

# PUUJÄRVEN PERUSKARTOITUS 2015



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Forssa, Kestävä Kehitys

Kevät, 2017

Sharon Skurnik

Kestävä Kehitys  
Forssa

---

<b>Tekijä</b>	Sharon Skurnik	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	Puujärven peruskartoitus 2015	

---

## TIIVISTELMÄ

Lohjan Puujärvellä toimii Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry, joka on seurannut järven tilaa jo 1960-luvulta lähtien. Vesiensuojeluyhdistys aloitti projektin, jonka tarkoituksena olisi saada käsitys Puujärven kokonaisvaltaisesta tilasta sekä kartoittaa sopivia toimia järven tilan parantamiseksi tai sen ylläpitämiseksi. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry. Yhteistyötä tehtiin myös Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry:n kanssa sekä Puujärven asukkaiden kanssa.

Puujärvi on melko syvä kirkasvetinen järvi, joka sijaitsee Il Salpausselän kupeessa. Siitä on saatavilla useita erilaisia tutkimustuloksia, joiden tuloksia on kootusti kerätty tähän raporttiin. Saatavilla olevan tiedon perusteella pohdittiin mitkä olisivat keinot säilyttää Puujärvi karuna ja kirkasvetisenä järvenä. Tähän tavoitteeseen haasteita luovat syvät syvänteet, joiden happitilanne on huono sekä tulo-ojien veden ravinnepitoisuus.

Opinnäytetyöprosessin aikana etsittiin digitaalisista arkistoista Puujärvestä tehtyjä tutkimuksia, sekä otettiin suoraan yhteyttä tutkimuksen laatijoihin. Näin saatiin kasaan laaja data, jonka perusteella Puujärven tilan kehitystä voitiin tarkastella. Tämän tueksi etsittiin teoriaa järven toiminnasta ja vesistökuunnostuksesta, joka on esitetty opinnäytetyössä sellaisessa muodossa, että siitä on apua järven tilan ymmärtämiseen sekä avuksi tulevaisuuden päätöksiin Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n jäsenille. Työssä on myös esitetty Suomessa yleisesti käytettyjä järven kuunnostusmenetelmiä sekä tarkemmin pohdittu minkälaiset toimenpiteet sopisivat Puujärvellä käytettäväksi. Tärkeimmäksi asiaksi Puujärven tilan säilyttämiseksi sekä parantamiseksi nousi valumavesien laadun parantaminen. Järvellä olisi ensisijaisen tärkeää saada valuma-alueen asukkaat ja muut toimijat huomaamaan oman toiminnan parantavat sekä huonontavat vaikutukset järven tilaan.

**Avainsanat** Vesistökuunnostus, Rehevöityminen, Sisäinen kuormitus, Ulkoinen kuormitus, Veden laatu

**Sivut** 81 sivua, joista liitteitä 9 sivua

Sustainable Development  
Forssa

---

**Author** Sharon Skurnik **Year** 2017

**Subject** Basic Survey of Lake Puujärvi 2015

---

ABSTRACT

Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry is a water protection association which has monitored the situation of lake Puujärvi at Lohja city since the 1960s. The water protection association started the project the primary aim of which was to get a conception of the comprehensive condition of the lake and find strategies to improve it or keep it on a good level. The client of the thesis was Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry. The thesis was made in close collaboration with Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry and the residents of lake Puujärvi.

Puujärvi is a fairly deep lake and has clear water. It is located next to Il Salpausselkä. In this thesis the results of the research are collected together to find effective ways to keep lake Puujärvi oligotrophic and its water clear. Deep basins which have low oxygen content and the high nutrient content of diversion ditches set their own challenges to that goal.

During the thesis project the research results from Puujärvi were searched from the digital archives and also the researchers were directly contacted. This is how the data was collected to be able to study the development of the lake. The theory of the functions and ecosystem of the lake are explained in this thesis to support the readers' understanding and to help Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry in future decision making. Also the most usually used procedures to improve condition of the lake can be found in this thesis and further consideration of which procedures would be useful for Puujärvi. The most important action to maintain or improve the condition of the lake is to improve the quality of the water from the drainage basin. It would be necessary for the residents and others on the basin to know how their actions influence the condition of the lake and what kind of actions are good or bad for the lake.

**Keywords** Restoration of lakes, Eutrophication, Internal loading, External loading, Quality of water

**Pages** 81 pages including appendices 9 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SUOMALAISET JÄRVET.....	2
2.1	Rakenne ja toiminta .....	2
2.1.1	Järviekosysteemi.....	2
2.1.2	Lämpötilan kerrostuneisuus .....	3
2.1.3	Järvityypit .....	4
2.2	Uhkaavat ilmiöt .....	4
2.2.1	Ulkoisen ja sisäinen kuormitus .....	5
2.2.2	Rehevöityminen.....	5
2.2.3	Happikato .....	6
2.2.4	Happamoituminen.....	7
2.2.5	Ilmastonmuutos.....	8
3	VEDENLAADUN TUTKIMINEN .....	9
3.1	Happi .....	9
3.2	Fosfori.....	10
3.3	Typpi.....	11
3.4	A-klorofylli .....	12
3.5	Väriluku .....	12
3.6	Happamuus eli pH .....	13
3.7	Hygieninan indikaattoribakteerit .....	13
4	HOITO- JA KUNNOSTUSTOIMENPITEET .....	14
4.1	Järven tilan arviointi ja seuranta .....	15
4.2	Hajakuormituslähteet .....	15
4.2.1	Luonnonhuuhtouma.....	16
4.2.2	Peltoviljely .....	16
4.2.3	Karjatalous.....	17
4.2.4	Metsätalous .....	17
4.2.5	Turvetuotanto.....	18
4.2.6	Haja-asutus .....	18
4.3	Järven kunnostus ja hoito .....	19
4.3.1	Valuma-alueen kokonaiskuormituksen laskeminen .....	19
4.3.2	Suodatinojat .....	20
4.3.3	Kosteikot ja laskeutusaltaat.....	20
4.3.4	Ruoppaus.....	21
4.3.5	Hapetus.....	21
4.3.6	Alusveden poistaminen .....	22
4.3.7	Hoitokalastus .....	22
4.3.8	Kalatie .....	23



5	PUUJÄRVI .....	23
5.1	Vedenlaatu .....	24
5.1.1	Happi ja fosfori .....	26
5.1.2	Typpi .....	29
5.1.3	Tesväri.....	31
5.1.4	A-klorofylli .....	33
5.1.5	Kemiallinen hapenkulutus .....	33
5.1.6	Sähkönjohtavuus .....	34
5.2	Tulo-ojien vedenlaatu .....	34
5.3	Pohjasedimentti .....	36
5.4	Vesikasvit.....	39
5.5	Kalat.....	40
5.6	Rapu.....	42
5.7	Kääpiösarvikotilo .....	43
5.8	Merkittävät kohteet .....	43
5.8.1	Frääsänlahti .....	43
5.8.2	Siltaniemenlahti.....	45
5.8.3	Tesväri.....	47
5.8.4	Mylly ja Eskolanjoki .....	48
5.8.5	Luhjunoja ja laskeutusaltaat.....	50
5.8.6	Uimaranta .....	52
5.8.7	Mummonmökkikylän tekoallas .....	53
5.8.8	Kurklahti ja laskeutusaltaat .....	54
6	VESISTÖN TILAA PARANTAVAT JA YLLÄPITÄVÄT TOIMENPITEET JA TOIMIJAT.....	56
6.1	Puujärven vesiensuojeluyhditys ry.....	56
6.2	Valumavesien kuormituksen hallinta.....	57
6.2.1	Haja-asutuksen jätevedet.....	57
6.2.2	Viljelytekniikat .....	58
6.2.3	Laskeutusaltaat ja kosteikot .....	59
6.2.4	Fosforin saostus.....	60
6.2.5	Pesukielto järvellä ja matonpesupaikka .....	60
6.3	Eliölajiston tarkkailu ja manipulointi.....	61
6.3.1	Kalakantojen sääntely .....	61
6.3.1	Linnuston tarkkailu .....	62
6.3.2	Kasvilajien tarkkailu .....	62
6.4	Järven kunnostaminen .....	62
6.4.1	Syvänteiden hapettoman veden poisto .....	63
6.4.2	Syvänteiden hapetus .....	63
6.5	Järven tilan seuraaminen .....	63
6.5.1	Veden laadun tarkkailu.....	63
6.5.2	Veden laadun mittaaminen jatkuvatoimisella mittausjärjestelmällä ...	64
6.5.3	Sedimenttiselvitys .....	64
6.6	Ympäristötietoisuuden lisääminen .....	64
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	65
	LÄHTEET .....	67

## Liitteet

Liite 1	Siltaniemi 1 vedenlaadun mittaustulokset
Liite 2	Pussisaari 2 vedenlaadun mittaustulokset
Liite 3	Vähäsaari 4 vedenlaadun mittaustulokset

## 1 JOHDANTO

Järvet ovat tärkeä osa suomalaista luontoa ja kansallismaisemaa. Monella suomalaisella on koti- tai mökkijärvi, johon heillä on erityinen suhde. Se on paikka, jossa rentoudutaan ja ollaan kosketuksissa luonnon kanssa. Puhdas ja elinvoimainen järviympäristö tarjoaa ihmisille ilmaiseksi virkistymistä, kaloja ravinnoksi ja säilyttää luonnon monimuotoisena. Järven voidaan siis ajatella tarjoavan ihmisille ekosysteemipalveluita, jotka ovat ihmisen saamia aineettomia ja aineellisia hyötyjä luonnosta. Laajemmin ajateltuna ekosysteemipalvelut ylläpitävät yhteiskuntaa tarjoamalla esimerkiksi pohjaveden muodostumista, kasvien pölyttämistä ja hiilen sidontaa (Suomen luonnonsuojeluliitto n.d.). Vaikka ekosysteemipalveluille ei ole määritelty hintaa, vaikuttaa luonnon tilan muutos huonoon suuntaan vääjäämättä myös ihmisen arkeen. Pölyttäjien vähentyminen nostaa omenoiden hintaa ja lähijärven rehevöityminen laskee tonttien arvoa.

Ympäristötietoisuus on kokonaisuus, jossa yhdistyvät motivaatio sekä tieto ja taito toimia ympäristön hyväksi. Tämän lisääntyminen lisää yksilön todennäköisyyttä toimia entistä ympäristöystävällisemmin. (Harju-Autti 2011, 8.) Ympäristötietoisuus nousi yleiseen tietoisuuteen 1960-luvulla. Sille on monia syitä, mutta tuohon aikaan teollisuuden aiheuttama saastuminen oli ympäri maapalloa silmin nähtävää. Tiedotusvälineet levittivät tietoa ympäristöongelmista tehokkaammin kuin aikaisempina vuosikymmeninä. (Lyytimäki & Hakala 2008, 27–29.) Myös tuolloin Karjalohjan kunnassa Puujärven rannalla alkoi levitä huoli järven puhtaudesta. Eräs asukas oli tutkituttanut rantansa veden laatua ja huomannut siinä heikkenemistä. Tuohon aikaan moni käytti järven vettä juoma- ja talousvetenä. Puujärveläiset päättivät kokoontua ja Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry perustettiin heinäkuussa 1967.

Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry on ottanut vesinäytteitä Puujärveltä ja seurannut sen tilaa perustamisvuodestaan lähtien. Aktiivinen yhdistys on saanut aikaan järvellä pesukiellon sekä vesialueille nopeusrajoituksen, se on myös perustanut mattojen pesupaikan Karjalohjalle. Lähes viisikymmenvuotias vesiensuojeluyhdistys käynnisti vuonna 2015 Puujärven peruskartoitus 2015-hankkeen, joka on jatkoa vuonna 1999 käynnistyneelle Puujärven perusselvitykselle. Perusselvityksessä teetettiin sedimenttitutkimus sekä yhdessä Karjalohjan kunnan kanssa suunnitelma Puujärven ympärysviemäristä. Puujärven peruskartoitus 2015-hankkeen tavoitteena on koota raportti, jossa on koottu ja analysoitu saatavilla ollut tutkimustieto Puujärvestä sekä sen valuma-alueesta. Raportissa tulee olla myös käsiteltynä uhkatekijöitä ja tutkimuksiin perustuvia ehdotuksia Puujärven vesiensuojelutoimenpiteiksi lähivuosina.

Tässä opinnäytetyössä esitellään Puujärvestä löytyvä tutkimusaineisto sekä analysoidaan aineistoa. Puujärven tilasta kertovien tutkimustulosten

pohjalta annetaan toimenpide-ehdotuksia, joiden avulla ainutlaatuisia järviympäristöä voidaan vaalia. Työhön on kuulunut myös maastokäyntejä, joiden avulla voitiin kartoittaa merkittävät kohteet järvellä ja raportin laatija pystyi hahmottamaan Puujärven valuma-alueineen kokonaisuutena.

Opinnäytetyön on tarkoitus palvella erityisesti Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n jäseniä sekä muita Puujärvestä kiinnostuneita ihmisiä. Raporttia voi lukea yksityiskohtaisen sisällysluettelon avulla hakuteoksen tapaan, jolloin on mahdollisuus siirtyä suoraan lukemaan tutkimustuloksia ja tarvittaessa lukea työn ensimmäisistä kappaleista teoriaa oman tietämyksen tueksi.

## 2 SUOMALAISET JÄRVET

Suomessa on 56 012 järveä, jos lasketaan kaikki yli hehtaarin kokoiset vesialueet. Kaikki Suomen järvet ovat muodostuneet jääkauden jälkeen ja ovat alle 10 000 vuotta vanhoja. Suuri osa järvistä on muodostunut karulla maaperällä sijaitseviin mannerjään perkaamiin painaumiin. Jääkauden jälkeen kostean kylmä ilma suosi soistumista ja soilta valuvat humusaineet värjäisivät useammat Suomen järvistä ruskeiksi. Ominaisia piirteitä suomalaisille järville ovat rikkonaisuus ja mataluus, keskisyvyys on seitsemän metriä ja maksimisyvyys sata metriä. Lisäksi järvimaisemaa rikastuttavat saaret. Suomen järvien yhteenlaskettu rantaviivan pituus on 130 000 kilo-metriä. Suomen järvien muita ominaispiirteitä ovat vähäravinteisuus, veden pehmeys, happamuus ja ruskean värin aiheuttama vähäinen näkösyvyys. (Holopainen & Karjalainen 2004, 31.)

### 2.1 Rakenne ja toiminta

Järven ominaispiirteisiin sekä toimintaan vaikuttavat se miten järvi on muodostunut, seudun ilmasto, valuma-alueen kallio- ja maaperä sekä sen kasvillisuus. (Holopainen & Karjalainen 2004, 30.) Järvien toimintaa ylläpitää veden kierto maapallolla. Järven elämää muokkaavat sääolosuhteet, täyskierrot sekä tulo- ja poisvirtaus.

#### 2.1.1 Järviekosysteemi

Ympäröivä luonto koostuu ekosysteemeistä, se on tietyn alueen eliöyhteisö ja siihen vaikuttavien tekijöiden kokonaisuus. Ekosysteemiin tulee energiaa, se virtaa ravintoketjujen läpi ja osa siitä poistuu ohivirtauksena. Järviekosysteemin energia on peräisin vedessä elävien eliöiden yhteyttämisestä sekä valuma-alueelta saapuvasta orgaanisesta aineksestä. (Holopainen & Karjalainen 2004, 31–32; Lyytimäki & Hakala 2008, 47; Leinonen, Tyrväinen & Veistola 2007, 8–9.)

Järven biologiset ominaisuudet ovat riippuvaisia muun muassa järven ja sen valuma-alueen rakenteesta ja ominaisuuksista sekä eliölajien levinneisyydestä. Järven biologinen toiminta vaikuttaa veden kemiaan ja fyysiikkaan sekä päinvastoin. Järviekosysteemin ravintoketjut toimivat orgaanisen aineen turvin, jota tulee järven ulkopuolelta tai tuotetaan järvessä. Tuottajina toimivat perustuottajat eli yhteyttämiseen kykenevät eliöt, joita järvissä ovat rantakasvit, levät sekä pieniosa bakteereista. Järven ravinto-ketju kulkee yhteyttävien mikroskooppisten levien eli kasviplanktoneiden kautta eläinplanktoneihin, joita petoplanktonit saalistavat ravinnoksi. Ravintoketjussa seuraavana ovat planktonia syövät kalat, joita taas ravinnokseen saalistavat petokalat. Klassisen ravintoketjuteorian lisäksi Suomen ruskeissa vesissä on hyvin tärkeä niin sanottu mikrobisilmukka. Se taas kulkee kuollutta orgaanista eli detritusta hajottavien mikrobien kautta niitä syöviin alkueläimiin ja niiden kautta petoplanktoneihin ja aina kaloihin asti. Ulappa-alueiden, pohjan ja rantavyöhykkeen ravintoketjut poikkeavat toisistaan. Planktonlevät vallitsevat ulappa-alueella, jossa elinympäristönä on vain vesi ja johon tuovat vaihtelua sääolot. Syvien alueiden eliöt elävät täysin ylhäältä laskeutuvan orgaanisen aineen varassa, koska valon vähyyden takia pohjalla ei ole perustuottajia. Rantavyöhykkeellä perustuotannosta vastaavat rantakasvit ja niiden pinnoilla elävä päällysväistö. Ranta-vyöhykkeellä selkärangattomien eläinten monimuotoisuus saavuttaa huippunsa ja monet muiden vyöhykkeiden lajit tarvitsevat sen palveluja jossain vaiheessa. (Holopainen & Karjalainen 2004, 31–32.)

### 2.1.2 Lämpötilan kerrostuneisuus

Suomessa järvet kerrostuvat kaksi kertaa vuodessa lämpötilan vaihtelun mukaan. Järvissä lämpötilan kerrostuneisuus ja täyskierto voivat tapahtua hieman eritavoin eri vuosina tai täyskierto voi tapahtua epätäydellisesti. Vesi on raskainta neliasteisena, tämä aiheuttaa kerrostuneisuutta. Talvella painavin noin 3–4 asteinen vesi vajoaa lähelle pohjaa ja lämpötila laskee siirryttäessä kohti pintaa. Jääkannen alla vesi on noin 1 - 2 asteista. Jäällepeitteen takia tuulet eivät pääse sekoittamaan vesimassoja. (Lyytimäki & Hakala 2008, 50; Särkkä 1996, 34–36; Leinonen, Tyrväinen & Veistola 2007, 116–117.)

Keväällä kun jäät lähtevät vallitsee kevättäyskierto, silloin tuuli sekoittaa ja auringon säteet alkavat lämmittämään päällysvettä. Koko vesimassa lämpenee kevättäyskierron aikana suunnilleen 4 – 8 asteiseksi, kauttaaltaan yhtä raskas vesimassa pääsee sekoittumaan, tämä sekoittuminen jatkuu kunnes tulee tyyni ajanjakso. Syksyllä päällysveden lämpötila laskee ja tapahtuu syystäyskierto, jolloin vesi on aluksi noin 10 asteista. Ennen täyskiertoa tapahtuu osittaiskierto, jolloin pinnasta pohjaan saakka vallitsee sama lämpötila. Täyskierron kesto aika riippuu sääoloista, järvi altaan muodosta ja tuuliolosuhteista. (Särkkä 1996, 34; Eloranta 2005, 21–22.)

Kesällä järven vesimassa on kerrostunut kolmeen kerrokseen veden lämpötilan mukaan. Kerrostuneisuuteen vaikuttaa voimakkaasti vallinneiden sääolojen lisäksi myös järven pinta-ala ja suojaisuus tuulilta. Mitä suurempi järven ulappa on sitä helpommin täyskiertojen aikana tuuli on päässyt sekoittamaan vesiä. Ylimpänä on päällysvesi, jossa lämpötila muuttuu vain vähän syvemmälle mentäessä, alimpana on alusvesi ja näiden kerrosten välissä on harppauskerros eli välivesi, jossa veden lämpötila laskee useita asteita muutaman metrin syvyydellä. Tämä lämpötilakerrostuneisuus estää vesikerrosten sekoittumisen keskenään kovallakaan tuulella, koska veden tiheys on päällysvedessä selvästi pienempi kuin syvemmillä. (Lyytimäki & Hakala 2008, 50.; Särkkä 1996, 34; Leinonen, Tyrväinen & Veistola 2007, 116–117; Eloranta 2005, 21–22.)

### 2.1.3 Järvityypit

Järvet voidaan jakaa eri luokkiin monien eri kriteerien perusteella. Limnologisesti järvet voidaan jakaa neljään eri järvityyppiin tuotannon ja tuotantopotentiaalain sekä valuma-alueelta tulevan humuksen määrän mukaan. Näiden ominaisuuksien perusteella voidaan tunnistaa neljä eri järvityyppiä, joista oligotrofinen ja dystrofinen edustavat niukkaravinteista järvityyppiä, kun taas eutrofinen ja miksotrofinen järvi edustavat runsasravinteista tyyppiä. (Penttinen & Niinimäki 2010, 33–34.) Vesipuitedirektiivin mukainen pintavesien tyypittely tapahtuu vesimuodostumien ja niiden valuma-alueiden luontaisten geologisten, maantieteellisten ja fyysikaalis-kemiallisten tekijöiden mukaan. Suomalaisten järvien tyypittelystä päädyttiin 13 eri järvityyppiin. (Vuori ym. 2006, 11, 14–15.) Puujärvi kuuluu pieniin ja keskikokoisiin vähähumuksisiin järviin, lyhenne on Vh. (Vesientila n.d.)

Ennen vesistöjä luokiteltiin niiden käyttökelpoisuuden perusteella, mutta Euroopan unionin vesipuitedirektiivin tultua voimaan on vesistöjen luokittelussa siirrytty laatutavoitteita määrittäviin luokituksiin. Käyttökelpoisuusluokittelussa järvet voidaan jakaa viiteen eri luokkaan, esimerkiksi sen perusteella onko vesi uima- ja kalastuskelpoista sekä voiko vettä käyttää talousvetenä. Vesipuitedirektiivin perusteella jokaiselle vesistötyypille osoitetaan häiriintymätön vertailuvesistö tai johdetaan muulla tavoin vertailutila. (Penttinen & Niinimäki 2010, 202–204.) Vesipuitedirektiivissä luokittelun apuna käytetään vedenlaatu-, kasviplankton-, vesikasvi-, pohjaeläin ja kalastoluokittelua. (Penttinen & Niinimäki 2014, 63–65.) Puujärvestä on saatavilla tietoa vedenlaadusta, vesikasveista sekä kalastosta.

## 2.2 Uhkaavat ilmiöt

Ihminen vaikuttaa jatkuvasti ympäristöönsä monin tavoin. Ympäristönsuojelu pyrkii tarttumaan kielteisenä pidettyihin muutoksiin eli ympäristöongelmiin. Ympäristöongelmien tiedostaminen on muuttanut ihmisen käsitystä ympäröivään luontoon. Nykyisen ekologisen ymmärryksen mukaan

luonnossa kaikki ei vaikuta kaikkeen, mutta kaikki vaikuttaa johonkin. Luonto muuttuu jatkuvasti ja muutos kuuluu luontoon, mutta ympäristön suojelussa onkin tärkeää arvioida ihmisen toiminnan suhdetta muutokseen. (Lyytimäki & Hakala 2008, 37.)

Suomen järviä uhkaavat ulkoisen kuormituksen aiheuttama rehevöityminen, siitä johtuva happikato, joka taas voi laukaista järven sisäisen kuormituksen. Uhkana on myös ilmastonmuutos ja happamoituminen. Näiden ilmiöiden taustalla on ihminen, joka toiminnallaan puuttuu maapallon luonnollisten aineiden kiertoihin. Puujärveen kohdistuvia uhkia on pohdittu kappaleissa viisi ja kuusi.

### 2.2.1 Ulkoinen ja sisäinen kuormitus

Ulkoisella kuormituksella tarkoitetaan järveen sen valuma-alueelta kulkeutuvaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Kuormitusta tulee ilmastasta, luonnonhuuhtoumana sekä ihmisen toiminnasta. Näistä ulkoisen kuormituksen lähteistä on kerrottu tarkemmin kappaleessa 4.2. Hajakuormituslähteet. Järven ulkoisen kuormituksen sietokyky voidaan arvioida ja näin saada arvokasta tietoa järven rehevöitymisen torjuntaan. Järven sietokykyyn ylittyessä järveä uhkaa rehevöityminen. (Hagman 2010, 10.)

Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan tilannetta, jossa järven pohjasedimentistä alkaa vapautua ravinteita uudelleen kiertoon. Rehevöityneessä järvestä tuotantotasoa kasvaa ja hajotustoiminta kiihtyy, joka taas kuluttaa järvestä happea. Hapen kuluessa loppuun alkaa pohjasedimentistä vapautua sinne sitoutunutta fosforia. Myös särkikalat voivat nostaa ravinteita veteen etsiessään pohjasta ravintoa. Veden emäksisyys voi myös vapauttaa fosforia liikkeelle. (Hagman 2010, 10.) Tästä aiheesta on kerrottu tarkemmin kappaleissa 2.2.2 Rehevöityminen ja 2.2.3. Happikato.

### 2.2.2 Rehevöityminen

Järven rehevöitymisellä tarkoitetaan perustuotannon kasvua. Useimmiten rehevöitymisen aiheuttaa se, että ekosysteemiin virtaa aiempaa enemmän ravinteita. Myös lisääntynyt lämpö voi rehevöittää ekosysteemejä. Järviin kertyy luontaisesti lisää ravinteita, jolloin kasvillisuus lisääntyy. Järvi pyrkii siis luontaisesti kohti rehevämpää tilaa, mutta ihmisen toiminta nopeuttaa tätä prosessia. Suomen järvien perustuotanto vaihtelee paljon eri vesistöjen välillä. Tähän vaikuttaa vahvasti valuma-alueen koko ja ravinteisuus: jos valuma-alue on suuri ja runsasravinteinen, on vesistökin todennäköisesti varsin rehevä. Karuimmat järvet sen sijaan sijaitsevat kallioisilla ylängöillä, joihin valuma-alueelta ei ravinteita juurikaan virtaa. (Lyytimäki & Hakala 2008, 46, 55.)

Ensimmäisiä merkkejä rehevöitymisestä on kivien ja kalaverkkojen peittyminen limaaviin leviin. Rehevöityneessä järvestä ensin lisääntyvät kasviplanktonit, jotka tarjoavat ravintoa eläinplanktonille. Eläinplankton

muuttuu pienikokoisemmaksi, koska kalalajit, jotka suosivat eläinplanktoneita runsastuvat. Eläinplanktonin koolla on väliä, koska suurikokoiset lajit pitävät leväkukinnot tehokkaasti kurissa ja vesi pysyy kirkkaana. Kamppailun voittavat siis suuret yhdyskuntia muodostavat ja kestävät kasviplanktonit. Karuille ja kirkasvetisille järville ominaiset runsaat pohja-lehtiset kasvustot vähenevät, koska kasviplankton ja päällykslevät estävät niitä saamasta auringon valoa. Rantavyöhykkeellä lisääntyvät kaislikot, ruovikot, kortteikot ja kelluslehtiset kasvit. Rehevöityneessä järvessä kalasto muuttuu särkikalavaltaisemmaksi. Suomen yleisin järvikala ahven hyötyy lievästä rehevöitymisestä, mutta kanta taantuu rehevöitymisen edetessä särkikalojen aiheuttaman kilpailun vuoksi. Rehevissä järvissä on runsas kalasto, mutta se koostuu pääosin ihmisen kannalta vähäarvoisista lajeista. (Lyytimäki & Hakala 2008, 55; Holopainen, Tolonen & Karjalainen 2004 119–121.)

Järvet voidaan siis luokitella rehevyytason mukaan eutrofisiin eli reheviin ja oligotrofisiin eli karuihin. Järven rehevyys- eli trofia-aste voidaan määrittellä muun muassa planktonin perustuottajien määrän tai aktiivisuuden perusteella sekä veden fosforipitoisuuden perusteella. Kasviplanktonin biomassa analysoidaan käänteismikroskoopin avulla, jolloin lasketaan lajien, kolonioiden ja rihmojen määrä tunnetussa vesitilavuudessa. Kun kunkin yksikön tilavuus on saatu määritettyä, voidaan laskea kokonaisbiomassa. Tähän menetelmään vaikuttavat suuresti vuodenaikojen vaihtelut sekä sääolot, joten määrittäminen tulisi tehdä useamman kerran kesässä. Joissakin tapauksissa on luettavampaa käyttää klorofyllianalyysiä, joka on tarkempi ja nopeampi kasviplanktonin määrittämisessä. Tästä menetelmästä on kerrottu enemmän vedenlaatu-kappaleessa. Järven perustuo-tannon mittaamiseen pohjautuvat menetelmät ovat melko kalliita, koska mittauksia tulisi tehdä useampi kesän aikana. Tästä syystä yleisin tapa on määrittellä rehevyysaste fosforipitoisuuden perusteella, jota on käytetty myös Puujärven vedenlaatua tutkittaessa. Järven rehevöitymistä tutkittaessa tulisi myös kiinnittää huomiota rantaekosysteemiin, koska se ottaa saapuvat ravinnevirrat ensimmäisenä vastaan, jolloin myös tuotantotaso nousee ensimmäisenä. Rantavyöhykkeiden seurantajärjestelmissä on kuitenkin vielä kehitettävää. (Eloranta 2005, 15. Holopainen, Tolonen & Karjalainen 2004, 121.)

### 2.2.3 Happikato

Vesiekosysteemissä happea on hyvin vähän. Litraan nolla asteista vettä happea liukenee 14,6 milligrammaa, lämpimämpään veteen vielä vähemmän. Veteen tulee eniten happea liukenemalla ilmasta, kasvien fotosynteesillä on huomattavasti pienempi merkitys. Veden happipitoisuus säätelee järven pohjaeläinten, kalojen ja bakteerien määrää sekä laatua. Happea kuluu vesiekosysteemin hajotustoiminnassa. Mitä rehevämpi järvi on, sitä enemmän on hajotettavaa biomassaa ja kuluu enemmän happea. Hajoava biomassa kertyy järven pohjalle. Voimakas veden kerrostuneisuus estää hapekkaan päällysveden sekoittumasta alusveteen, jolloin



järven pohjalta voi loppua happi kokonaan. Suurimmillaan happikadon riski on talvikerrostuneisuuden loppuvaiheessa, koska jääpeite estää hapen liukenemisen ilmasta. Happipitoisuus voi myös laskea kesäkerrostuneisuuden päättyessä. Matalissa ja rehevissä järvissä voi happi loppua kokonaan, joka voi aiheuttaa kalakuolemia. Hapettomuuden uhka kasvaa jos vesistöön pääsee energiasisällöltään rikasta jätevettä tai muuta ainesta, jonka hajoaminen kuluttaa paljon happea. (Lyytimäki & Hakala 2008, 48, 56; Leinonen, Tyrväinen & Veistola 2007, 120; Järvi & Meriwiki 2014.)

