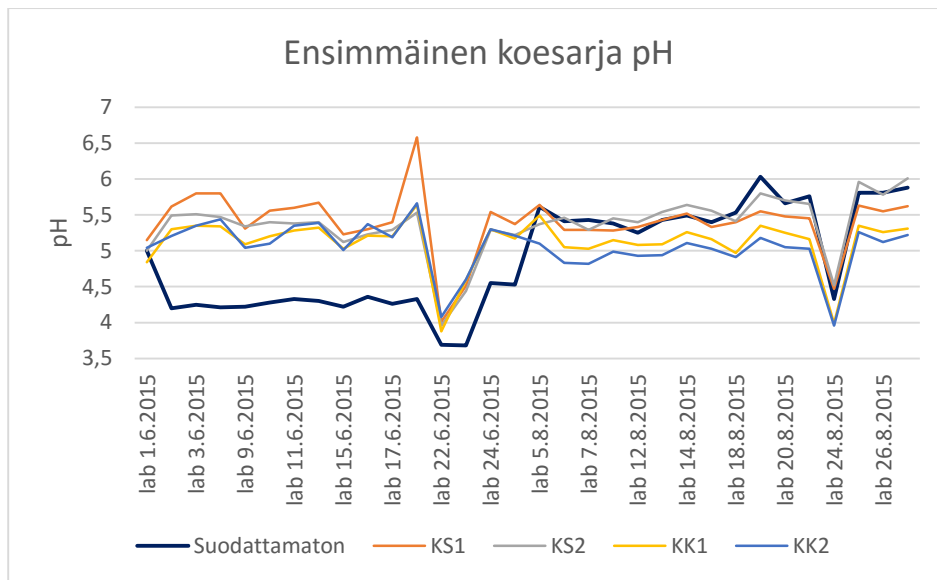
### 6.1 Laboratoriomittakaava

Ensimmäisenä on ensimmäisen koesarjan kolonnien laboratoriotuloksia. Tutkimuksissa oli mukana suodattamaton vesi vertailuun ja hiili, kevytsora sekä kantokappale suodatinmateriaalina. Taulukoissa olevat lyhenteet ovat H hiili, KS kevytsora ja KK kantokappale.



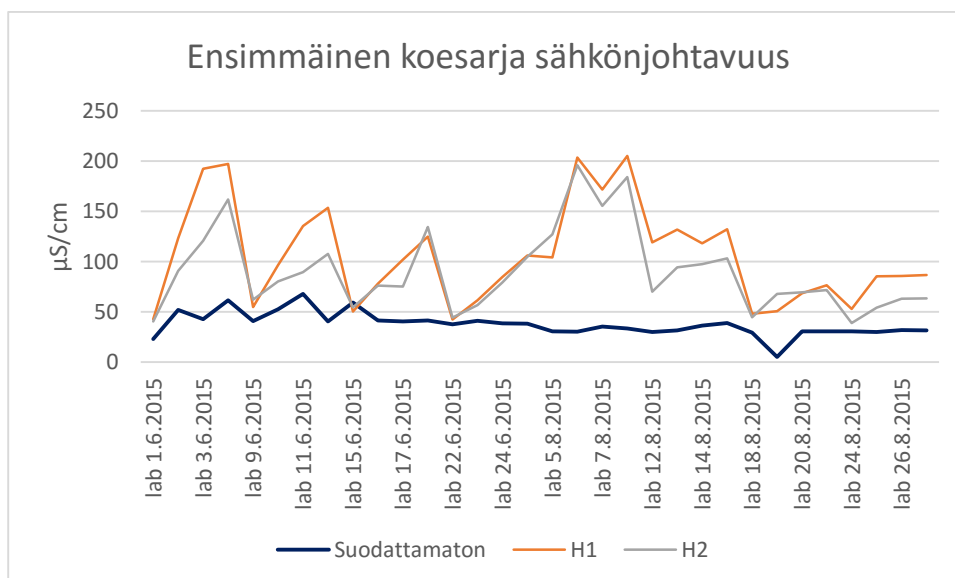
**KUVA 17. Kuvassa on ensimmäisen koesarjan pH-tulokset**

Mittaukset suoritettiin aina veden valutuksen yhteydessä. Kuvasta 17 ja 18 voi havaita, että kesäkuun aikana suoritetuissa tutkimuksissa käytetty vesi oli lähtökohtaisesti happamampaa kuin elokuussa käytetyn veden ja samalla voi havaita, että kesäkuun aikana pH-arvo oli pyrkinyt neutralisoitumaan suodatuksen aikana noin yksikön verran verrattaessa suodattamattomaan veteen riippumatta suodatinmateriaalista. Kuvaajassa näkyvät muutokset 22.6.2015 johtuvat eri paikasta haetun veden käytöstä. Tutkimuksessa käytetyn mittarin tarkkuus oli ohjekirjan mukaan  $\pm 0,01$  pH (Radiometer Analytical).



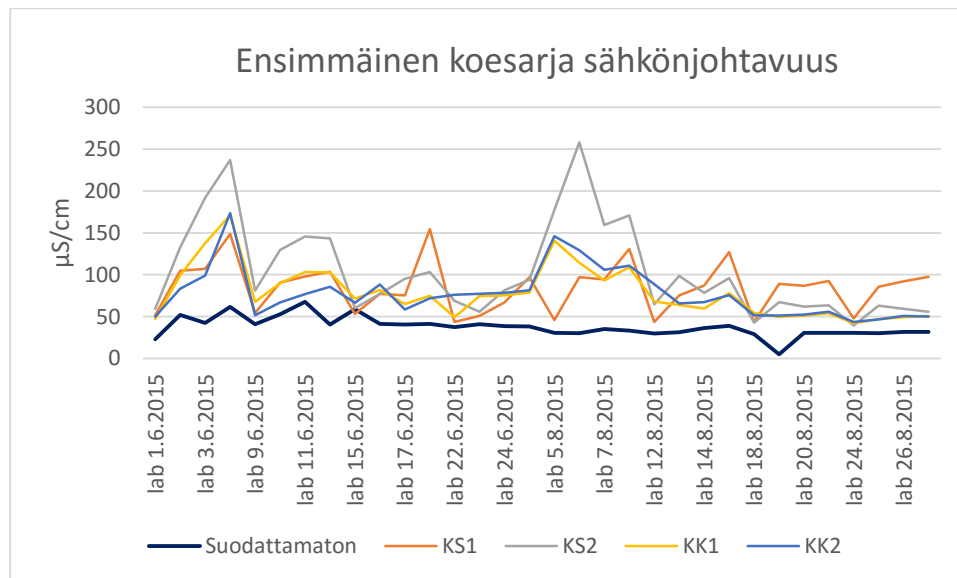
**KUVA 18. Ensimmäisen koesarjan pH-tulokset**

Elokuun aikana käytetyssä vedessä ei muutosta ole enää tapahtunut kuin hyvin vähän happamampaan suuntaan. Piikit, jotka näkyvät kuvaajissa, johtuvat veden valutuksesta. Vettä valutettiin vuoropäivinä 10 1/4 1/2 1/1 1 kolonnien lävitse ja tämän voi havaita piikkeinä kuvaajissa 17 ja 18. Suodinmateriaalin ominainen happopitoisuus aiheutti muutoksen pH-lukemissa. pH-arvo ilmaisee veden vetyionien ( $H^+$ ) määrää, sekä vedyn ja hapen ( $OH^-$ ) keskinäistä suhdetta. Myös happamammassa vedessä on vähemmän happea kuin emäksisemmässä. (Lehtonen 1998, 41–46.)



