

HOLLOLAN TYÖTJÄRVEN POHJASEDIMENTIN HYÖTYKÄYTTÖ

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Insinööri (AMK)
Energia- ja ympäristötekniikka
Kevät 2019
Antti Nygård
Mika Purhonen

Kuvailulehti

Tekijä(t) Nygård, Antti Purhonen, Mika	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Kevät 2019
	Sivumäärä 70	
Työn nimi Hollolan Työtjärven pohjasedimentin hyötykäyttö		
Koulutusohjelma Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Suomessa on paljon Työtjärven kaltaisia pieniä järviä, jotka ovat alttiita rehevöitymiselle. Rehevöitymisen perimmäisenä syynä on ravinnetason kasvu, jota voidaan hillitä poistamalla eloperäistä materiaalia järven pohjasta. Eloperäisen pohjasedimentin hyödyntämistä voidaan edistää kartoittamalla erilaisia vaihtoehtoja, ja lisätä näin kustannustehokkuutta.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin kirjallisia lähteitä, joiden avulla tutustuttiin yleisesti Suomen järvien tilaan, järvien kunnostukseen liittyvään lainsäädäntöön sekä Työtjärven nykytilaan. Pohjasedimentille pohdittiin mahdollisia hyötykäyttökohteita, jonka vuoksi Työtjärvestä otettiin sedimenttinäytteet ja näytteet tutkittiin sertifioidussa laboratoriossa. Työhön kuului myös pohjasedimentin teoreettista metaanintuottopotentiaalin tarkastelua. Laskennat tehtiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen kehittämää biokaasulaskuria käyttäen.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää sedimentille soveltuva käyttökohde, jonka avulla voidaan kattaa osa järven kunnostuskustannuksista. Lisäksi työssä vertailtiin kahta vaihtoehtoa alusveden mukana poistuvan pohjasedimentin kiinniotosta.</p> <p>Laboratoriotulosten pohjalta arvioitiin pohjasedimentin mahdollisuuksia erilaisissa käyttökohteissa. Sedimenttiä voidaan käyttää luomulannoitteena, biokaasun tuotannossa sekä maa-rakentamisessa. Sedimentin hyötykäyttö kuitenkin erilaisissa kohteissa vaatii tarkempia tutkimuksia sedimentin ominaisuuksista sekä ravinteista ja haitta-aineista.</p>		
Avainsanat Pohjasedimentti, biokaasu, luomulannoite, ruoppaus, geotekstiilituubi, järven kunnostus		

Description

Author(s) Nygård, Antti Purhonen, Mika	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2019
	Number of pages 70	
Title of publication Reutilization of the sediment in lake Työtjärvi, Hollola		
Degree programme Bachelor's Degree in Energy and Environmental Technology		
Abstract <p>There are a lot of small lakes in Finland, such as the lake Työtjärvi in Hollola that are vulnerable to eutrophication. The root cause of eutrophication is the rise of nutrient levels which can be managed by extracting organic sediment deposits. The extracting of organic sediment deposits can be encouraged by finding an application that increases the cost-efficiency.</p> <p>This thesis was conducted by reviewing digital and printed sources. The focus was the conditions of Finnish lakes, the legislation and the current condition of lake Työtjärvi. To excavitate a potential application, three sediment samples were taken from lake Työtjärvi and examined in a certified laboratory. The thesis included a theoretical portion on the potential of biogas production in the sediment of lake Työtjärvi. The potential was calculated using an appraiser developed by Agrifood Research Finland.</p> <p>The purpose of this thesis was to find a suitable application for the sediment of lake Työtjärvi, that would create financial value for it and reimburse some of the costs of the lake restoration.</p> <p>Based on the laboratory results different applications for the sediment were reviewed. The sediment can be utilized in organic farming as a fertilizer, in the production of biogas and in earthworks. Before further utilization of the sediment, more precise research on the contaminants, the physical properties and the nutrients is required.</p>		
Keywords Sediment, biogas, organic fertilizer, dredging, geotextile tube, lake restoration		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	SUOMEN JÄRVIEN TILA	2
2.1	Suomen järvien nykytila ja seuranta.....	2
2.2	Järven kuntoon vaikuttavia tekijöitä.....	4
2.2.1	Happipitoisuus.....	4
2.2.2	Sähkönjohtavuus.....	4
2.2.3	Happamuus.....	4
2.2.4	Kokonaisfosfori	5
2.2.5	Kokonaistyyppi.....	5
2.2.6	A-klorofylli.....	5
2.3	Vesistöjen kunnostusmenetelmiä	6
2.3.1	Hapetus.....	6
2.3.2	Ravintoketjukunnostus.....	6
2.3.3	Fosforin kemiallinen saostus	7
2.3.4	Ruoppaus.....	7
2.3.5	Geotekstiilituubin käyttö sedimentin kuivatuksessa.....	9
2.3.6	Vesikasvillisuuden poisto.....	10
2.3.7	Järven kuivatus	10
2.3.8	Alusveden poistaminen	11
3	RUOPPAUSSEDIMENTIN HYÖDYNTÄMISEEN LIITTYVÄÄ LAINSÄÄDÄNTÖÄ	13
3.1	Ympäristönsuojelulaki (527/2014)	13
3.2	Vesilaki (587/2011)	13
3.3	Luonnonsuojelulaki (1096/1996)	14
3.4	Jätelaki (646/2011)	14
3.5	Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007).....	14
3.6	Lannoitevalmistelaki (539/2006).....	15
3.7	Valtioneuvoston asetus maa-ainesjätteen hyödyntäminen maarakentamisessa	16
4	POHJASEDIMENTIN HYÖTYKÄYTTÖ.....	18
4.1	Luomulannoite.....	18
4.2	Biokaasun tuotanto	19

4.3	Maarakentaminen	22
4.3.1	Jättemaiden peittäminen.....	23
4.3.2	Maisemointi.....	23
4.3.3	Kaivantojen täyttö.....	24
5	HOLLOLAN TYÖTJÄRVI	25
5.1	Perustiedot.....	25
5.2	Valuma-alue	26
5.3	Työtjärven tila	27
5.3.1	Näkösyvyys	27
5.3.2	Kokonaisfosfori	28
5.3.3	Kokonaistyyppi.....	30
5.3.4	Happipitoisuus.....	31
5.3.5	Happamuus.....	32
5.3.6	Sähkönjohtavuus.....	33
5.3.7	A-klorofylli.....	34
5.3.8	Pohjaeläimet.....	35
5.3.9	Kalasto	35
5.3.10	Vesikasvit.....	36
5.4	Kunnostusvaihtoehdot.....	37
5.4.1	Järven kuivatus	37
5.4.2	Alusveden poistaminen	38
6	TYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT	42
6.1	Näytteenotto	42
6.2	Laboratorioanalyysit	46
6.3	Biokaasulaskuri	46
7	TULOKSET	47
7.1	Laboratorioanalyysien tulokset	47
7.2	Sedimentin käyttö lannoitteena	48
7.3	Biokaasu	52
7.4	Maarakentaminen	53
7.5	Alusveden poistossa kulkeutuvan sedimentin kiinniotto	53
8	YHTEENVETO.....	57
	LÄHTEET	59

LIITTEET.....	63
---------------	----

1 JOHDANTO

Valtaosa Suomen järvistä on luokiteltu käyttökelpoisuudeltaan hyväksi tai erinomaisiksi. Tällaiset järvet ovat usein suuria tai kaukana asutuksesta. Heikommassa kunnossa olevat järvet ovat useimmiten pieniä ja ne sijaitsevat asutuskeskusten läheisyydessä ja niiden arvo painottuu virkistyskäyttöön. Virkistys- ja mökkikäytön lisääntyessä on alettu entistä enemmän kiinnittämään huomiota järvien kuntoon. Järvien kuormitus koostuu valuma-alueelta laskeutuvasta hajakuormituksesta, maataloudesta sekä järvien omasta sisäisestä kuormituksesta. Järvet hiljalleen rehevöityvät luontaisesti, mutta rehevöityminen kiihtyy ihmisen toiminnan seurauksena.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Hälvälän osakaskunta ry sekä sedimenttitutkimusten rahoittajana Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö. Työn tarkoituksena on tutkia Hollolan Työtjärven pohjasedimentin ominaisuuksia ja siten hyötykäyttömahdollisuuksia sekä sedimentin kiinniotta alusveden poiston yhteydessä. Työn tavoitteena on löytää pohjasedimentille sopiva käyttökohde, joka luo sedimentille rahallisen arvon ja täten auttaa Työtjärven kunnostuskustannuksien kattamisessa.

Työ aloitettiin kirjallisuuskatsauksella ja sedimenttinäytteenotolla, joiden perusteella hyötykäyttökohteiden tarkastelu kohdennettiin luomulannoitekäyttöön, biokaasun tuotantoon sekä maarakentamiseen. Kirjallisuuskatsauksen lisäksi luomulannoitekäytön tarkastelussa hyödynnettiin laboratoriotutkimuksia ja asiantuntijalausuntoa. Biokaasun tuotantoa tarkasteltaessa hyödynnettiin biokaasulaskuria. Hyötykäytön tarkastelun lisäksi työssä tarkasteltiin alusveden juoksutuksen mukana kulkeutuvan pohjasedimentin kiinniotta suodatuskentällä ja geotekstiilitubeilla.