Hapekkaassa alusvedessä fosfori sitoutuu pohjasedimenttiin hapettumalla. Sedimentaatio poistaa ravinteita vesiekosysteemin biologisesta kierrosta. Jos pohjalla vallitsee anoksia eli hapettomuus, alkaa fosforia vapautua pohjasedimentistä pelkistymällä. Pelkistävissä reaktioissa vapautuu myös rikkiyhdisteitä. Hapettomissa oloissa järven sisäinen kuormitus kiihdyttää rehevöitymisprosessia. Happikatojen myötä rehevöitymisestä tulee entistä vaikeammin hallittava prosessi. Rehevöityminen voi voimistaa myös kasvihuoneilmiötä, sillä hapettomissa oloissa tapahtuvassa hajotustoiminnassa syntyy metaania, joka on voimakas kasvihuonekaasu. (Lyytimäki & Hakala 2008, 48, 56; Järvi & Meriwiki 2014.)

Puujärvellä tehdyn sedimenttitutkimuksen mukaan, huonohappisissa oloissa pohjasedimentistä mahdollisesti liikkeelle lähtevää fosforia on arvioitu olevan 23 500 kilogrammaa. Sedimentin tila on hyvä, mutta riski fosforin vapautumiselle on syvännealuilla. Niiden suuri vesisyvyys kuitenkin estää osittain vapaan fosforin kulkeutumisen kasvien ja levien käyttöön. (Valpola & Kauppila 2001, 8.)

#### 2.2.4 Happamoituminen

Maaperän ja vesistöjen happamoituminen aiheutuu laskeumasta, joka sisältää rikin ja typen yhdisteitä. Happamoituminen oli yksi 1980-luvun puhutuimmista ympäristöongelmista. Ilmaan päästetyt kaasumaiset ja hiukkasmaiset aineet palaavat jossain vaiheessa takaisin maanpinnalle tai vesistöön. Kuivalaskeumassa hiukkaset ja kaasuyhdisteet palaavat takaisin maan pinnalle painovoiman ja ilmavirtausten vaikutuksesta. Märkälaskeumassa ne liukenevat veteen ja satavat maan pinnalle. Itä-Euroopan teollisuusalueiden happamoittavat päästöt olivat vuosikymmenten ajan valtavia, pahimmillaan laskeuma aiheutti lähialuilla laajoja metsäkuolemia. Päästöt ovat sittemmin pienentyneet, mutta ympäristön tila ei ole kohentunut vastaavasti. Nykyään happamoittavat päästöt on saatu kuriin Euroopassa melko hyvin, tämä johtuu kansainvälisistä sopimuksesta ja kehittyneestä teknologiasta. Suomessa ja muissa Euroopan maissa kriittinen kuormitus eli suurin pitkäaikainen kuormitus, jonka tietty ekosysteemi sietää ilman merkittäviä vaurioita, kuitenkin ylittyy vielä monin paikoin. (Lyytimäki & Hakala 2008, 70–72.)

Suomen maaperän ja vesistöjen happamuuden puskurointikyky on heikko, eli ne happamoituvat helposti. Makeat vedet puskuroivat happamoi-

tumista heikommin kuin maaperä, koska vedestä puuttuvat lähes kokonaan kationivaihdon perustana olevat maahiukkaset sekä mineraalit. Herkästi happamoituvat vesistöt ovat tyypillisesti kirkkaita, orgaanisen aineksen määrä on niissä pieni ja vesi on luontaisesti hapanta. Humukset vesistöt puskuroivat happamoitumista paremmin kuin kirkkaat vedet niissä olevan humuspuskurin ansiosta. Runsashumuksisissa järvissä pH voi olla luonnostaan alle viiden, kun yleensä pitkäaikainen alle viiden pH merkitsee jo voimakasta happamoitumista. Tämän takia puskurikyvyn kehitys kuvaa vesistön tilannetta paremmin kuin pH, selvästi happamoituneissa vesissä alkaaliniteetti eli systeemin kyky vastustaa happamoitumista on nolla. Valuma-alueella on merkitystä myös happamoitumiseen, hienojakoisemmat maalajit sitovat vetyionit, kun taas karkeammilla maila vetyionit päätyvät vesistöihin helpommin happamoittamaan vettä. Happamoituneesta järvestä katoavat ensin ravut ja yleisimmistä kaloista made, parhaiten happamoitumusta sietävät ahvenet ja hauet. Happamoitunut järvi on hyvin kirkas vetinen ja sen pohjalla näkyy usean vuoden ajalta lakastuneita lehtiä. Lehdet eivät lahoa, koska lahottava bakteeritoiminta on vähentynyt. Järven pohjassa voi myös kasvaa happamien paikkojen vihreitä rahkasammalia, koska valoa ja kosteutta on runsaasti tarjolla. (Lyytimäki & Hakala 2008, 70, 78; Leinonen, Tyrväinen & Veistola 2007, 80–81.)

#### 2.2.5 Ilmastonmuutos

Maapallon ilmasto on jatkuvassa muutoksessa. Ilmastonmuutokset ovat miljoonien vuosien ajan säädelleet elämän kehitystä, luoneet edellytyksiä uusien lajien synnylle ja aiheuttaneet toisien sukupuuton. Tällä hetkellä käynnissä oleva ilmastonmuutos on ympäristönsuojelun näkökulmasta ainoa laatuinen, koska se on yhden lajin, ihmisen aikaan saama. Nykyilmastoa muuttaa kasvihuonekaasujen lisääntyminen ilmakehässä, joka voimistaa kasvihuoneilmiötä. Ilmastonmuutoksen seuraukset ovat uhkaavia, koska ne lisäävät ääri-ilmiötä kuten myrskyjä, kuivuutta ja rankkasateita. (Lyytimäki & Hakala, 2008, 87–88.)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomen vesistöissä johtuvat pääosin lämpötilan noususta. Pohjoisilla leveysasteilla, kuten Suomessa järvien lämpötila on noussut jopa 0,72 astetta vuosikymmenessä. Suomi kuuluu siis maantieteellisesti niin kutsuttuun hot spot-alueeseen, jollaista ei ole missään muualla. (Pöntinen, 2015.) Vuosisadan loppuun mennessä uskotaan ilmaston lämpenevän Suomessa 2–4 astetta ja vesistöjen pintalämpötilan 1–2 astetta. Tämä vaikuttaa veden happipitoisuuteen, hapetuspelkistyspotentiaaliin, järvien kerrostuneisuuteen ja eliöiden kasvuun. Lämpötilan nousu lisää leväkukintoja sekä bakteerien ja sienien määrää vedessä. (Ilmasto-opas n.d.) Leväkukintojen lisääntyminen nostaa järvien metaanipäästöjä. Metaani on 25 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. (Pöntinen, 2015.)

Suomessa ilmaston lämmitessä sademäärät voivat lisääntyä kesällä 0–20 prosenttia ja talvella 10–40 prosenttia. Sademäärän kasvu ei välttämättä kasvata virtaamia, koska myös haihdunta kasvaa. Lisääntynyt sadanta kuitenkin huuhtoo vesistöihin enemmän ravinteita, taudinaiheuttajia ja haitallisia aineita, näin ollen veden laatu heikkenee. Sateen intensiteetin voimistuessa lisääntyy myös vesieroosio. Näiden tekijöiden vaikutuksesta vesistöjen rehevöityminen voi lisääntyä, koska sademäärät kasvavat ja talvista tulee leudompia. (Ilmasto-opas n.d.)

### 3 VEDENLAADUN TUTKIMINEN

Kaikessa luonnossa olevassa vedessä on aineita, jotka ovat joutuneet veteen muun muassa maaperästä, ilmakehästä, veden elollisista ja kuolleista hiukkasista sekä ihmisen toiminnasta. (Särkkä 1996, 50.) Säännöllinen vedenlaadun tutkiminen antaa tietoa järven happitilanteesta ja ravinnepitoisuuksista. Vesianalyysien tuloksia tarkastelemalla ja vertailemalla voidaan havaita veden laadun heikkeneminen ennen kuin se on aiheuttanut järvellä selvästi havaittavia muutoksia.

#### 3.1 Happi

Happea tarvitaan monissa tärkeissä kemiallisissa ja biologisissa reaktioissa. Happea kuluu kasvien ja eläimien hengityksessä, sekä hajotustoiminnassa. Happea järveen tulee suoraan ilmakehästä liukenemalla, sekä sitä tuotetaan fotosynteesissä kun valoa ja ravinteita on riittävästi. Hapen liukoisuus riippuu veden lämpötilasta, kylmään veteen liukenee happea enemmän kuin lämpimään veteen. Vedessä voi ilmetä ilmaan verrattuna helposti hapenpuutetta silloin, kun hengitys- ja hajotustoiminta kuluttaa happea nopeammin kuin sitä saadaan lisää fotosynteesin ja ilman kautta. Tästä syystä veden happipitoisuuden vaihtelut pitkällä aikavälillä antavat hyvän kuvan järven tilasta. (Särkkä 1996, 50–51; Oravainen 1999, 4.)

Happipitoisuus kertoo, paljonko vedessä on liukoista happea, sen yksikönä käytetään milligrammaa per litra. Hapen kyllästysaste kertoo vedessä olevan hapen määrän suhteutettuna siihen, paljonko kyseisen lämpöisen veden pitäisi sisältää happea. Happea voi olla vedessä myös ylikyllästyneesti, tällöin kyllästysaste on yli 100 %, tämän voi aiheuttaa muun muassa runsas levätuotanto pintavedessä. (Vesistötermistöä n.d.)

Talvella kun päällysveden lämpötila on 0,1–1,0 °C happipitoisuus on normaalisti 12–13 mg/l, kyllästysaste on tuolloin 80–90 %. Kesällä vastaavasti lämpötilan ollessa 18–20 °C happipitoisuus on normaalisti 8 – 9 mg/l, kyllästysaste on tuolloin myös 80–90 %. Tästä syystä happipitoisuutta tarkasteltaessa on myös kiinnitettävä huomiota hapen kyllästysasteeseen. (Oravainen 1999, 4.)

Hyväkuntoisessa järvestä alusveden happitilanne pysyy koko vuoden hyvänä, alusvedessä kerrostuneisuusaikeiden lopulla happipitoisuus tulisi olla 4–8 mg/l. Pienialaiset syvänteet voivat olla ajoittain vähähappisia hyväkuntoisessakin järvestä luontaisten tekijöiden vuoksi. (Oravainen 1999, 4.) Puujärven syvänteiden kokonaishappipitoisuus on elokuussa otettujen näytteiden perusteella huono. Puujärven syvänteet ovat keskimääräistä suomalaista järveä syvämpiä, joten hapeton vesi ei uhkaa järven kalakan-  
taa, mutta se vapauttaa fosforia pohjan sedimentistä.

Kemiallinen hapenkulutus eli kemiallinen hapentarve (engl. chemical oxygen demand eli COD) mittaa vedessä happea kuluttavien orgaanisten aineiden määrää. Mittayksikkönä käytetään milligrammaa per litra. Puujärven veden laadun mittauksissa käytetään lyhennettä CODMn, joka viittaa käytettyyn tutkimusmenetelmään. Runsas valuma ja valuma-alueen humusvaikutus nostavat järven kemiallista hapenkulutusta. (Vesistötermistöä n.d.; Opetushallitus n.d.; Sanasto n.d.; Särkkä 1996, 56.)

### 3.2 Fosfori

Fosfori esiintyy tavallisesti vesissä hyvin pieninä pitoisuuksina, sisävesissä fosfori on yleensä perustuotannon kasvua rajoittava minimitekijä. Eliöt tarvitsevat sitä vähän, mutta se on välttämätön aine solujen energiansiirtojärjestelmässä. Sisävesissä fosforia esiintyy liuenneena fosfaattifosforina, liuenneena orgaanisena fosforina, hiukkasmaisena elävissä eliöissä ja pohjasedimentissä. Fosforivarastot ovat maaperässä, josta sitä rapautuu ja kulkeutuu eliöiden käyttöön, kiinnittyneenä pieniin maahiukkasiin. Kasvit käyttävät fosforia veteen liuenneina fosfaatteina. Maatalous sekä jätevedet ovat usein merkittäviä fosforin lähteitä, ja aiheuttavat järven rehevöitymisen. (Särkkä 1996, 63–65; Leinonen, Tyrväinen & Veistola 2007, 97.)

Kokonaisfosfori kertoo vedessä olevan fosforin kokonaismäärän, se on erittäin tärkeä arvo veden rehevyyden arvioinnin kannalta. Mittayksikkönä käytetään mikrogrammaa per litra ( $\mu\text{g/l}$ ). Fosforipitoisuus jakautuu järvaltaassa siten, että pintaveden pitoisuustaso on pääsääntöisesti alempi kuin pohjalla, koska sedimentoituva aines kuljettaa fosforia alusveteen. Jos syvänteissä on hapetonta vettä, voi se aiheuttaa fosforipitoisuuksien voimakkaan kohoamisen, koska sedimentin fosfaattihiukkasista alkaa pelkistyä veteen liukenevaa fosfaattia. Pohjan happikato voi siis aiheuttaa sen, että järvi alkaa itse lannoittaa itseään sedimentissä olevista varastoista. (Oravainen 1999, 17; Leinonen, Tyrväinen & Veistola 2007, 97.) Alla olevasta taulukosta (taulukko 1.) kertoo miten järven veden fosforipitoisuuden avulla voidaan luokitella järven rehevyyssyyppi. Puujärven päällysveden vesinäytteiden fosforipitoisuus on keskimäärin 11  $\mu\text{gP/l}$ , joten Oravaisen taulukon perusteella Puujärvi on lievästi rehevä järvi. Todennukaisemman tuloksen saataisiin silloin, jos avovesikaudelta olisi saatavilla useampi vesinäyte kuin yksi. Puujärven syvänteistä otetuista vesinäytteistä on nähtävissä, miten vähähappinen vesi nostaa kokonaisfosfo-

ripitoisuutta. Puujärven syvänteiden syvyys todennäköisesti estää tai ainakin hidastaa vapaan fosforin kulkeutumisen pinnalle eliöiden käyttöön.

Taulukko 1. Rehevyysluokitus kokonaisfosforipitoisuuden perusteella (avovesikauden keskipitoisuus päällysvedessä  $\mu\text{gP/l}$ ) (Oravainen 1999, s. 17)

Järven tyyppi	Rehevyysluokitus ( $\mu\text{gP/l}$ )
Karu	<10
Lievästi rehevä	10 – 20
Rehevä	20 – 50
Erittäin rehevä	50 – 100
Ylirehevä	>100

Fosforin kiertonopeus vedessä voi olla vain muutamia minutteja. Jotkut kasviplanktonilajit voivat muuttaa fosfaattifosforin orgaaniseen muotoon alle yhdessä minuutissa. Erään tutkimuksen mukaan planktonissa olevasta fosforista neljä prosenttia sedimentoitui päivässä ja sedimentistä fosfori palasi veteen 15 päivässä. Tästä johtuen vedestä mitattu pitoisuus ei kerro koko totuutta. Esimerkiksi alustaan kiinnittyvät levät voivat lisääntyä, joka aiheuttavat limoittumista, vaikka veden fosforipitoisuus ei olisi juurikaan kasvanut. (Särkkä 1996, 63–65.)

### 3.3 Typpi

Eliöt tarvitsevat typpeä proteiinien ja nukleiinihappojen valmistamiseen. Ilmasta 78 prosenttia on typpeä, mutta kasvit voivat hyödyntää typpeä vain liuenneina nitraatti tai ammoniumioneina, joita on maassa ja vedessä. Sinilevät eli syanobakteerit kykenevät käyttämään liuennutta kaasumaista typpeä. Vesiympäristössä typpeä on eniten kaasumaisessa olomuodossa, mutta sitä esiintyy myös liuenneena pieniä määriä ammoniuminä, nitraattina, nitriittinä, ureana ja orgaanisina yhdisteinä. Vesistöihin typpi virtaa jätevesien, valumavesien ja sadevesien mukana. Ilmaan tyyppiä muodostuu salamoinnista, tulivuorten kaasusta, maassa elollisen aineksen hajoamisesta sekä teollisuuden ja liikenteen päästöistä. Maaperän tyyppiä suuriosa on peräisin typpeä ilmasta sitovista maaperäbakteereista. Sadeveden mukana laskeutuu huomattava määrä typpeä, lumessa typen yhdisteitä on enemmän kuin sadevedessä. Järven pitoisuudet ovat yhteydessä valuma-alueen maankäyttöön, joten sen peltovaltaisuus lisää merkittävästi vesistön tyyppikuormitusta. Jos vesistössä on fosforia tuottajille tarpeeksi, niin silloin typpi voi olla kasvua rajoittava minimitekijä. (Särkkä 1996, 66–67; Leinonen, Tyrväinen & Veistola 2007, 95–96.)

Kokonaistyyppi kertoo veden kokonaistyyppipitoisuuden eli montako mikrogrammaa typpeä on yhdessä litrassa järvivettä. Kokonaistyyppien sisältö typpiä kaikki typen esiintymismuodot. Järvialtaassa tyyppipitoisuudet yleensä

kasvat syvemmälle siirtyessä, koska alusveteen vapautuu typpiyhdisteitä mineralisaation seurauksena. Kesällä tapahtuva tuotanto kuluttaa järven typpivarastoja, kun taas talvella kulutus on vähäistä. Luontaisesti järven typpipitoisuudet vaihtelevat siten, että pitoisuusarvot ovat alimmillaan loppukesästä ja korkeimmillaan talvella. Hapettomissa syvänteissä sedimentistä voi vapautua ammoniumia ja tämä näkyy kokonaistyppipitoisuuden nousuna syvänteiden arvoissa. Sedimentissä ja alusvedessä voi alhaisissa happipitoisuuksissa tapahtua denitrifikaatio, jossa nitraattia pelkistyy bakteerien toiminnan kautta typpikaasuja asti. (Oravainen 1999, 20; Särkkä 1996, 67.)

### 3.4 A-klorofylli

Klorofylli on kasvien lehtivihreässä sijaitseva pigmentti, joka osallistuu yhteyttämiseen. A-klorofylli on ainoa klorofyllityyppi, joka esiintyy kaikilla yhteyttävillä levillä. Veden laadun mittauksissa A-klorofylli ilmaisee vedessä esiintyvien lehtivihreällisten kasviplanktonien määrää, mittayksikkönä käytetään mikrogrammaa per litra. Kasviplanktonien määrä järivedessä riippuu vallitsevista valo-olosuhteista, ravinteiden määrästä ja veden lämpötilasta. A-klorofylli tulisi mitata vähintään kolme kertaa kesän aikana, koska säätekijät vaikuttavat leväbiomassaan, mutta jos on mahdollista tehdä mittaus vain kerran, niin silloin ajankohta tulisi sijoittaa loppukesään. Kesän a-klorofyllipitoisuutta voidaan käyttää vesistön rehevöitymisen mittarina. Puujärven järviyyypille luonnontilaa vastaava arvo on 3 µg/l. Taulukosta 2 voidaan huomata, jos arvo ylittää 14 µg/l, niin silloin tilanne järvellä on välttävä. (Itämeri-sanakirja n.d. Sanasto n.d. Vedenlaatuopas n.d.; Vesistötermistöä n.d.; Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 65.)

Taulukko 2. Järven rehevyystaso määriteltynä A-klorofyllin määrän mukaan. (Oravainen 1999, 23.)

Rehevyystaso	A-klorofylli µg/l
Karut vedet	alle 4
Lievästi rehevät	4–10
Rehevät	10–20
Erittäin rehevät	20–50
Ylirehevät	yli 50

### 3.5 Väriluku

Väriluku kuvaa veden ruskeutta eli veden humusleimaa. Mitä enemmän järven valuma-alueella on suota, sitä ruskeampaa vesi on. Soiden ojitus saattaa nostaa järven veden värilukua. Järven väriluku vaihtelee valuma-olojen mukaan, runsassateisina aikoina väriluku voi nousta ja kuivina kausina laskea. Vesistöt voidaan luokitella väriarvojen mukaan värittömiksi, humuspitoisiksi tai suovesiksi. Väriarvon tunnusluku on pitoisuus mgPt/l,

kirjaimet Pt viittaavat keinotekoiseen platina-asteikkoon. Väriä mitattaessa vettä verrataan platina-asteikkoon värikiekon avulla. (Vedenlaatuopas n.d., Oravainen 1999, 14.) Puujärven veden väriluku vaihtelee yhdeksäntoista ja kolmenkymmenen välillä. Puujärvi on luokiteltu vähähumuksi-seksi järveksi, tämän voi todeta myös taulukosta 3. (Ahervo, 2013.)

Taulukko 3. Vesistön luokituksen raja-arvot väriluvun mukaan (Vedenlaatuopas n.d.)

Vesistön luokitus	Väriluku
Väritön vesi	5 – 15 mg Pt/l
Humuspitoinen vesi	50 – 100 mg Pt/l
Suovesi	100 – 200 mg Pt/l

### 3.6 Happamuus eli pH

Veden normaali pH on lähellä neutraalia eli seitsemää. Suomalaisten järvien pH on normaalisti 6,5–7,5. Järven happamuuteen vaikuttavat muun muassa valuma-alueella sijaitsevat suot, ilmakehän hapan laskeuma ja teollisuuden happamat jätevedet. Vesien luontainen happamuus perustuu hiilihappotasapainoon, johon eliöt vaikuttavat toiminnallaan. Vesistön emäksisyys eli alkaliniteetti tarkoittaa sen kykyä vastustaa happamoitumista. Puskurisysteemin kannalta ovat tärkeitä vedessä olevat hiilihapon eri olomuodot ja suolat, kalsium sekä magnesium. Suomen vesistöjen puskurikyky on heikko eli järvet happamoituvat helposti. Jos veden pH laskee alle kuuden, niin silloin voidaan puhua happamoitumisesta. Kohonnut pH voi taas kertoa kasvaneesta tuotannosta järvessä. Kesällä rehevissä vesissä kaikki yhteyttämiseen kykenevät eliöt tuottavat runsaasti happea, jolloin päällysvesi voi olla hapen suhteen ylikyllästynyttä. Tämä voimakas fotosynteesi kuluttaa vedestä sen sisältämän epäorgaanisen hiilen hyvin vähiin, jolloin veden pH voi nousta jopa tasolle 9 – 10. (Eloranta 2005,26; Vedenlaatupalvelu n.d.; Lyytimäki & Hakala 2008, 71; Särkkä 1996, 59; Oravainen 1999, 12.) Jos järiveden pH nousee yli 9 alkaa fosforia vapautua sedimentistä, jolloin järven sisäinen kuormitus käynnistyy. (Niinimäki & Penttinen 2014, 16.)

### 3.7 Hygieninan indikaattoribakteerit

Veden hygieenisen laadun ja ulosteperäisen kuormituksen voi selvittää fekaalisten kolibakteerien, *Escherichia coli* (E. coli) –bakteerien avulla, näitä bakteereja esiintyy runsaasti tasalämpöisten ja ihmisten ulosteissa. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy n.d.) *Escherichia coli*–bakteerit eli lyhennettynä E.coli-bakteerit kuuluvat laajaan suolistoperäisten bakteerien joukkoon. Osa E.coli-bakteereista voi aiheuttaa ihmisille oireita. Näiden bakteerien esiintyminen vedessä osoittaa ulosteperäistä saastumista. (Epira 2016)

Enterokokki-bakteerien sukuun kuuluu myös muita bakteerilajeja kuin ihmisen tai eläimen suolistossa eläviä. Määrittelemällä suolistoperäiset enterokokit pyritään toteamaan ne lajit, jotka pääosin esiintyvät suolistossa (Watman n.d.) Suolistoperäisiä enterokokkeja kutsuttiin ennen fekaalisiksi streptokokeiksi, ne ilmentevät E. coli-bakteerien tapaan ulosteperäistä saastumista. Näitä bakteereja ei saa löytyä lainkaan talousvedestä otetuista vesinäytteistä. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy n.d.) Uimaveden raja-arvot näille bakteereille ovat Suolistoperäisille enterokokeille alle 400 pmy/100 ml ja E.coli-bakteereille alle 1000 pmy/100ml (Ahervo, 2013.)

Koliformiset bakteerit voivat olla myös peräisin jätevedestä tai maaperästä sekä kasveista. Nämä bakteerit eivät aiheuta välitöntä vaaraa veden käyttäjän terveydelle. Kaivoveteen nämä bakteerit pääsevät yleensä pintavesistä. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy n.d.)

#### 4 HOITO- JA KUNNOSTUSTOIMENPITEET

Järvi on luontaisesti jatkuvassa muutostilassa. Yleensä tämä muutos on kohti rehevämpää, jota ihminen toiminnallaan nopeuttaa. Järven kunnostuksella tarkoitetaan suoraan järven kohdistuvia toimenpiteitä. Sen tavoitteena on yleensä järven veden laadun parantaminen tai vesisyvyyden lisääminen virkistysarvon nostamiseksi. Kunnostustoimenpiteet vaikuttavat yleensä järven koko eliöyhteisöön. Järven kunnostus on siis yksi vesiensuojelun keinosta. Järven kunnostus kuitenkin sulkee ulkopuolelle järven valuma-alueella tehtävät vesiensuojelutoimenpiteet. Nykyinen kunnostusajattelu kuitenkin tähtää koko valuma-alueen huomioon ottamiseen, joten ulkoinen kuormitus on erittäin tärkeä ottaa huomioon järven hoitoa ja kunnostusta suunniteltaessa. Järven hoidolla tarkoitetaan kunnostusta pienempiä toimenpiteitä, kuten kalastuksen ohjausta tai pienimuotoista rantakasvillisuuden niittoa. (Lehtoranta 2005, 9. Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 12.)

Ensimmäisiä kunnostamiseksi katsottavia toimenpiteitä tehtiin jo 1950-luvulla, mutta järjestelmällisen järvien kunnostuksen voidaan katsoa alkaneen Suomessa 1960-luvulla. Järvien ilmastaminen ja veden pinnan nosto olivat tuolloin suosittuja menetelmiä. (Lehtoranta 2005, 9–10.) Yleinen kiinnostus järviä kohtaan on lisääntynyt ja vuonna 2005 Suomessa toimi arvioilta parisen sataa hoitoyhdistystä. Tällä hetkellä Suomessa kunnostetaan vuosittain parikymmentä järveä tai järven lahtea. Kunnostukset ovat keskittyneet reheviin järviin, jolloin tavoitteena on yleensä virkistysarvon ja vedenlaadun parantaminen. Vuoteen 2002 mennessä kunnostuksia oli tehty noin 800 järvellä. Rahoitusta kunnostustoimenpiteisiin tulee valtiolta, kunnilta, paikallisilta asukkailta, yhdistyksiltä ja yrityksiltä. Järven kunnan parantuminen usein tuo myös hyötyä rantakiin-



teistöjen asukkaille. Useiden tutkimusten mukaan hyvä veden laatu tai laadun parantuminen vaikuttaa suoraan järven rantakiinteistöjen arvoon. Lähijärven virkistyskäyttömahdollisuudet voivat kasvattaa myös kaupungin tai asuinalueen vetovoimaisuutta. Esimerkiksi Lahden Vesijärvellä vuosina 1987–1994 tehtyjen kunnostusten kustannukset olivat 2 miljoonaa euroa, veden laadun parantumisen myötä rantakiinteistöjen arvo arvioitiin nousseen runsaat 6 miljoonaa euroa. (Lehtoranta 2005, 9; Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 12.)

#### 4.1 Järven tilan arviointi ja seuranta

Ennen hoito- ja kunnostustoimenpiteisiin ryhtymistä on suositeltavaa seurata järven tilaa ja teettää selvityksiä asiantuntijoilla. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 27–29.) Sarvilinna & Sammalkorpi (2010, 27–29.) esittävät, että ennen kunnostukseen ryhtymistä tulisi selvittää järven kuormitustiedot, teettää vesianalyysyjä, tehdä koekalastus, kartoittaa kasvillisuutta sekä linnustoa ja teettää sedimenttianalyysi. Ympäristöhallinnon OIVA - tietojärjestelmästä sekä Järviwiki - sivustolta löytyvät useiden suomalaisten vesistöjen vedenlaatutietoja.

Järveen kohdistuvan kuormituksen selvittäminen vaatii asiantuntijatyötä ja erilaisten kuormituksen määrää laskevien mallien hallintaa. Kuormitus selvityksiä tekevät esimerkiksi yksityiset konsultit ja korkeakoulut, apua kannattaa pyytää myös ELY-keskukselta. Kuormitus selvityksessä arvioidaan järveen tuleva piste- ja hajakuormitus, sekä luonnonhuuhtouman ja ilman kautta tuleva kuormitus. On myös tärkeää selvittää miten valuma-alueella on huomioitu vesiensuojeluasiat maa- ja metsätalousalueilla. Ja miten haja-asutusalueiden talouksien ja loma-asuntojen jätevesiasiat on hoidettu. Selvityksen perusteella voidaan löytää kriittiset kuormittajat ja lähteä suunnittelemaan järveen kohdistuvan ulkoisen kuormituksen vähentämistä. Kuormituksen vähentämiseksi keskeisiä vesiensuojelutoimenpiteitä ovat muun muassa suojakaistojen perustaminen, vesiensuojelukosteikkojen perustaminen ja haja-asutusalueilta tulevan kuormituksen vähentäminen. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 27–29.)

#### 4.2 Hajakuormituslähteet

Suurin osa järveen tulevasta ravinne- sekä kiintoainekuormituksesta on peräisin ihmistoiminnasta. Tämän lisäksi järveen tulee aina luonnonhuuhtoumaa eli ravinne- ja kiintoainekuormaa, joka huuhtoutuu valuma-alueelta sade- sekä sulamisvesien mukana. Ensisijaisen tärkeää hajakuormituksen alentamisessa on estää kuormituksen syntyminen. Kuormituksen synnyttyä, tulisi kuormitus pidättää mahdollisimman lähelle syntypaikkaa, koska suuren vesimäärään laimentunutta kuormitusta on vaikea poistaa. (Mattila 2005, 137.)

#### 4.2.1 Luonnonhuuhtouma

Luonnonhuuhtouman aiheuttava kuormitus järveen vaihtelee suuresti valuma-alueen maaperän ja kaltevuuden mukaan. Fosforin luonnonhuuhtoumakuorma on 3–7 kg/km<sup>2</sup> ja typen 70–200 kg/km<sup>2</sup>. Suurin kuorma kohdistuu järviin, joiden valuma-alue on kalteva ja maaperä muodostuu ravinteikkaasta hiesusta. Pienimmillään se on vastaavasti silloin, kun valuma-alue on laakea ja maaperä on karkearakeista, jolloin suuri osa sadvedestä suodattuu pohjavedeksi. Järviin tulee ravinteita myös ilman kautta, tämä laskeuma sisältää fosforia 4–26 kg/km<sup>2</sup> ja typpeä 188–1042 kg/km<sup>2</sup>. Ilmalaskeumat ovat yleensä suurempia kaupunkien ja teollisuuslaitosten lähistöllä sekä Etelä-Suomen arvot ovat korkeampia kuin Pohjois-Suomen. (Mattila 2005, 140.)