**KUVA 19. Ensimmäisen koesarjan sähkönjohtavuustulokset**

Kuvasta 19 ja 20 voidaan havaita, että sähkönjohtavuus kohosi kaikilla suodattimilla lähtöarvoon verrattaessa. Kun vettä valutettiin vähiten, lisääntyi myös sähkönjohtavuus, koska virtauksen aiheuttama huuhtouma oli pientä ja tämän voi havaita piikkeinä kuvaajassa.



**KUVA 20. Ensimmäisen koesarjan sähkönjohtavuustulokset**

Mittausten perusteella kevytsorasta liukeni eniten suoloja sekä mineraaleja veteen ja veden sähkönjohtavuus oli suurimmillaan juuri kevytsoran lävitse virranneen veden kohdalla. (kuva 20.) Suolojen määrä vedessä lisää sähkönjohtavuutta ja kuvaa samalla maaperän kivennäisaineiden määrää, jotka ovat kasviraivinteita. Mikäli talvisuolausta harjoitetaan alueella, saattaa myös tällainen toiminta pilata alueen vesiä.

**TAULUKKO 2. Ensimmäinen koesarja kokonaisfosforin mittaustulokset**

Kokonaisfosfori (µg/l)	9.kesä	26.kesä	5.elo	Keskihajonta
Suodattamaton	35,0	40,0	76,0	19,0
H1	2700	1020	277	1060
H2	4860	800	257	2090
KS1	7210	545	264	3230
KS2	2450	990	169	1000
KK1	2900	647	138	1240
KK2	2510	884	136	1040

Taulukosta 2 nähdään, että fosforin pitoisuus lisääntyi suodattamisen myötä. Suodatinmateriaaleista liukeni fosforia veteen ja aluksi fosforin pitoisuus vedessä kohosi, mutta

laimeni huomattavasti kesäkuun 2015 ja elokuun 2015 välisenä aikana. Suodattamattomaan veteen verrattaessa suodatin ei sitonut fosforia. Vähiten fosforia irtosi kantokappalesuotimesta ja eniten kevytsorasta.

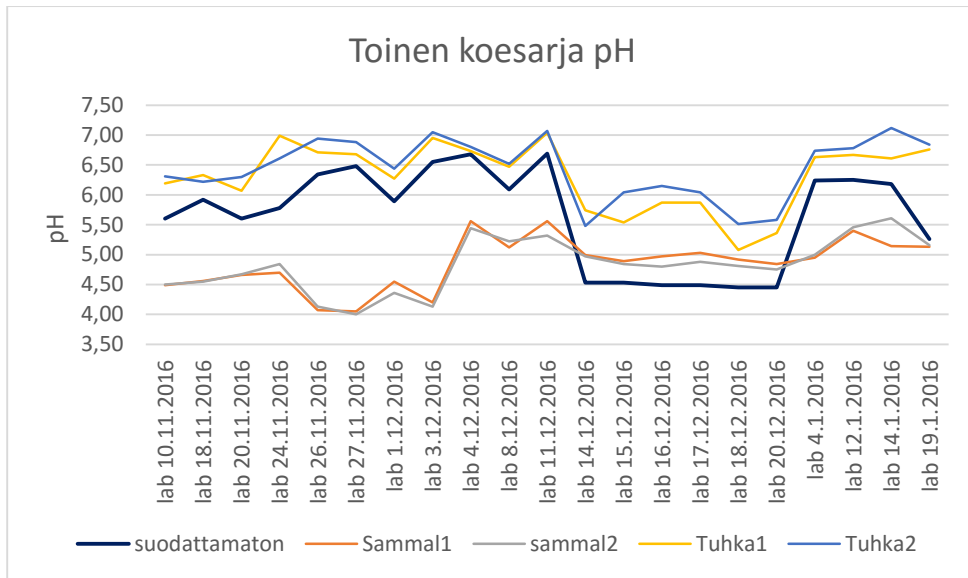
**TAULUKKO 3. Ensimmäinen koesarja kokonaistypen mittaustulokset**

<b>N Kok (mg/l)</b>	<b>16.kesä</b>	<b>1.heinä</b>	<b>21.elo</b>	<b>1.syys</b>
<b>Suodattamaton</b>	0,98	2,24	2,03	-
<b>H1</b>	1,54	2,17	2,24	2,24
<b>H2</b>	1,89	2,31	1,89	1,68
<b>KS1</b>	1,82	2,24	1,75	1,82
<b>KS2</b>	2,66	2,45	1,82	2,10
<b>KK1</b>	1,96	2,38	1,89	1,54
<b>KK2</b>	2,10	2,24	2,17	1,61

Analyysitulokset osoittavat, että kokonaistypen osalta eivät muutokset olleet suuria verrattaessa suodattamattomaan veteen. Pääsääntöisesti typen pitoisuus kasvoi suodattamisen jälkeen.(taulukko 3.)

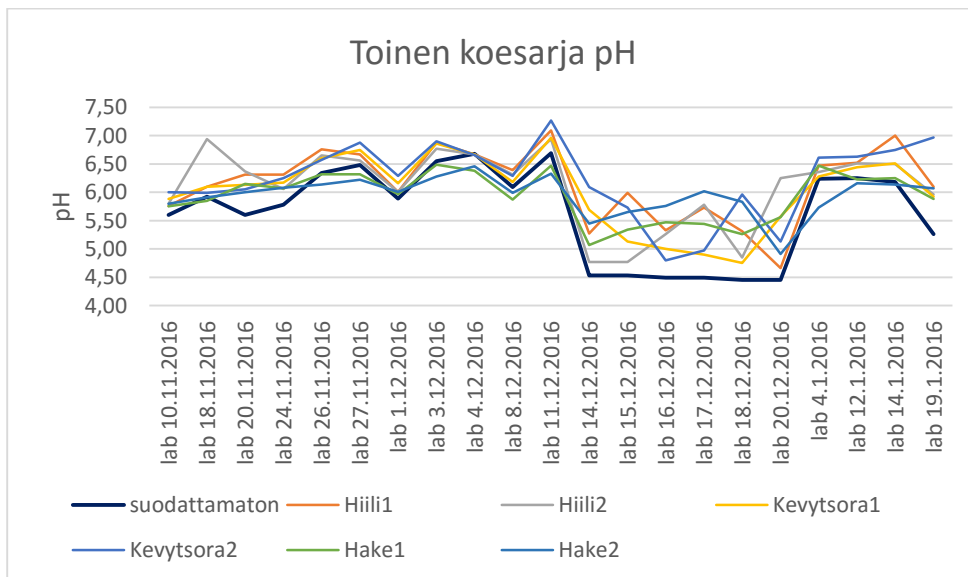
Kemiallisen hapetusluku kasvoi suodatuksen jälkeen kaikilla suodattimilla verrattuna suodattamattomaan veteen. Kiintoaineen määrä vedessä lisääntyi suodattamisen jälkeen. Poikkeuksena on 9.6.2015 tehty mittausta kevytsoran ja kantokappaleen osalta, jolloin kiintoainetta pidättyi suodattimeen. Parhaiten kiintoainetta pidätti kevytsora 1 suodatin.

Seuraavana on toisen koesarjan laboratoriomittakaavan koetuloksia.(kuvat 20–21) Suodatinmateriaaleina oli käytössä lehtipuuhiiltä, puuhaketta, rahkasammalta, kevytsoraa sekä rakeistettua tuhkaa.