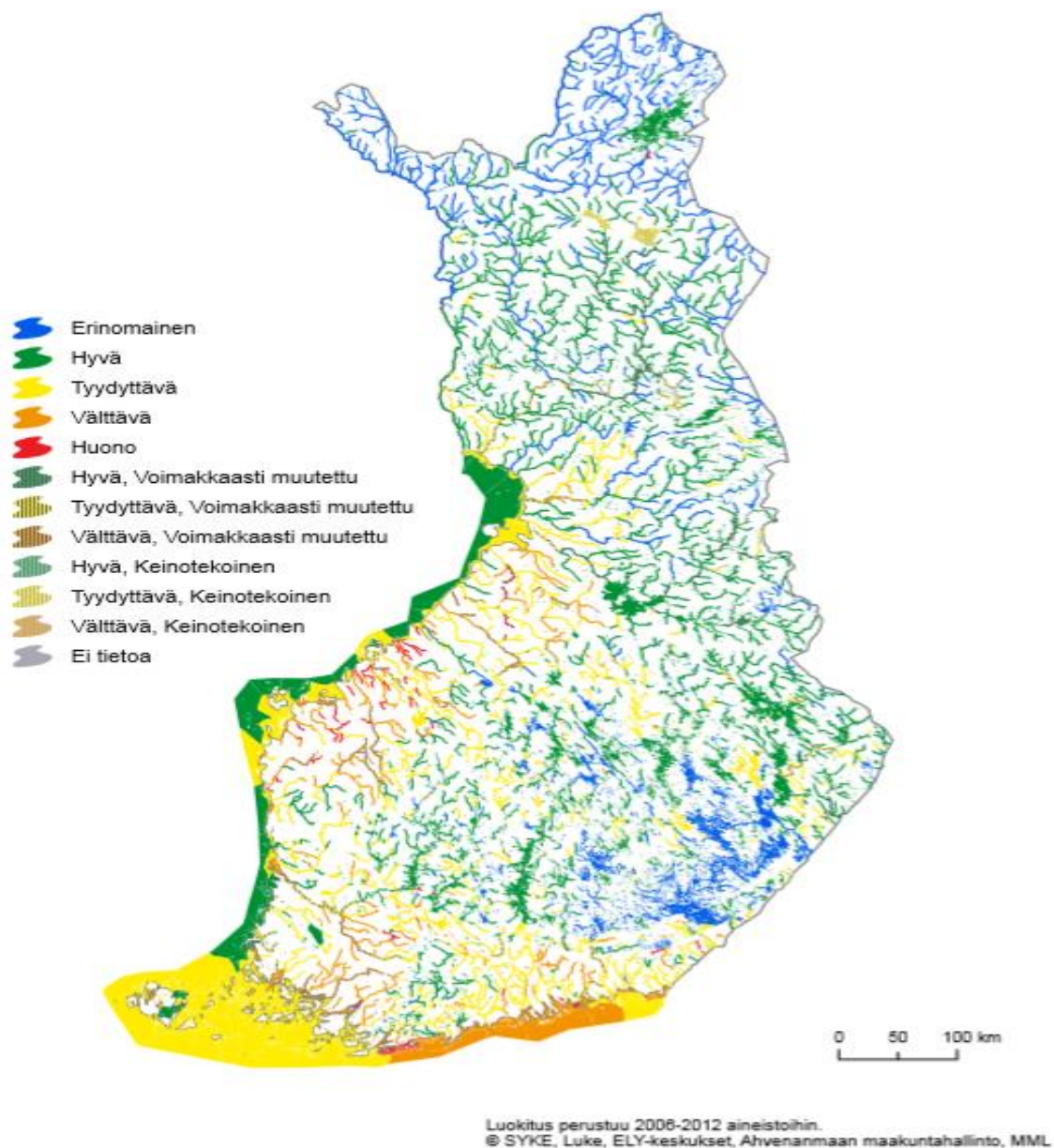
2 SUOMEN JÄRVIEN TILA

2.1 Suomen järvien nykytila ja seuranta

Suomen järvien yhteenlaskettu pinta-ala on noin 33 500 km², joka peittää noin 10 % koko Suomen pinta-alasta. Suomessa on lähes 190 000 järveä tai lampea, jotka ovat yli 5 aarin suuruisia sekä 56 000 yli hehtaarin suuruista järveä. Suomen järvien tila on yleisesti hyvä ja sitä kuvataan vesien yleisellä käyttökelpoisuusluokituksella. Käyttökelpoisuusluokitus kuvaa veden laatua, soveltuvuutta vedenhankintaan, kalavesiksi ja virkistyskäyttöön.

(Maa- ja metsätalousministeriö 2007, 16.)

Suomen järvistä 85 % on ekologiselta tilaltaan erinomaisessa tai hyvässä kunnossa. Kuviossa 1 näkyy, että heikkokuntoisimmat järvet sijoittuvat rannikolle ja erinomaiset Itä- ja Pohjois-Suomeen. Rannikolla järvien tilaa heikentävät jokien mukana kulkeutuvat ravinteet, maatalous sekä teollisuus. (Suomen ympäristökeskus 2019c.)



Kuvio 1. Suomen pintavesien ekologinen tila 2015 (Suomen ympäristökeskus 2019c)

Vesien laatua seurataan, sillä ihmisen toiminta ja luonnon omat mekanismit voivat vaikuttaa veden laatuun. Vedestä kerätyillä tiedoilla voidaan selvittää ja seurata vesistön rehevöitymistä ja kunnostustoimenpiteiden toimivuutta pitkällä aikavälillä. Suomessa vesien laadun seuranta on lakisääteistä ja vesien laatua seuraa muun muassa Suomen ympäristökeskus. (Suomen ympäristökeskus 2019a.)

EU:n direktiiveissä veloitetaan järvien ja jokien vedenlaadun seurantaan. Direktiiveistä tärkeimpinä ovat vesipolitiikan puitedirektiivin (VPD, 2000/60/EY), nitraattidirektiivi

(92/676/ETY) ja kalavesidirektiivi (78/659/ETY). Veden laatua seurataan joko vuosittain 4 - 12 kertaa tai 3, 6 tai 12 vuoden välein. Erityisesti veden laadun seurannassa kiinnitetään huomiota vesistöjen typpiedustavuuteen. (Suomen Ympäristökeskus 2019a.)

2.2 Järven kuntoon vaikuttavia tekijöitä

2.2.1 Happipitoisuus

Veden hyvä happipitoisuus kertoo järven hyvästä kunnosta, mutta on otettava huomioon, että eri mittaussyvyyksissä ja -ajankohtina veden happipitoisuus voi olla hyvin erilainen. Järvien syvänteet ovat tyypillisiä paikkoja, jotka kärsivät happikadosta. Alhaisen happipitoisuuden takia ravinteet liukenevat pohjasedimentistä veteen nopeammin. (Ulvi & Lakso 2005, 132.)

Talviaikaan veden lämpötilan ollessa 0,5 - 1,0 °C on happipitoisuus 12 - 13 mg O₂/l, jolloin happikyllästysaste on 80 - 90 %. Kesällä veden lämmitessä 18 - 20 °C on happipitoisuus normaalisti 8 - 9 mg O₂/l ja happikylläisyysaste 80 - 90 %. (Oravainen 1999, 4.)

2.2.2 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuudella määritetään vedessä olevien liuenneiden suolojen määrää, suuri arvo tarkoittaa korkeaa mineraalien määrää. Suomen järvissä tavanomainen arvo vaihtelee 5 - 10 mS/m välillä. Sähkönjohtavuudelle on ominaista kohota talviaikaan etenkin alusvedessä hapettomissa olosuhteissa vapautuvien ionien vaikutuksesta. (Oravainen 1999, 10-11.)

2.2.3 Happamuus

Veden normaali pH on noin 7,0, mutta järvi- ja järvivesissä pH on yleensä, luontaisen humuspitoisuuden vuoksi, hieman alhaisempi 6,5 - 6,8. Veden pH:n muutoksia vastustaa puskurisysteemi, joka muodostuu hiilihaposta ja suolasta. Päälyys- ja alusveden pH:ssa on eroavaisuuksia alusvedessä tapahtuvan hajotustoiminnan vuoksi, jolloin veteen vapautuu hiilidioksidia, joka taas reagoi veden kanssa muodostaen veden pH:ta alentavaa hiilihappoa. Tyypillisiä veden pH:n korottajia ovat levät, jotka voivat nostaa pH:ta 8 - 10 asti. Leväkukinnat käyttävät vedestä kaiken hiilidioksidin ja bikarbonaatin, jolloin puskurisysteemi häiriintyy. (Oravainen 1999, 12-13.)

2.2.4 Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforilla tarkoitetaan kaikkea aineessa olevaa fosforia. Kasveille käyttökelpoinen fosfori esiintyy liukoisessa muodossa. Ajan saatossa fosfori kerääntyy järviin valumavesien mukana. Fosforia kerääntyy järviin, joiden valuma-alueella on runsaasti maataloutta. Fosfori toimii vesiekosysteemin perustuotannon minimitekijänä, joka on kasvien käytössä ensimmäisenä loppuva ravinne. Tavanomaisesti fosforipitoisuus on pintavedessä alhaisempi kuin alusvedessä, sillä sedimentoituva aines kuljettaa fosforia pohjaa kohti. Järvissä, joissa ei ole happiongelmiä, fosfori sitoutuu pohjalietteeseen ja alusveden fosforipitoisuudet pysyvät alhaisina. Sedimenttiin sitoutunut fosfori vapautuu nopeammin järvissä, joiden alusvedessä tai syvänteessä on alhainen happipitoisuus. (Vääränen, Ormio & Haapanen 2004, 3.)