#### 4.2.2 Peltoviljely

Peltoviljelyn aiheuttama kuormitus koostuu eri tekijöistä. Helpoiten havaittava on eroosion aiheuttama kiintoainekuormitus, ja sen mukana kulkeutuva ravinnekuorma. Keväällä lumen sulamisvedet ja kesän rankkasateet voivat noroutua pelloille, ja kuljettaa maa-ainesta vesistöihin. Hieno maa-aines kulkeutuu myös salaojia pitkin, joten eroosiota tapahtuu kaltevien peltojen lisäksi myös tasaisilla pelloilla. Voimakkainta eroosio on pelloilla, jotka ovat kaltevia, maalajiltaan silttipitoisia sekä ilman kasvipeitettä. Vesistöön kohdistuva kuormitus koostuu lähes kokonaan pelloilla käytettävistä lannoitteista. Osa keinolannoitteesta ja karjanlannasta huuhtoutuu pellolta valumavesien mukana vesistöihin. Viljelyiltä pelloilta vesistöön kohdistuva fosforikuormitus on 54–250 kg/km<sup>2</sup> ja typpikuormitus 800–2 200 kg/km<sup>2</sup>. (Mattila 2005, 140–141.)

Maatalouden vesiensuojeluun on aloitettu kiinnittämään huomiota vasta 1980-luvulla, joten tehokkaiden vesiensuojeluratkaisujen kehittäminen on vielä kesken. Maatalouden ympäristötietoisuus ja -tuki ovat muuttaneet viljelykäytäntöjä ympäristöystävällisempään suuntaan, mutta tutkimusten mukaan vesistökuormitus ei ole vielä pienentynyt havaittavasti. Syynä tähän on se, että peltojen pintakerroksissa olevat ravinnevarastot muuttuvat hitaasti. Peltovaltaisilla valuma-alueilla vesistönsuojelun kannalta ratkaisevimmat kunnostustoimet tehdään peltoviljelytekniikoita kehittämällä. Vesistön kannalta suotuisia viljelytekniikoita on esimerkiksi keinolannoitteen ja karjalannan annostelu suoraan maan pintakerroksen alle tai suorakylvö, jolloin kasvusto kylvetään suoraan sänkipeltoon ilman erillistä maan muokkausta. Maataloustuotannon tehostuminen on vesistön etu kun sillä tarkoitetaan tuotantopanosten, kuten lannoitteiden tehokasta siirtymistä lopputuotteisiin. (Mattila 2005, 143.)

Pellon ja laskuojien tai vesistöjen väliin jätettävät pientareet, suojakaistat sekä suojavyöhykkeet ehkäisevät ravinteiden kulkeutumista pellolta vesistöön. Nämä kuuluvat maatalouden ympäristötuen piiriin. (Penttinen & Niinimäki 2010, 253.) Suojavyöhyke on noin 15 metriä leveä yhtenäinen

alue vesistön ja viljellyn pellon välissä, jota peittää monivuotinen kasvusto. Se vähentää tehokkaasti ravinteiden ja maa-aineksen kulkeutumista pellolta vesistöön. Suojavyöhykkeiden on todettu vähentävän 30–40 prosenttia pellolta vesistöön kulkeutuvasta fosforikuormasta ja 60 prosenttia kiintoainekuormasta. Suojavyöhykettä tulee hoitaa joko niittämällä ja keräämällä niitetty kasviaines pois tai laiduntamalla, jotta se toimisi tehokkaasti ravinteiden kerääjänä. (Mattila 2005, 144.) Vesistön ja valtaojien varsilla oleville pelloille tulisi jättää vähintään kuudenkymmen senttimetrin levyinen piennar, jolle ei levitetä lannoitteita tai kasvinsuojeluaineita. (Penttinen & Niinimäki 2010, 253.) Valtaojia suurempien vesiuomien varsille tulisi jättää vähintään kolme metriä leveä monivuotisen kasvillisuuden peittämä suojakaista, jos peltolohkolle saadaan ympäristökorvausta. (Pethman & Setälä 2015.)

Ympäristökorvauksen ympäristösitoumukset ovat tuorein työkalu maatalouden ympäristökuormituksen vähentämiseen. Tuorein ympäristökorvaus on voimassa vuosina 2014–2020 ja maatalouden harjoittajan on sitouduttava siihen vähintään viideksi vuodeksi. Vähimmäispeltopinta-ala on viisi hehtaaria ja puutarhakasveja kasvattavalla tilalla se on yksi hehtaari. Puujärven vedenlaadun säilyttämiseksi olisi erittäin tärkeää, että valuma-alueen maanviljelijät sitoutuisivat ympäristökorvauksen toimenpiteisiin. Näitä peltolohkoilla toteutettavia toimia ovat lietelannan sijoittaminen peltoon, ravinteiden sekä orgaanisten aineiden kierrättäminen, valumavesien hallinta, ympäristöhoitonurmet, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja peltoluonnon monimuotoisuus. (Ympäristökorvaus n.d.)

#### 4.2.3 Karjatalous

Karjatalouden vesistöihin kohdistuva kuormitus koostuu lannan ja virtsan varastoinnista, käsittelystä sekä hyödyntämisestä ja maitohuoneen jätevesistä. Vesienhoitosuunnitelmissa kuormitus on arvioitu nautayksikköä kohden, jolloin fosforikuormitus on 0,5–1 kg/a ja typpikuormitus 2,5–5 kg/a. Kuormituksen pienentämiskeinoja ovat tiiviit lantalat, 12 kuukauden varastointitilavuus sekä lannan levittäminen pelloille vain sulaan maahan, mieluiten kasvukauden alussa. Maitohuoneen jätevedet tulee johtaa lietesäiliöön tai jätevedet tulee puhdistaa. Tämän lisäksi on määritelty hehtaaria kohti levitettävän lannan enimmäismäärä. (Mattila 2005, 141.) Paikoin ongelmana on, että karjanlantaa syntyy enemmän kuin lähipellot voivat sitä ottaa vastaan. Lannan käyttö lannoitteena keinolannoitteiden sijaan on järkevää ravinteiden kierrätystä, mutta näitä ravinteita ei saa päästää valumaan vesistöön. (Penttinen & Niinimäki 2010, 257.)

#### 4.2.4 Metsätalous

Metsätaloudessa vesistöä kuormittavia toimenpiteitä ovat ojitus, lannoitus, avohakkuut sekä maanpinnankäsittely. Kuormituksen suuruus riippuu toimenpiteiden lisäksi maaperän laadusta. Turvemailla ojitus aiheuttaa suuremman ja pitkäaikaisemman kuormituksen kuin vettä läpäisevillä

moreenimailla. Yli puolet kuormituksesta syntyy keväällä sulamisvesien virratessa kohti vesistöjä. Erityisesti metsätalous kuormittaa latvavesistöjä, joiden valuma-alue koostuu pääasiassa metsästä. Viitenä ensimmäisenä vuonna fosforiarvot ovat 1–105 kg/km<sup>2</sup> ja typpi-arvot 40–770 kg/km<sup>2</sup>, kun metsän hoidollisista toimenpiteistä on kulunut 5–10 vuotta palautuvat kuormitusarvot lähelle luonnonhuuhtouman arvoja. Metsää lannoitettaessa voivat kuormitusarvot olla edellä mainittuja suurempia. (Mattila 2005, 141.) Metsätalouden aiheuttamaa kuormitusta voidaan rajoittaa tarkkaan lasketuilla lannoitus määrillä ja purojen sekä ojien varsille jätettävillä suojametsäkaistaleilla. Liiallista maaston muokkausta tulisi myös välttää. (Penttinen & Niinimäki 2010, 259.)

#### 4.2.5 Turvetuotanto

Turvetuotanto lisää vesistön kiintoaine-, humus- ja ravinnekuormitusta, sekä nostaa joidenkin metallien kuten raudan ja alumiinin pitoisuuksia vedessä. Suurimmalla osalla turvetuotantoalueista on päästöluvut, joissa määritellään vaadittavat toimenpiteet kuormituksen pienentämiseksi. Ympäristöhallinnon VEPS-arviointijärjestelmässä turvetuotannon vuotuinen fosforikuormitus on 0,27 kg/ha ja typpikuormitus on 10 kg/ha. Kuormitus on suurimmillaan silloin, kun suota valmistellaan tuotantokuntoon, tämä johtuu suon tehokkaasta ojituksesta ja sen vesivaraston nopeasta tyhjentymisestä. Tuotannon aikainen vesistöön kohdistuva kuormitus riippuu turpeen laadusta, valumavesien käsittelymenetelmistä ja sääoloista. (Mattila 2005, 141.)

#### 4.2.6 Haja-asutus

Suomessa asuu noin miljoona asukasta viemäriverkostojen ulkopuolella ja vesistöjen rannoilla on noin puoli miljoonaa loma-asuntoa. Näiden haja-asutusten jätevesikuormitus vaikuttaa paikoitellen merkittävästi vesistöjen tilaan, koska niiden fosforikuormitus on suurempi kuin viemäriverkostoon liittyneiden talouksien ja teollisuuden aiheuttama vastaava kuorma. Asutuksen jätevesien sisältämä fosfori on pääosin valmiiksi liukoisessa muodossa, jolloin se on heti vesistöön päästyään kasveille ja leville käytökelpoisessa muodossa, joka voi aiheuttaa vesistön nopeaa rehevöitymistä. Valtioneuvoston vuonna 2003 antaman haja-asutuksen jätevesien käsittelyä koskevan asetuksen mukaan yhden asukkaan käsittelemättömien jätevesien biologinen hapenkulutus on 50 g/d, fosforikuormitus 2,2 g/d ja typpikuormitus 14 g/d. Kolmiosainen saostussäiliö poistaa ravinnekuormasta enintään 10–20 prosenttia ja kiintoaineesta säiliö poistaa parhaimmillaan noin 70 prosenttia. Veden kulutustottumukset ja jätevesien käsittelymenetelmät poikkeavat suuresti eri talouksien välillä, näiden keskimääräisten lukujen perusteella voidaan arvioida haja-asutuksen nykyistä jätevesikuormaa. (Mattila 2005, 142.)

Ympäristölaissa säädetään haja-asutuksen talousvesien käsittelystä, sitä koskeva lakimuutos tuli voimaan 9.3.2011. Laissa on mainittu vähimmäis-

vaatimukset jätevesien puhdistustasolle. Ympäristöön aiheutuvan kuormituksen on vähennyttävä orgaanisen aineen osalta vähintään 80 prosenttia, kokonaisfosforin osalta vähintään 70 prosenttia ja kokonaistypen osalta vähintään 30 prosenttia. Prosentit lasketaan aikaisemmin mainituista henkilön keskimääräisistä kuormitusarvoista. (L209/2011, 3§.) Pilaantumiselle herkillä alueilla, joita koskevat ympäristösuojelulain 19 §:n nojalla on annettu ympäristömääräykset. Ympäristömääräysten ohjeellinen puhdistustaso on orgaanisen aineen osalta, että ympäristöön kohdistuva kuormitus vähenee vähintään 90 prosenttia, kokonaisfosforin osalta vähintään 85 prosenttia ja kokonaistypen osalta vähintään 40 prosenttia verrattuna käsittelemättömän jäteveden kuormitukseen. (L209/2011, 4§.)

Vesivessan korvaaminen kuivakäymälällä täyttää lähes kokonaan lain edellyttävät puhdistusprosentit ja näin ollen on merkittävä vesiensuojelutoimenpide. Harmaille jätevesille on kuitenkin tällöinkin rakennettava käsittelyjärjestelmä kuormituksen vähentämiseksi. (Mattila 2005, 142.) Myös kaavoituksen avulla voidaan vähentää haja-asutuksen aiheuttamaa kuormaa. Rantakaavoituksella voidaan esimerkiksi rajoittaa liian tiheää rakentamista ja edellyttää tarpeeksi tiukkoja jätevesien käsittelyjä. (Penttinen & Niinimäki 2010, 257.)

### 4.3 Järven kunnostus ja hoito

Vesistössä tapahtuvalla kunnostuksella pyritään estämään ravinteiden vapautuminen sedimentistä eliöiden käyttöön. Nämä rehevöitymishaittojen torjuntaan kohdistetut toimet, voivat olla myös samalla kalakantojen hoitoa. Kunnostustoimenpiteet valitaan vesistön ongelman sekä tavoitteiden mukaan. (Penttinen & Niinimäki 2010, 260.)

#### 4.3.1 Valuma-alueen kokonaiskuormituksen laskeminen

Tarkasteltaessa ihmistoiminnan vaikutusta valuma-alueen vesistöihin sekä suunniteltaessa toimenpiteitä vesistöön kohdistuvan kuormituksen vähentämiseksi, on keskeistä tietää kuormituksen määrä ja kuormituslähteiden keskinäiset suhteet. KUSTAA-työkalu on laskentaohjelma, jonka avulla voidaan laskea valuma-alueen tai vesistöalueen potentiaalinen kokonaiskuormitus sekä sen jakautuminen eri kuormituslähteisiin vähintään vuoden ajalta. Se on Metsäntutkimuslaitoksen, Suomen ympäristökeskuksen ja Helsingin Yliopiston maataloustieteiden laitoksen yhteistyönä kehittämä. Se on tarkoitettu kaikkien toimijoiden vapaasti käytettäväksi ja työkalu on integroitu taulukkolaskentaohjelmaan, joten sen käyttäminen on tehty mahdollisimman helpoksi. KUSTAA-työkalu tarjoaa mahdollisuuden kokonaistypen, kokonaisfosforin ja kiintoaineen potentiaalisen vesistökuormituksen arviointiin valuma-alueella. Lähtötiedoiksi tarvitaan valuma-alueen ja vesistöjen pinta-alan sekä vuositasolla metsä- ja maataloustoimenpiteiden pinta-alat ja pistekuormituslähteiden yksikkömäärät, kuten pinta-alan, henkilömäärän ja eläinmäärän. Laskentaohjelman tulos-

ten avulla voidaan arvioida esimerkiksi maankäytössä tapahtuvien muutosten mahdollisia vaikutuksia valuma-alueen kokonaiskuormitukseen. (Launinainen ym. 2014, 6–7.)

#### 4.3.2 Suodatinajat

Ojavedestä saadaan suodatettua fosforia pois suodatinojaputken avulla. Kaltevilla pelloilla sadevedet noroutuvat herkästi, jolloin maa-ainesta kulkeutuu pellolta vesistöön. Tällaisiin kohteisiin voidaan rakentaa suodatinojaa pellon ja suojakaistan tai-vyöhykkeen rajalle. Oja tulee mitoittaa niin, että rankkasateidenkin aikana se kykenee suodattamaan tulevat valumavedet. Pyhjärven suojeluprojektissa pelto-ojan pohjalle asetetaan noin sadan metrin matkalle salaojaputkea, joka on ympäröity salaojahiekalla, päällimmäiseksi ojaan on kasattu kalkilla tai muulla fosforia sitovalla kemikaalilla rikastettua suodatinhiekkää. Näin suodattimen paksuudeksi saadaan noin kaksikymmentä senttimetriä. On tärkeää, että oja suunnitellaan sillä tavoin, että tyhjennys ei tapahdu pellon alimmasta kohdasta. Koska kun tyhjennyksen aikana joudutaan rikkomaan suoja-kaistaa, niin pintavalunnan riski kasvaa. (Mattila 2005, 148.)

#### 4.3.3 Kosteikot ja laskeutusaltaat

Kosteikolla tarkoitetaan vesiperäistä aluetta, ajoittain kuivana olevasta kausikosteikosta laajoihin reheviin meren lahtiin. Kosteikon luonnollinen kehitys kulkee kohti umpeen kasvua, kun sinne virtaa veden mukana hienojakoista maa-ainesta. Kosteikkoja on aikojen saatossa otettu viljelykäyttöön. Kosteikot ovat tärkeitä lintujen levähdys- ja ruokailupaikkoja, vesilintujen poikastuotantoalueita. Useat uhanalaiset eläimet ja kasvit ovat riippuvaisia tästä ainutlaatuisesta eliöympäristöstä. Luonnon monimuotoisuuden ylläpitämisen lisäksi, kosteikoilla on vesiensuojelullista merkitystä. Ne sitovat valuma-alueelta tulevia ravinteita ja kiintoainetta. Kosteikon on oltava riittävän suuri, jotta se pysäyttää ravinteet mahdollisimman tehokkaasti. Oikein mitoitettuna se vähentää fosforikuormaa 60–70 prosenttia ja typpikuormaa yli 30 prosenttia. (Aitto-oja ym. 7–8.) Kosteikot, jotka ovat pinta-alaltaan yli kaksi prosenttia valuma-alueesta, poistavat tehokkaasti liuenneita ravinteita, kun niiden kasvillisuus ja kasvien pinnalla oleva biomassa käyttää ravinteita ravinnokseen. Rehevässä kosteikossa tyyppiä poistuu myös denitrifikaatioprosessin tuloksena. (Mattila 2005, 146.)

Laskeutusaltaan toiminta perustuu siihen, että veden virtaama hidastuu niin paljon, että vedessä olevat kiintoainepartikkelit laskeutuvat altaan pohjalle ja sedimentoituvat. Mitä kauemmin vesi viiptyy altaassa, sitä pienemmät partikkelit ehtivät vajota pohjalle ja sitä tehokkaammin allas toimii. Tutkimuksen mukaan maatalousalueilla laskeutusaltaan tulisi olla pinta-alaltaan vähintään yksi prosentti valuma-alueesta (Mattila 2005, 146). Kiintoaineen mukana poistuu myös jonkun verran fosforia. Laskeutusaltaisiin kertynyt kiintoaines tulisi poistaa vuoden välein. Hoidon hel-

pottamiseksi useampi pieni laskeutusallas valuma-alueen yläosassa on parempi vaihtoehto kuin yksi suuri allas valuma-alueen alaosassa. (Kosteikko.fi, n.d.a.)

Sopiva paikka kosteikolle näyttää maastossa yleensä rehevältä ja laaja-alaiselta. Myös sellaiset alueet, joiden kuivatus ei ole kunnolla onnistunut sopii hyvin kosteikon paikaksi, tällöin saattaa riittää, että puretaan alueen kuivattamista varten tehdyt rakenteet. (Aitto-oja ym., 9.) Suotuisinta on, että laskeutusallas tai kosteikko perustetaan ojan tai puron notkelmaan, jolloin haluttu rakenne voidaan saavuttaa patoamalla. Kaivamalla tehty allas kuormittaa vesistöä välittömästi rakentamista seuraavina kuukausina, joskus jopa vuosia, kun altaan reunoilla tapahtuu eroosiota ja sortumia. (Mattila 2005, 146–147.)

#### 4.3.4 Ruoppaus

Ruoppauksella tarkoitetaan vesistön pohjalle kertyneen pohjasedimentin tai muun maa-aineksen poistamista (Ulvila & Laakso 2005, 213.). Usein vesialueen ruoppauksen syynä on alueen syventäminen. Ruoppauksia voidaan tehdä myös sisäisen kuormituksen vähentämiseksi, tällöin pyritään poistamaan ravinnepitoinen sedimentti, torjua vesikasvien leviämistä tai poistamaan myrkyllinen aine. Maailmalla on tehty joitakin onnistuneita ruoppauksia, joiden tarkoitus on ollut poistaa ravinteikas pintasedimentti. Huomattavia tuloksia on saavutettu silloin kun vesistö on jo todella huonokuntoinen. Suomessa ruoppaus harvoin vähentäisi huomattavasti pohjasedimentin ravinnepitoisuuksia. Vesikasvien torjunta on onnistunut harvoin ja myrkyllisen sedimentin poistaminen on kallista sekä edellyttäisi erikoistekniikoita. (Penttinen & Niinimäki 2010, 260–261.) Kunnostushankkeiden yhteydessä tehdään usein pienruoppauksia, joiden tavoite on yleensä rantojen kunnostus. Ruoppauksia tehdessä ongelmana on usein läjitysalueiden puute. Kuljetus- ja käsittelykustannukset läjitysmassoille voivat olla suuret, jos lähietäältä ei löydy sopivaa läjitysalueita. Läjittämisessä on otettava huomioon, että ruopatut massat ja niiden kuivatusvedet eivät saa päätyä sellaisenaan takaisin vesistöön. (Viinikkala ym. 2005, 213.)

#### 4.3.5 Hapetus

Lappalaisen ja Lakson (2005) mukaan Suomen järvissä jopa neljänneksessä on talvisin huono happitilanne pohjan lähellä. Hapetuksen tavoitteena on estää hapenpuutteesta johtuvia kalakuolemia, tai pitää sedimentin yläpuolinen vesikerros hapekkaana ja siten estää ravinteiden siirtyminen pohjasedimentistä vesimassaan. Järven happitilanteen parantamiseen on olemassa useita eri tekniikoita. Hapetuksessa siirretään hapekasta pintavettä alusveteen. Ilmastuksessa veteen syötetään ilmaa, jolla vesi saadaan hapetettua, ja tämän jälkeen hapellinen vesi johdetaan alusveteen. (Penttinen & Niinimäki 2010, 267.) Lappalainen ja Lakso (2005) esittävät, että syvissä järvissä, joissa esiintyy lämpötilakerrostuneisuus niin kesällä

kuin talvellakin on suosittava sellaista hapetus tekniikkaa, joka mahdollistaa kerrostuneisuuden säilymisen ainakin kesällä. Heidän mielestään parhaita menetelmiä syville ja kohtuullisen hyväkuntoisille järville ovat kierätyshapetusmenetelmät, joissa happikaasua syötetään suoraan alusveeseen.

#### 4.3.6 Alusveden poistaminen

Alusveden poistamisella tarkoitetaan kunnostusmenetelmää, jossa poistovirtaamasta tai harvoissa tapauksissa poistovirtaama otetaan järven alusvedestä. Alusveden poistaminen aiheuttaa sen, että ravinteiden poistuma kasvaa verrattuna normaaliin pintapoistoon. Tämän lisäksi alusvesi korvaantuu hapekkaammalla päällysvedellä, jolloin pohjan happitilanne paranee ja ravinteiden sitoutuminen pohjasedimenttiin tehostuu. Alusvesi voidaan poistaa painovoimaisesti, lapon avulla tai pumppaamalla. Yleensä paine-ero joudutaan muodostamaan nostamalla vedenpintaa, mutta jos korkeus-erot ovat tarpeeksi suuret, voi riittää, että purkupää viedään tarpeeksi kauas luusuasta. Säännöstellyissä järvissä alusveden poisto on teknisesti helppoa, koska patorakenteet ovat jo olemassa. On otettava myös huomioon, että syvänteessä voi olla paksu ja pehmeä liejikerros, joten putken pää tulee olla rakenteeltaan sellainen, että se ei uppoa sedimenttiin. Suunniteltaessa tätä kunnostusmenetelmää on suositeltavaa myös selvittää hapetusmenetelmien soveltuvuus. (Ulvi 2005, 203–205.) Koska poistettava alusvesi johdetaan yleensä alapuoliseen vesistöön, aiheuttaa se pilaantumisaaran, ja siksi menetelmä edellyttää usein ympäristöluvan. (Penttinen & Niinimäki 2010, 270.)

#### 4.3.7 Hoitokalastus

Penttisen ja Niinimäen (2010) mukaan hoitokalastuksen tavoite on kontrolloida kasviplanktonin kasvua ja kehitystä. Tätä kunnostustoimenpidettä kutsutaan myös ravintoketjukkunnostukseksi ja biomanipulaatioksi. Kasviplanktoniin voidaan vaikuttaa särkikalakantoja pienentämällä. On kuitenkin muistettava, että yhteen lajiryhmään vaikuttaminen saattaa muuttaa koko kalayhteisön tasapainoa ja näin heijastua myös muihin lajeihin ja jopa koko ravintoketjuun. (Penttinen & Niinimäki 2014, 74.) Monet tutkijat ovatkin sitä mieltä, että ennen ja jälkeen hoitokalastukseen ryhtymistä tulisi suorittaa koekalastuksia. Koekalastus voi maksaa saman verran kuin hoitokalastus saalisselvityksineen. Hoitokalastuksen tulisi aina suorittaa siihen perehtynyt ammattilainen. Hoitokalastus voidaan suorittaa joko hoitokalastusnuotilla tai –rysillä. Näillä saadaan pyydettyä yleensä yli vuoden vanhat kalat, nuorempiin yksilöihin ei hoitokalastusta kannata kohdistaa. (Penttinen & Niinimäki 2010, 272–273.) Hoitokalastuksen onnistumisella on monia myönteisiä vaikutuksia, kuten se vähentää särkikalojen osuutta kalastossa, lisää kasviplanktoneita syövien eläinplanktonien tiheyttä, vähentää leväkukintoja, vähentää pohjaeläimiä syövien kalojen aiheuttamaa ravinteiden ja kiintoaineiden siirtymistä pohjasedi-



mentistä veteen sekä parantaa kalastuksen kannalta arvokkaiden kalalajien elinolosuhteita. (Niinimäki & Penttinen 2014, 76.)

#### 4.3.8 Kalatie

Useiden virtavesien kalojen, kuten lohen, taimenen, vaellussiian ja anke-riiaan menestymismahdollisuudet ovat heikentyneet tai kannat ovat jopa tuhoutuneet vaellusteillä olevien patojen takia. (Penttinen & Niinimäki 2010, 288.) Vesivoiman käytön yhteydessä on virtapaikkoihin tehty patoja, jotka estävät kalaston ja muun vesieliöstö kulkemisen. Monissa tapauksissa, kuten Puujärvelläkin vesivoiman käyttöön kuuluu kulttuurihistoriallisia ja maisemakuvallisia arvoja, jolloin rakenteet halutaan säilyttää. Tämän lisäksi Puujärvellä pato tuottaa sähköä kiinteistönomistajan tarpeisiin. Tällöin kyseeseen tulee patorakenteiden muuttaminen kaloille nousukelpoisiksi tai patoja kiertävien kalateiden rakentaminen. (Eloranta, Harjula, Jormola, Merisalmi & Nissinen 2003, 88.)

Kalatieksi kutsutaan yleisesti kaikkia rakenteita, joilla mahdollistetaan kalojen kulku nousuesteen ohi. Kalatiet voidaan jakaa rakenteellisiin ja luonnonmukaisiin kalateihin. Rakenteellisiä kalateitä ovat erilaiset kalaportaat, kalahissit sekä muut pääasiallisesti tiettyjen lajien nousuun tarkoitettut rakenteet. Luonnonmukainen kalatie taas mukailee rakenteeltaan vilkkaasti virtaavaa puroa tai koskea. Luonnonmukaisella ohitusuomalla tarkoitetaan kalatietä, joka on rakennettu patorakenteen läheisyyteen. Näitä pitkin on todettu kulkevan kalojen lisäksi myös rapuja ja lintupoikueita. Erikokoisesta kiviaineksesta koostuva pohjan rakenne mahdollistaa myös pohjaeläimistön vaeltamisen. (Eloranta, ym. 2003, 92.)

## 5 PUUJÄRVI

Puujärvi on maisemaltaan kaunis, kirkasvetinen, varsin karu järvi Lohjan kunnassa Karjalohjalla. Järvi kuuluu reunaharjun taakse syntyneisiin harjusulkujärviin (Kilpinen n.d., 7.) ja järvi rajautuu idässä toiseen Salpausselkään (Ympäristö.fi 2013.). Kokonaispinta-alaa järvellä on 644,8 hehtaaria ja sen tilavuus on 43 000 000 kuutiometriä (Valpola & Kauppila 2001, 14.) Puujärvi on keskisyvyydeltään runsaat 8 metriä ja sen syvin syväne on syvyydeltään 21,7 metriä. Rantaviivaa järvellä on 25,9 kilometriä. Puujärvellä on yhteensä 11 saarta, joista yhdeksän on alle hehtaarin suuruisia ja kaksi suurinta ovat yli hehtaarin pinta-alaltaan. Järvi saa pääosan vesistään lähteistä. (Vesientila n.d) Valuma-alue on vain 16 neliökilometriä ja tältä alueelta järveen laskee seitsemän ojaa. Myös viereisestä Tesvärijärvestä laskee vettä Puujärveen. (Kilpinen n.d., 7.)



Kuva 1. Puujärvi on 644,8 hehtaarin kokoinen kirkas vetinen järvi Lohjalla Uudenmaan maakunnassa. (Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry)

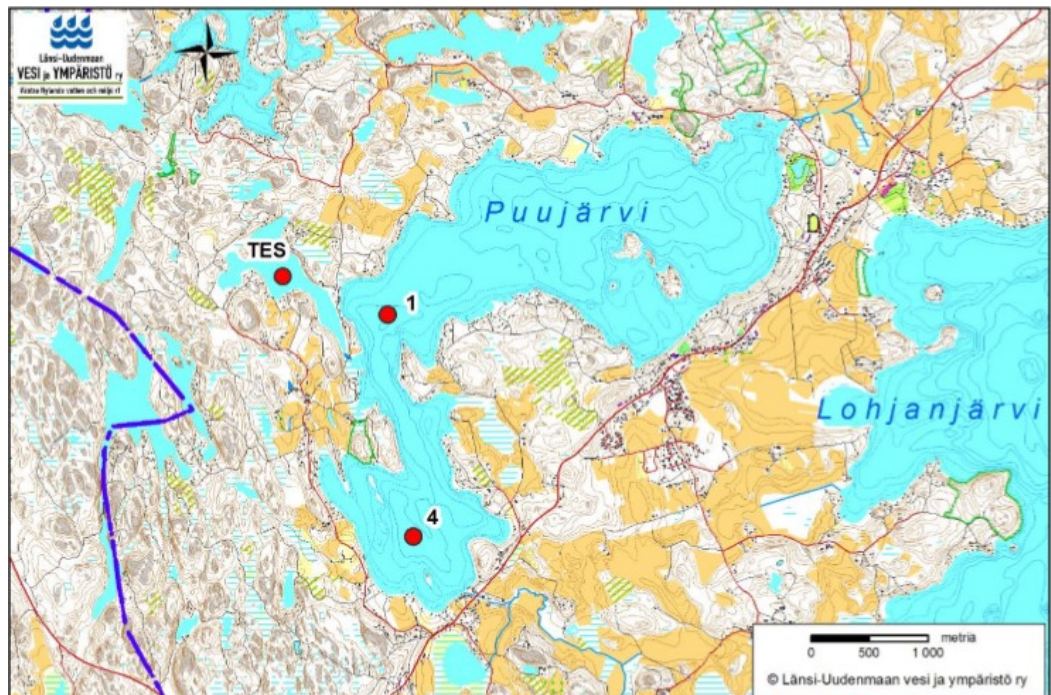
Suomessa Natura 2000-verkoston kuuluu viisi miljoonaa hehtaaria maa- ja vesialueita. Euroopan unioni pyrkii turvaamaan luonnon monimuotoisuuden ja yksi tärkeimmistä keinoista päästä tähän tavoitteeseen on Natura 2000-verkosto. Tämän verkoston tavoitteena on turvata luontodirektiivissä määriteltujen luontotyyppien ja lajien elinympäristöjä. (Ympäristöministeriö 2014). Puujärvi ympäröivine luontokohteineen kuuluu Natura 2000-verkoston. Järvi on suojeltu vesilain keinoin, jolloin turvataan laadun säilyminen, hydrologia ja järven kasvillisuus. Järven lisäksi Natura 2000-alueeseen kuuluvat osa järveen työntyvistä Vuoriniemestä, järven pohjoispuolella sijaitseva Heponiemen tammiston alue sekä järven luoteispuolella sijaitsevat Rautlammin ja Sikasuon alueet. Järven ympäristö on luonnoltaan monimuotoinen ja siellä kulkiessa voi löytää rehevän pähkinälehdon ja laajahkon yhtenäisen tammimetsän. (Ympäristö.fi, 2013.)