**KUVA 21. Toisen koesarjan pH tulokset**

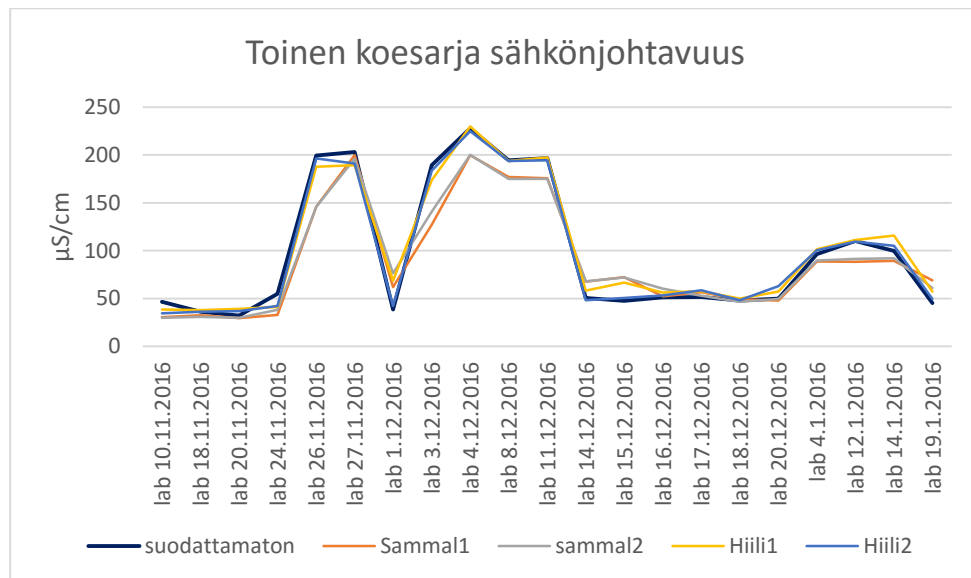
Suurimmat muutokset veden pH-lukemaan tapahtuivat sammal- ja tuhkasuotimissa. (kuva 21.) Sammalsuotimissa vesi pysyi happamana sammaleen luontaisen happamuuden johdosta, kun tuhkasuotimen tuloksissa muutokset olivat neutraalimmat. Joulukuun 11 päivän veden vaihdos näkyy kuvaajissa happamampana vetenä, kuten edellä.



**KUVA 22. Toisen koesarjan veden pH tulokset**

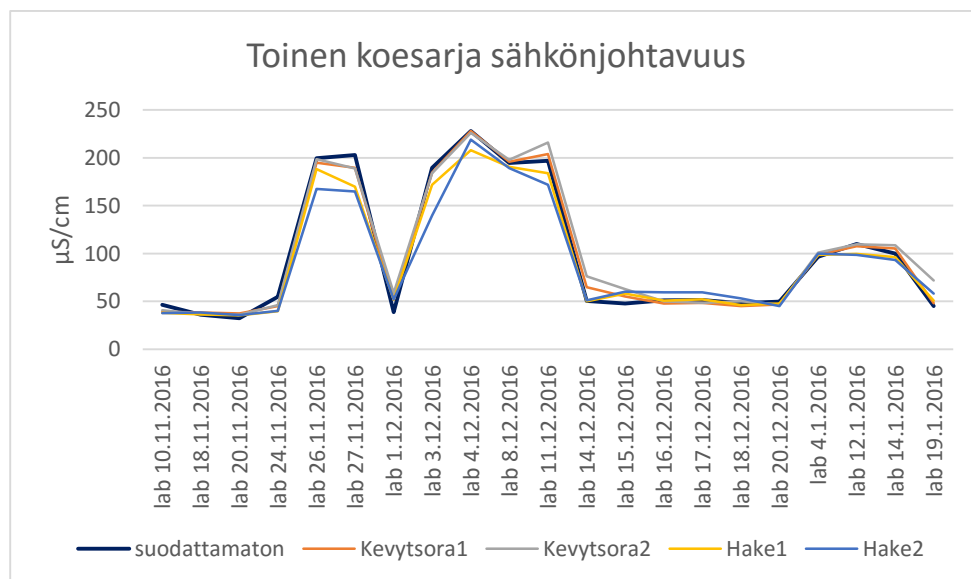


Kun suodatettava vesi oli happamampaa, myös kaikista suodattimista analysoidut vedet pyrkivät pysymään lähempänä materiaalien omia lähtöarvoja. (kuvat 21–22) Tutkimuksessa käytetyn mittarin tarkkuus oli ohjekirjan mukaan  $\pm 0,01$  pH (Radiometer Analytical).



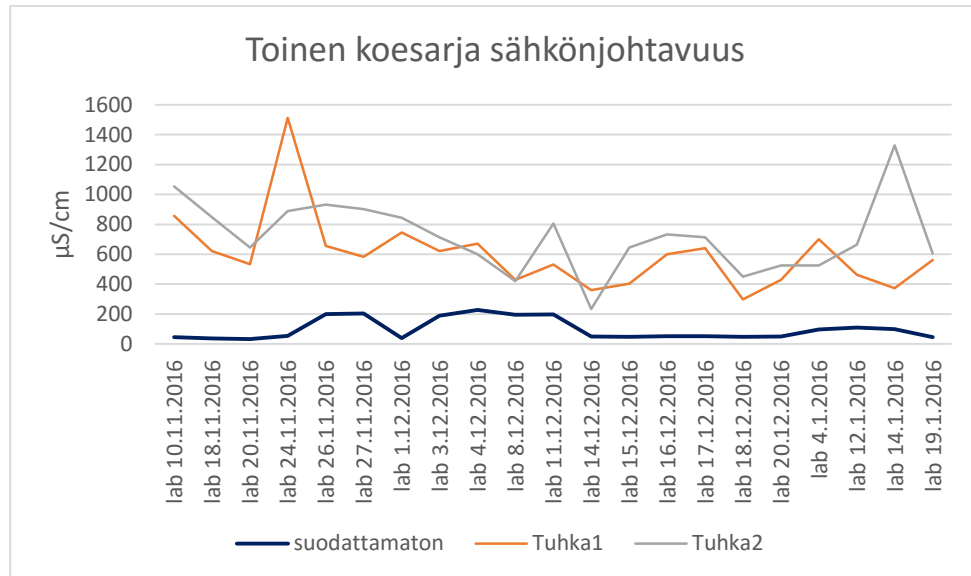
**KUVA 23. Toisen koesarjan sähkönjohtavuustulokset**

Sähkönjohtavuudessa ei tässä vaiheessa tapahtunut suuria muutoksia. Sammalsuotimet toimivat samalla tavoin kuin hiilisuotimet. Niiden välillä on vain pieniä eroja havaittavissa. (kuva 23.)



**KUVA 24. Toisen koesarjan sähkönjohtavuustulokset**

Kevytsora- ja hakesuodin toimivat hyvin samalla tavalla keskenään. Niiden välillä on vain pieniä eroja havaittavissa, kuten edellä.(kuva 24.)



**KUVA 25. Toisen koesarjan sähkönjohtavuustulokset**

Sähkönjohtavuudessa ei eri materiaalien kanssa tapahtunut mainittavaa muutosta verrattuna suodattamattomaan veteen paitsi raetuhkan osalta.(kuvat 23–25.) Siitä irtoavat ja liukenevat partikkelit kohottivat sähkönjohtavuuslukemat ajoittain jopa lähes kolmenkymmenenkertaiseksi lähtölukemiin verrattuna.(kuva 25.) Toisen koesarjan koejärjestely poikkesi ensimmäisestä vaiheesta siten, ettei kolonnissa ollut kuin yhtä suodinmateriaalia. Tämä on huomioitava seikka, mutta sillä ei tunnu olevan vaikutusta veden sähkönjohtavuuteen.