Järven rehevöityessä happea kuluttava hajotustoiminta lisääntyy ja hapen puutteen seurauksena fosforin ja typen aiheuttama sisäinen kuormitus kiihtyy. Särkikalat selviytyvät vähähappisissa oloissa petokaloja paremmin ja ne myös pöyhivät pohjasedimenttiä vapauttaen fosforia veteen. (Suomen Ympäristökeskus 2019b.)

2.2.5 Kokonaistyyppi

Kokonaistypellä tarkoitetaan kaikkea typpeä, kasveille käyttökelpoinen typpi on epäorgaanisessa muodossa. Orgaanisessa muodossa oleva typpi vapautuu hitaasti kasvien käyttöön. Typpeä kulkeutuu vesistöihin jätevesien, valumavesien ja sadevesien mukana, etenkin vesistön valuma-alueella sijaitseva viljely lisää typpikuormitusta (Vääränen ym. 2004). Järvissä typpipitoisuus vaihtelee luontaisesti kesä- ja talviaikaan. Loppukesästä typpipitoisuus on alhaisimmillaan, sillä kesällä tapahtuu typpeä kuluttavaa tuotantoa, kun taas talvella typen kulutus on vähäistä. Typpipitoisuus kasvaa vesistössä syvemmälle mentäessä, joka aiheutuu mineralisaatiossa vapautuvan typen takia. (Oravainen 1999, 19-20.)

2.2.6 A-klorofylli

A-klorofylli mittaa lehtivihreällisten planktonlevien määrää vedessä. A-klorofyllin tulosta voidaan verrata suoraan vesistössä olevaan levämäärään ja siten rehevyystasoon. A-klorofylliä tutkitaan avovesikaudella, sillä leväbiomassa voi vaihdella huomattavasti säästä riippuen. Vaihtelevuuden vuoksi klorofyllimääriäyksiä tehdään kesä- ja elokuun välisenä

aikana vähintään kolme kertaa, mutta yleinen käytäntö on tehdä kuusi määritystä. (Oravainen 1999, 23.)

2.3 Vesistöjen kunnostusmenetelmiä

2.3.1 Hapetus

Hapetusta voidaan suorittaa monella tapaa, mutta tunnetuin niistä on ilmastus, jossa ilmaa pumpataan alusveteen, jolloin happi siirtyy veteen. Muita käytettyjä menetelmiä ovat hapekkaan veden johtaminen vähähappiseen alusveteen ja vähähappisen alusveden poisto, jolloin alusvesi korvautuu hapekkaalla päällysvedellä. (Ulvi & Lakso 2005, 157.)

Hapekkaan veden johtaminen vähähappiseen veteen suoritetaan pumpaamalla hapekasta pintavettä järven pohjaan. Johtaminen voidaan suorittaa sekoittamalla pintavettä alusveteen, jolloin veden kerrostuneisuus pysyy ehjänä, tai sekoittamalla veden kerrokset keskenään. Veden pumpaaminen voidaan myös toteuttaa luomalla vaakasuuntaisen virtaus, jonka avulla voidaan esimerkiksi kuljettaa hapekasta vettä virtauksettomaan lahteen. (Ulvi & Lakso 2005, 157-159.) Alaluvussa 2.3.8 on tarkemmin käsitelty vähähappisen alusveden poisjohtamista.

2.3.2 Ravintoketjukunnostus

Yleisin ravintoketjukunnostuksen toimenpide on särkikalojen ja joskus myös kuoreen sekä pienten ahventen hoitokalastus. Hoitokalastus ei kuitenkaan ole ainoa tapa kunnostaa järven ravintoketjua, sillä järvestä voidaan tehokalastamalla tavoitella selvää muutosta kalakantaan tai järven kalakantaa voidaan muuttaa esimerkiksi lisäämällä petokaloja. (Ulvi & Lakso 2005, 171.)

Järven ravintoketjukunnostuksen tarvetta arvioidaan koekalastuksella, jossa tarkkaillaan saalis- ja lajimäärää, levämäärän arvioinnilla sekä tarkkailemalla veden laadun vaihtelua vuodenajoittain. Kunnostuksen tarpeessa olevissa järvissä on usein suuri särkikanta tai pienten yksilöiden suuri määrä. Hoito- tai tehokalastuksella suoritettava kunnostus on tehtävä lyhyellä aikavälillä, tavanomaisesti 1 - 2 vuoden aikana, sillä kalastuksen jälkeisenä vuotena uusi nuorempi kalakanta tulee myös poistaa, jottei järvi täyty uudella nuorella särkikannalla. (Ulvi & Lakso 2005, 171-172.)

2.3.3 Fosforin kemiallinen saostus

Ennen toteutusta fosforin kemiallisen saostuksen soveltuvuus täytyy varmistaa. Järvi, jossa kuormitus tapahtuu sisäisesti, soveltuu kyseiseen kunnostusmenetelmään, mutta jos kuormitus koostuu järven ulkoisista tekijöistä, kuten valumavesistä, saostus ei toimi yhtä tehokkaasti. Veden viipymä myös vaikuttaa osaltaan saostuksen vaikutusaikaan. Jos veden viipymä järvestä on lyhyt, kemikaalipitoinen vesi poistuu ennen kuin se vaikuttaa järven tilaan. (Ulvi & Lakso, 2005, 193.)

Fosforia saostaessa vedessä oleva fosforipitoisuus laskee, minkä ansiosta leväkukinnot vähenevät huomattavasti. Jos järven vesi sisältää runsaasti humusta, fosforin saostus voi parantaa järven näkösyvyyttä huomattavasti painamalla humuksen pohjaan. Kemikaalin suuri määrä vedessä voi aiheuttaa kalakuolemia. Toisaalta jos kalakanta on yksi rehevöitymisen aiheuttajista, niin kemiallisella saostuksella voidaan myös pyrkiä kalakannan vähentämiseen. Kalakuolemien tapahtuessa kuolleet kalat kuitenkin tulee kerätä järvestä. (Ulvi & Lakso 2005, 193-194.)

Kemiallinen saostus aloitettiin kokeilemalla ferrosulfaattia, joka vaatii hapetuksen ferriraudaksi, jotta se saostaa fosforia. Ferrirauta ei pysty saostamaan fosforia hapettomissa oloissa ja fosfori liukenee takaisin veteen raudan pelkistyessä. Nykyään kemiallisessa saostuksessa käytetään ferri- ja alumiiniklorideja, jotka eivät sisällä rikkiyhdisteitä. Aluminiikloridi on toimivuudeltaan parempi, sillä se saostaa fosforia myös hapettomissa olosuhteissa. (Ulvi & Lakso 2005, 194.)

Alumiinikloridia käytettäessä annostelu suoritetaan siten, että veden pH laskee tasolle 6,0. pH:n tason laskiessa alle 5,5, saattaa seurata kalakuolemia, sillä osa alumiinista esiintyy silloin eliöstölle myrkyllisessä muodossa. Alumiinikloridi on nestemäistä ja se levitetään useimmiten veneestä ja sekoitetaan vesimassaan potkurivirran tai vesisuihkun avulla alkuksella. Saostus voidaan kohdistaa koko vesimassaan tai pelkästään alusveteen. (Ulvi & Lakso 2005, 195-196.)

2.3.4 Ruoppaus

Ruoppaukset voidaan jakaa laajoihin ja pieniin ruoppauksiin. Laajat ruoppaukset, joissa ruopataan koko järvi, ovat harvinaisia, sillä se on kallista ja usein muilla kunnostusmenetelmillä päästään parempiin tuloksiin. Pienet ruoppaukset usein toteutetaan yksittäisten kiinteistöjen rannoilla, ja ne ovat paljon yleisempiä. Ruoppauksia tehdään perinteisimmin

kaivinkoneella, mutta myös imuruoppausta pumpun avulla käytetään. (Ulvi & Lakso 2005, 213.)

Laajassa ruoppauksessa poistetaan pohjasedimenttiä tai muuta pehmeää massaa koko järvestä tai huomattavalta alueelta. Laajoilla ruoppauksilla tavoitellaan koko järven tai sen osan kokonaistilan parantamista, vesisyvyyden ja -tilavuuden lisäämistä ja virkistyskäytön parantamista. Laajalla ruoppauksella pystytään myös tehokkaasti poistamaan vesikasveja juurineen. Yleensä kokonaisten järvien ruoppaus korkean kustannuksen vuoksi keskittyy pieniin virkistyskäytössä tärkeisiin kohteisiin asutuskeskusten läheisyyksissä. (Ulvi & Lakso 2005, 213.)