## 5.1 Vedenlaatu

Puujärvässä vesistön fysikaalis-kemiallista tilaa on seurattu muun muassa seuraavien kemiallisten analyysien avulla: liukoisen hapen määrä, hapen kyllästysaste, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi ja sähkönjohtavuus. Vesi-

näytteiden avulla voidaan arvioida vesistön tilaa. Pitkään jatkuneen seurannan avulla saadaan arvokasta tietoa Puujärven ja Tesvärin vedenlaadusta. Vesinäytteitä on otettu Puujärveltä ja Tesväristä jo 1960-luvulta lähtien. Säännöllisesti otettuja vesinäytteitä on tallennettu ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmään 1990-luvun alusta aina vuoteen 2015 asti. Puujärven suojeluyhdistys ry on tilannut vesinäytteitä vuosina 1992 – 2001 kaksi kertaa vuodessa ja sitä ennen sekä sen jälkeen kerran vuodessa. Vedenlaatua on tärkeää seurata säännöllisesti, jotta mahdollisiin muutoksiin veden tilassa voidaan reagoida.

Vedenlaadun tarkasteluun valittiin havaintopaikkoja Puujärveltä kolme ja Tesvärieltä yksi. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristön käyttämät havaintopaikat ovat merkitty kuvaan 2. Puujärven havaintopaikoilta Siltaniemi 1 ja Vähäsaari 4 otetut vesinäytteet on ottanut Länsi-Uudenmaan Vesi ja ympäristö ry toimeksiantona Puujärven vesien suojeluyhdistys ry:ltä. Ne sijaitsevat syvänteissä järven itäpuolella. Siltaniemi 1:n kokonaissyvyys on 16 metriä ja Vähäsaari 4:n 15 metriä. Suojeluyhdistys on tilannut vesinäytteen otot myös Tesvärin havaintopaikasta. Uudenmaan ELY-keskus on ottanut vesinäytteitä Puujärven kolmannesta syvänteestä keskimäärin kolme kertaa vuodessa vuodesta 1992 lähtien. Tämän havaintopaikan nimi on Pussisaari 2 ja sen syvyys on 21 metriä. (OIVA 2015.). Havaintopaikka sijaitsee Puujärven kahden isoimman saaren itäpuolella olevassa syvänteessä. Saatavilla olleesta tilastotiedosta valittiin tarkempaan tarkasteluun elokuussa otettujen vesinäytteiden fosfori-, happi- ja typpipitoisuus. Tuloksien avulla piirrettiin kuvaajat jokaisesta havaintopaikasta.



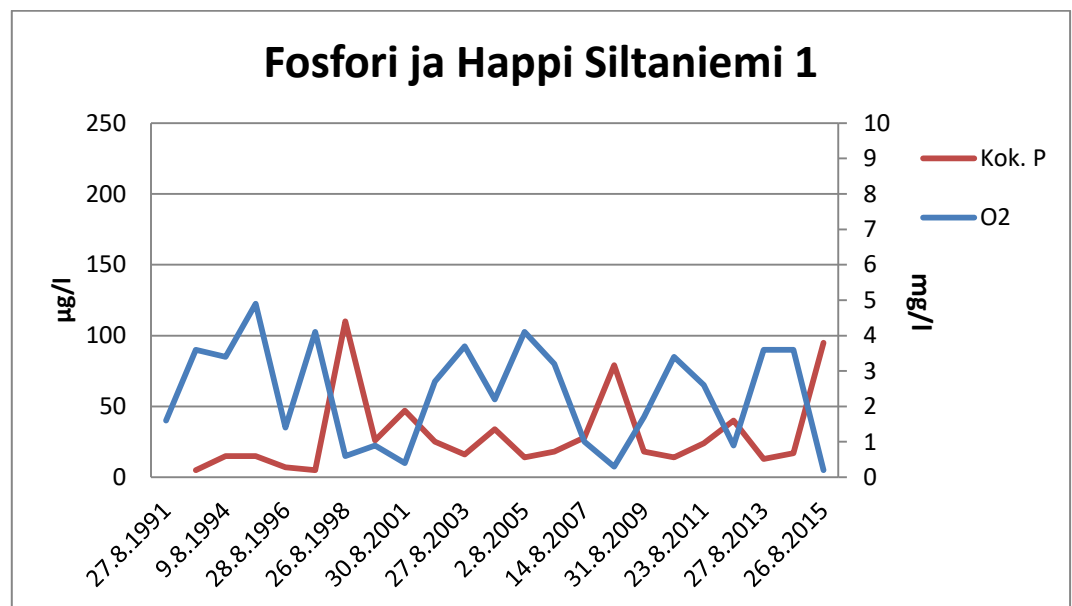
Kuva 2. Tesvärin sekä Siltaniemi1 ja Vähäsaari 4 havaintopaikat. (Länsi-Uudenmaan Vesi ja Ympäristö Ry)



### 5.1.1 Happi ja fosfori

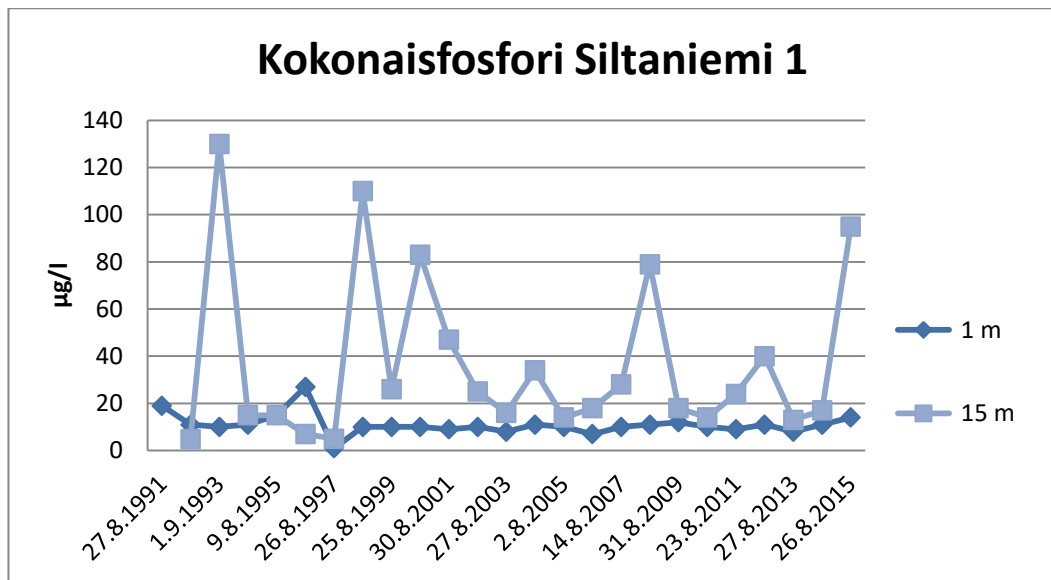
Suomen ympäristökeskuksen OIVA-palvelun vesinäytteiden pohjalta tehdystä kuvaajista ilmenee, että syvänteiden happitilanne on ollut huono jo useamman vuoden ajan. Kuten aikaisemmin jo mainittiin, tulisi hyväkuntoisessa järvestä alusveden happipitoisuuden kerrostuneisuusaikojenkin lopulla olla 4–8 mg/l. Pienialaisissa syvänteissä happitilanne voi ajoittain heiketä luontaisten tekijöiden vuoksi. (Oravainen 1999, 4.) Pohjan hapettomuus aiheuttaa fosforipitoisuuksien voimakkaan nousun, koska fosfori alkaa liueta sedimentistä takaisin veteen. Happikato voi siis aiheuttaa sen, että järven sisäinen kuormitus käynnistyy. (Penttinen & Niinimäki 2010, 224.) Happi- ja fosforipitoisuuksia tarkasteltiin alusvedessä elokuun näytteistä.

Kuten alla oleva taulukko osoittaa, että Siltaniemi 1 havaintopaikan syvänteen happi on yhdeksänä vuonna pudonnut jopa alle 1 mg/l ja vuonna 2015 otetussa näytteessä happea on vain 0,2 mg/l. Tilanne on siis huono tässä syvänteessä. Taulukosta käy myös ilmi miten matala aiheuttaa fosfori pitoisuuksien nousun.



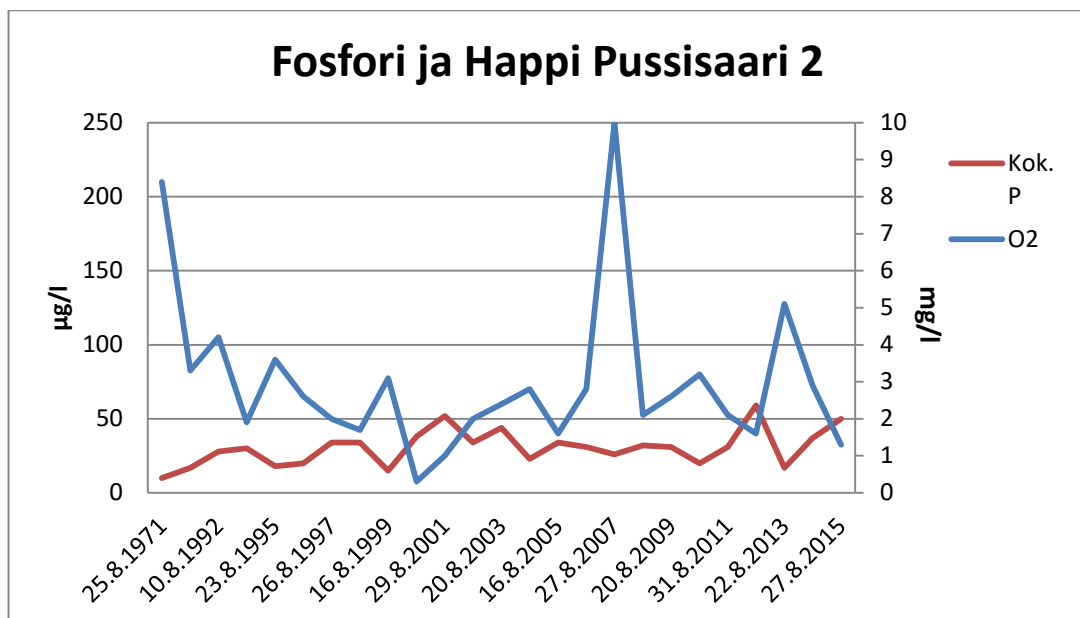
Kuva 3. Elokuun kokonaisfosfori (kok. P, µg/l) ja happipitoisuus (O<sub>2</sub>, mg/l) alusvedessä Siltaniemi 1 havaintopaikalla vuosina 1991–2015. Näytteenottosyvyys 15 metriä. (OIVA n.d.)

Kun verrataan kuvaa 4. ja kuvaa 2. huomataan, että vaikka alusveden vähähappisuus saa fosforia vapautumaan sedimentistä, niin päällysveden fosfori pitoisuus ei nouse rajusti. Tästä voimme päätellä, että suuri vesisyvyys estää fosforin kulkeutumisen suoraan päällysveteen asti.



Kuva 4. Siltaniemi 1 havaintopaikan kokonaisfosfori (kok. P,  $\mu\text{g/l}$ ) pintavedessä (1 m) ja alusvedessä (15 m) vuosina 1991 - 2015. (OIVA n.d.)

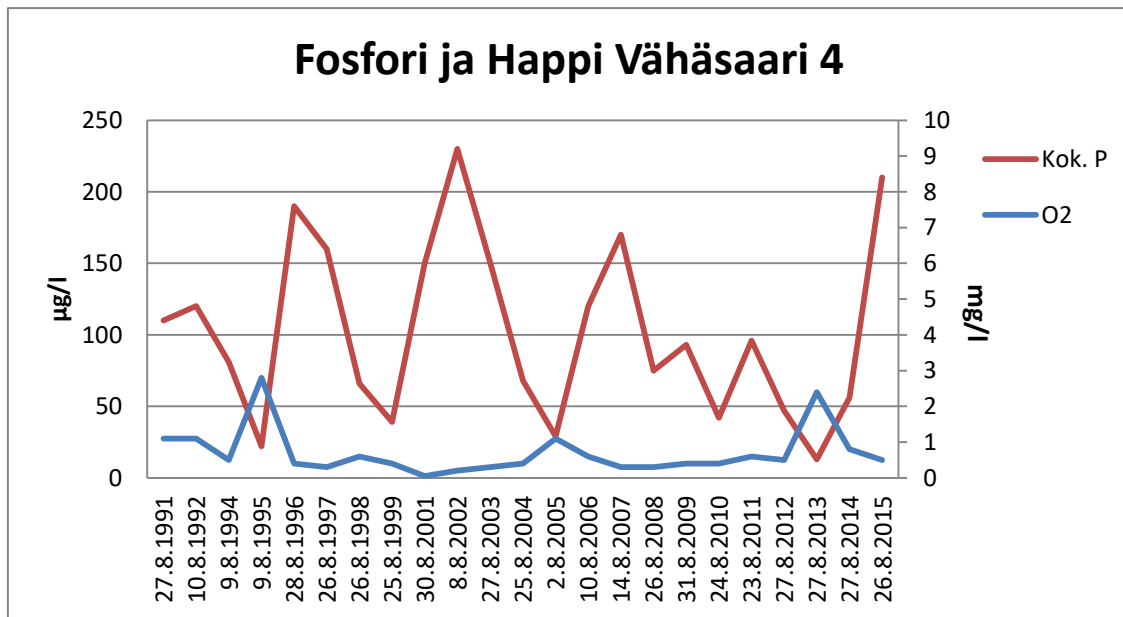
Pussisaari 2 havaintopaikan tilanne on parempi kuin Siltaniemi 1. Vuonna 2015 happipitoisuus oli alusvedessä 9,6 mg/l. Tästä havaintopaikasta on saatavilla useampia tuloksia per vuosi, joista on laskettu kuvassa 5 näkyvä viivadiagrammi. Tuloksista voidaan todeta, että talvikerrostuneisuuden lopulla happi ei lopu tästä syvänteestä.



Kuva 5. Elokuun kokonaisfosfori (kok. P,  $\mu\text{g/l}$ ) ja happipitoisuus (O<sub>2</sub>, mg/l) alusvedessä Pussisaari 2 havaintopaikalla vuosina 1971 – 2015. Näytteenotto syvyys noin 20 metriä. (OIVA n.d.)

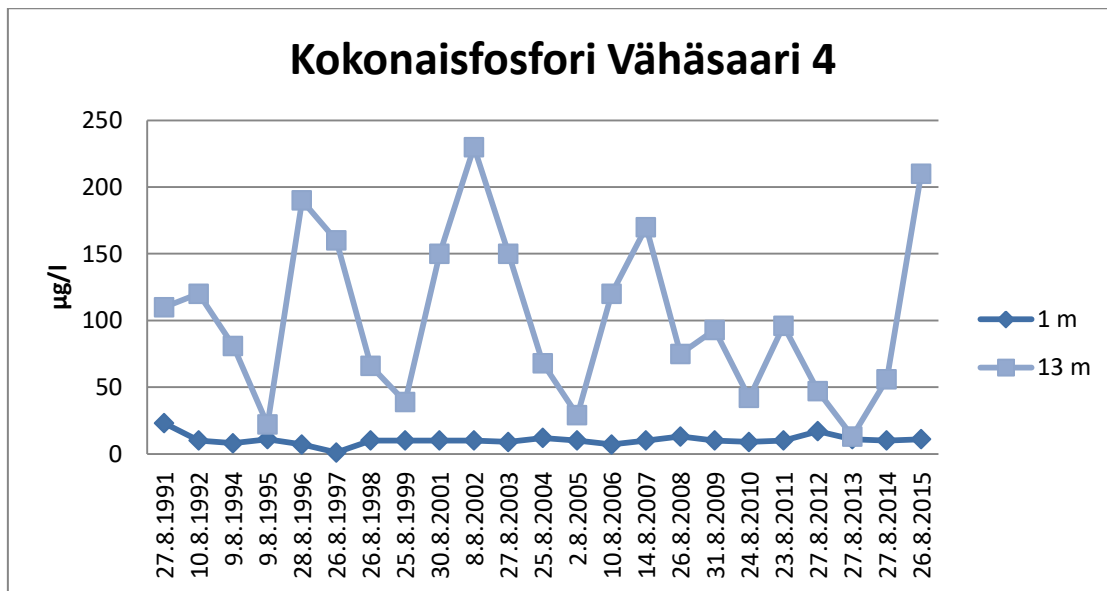
Vähäsaari 4 havaintopaikan happipitoisuudet ovat olleet erittäin matalia. Tämä syvänte on syvänteistä lähin Eskolanjokea, jonka kautta vesi virtaa

pois Puujärvestä. Tämän syvänteen tilanteen parantamiseksi on pohdittu vähähappisen alusveden poistoa, tästä on kerrottu enemmän kappaleessa 4.3.6. Kuvassa 6 on viivadiagrammi, johon on merkitty näytteenottovuosien elokuun happi ja kokonaisfosfori pitoisuudet. Kuvaajasta voidaan nähdä pientä korrelaatiota happipitoisuuden laskun ja fosforipitoisuuden välillä. OIVA-palvelun vedenlaatutuloksia tutkittaessa huomattiin, että 1990-luvulla vedenlaatua on tutkittu myös vuosien ensimmäisellä kvartaalilla. Näiden talvikuukausien happipitoisuudet ovat olleet muutaman yksikön parempia. Myös fosforitasot ovat olleet tuolloin alhaisempia, toisaalta talvella hapen sekä fosforin kulutus on alhaista eikä järveen myöskään virtaa juuri ollenkaan valuma-vesiä.



Kuva 6. Elokuun kokonaisfosfori (kok. P, µg/l) ja happipitoisuus (O<sub>2</sub>, mg/l) alusvedessä Vähäsaari 4 havaintopaikalla vuosina 1991–2015. Näytteenottosyvyys 13 metriä. (OIVA n.d.)

Kuvassa 7 olevasta kuvaajasta voidaan päätellä, että vähäsaari 4:n havaintopaikallakaan alusveden fosfori ei pääse suoraan päällysveteen nostamaan sen fosforipitoisuutta.

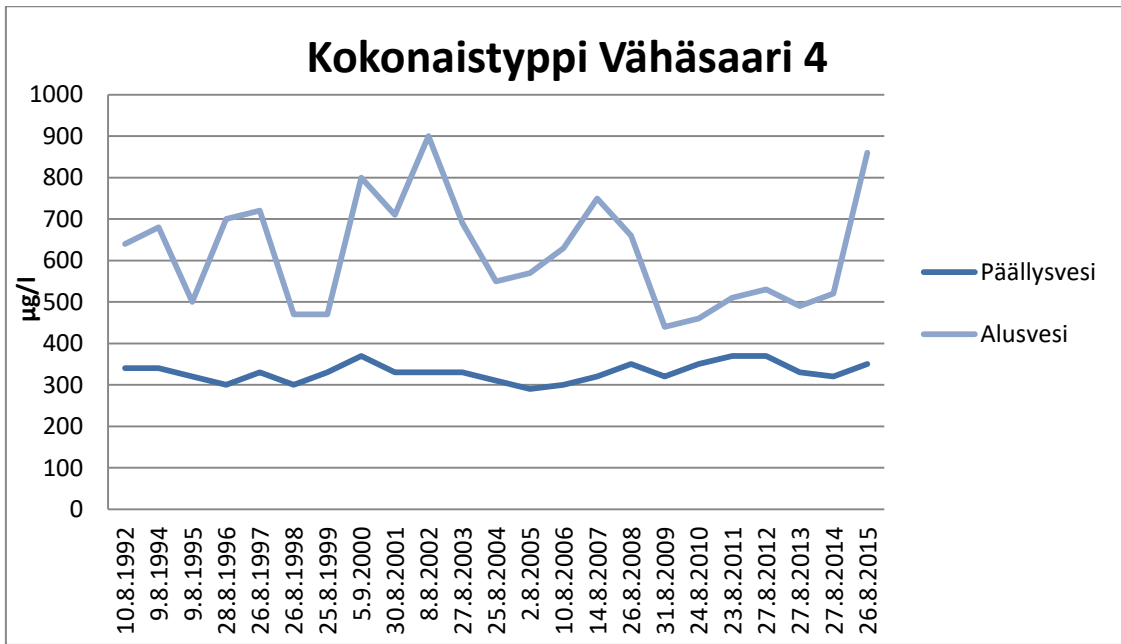


Kuva 7. Vähäsaari 4 havaintopaikan kokonaisfosfori (kok. P, µg/l) pintavedessä (1 m) ja alusvedessä (13 m) vuosina 1991–2015. (OIVA n.d.)

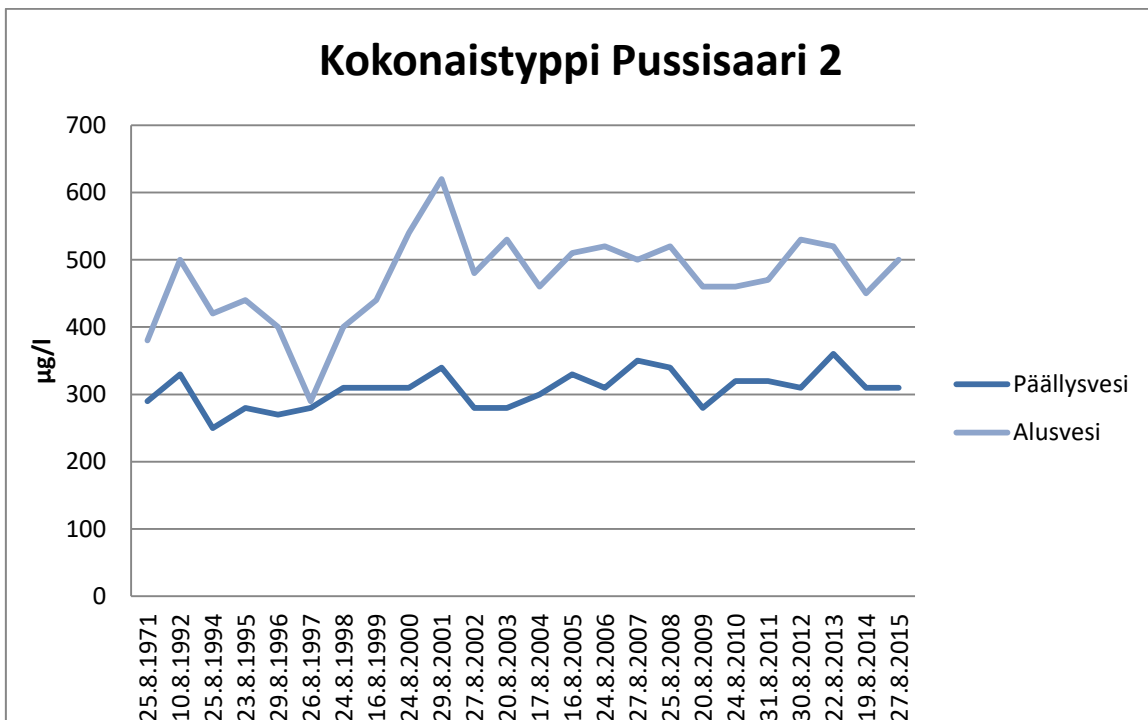
Kaikilla havaintopaikoilla on havaittavissa miten matala happipitoisuus aiheuttaa fosforipitoisuuden nousun. Puujärven syvänteiden suuri vesisyvyys voi estää vapautuvien ravinteiden pääsyn kasvien ja levien käyttöön. Järven alusveden happipitoisuutta tulisi seurata tulevaisuudessakin säännöllisesti.

### 5.1.2 Typpi

Järven typpipitoisuutta on hyvä seurata, koska syvänteiden hapettomuus voi aiheuttaa ammoniumin vapautumisen sedimentistä, joka näkyy kokonaistyyppipitoisuuden nousuna mittaustuloksissa. Vedenlaatumittauksissa tulisi näkyä miten typpipitoisuudet nousevat kohti pohjaa, ja kesällä typpipitoisuudet tulisivat olla pienempiä kuin talvella. (Oravainen 1999, 20. Särkkä 1996, 67.) Kuvista 8–10 voidaan nähdä miten kokonaistyyppi käyrät seuraavat tätä trendiä. Viimeisimmät mittaustulokset kertovat myös tyypin osalta sen, että happitilanne on huono etenkin Siltaniemi 1 ja Vähäsaari 4 havaintopaikoilla.



Kuva 8. Elokuun kokonaistyyppi Vähäsaari 4 havaintopaikalla vuosina 1992–2015. Päälyysveden näytteenottosyvyys 1 metri ja alusveden näytteenottosyvyys 13 metriä. (OIVA n.d.)



Kuva 9. Elokuun kokonaistyyppi Pussisaari 2 havaintopaikalla vuosina 1971–2014. Päälyysveden näytteenottosyvyys 1 metri ja alusveden näytteenottosyvyys noin 20 metriä. (OIVA n.d.)

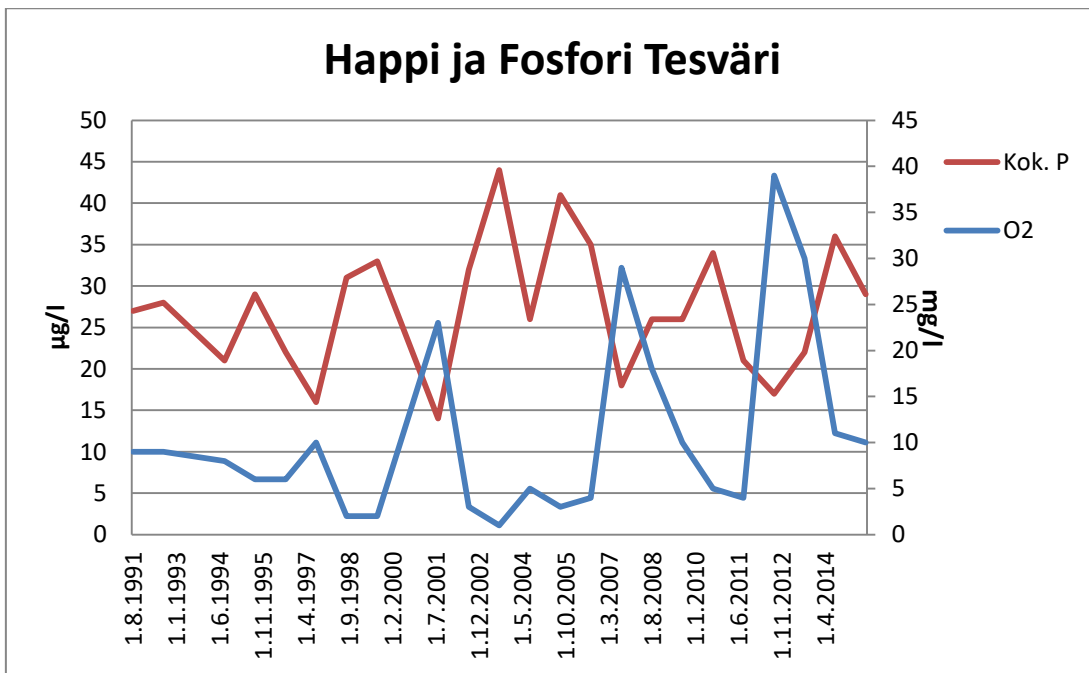




Kuva 10. Elokuun kokonaistyyppi Siltaniemi 1 havaintopaikalla vuosina 1994–2015. Päällysveden näytteenottosyvyys 1 metri ja alusveden näytteenottosyvyys 15 metriä. (OIVA n.d.)

### 5.1.3 Tesväri

Tesvärin alusveden happitilanne ei ole huolestuttava. Alimmillaan liukoista happea on ollut 27.8.2003 1 mg/l, mutta jo saman vuoden marraskuussa happea on ollut 70 mg/l. Tesvärin kokonaistyyppi määrät ovat korkeampia kuin Puujärvellä keskimäärin. Mutta tyyppi ei ole minimiravinne, eikä alusvesi ole hapetonta, joten tilanne ei ole huolestuttava. Kuvien 11 ja 12 viivadiagrammien perusteella voidaan päätellä Tesvärin tilanteen olevan hyvä.



Kuva 11. Elokuun kokonaisfosfori (kok. P, µg/l) ja happipitoisuus (O<sub>2</sub>, mg/l) alusvedessä Tesvärin havaintopaikalla vuosina 1991–2014. Näytteenottosyvyys 15 metriä. (OIVA n.d.)



Kuva 12. Elokuun kokonaistyyppi Tesvärin havaintopaikalla vuosina 1992 - 2015. Päälyysveden näytteenottosyvyys 1 metri ja alusveden näytteenottosyvyys 15 metriä. (OIVA n.d.)

#### 5.1.4 A-klorofylli

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, voidaan kesän a-klorofyllipitoisuutta käyttää vesistön rehevöitymisen mittarina. Luotettavan tuloksen saamiseksi tulisi a-klorofyllipitoisuus mitata vähintään kolme kertaa kesässä, mutta jos mittaus suoritetaan vain kerran vuodessa, tulee se ajoittaa loppukesään. (Vedenlaatuopas n.d.) Alla olevassa taulukossa (taulukko 4.) on laskettuna mittauspisteiden A-klorofyllipitoisuuksien keskiarvot OIVA-järjestelmästä löytyvistä tiedoista. Kun tuloksia verrataan aikaisemmin esitettyyn Oravaisen (1999, 23.) taulukkoon voidaan todeta, että Puujärvi on Pussisaaren ja Vähäsaaren tulosten perusteella karu, mutta Siltaniemen tuloksien perusteella lievästi rehevä. Tesväri on saman taulukon mukaan rehevä järvi. On kuitenkin, otettava huomioon, että kerran vuodessa otettuun tulokseen vaikuttaa vahvasti säätekijät.