**TAULUKKO 6. Toisen koesarjan kokonaisfosforin tulokset**

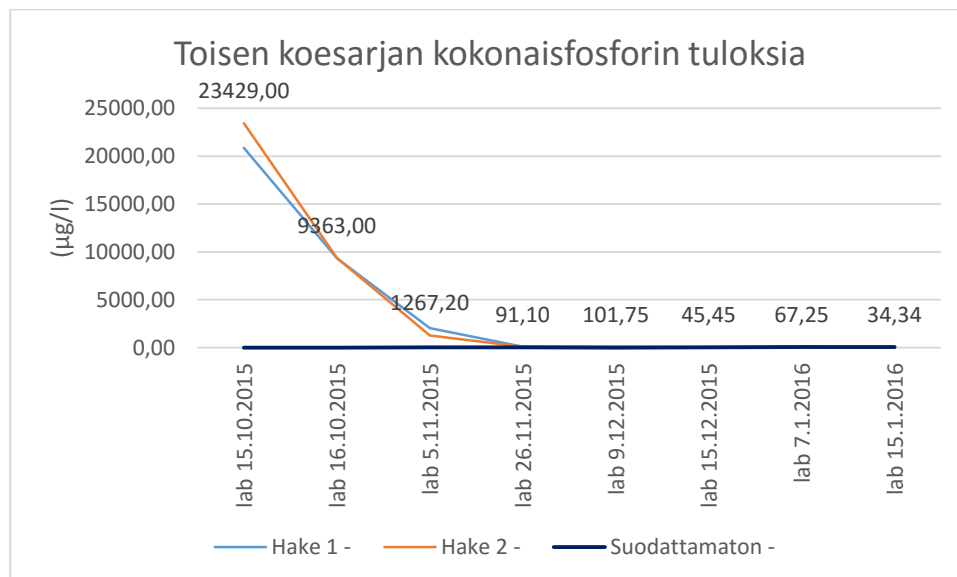
Kokonaisfosfori(µg/l)	9.10.2015	15.10.2015	16.10.2015	5.11.2015	26.11.2015
Suodattamaton	-	-	-	9,67	24,0
Hiili 1	-	2210	2430	448	99,3
Hiili 2	-	1760	1360	263	36,4
Hake 1	-	20800	9320	2020	77,9
Hake 2	-	23400	9360	1270	91,1
KS 1	66,7	-	12,1	18,3	58,7
KS 2	132	-	-	17,3	54,0
Tuhka 1	544	-	29,0	-	112
Tuhka 2	416	-	44,2	-	198
Sammal 1	86,4	-	-	23,5	54,0
Sammal 2	99,2	-	98,1	17,1	45,1

(jatkuu)

**TAULUKKO 6. Toisen koesarjan kokonaisfosforin tulokset (jatkuu)**

	9.12.2015	15.12.2015	7.1.2016	15.1.2016	Keskihajonta
<b>Suodattamaton</b>	-	25,7	41,5	47,6	13,4
<b>Hiili 1</b>	68,7	42,5	49,6	75,4	959
<b>Hiili 2</b>	31,0	23,5	34,1	24,6	658
<b>Hake 1</b>	38,9	35,0	40,7	32,9	7020
<b>Hake 2</b>	102	45,5	67,3	34,3	7830
<b>KS 1</b>	57,0	42,3	21,8	25,3	19,7
<b>KS 2</b>	58,7	35,7	32,4	23,3	36,0
<b>Tuhka 1</b>	71,6	127	381	2010	653
<b>Tuhka 2</b>	103	418	545	1240	375
<b>Sammal 1</b>	32,4	31,7	42,9	26,2	20,4
<b>Sammal 2</b>	23,1	29,7	-	26,0	32,8

Pääsääntöisesti fosforin pitoisuus kasvoi kaikkien suodatusmateriaalien kanssa. Sammal ja kevytsora sisälsivät vähiten fosforia lähtötuloksiin verrattuna ja hakkeesta sekä hiilestä irtosi alussa suuria määriä sitä, mutta kokeiden jatkuessa laimenivat myös pitoisuudet. Tuhkasuodatetun veden fosfori pitoisuudet kasvoivat kokeiden jatkuessa.(taulukko 6.)

**KUVA 26. Toisen koesarjan laboratoriokokeiden kokonaisfosforin pitoisuus**

Hakkeen fosforin irtoaminen alkuvaiheessa on havainnollistettuna edellisessä kuvassa.(kuva 26.) Kuvasta havaitaan, että tuoreesta hakkeesta irtoaa aluksi suuria määriä fosforia. Alun suuret fosforipitoisuudet ovat liotuksesta peräisin olevia tuloksia.

CODMn -lukema laski melkein pä kaikilla suodatusmateriaaleilla 24.11.2015 suoritettujen analyysien mukaan paitsi sammalten ja hakkeen osalta. 8.12.2015 tehtyjen analyysien mukaan hapetusarvo pieneni kaikkien osalta ja 15.12.2015 suoritettujen tutkimusten mukaan olivat tulokset melko tasaisia keskenään verrattaessa suodattamattomaan veteen.

Suodattamattoman veden sameusluku oli noin 3,8 NTU. Siihen verrattaessa sameusluku nousi kaikkien paitsi hakkeen osalta 8.12.2015 tehtyjen mittausten mukaan. Raetuhkan suodatuksen korkeat sameusluvut johtuvat siitä irtoavista partikkeleista.

## 6.2 Pilot-mittakaava

Materiaaleina Juva 1:n kaksiosaisella suotimella oli lehtipuuhaake sekä lehtipuuhiili. Juva 2:n sekä Metsä-Sairilan suotimilla käytettiin materiaalina lehtipuuhiiltä. Suotimet sijaitsevat seuraavasti: Juva 1 -suotimella pisteiden 3 ja 5 välissä, Juva 2 -suotimella pisteiden 7 ja 8 välissä sekä Metsä-Sairilan suotimella pisteiden 9 ja 10 välissä. Juva 1:en kaksiosaisen suotimen etuosa jouduttiin purkamaan 17.11.2015 sen padotessa vettä ja nostamalla pohjaveden pinnantasoa niin paljon, että metsänomistaja katsoi sen häiritsevän metsän kasvua.

### Juva 1 -suodin

Kuvasta 18 voidaan nähdä näytteenottopisteet Juva 1 -suotimella. Suodin jää pisteiden 3 ja 5 väliin ja piste 4 sijaitsee suotimen välissä.(taulukot 7–12.)

**TAULUKKO 7. Juva 1 -suotimen pH-lukemat**

pH/ Juva 1	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 4	Piste 5	Piste 6
Juva22.6.2015	3,83	-	-	-	-	-
Juva10.8.2015	5,10	5,40	5,50	-	-	-
Juva18.8.2015	-	-	6,10	5,90	5,70	-
Juva1.9.2015	-	-	5,50	5,40	5,30	-
Juva23.9.2015	-	-	4,45	4,45	4,44	4,49

(jatkuu)

**TAULUKKO 7. Juva 1 -suotimen pH-lukemat (jatkuu)**

Juva06.10.2015	-	-	5,29	5,26	5,31	5,37
Juva27.10.2015	-	-	3,86	3,76	3,73	3,74
Juva2.12.2015	4,82	4,62	-	4,96	4,66	4,62
Juva10.12.2016	-	-	-	4,96	4,66	-

Taulukosta 7 voidaan havaita, että metsänpohjaveden pH-lukemat muuttuvat hienoisesti suodattimen läpivirtauksen jälkeen happamaksi. Tutkimuksessa käytetyn mittarin tarkkuus oli  $\pm 0,01$  pH (Radiometer Analytical).

**TAULUKKO 8. Juva 1 -suotimen sähkönjohtavuuslukemat**

Sähkönjohtokyky( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )/Juva 1	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 4	Piste 5	Piste 6
Juva22.6.2015	42,6	-	-	-	-	-
Juva10.8.2015	30,9	37,0	28,9	-	-	-
Juva18.8.2015	-	-	51,5	28,2	28,6	-
Juva1.9.2015	-	-	37,7	32,3	32,3	-
Juva23.9.2015	-	-	-	68,0	67,0	65,4
Juva06.10.2015	-	-	33,5	32,8	32,9	33,1
Juva27.10.2015	-	-	37,5	38,3	37,4	37,4
Juva2.12.2015	68,1	46,6	-	42,5	44,5	43,5

Metsäveden sähkönjohtavuus laski suotimen läpivirtauksen jälkeen elokuussa ja syyskuussa suoritettujen mittausten mukaan Juva 1 -suotimella.(taulukko 8.) 2.12.2015 tehdyn mittauksen mukaan sähkönjohtavuus laski hieman. Tulokseen voi vaikuttaa myös näytteen edustavuus.