Ruoppausprosessissa on neljä työvaihetta: ruoppausmassan irrottaminen ja nostaminen, ruoppausmassan siirtäminen, ruoppausmassan välivarastointi sekä ruoppausmassan sijoittaminen ja käsittely. Ruoppausprosessin kaikki vaiheet tulee toteuttaa noudattaen ympäristön kannalta parhaita käytäntöjä ja parasta käyttökelpoista tekniikkaa hyödyntäen. Käytännössä tämä tarkoittaa sellaisen teknologian käyttöä, joka minimoi ympäristölle aiheutuvat haitat ruoppaus- ja läjitysprosessin aikana. Parhaat käyttökelpoiset tekniikat muuttuvat jatkuvasti kehityksen myötä. Niiden noudattaminen edellyttää kehityksen seuraamista ja soveltamista hankkeissa. (Ympäristöministeriö 2015, 17.)

Ruoppausmassan irrotustyö tehdään sedimentin ominaisuuksien mukaan hydraulisin tai mekaanisin menetelmin. Mekaanisessa ruoppauksessa sedimentti irrotetaan kauhalla tai jyrsimellä leikkaamalla. Mekaaninen ruoppaus soveltuu tiiviiden ja karkeiden sedimenttien, kuten hiekan, soran ja moreenin irrotukseen. Kauhalla irrottaminen toteutetaan kuokka-, pisto- tai kahmarikauhalla. Kauharuoppauksen etuina ovat ruopatun massan korkeampi kiintoainepitoisuus, joka vaikuttaa jatkokäsittelyn kustannuksiin, ja toimintavarmuus. Kauharuoppaus toteutetaan rannalta, jään päältä tai lautalta. (Ympäristöministeriö 2015, 18.)

Hydraulisessa ruoppauksessa pohjasedimentti nostetaan pumppujen avulla kuljetusvälineeseen, jatkokäsittelyyn tai loppusijoituspaikkaan. Hydrauliset menetelmät sopivat niin sannottujen löyhien sedimenttien ruoppaamiseen (liete, liejusavi, liejusiltti ja muta). Hydraulisten menetelmien toimintavarmuus on huonompi kuin mekaanisessa ruoppauksessa. Laitteisto on altis pohjassa oleville kappaleille, kuten kiville, puun juurille ja vesistöön hei-

tetyille roskille, jotka aiheuttavat laitteiston tukkeutumista. Ruopattava massa on huomattavasti vesipitoisempaa kuin mekaanisessa ruoppauksessa. Tämä aiheuttaa omat vaatimuksensa ruoppausmassan läjitykseen ja jatkokäsittelyyn. (Ympäristöministeriö 2015, 18-19.)

Sisävesien ruoppausmassat läjitetään yleensä maalle. Niitä läjitettäessä on huolehdittava siitä, ettei hienoaines ja sedimentti pääse valumaan takaisin vesistöön. Valunnan estäminen toteutetaan läjittämällä pohjasedimentti suojavallin tai padon taakse. Läjitys maalle on suunniteltava niin, että sen vaikutukset ympäristölle ovat mahdollisimman pienet. Ruoppausmassojen sijoittaminen maa-alueelle vaatii maanomistajan luvan sekä aluehallintoviraston myöntämän käyttöoikeuden. (Ympäristöministeriö 2015, 19.)

Pienissä ruoppauksissa, alle 500 m³, tehdään ilmoitus ELY-keskukselle ja vesialueen omistajalle 30 vuorokautta ennen toimenpiteen aloittamista. Myös pienruoppauksille voidaan vaatia ympäristölupaa, jos on syytä epäillä, että sedimentti on pilaantunutta. Suurien ruoppaus- ja läjitystoimenpiteiden yhteydessä vaaditaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Ympäristövaikutusten arvioinnin tarkoituksena on ympäristövaikutuksien selvitys kattavasti, jos kyseessä on merkittäviä ympäristövaikutuksia aiheuttava hanke. Arviointimenettely ohjaa hanketta, sen suunnittelua ja toimii yhtenä kanavana, jolla kansalaiset voivat osallistua hankkeen etenemiseen. Lakia ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (252/2017) sovelletaan esimerkiksi satamahankkeissa, joissa toteutetaan suuria läjitys- ja ruoppaustoimia. (Ympäristöministeriö 2015, 10-12.)

2.3.5 Geotekstiilituubin käyttö sedimentin kuivatuksessa

Ruopatun sedimentin veden poistolla voidaan helpottaa sen käsittelyä ja kuljetusta. Vesipitoisuuden laskeminen pienentää kuljetettavan sedimentin massaa sekä tilavuutta. Pienempi tilavuus laskee sedimentin kuljetuskustannuksia. Suurien sedimenttimäärien kuivatus hyödyntäen geotekstiilituubeja on tehokasta ja suhteellisen edullista. (Kaarela 2015, 9.)

Geotekstiilituubille rakennetaan vettä läpäisemätön poikkikalteva alusta. Alusta voidaan rakentaa käyttäen tiivistettyä savimaata, betonia tai muovikalvoa. Poikkikalteva pohja edistää veden erottumista sedimentistä. Erottunut vesi johdetaan vedenkeruujiin, josta se joko pumpataan takaisin vesistöön tai tarvittaessa jatkokäsittelyyn. (Kaarela 2015, 12.)

Sedimentti pumpataan geotekstiilituubeihin käyttäen keskipakoliete- tai betonipumppua. Sedimenttiin lisätään saostuskemikaalia ennen kuin se pumpataan tuubiin. Kemikaalin tehtävänä on tehostaa kiintoaineen saostumista tuubin sisällä. Sopiva saostuskemikaali sekä käytettävä tekstiili valitaan kenttäkokeiden mukaan. (Kaarela 2015, 12.)

Geotekstiilituubin teho perustuu suodatinkerrokseen, jonka sedimentin hienoaines muodostaa tuubin sisäpinnalle. Pumppauksen alkuvaiheessa kangas kostuu ja sedimentin hienoaine adsorboituu tekstiiliin holvaten reiät. Syntynyt suodatinkerros suotaa vedestä partikkeleita, joiden silmäkoko on suuruusluokaltaan jopa 5 kertaa pienempiä. (Kaarela 2015.) Järvisedimenttiä kuivatessa geotekstiilituubeilla päästään ajasta, kemikaalista, sedimentin laadusta ja käytetystä geotekstiilistä riippuen 35 - 70 % kuiva-ainepitoisuuksiin (Huesker 2014).

2.3.6 Vesikasvillisuuden poisto

Vesikasvillisuus suojaa vesistöjen rantoja eroosiolta vaimentamalla aallokon ja valumavesien aiheuttamaa kulumista. Rannan tiheä kasvusto myös sitoo valumavesien mukana tulevia ravinteita suodattamalla ja sedimentoimalla ravinteet rantavyöhykkeeseen. Rantakasvuston laaja poistaminen voi saada aikaan tilannetta heikentävän reaktion, jolloin planktonille jää enemmän ravinteita ja leväkukinnot lisääntyvät. Rannan kasvillisuus on myös kaloille tärkeä elinalue. Nuoret kalat viettävät nuoruusvaiheensa kasvillisuuden joukossa, jossa petokalat tavanomaisesti saalistavat. Rannan kasvillisuus on myös monille lajeille tärkeä kutupaikka. (Ulvi & Lakso 2005, 251.)

Vesikasveja voidaan poistaa mekaanisesti, fysikaalisesti ja kemiallisesti. Mekaaninen poisto on yleisin vaihtoehto, jossa kasvit katkaistaan, kaivetaan tai revitään irti kasvupaikastaan. Fysikaalisesti vesikasveja voidaan poistaa nostamalla tai laskemalla vedenpintaa, hyödyntämällä jäätymistä tai estämällä valon pääsy kasveille. Kemiallisesti kasveja voidaan poistaa kalkitsemalla, jolla poistetaan happamuutta suosivia kasveja. (Ulvi & Lakso 2005, 255-256.)

2.3.7 Järven kuivatus

Cooken (1993) mukaan järven kuivatuksella pyritään tiivistämään pehmeää pohjasedimenttiä. Kuivatuksella voidaan pyrkiä vähentämään vesikasveja, uusia kalakantaa, korjata patorakenteita, tai kuten Suomessa yleisimpänä, nostaa järven syvyyttä sekä lisätä virkistyskäyttöä pohjan kiinteytymisen avulla. Kuivuessaan pohjasedimentti tiivistyy erityisesti järvissä, joiden pohjasedimentti on vesipitoista. (Ulvi & Lakso 2005, 303.)

Järven kuivattamisen voi tehdä joko talvella tai kesällä, mutta paras vaikutus pohjasedimenttiin saadaan hyödyntämällä eri vuodenaikojen vaikutusta yhdessä. Tehokkain kuivatus saadaan käyttämällä talvella järven jäätä hyödyksi, jotta työkoneilla päästään kaivamaan kuivausomaverkosto. Verkoston avulla järvi saadaan tyhjennettyä vedestä ja samalla jääkerros painuu järven pohjaan, joka tiivistää sedimenttikerrosta etenkin ranta-alueilla. Jääkerroksen sulettua keväällä alkaa järvi kuivamaan, jolloin sedimentti tiivistyy pintakerroksesta haihtuvan veden aiheuttamana. Kesän kuivatuksen jälkeisenä talvena järvi pidetään edelleen kuivana. Talven pakkaset jäädyttävät sedimentissä olevaa huokosvettä, joka erotuessaan maa-aineksesta puristaa sitä tiiviimmäksi ja tiivistyessään maa-aineksesta erottuu entistä enemmän huokosvettä. Jäädyttämällä luonnontilassa olevaa sedimenttiä voidaan päästä jopa 20-30 % tiivistymiseen. (Ulvi & Lakso 2005, 303-304.)