Taulukko 4. Puujärven ja Tesvärin A-klorofyllipitoisuuksien keskiarvot

Mittauspiste	Tulokset vuosien elokuulta	A-klorofyllipitoisuuden keskiarvo (µg/l)
Siltaniemi 1	2007 - 2015	4,03
Vähäsaari 4	2009 - 2015	3,07
Pussisaari 2	1994 - 2015	3,39
Tesväri	2012 - 2015	9,83

#### 5.1.5 Kemiallinen hapenkulutus

Kemiallinen hapenkulutus mittaa vedessä olevien orgaanisten aineiden hapenkulutusta kemiallisissa reaktioissa. Arvot vaihtelevat valumaolojen mukaan. (Oravainen 1999, 17–16.)

Taulukko 5. Puujärven ja Tesvärin kemiallisen hapenkulutuksen keskiarvot vuosilta 1991–2015

Mittauspiste	COD <sub>Mn</sub> -keskiarvo
Pussisaari 2	4,57
Siltaniemi 1	4,56
Vähäsaari 4	4,62
Tesväri	10,18

Puujärven kemiallisen hapen kulutuksen arvo on hyvin tavanomainen värittömille vesille, joiden COD<sub>Mn</sub>-arvo on 4–10 mg/l. Arvot eivät nouse yli kahdenkymmenen vuoden tarkkailuajanjaksolla yli 10 mg/l. Tästä voidaan päätellä, että Puujärveen ei tule jätevesiä, jotka sisältäisivät suuria määriä orgaanisia aineita. Humusvesissä COD<sub>Mn</sub>-arvo on 10–20 mg/l ja Tesvärin

arvot asettuvat tämän asteikon alareunaan, joten sielläkään ei vesistöä rasita orgaanista ainesta sisältävät jätevedet.

### 5.1.6 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus mittaa veteen liuenneiden suolojen määrää. Suuri arvo kertoo korkeasta suolapitoisuudesta. Suolojen määrää vedessä lisäävät jätevedet ja peltojen lannoitus. Jätevesien sähkönjohtavuus on 50–100 mS/m ja voimakkaasti viljellyillä alueilla sähkönjohtavuus on noin 15–20 mS/m. (Oravainen 1999, 10.)

Taulukko 6. Puujärven ja Tesvärin sähkönjohtavuuden keskiarvot

Mittauspiste	Sähkönjohtavuus (mS/m)	keskimäärin
Pussisaari 2	7,10	
Siltaniemi 1	7,33	
Vähäsaari 4	7,62	
Tesväri	10,19	

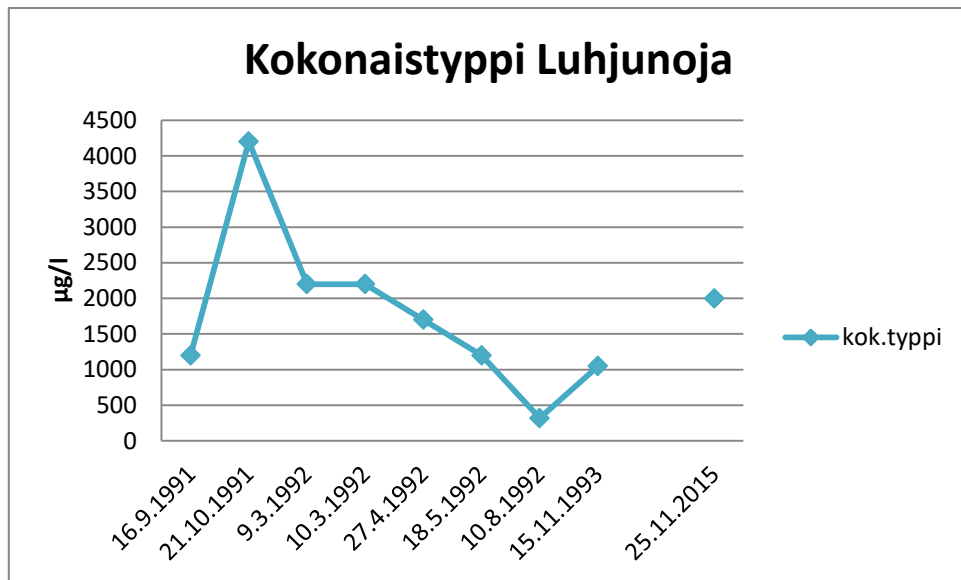
Taulukon 6 arvot on saatu laskemalla yli kahdenkymmenenvuoden mittauksien keskiarvo. Puujärven mittauspisteiden keskiarvot asettuvat Suomen sisävesien normaaliin sähkönjohtavuuteen, joka on 5–10 mS/m. Tarkemmat mittauspistekohtaiset arvot löytyvät liitteistä 1–3. Puujärven arvot pysyvät lähes tasaisesti 6–8 mS/m välillä, tästä voidaan päätellä, että Puujärven valuma-alueelta ei valu jätevesiä tai valuma-alue ei ole voimakkaasti viljeltyä.

## 5.2 Tulo-ojien vedenlaatu

Puujärven peruskartoituksen yhteydessä vesinäytteitä haluttiin ottaa myös kahdesta tulo-ojasta. Puujärven asukkaat olivat huolissaan tulo-ojien veden laadusta ja ottaneet yhteyttä vesiensuojeluyhdistykseen. Maastokäynnillä todettiin, että tulo-ojien vedenlaatu näytti silmämääräisesti tarkasteltaessa huonolta. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö otti toimeksiantona vesinäytteet Luhjunojasta ja Kurklahtenojasta 25.11.2015. Kummassakin kohteessa on rakennettu laskeutusaltaita oja-veden puhdistamiseksi. Luhjunojaan on kaivettu kaksi laskeutusallasta. Kurklahten ojaan on kaivettu kolme pienempää laskeutusallasta, ne sijaitsevat ojan alajuoksulla. Luhjunoja virtaa keskeltä peltovaltaista aluetta. Kurklahtenoja virtaa kahden pellon keskeltä ja tien viertä. Vedenlaadun kannalta oli tärkeää selvittää ojavesien kiintoaines, kokonaistyyppi ja -fosfori sekä bakteerit.

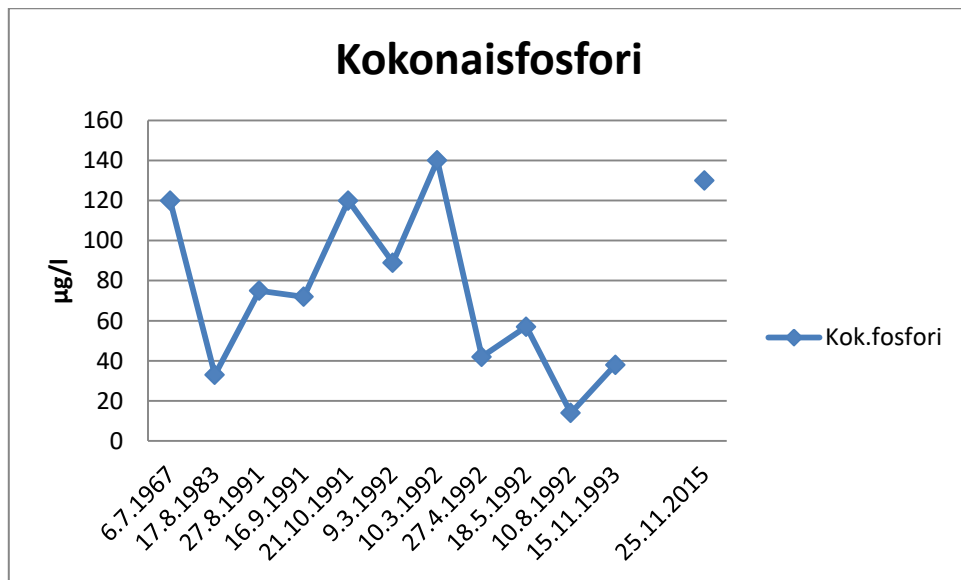
Luhjunoja on merkittävin Puujärveen laskevista puroista, sen valuma-alue on 8,5 neliökilometriä. Luhjunojan veden laatua on tutkittu jo 1990-luvun alussa. Helsingin vesi- ja ympäristöpiirin vuoden 1992 Luhjunojan veden-

laaturaportin mukaan veden laatu oli tyypillistä maatalousalueiden halki virtaaville vesille. Veden ravinnepitoisuudet olivat korkeita ja bakteereita esiintyi runsaastikin. Typpipitoisuudet vaihtelivat syksyn ja kevään aikana 1 200–4200 µg/l ja kokonaisfosforipitoisuudet 42–120 µg/l. Veden laadun todettiin olevan syksyllä selvästi huonompi kuin keväällä. ( Ahtela 1992, 1–2.) Kuvassa 13 on Luhjunojan vesinäytteiden pohjalta tehty viivadiagrammi. Diagrammista nähdään, että tulo-ojan vedenlaatu paranee vuonna 1992 kevään edetessä.



Kuva 13. Luhjunojan kokonaistyyppi (kok. N, µg/l). Hankkeen yhteydessä tutkittiin tulo-ojien vedenlaatu. (OIVA n.d.)

Luhjunojan typpipitoisuus oli vuonna 2015 tehdyssä tutkimuksessa 2000 mikrogrammaa litrassa. Oravaisen (1999) mukaan runsaasti viljellyiden alueiden joki- ja ojavesien typpipitoisuudet ovat 2000 – 4000 mikrogrammaa typpeä litrassa. Suurimmat typpipitoisuudet virtaavissa vesissä ajoittuvat kevätylivaluntaan ja runsassateisiin kausiin. Näiden tietojen pohjalta voidaan päätellä, että Luhjunojan valuma-alueella sijaitsevilta pelloilta valuu typpeä.



Kuva 14. Luhjunojan kokonaisfosfori (kok. P, µg/l). Fosforipitoisuuden avulla voidaan päätellä laskeutusaltaiden ravinteiden pidätyskyky. (OIVA n.d.)

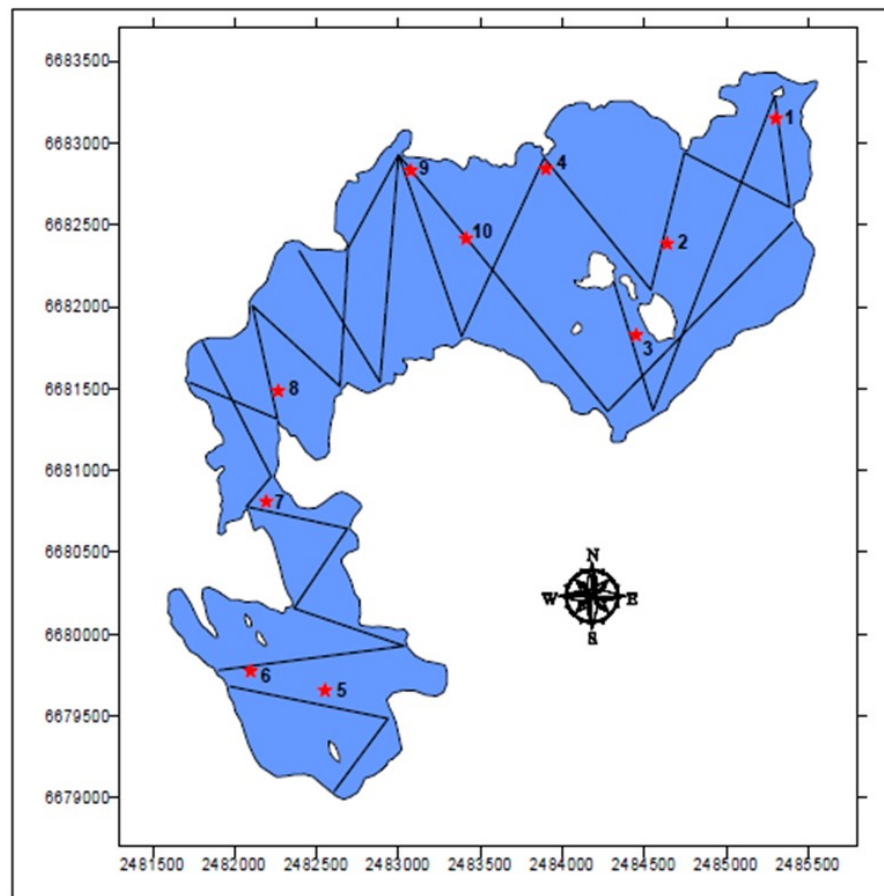
Vuoden 2015 vesinäytteiden tuloksista ja havaintokuvien perusteella voidaan todeta, että kummassakin ojassa virtaa ravinteikasta vettä, joka on kiintoaineesta värjäätynyttä. Näytteestä löydettyjen suolistoperäisten *E. coli*-bakteerien ja entereokokkien välisen suhteen perusteella voidaan päätellä, että Kurklahdenojassa ja Luhjunojassa ojavesi oli likaantunut eläinperäisten ulosteiden vaikutuksesta. Virallisia ohjearvoja ei bakteerien pitoisuudet kuitenkaan ylittäneet. Kun vertaillaan vesinäytteiden tuloksia ennen laskeutusaltaita ja niiden jälkeen voidaan päätellä, että laskeutusaltat paransivat veden laatua jonkin verran, pidättämällä etenkin bakteereja ja jonkun verran ravinteita. (Ranta 2015, 3–4.)

Olemassa olevien laskeutusaltaiden ravinteidenpoistotehokkuutta saataisiin kasvatettua, niiden hoidolla ja oikealla mitoituksella. O. Kilpisen mukaan (henkilökohtainen tiedonanto 11.11.2015) Luhjunojan laskeutusaltat perustettiin 2000-luvun alussa ja ne on tyhjennetty vuonna 2013 kesällä. Maastokäynnillä huomattiin, että Luhjunojaan on perustettu yksi allas ojan sivuhaaraan, tämän altaan tarkoitus on virkistyskäyttö ja maiseuma-arvo. Alueen omistaja osasi kertoa, että allas on kaivettu 2008 ja Kurklahdenojan altat ovat perustettu vuonna 2010-luvulla.

### 5.3 Pohjasedimentti

Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry tilasi vuonna 2000 Turun yliopiston Maaperägeologiselta osastolta tutkimuksen järven pohjakerrostumista. Sedimenttitutkimuksen loppuraportti valmistui 18. joulukuuta 2001. Työn tarkoituksena oli tutkia järven sedimentin laatua erityisesti tärkeimmän rehevöittävä ravinteen, fosforin osalta sekä selvittää Puujärven ihmisen toiminnan vaikutuksen historia. Järviältä sedimentin kerrostumisen,

määrän ja jakaantumisen selvittämiseksi järvellä tehtiin luotauksia ja kairauksia, joiden tarkat sijainnit näkyvät kuvassa 15. (Valpola & Kauppila 2001, 1.)

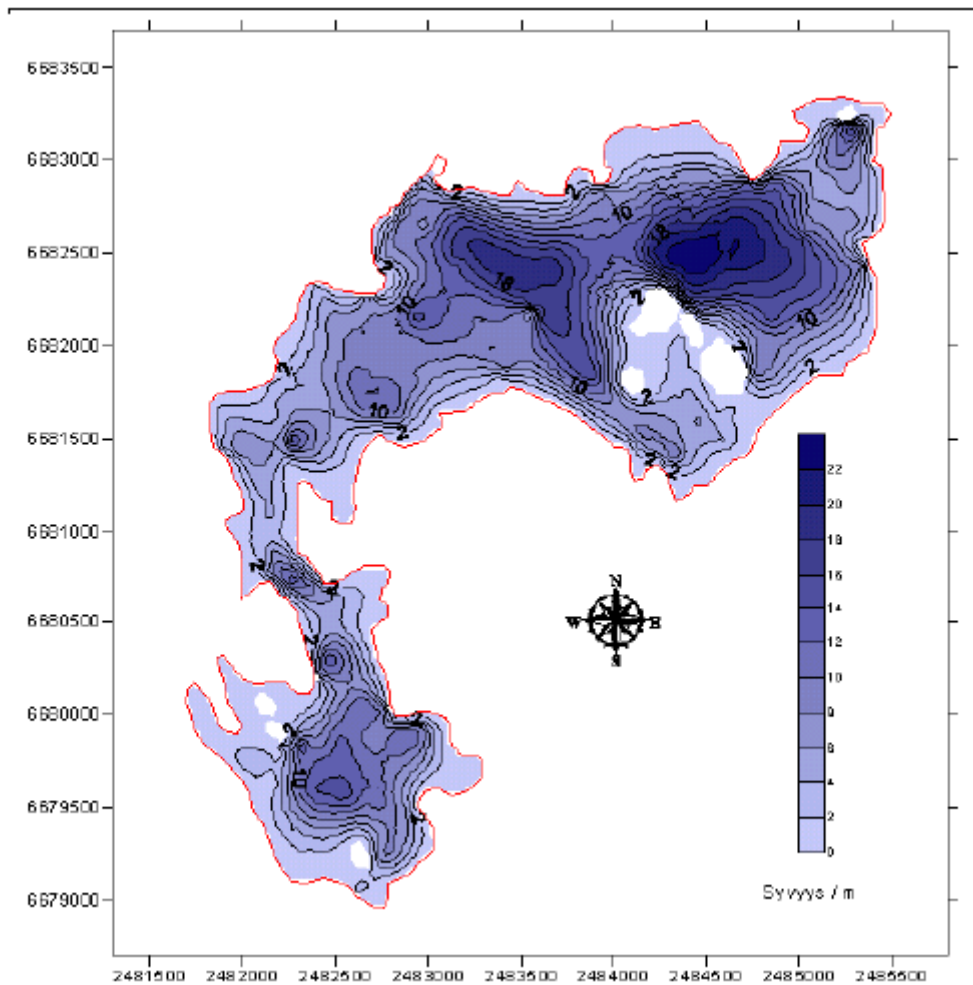


Kuva 15. Sedimenttitutkimuksen luotauslinjat ja kairauspisteet. (Valpola & Kauppila 2001.)

Sedimenttitutkimusten tuloksista käy ilmi, että Puujärven sedimenttiä on koko järvioltaan alueella hyväkuntoista siltistä järvillejua. Sedimentin rakenne on pääsääntöisesti hyvin homogeenistä. Järvioltaan sedimentin rakenne on tasalaatuista, eikä tuloksista havaittu merkittäviä muutoksia kerrostumishistorian aikana. Poikkeuksena Kontolansalmen pohjoispuolelta otetuista näytteistä 1,2,4 ja 7 löydettiin sulfidiraitoja, jotka kertovat pelkistävästä oloista eli hapenpuutteesta. (Valpola & Kauppila 2001, 4.)

Järven hehikutushäviön tutkimuksista kävi ilmi, että arvot olivat syväne alueilla kohtuullisen korkeat kun otettiin huomioon Puujärven vähäinen humuspitoisuus ja verrattain alhainen ravinnetaso. Tämä voi olla merkki sedimentin mineralisaation keskeneräisyydestä, mutta se voi olla tutkijoiden mukaan myös merkki siitä, että järven perustuotanto on kasvussa. Toisaalta tulokset osoittivat, että orgaaninen aines sedimentoituu nimenomaan syvänteisiin. Raekokoanalyysin tulosten tasaisuus osoitti, että

kerrostumisolot ovat samankaltaiset toisiaan vastaavilla kerrostumispuhjan alueilla eri puolella järviä. (Valpola & Kauppila 2001, 4.)



Kuva 16. Puujärven syvyyskartta. (Valpola & Kauppila 2001)

Tutkimuksessa kiinnitettiin ensisijaisesti huomiota erityisesti pintasedimentin sisältämän fosforin määrään. Puujärvessä sedimentti on erilaista syvänteissä kuin lähempänä rantoja. Nämä alueet myös poikkeavat toisistaan fosforin vapautumisen suhteen. Fosforin määrää tarkasteltiin erikseen matalassa alle viiden metrin ja syvässä yli viiden metrin vedessä. Tutkimuksessa arvioitiin, että pintasedimentissä aktiivinen osa on viiden senttimetrin paksuinen kerros. Alle viiden metrin vesisyvyysalueella tämä aktiivinen osa pintasedimentissä sisältää fosforia noin 14 000 kilogrammaa, kun taas yli viiden metrin vesisyvyudessa se sisältää fosforia noin 39 000 kilogrammaa. Näin ollen Puujärven pintasedimentti sisältää fosforia yhteensä noin 53 000 kilogrammaa. Raportista selviää, että mahdollisesti mobilisoituvaa NaOH-liukoista fosforia on alle viiden metrin syvyysalueella 3 500 kilogrammaa, kun taas yli viiden metrin syvyudessa määrä on lähes 20 000 kilogrammaa. Näin ollen helppoliukoista ja huonohappisissa oloissa mahdollisesti liikkeelle lähtevää fosforia on yhteensä 23 500 kilogrammaa. Nämä luvut ovat laskennallisia fosforin maksimimääriä, niiden



avulla voidaan arvioida Puujärven ravinnetaloutta kokonaisuutena. Vaikka sedimentin tila onkin hyvä järvellä, on silti olemassa riski fosforin vapautumiseen syvänealueilla. Raportin mukaan juuri syvänealueilla suuri osa pintasedimentin fosforista voi vapautua. Toisaalta suuri vesisyvyys estää ainakin osittain fosforin kulkeutumisen valoa tarvitsevan kasvillisuuden käyttöön. (Valpola & Kauppila 2001, 8.)

Sedimentin kerrostumisnopeus saatiin selville mikroskooppisten nokipartikkeleiden avulla, jotka voidaan rinnastaa fossiilisten polttoaineiden kulumiseen Suomessa. Kyseisen rinnastuksen avulla, voitiin päätellä, että sedimentin kerrostumisnopeus syvänteessä on noin 2 millimetriä vuodessa. Suomen järvissä sedimentin kerrostumisnopeudet vaihtelevat laajasti, saatu arvo kuvastaa hyvin Puujärven luonnetta, eikä sen mukaan tuotanto ole erityisen voimakasta. (Valpola & Kauppila 2001, 9.)

Sedimenttitutkimuksen mukaan voidaan olettaa, että matala fosforipitoisuus näytteissä, jotka kertovat järven tilasta ennen 1960-lukua voidaan pitää todenmukaisena ja Puujärvi on luonnostaan niukkaravinteisempi kuin nykyään. Puujärven pintaveden fosforipitoisuus on ollut tutkimusten perusteella noin 4 µg P/l 1800-luvun lopun ja 1960-luvun välisenä aikana. Näytteiden mukaan järven kehitys on ollut tasaisesti kohti hieman ravinteikkaampia oloja, kuitenkin Puujärvi on säilynyt varsin karuna. (Valpola & Kauppila 2001, 13.)

#### 5.4 Vesikasvit

Vesipuitedirektiivin myötä vesistöjen tilan seurantaan tuli uutena seuranta-kohteena järvien vesikasvillisuus. Kesällä 2008 Uudenmaan ympäristökeskus teki Puujärvellä vesikasvikartoituksen ns. päävyöhykemenetelmällä. Puujärvellä linjoja tutkittiin 20 kappaletta, linjan leveys oli 5 metriä ja se ulottui kohti ulappaa niin kauas kuin kasvillisuutta jatkui. Linjoilta kirjattiin ylös kaikki vesi- ja rantakasvilajit sekä laskettiin niiden yleisyydet ja peittävyudet prosentteina. Kartoitus tehtiin 18.–25.8.2008. (Ahola 2009, 1–3.)

Kartoituksen avulla voitiin todeta, että kasvillisuus Puujärvellä on monipuolista ja vähähumuksisille järville tyyppillistä. Kasvillisuus on kuitenkin melko niukkaa, osittain siitä johtuen, että rannat ovat melko avoimia ja suurimman osan järviaaltaasta muodostaa kaksi laajaa ja avointa selkää. Suojaisia lahdenpohjukoita on vain muutamia. Järvellä esiintyi runsaasti nuottaruohoa ja tummalahnaruohoa, jotka ilmentävät Puujärven olevan oligotrofinenjärvi eli niukkaravinteinen. Toisaalta järven lajiston yleisempi tarkastelu kertoi, että Puujärven olevan lähempänä mesotrofista eli lievästi rehevää järveä. Järven eteläosissa todettiin kasvillisuudessa rehevöitymisen merkkejä. Huomion arvoista oli, harvinaisen raanin esiintyminen järvellä ja kahden vieraslajin vesiruton sekä lännenpalsamin laaja levinneisyys ja yleisyys järvellä. (Ahola 2009, 3.)

Rantojen läheisyydessä havaittiin usein melko kapea saravaltainen ilmaversovyöhyke. Saralajisto on Puujärvellä melko yksipuolista ja yleisin laji on pullosara. Kun sarat puuttuivat rantaviivasta, vallitsi siellä melko vähäilmeinen rantaviivan yrttimäinen kasvillisuus, yleisimpinä lajeina olivat muun muassa rantakukka, ranta-alpi ja rantayrtti. Harvinaista vieraslajia lännenpalsamia tavattiin seitsemällä linjalla, yleensä niukkana, mutta parissa paikassa oli tiheämpiäkin kasvustoja. Runsain vedessä kasvavista ilmaversoista oli järviruoko, jota tavattiin 60 prosentilla linjoista. Ilmaversovyöhykkeen kasvustot olivat kuitenkin yleisesti ottaen harvoja. Kelluslehtistä kasvillisuutta tavattiin lähes kaikilla järven eteläosan linjoilla, kun taas järven pohjoisosan suuremman altaan linjoilta kelluslehtisten vyöhyke oli yleensä mitätön tai puuttui kokonaan. Tämä ilmensi hyvin Puujärven alueellisia eroja kahden järviältäan kasvillisuuden yleisessä rehevydessä. On kuitenkin otettava huomioon, että eteläinen järviällä on pohjoista suojaisempi. Upposlehtisistä kasveista huomion arvoista on vesiruton yleisyys. Sitä tavattiin 70 prosentilla linjoista, mutta kasvustot olivat melko huomaamattomia. Tämä vieraslaji voi aiheuttaa ongelmallisia massakasvustoja runsasravinteisimmassa järvessä, joten sen kehitystä järvellä olisi tärkeä seurata. Pohjalehtisen kasvillisuuden runsaus on Puujärven kasvillisuuden tunnusomaisimpia piirteitä. Näitä ologotrofiaa eli niukkaravinteisuutta ilmentäviä pohjalehtisiä esiintyi laajana, varsin tiheänä mattona lähes kaikilla vyöhykkeillä, jotka alkoivat usein aivan läheltä rantaa. Yleisin pohjalehtinen laji oli nuottaruoho. Vesisammalien puuttuminen suuremmista syvyyksistä Puujärvellä oli raportin mukaan yllättävää. Näkinpartaiset näyttivät menestyvän Puujärvellä melko hyvin varsinkin syvemmissä vesissä. ( Ahola 2009, 3–4.)

## 5.5 Kalat

Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivin mukaan järvien ekologista tilaa arvioidaan veden laadun lisäksi myös biologisten tekijöiden, kuten kalojen perusteella. Tämän puitedirektiivin tavoitteena on, että pintavesien tila olisi hyvä vuoteen 2015 mennessä. Tähän liittyen riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos koekalasti Puujärvellä kesällä 2014. Verkkokoekalastuksen tavoitteena oli selvittää järven kalayhteisön rakenne sekä kalalajien väliset runsaussuhteet. Vuoden 2014 verkkokoekalastus tehtiin 11.–14.8.2014 välisenä aikana ja pyydyksenä käytettiin NORDIC-yleiskatsausverkkoa. Puujärvi kuuluu kansallisen seurantaohjelman kohdejärviin ja toimii luonnontilaisena vertailujärvenä pintavesityypissä pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet (Vh). Järvellä on verkkokoekalastettu myös vuonna 2007 vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisessa seurannassa. (Sairanen 2014, 1.)

Ekologista tilaa arvioitiin kalayhteisön rakenteen perusteella. Arvioinnissa käytetyt kalayhteisömuuttujat ovat: biomassa (g/verkko), lukumäärä (kpl/verkko), rehevöitymisestä hyötyvien särkikalojen biomassaosuus ja indikaattorilajien esiintyminen. Ekologinen laatusuhde saadaan selville

kun verrataan kalayhteisömuuttujan havaittua arvoa kyseisen järviyyypin vertailuarvoon. (Sairanen 2014, 2.)

Karuille järville tyypilliseen tapaan kokonaisyksikkösaaliit olivat kohtalaisen niukkoja, vaikka kasvoivatkin vuoden 2007 tasosta. Ne olivat myös samaa suuruusluokkaa kuin muissa riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen koekalastamisissa saman pintavesityypin vähäravinteisissa järvissä. Kalayhteisön rakenne oli yllättävä, koska Etelä-Suomen niukkaravinteisissa järvissä kalasto on yleensä ahvenkalavaltainen, kun Puujärvessä kalayhteisö oli muuttunut painosaaliin osalta särkikalavaltaiseksi. Ahven kuitenkin säilyi lukumääräsaaliin osalta runsaimpana lajina. (Sairanen 2014, 7–8.)

Kesällä 2014 Puujärven kokonaisyksikkösaaliit olivat koekalastuksessa 1078 grammaa per verkko ja 40 kappaletta per verkko. Kokonaissaaliin paino kasvoi kolmanneksen vuoden 2007 tasosta ja lukumääräsaalis oli neljänneksen suurempi kuin vuonna 2007. Vuoden 2014 saalis koostui kahdeksasta eri kalalajista, joita olivat ahven, kiiski, kuore, siika, särki, salakka, lahna ja sorva. Runsaimmat lajit näistä olivat ahven, särki ja salakka. Painosaalista tarkasteltaessa olivat särkikalat vallitsevia 56 prosentin osuudella saaliista, ahvenkaloja oli 39 prosenttia. Lukumääräsaaliin mukaan ahven- ja särkikalojen osuudet saaliista olivat kuitenkin melko tasaväkisiä, 44–45 prosentin osuuksilla saaliista. Särkikalojen paino- ja lukumääräsaaliin osuudet kasvoivat merkittävästi vuoden 2007 tasosta, kun taas ahvenkalojen vastaavat osuudet alenivat vuoteen 2007 verrattuna. Petokalojen eli yli 15 senttimetriä pitkien ahvenien osuudet saaliista alenivat merkittävästi edellisen koeverkkokalastuksen tasosta. Vuoden 2014 koekalastusraportissa pidettiin petokalojen osuutta melko pienenä, sillä petokalojen osuus painosaaliista oli 19 prosenttia. Todellisuudessa petokalojen osuus oli havaittua suurempi, koska haukea ei saatu vuoden 2007 eikä 2014 verkkokoekalastuksissa. Käytetty koekalastusmenetelmä ei anna luotettavaa kuvaa haukikannasta ja aliarvioi niiden osuutta, sillä hauen pyydystettävyys on loppukesästä koeverkoilla yleensä heikkoa ja satunnaista. (Sairanen 2014, 2, 7.)