**TAULUKKO 9. Taulukossa on Juva 1 -suotimen kokonais – ja liukoinenfosfori**

Kokonaisfosfori( $\mu\text{g}/\text{l}$ )/ JUVA 1	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 4	Piste 5	Piste 6
Juva 22.6.2015	39,0	-	-	-	-	-
Juva 10.8.2015	75,6	91,1	75,1	-	-	-
Juva 1.9.2015	-	-	58,3	46,0	43,3	-
Juva 23.9.2015	-	-	49,6	43,6	55,9	44,4
Juva 06.10.2015	-	-	29,6	148	28,5	34,8
Juva 27.10.2015 (analyysivirhe)	-	-	-	-	-	-

(jatkuu)

**TAULUKKO 9. Taulukossa on Juva 1 -suotimen kokonais – ja liukoinenfosfori**

(jatkuu)

<b>Juva 17.11.2015</b>	30,6	31,9	-	23,9	74,6	25,9
<b>Juva 2.12.2015</b>	26,0	27,0	-	29,0	26,0	26,0
<b>Juva 10.12.2016</b>	-	-	-	19,8	20,6	-
<b>Liukoinenfosfori(µg/l)/ JUVA 1</b>	<b>Piste 1</b>	<b>Piste 2</b>	<b>Piste 3</b>	<b>Piste 4</b>	<b>Piste 5</b>	<b>Piste 6</b>
<b>Juva 1.9.2015</b>	-	-	13,3	6,50	-	-
<b>Juva 23.9.2015</b>	-	-	10,4	3,48	9,01	7,10
<b>Juva 06.10.2015</b>	-	-	12,8	14,8	13,7	12,8
<b>Juva 27.10.2015</b>	-	-	5,50	10,0	11,0	11,0
<b>Juva 17.11.2015</b>	11,9	13,3	-	9,00	11,7	8,30
<b>Juva 2.12.2015 (ISO 15681-2)</b>	26,0	27,0	-	29,0	390	360

1.9.2015, 6.10.2015 ja 2.12.2015 oli suodin sitonut hienoisesti fosforia. Pitoisuudet ja niiden vaihtelut olivat niin pieniä, ettei suodattimella vaikuttanut olevat merkitystä. Liukoinenfosforin osuus oli keskimäärin noin 23 % kokonaisfosforin määrästä. Viimeisen liukoinenfosforin kokeen mukaan suodatin lisäsi sen määrää metsävedessä.(taulukko 9.) Vesi täyttää rehevän vesistön tunnusmerkit fosforin pitoisuuden osalta. 2.12 suoritettu analyysi on teetetty alihankintatyönä Eurofinsin laboratorioissa (liite 1).

Juva 1 -suotimella ei ollut vaikutusta veden kemialliseen hapenkulutukseen.

**TAULUKKO 10. Juva 1 -suotimen kiintoaine**

<b>Kiintoaine Juva 1 (mg/l)</b>	<b>Piste 1</b>	<b>Piste 2</b>	<b>Piste 3</b>	<b>Piste 4</b>	<b>Piste 5</b>	<b>Piste 6</b>
<b>Juva 22.6.2015</b>	8,40	-	-	-	-	-
<b>Juva 10.8.2015</b>	4,70	11,0	11,0	-	-	-
<b>Juva 1.9.2015</b>	-	-	33,6	39,4	11,0	-
<b>Juva 23.9.2015</b>	-	-	5,33	3,00	3,00	2,67
<b>Juva 06.10.2015</b>	-	-	-	7,00	6,83	13,5
<b>Juva 27.10.2015</b>	-	-	2,67	1,50	3,67	7,83

Kiintoainesta pidättyi kokeiden mukaan syyskuun aikana suotimeen, mutta sen jälkeen kiintoaineen määrä tasaantui näytepisteillä. Kesän 2015 aikana oli metsässä vettä vain vähän ja tällöin näytteenottoa ei voitu tehdä kaikilla näytteenottopisteillä.(taulukko 10.)

**TAULUKKO 11. Juva 1 -suotimen happipitoisuus sekä kyllästysaste**

Happi pitoisuus / JUVA 1 (mg/l)	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 4	Piste 5	Piste 6
Juva 22.6.2015	3,80	-	-	-	-	-
Juva 10.8.2015	10,8	5,60	8,90	-	-	-
Juva 1.9.2015	-	-	7,30	8,00	7,10	-
Juva 23.9.2015	-	-	3,78	4,6	4,76	5,41
Juva 06.10.2015	-	-	2,55	2,46	2,54	5,42
Juva 27.10.2015	-	-	6,98	7,06	7,14	8,04
Juva 17.11.2015	9,07	7,46	-	8,21	8,29	9,36
Juva 10.12.2016	-	-	-	9,03	8,60	-

Kyllästysaste % / JUVA1	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 4	Piste 5	Piste 6
Juva 22.6.2015	37,29	-	-	-	-	-
Juva 10.8.2015	106	55,0	90,2	-	-	-
Juva 1.9.2015	-	-	74,0	81,9	71,9	-
Juva 23.9.2015	-	-	35,5	42,7	44,2	50,2
Juva 06.10.2015	-	-	20,0	19,3	19,9	42,4
Juva 17.11.2015	64,7	53,2	-	58,6	59,1	66,8

Happipitoisuus oli pienimmillään syyskuun lopussa ja lokakuun alussa. Vaikkei kyseessä ollut lämpimin aika, saattoi veden vähyys aiheuttaa hapen vähyden. Yleisesti suodattimella ei ollut vaikutusta hapen pitoisuuteen metsävedessä.(taulukko 11.)

**TAULUKKO 12. Juva 1 -suotimen ojaveden sameustulokset**

Juva 1/ Sameus NTU	Piste 1	Piste 2	Piste 3	Piste 4	Piste 5	Piste 6
Juva 22.6.2015	1,20	-	-	-	-	-
Juva 10.8.2015	7,30	23,00	5,90	-	-	-
Juva 1.9.2015	-	-	13,9	9,10	8,70	-
Juva 23.9.2015	-	-	3,76	3,97	3,41	3,11
Juva 06.10.2015	-	-	5,29	5,26	5,31	5,37
Juva 27.10.2015	-	-	2,19	2,36	1,85	3,48
Juva 17.11.2015	1,13	1,20	-	1,35	4,50	2,82
Juva 2.12.2015	1,13	1,45	-	1,17	1,30	1,77

Suodattimella ei ollut vaikutusta veden sameuteen.(taulukko 12.) Ohjekirjan mukaisesti sameusmittarin virhe on  $\pm 2 \% \pm 1 \text{ LSD}$  (Turbidimeter manual, 18).

### Juva 2 -suodin

Juva 2 -suotimella ei ollut suurta vaikutusta veden pH-lukemaan. Ensimmäisellä mitauksella pH-lukema oli laskenut yhden yksikön verran. Tässä ei välttämättä ole kyse suotimen vaikutuksesta pH-lukeman muutokseen vaan todennäköisesti kyseessä oli satunnaismuuttuja. Veden sähkönjohtavuus ei muuttunut juuri ollenkaan suotimen läpivirtauksen jälkeen.