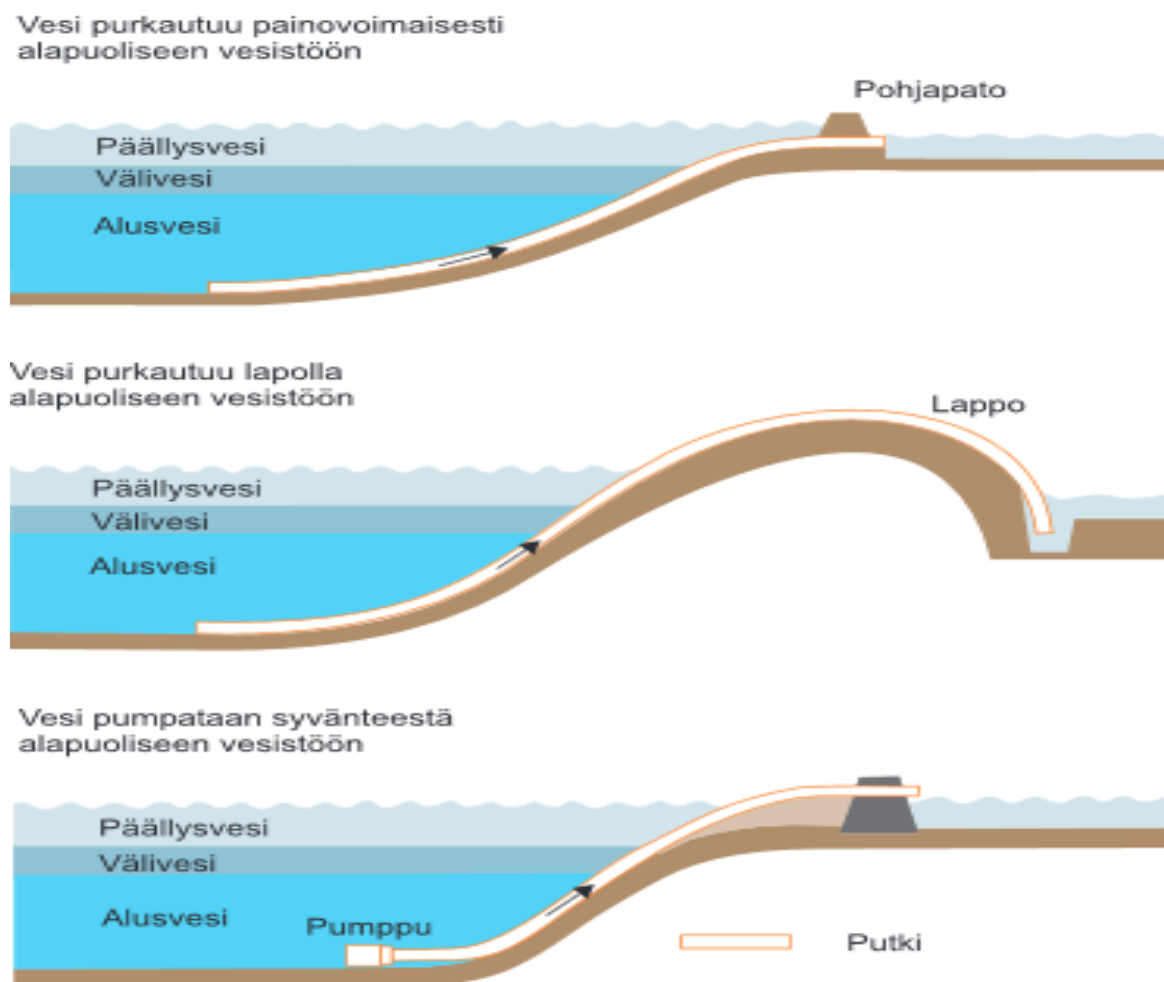
Järven kuivattamisessa on tärkeää suunnitella toimenpide hyvin. Kuivatuksen suunnitelmassa tulee ottaa huomioon järven syvyysuhteet, virtaamat, veden laatu, pohjasedimentin paksuus, valuma-alue ja purkuojan sijainti. Järven ominaisuuksien lisäksi kuivatus vaatii ranta- ja vesialueiden omistajien suostumuksen toimenpiteelle. Esteitä järven kuivatukselle voivat olla tulovirtaamien voimakkuus, purkuojan korkeussuhteet tai maaperä ja valumavesien suuruus. Etenkin purkuoja on tärkeässä roolissa, jotta järven tyhjennys onnistuu painovoimaisesti ilman suuria kustannuksia lisäävää pumppujärjestelmää. (Ulvi & Lakso 2005, 305.)

Järven kuivatus on Suomessa vähän käytetty menetelmä sen korkeiden kustannusten takia. Menetelmää on kuitenkin tutkittu Suomessa jo vuodesta 1995 lähtien tehden laboratoriotutkimuksia, luonnonolosuhteissa allaskokeina sekä kunnostettavissa järvissä keväällä 2000 Merijärven Lahdenlammella ja keväällä 2001 Utajärven Särkijärvellä. Kummassakin kohteessa saatiin toivottuja tuloksia vedenpinnan nousuun ja järven pohjan tiivistymiseen. (Ulvi & Lakso 2005, 305-306.)

2.3.8 Alusveden poistaminen

Alusveden poistaminen on eräänlainen veden hapetuksen sovellus, jolla pyritään yleensä painovoimaisesti poistamaan järven hapetonta alusvettä ja korvaamaan se hapekkaalla päällysvedellä. Veden poistoa helpottaa, jos järven vierestä löytyy purkuputkea varten järven pintaa matalampi kohta. Jos purkuputkea ei voida viedä vedenpinnan alapuolelle, täy-

tyy rakentaa pato, lappo tai käyttää pumppua (kuvio 2). Usein alusvesi johdetaan alapuoliseen vesistöön, mutta erikoistapauksissa vettä voidaan käyttää kasteluun tai imeyttää maahan. (Ulvi & Lakso 2005, 205.)



Kuvio 2. Erilaisia teknisiä toteuttamismahdollisuuksia alusveden poistamiseksi alapuoliseen vesistöön (Ulvi & Lakso 2005, 205)

Alusveden poistaminen soveltuu järviin, joissa muodostuu kesäisin ja talvisin lämpötilakerrostuneisuus. Kerrostuneisuuden aikana vesimassan kierto alus- ja päällysveden välillä loppuu, jolloin vedessä ja pohjasedimentissä tapahtuva hajotustoiminta kuluttaa happea, eikä alusveteen siirry hapekasta päällysvettä. Hapen puutetilan takia alusvedessä tapahtuu nopeampaa ravinteiden vapautumista pohjasedimentistä. Alusveden poistamista tulee siis tehdä, kun syys- ja kevätkiertoa ei tapahdu. (Ulvi & Lakso 2005, 205-206.)

3 RUOPPAUSSEDIMENTIN HYÖDYNTÄMISEEN LIITTYVÄÄ LAINSÄÄDÄNTÖÄ

3.1 Ympäristönsuojelulaki (527/2014)

Ruoppauksessa ja ruoppaus sedimentin käsittelyssä sovelletaan ympäristönsuojelulakia (527/2014). Lain tarkoituksena on ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja; turvata terveellinen ja viihtyisä sekä taloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö, tukea kestävää kehitystä sekä torjua ilmastonmuutosta. Ympäristönsuojelulaki pyrkii edistämään luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä vähentämään jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia. Ympäristönsuojelulakia sovelletaan teolliseen ja muuhun toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Tätä lakia sovelletaan myös toimintaan, jossa syntyy jätettä, sekä jätteen käsittelyyn. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 1-2 §.)

3.2 Vesilaki (587/2011)

Vesilain (587/2011) tavoitteena on edistää, järjestää ja sovittaa yhteen vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä niin, että se on yhteiskunnallista, taloudellista ja ekologisesti kestävä; ehkäistä ja vähentää vedestä ja vesiympäristön käytöstä aiheutuvia haittoja ja parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa. (Vesilaki 587/2011, 1 luku, 1 §.)

Ruoppaaminen on mahdollista suorittaa ilman vesialueen omistajan suostumusta lietteestä, matalikosta tai niihin verrattavasta haitasta johtuvan ongelman poistamiseksi ja käyttömahdollisuuksien parantamiseksi. Toiminnasta ei saa aiheutua omistajalle tai ympäristölle huomattavaa haittaa. Omistajalle on ilmoitettava vähintään 30 vuorokautta ennen toimenpiteiden suorittamista. Ruoppausjätteiden sijoittaminen toisen maa-alueelle edellyttää maanomistajan suostumusta. Lupaviranomainen voi kuitenkin myöntää oikeuden ruoppausmassan sijoittamiseen, jos alueen käytöstä ei aiheudu sanottavaa haittaa eikä sijoittamiseen tarvitse hakea ympäristölupaa. (Vesilaki 587/2011, 2 luku, 6 §.)

Vesialueen ruoppaaminen on luvanvaraista toimintaa, jos ruopattavan materiaalin tilavuus on suurempi kuin 500 m³, kun kyse on yleisen väylän kunnossapidosta. Myös ruoppausmassan sijoittaminen hylkäämistarkoituksessa Suomen aluevesille on luvanvaraista toimintaa. (Vesilaki 587/2011, 3 luku, 3 §.)