Puujärven ekologinen tila oli hyvä vuonna 2013 valmistuneen biologiseen aineistoon perustuvan ekologisen luokittelupäätöksen mukaan. Aikaisempaan vuonna 2008 valmistuneeseen luokittelupäätökseen verrattuna Puujärven ekologinen tila oli kuitenkin heikentynyt yhden asteen, erinomaisesta hyvään. Vuonna 2014 kalastosta saatujen tulosten perusteella tila oli vain tyydyttävä. Tämä johtuu särkikalojen runsastumisesta, erityisesti särkikalojen biomassaosuus oli kasvanut järviyyypin vertailuarvoihin nähden melko suureksi. On muistettava, että kalasto on vain yksi neljästä biologisesta tekijästä veden laadun lisäksi, joiden perusteella järven ekologinen tila määritellään. Koekalastusraportin mukaan Puujärven kohdalla ympäristötavoitteet on jo saavutettu, sekä Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueen toimenpideohjelman tavoitteena on turvata Puujärven hyvän ekologisen tilan säilyminen nykykäytännön mukaisilla toimenpiteillä. (Sairanen 2014, 6–8) Valtioneuvosto on hyväksynyt Kymijoen-

Suomenlahden vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelman vuoksi 2016–2021 vuoden 2015 joulukuussa. Se sisältää tiedot alueen vesistöistä, niihin kohdistuvasta kuormituksesta sekä muista ihmisen aiheuttamista vaikutuksista, vesistön ekologisesta tilasta, vesienhoidon tavoitteista sekä tarvittavista vesiensuojelu- ja hoitotoimista. (Ympäristö.fi, 2015.)

Taulukko 1. Puujärvessä esiintyvät kalalajit (henkilökohtainen tiedonanto Kilpinen, O. 16.12.2015)

Luontaisesti esiintyvä	Istutettu
Ahven	Järvilohi
Hauki	Kirjolohi
Kiiski	Kuha
Kuore	Saimaannieriä
Kivisimppu	Taimen
Lahna	Toutain
Made	
Muikku	
Ruutana	
Salakka	
Siika	
Sorva	
Särki	
Pikkunahkiainen	

## 5.6 Rapu

Puujärvi on ollut yksi Suomen parhaimmista rapuvesistä, jokirapukanta oli hyvä 1950-luvulle saakka. Tämän jälkeen rapurutto heikensi kantaa ja jokirapukanta alkoi vaihdella voimakkaasti. Vuosina 1985 - 1986 Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos istutti Puujärveen täplärapuja. Ravustus aloitettiin uudestaan vuonna 1994. Vuonna 1996 havaittiin taas täplärapua tappavaa rapuruttoa, joka tuhosi yli puolet Puujärven täplärapukannasta. Kanta kuitenkin elpyi lyhyessä ajassa, mutta useat elleivät jopa kaikki yksilöt olivat rapuruton kantajia. Piilevä rapurutto ilmenee ruskeina täplinä erityisesti rapujen raajojen ja kilpien nivelkohdissa vatsapuolella. Ravun puolustusmekanismi on sulkenut kasvavan sienirihmaston melaniinikapseleilla ja estää näin taudin leviämisen ravun kuoressa. Täplärapukannoisakin havaittiin 2000-luvun puolivälissä selvää kannan vaihtelua ja Puujärveltä pyydetyissä ravuissa oli jopa häiritsevän paljon merkkejä rapurutosta. Ja pyydyksiin jääneet ravut olivat pienempi kokoisia kuin aikaisemmin. (Kilpinen 2007, 26–27.) Vuonna 2015 haastateltiin kalastusyhdistyksen pitkäaikaista puheenjohtajaa ja Puujärviaktiivia Pentti Nikandera (haastattelu 20.10.2015) ja hänen mukaansa vuoden 2015 rapukanta oli järven pohjoispäässä hyvä.

## 5.7 Kääpiösarvikotilo

Vuonna 1996 Helsingin yliopiston luonnontieteellinen keskusmuseo tutki kolme näyteruutua Puujärven Pipolan Sammallahden alueella sijaitsevalta 50 metrin pituiselta kosteikkoalueelta. Alue kuului Kanta-Pipolan ranta-kaavan osa-alueen numero yhteen. Alueelta löytyi kääpiösarvikotilo, joka kuuluu Suomen uhanalaisten maanilviäisten joukkoon, silmälläpidettävien luokkaan. Tätä lajia on tavattu aikaisemmin Karjalohjalla vain Karkalin luonnonsuojelualueella. Maanilviäisiä pidetään elinympäristön indikaattoreina ja Kanta-Pipolan kosteikon katsottiin raportin mukaan edustavan poikkeuksellisen hyvää kosteikkoaluetta. Raportissa esitettiin, että noin 10 metrin levyinen kosteikkoalue tulisi saada suojelun piiriin, koska alueella elää kääpiösarvikotilo ja poikkeuksellisen elinvoimaisesti myös neljä muuta kosteikkoalueiden maanilviäislajia. Alue tulisi pitää luonnontilaisena ja Puujärven veden laatua tulisi tarkkailla, jotta mahdollinen rehevöityminen sekä happamoituminen voitaisiin paikallisesti torjua. Sekä vähäistenkin polttoainemäärän pääsy veteen kosteikon läheisyydessä tulisi estää. Rannan peltoalue tulisi raportin mukaan pitää myös viljelemättömänä, jotta kosteikkolajien elinympäristö ei kuormittuisi maalta käsin. Raportissa ehdotetaan myös, että maanilviäislajiston seuranta tulisi aloittaa kääpiösarvikotilon ja seitsenhammassiemenkotilon nuorten yksilöiden kehityksen seuraamisella. Myös Puujärven ranta-alueen maanilviäislajiston inventointia tulisi jatkaa. (Valovirta 1997, 1–7.)

## 5.8 Merkittävät kohteet

Puujärven peruskartoitukseen kuului myös maastokäyntejä, jolloin käytiin tutustumassa alueella sijaitseviin kohteisiin. Puujärven peruskartoitus 2015-projektiin haluttiin sisällyttää maastokäyntejä, jotta raportin kirjoittajalle muodostuisi kokonaiskuva järvestä ja sen ympäristöstä. Kohteet valittiin yhdessä peruskartoituksen ohjausryhmän kanssa. Osa kohteista valikoitui tarkasteluun mukaan sen takia, että alueen asukkaat olivat ilmaisseet huolensa kohteen kunnosta. Osassa maastokäynnin kohteista oli tehty vesiensuojelutoimenpiteitä tai ruoppauksia. Maastotarkasteluita tehtiin syksyn aikana kolme. Maastokäyntien aikana haastateltiin paikallisia asukkaita. Havaintojen perusteella päätettiin tulo-ojista ottaa vesinäytteet, joten maastossa havainnoinnista oli hyötyä Puujärven peruskartoitus 2015 projektille.

### 5.8.1 Frääsänlahti

Frääsänlahti on matala ja se pyrkii luontaisesti kasvamaan umpeen. Aluetta on ruopattu, jotta veden syvyys pysyisi uima- ja veneilykelpoisena. Ruoppausmassat on läjitetty maalle ja päälle on tehty suoja kuivasta maasta. Ruoppauksia on tehtävä tulevaisuudessakin, jos halutaan säilyttää alueen virkistysarvo.



Kuva 17. Fräsaanlahti (Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry)

Kuvassa 18 näkyvien korkeimpien koivujen kohdalla on järven rantaviiva kulkenut 1950-luvulla. Kuvassa näkyy myös runsasta vesikasvillisuutta, joka kertoo matalasta vesisyvyydestä. Fräsaanlahteen laskee vettä Myllylammesta, lahdenpoukamassa olevan kaislikon voidaan olettaa hidastavan ja pidättävän osan siihen laskevan veden ravinteista. Maastokäynnillä käytiin myös Myllylammella ja sen perusteella voidaan todeta, että se on lähes kasvanut umpeen ja muistuttaa alueena enemmän suota kuin lampea.





Kuva 18. Frääsänlahti syyskuun lopussa 2015.



Kuva 19. Frääsänlahti aukeaa järvelle.

### 5.8.2 Siltaniemenlahti

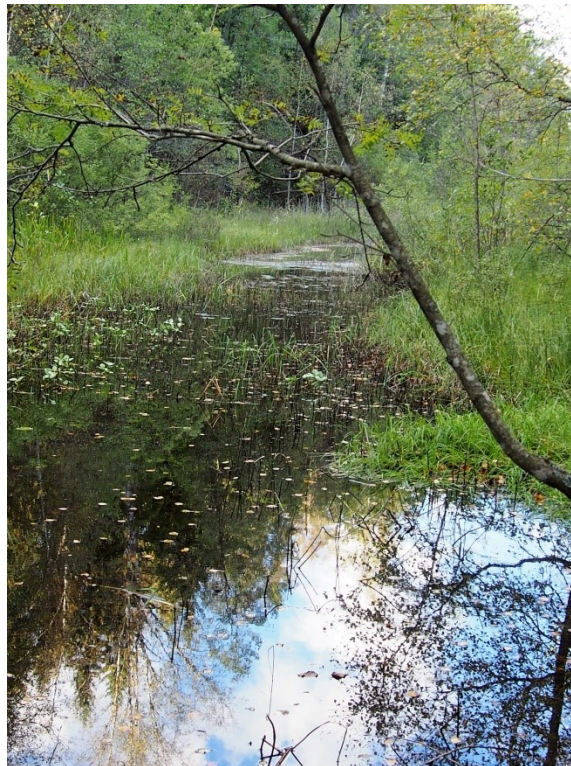
Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry on ruoppauttanut aluetta Tesvärin asukkaiden toiveesta talvella 2014–2015. Alue on vesisyvydeltään matalaa ja alueelle luontaisesti kertyy sedimenttiä. Siltaniemenlahden rantavesissä on paljon vesikasvillisuutta, joka vaikeuttaa veden mataluuden



vuoksi veneellä siirtymistä järvien välillä. Siltaniemenlahden, joka on kuvissa 21–22, kautta Tesväristä laskee vettä Puujärveen. Tesvärin vedenlaatu on hyvä, joten se ei kuormita Puujärveä.



Kuva 20. Siltaniemenlahti (Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry)



Kuva 21. Siltaniemenlahti Tesvärin puolelta





Kuva 22. Siltaniemenlahti Puujärven puolelta

### 5.8.3 Tesväri

Tesväri on järvi Puujärven länsipuolella. Järvi on luokitukseltaan pieni humusjärvi, joka on pinta-alaltaan 30,6 hehtaaria. (Vesientila n.d.) Tesväriin Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n käyttämä mittauspiste on 16,7 metriä syvä. (OIVA 2015) Tesväristä virtaa vettä Puujärveen Siltaniemenlahden kautta. Tesväri on mukana Puujärven peruskartoitus 2015:sta.



Kuva 23. Tesväri (Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry)



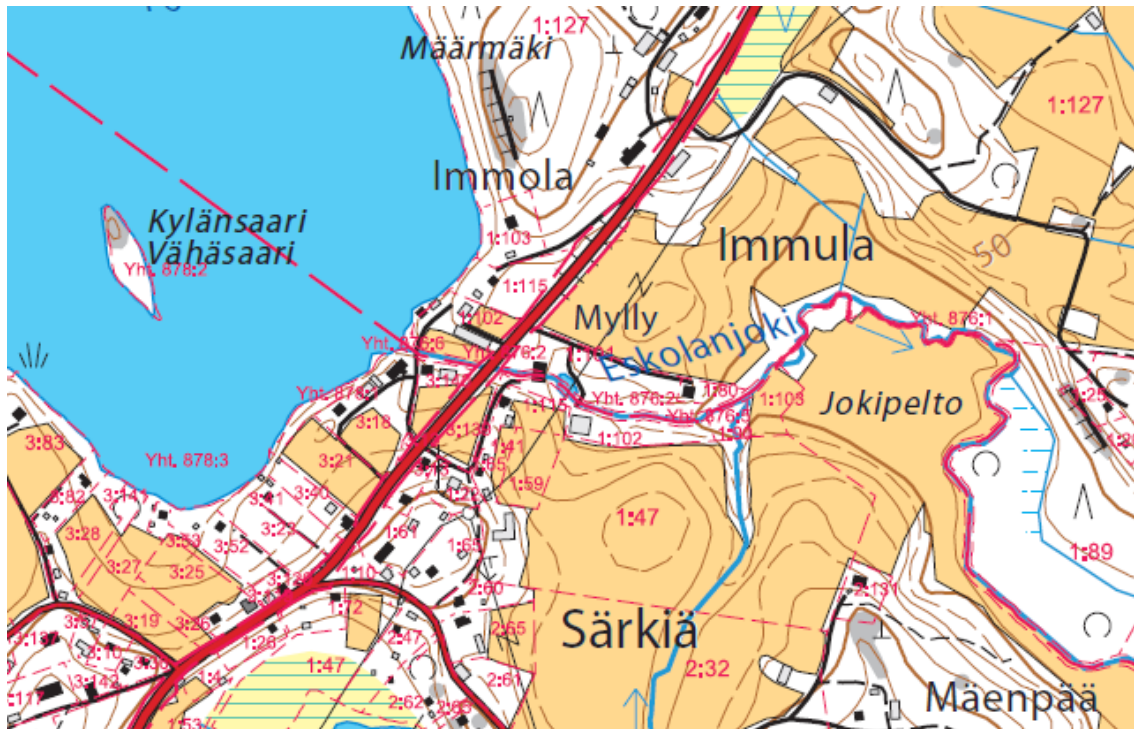
Kuva 24. Tesvärin jylhät kalliorannat syyskuussa 2015. Järven syvin syvännne jatkuu kuvan kallioista aina 16 metriin asti.

#### 5.8.4 Mylly ja Eskolanjoki

Puujärvestä vesi laskee Eskolanjokea pitkin Lohjanjärveen, se on Puujärven ainoa laskuoja. Puujärven vedenkorkeutta on säädelty jo 1860-luvulta lähtien. Tuolloin paikalla oli mylly, joka jauhoi jauhot vesienenergian avulla.



Nykyäänkin Puujärven vedenkorkeutta säädellään padon avulla. Mylly ei ole enää toiminnassa, mutta kiinteistönomistaja saa tuotettua sähköä padon avulla. Padolla on havaintoasema ja ympäristöhallinnon sivuilla on nähtävissä vedenkorkeudesta ja lähtö- sekä tulovirtaamista ennusteita. Alueen omistaja Heikki Sario ehdotti Vähäsaaren syvänteen happipitoisuuden parantamiseksi lappoa syvänteestä Eskolanjokeen, tästä kunnostusmenetelmästä on kerrottu enemmän raportin kappaleessa 4.



Kuva 25. Mylly ja Eskolanjoki (Puujärven suojeluyhdistys ry)



Kuva 26. Puujärvestä patoon tuleva vesi

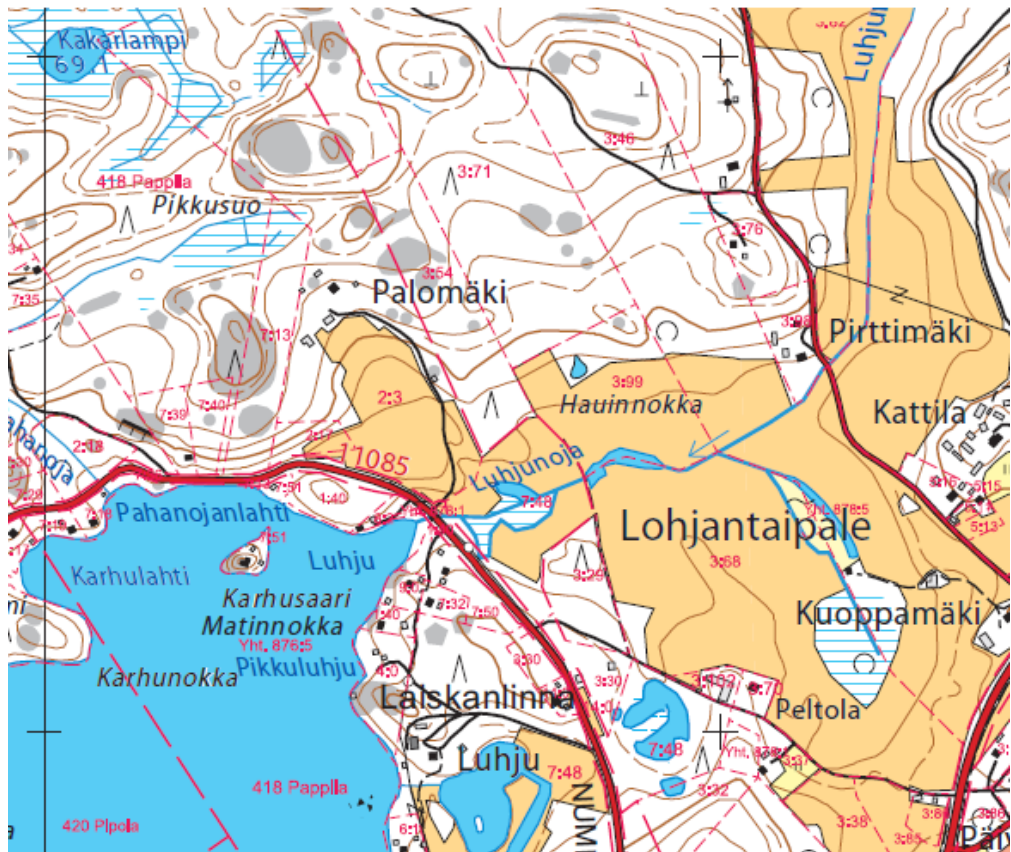


Kuva 27. Eskolan jokeen laskeva vesi

#### 5.8.5 Luhjunoja ja laskeutusaltaat

Karttakuvasta nähdään, että Luhjunoja kulkee peltoalueiden poikki. Valokuvat Luhjunojasta on otettu marraskuussa 2015, kuvista voi päätellä, että vesi sisältää kiintoainesta ja kiintoaineksen mukana kulkeutuu ravinteita. Luhjunojan ravinteikasta vettä voidaan pitää yhtenä Puujärven uhkana. Peltojen viljelytekniikoihin ja riittäviin suojakaistoihin tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Laskeutusaltaiden toimivuuden ylläpitämiseksi niitä tulisi huoltaa ja siihen olisi hyvä olla olemassa suunnitelma.





Kuva 28. Luhjunoja (Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry)



Kuva 29. Luhjunojan laskeutusallas marraskuussa 2015.

Kuten kuvasta 29 voi huomata, laskeutusaltaassa kasvaa kasvillisuutta, joka lisää viipymää ja poistaa ravinteita. Myös Luhjulla on rantakasvillisuutta, joka pidättää osan järveen laskevista ravinteista.





Kuva 30. Luhjunojan laskupaikka Puujärveen syksyllä 2015

### 5.8.6 Uimaranta

Uimaranta sijaitsee harjun länsipuolella ja rannasta avautuu Luhjonselkä. Uimarannasta on tehty uimavesiprofiili vuonna 2013. Lohjan kunta seuraa uimarannan veden laatua säännöllisesti uimakauden aikaan.



Kuva 31. Uimaranta

### 5.8.7 Mummonmökkikylän tekoallas

Mummonmökkikylä on asunto-osakeyhtiö, jonka tontilla on tekoallas. Tekoaltailla on virkistysarvoa alueella. Valokuvasta näkyy, että altaassa on runsaasti vesikasvillisuutta. Uhkana voi olla poikkeuksellisen runsaiden sateiden aikaan, että altaiden vesi pääsee tulvimaan Puujärveen. Kuvassa 33 näkyvän tekoaltaan ja Puujärven pienin etäisyys on karttatarkastelun perusteella noin 50 metriä.



Kuva 32. Tekoaltaat kartalla (Puujärven suojeluyhdistys ry)



Kuva 33. Tekoallas lokakuussa 2015





Kuva 34. Tekoaltaasta laskee pieni oja Puujärveen.

#### 5.8.8 Kurklahti ja laskeutusaltaat

Alueen asukkaat ovat olleet huolissaan ojan veden laadusta ja ovat rakentaneet laskeutusaltaat ojan veden laadun parantamiseksi. Kurklahten laskeutusaltaat sijaitsevat tonttien 5:88 ja 5:91 välissä. Ojan vesi kulkee kolmen altaan läpi, ennen kuin se laskee Puujärveen. Ojan vesi oli sameaa maastotarkkailun aikaan. Osa valuma-alueen pelloista oli kynnetty ja osa jätetty kasvipeitteelle. Kurklahtenojasta otettiin vesinäytteitä, joista on kerrottu aikaisemmin tässä raportissa.





Kuva 35. Kurklahti ja Kurklahtenoja



Kuva 36. Kurklahten laskeutusaltaita marraskuussa 2015



Kuva 37. Pelloilta metsäalueen poikki laskeutusaltaisiin laskeva vesi marraskuussa 2015.

## 6 VESISTÖN TILAA PARANTAVAT JA YLLÄPITÄVÄT TOIMENPITEET JA TOIMIJAT

Puujärvi ei ole rehevöitynyt järvi, sen tila on hyvä tai erinomainen riippuen siitä mikä on tarkasteltava kohde. Sen tilassa on kuitenkin havaittavissa muutosta huonompaan suuntaan, joten Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n on tärkeää pohtia mitä se voisi tehdä estääkseen tilan huonontumisen. Ja onko olemassa keinoja, joiden avulla Puujärven tila saadaan kokonaisuudessaan erinomaiselle tasolle. Tässä kappaleessa on käsitelty eri vaihtoehtoja Puujärven tilan parantamiseksi ja ylläpitämiseksi.

### 6.1 Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry

Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry perustettiin vuonna 1967, kun Puujärven asukkaat huolestuivat veden laadun heikkenemisestä. Tämä vesiensuojeluyhdistys on siis pyrkinyt pitämään Puujärven puhtana, jo lähes viidenkymmenen vuoden ajan. ( Kilpinen, 9) Yhdistys on tutkituttanut Puujärven vettä vuodesta 1971 lähtien ja se on muodostunut tärkeäksi työkaluksi järven tilan seuraamiseksi. (Syvähuoko n.d., 22.)

Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry on pyrkinyt aktiivisesti perustamisestaan lähtien ymmärtämään ja seuraamaan Puujärven vesistön tilaa. Se on yksi merkittävimmistä toimijoista järvellä, jonka tavoite on parantaa ja ylläpitää vesistön hyvinvointia. Yhdistys on aktiivisuudellaan saanut järvelle erilaisia rajoituksia sen suojelemiseksi. Tämän raportin on tarkoitus olla työkalu yhdistykselle, jonka avulla he voivat ohjata toimintaansa lähitulevaisuudessa Puujärven puhtaana pitämiseksi. Yhdistyksen hallituksen jäsenet toivoisivat Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n toimintaan lisää aktiivisia järven tilasta kiinnostuneita jäseniä.

## 6.2 Valumavesien kuormituksen hallinta

Valumavedet tuovat mukanaan ravinteita järveen, joten niiden käsittely ja hallinta ovat ensiarvoisen tärkeässä asemassa, kun tavoitteena on hyväkuntoinen järvi. Puujärven valuma-alue on pieni. Merkittävin Luhjunoja tulo-oja kulkee peltovaltaisen alueen poikki. Tulo-ojien pienen lukumäärän vuoksi saadaan järveen tuleva ravinnekuorma pienennettyä vesiensuojelutoimenpiteiden avulla, pääojissa ja niiden valuma-alueilla. Puujärven tilan parantamiseksi sekä ylläpitämiseksi on tärkeää saada valuma-alueen asukkaat ja viljelijät ymmärtämään valumavesien ravinteiden hallinnan tärkeys.

### 6.2.1 Haja-asutuksen jätevedet

Länsi-Uudellamaalla on käynnissä LINKKI-jätevesihanke, joka tarjoaa neuvontaa jätevesien käsittelyyn sekä kartoittaa toiminta-alueensa haja-asutusalueiden jätevesien käsittelyn tilannetta. Hankkeen toteuttaa Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry yhteistyössä alueen kuntien kanssa. Kartoitus- ja neuvontakäyntien tuloksista on koottu aluekortisto, joka sisältää aluekohtaiset yhteenvedot jätevedenkäsittelyn tilasta. Puujärven alueelta löytyy aluekortit Kontolanniemestä, läntiseltä Puujärveltä ja Tupasaaresta (Hajajätevesihanke n.d.). Tulossa on aluekortti, joka antaa yleiskäsityksen Puujärvellä sijaitsevien kiinteistöjen jätevesijärjestelmistä. (Virkkunen, sähköpostiviesti 7.1.2016.)

Kontolanniemen alueella on lähes kokonaan vain vapaa-ajanasutusta, joilla yleisin varustelutaso on yksinkertainen ja asunnoille kannetaan vesi tai käytössä on kesävesijohto. Alueella on kartoitettu 44 kiinteistöä, joilla vain seitsemässä on vesivessa käytössä. Puhdistusvaatimus ei koske 65 prosenttia alueen kiinteistöistä ja akuutissa uudistamistarpeessa on vierailun kohteista vain 11 prosenttia, näin ollen alueen uudistamistarve on keskimääräistä vähäisempää. Alue on vesihuollon kehittämisaluetta, jossa keskitetty viemäröinti voisi olla mahdollinen, mutta käyntien yhteydessä asukkaat kyseenalaistivat mahdollisen keskitetyn viemäröinnin tarpeellisuuden. (Aluekortisto, 2012.)

Tupasaari ei kuulunut hankkeen neuvontakohteisiin, mutta kartoitus- ja neuvontakäynnit tehtiin asukkaiden pyynnöstä. Kaikki kartoitetut kohteet

sijaittivat rannan tuntumassa ja olivat vapaa-ajan asuntoja, joihin vesi kannetaan järvestä. Alueella syntyy vain vähäisiä jätevesimääriä ja ne käsitellään yksinkertaisen maaperäkäsittelyn menetelmillä. (Aluekortisto, 2011.)

Puujärven läntisellä rannalla on pääosin vapaa-ajan asutusta, joka sijaitsee ranta-alueella. Käyttövesi kiinteistöillä saadaan omasta kaivosta, tuodaan muualta tai käytetään järven vettä. Käytetyimmät jäteveden käsittelyjärjestelmät ovat imeytyskaivo, kivipesä harmaille vesille sekä umpisäiliö tai saostussäiliö kaikelle vedelle. Kartoitusten yhteydessä huomattiin, että noin joka viides järjestelmä on akuutissa uudistamistarpeessa. Alueen asukkaat ilmaisivat kiinnostuksensa liittyä viemäriverkostoon, jos sellainen mahdollisuus olisi tarjolla. (Aluekortisto, 2014.)

Vuoden 2015 lopussa valmistui aluekortti Puujärvestä, jossa on kootusti alueesta tietoa. Kortti käsittää 77 kohteen vierailun. Kohteista 22 prosenttia on akuutissa uudistamistarpeessa, 16 prosenttia jätevesijärjestelmistä vaatii kunnostusta tai on otettava seurantaan, 10 prosenttia kohteista on kunnossa. Noin puolella kaikista tarkastelluista tonteista syntyy vain vähäisiä määriä harmaata jätevettä. (Virkkunen, sähköpostiviesti 7.1.2016)

Kartoituskäynnit ovat jatkuneet myös vuonna 2015 Puujärven pohjoisrannalla ja tulokset kartoituksista tulee nähtäville hankkeen omille kotisivuille. Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n kannattaa seurata kartoituksen tuloksia sekä kannustaa jäsenistöään jätevesijärjestelmien kunnossapitoon, koska haja-asutuksen jätevesikuorma huonosti hallittuna on uhka järvelle. (Peuraniemi, sähköpostiviesti 5.1.2016.)

## 6.2.2 Viljelytekniikat

Puujärven peruskartoitus 2015:n yhteydessä tehtyjen tulo-ojien vedenlaadun mittauksista voitiin päätellä, että tulo-ojien veden laatua kuormittaa peltoviljely. Kuormituksen suuruuteen voidaan vaikuttaa viljelytekniikoilla ja Puujärven valuma-alueella sijaitsevilla pelloilla tulisi suosia kestävä maatalouden mukaisia menetelmiä.

Vuosina 2009 – 2014 Uudenmaan tuottajajärjestöt ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus toteuttivat maatalouden vesiensuojeluhankkeen. Tässä ravinnehuuhtoumien hallinta –hankkeessa kerättiin ja jaettiin tietoa sekä käytännön kokemuksia vesiensuojelua ja kestävä maataloutta edistävästä toimenpiteistä Uudellamaalla. Hankkeen internetsivuilla on paljon materiaalia ravinnehuuhtoumien hallinnasta. (RAHA, 2014.)

Hankkeen yhteydessä seurattiin miten peltovaltaisen ja luonnontilaisen valuma-alueen ravinnekuormitus syntyy, ja mitkä tekijät siihen erityisesti vaikuttavat. Veden laatumittauksista havaittiin, että kasvipeitteisyys vä-



hentää kiintoaineen sekä fosforin huuhtoutumisen määrää. Hankkeen mukaan merkittävää on myös se, että merkittävä osa kuormituksesta saattaa syntyä pinta-alaltaan hyvin pieneltäkin osasta peltoa ja hyvin lyhyessä ajassa. Riskikohteiden ongelmat arveltiin johtuvan maan huonosta rakenteesta, kuivatusongelmista ja kasvipeitteettömyydestä. Pellon kuormitusta vähentää siis kasvipeitteisyyden mahdollisimman tehokas ravinteiden hyödyntäminen, sekä kasvukauden lopullakin pitkään jatkuva kasvu. (RAHA, 2014.)

Maaseudun tulevaisuuden artikkelin mukaan, pellon kipsikäsittely vähentää tehokkaasti fosforin huuhtoutumista. Nurmijärven Nummenpään valuma-alueella, neljän vuoden kipsikäsittely vähensi hiukkasiin sitoutuneen huuhtoutumisen puoleen ja liuenneen fosforin huuhtouma pieneni neljänneksellä. Lisäksi havaittiin, että pellon hiilensitomiskyky parani. Kipsin ei ole todettu vaikuttavan maan happamuuteen tai viljavuuteen eikä sadon määrään. Kipsin levittäminen pellolle ei ole kallista, koska raaka-aineena sitä syntyy Yaran kaivoksella sivutuotteena ja levityksen voi tehdä kalkin levityskalustolla. Yaran Suomen johtavan agronomin Raimo Kuppilan mukaan kipsi on tehokas vesiensuojeluratkaisu etenkin eroosioherkillä savimailla Itämeren valuma-alueella. Järvien valuma-alueella hän ei sitä suosittele, koska kipsistä vapautuva sulfaatti voi kiihdyttää rehevöitymistä. (Lehtonen 2013, Maaseudun tulevaisuus 22.5.2013, Maatalous.) Pellon kipsikäsittely on uusi menetelmä, joten tarkempia tutkimustuloksia on varmasti saatavissa tulevaisuudessa.

Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n pohtiessa vesiensuojelutoimia peltoalueilla tai niiden välissä kulkevilla ojissa on aina otettava huomioon maanomistajan oikeudet. Maanomistaja ja peltojen viljelijä tulisi saada mukaan toimintaan ja ymmärtämään vesiensuojelun tärkeys peltoviljelyssä. Vesistöä suojelevat viljelytekniiset ratkaisut parhaimmassa tapauksessa parantavat myös pellon viljavuutta. Uudenmaan tuottajajärjestöt ja uudenmaan ELY-keskus toteuttivat RaHa-hankkeen, jonka sivuilta löytyy runsaasti materiaalia viljelijöille.

### 6.2.3 Laskeutusaltat ja kosteikot

Puujärven peruskartoitus 2015-hankkeen yhteydessä tutkittiin kahden tulo-ojan veden laadut. Kurkojan ja Luhjunojan vesinäytteissä oli ravinteita huomattava määrä sekä myös suolistoperäisiä bakteereita. Kummassakin ojassa on laskeutusaltaita. Jo olemassa olevia laskeutusaltaita tulisi huolttaa, jotta ne toimisivat mahdollisimman tehokkaasti. Niiden mitoitus tulisi tarkistaa, jotta laskeutusaltaiden koko ja virtaama ovat suhteessa valuma-alueen ravinnekuormaan.

Luhjunojan ja Kurkojan alueet ovat maastoltaan sellaisia, että niihin voitaisiin suunnitella myös kosteikko. Patoamalla ympäristöään alavampiin maastonkohtiin saadaan massiivikaivuuta taloudellisemmin aikaan vesilintukoistekko. (Kosteikko.fi, n.d.a.) Kosteikko pidättää ravinteita, mutta

tarjoaa myös linnustolle pesimis- ja levähdyspaikkoja. Manner-Suomen kehittämisohjelman 2014-2020 puitteissa on mahdollista saada korvausta maatalousympäristöjen vesiensuojelua ja monimuotoisuutta lisäävien kosteikkojen rakentamiseen. (Kosteikko.fi, n.d.b.)

#### 6.2.4 Fosforin saostus

Kevätvalunnan mukana kulkeutuvaa fosforia ei pystytä vähentämään merkittävästi edes kosteikon avulla. Kevätvalunnan aikana valumavedet virtaavat nopeasti kosteikon läpi ennen kasvukautta, tästä syystä kosteikko ei pysty vähentämään valuma-vesien fosforikuormaa. Rehevöityneisiin vesistöihin on vuosikymmenten ajan kulkeutunut lisää fosforia, mutta sitä sitovien raudan ja alumiinin suolojen määrä ei ole ilmeisesti lisääntynyt. Erityisesti kevätvalunnan alkuvaiheessa fosforia saadaan saostettua ojavesistä tehokkaasti kemiallisin menetelmin.

Fosforia voidaan saostaa ojavedestä ferrisulfaatin avulla. Vuonna 2007 Jokioisten Rehtijärven ojavesistä saostettiin fosforia ferrisulfaatin eli rauta(III)sulfaatin avulla. Kemikaalia annosteltiin ojaveteen 4 mm x 4 mm –silmäkokoisen verkkosuppilon avulla. Säiliö ja verkkosuppilo oli asennettu v-padon yläjuoksulle, jolloin veden pinnan noustessa jäi koko suppilo veden sisään. Kahden viikon aikana käsiteltiin 25 000 kuutiometriä ojavettä. Saostukseen kului 560 kg ferrisulfaattia ja sillä saatiin saostumaan 66 prosenttia ojaveden liuenneesta fosforista. Kemikaalin annostelua seurattiin veden pH-mittauksen avulla. Hapan kemikaali alentaa veden pH:ta, joten veden pH mitattiin ennen ja jälkeen annostelun, jolloin saatiin välittömästi tieto annostelun toiminnasta. (Närvänen & Jansson 2007, 1 - 3) Suomessa fosforin saostusta on tehty eri suojeluyhdistysten toimesta ja tulokset ovat olleet hyvin vaihtelevia. Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n kannattaa selvittää kokemuksia muilta vesiensuojeluyhdistyksiltä jos fosforin saostukseen päätetään ryhtyä Puujärvellä.

#### 6.2.5 Pesukielto järvellä ja matonpesupaikka

Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:ssä oltiin jo ensimmäisistä toiminta vuosista alkaen huolissaan järvessä synteettisillä pesuaineilla tapahtuvasta pesusta. Vuonna 1970 yhteistyössä kunnan terveydenhoitolautakunnan kanssa saatiin voimaan pesukielto kaikissa Karjalohjan vesistöissä. Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry hankki myös kieltotauluja, joissa kerrottiin pesukiellosta vesistöissä. (Syvähuoko n.d, 39–40) Pesukielto on edelleen voimassa Puujärvellä ja Tesvärillä.

Myös yleinen matonpesupaikka oli toiveissa jo yhdistyksen perustamisesta lähtien. Vuonna 1981 vihdoinkin pesupaikka saatiin valmiiksi seurakunnan omistamaan entiseen hiekkakuoppaan. Yhdistys kustansi paikalle tarvittavat pesulaitteet. Matonpesupaikka saavutti suuren suosion heti alkuvuosista lähtien. (Syvähuoko n.d., 40–41.) Matonpesu paikka on edelleen käytössä.

### 6.3 Eliölajiston tarkkailu ja manipulointi

Vesistössä elävä eliölajisto kertoo sen tilasta, koska eri lajit tarvitsevat menestymiseensä useita eri ympäristötekijöitä. Jokaisella lajilla on sietokyky näiden ympäristötekijöiden, kuten veden ja typen suhteen. Bioindikaattorilajien avulla voidaan havainnoida ympäristössä tapahtuvia muutoksia. Näillä lajeilla on suppea sietoalue tietyn ympäristötekijän suhteen, jolloin ne reagoivat herkästi elinympäristössään tapahtuviin tietyn tekijän muutoksiin. (Etälukio n.d.)

#### 6.3.1 Kalakantojen sääntely

Hoitokalastus on biomanipulaatiota, jolla vaikutetaan vesistön kalakantoihin ja sitä kautta ravintoverkkoon. Usein ravintoketjukurkunnostuksesta puhuttaessa tarkoitetaan juuri hoitokalastusta. Ravintoketjukurkunnostuksen avulla pyritään parantamaan lähinnä rehevöityneiden vesistöjen vedenlaatua. (Niinimäki & Penttinen 2014, 74.)

Onnistuessaan hoitokalastus vähentää särkikaloja, lisää kasviplanktonia syövien eläinplanktonien tiheyttä, vähentää leväkukintoja, vähentää pohjaeläimien syövien kalojen aiheuttamaa kiintoaineen ja ravinteiden siirtymistä pohjasedimentistä veteen sekä parantaa kalastukselle arvokkaampien kalalajien elinolosuhteita ja kasvua. Ylitiheiden ahvenkantojen harventaminen mahdollistaa ahvenyksilöiden kasvamisen suuremmiksi. Myös suuret särjet saattavat estää runsaiden särkikalaikäluokkien muodostumisen. Hoitokalastuksen rinnalle tulisi ottaa myös muita menetelmiä kalakantojen vahvistamiseksi. Pyyntimenetelmä valitaan vesialueen luonteen, kalojen käyttäytymisen ja tavoitesaaliin perusteella. Ensimmäisenä vuonna tulisi keskittyä koeluontoiseen pyyntiin ja pyyntimenetelmien testaamiseen. Käytössä olevia hoitokalastusmenetelmiä ovat nuotta-, rysä- ja katiskapyynti. (Niinimäki & Penttinen 2014, 75–76, 91–95.)

Kalakantoihin voidaan vaikuttaa hoitokalastuksen lisäksi myös kalastuksen sääntelyllä ja kalakantojen vahvistamisella. Nämä pienimuotoisemmat toimenpiteet sopivat paremmin Puujärvelle, koska järvi ei ole rehevöitynyt. Luontaisten kalakantojen vahvistaminen tulisi aina olla ensisijainen toimenpide. Kalojen istuttaminen on riski, koska taudit, loiset ja vesistöön sopimattomat geeniperimät voivat aiheuttaa pysyviäkin vahinkoja. Istutukset eivät ole aina taloudellisestikaan kannattavia. Hoitokalastuksella pyritään välillisesti vahvistamaan petokalakantoja poistamalla särkikaloja. Jos luontaista lisääntymistä ei ole tarpeeksi, kantoja vahvistetaan kutu- ja lisääntymisalueita kunnostamalla sekä myös istutuksin. Kuha sopii vähentämään avovesialuilla oleskelevia särkikaloja ja kuoreita. Hauki taas harventaa litoraalialueiden eli rantavyöhykkeen kalastoa. Vähemmän rehevillä vesillä taimen saattaa sopia istutuskalaksi. Vaellussiihakin saattaa kilpailla menestyksellisesti särkikalojen kanssa elintilasta. Särkikalakantojen voimistuminen voi johtua rehevöitymisen lisäksi myös valikoivasta kalastuksesta. On tavallista, että kalastus kohdistuu pääosin

petokaloihin ja usein liian nuoriin yksilöihin. Petokalakantojen menestymistä voidaan vahvistaa pyyntirajoituksin, kuten rauhoituksin, alamittasäädöksin ja verkon silmäkoon suurentamisella. (Niinimäki & Penttinen 2014, 75–76.)

### 6.3.1 Linnuston tarkkailu

Rehevöityvässä järvessä linnusto voi aluksi runsastua, mutta rehevöitymisen edetessä pesivien vesilintujen lajisto alkaa köyhtyä. Esimerkiksi sorsalinnut ja nokikanat yleistyvät, mutta rehevöitymisen edetessä ja uposkasvien vähentyessä, myös vesilinnut vähenevät. Silkkiuikku viihtyy järvissä, joissa on runsaasti pientä kalaa saaliiksi. Sen voimakas runsastuminen järvellä on usein merkki ravintoketjun muuttumisesta särkikalavaltaiseksi. Puujärven linnustosta ei löydy julkista tietoa. Tästä syystä olisi tärkeää, että järvellä havainnoitaisiin siellä esiintyviä lintuja, jotta muutoksiin voitaisiin reagoida. Linnustoselvityksen teettämistä voi kysyä BirdLife Suomesta tai paikallisyhdistyksestä. Pesivien vesilintujen määrää arvioidaan laskennoilla jäiden lähdön jälkeen sekä pesimäkauden alussa. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 24.)

### 6.3.2 Kasvilajien tarkkailu

Karujen elinympäristöjen lajit häviävät ja alkavat korvautua rehevämpien elinympäristöjen lajeilla. Reheville järville tyypillisiä lajeja ovat leveäosmankäämi, vesirutto ja sarvikarvalehti. Karuille järville tyypillisiä lajeja on nuottaruoho, järvisätkin ja lahнаруoho. myös kasvillisuusalueiden sijainnit muuttuvat järven rehevöityessä kun kasvit siirtyvät veden samentuessa matalampaan veteen. Kasvillisuutta kannattaa tarkkailla heinä-elokuussa, jolloin vesikasvillisuus on runsaimmillaan. Erityisesti tulisi tarkkailla karujen sekä rehevien järvien avainlajien esiintymistä. Viranomaiseen kannattaa olla yhteydessä, jos järvessä esiintyy runsaasti uutta lajia tai kasvillisuus on selvästi muuttunut. (Sarvilinna & Sammalkorpi, 2010, 20–21.) Puujärvi ei ole rehevöitynyt, rannat eivät ole merkittävästi umpeenkasvaneita, näin ollen vesikasvien poistolle ei ole tarvetta.

## 6.4 Järven kunnostaminen

Puujärvi ei ole rehevöitynyt, joten järvellä ei tarvita merkittäviä kunnostustoimenpiteitä. Tulevaisuudessa mahdollinen vuoden aikojen keskimääräisen lämpötilan nousu ja näin valuman lisääntyminen voivat lisätä Puujärven ravinnekuormitusta. Tällä hetkellä huolestuttavaa on kuitenkin syvänteiden vähähappisuus ja niiden kohonneet fosforipitoisuudet. Seuraavissa kappaleissa on esitelty toimenpiteitä, jotka voivat parantaa veden laatua Puujärvellä.



#### 6.4.1 Syvänteiden hapettoman veden poisto

Maastokäynnillä vierailtiin Myllyllä, jossa vettä juoksutetaan padon kautta Eskolanjokeen. Paikan omistaja Heikki Sario toi esille, että Särkiänselän syvänteestä voitaisiin juoksuttaa hapetonta alusvettä Eskolanjokeen ja näin parantaa syvänteen happitilannetta. Kun alusvesi poistetaan, niin se korvaantuu hapekkaalla päällyysvedellä. Tavoitteena on, että happipitoisuus paranee ja ravinteiden sitoutuminen sedimenttiin tehostuu. Jos tätä menetelmää halutaan käyttää, on ehdottomana edellytyksenä se, että järveen muodostuu lämpötilakerroistuneisuus. Tämä menetelmä on sitä tehokkaampi, mitä enemmän järven alusvettä voidaan poistaa suhteessa järven tilavuuteen. Joissakin tapauksissa alusveden juoksuttaminen on aiheuttanut hajuhaittoja ja rauta- sekä mangaanisaostumia alapuolisen ojan pohjalle. (Lehmijoki n.d.)

#### 6.4.2 Syvänteiden hapetus

Puujärvellä syvänteissä on esiintynyt vähähappisuutta. Kuten edellä on käynyt ilmi, niin matala kokonaishappipitoisuus on nostanut syvänteiden kokonaisfosforipitoisuuksia. Syvänteiden huonoa happitilannetta voidaan hoitaa alusveden hapetuksella. Tämä keinon tarkoituksena on vain olla ”tekohengitystä”, jonka jälkeen järvellä ja sen valuma-alueella tehtävät muut kunnostustoimenpiteet tulisi parantaa järven tilaa, niin ettei hapestusta enää jatkossa tarvittaisi. (Niinimäki & Penttinen 2014, 101.)

Alusveden hapettamiselle on kaksi keskeistä syytä. Se on tärkeä osa laajempaa järvellä tapahtuvaa biomanipulaatiota, johon kuuluu ravintoketjun ohjailu ja kunnostus sekä eliöiden kemiallis-fysikaalisten elinympäristöjen vaaliminen. Toiseksi hapetus hillitsee järven sisäistä kuormitusta, joka myös liittyy yhteen laajakäsitteisen biomanipulaation kanssa.

### 6.5 Järven tilan seuraaminen

Puujärven tila on hyvä, joten sitä on tärkeä seurata. Tulevaisuudessa mahdollisiin muutoksiin järven tilassa voidaan reagoida nopeasti, kun järven tilasta on tietoa helppo lukuisessa muodossa vuosienkin takaa.

#### 6.5.1 Veden laadun tarkkailu

Kuten yllä on tullut jo ilmi, Puujärven veden laatua on tarkkailtu Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n toimesta jo 1971 vuodesta lähtien. Ympäristöhallinnon OIVA-palvelusta löytyy veden laatu-tuloksia jo vuodelta 1964. Tähän raporttiin on pyritty kokoamaan veden laadusta aineistoa, joka antaisi kuvan Puujärven tilan kehityksestä. Useissa järvien kunnostusta koskevissa teoksissa suositellaan mittaamaan veden laatua useamman kerran kesässä, jotta muuttujien vaikutus tulokseen olisi mahdollisimman pieni. Usean mittauksen ja tulosten analysoinnin teettäminen ke-

sässä on kallista, mutta se antaisi todellisen kuvan järven veden laadusta. Järven veden laatua voidaan mitata myös jatkuvatoimisella vedenlaadun mittausjärjestelmällä, se antaa reaaliaikaista tietoa vedenlaadusta. Tämä mittausjärjestelmä ei kuitenkaan ole huoleton, koska laitteiston antureita tulee huoltaa ja kenttäpäiväkirjan pito on suositeltavaa tulosten analysoinnin helpottamiseksi. ( Kesti 2014, 7–8.)

### 6.5.2 Veden laadun mittaaminen jatkuvatoimisella mittausjärjestelmällä

Jatkuvatoiminen mittausjärjestelmän anturit mittaavat vedenlaatua automaattisesti laitteeseen ohjelmoidun näytteenottoitiheyden mukaan. Laite voidaan ohjelmoida mittaamaan millä aikavälillä tahansa, mutta useimmiten aikaväli vaihtelee kymmenestä minuutista yhteen tuntiin. Tämän menetelmän ero perinteiseen vesinäytemenetelmään on se, että havainnot vedenlaatu tuloksia saadaan tiheällä aikavälillä. ( Jaakkola 2013,16) Tämän menetelmän käyttö Puujärvellä antaisi käyttöön useamman vedenlaatutuloksen havaintojaksolta. Sen avulla olisi mahdollista seurata esimerkiksi talven happipitoisuuksia syvänteissä, lämpötilakerrostumista tai tulo-ojien vedenlaatua. Vesiensuojeluyhdistyksen ei kuitenkaan kannata hankkia kalliita ja huoltoa vaativia laitteita itse, vaan ottaa selvää jos laitteet saisi käyttöön vesiensuojeluhankkeen kautta.

### 6.5.3 Sedimenttiselvitys

Puujärvellä on tehty vesiensuojeluyhdistyksen toimesta sedimenttitutkimus vuonna 2001, josta on kerrottu kootusti kappaleessa 5.3. Tämän raportin yhteydessä tehtiin tiivistä yhteistyötä Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n hallituksen kanssa ja heiltä nousi toivomus, että sedimenttiä tutkittaisiin uudestaan, jotta saataisiin selville sedimentin kerrostumisnopeus. Sedimenttiselvityksessä ei olisi tarkoitus tutkia sedimenttiä yhtä laajasti kuin vuonna 2001 tehdyssä selvityksessä, vaan keskittyä syvänteisiin, joiden happitilanne on huonoin. Sedimenttiä on siis tutkittu edellisen kerran 15 vuotta sitten. Tämä on lyhyt aika järvien kerrostumishistoriassa ja sedimenttitutkimusten tavoitteena on yleensä selvittää järven kerrostumishistoria. Järvellä ei ole tapahtunut suuria muutoksia viimeisen viidentoista vuoden aikana, joten kerrostumishistoria tuskin poikkeaa vuosinopeudeltaan, kerrostumisnopeudesta, joka saatiin selville vuonna 2001 tehdyssä tutkimuksessa. Puujärven suojeluyhdistys ry:n tulisi miettiä onko uusi sedimenttitutkimus tarpeen, koska reaaliaikaisempaa ja tärkeämpää tietoa järven tilasta tarjoaisi vedenlaatumittaukset, jos ne olisi mahdollista toteuttaa useamman kuin kerran vuodessa.

## 6.6 Ympäristötietoisuuden lisääminen

Puujärven suojelutoimintaan tulisi saada mukaan mahdollisimman monien vaikutusalueella asuva. Aktiivisiin yhteistyökumppaneihin olisi hyvä saada yrityksiä sekä Lohjan kunta. Puujärven hyvä kunto nostaa sen vir-

kistysarvoa sekä alueen tonttien hintaa. Tonttien arvolla voidaan houkuttaa Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n toimintaan mukaan yrityksiä sekä Lohjan kunta, koska alueella asettuvat asukkaat tuovat yrityksille ja kunnalle asiakkaita.

Ihmisen halua toimia ympäristön hyväksi kutsutaan ympäristötietoisuudeksi. Ympäristötietoisuus on kokonaisuus, jossa yhdistyvät motivaatio sekä tieto ja taito toimia ympäristön hyväksi. Ihmisen arvot ja asenteet määrittävät sen näkeekö henkilö muutoksen ympäristöongelmana vai ei. Esimerkiksi sata vuotta sitten jätevesiputkien päästöt ympäristöön nähtiin välttämättöminä ja siksi hyväksyttävinä. Ympäristötietoisuuden taustalla on myös tietoa, mutta vain tieto ei riitä muuttamaan ihmisen käyttäytymistä. (Harju-Autti 2011, 8–16.) Haasteelliseksi ympäristötietoisuuden lisäämisen tekee se, että ihmiskunta tulee todennäköisesti reagoimaan ympäristömuutoksiin liian myöhään merkittävän muutoksen aikaansaamiseksi. Ihminen toimii yleensä vasta silloin kun kielteiset muutokset havaitaan arkielämässä. (Puohiniemi 2011, 31.) Puujärven suojeluyhdistys ry:n toiminta lisää toiminta-alueensa ympäristötietoisuutta. Kun halutaan lisätä ympäristömyönteisempää toimintaa, on tärkeää tarjota kohderyhmälle käytännön toimintaa ja yhteistyötä. Tutkija Gellerin mukaan omanarvontunto, voimaantuminen ja yhteenkuuluvuus / omistaminen lisäävät yksilön todennäköisyyttä toimia ympäristömyönteisesti. (Harju-Autti 2011, 17.)

Puujärven suojeluyhdistys ry järjestää kesäisin Puujärvipäivät, joissa paikalliset voivat tehdä ostoksia torihenkisesti ja saada tietoa Puujärvestä. Yhdistys voisi järjestää Puujärvipäivien lisäksi pienempiä tapahtumia, joihin Puujärvestä kiinnostuneet ihmiset olisivat tervetulleita. Esimerkiksi yhdistys voisi järjestää luennon mökkiläisille hajavesien oikeanlaisen käsittelyn tärkeydestä. Tai järvellä voitaisiin järjestää kalastustapahtuma, jonka tavoitteena olisi saada poistettua mahdollisimman monta kiloa särkikalaa järvestä. Yhdistys tarjoaisi opastusta kalastukseen, jolloin kokemattomillakin asukkailla olisi matala kynnyks osallistua. Olisi tärkeää, että Puujärven asukkaat tuntisivat yhdistyksen helposti lähestyttäväksi ja kokisivat saavansa jotain hyötyä yhdistyksestä. Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry tarvitsee lisää aktiivisia jäseniä, joten lomakausiasukkaiden houkuttelu mukaan tapahtumiin voisi tuoda näitä kaivattuja jäseniä yhdistykselle.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Puujärvi ei ole rehevöitynyt, sen tila on kuitenkin heikentynyt. Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry on tarkkaillut järven veden laatua koko toiminta-aikansa ajan. Yhdistyksen tulee jatkaa vesinäytteiden ja analyysien tilaamista. Säännöllisellä veden laadun tarkkailulla voidaan analysoida, että onko järven hyväksi tehdyillä toimilla vaikutusta veden laatuun. veden-

laadun muutokset huonompaan suuntaan huomataan, jolloin tilanteeseen on mahdollista reagoida mahdollisimman pian. Puujärvellä ei ole havaittavissa merkkejä voimakkaasta sisäisestä kuormituksesta. Tähän raporttiin luotujen kokonaisfosfori ja happipitoisuus käyrien suhteesta on kuitenkin havaittavissa, että syvänteiden vähähappisuus aiheuttaa kokonaisfosforipitoisuuden nousua. Järven syvänteet ovat vesisyvyydeltään niin syviä, että pohjasedimentistä vapautunut fosfori ei saavuta helposti kasvi- ja leväkasvustoja. Tilannetta tulee kuitenkin seurata. Järven tilaa on suositeltavaa havainnoida myös kasvillisuuden, linnuston ja kalaston perusteella.

Suurin uhka järven tilalle on sen valuma-alueella tapahtuva ihmistoiminta. Puujärvellä tulisi arvioida siihen kohdistuvat kuormituslähteet, tähän on olemassa erilaisia laskentaohjelmia. Kuormituslähteiden arvioiminen mahdollistaa varautumisen valuma-alueella tapahtuviin maankäytön muutoksiin sekä antaa kuvan valuma-alueen kuormituksesta laskenta hetkellä.

Puujärveen laskeva Luhjunoja virtaa peltovaltaisen alueen läpi ja Puujärven peruskartoitus 2015 yhteydessä teetetyn vesianalyysin mukaan ojan vesi on ravinteikasta. Sen valuma-alueita voidaan pitää, jopa yhtenä merkittävimmistä ravinnekuormituksen lähteistä. Toimenpiteet, joiden tavoite on parantaa järven tilaa, tulisi kohdistaa valuma-alueelle ja erityisesti Luhjunojan valuma-alueelle. Ojaan on perustettu laskeutusaltaita, ne pidättävät ravinteita, mutta hoitosuunnitelman avulla voitaisiin taata, että ne toimivat halutulla tavalla. Alueen pelloilla tulisi toteuttaa vesiensuojellisia toimenpiteitä hyvässä yhteistyössä alueen viljelijöiden kanssa. Järvialtaassa ei siis tarvita merkittäviä kunnostustoimenpiteitä vaan toimenpiteiden tulisi kohdistua valuma-alueelle.

Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry tekee hienoa työtä Puujärven hyväksi. Tämä raportti toimii työkaluna vesiensuojeluyhdistykselle. Puujärven peruskartoitus 2015 avulla saadaan hyvä kokonaiskuva Puujärven tilanteesta ja sen luonteesta. Raportti on tulevaisuudessa apuna vesienhoito- ja kunnostustoimenpiteiden suunnittelussa. Suomessa on ollut ja tulee olemaan vesistönkunnostus-hankkeita, joissa Puujärven vesiensuojeluyhdistys ry:n olisi hyvä olla mukana. Vesiensuojeluyhdistyksen tulisi aktiivisesti etsiä yhteistyökumppaneita, niin julkiselta kuin yksityiseltä sektorilta, jotka auttaisivat säilyttämään ainutlaatuisen Puujärven. Toimintaan tulisi saada lisää innokkaita tekijöitä mukaan. Tämä on mahdollista tiedottamalla yhdistyksen olemassa olosta sekä työstä, jota se tekee puujärveläisten hyväksi sekä järjestämällä erilaisia tempauksia, joihin kiinnostuneiden henkilöiden on helppo osallistua.

**LÄHTEET**

Ahola, A. 2009. *Karjalohjan Puujärven vesikartoitus päävyöhykelinjamentelmällä vuonna 2008*. Uudenmaan ympäristökeskus.

Ahervo, L. 2013. Uimavesiprofiili – Puujärven uimaranta. [http://www.lohja.fi/Liitetiedostot/Kaupunkisuunnittelu/Kunnallistekniikka/Uimavesiprofiili\\_Puu%E4rvi\\_Julkinen.pdf](http://www.lohja.fi/Liitetiedostot/Kaupunkisuunnittelu/Kunnallistekniikka/Uimavesiprofiili_Puu%E4rvi_Julkinen.pdf)

Ahtela, I. 1992. *Luhjunojan veden laatu syksyllä 1991 ja keväällä 1992*. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri

Aluekortisto, 2011. Karjalohja, Tupasaari. Viitattu 29.12.2015. [http://www.hajavesi.fi/easydata/customers/hajavesi/files/media/suomenkieliset/dokumentit/neuvontamateriaali/kartoitus/2011\\_29\\_karjalohja\\_tupasaari.pdf](http://www.hajavesi.fi/easydata/customers/hajavesi/files/media/suomenkieliset/dokumentit/neuvontamateriaali/kartoitus/2011_29_karjalohja_tupasaari.pdf)

Aluekortisto, 2012. Karjalohja, Kontolanniemi. viitattu 29.12.2015 [http://www.hajavesi.fi/easydata/customers/hajavesi/files/media/suomenkieliset/dokumentit/neuvontamateriaali/kartoitus/2012\\_39\\_karjalohja\\_kontolanniemi.pdf](http://www.hajavesi.fi/easydata/customers/hajavesi/files/media/suomenkieliset/dokumentit/neuvontamateriaali/kartoitus/2012_39_karjalohja_kontolanniemi.pdf)

Aluekortisto, 2014. Lohja, Puujärvi läntinen. Viitattu 29.12.2015. [http://www.hajavesi.fi/easydata/customers/hajavesi/files/media/suomenkieliset/dokumentit/neuvontamateriaali/kartoitus/2014\\_90\\_lohja\\_puujarvi.pdf](http://www.hajavesi.fi/easydata/customers/hajavesi/files/media/suomenkieliset/dokumentit/neuvontamateriaali/kartoitus/2014_90_lohja_puujarvi.pdf)

Eloranta, P. 2005. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet. Teoksessa Ulvila, T. & Lakso, E. (toim.) *Järvien kunnostus*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 13 – 27.

Etälukio n.d. Biologia, Sopeutuminen. Viitattu 20.4.2016 <http://www02.oph.fi/etalukio/biologia/kurssi1/sopeutuminen.html>

Evira 2015. Usein kysyttyä EHECistä. Viitattu 17.12.2015. <http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/tietoa+elintarvikkeista/elintarvikevaa-rat/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia+aiheuttavia+bakteereja/escherichia+coli/usein+kysyttya+ehecista/>

Hagman, A-E. 2010. Kalljärven kuormitusselvitys ja kunnostussuunnitelma. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. <http://docplayer.fi/9161797-Kalljarven-kuormitusselvitys-ja-kunnostussuunnitelma.html>

Hajajätevesihanke n.d. Kartoitus- ja neuvontakäynnit. Viitattu 29.12.2015  
[http://hajavesi.fi/fi/neuvonta/kartoitus- ja\\_neuvontakaynti](http://hajavesi.fi/fi/neuvonta/kartoitus- ja_neuvontakaynti)

Harju-Autti, P. 2011. Ympäristötietoisuuden ytimessä on hyvä elämä. Teoksessa Harju-Autti, Neuvonen & Hakkarainen (toim.) *Ympäristötietoisuus*. Helsinki: Ympäristöministeriö. 8 – 20.

Holopainen, I. & Karjalainen, H. 2004. Järvet. Järvien rakenne ja toiminta. Teoksessa Walls, M. & Rönkä, M. (toim.) *Veden varassa. Suomen vesiluonnon monimuotoisuus*. Helsinki: Edita Publishing Oy. 30 – 35.

Ilmasto-opas n.d. Ilmastonmuutoksen vaikutus veden laatuun. viitattu 28.12.2015. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaiikutukset/-artikkeli/df8aa940-bfba-417a-ab28-350779abc995/veden-laatu.html>

Jaakkola, S. 2013. *Veden laadun mittaaminen jatkuvatoimisilla mittausantureilla Savijoen valuma-alueella*. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos. Maisteritutkielma.  
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38581/Pro%20gradu%20Sauli%20Jaakkola.pdf?sequence=1>

Kesti, J. 2014. *Jatkuvatoiminen vedenlaadun mittausjärjestelmä*. Oulun ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.  
[https://theseus.fi/bitstream/handle/10024/73942/Kesti\\_Juhani.pdf?sequence=1](https://theseus.fi/bitstream/handle/10024/73942/Kesti_Juhani.pdf?sequence=1)

Kilpinen, H. n.d. Johdanto. Teoksessa Syvähuoko, O. (toim.) *Pidä Puujärvi puhtaana, historiikki 1967 – 87*.