**TAULUKKO 13. Juva 2 -suotimen kokonais –ja liukoisenfosforin tulokset**

Kokonaisfosfori/ JUVA 2 ( $\mu\text{g/l}$ )	Piste 7	Piste 8
Juva 17.11.2015	63,6	63,2
Juva 2.12.2015	79,0	81,0
Juva 10.12.2016	81,4	82,5
Liukoinfosfori/ JUVA 2 ( $\mu\text{g/l}$ )	Piste 7	Piste 8
Juva 14.10.2015	28,0	26,7
Juva 27.10.2015	20,0	19,6
Juva 17.11.2015	44,5	44,0
Juva 2.12.2015 (ISO 15681-2)	520	610

Taulukosta 13 nähdään, että suodin sitoi fosforia hienoisesti metsävedestä Juva 2 -suotimen mittauspaikalla. Kuitenkin mittauspäivinä 10.12.2015 ja 2.12.2015 oli poikkeus, jolloin fosforin pitoisuus kohosi.

Juva 2 -suotimella 14.10.2015 tehtyjen kokeiden mukaan kiintoaineen määrä kasvoi vähän. 27.10.2015 kiintoainesta oli pidättynyt suodattimeen jo reilusti. Suotimella ei ollut vaikutusta hapen pitoisuuteen metsävedessä.

Lokakuu 27. päivän tulokset näyttivät, että suodatin pienentää veden sameutta, mutta verrattaessa toisiin suodattimiin, voi päätellä, että kyseessä oli luultavimmin satunnainen tulos, mikä saattoi johtua esimerkiksi sateiden aiheuttamista ojan suurista kiintoainemääristä.



2.12.2015 suoritetun kokeen mukaan suodattimen jälkeisellä pisteellä kemiallinen hapenkulutus oli kasvanut, todennäköisesti tuolloin orgaanista-ainesta oli kyseisen ojan vedessä vielä runsaammin kuin seuraavalla mittauskerralla 10.12.2015.

### **Metsä-Sairilan -suodin**

Metsä-Sairilan suodattimella ei ollut mainittavaa vaikutusta veden pH-lukemiin eikä sähkönjohtolukemiin.

**TAULUKKO 14. Metsä-Sairilan -suotimen kokonais –ja liukoinfosfori**

<b>Kokonaisfosfori/ M-SAIRILA (µg/l)</b>	<b>Piste 9</b>	<b>Piste 10</b>
<b>17.11.2015</b>	28,9	28,9
<b>2.12.2015</b>	30,0	24,0
<b>10.12.2015</b>	26,9	26,5
<b>Liukoinen fosfori/M-SAIRILA (µg/l)</b>	<b>Piste 9</b>	<b>Piste 10</b>
<b>17.11.2015</b>	9,66	9,66
<b>2.12.2015 (ISO 15681-2)</b>	150	150
<b>10.12.2015</b>	-	-

Fosforin pitoisuus laski hienoisesti Metsä-Sairilan koepaikalla.(taulukko 14.) Vesi täyttää rehevän vesistön tunnusmerkit fosforin pitoisuuden osalta. 2.12.2015 suoritettu analyysi on teetetty alihankintatyönä Eurofinsin laboratorioissa (liite 1).

Suodattimella ei ollut vaikutusta hapen pitoisuuteen metsävedessä. Lämpötilat olivat normaaleja vuodenaikaan nähden mittapaikalla, eikä suodattimilla ollut vaikutusta veden lämpötilaan. Metsä-Sairilan suotimella ei ollut vaikutusta veden sameuteen.

Suodattimella ei ollut juurikaan vaikutusta veden kemialliseen hapenkulutukseen.

## **7 JOHTOPÄÄTELMÄT**

Laboratoriomittakaavan kokeet osoittivat, että ensimmäisen koesarjan paras vaihtoehto suodinmateriaaliksi oli hiili verrattaessa muihin tutkittuihin materiaaleihin. Toiseksi pa-

ras materiaali tutkimusten mukaan oli muoviset kantokappaleet. Toisen koesarjan tutkimustulokset osoittivat myös, että hiili oli paras vaihtoehto suodinmateriaaliksi ja toiseksi paras vaihtoehto oli rahkasammal. Sähkönjohtavuus muuttui, kun suodatinmateriaaleista irtosi ja liukeni ioneja. Hakesuotimilla kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuudet kasvoivat alussa todella huimasti ravinteiden irrotessa suodatinmateriaaleista. Vaikeuksia oli tutkimuksen erivaiheissa muun muassa laboratoriokokeiden toteuttamisessa siten, että olosuhteet vastaisivat todenmukaista ympäristöä. Mietimme työryhmämme kanssa miten toteuttaisimme veden kierrätyksen tai valutuksen suodattimissa ja päädyimme valuttamaan vettä, koska maastossa sijaitseva suodatinkaan ei kierrättänyt vettä, vaan vesi valui siitä vain kerran läpi.

Pilot-mittakaavan kokeiden suotimet sitoivat kaikki hienoisesti fosforia ja kiintoainesta vedestä ja laskivat ajoin pH-lukemaa sekä sähkönjohtavuutta. Se, miten maaperä ja mahdolliset perkaamattoman osan kasvillisuudet vaikuttivat vedenlaatuun, olivat oma kysymyksensä ja asiaa pystyi myös tarkastelemaan jollain tasolla Juvan ensimmäisen suodattimen pisteen 2 ja 3 välisenä erona, koska väliin jäi perkaamaton ojan osuus, jossa oli runsas suomaalle tyypillinen rahkasammalkasvillisuus. Tulokset eivät olleet kovin rohkaisevia ja suodattimien kyky sitoa ravinteita ei ollut sitä luokkaa, mitä odotukset olivat. Ravinteiden pidättyminen rajoittui lähinnä isopartikkelisen kiintoaineen jäämisnä suodattimeen ja hienompi kiintoaines valui suoraan suodattimen lävitse. Tämä vaikutti todennäköisesti siihen, että kokonaisfosforin pitoisuus pieneni vedessä. Veden kulku on niin nopeaa suhteessa suodattimessa olevaan viipymään, ettei biokemialliseen reaktioon jää juuri aikaa. Kaksiosainen Juva 1 -suodin jouduttiin purkamaan 17.11.2015, koska se oli padonnut vettä tukkeutuessaan kiintoaineksesta. Pohjaveden pinta kohosi liian korkealle ja vaikutti näin ei toivotulla tavalla metsänpohjan ominaisuuksiin puunkasvatuksen kannalta tarkasteltuna.

Kaikissa metsäkohteissa ojien vedenlaadun pystyi luokittelemaan rehevöityneeksi tai laadultaan välttäväksi tai huonoksi vesistöksi mitattavien vedenlaatumuuttujien mukaan. Kuitenkin kyseessä on metsän pohjavesi eikä suoraan vesistö ja muuttujia on ennen veden päätymistä vesistöön, joten suoraan ei voi todeta suotimien vaikutusta lähi-vesistöihin. Tästä voidaan havaita, että tuoreilla hakkuualueilla irtoaa oksista ja muista metsänhakkuutähteistä suuria määriä ravinteita vesistöihin. CODMn ja väri kulkevat rinnan valumavesien mukana kulkeutuvien humusten mukana. Sameuden, värin ja kiintoainepitoisuuden vaihtelu on myös sidoksissa eroosion voimakkuuteen. Biofilmin

muodostumisella ei tuntunut olevan vaikutusta, mutta toisaalta kemialliset ja biologiset prosessit vaativat aikaa toimiakseen ja ehkä myöhemmin, kokeiden jatkuessa, voidaan toisenlaisia tuloksia saada aikaan. Tutkimuksissa päästiin eteenpäin ja suodinten toimivuutta saatiin selvitettyä.