3.3 Luonnonsuojelulaki (1096/1996)

Luonnonsuojelulain tavoitteena on muun muassa luonnonvarojen ja ympäristön kestävän käytön tukeminen sekä luonnon monimuotoisuuden ylläpitäminen. Lakia sovelletaan luonnon ja maiseman suojeluun ja hoitoon, ottaen huomioon ekologiset, taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset näkökohdat, unohtamatta alueellisia ja paikallisia erityispiirteitä. Luonnonsuojelulaki tulee ottaa huomioon ruopatussa sekä ruoppausmassojen käsittelyssä.

(Luonnonsuojelulaki 1096/1996, 1-2 §.)

3.4 Jätelaki (646/2011)

Jätelaki määrittelee jätteen aineena tai esineenä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä. Aine tai esine ei ole jäte vaan sivutuote, jos se syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole tämän aineen tai esineen valmistaminen. Aineella tai esineellä tulee olla varmuus jatkokäytöstä ja se voidaan käyttää sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti. Sivutuotteen tulee täyttää ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat säädökset. (Jätelaki 646/2011, 5 §.)

Jätelain tarkoituksena on ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista (Jätelaki 646/2011, 1 §).

Teollisessa tuotannonon sivutuotteet lukeutuvat joko ympäristölainsäädännön mukaisiin jätteisiin tai tuotelainsäädännön mukaisiin tuotteisiin. Sivutuote rinnastetaan tuotteeseen, jolloin siihen sovelletaan tuotteita koskevaa lainsäädäntöä, esimerkiksi REACH-asetusta. Sivutuotetta ei koske jätelainsäädäntö, vaan sivutuotelaki (517/2015).

3.5 Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007)

PIMA-asetuksella säädetään maaperän puhdistustarpeen ja pilaantuneisuuden arvioinnista. Asetusta ei sovelleta vesistön pohjakerrostumien eli sedimenttien pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin. Sitä sovelletaan ainoastaan arviointiin, joka kohdistuu maaperän pilaantuneisuuteen ja puhdistustarpeeseen. Tällöin taustalla on arvio maaperässä olevien haitallisten aineiden aiheuttamasta vaarasta tai haitasta terveydelle ja ympäristölle.

(Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007, 1-2 §.) PIMA-asetus tulee ottaa huomioon pilaantuneen ruoppausjätteen läjityksessä maan päälle.

3.6 Lannoitevalmistelaki (539/2006)

Lannoitevalmistelain tavoitteena on kasvi tuotannon, ympäristön ja elintarvikkeiden laadun turvaamiseksi edistää turvallisten ja hyvälaatuisten lannoitteiden tarjontaa. Lannoitevalmistelain tavoitteena on myös antaa riittävä määrä tietoa lannoitteiden ostajille ja niiden käyttäjille. Lannoitevalmistelaki koskee soveltuvin osin myös lannoitteiden valmistusta omaan käyttöön sekä niiden vastikkeetonta vastaanottamista. Lannoitevalmistelaki antaa ohjeet uusien tyyppinimien hakemiseen ja uusien lannoitteiden tuomiseen markkinoille. (Lannoitevalmistelaki 539/2006, 1-2 §.)

Vain sellaisia lannoitevalmisteita, joiden tyyppinimi kuuluu joko kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon tai EY-lannoitteiden osalta lannoiteasetuksen liitteenä julkaistavaan Euroopan yhteisön (EY) lannoitetyyppien luetteloon, saa tuoda maahan, saattaa markkinoille tai valmistaa markkinoille saattamista varten (Lannoitevalmistelaki 539/2006, 6 §).

Lannoitevalmisteessa, joka saatetaan markkinoille, on oltava tuoteseloste. Tuoteselosteessa on annettava kirjallisesti tiedot lannoitevalmisteen tyyppi- ja kauppanimestä, ominaisuuksista, käytöstä, koostumuksesta, valmistajasta ja maahan tuojasta. Tuoteselosteessa voidaan antaa myös muita tietoja, jos ne ovat yksiselitteisiä, mitattavissa ja perusteltavissa eivätkä ne voi johtaa lannoitevalmisteen lopullista käyttäjää harhaan. Tuoteseloste on painettava tai kiinnitettävä lannoitevalmistepakkaukseen. Irtotavarassa tuoteseloste voidaan kuitenkin liittää lannoitevalmisteen mukana seuraaviin asiakirjoihin ja sen tulee olla helposti saatavilla valvontaa varten. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksella annetaan tarkemmat säännökset tuoteselosteessa annettavien tietojen tarkemmasta sisällöstä ja ominaisuuksien sallituista poikkeamista. (Lannoitevalmistelaki 539/2006, 8 §.)

Markkinoille saatettavien, maahan tuotavien ja maasta vietävien lannoitevalmisteiden on oltava turvallisesti ja tuotteen ominaisuudet huomioon ottaen asianmukaisesti pakattuja. Pakkaamaton irtotavarana toimitettava lannoitevalmiste on kuljetettava ja säilytettävä kuljetuksen aikana asianmukaisesti, turvallisesti ja käyttötarkoitukseen

sopivasti. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksella annetaan tarkemmat säännökset lannoitevalmisteiden pakkaamisesta, pakkauksen sulkemisesta sekä pakkaamattomien lannoitevalmisteiden toimittamisesta lopulliselle käyttäjälle. (Lannoitevalmistelaki 539/2006, 8 §.)

Lannoitevalmisteiden merkintä- ja pakkausvaatimuksista on lisäksi noudatettava lannoiteasetuksen ja sivutuoteasetuksen vaatimuksia. Markkinoille saatettavien EY-lannoitteiden fosfori-, kalium-, kalsium-, natrium-, magnesium- ja rikki- ja rikkipitoisuus on ilmoitettava tuoteselosteessa alkuaineina, mutta ne voidaan lisäksi ilmoittaa oksideina lannoiteasetuksen 6 artiklassa tarkoitetulla tavalla (Lannoitevalmistelaki 539/2006, 8 §.)

3.7 Valtioneuvoston asetus maa-ainesjätteen hyödyntäminen maarakentamisessa

Vuonna 2019 valmistuvan ympäristöministeriön asetuksen, joka koskee maa-ainesjätteiden hyödyntämistä maarakentamisessa (MASA-asetus), tavoitteena on helpottaa rakentamisen uusiomateriaalien, jätteiden ja ylijäämäainesten tarkoituksenmukaista, turvallista, ekologista ja taloudellista hyödyntämistä. Asetuksen piiriin kuuluvat kaivetun ja kaivamattoman maa-aineksen stabilointi jäteperäisillä uusiomateriaaleilla. MASA-asetus on laadittu valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa -asetuksen (843/2017) pohjalta, kuitenkin omaksi kokonaisuudekseen. Asetus astuu voimaan 2019 vuoden puolivälissä. Maalle nostettava vesistön pohjasedimentti (ruoppaus sedimentti) esikäsiteltynä (kuivaus ja stabilointi) on MASA-asetuksen mukaista materiaalia. Asetuksen on laatinut ympäristöministeriö. (Reinikainen 2017, 3.)

MASA-asetuksessa määritellään soveltuvat maa- ja infrarakentamiskohteet, joissa maa-ainesjätteen ja jäteperäisten stabilointi- ja sidosaineiden hyödyntäminen on käyttökelpoista vaatimusten, rakennuskohteiden suunnittelun, rakentamisen ja ympäristön kannalta. Asetuksen alaisten materiaalien käyttöä määräävät samat rakennusosan toimivuusvaatimukset kuin neitseellisiä maa- ja kiviaineita käyttävissä kohteissa. (Ramboll Finland Oy 2016, 3-5.)

Asetuksen mukaiset soveltuvat rakentamiskohteet ovat

- liikenneväylät (yleiset tiet, kadut, pyörätiet ja jalkakäytävät sekä niihin välittömästi liittyvät tarpeelliset alueet)

- kentät (satama-, teollisuus-, jätteenkäsittely - ja lentoliikenteen alueiden varastointi-
kentät, sekä tiet, ratapihat ja pysäköintialueet)
- täytöt (puistot, maisemoinnit, kaivantojen lopputyöt)
- ulkoliikuntapaikat (urheilukentät, urheilu- ja ulkoilureitit)
- vallit (meluvallit, maisemointipenkereet ja ampumaratojen vallit) (Reinikainen
2017, 4).

4 POHJASEDIMENTIN HYÖTYKÄYTTÖ

4.1 Luomulannoite

Opinnäytetyössä tarkasteltiin pohjasedimentin käyttömahdollisuuksia lannoitteena, sillä Työtjärven läheisyydessä 10 kilometrin säteellä harjoitetaan maanviljelytoimintaa. Sedimentin ominaisuudet määrittävät sen soveltuvuuden lannoitekäytössä. Jos sedimentti ominaisuuksien puolesta soveltuu lannoitekäyttöön, löytyy lähialueelta potentiaalisia vastaanottajia.

Luomutuotanto perustuu uusiutuvien ja paikallisten resurssien käyttöön. Ideaalitalanne on suljettu ravinnekierto, jossa kasvi- ja eläinperäisten jätteiden ja sivutuotteiden ravinteet pystyttäisiin kierrättämään takaisin viljeltävien kasvien käyttöön. Kasvien ravinnetarve pyritään täyttämään viljelykierron, luomulannan tai jonkun muun eloperäisen aineen käytöllä. Luomuviljelyssä on tarkoituksena minimoida uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä. (Evira 2018a.)