Kosteikko.fi a. Viitattu 26.1.2016 <http://kosteikko.fi/kosteikon-perustaminen/esiselvitys/mihin-millainen-ja-miten/>

Kosteikko.fi b. Viitattu 26.1.2016 <http://kosteikko.fi/kosteikon-perustaminen/luvat-ja-rahoitus/ei-tuotannollisten-investointien-korvaus/>

Launinainen, S., Sarkkola, S., Laurén, A., Puustinen, M., Tattari, S., Mattsson, T., Piirainen, S., Heinonen, J., Alakukku, L. & Finér, L. 2014. KUSTAA-työkalu valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan. Suomen ympäristökeskus.  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/144108/SYKEra\\_33\\_2014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/144108/SYKEra_33_2014.pdf?sequence=1)

Lehmijoki, A. n.d. Työtjärven kunnostussuunnitelma. Viitattu 27.1.2016.  
<http://www.puhdasvesijarvi.fi/easydata/customers/puhdasvesijarvi/files/melli/dokumentit/tyatjarvi020115.pdf>

Lehtonen, S. 2013. Kipsi vähentää tehokkaasti fosforin huuhtoutumista. Maaseudun tulevaisuus 22.5.2013, Maatalous.

<http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maatalous/kipsi-v%C3%A4hent%C3%A4%C3%A4-tehokkaasti-fosforin-huuhtoutumista-1.39835>

Luontoliitto n.d. Viitattu 25.1.2016 <http://www.sll.fi/mita-me-teemme/metsat/ekosysteemipalvelut>

Lyytimäki, J. & Hakala, H. 2008. *Ympäristön tila ja suojele Suomessa*. Helsinki: Gaudeamus.

Mattila, H. 2005. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Teoksessa Ulvila, T. & Lakso, E. (toim.) *Järvien kunnostus*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 137–150.

Niinimäki, J. & Penttinen, K. 2014. *Vesienhoidon ekologiaa. Ravintoverkkokunnostus*. Helsinki: Books on Demand GmbH.

Närvänen, A. & Jansson, H. 2007. Ferrisulfaatti saostaa ojavesistä liuenneet fosforit. *Maaseudun tiede*. 22.10.2007. 64. vuosikerta.  
<http://www.mtt.fi/maaseuduntiede/pdf/mtt-mt-v64n02s13b.pdf>

OIVA – Avoin ympäristö- ja paikkatietopalvelu. Viitattu 15.11.2015  
<https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>

Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta – Opasvihkonen.  
<http://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

Penttinen, K. & Niinimäki, J. 2010. *Vesien suojeleminen perusteet ja vesistöjen kunnostus*. Helsinki: Opetushallitus.

Peuraniemi, M. 5.1.2016. Hajajätevesihanke. Vastaanottaja Sharon Skurnik. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 7.1.2016.

Pethman, P. & Setälä, A. 2015. Ympäristökorvaus. Viitattu 24.4.2016.  
<https://www.mtk.fi/liitot/pirkanmaa/ajankohtaista/tapahtumakalenteri/Tapahtumat2015/fi/FI/tukikoulutus/files/93464538625606721/default/Anna%20Set%C3%A4l%C3%A4%20ja%20Pauli%20Pethman%20Ymp%C3%A4rist%C3%B6sitoumus%204.4.2015.pdf>

Puohiniemi, M. 2011. Arvot, asenteet ja ympäristönsuojelu. Teoksessa Harju-Autti, Neuvonen & Hakkarainen (toim.) *Ympäristötietoisuus*. Helsinki: Ympäristöministeriö. 8 – 20.

Pöntinen, A. 2015. Uusi tutkimus paljastaa: Ilmastonmuutos näkyy voimakkaimmin järvissä – erityisesti Suomessa. *Yle uutiset* 17.12.2015. Tiede.  
[http://yle.fi/uutiset/uusi\\_tutkimus\\_paljastaa\\_ilmastonmuutos\\_nakyy\\_voimakkaimmin\\_jarvissa\\_erityisesti\\_suomessa/8536653](http://yle.fi/uutiset/uusi_tutkimus_paljastaa_ilmastonmuutos_nakyy_voimakkaimmin_jarvissa_erityisesti_suomessa/8536653)

RAHA 2014. Ravinnehuuhtoumien hallinta-hanke. Viitattu 13.11.2015

[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ravinnehuuhtoumien\\_hallinta](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ravinnehuuhtoumien_hallinta)

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy n.d. Opas analyysitulosten tulkitaan – Talousvedet. Viitattu 26.12.2015

[http://www.ymparistotutkimus.fi/upload/File/OPASVIHKONEN\\_VEDENLAADUSTA\\_talousvesi.pdf?rnd=1355828961](http://www.ymparistotutkimus.fi/upload/File/OPASVIHKONEN_VEDENLAADUSTA_talousvesi.pdf?rnd=1355828961)

Sarvilinna, S. & Sammalkorpi, I. 2010. *Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus

Suomen luonnonsuojeluliitto n.d. Viitattu 25.1.2016

<http://www.sll.fi/mita-me-teemme/metsat/ekosysteemipalvelut>

Särkkä, J. 1996. *Järvet ja ympäristö. Limnologian perusteet*. Helsinki: Gaudeamus.

Valovirta, I. 1997. Uhanalaisen kääpiösarvikotilon esiintymä ehdotetun Kanta-Pipolan rantakaavan osa-alueen nro 1 rantakosteikossa. Luonnontieteellinen keskusmuseo – Selkärangattomien osasto.

Valpola, S & Kauppila, T. 2001. Karjalohjan Puujärven Sedimenttitutkimus – Loppuraportti. Turun yliopisto, Maaperägeologian osasto.

[http://www.vesientila.fi/easydata/customers/vesientila/files/suojeluyhdistys/puujarvi/pdf:t/puujarven\\_sedimenttitutkimus2001\\_loppuraportti.pdf](http://www.vesientila.fi/easydata/customers/vesientila/files/suojeluyhdistys/puujarvi/pdf:t/puujarven_sedimenttitutkimus2001_loppuraportti.pdf)

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 10.3.2011/209

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110209>

Vesientila. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Puujärvi. Viitattu 15.9.2015. <http://vesientila.fi/fi/kunnat/lohja/jarvet/puujarvi>

Viinikkala, J. , Mykkänen, E. & Ulvila, T. 2005. Ruoppaus. Teoksessa Ulvila, T. & Lakso, E. (toim.) *Järvien kunnostus*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 211- 226.

Virkkunen, H. 7.1.2016. Aluekorttiluonnos: Puujärvi. Vastaanottaja Sharon Skurnik. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 7.1.2016.

Vuori, K-M. Bäck, S., Hellsten S., Karjalainen, S., Kauppila, P., Lax, H-G. yms. 2006. *Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Ympäristökorvaus n.d. Ympäristökorvaus – enemmän vaikuttavuutta maatalouden ympäristötoimiin. Viitattu 24.4.2016.



<http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Documents/ymparistokorvaus.pdf>

Ympäristöministeriö. Natura 2000 –verkosto turvaa monimuotoisuutta. Viitattu 16.9.2015. [http://www.ymparisto.fi/fi/Luonto/Luonnon\\_monimuotoisuus/Luonnonsuojelualueet/Naturaalueet](http://www.ymparisto.fi/fi/Luonto/Luonnon_monimuotoisuus/Luonnonsuojelualueet/Naturaalueet)

Ympäristö.fi, 2013. Natura 2000-alueet. Puujärvi. Viitattu 16.9.2015. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura 2000 alueet/Puujarvi%285559%29](http://www.ymparisto.fi/fi/FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Puujarvi%285559%29)

Ympäristö.fi, 2015. vesienhoitosuunnitelma ja taustaselvitykset. Viitattu 4.1.2016. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesienhoito/Vesienhoito-suunnittelu\\_ja\\_yhteistyö/Vesienhoito-alueet/KymijokiSuomenlahti/Vesienhoitosuunnitelma\\_ja\\_tauastaselvitykset/Vesienhoitosuunnitelma\\_ja\\_tauastaselvity%2824006%29](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesienhoito/Vesienhoito-suunnittelu_ja_yhteistyö/Vesienhoito-alueet/KymijokiSuomenlahti/Vesienhoitosuunnitelma_ja_tauastaselvitykset/Vesienhoitosuunnitelma_ja_tauastaselvity%2824006%29)

Valpola, S & Kauppila, T. 2001. Karjalohjan Puujärven Sedimenttitutkimus – Loppuraportti. Turun yliopisto, Maaperägeologian osasto. [http://www.vesientila.fi/easydata/customers/vesientila/files/suojeluyhdistykset/puujarvi/pdf:t/puujarven\\_sedimenttitutkimus2001\\_loppuraportti.pdf](http://www.vesientila.fi/easydata/customers/vesientila/files/suojeluyhdistykset/puujarvi/pdf:t/puujarven_sedimenttitutkimus2001_loppuraportti.pdf)

Vesientila. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Puujärvi. Viitattu 15.9.2015. <http://vesientila.fi/fi/kunnat/lohja/jarvet/puujarvi>

Watman n.d. Miten tulkita yleisimpien vesitutkimusten tuloksia? Viitattu 22.12.2015. <http://www.watman.fi/pdf/vedenlaatu.pdf>

## Siltaniemi 1 vedenlaadun mittaustulokset

Aika	Näytteenot- tosy- vyys (m)	Hapen kylläs- tysaste (kyll.%)	Happi, liukoinen mg/l	Kemiall. hapen kulu- tus CODMn ( mg/l)	Koko- naisfos- fori (µg/l)	Kokonais- typpi (µg/l)	a- klorofyl. µg/l	Sähkön kön- johta- vuus (mS/m)	Väri- luku	pH	Nä- kösy- vyys (m)
30.6.1964	1	94	8,8	4,8				6,5	10	7,2	
27.8.1991	1	94	8,7	3,5	19			7,3	15	7,3	
17.2.1992	1	95	13,5	7,9	9	470		8	20	7,1	2
10.8.1992	1	90	8,5	5	11			7,6	30	7,1	4,3
23.3.1993	1	92	12,7	4,2	13	760		8	20	6,9	5
1.9.1993	1	96	9,8	4,1	10	300		7,6	15	7,4	3
22.3.1994	1	89	12,7	3,8	7	410		8,3	10	7,1	5
9.8.1994	1	101	8,7	4,2	11	340		7,3	10	7,3	5,6
7.3.1995	1	93	13,1	3,9	12	470		8,6	10	6,9	4,3
9.8.1995	1	93	8,6	4,5	15	350		6,9	30	7,4	4
13.3.1996	1	91	13	3,8	7	370		3,3	10	7,1	6
28.8.1996	1	94	8,5	4,2	27	400		7,6	30	6,6	3,90
12.3.1997	1	87	11,8	4,8	8	460		7,2	15	6,9	3,7
26.8.1997	1	96	8,7	3,9	1	280		7	15	7,4	4,5
4.3.1998	1	93	13	3,5	9	370		7,3	10	7,1	4,3
26.8.1998	1	87	8,5	3,8	10	300		6,9	10	7,3	3
17.3.1999	1	84	12	4,1	8	470		7,4	20	7	2,7
25.8.1999	1	91	8,7	3,8	10	330		7	15	7,4	5
13.3.2000	1	89	12,7	4,6	8	620		7,1	10	7,1	3,8
5.9.2000	1	90	8,7	4,1	10	340		6,8	15	7,3	3,80
7.3.2001	1	96	13,8	4,4	12	490		8	20	7,1	4
30.8.2001	1	91	8,5	4,1	9	340		6,9	5	7,4	4
8.8.2002	1	99	8,8	5,1	10	350		6,8	15	7,6	3,7
27.8.2003	1	93	8,8	4	8	280		7	15	7,4	5,1
25.8.2004	1	90	8,4	4,2	11	290		6,9	25	7,4	3,3
2.8.2005	1	97	8,6	4,5	10	300		6,9	15	7,5	4,1
10.8.2006	1	103	9	4,7	7	290		6,9	10	7,6	4,9
14.8.2007	1	103	9	4,8	10	330		7	5	7,7	3,9
26.8.2008	1	93	8,9	5,3	11	370		6,8	15	7,4	3,7
31.8.2009	1	93	8,8	4,4	12	320		6,6	5	7,3	4
24.8.2010	1	91	8,3	4,4	10	330		6,7	L5	7,4	4,1
23.8.2011	1	93	8,4	4,4	9	330		6,8	15	7,8	3,6
27.8.2012	1	90	8,4	4,5	11	370		6,6	20	7,6	3,9
27.8.2013	1	99	9,1	4,9	8	320		6,5	10	7,7	4,6
27.8.2014	1	91	8,7	4,6	11	310		6,5	20	7,6	3,7
26.8.2015	1	97	8,7	4,3	14	330		6,6	15	7,6	4
17.2.1992	11	67	9	4,2	8	440		7,7	25	6,6	
30.6.1964	14	50	5,3	3,8				6,3	10	6,7	3,2

Aika	Näytteenotto-syvyys (m)	Hapen kyllästyssaste (kyll.%)	Happi, liukoinen mg/l	Kemiall. hapen kulu-tus CODMn ( mg/l)	Kokoi-naisfos-fori (µg/l)	Kokonais-tyyppi (µg/l)	a- klorofyl. µg/l	Sähkön kön- johta- vuus (mS/m)	Väri- luku	pH	Nä- kösy- vyys (m)
10.8.1992	14	33	3,6	4,9	28	490		7,7	40	6,5	
27.8.1991	15	15	1,6	5,1	120				50	6,8	
23.3.1993	15	42	5,6	4,5	17	800		8,2	30	6,4	
1.9.1993	15	3	0,4	7	130	750		9,3	100	6,6	
22.3.1994	15	7	0,9	3,9	35	500		8,5	30	6,5	
9.8.1994	15	32	3,4	4,2	15	430		7,4	20	6,5	
7.3.1995	15	35	4,7	4,4	18	520		8,3	30	6,2	
9.8.1995	15	44	4,9	4	15	400		7,2	30	6,6	
13.3.1996	15	15	1,9	3,3	20	490		7,9	20	6,5	
28.8.1996	15	13	1,4	4,1	7	320		7,2	10	7,5	
12.3.1997	15	15	2	4,4	47	660		8,1	30	6,6	
26.8.1997	15	38	4,1	3,9	5	340		7,1	20	6,6	
4.3.1998	15	29	3,9	5,1	24	560		7,9	20	6,5	
26.8.1998	15	6	0,6	5	110	530		8,1	50	6,7	
17.3.1999	15	11	1,4	4,4	27	520		8,1	25	6,5	
25.8.1999	15	9	0,9	3,8	26	480		7,3	25	6,6	
13.3.2000	15	25	3,3	7	26	720		7,8	40	6,4	
5.9.2000	15	4	0,4	5,2	83	640		8	70	6,7	
7.3.2001	15	39	5,2	3,9	19	460		7	20	6,6	
30.8.2001	15	3	0,4	4,7	47	2300		7,8	20	6,6	
8.8.2002	15	25	2,7	5	25	480		7,1	20	6,5	
27.8.2003	15	34	3,7	3,8	16	330		7,2	20	6,7	
25.8.2004	15	20	2,2	3,7	34	490		7,4	30	6,7	
2.8.2005	15	38	4,1	4,4	14	420		7,2	20	6,7	
10.8.2006	15	29	3,2	4,6	18	370		7,1	15	6,6	
14.8.2007	15	9	1	4,7	28	510		7,6	30	6,7	
26.8.2008	15	3	0,3	6,8	79	580		7,8	50	6,7	
31.8.2009	15	16	1,7	4,7	18	400		7,1	15	6,6	
24.8.2010	15	31	3,4	5	14	430		8,7	15	6,7	
23.8.2011	15	24	2,6	4,7	24	430		7,2	20	6,7	
27.8.2012	15	8	0,9	5,2	40	530		7,2	40	6,7	
27.8.2013	15	32	3,6	4,9	13	470		6,6	15	6,7	
27.8.2014	15	33	3,6	4,2	17	400		6,9	30	6,7	
26.8.2015	15	33	0,2	6,8	95	910		9,1	40	7,2	
26.8.2008	0,0-2,0						5				
31.8.2009	0,0-2,0						3,8				
24.8.2010	0,0-2,0						3,8				
23.8.2011	0,0-2,0						3,9				
27.8.2012	0,0-2,0						4,7				
27.8.2013	0,0-2,0						3,4				
27.8.2014	0,0-2,0						3,9				
26.8.2015	0,0-2,0						2,8				

Aika	Näytteenotto- syvyys (m)	Hapen kyllä- saste (kyll.%)	Happi, liukoinen mg/l	Kemiall. hapen kulu- tus CODMn ( mg/l)	Koko- naisfos- fori (µg/l)	Kokonais- typpi (µg/l)	a- klorofyl. µg/l	Sähkön kön- johta- vuus (mS/m)	Väri- luku	pH	Nä- kösy- vyys (m)
14.8.2007	0,9 - 2,0						5				



Aika	Näytteenotus- vyys (m)	Happi, liukoi- nen mg/l	Ha- pen kylläs- tysas- te (kyll. %)	Ke- mi- all. hapen kulutus CODMn ( mg/l)	Ko- ko- nais- fos- fori (µg/l )	Ko- ko- nais- typ- pi (µg/l )	Am- moni- um typpe- nä (µg/l)	Klo- ro- fyl- li-a µg /l	Säh- kön- johta- vuus mS/m	Väri- luku mg Pt/l	pH	Nä- kösy- vyys (m)
25.3.2010	1	11,7	90	6,3	10	470	28		7,7	15	7	3,1
24.8.2010	1	8,3	89	6,3	10	320	1		6,6	15	7,5	4,6
4.4.2011	1	12,7	94	1,6	8	420	26		6,9	10	7,2	3,2
31.8.2011	1	8,5	87	4,8	11	320	1		6,7	15	7,5	4,4
28.3.2012	1	12	97	4,5	13	410	1		6,5	25	7,1	4,4
30.8.2012	1	9,2	90	5,6	10	310	1		6,2	20	7,3	3,5
26.3.2013	1	12,6	104	5,8	13	450	2		6,7	15	7,1	4
22.8.2013	1	9,5	93	5,5	9	360	1		6,2	20	7,6	3,4
3.3.2014	1	12,9	91	5,1	8	440	5		6,3	25	7,2	4
19.8.2014	1	8,1	93	4,7	9	310			6,4	10	7,4	4,1
27.8.2015	1	8,5	45	4,8	10	310	4		6,5	10	7,5	4,1
27.8.2015	10	4,4	28	4,6	9	330	8		6,6	10	6,9	4,1
27.8.2015	15	3	17									4,1
24.8.2006	18	1,9	29	4,5	31	520	28		7	40	6,4	4,2
27.8.1991	19	3,3	36	3,4	17				7,6	20	6,6	
10.8.1992	19	4,2	59	4,9	28	500			7,6	40	6,6	4,3
1.10.1996	19	6,8	15									3
24.8.1998	19	1,7	27	4,5	34	400	10		7,2	35	6,5	3,2
16.8.1999	19	3,1	11	4,3	15	440	9		6,9	20	6,4	4,5
29.8.2001	19	1	17	5,3	52	620	39		7,3	55	6,4	3,6
27.8.2002	19	2	32	3,2	34	480	10		7,2	40	6,4	5,5
14.7.2005	19	3,9	57							25	6,6	6,5
30.6.1964	20	6,4	74	4			98		6,27	15	6,8	3,2
6.7.1967	20	7,9		3,8	30				7,04	15	6,7	4
25.8.1971	20	8,4	67	4	10	380	100		7,26	10	6,4	
17.2.1992	20	9,2	43	4,1	11	420			7,6	20	7	2
23.3.1993	20	5,8	21	4,7	26	810			8	30	6,5	4,8
1.9.1993	20	2,6	15	4,2	16	550			8	15	6,4	3,5
15.3.1994	20	2	16	3,9	22	490	59		8,1	25	6,3	4,8
25.8.1994	20	1,9	43	4	30	420	12		7,4	35	6,3	4,5
14.3.1995	20	5,8	31	3,4	18	390	3		7,1	20	6,4	5,2
23.8.1995	20	3,6	16	4,1	18	440	19		7,2	20	6,4	4
4.10.1995	20	1,9	23									3,1
29.8.1996	20	2,6	10	3,7	20	400	19		7,2	20	6,3	3,8
17.3.1997	20	1,3	17	4,9	81	720	290		8,2	40	6,5	4,6
26.8.1997	20	2	3	4,6	34	290	17		7,2	30	6,4	5,4
7.10.1997	20	0,4	42									3,7
10.3.1998	20	5,6	2	5,3	19	640	4		7,4	25	6,4	3,2
20.8.2009	1	8,7	82	4,1	9	280	2		6,8	15	7,2	4,8







Aika	Näytteenotus- vyys (m)	Happi, liukoi- nen mg/l	Hapen kylläs- tysas- te (kyll. %)	Ke- mi- all. hapen kulutus CODMn ( mg/l)	Ko- ko- nais- fos- fori (µg/l )	Ko- ko- nais- typ- pi (µg/l )	Am- moni- um typpe- nä (µg/l)	Klo- ro- fyl- li-a µg /l	Säh- kön- johta- vuus mS/m	Väri- luku mg Pt/l	pH	Nä- kösy- vyys (m)
29.10.2009	0							3,7				3,8
25.3.2010	0							1,1				3,1
27.7.2010	0							2,6				4,7
24.8.2010	0							3,9				4,6
20.10.2010	0							6,1				4,1
4.4.2011	0							0,9				3,2
26.7.2011	0							3,2				3,4
31.8.2011	0							3				4,4
26.10.2011	0							6,7				4
28.3.2012	0							0,8				4,4
26.7.2012	0							5,4				3,2
30.8.2012	0							2,8				3,5
31.10.2012	0							3,7				3,4
26.3.2013	0							1,3				4
11.7.2013	0							1,8				3,7
22.8.2013	0							3,1				3,4
30.10.2013	0							4,6				2,8
3.3.2014	0							2,5				4
10.7.2014	0							2				4,7
19.8.2014	0							3,4				4,1
29.10.2014	0							3,2				3,7
27.8.2015	0		90					2				4,1
12.10.1994	0,3	10,2	97	4,2	13	300	6		7,2	20	7,3	

## Vähäsaari 4 vedenlaadun mittaustulokset

## Liite 3/1

Aika	Näytteenotto-syvyys (m)	Happi, liukoi-koinen mg/l	Hapen kylläs-tysaste (kyll.%)	Kemiall. hapen kulutus CODMn (mg/l)	Koko-nais-fosfo-ri (µg/l)	Koko-nais-typpi (µg/l)	Am-moni-um tyyppi-nä µg/l	a-klo-rofyl. µg/l	Säh-kön-johta-vuus (mS/m)	Väri-luku	pH	Näkösy kösy-vyys (m)	Läm pöti-la
27.8.1991	1	8,7	94	3,6	23				7,4	15	7,4		19
17.2.1992	1	14,4	100	5,1	12	510			7,9	25	7,1	2	0,6
10.8.1992	1	8,8	93	4,3	10	340			7,5	30	7,2	2,2	18,1
23.3.1993	1	12,1	88	4,3	17	760			7,9	20	6,8	4,6	2,1
1.9.1993	1	9,6	94	4,3	11	330			7,2	15	7,4	3,1	14,3
22.3.1994	1	12,4	87	4	8	400			8,4	10	7,2	3	0,9
9.8.1994	1	8,7	102	4,2	8	340			7,4	15	7,3	5	23
7.3.1995	1	12,5	88	6,8	14	550			6,6	40	6,4	2,2	1
9.8.1995	1	8,6	93	4,2	11	320			7,2	30	7,4	4	18,9
13.3.1996	1	12,7	88	3,7	6	360			7,8	10	7,1	4	0,6
28.8.1996	1	8,5	94	4,2	7	300			7,1	10	7,5	3,5	20,1
12.3.1997	1	11,8	87	4,3	8	430			7,2	20	6,9	3	2,6
26.8.1997	1	8,7	95	3,4	1	330			6,9	15	7,4	5,5	19,8
4.3.1998	1	12,4	89	3,8	10	410			7,3	10	7	4,4	1,6
26.8.1998	1	8,6	88	3,8	10	300			6,9	10	7,3	2,9	16,5
17.3.1999	1	11,8	82	4,3	8	450			7,4	20	7	2,3	0,5
25.8.1999	1	8,8	92	3,8	10	330			6,8	15	7,3	4,5	17,5
13.3.2000	1	12,8	90	4,7	8	470			6,9	15	7,1	4	1
5.9.2000	1	8,8	91	3,6	11	370			6,8	20	7,3	4,5	17
7.3.2001	1	12,9	91	4,6	12	480			7,1	15	7,1	3,8	1,1
30.8.2001	1	8,2	88	4,1	10	330			6,8	5	7,3	3,7	18,5
8.8.2002	1	8,7	99	5,1	10	330			6,8	20	7,6	3,7	21,9
27.8.2003	1	8,6	91	3,9	9	330			7	15	7,5	4,7	18,1
25.8.2004	1	8,5	91	4,3	12	310			6,8	25	7,4	3,3	18,3
2.8.2005	1	8,9	99	4,7	10	290			6,9	15	7,6	4,5	20,8
10.8.2006	1	9	102	4,9	7	300			6,9	10	7,7	5,4	21,9
14.8.2007	1	8,8	102	4,5	10	320			6,9	10	7,6	3,9	22,7
26.8.2008	1	9	94	5,3	13	350			6,8	15	7,4	3	17,3
31.8.2009	1	8,7	91	5	10	320			6,6	2,5	7,3	3,5	17,7
24.8.2010	1	8,2	90	4,9	9	350			6,9	2,5	7,4	3,5	19,9
23.8.2011	1	8,2	91	4,8	10	370			6,7	15	7,7	4,1	20
27.8.2012	1	8,3	90	4,6	17	370			6,5	15	7,4	3,4	18,9
27.8.2013	1	9,2	101	4,7	11	330			6,5	10	7,7	3,9	19,7
27.8.2014	1	8,6	91	4,3	10	320			6,5	20	7,5	3,5	17,7
26.8.2015	1	98	8,7	4,5	11	350			6,5	20	7,6		
27.8.1991	13	1,1	10	4,2	110				8,2	70	6,7		11
17.2.1992	12,3	7	53	4,2	10	490			7,7	25	6,5	2	3,6
10.8.1992	13	1,1	10	5,3	120	640			7,8	60	6,5	2,2	9,7
23.3.1993	13	6,4	47	4,1	13	760			8,2	20	6,5	4,6	2,9

Aika	Näytteenotto-syvyys (m)	Happi, liukokoinen mg/l	Hapen kyllästyaste (kyll.%)	Kemiall. hapen kulutus CODMn (mg/l)	Kokonaisfosfori (µg/l)	Kokonais-typpi (µg/l)	Ammonium typpinä µg/l	a-klorofyl. µg/l	Sähkönjohtavuus (mS/m)	Väri-luku	pH	Näkösyvyys (m)	Lämpötila
1.9.1993	13	0,5	4	4,6	42	610			8,1	50	6,5	3,1	8
22.3.1994	13	3,8	28	3,8	10	490			8,2	10	6,6	3	3,3
9.8.1994	13	0,5	5	4,8	81	680			7,9	30	6,4	5	10,7
7.3.1995	13	6,2	46	3,7	16	440			7,9	10	6,3	2,2	2,8
9.8.1995	13	2,8	24	4,1	22	500			7,5	30	6,5	4	9
13.3.1996	13	1,1	8	3,7	20	570			8,3	20	6,5	4	4,2
28.8.1996	13	0,4	4	5,3	190	700			8,2	100	6,6	3,5	9,7
12.3.1997	14	5,3	40	4,2	12	500			7,7	15	6,5	3	3,8
26.8.1997	13	0,3	3	4,6	160	720			7,7	60	6,5	5,5	9,8
4.3.1998	13	4,7	35	3,8	13	490			7,7	10	6,5	4,4	3
26.8.1998	13	0,6	6	4,4	66	470			7,6	40	6,6	2,9	12,4
17.3.1999	13	2,6	20	3,9	16	510			7,8	25	6,5	2,3	4,3
25.8.1999	13	0,4	4	4	39	470			7,1	40	6,6	4,5	9,8
13.3.2000	13	1	8	6,1	22	750			7,4	35	6,5	4	3,7
5.9.2000	13	0,3	3	5,2	88	800			7,9	80	6,7	4,5	12,9
7.3.2001	13	5,7	42	4,4	13	490			7,3	20	6,6	3,8	3
30.8.2001	13	0,05	0,5	5,5	150	710			8	50	6,7	3,7	11,5
8.8.2002	13	0,2	2	6,6	230	900			7,9	80	6,6	3,7	8,9
27.8.2003	13	0,3	2	4,4	150	690			7,7	50	6,7	4,7	8,8
25.8.2004	13	0,4	3	4,2	68	550			7,8	50	6,8	3,3	9,5
2.8.2005	13	1,1	10	4,6	29	570			7,4	40	6,6	4,5	10,6
10.8.2006	13	0,6	5	5,5	120	630			7,6	50	6,6	5,4	9,1
14.8.2007	13	0,3	3	5,8	170	750			8	70	6,7	3,9	10
26.8.2008	13	0,3	3	6,5	75	660			7,7	40	6,7	3	11,3
31.8.2009	13	0,4	4	5,6	93	440			7,4	30	6,6	3,5	10,2
24.8.2010	13	0,4	3	5,3	42	460			7,2	30	6,6	3,5	9,6
23.8.2011	13	0,6	5	5,1	96	510			7,5	70	6,7	4,1	9,3
27.8.2012	13	0,5	4	5,1	47	530			7,3	40	6,6	3,4	11,2
27.8.2013	13	2,4	21	4,7	13	490			6,7	15	6,7	3,9	9,3
27.8.2014	13	0,8	7	5,2	56	520			7,3	50	6,6	3,5	10,2
26.8.2015	13	0,5	0,05	6,4	210	860			7,9	100	7		
14.8.2007	0							3,1				3,9	
26.8.2008	0							5,7				3	
31.8.2009	0							3,6				3,5	17,7
24.8.2010	0							3,3				3,5	
23.8.2011	0							4,2				4,1	
27.8.2012	0							5,2				3,4	
27.8.2013	0							3,6				3,9	
27.8.2014	0							3,7				3,5	
26.8.2015	0							2,3					