Kun ojaa rakennettaessa metsänpohja rikotaan, siltä häviää ominaisuus sitoa maaperää ja syntyy eroosiota sekä humushappojen happamoittaman veden virtausta vesistöihin. Lisäksi orgaanisen aineksen hajoaminen lisää hapettomuutta. Mitä syvemmälle oja kaivetaan, sen kauemmin kiintoaineen irtoaminen kestää. Pahimmillaan irtoava kiintoaines voi liettää ja rehevöittää alapuolisia vesistöjä mikäli ojitukset ovat rakennettu väärin. Kunnostusojituksen aiheuttama veden happamoituminen voi kestää jopa 10 vuotta ja tätä varten suodattimen vedenhappamuutta neutraloivalla ominaisuudella saattaisi olla hyötyä luonnontilaisuuden säilyttämisessä ajatellessa alapuolisia vesistöjä ja luonnon-alueita. Suodattimen toisenlaisella muotoilulla voitaisiin myös ehkä vaikuttaa ominaisuuksiin. Jos suodattimen kokoa kasvatettaisiin siten, että vesi olisi kosketuksissa suodatinmateriaalin kanssa pidempään, voitaisiin saada erilaisia tuloksia aikaan. Mutta tällöin suodattimen valmistaminen saattaisi olla hankalaa, eikä enää palvelisi alkuperäistä tarkoitusta olla helppo ja edullinen rakentaa maastokohteisiin.

Metsäojan veden päätyminen lähialueiden vesistöihin ei suoraan muuta vesistöä, mutta pitkällä aikavälillä voi muutosta tapahtua mikäli järven oma puskurikyky ei riitä pitämään tasapainoa ja mikäli kunnostusojitus on liian raskas vesistölle sekä ympäristölle. Nykyisen metsänhoidon tasolla huomiodaan hyvin pitkälle vesistöille aiheutuvaa ylimääräistä kuormitusta ja pyritään ehkäisemään turhia ravinnekuormituksia panostamalla vesiensuojelun eri menetelmiin, kuten lietekuoppiin, perkaamattomiin osuuksiin ja valuma-alue suunnitteluun sekä pintavalutuskenttiin. Myös eroosioherkät alueet tulee huomioda hakkuualueen maaperän syöpymisenä. Jo näillä toimenpiteillä saadaan aikaan kiintoaineiden ja ravinteiden pidättymien halutulle alueelle, jos toimenpide on huolellisesti suunniteltu. Metsänpohjan kasvustoilla on luonnostaan tehokas kyky sitoa ravinteita ja tämän vuoksi ei valutuskenttiä eikä ojien reunustoja tulisi liioin muokata luonnollisesta tilastaan. Aina valuma-alueita ei voida sijoittaa niin hyvin kuin ravinnekuorman pysäyttäminen vaatii ja tällöin tulisi kiinnittää erityistä huomiota hakkuusta ja sen vaikutuksista aiheutuviin vesistövaikutuksiin hakkuualueella. Jos ojitus on suunnit-

teltu ja toteutettu väärin, pystyisi vastaavanlaisella suodattimella ehkäisemään suurimmat ravinnekuormitukset ainakin tilapäisesti välttämään suuremman katastrofin vesistön ja luonnon tasapainossa.

Metsätalouden vesiensuojeluhaasteet ovat varsin monitahoisia. Siten asiaan liittyvää tietoa tarvitaan jatkuvasti lisää, mikä pitää yllä tutkimustyön tarvetta.

## LÄHTEET

Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, SM., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T & Vuori, KM. 2012. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. PDF-dokumentti. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41788/OH\\_7\\_2012.pdf?sequence=6](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41788/OH_7_2012.pdf?sequence=6). Päivitetty ei tietoa. Luettu 14.2.2016.

Hämäläinen, Liisa (toim.). 2015. Ympäristöministeriön raportteja 27/2015 – Pienvesien suojelu – ja kunnostusraportteja. PDF-dokumentti. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/159068/YMra\\_27\\_2015.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/159068/YMra_27_2015.pdf?sequence=1). Päivitetty: ei tietoa. Luettu: 5.2.2016.

Höök, Tuula. 2014. Polymeerimateriaalit – polymeerien ominaisuuksia. PDF-dokumentti. [http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould\\_injmoulding\\_materials\\_FI.pdf](http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/mould_injmoulding_materials_FI.pdf). Päivitetty 1.4.2014. Luettu 15.3.2016.

Instruction Manual TN-100/T-100 Portable Turbidimeter. 2006. PDF-dokumentti. [http://www.4oakton.com/Assets/manual\\_pdfs/35635-00.pdf](http://www.4oakton.com/Assets/manual_pdfs/35635-00.pdf). Päivitetty ei tietoa. Luettu 10.3.2016.

Jauhiainen, S., Loukola, M-L. 2013. Vesi ja vesiensuojelu Suomessa. WWW-dokumentti. [http://www.edu.fi/yleissivistava\\_koulutus/aihekokonaisuudet/kestava\\_kehitys/teemoja/vesi\\_ja\\_elamanlaatu/vesi\\_ja\\_vesiensuojelu\\_suomessa](http://www.edu.fi/yleissivistava_koulutus/aihekokonaisuudet/kestava_kehitys/teemoja/vesi_ja_elamanlaatu/vesi_ja_vesiensuojelu_suomessa). Päivitetty 1.7.2013. Luettu 16.3.2016

Jing, Zhaoqian, Li, Yu-You, Cao, Shiwei, Liu, Yuyu. 2012. Performance of double-layer biofilter packed with coal fly ash ceramic granules in treating highly polluted river water. PDF-dokumentti. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Päivitetty 23.6.2012. Luettu 10.11.2015.

Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, M., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S., Vuollekoski, M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu - Metsätalouden vesiensuojelu -kouluttajan aineisto. Jyväskylä: Kopijyvä

Joensuu, S., Kauppila, M., Linden, M. & Tenhola, T. 2013. Hyvän metsänhoidon suositukset – Vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus. Tapion julkaisuja

Kebbekus, B.B, Mitra, S. 1998. Environmental Chemical Analysis. Lontoo: Blackie Academic & Professional.

Lahti, Kimmo, Rönkä, Antti. 2006. Biologia ympäristöekologia. Helsinki: WSOY Opetusmateriaalit Oy

Lehtonen, Pekka O. 1998. Potentiometrinen analyysi pH ja ISE-mittaukset. Helsinki: Oy Edita Ab.

Leppälampi-Kujansuu, Jaana., Pennanen, Taina., Rankinen, Katri., Salo, Tapio., Soinne, Helena ja Pekka Hänninen. 2015. Pro terra no.67/2015. VIII maaperätieteiden

abstraktit. PDF-dokumentti. [www.maapera.fi/files/Pro\\_Terra\\_67\\_2015.pdf](http://www.maapera.fi/files/Pro_Terra_67_2015.pdf). Päivitetty ei tietoa. Luettu 14.12.2015.

Luonnonvarakeskus. 2015. Metsien ja metsätalouden vaikutus vesitalouteen ja veden laatuun. WWW-dokumentti. <http://www.metla.fi/ohjelma/h2o/teema-1.htm>. Päivitetty 4.11.2013. Luettu 15.12.2015.

Metsähallitus 2015. Vesiensuojelu. WWW-dokumentti. <http://www.metsa.fi/vesiensuojelu>. Päivitetty 8.6.2015. Luettu 16.3.2016.

Metsäkeskus 2013. Metsätalouden vesiensuojelu. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B289B631B-84C0-4543-A4F1-85EE07EBD81F%7D/96007>. Päivitetty 11.12.2013 Luettu 30.1.2016

Metsälaki 1093/1996. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>. Ei päivitystietoja. Luettu 8.1.2016

Metsätalouden vesiensuojelu. 2015. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Metsatalous>. Päivitetty ei tietoa. Luettu 15.12.2015.

Ohtonen, Arvo., Lyytikäinen, Veli., Vuori, Kari-Matti., Wahlgren, Aarne ja Lahtinen, Jaana. 2005. Pienvesien suojelu metsätaloudessa. Kajaani: Kainuun Sanomat Oy.