Luomulannoite-nimikkeellä tarkoitetaan luomutuotannossa sallittua lannoitevalmistetta, jonka ei tarvitse olla luonnonmukaisesti valmistettua. Lannoitteet eivät kuulu EU:n lainsäädännön soveltamisalaan, minkä vuoksi edes luonnonmukaisesti valmistettuja lannoitteita ei saa markkinoida luomutuotteina. (Evira 2018b.)

Lannoitevalmisteen saattamiseksi markkinoille tulee täyttää lannoitevalmistelainsäädännön 2006/539 kolme vaatimusta:

- Lannoitevalmisteen valmistajan on tehtävä kirjallinen ilmoitus toiminnastaan Elin-
tarviketurvallisuusvirastolle, ja valmistaja on merkitty lannoitevalmistelain mukai-
seen valvontarekisteriin.
- Lannoitevalmisteella on tyyppinimi.
- Lannoitevalmisteella on tuoteseloste, josta ilmenee tuotteen kauppanimi, valmis-
teen ominaisuudet ja käyttöohjeet suomen ja ruotsin kielellä.

Väitöskirjassaan Laakso (2017) tutki kosteikkojen sedimenttien ominaisuuksia kasvien käytössä. Laakso tarkasteli savimaalle perustettuja kosteikkoja, jotka sisälsivät runsaasti fosforia, mutta fosfori ei ollut kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Tämä johtui siitä, että vesiliukoinen fosfori oli vapautunut veteen ja pohjan hapettomat olosuhteet edistivät

jäljellä olevan käyttökelpoisen fosforin liukenemista veteen. Pellolle levitettäessä sedimentin rauta hapettui raudan oksideiksi, jotka sitoivat jopa lannoitteista tulevan fosforin kasveille käyttökeltvottomaan muotoon.

4.2 Biokaasun tuotanto

Työtjärven lähistölle on suunniteltu biokaasulaitoksen rakentamista (Keminen & Korpijaakko). Työtjärnessä oleva pohjasedimentti on potentiaalinen osasyöte biokaasuntuotantoon. Opinnäytetyössä on tehty laskelmia Työtjärven biokaasun tuotantopotentiaalista alaluvussa 7.3.

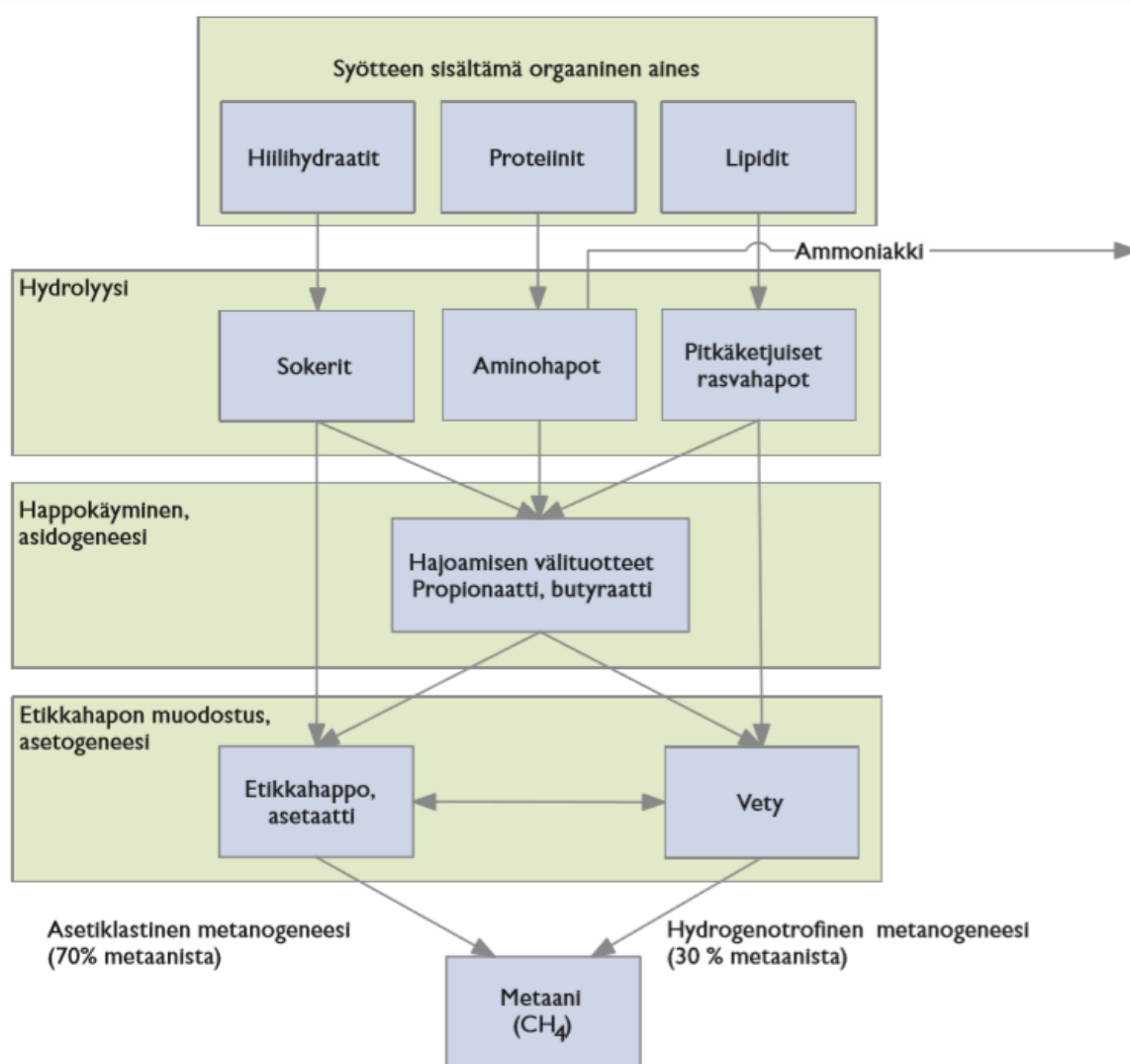
Biokaasulaitoksella uusiutuvista, biologisesti hajoavista orgaanisista aineista tuotetaan metaanipitoista kaasua, joka on ominaisuuksiltaan rinnastettavissa maakaasuun. Biokaasun tuotannolla on positiivisia vaikutuksia ympäristöön: fossiilisen polttoaineen korvaaminen, kasvihuonekaasujen vähentyminen, ravinteiden kierrätys sekä muokkaaminen kasveille paremmin hyödynnettävään muotoon sekä kotimaisen energiatuotannon hajauttaminen. (Latvala 2009, 9.)

Biokaasulaitoksella on lukuisia ympäristöhyötyjä, mutta laitoksen toiminnasta voi aiheutua päästöjä ympäristöön. Biokaasun tuotannossa on pyrittävä käyttämään parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa myös ympäristön kannalta. Suurin osa Suomen biokaasulaitoksista on märkämädätyslaitoksia, jotka on Suomessa todettu syötteiden ja ilmaston puolesta toimiviksi. (Latvala 2009, 10.)

Märkämädätyslaitoksilla syötteen kuiva-ainepitoisuus on noin 5 - 15 %. Kuiva-ainepitoisuutta märkämädätyksessä rajoittaa sekoittamiseen käytettävien pumppujen ja sekoittimien rakenteellinen kestävyys ja toiminta sakeilla syötteillä. Kuivaprosessilla tarkoitetaan prosessia, joka käsittelee syötettä, jonka kuiva-ainepitoisuus on välillä 20 - 50 %. Kuivaprosessissa pumput eivät sovellu syötteen siirtämiseen ja sekoittamiseen, vaan niitä siirretään muilla keinoilla. (Latvala 2009, 29.)

Anaerobisessa käsittelyssä syöte suljetaan hapettomaan reaktoriin. Prosessit jaetaan lämpötilan perusteella mesofiilisiin (noin 35 - 37 °C) ja termofiilisiin (noin 50 - 55 °C) prosesseihin. Eri lämpötiloissa elävät erilaiset mikrobikannat, jotka käyttävät ravinnokseen syötteessä olevaa orgaanista materiaalia ja sen hajotessa muodostuvia yhdisteitä. (Latvala 2009, 29.)

Anaerobisessa biokaasulaitoksessa tapahtuu kuvion 3 mukainen hajoamisprosessi hapettomissa oloissa. Syöteseos sisältää muun muassa hiilihydraatteja, proteiineja sekä lipidejä. Ne hajoavat prosessissa ja pilkkoutuvat sokereiksi, aminohapoiksi ja pitkäketjuisiksi rasvoiksi prosessin hydrolyysivaiheessa. Hajoamisprosessin edetessä happokäymiseen muodostuu propionaattia ja butyraattia, jotka asetogeneesi vaiheessa hajoavat edelleen etikkahapoksi ja vedyksi. Metaania tuottavat bakteerit muodostavat vedystä ja etikkahaposta metaania. Prosessissa syntyvä biokaasu on pääosin metaania ja hiilidioksidia. (Latvala 2009, 29).