Opetushallitus. 2015. Veden kokonaisfosforin määrittäminen hajotus peroksidisulfaattilla. WWW-dokumentti. [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit\\_veden\\_fosfori.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_veden_fosfori.html). Päivitetty 15.12.2015. Luettu 15.12.2015.

Opetushallitus. 2015. Kokonaistypen määrittäminen jätevedestä. WWW-dokumentti. [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit\\_kokonaistypen\\_maaritys\\_jatevedesta.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_kokonaistypen_maaritys_jatevedesta.html). Päivitetty 15.12.2015. Luettu 15.12.2015.

PEFC Suomi - Suomen Metsäsertifiointi ry. 2015. WWW-dokumentti. <http://www.pefc.fi/pages/fi/pefc-merkki/mistae-pefc-merkki-kertoo.php>. Ei päivitystietoja. Luettu 29.2.2016.

Päivinen, J., Björqvist, N., Karvonen, L., Kaukonen, M., Korhonen, K-M., Kuokkanen, P., Lehtonen, H. & Tolonen, A. (toim.) 2011. Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas. Suomi: Edita Prima Oy

Radiometer Analytical - PHM210 Standard pH Meter. PDF-dokumentti. <http://www.radiometer-analytical.com/pdf/meterlab/PHM210BT-E.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 19.3.2016

Saliling, Willie Jones B, Westerman, Philip W, Losordo, Thomas M. 2007. Woodchips and wheat straw as alternative biofilter media for denitrification reactors treating aquaculture and other wastewaters with high nitrate concentrations. PDF-dokumentti. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Päivitetty 28.6.2007. Luettu 15.11.2015.

Salo, Atso 2015. Kuvamateriaalia kesä–talvi 2015. Opiskelija. Mikkelin ammattikorkeakoulu.

SFS 5505 : 1988 Jäteveden epäorgaanisen ja orgaanisen typen määrittäminen. Modifioitu kjeldahlmenetelmä. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

SFS 3026 : 1986 Kokonaisfosfori. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

ISO 6878:2004 Water quality -- Determination of phosphorus -- Ammonium molybdate spectrometric method. Geneva: International Organization for Standardization

SFS-EN 827 Veden laatu. Kiintoaineen määrittäminen. Suodatus lasikuitusuodattimella. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

SFS 3021 Veden pH-arvon määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

SFS-EN 27888 Veden laatu. Sähkönjohtavuuden määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

SFS-EN ISO 7027 Veden laatu. Sameuden määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

SFS-EN ISO 7887 Veden laatu. Väriin tarkastelu ja määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

SFS 3036 Veden kemiallisen hapen kulutuksen ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$  -arvon tai  $\text{KmnO}_4$  -luvun) määrittäminen. Hapetus permanganaatilla. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

SFS-EN 25813. Veden laatu. Liuenneen hapen määrittäminen. Jodometrinen menetelmä. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS

Taipiainen, Terhi., Salo, Jarmo. & Uhari, Matti. 2010. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. Bakteeribiofilmit infektioitaudeissa. WWW-dokumentti. [http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p\\_p\\_id=Article\\_WAR\\_DL6\\_Articleportlet&p\\_p\\_action=1&p\\_p\\_state=maximized&viewType=viewArticle&tunnus=duo98732](http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_action=1&p_p_state=maximized&viewType=viewArticle&tunnus=duo98732) Päivitetty ei tietoa. Luettu 10.12.2015.

Tanskanen, Marketta. 2016. Vesiensuojelu ja vesienhoito. WWW-dokumentti. <http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/ymparisto/ymparistonsuojelu/vesiensuojelu/Sivut/default.aspx>. Päivitetty 2.3.2016. Luettu 16.3.2016.

Vesilaki 587/2011. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=vesilaki>. Ei päivitystietoja. Luettu 15.1.2016

Wirtanen, Gun. 2002. Laitehygienian elintarviketeollisuudessa – Hygieniaongelmien ja *Listeria monocytogenes* hallintakeinot. PDF-dokumentti. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf>. Päivitetty: ei tietoa. Luettu 19.1.2016.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>. Ei päivitystietoja. Luettu 15.1.2016.

Äijälä ,O., Koistinen, A., Sved ,J. Vanhatalo, K & Väisänen, P. (toim.) 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset – METSÄNHOITO. Metsätalouden kehittämiskeskus. Tampion julkaisuja





Viljavuuspalvelu



Mikkelin Ammattikorkeakoulu Oy

Tuija Ranta-Korhonen

Patteristonkatu 3

PL 181

50101 MIKKELI

FINLAND

s-posti tuija.ranta-korhonen@mamk.fi

Tutkimustodistus AR-15-FV-000938-01 Sivu 1/2

Päivämäärä 17/12/2015

Tutkimusno EUFIMI-00000991

Asiakasno FV0002556

Tutkimuksen yhteyshenkilö : Pirkko Laakso

Taustatiedot

Ojjetun suometsän oja-vesi

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2015-00002337 Näyte 1, VETU	504-2015-00002338 Näyte 2, VETU	504-2015-00002339 Näyte 4, VETU
DOC (Liuennut orgaaninen hili)	FR (a) EN 1484	mg/l	43	43	42
Orgaanisen hillen kokonais määrä (TOC)	FR (a) EN 1484	mg/l	44	44	44
COD Mn (Permanganaatti-Indeksi)	FR (a) EN ISO 8467	mg O2/l	99	96	89
Permanganaattiluku	FR (a) EN ISO 8467	mg KMnO4/l	390	380	350
Fosfori (P)	SL (a) SS-EN ISO 15681-2:2005/TrAAcs	µg/l	26	27	29
Typpi (N)	SL (a) SS-EN ISO 11905-1/TRAACS	µg/l	810	830	840

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2015-00002340 Näyte 5, VETU	504-2015-00002341 Näyte 6, VETU	504-2015-00002342 Näyte 7, VETU
COD Mn (Permanganaatti-Indeksi)	FR (a) EN ISO 8467	mg O2/l	98	91	130
DOC (Liuennut orgaaninen hili)	FR (a) EN 1484	mg/l	44	44	61
Fosfori (P)	SL (a) SS-EN ISO 15681-2:2005/TrAAcs	µg/l	26	26	79
Orgaanisen hillen kokonais määrä (TOC)	FR (a) EN 1484	mg/l	45	46	62
Permanganaattiluku	FR (a) EN ISO 8467	mg KMnO4/l	390	360	520
Typpi (N)	SL (a) SS-EN ISO 11905-1/TRAACS	µg/l	850	860	1000

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	504-2015-00002343 Näyte 8, VETU	504-2015-00002344 Näyte 9, VETU	504-2015-00002345 Näyte 10, VETU
COD Mn (Permanganaatti-Indeksi)	FR (a) EN ISO 8467	mg O2/l	160	39	38
DOC (Liuennut orgaaninen hili)	FR (a) EN 1484	mg/l	63	31	31
Fosfori (P)	SL (a) SS-EN ISO 15681-2:2005/TrAAcs	µg/l	81	30	24
Orgaanisen hillen kokonais määrä (TOC)	FR (a) EN 1484	mg/l	65	32	32
Permanganaattiluku	FR (a) EN ISO 8467	mg KMnO4/l	610	150	150
Typpi (N)	SL (a) SS-EN ISO 11905-1/TRAACS	µg/l	1000	890	860

Eurofins Viljavuuspalvelu Oy

PL 500

FI-50101 Mikkel

FINLAND

puhelin +358 15 320 400

Fax +358 15 225 205

viljavuuspalvelu@eurofins.fi

www.eurofins.fi

www.viljavuuspalvelu.fi

www.markkarteringstjanst.fi