Kuvio 3. Syötteen anaerobinen hajoamisprosessi (Latvala 2009, 30)

Biokaasulaitoksen reaktorit ovat tyypillisesti betonista tai teräksestä rakennettuja pystysäiliöitä. Tilavuudeltaan ne on mitoitettu noin 20 - 30 % käsiteltävää biomassaa suuremmaksi,

jotta vaihtelulle ja reaktorin mahdolliselle vaahtoamiselle jää varaa. Myös kaasu kerätään syötteen yläpuolelle. Reaktori lämmitetään käyttäen biokaasusta saatavaa energiaa ja käsitellystä lietteestä talteen otettua lämpöä. Märkäprosessissa reaktorin lämmitykseen kuluu noin 10 - 40 % tuotetun biokaasun energiamäärästä. (Latvala 2009, 30.)

Suomessa yleisin biokaasulaitoksen toimintatapa on täyssekoitteinen, yksivaiheinen, mesofiilinen, jatkuvatoiminen märkäprosessi. Täyssekoitusprosessin syötteenlisäys tapahtuu puolijatkuvasti, mutta säännöllisesti. Tyypillinen aikaväli on esimerkiksi tunti tai vuorokausi. Käsittelyjätteen poisto tapahtuu myös säännöllisesti, yleensä juuri ennen syötteen lisäystä, että käymätön syöte ei poistu suoraan prosessista. (Latvala 2009, 30-31.)

Reaktorin syöteseosta on sekoitettava, jotta mikrobien ja syötemateriaalin välillä varmistetaan kontakti sekä lämmön tasaisen jakautumisen vuoksi. Sekoittaminen estää myös inhibiatioita ja estää kerroksien kovettumista. Syötettä voidaan sekoittaa käyttäen esimerkiksi nopeaa lapasekoitinta, hidasta lapasekoitinta tai kaasusekoitusta. Kaasua hyödyntäessä syötteen sekoitukseen, se pumpataan reaktorin alaosaan, jolloin se noustessaan sekoittaa syötemassaa. Eri sekoitusmenetelmien yhdisteleminen on yleistä. (Latvala 2009, 31.)

Kuivaproessin erot märkäprosessiin ovat pääasiassa syötteen kuiva-ainepitoisuuden liittyviä. Prosessissa kuiva-ainepitoisuus voi olla 15 - 60 % välillä, jolloin sitä ei voida enää siirtää tai sekoittaa märkäprosessin laitteistolla. Syötteen korkean kuiva-ainepitoisuuden ansiosta vaadittava reaktoritilavuus sekä tuotettu rejektin määrä ovat pienempiä. Syötettä käsitellään pumppujen sijasta hydraulisesti, ruuveilla tai kuormaajalla. Syötteen viipymäaika prosessissa on märkämädätystä korkeampi. (Latvala 2009, 32.)

Kuivaprocessit jaetaan pääosin kahteen luokkaan, jatkuvatoimiset ja panostoimiset laitokset. Prosessissa käytetty rejektivesi hyödynnetään uudelleen prosessissa. Myös kuivämädätysprosessi vaatii lämmitysenergiaa, johon yleensä hyödynnetään tuotettua energiaa. (Latvala 2009, 32.)

Tulppavirtausperiaatteella toimivan jatkuvatoimisen kuivaproessin syötteen kuiva-ainepitoisuus on noin 15 - 50 %, ideaali on noin 30 %. Syöteseos voidaan sekoittaa eri kuiva-ainepitoisuuksia sisältävistä materiaaleista prosessille sopivaksi. Reaktori on yleensä vaakatasoon asennettu putki, jonka sisällä on syötettä kuljettava tai muu siirtotekniikka. Ruuvi kuljettaa massaa eteenpäin putken sisällä, samalla sitä sekoittaen. Muodostuva biokaasu kerätään putken yläosasta. Toiminnan varmistamiseksi, prosessin lopusta kierrätetään rejektivettä ja käsittelyjäännöstä prosessin alkupäähän. Sillä varmistetaan bakteerikannan

mukanaolo prosessin alusta asti. Syötteen epäpuhtaudet, kuten muovit, metallit, puut tai kivet, eivät vaikuta prosessin toimivuuteen. Ne voidaan seuloa käsittelyjäännöksestä ennen sen loppukäyttöä. (Latvala 2009, 33.)

Panostaminen kuivaprosessi perustuu kompostointilaitosten toimintamalliin. Tavoitteena on hajuhaittojen ja jätemäärän vähentäminen sekä energian talteenotto. Syötteen panostetaan kauhakuormaajalla reaktoritilaan sellaisenaan. Syöttestä erotellaan biologisesti hajomattomat materiaalit, kuten muovit ja metallit, vasta prosessin jälkeen. Prosessi koostuu yleensä vähintään kahdesta lämmitetystä moduulista, perkolaationesteen kierrätysjärjestelmästä, kaasun talteenotto- ja puhdistusjärjestelmästä, lämmön ja sähkön yhteistuotanto voimalasta sekä jätteiden sekoitus- ja varastointikentästä. (Latvala 2009, 33.)

Reaktori täytetään mahdollisimman tiiviisti. Syötteen viipymä valitaan käytetyn materiaalin mukaan. Biokaasutusprosessi voi olla mesofiilinen tai termofiilinen. Prosessin kosteutta hallitaan kierrättämällä syöttestä muodostuvaa perkolaationestettä takaisin prosessiin. Mädätysjäännös voidaan sille haetun tyyppinimen mukaan käyttää lannoitteena joko sellaisenaan tai jälkikompostoinnin jälkeen. (Latvala 2009, 33.)

4.3 Maarakentaminen

Useat maat käyttävät ruopattua materiaalia hyödyksi maarakentamisessa. Ruoppausse dimenttien hyödyntämisen edelläkävijöitä ovat Yhdysvallat, Japani, Alankomaat, Saksa, Irlanti, Espanja, Norja, Belgia, Ranska ja Italia. Edellä mainituista maista Japani ja Espanja käyttävät hyödyksi 80 - 90 % ruopatusta materiaalista muun muassa lentokenttien ja vuorovesivallien rakentamisessa sekä maan hyötykäyttöön otossa mereltä. Ruopatun sedimentin hyödyntämiseen vaikuttavat monet tekijät: neitseelliset rakennusmateriaalit, ympäristöpolitiikka sekä maarakentamisen määrä. (Harrington & Smith 2013, 20-22.)

Globaalilla tasolla suurin osa ruopatusta materiaalista jää käyttämättä. Suurin osa kaikesta ruopatusta sedimentistä läjitetään yhä maailman meriin. Itämeren ympäröivät valtiot läjittävät mereen yli 12 miljoonaa tonnia ruoppaamistaan materiaaleista. Näistä suurimmat olivat vuosina 2009 - 2012 Viro, Suomi ja Ruotsi. (Helsinki Commission 2013, 3-4.)

Ennen ruoppausse dimentin käyttöä maarakentamisessa, tulee sen tärkeimmät fysikaaliset ominaisuudet selvittää standardoiduilla testeillä. Materiaalin tärkeimmät ominaisuudet ovat plastisuus, lujuus, tiiveys, kestävyys, laajentuminen, kosteuden, kuivuuden ja lämmön

vaihtelut. Fysikaaliset ominaisuudet vaikuttavat sedimentin käyttökohteen valintaan. (Maher, Douglas, Jafari & Pecchioli 2013, 14.)

Logistiikka on suuressa roolissa sedimenttien hyötykäytössä. Käyttökohteen tulee olla paikallinen tai kuljetuskustannukset nostavat sedimentin hinnan kannattamattomalle tasolle. Sedimentille tulee olla käyttökohde tiedossa jo ennen ruoppaustyön aloittamista. (Harrington & Smith 2013, 28.)

4.3.1 Jättemaiden peittäminen

Pilaantuneiden jättemaiden uusiokäyttö edellyttää maan kapseloinnin, etteivät haitta-aineet pääse liukenemaan ympäristöön. Kapselointi tapahtuu tiiviillä maakerroksella, johon ruopattu sedimentti soveltuu erinomaisesti. Kapseloinnin alimpien kerroksien tulee olla materiaalia, joka läpäisee vettä huonosti, kuten savea tai silttiä. Kerros päällystetään rakenteellisesti vahvemmalla materiaalilla, kuten hiekalla tai soralla. Ruopattua sedimenttiä käytettäessä, tulee sen sisältämä veden määrä minimoida. Ruopattu sedimentti voidaan myös stabiloida sen tiiveyden, lujuuden ja kestävyuden lisäämiseksi. (Maher ym. 2013, 83.)

Tiiviillä maa-ainekerroksella on tarkoitus estää sadeveden kulkeutuminen peitettyyn maahan. Kapseloinnin tehokkuutta voidaan parantaa salaojituksella. Sadeveden pääsy pilaantuneeseen maahan asti saattaa aiheuttaa liukenevien haitta-aineiden leviämistä ympäröivään maaperään. Maan peittämiseen tarvitaan suuria määriä materiaalia, joka tekee ruoppaus-sedimentistä houkuttelevan vaihtoehdon sen saatavuuden vuoksi. Peitetyn kerroksen tulee olla riittävän paksu, että se suojaa maata varmasti. (Maher ym. 2013, 84-85.)

Pilaantuneen jätemaan peittämiselle on lukuisia positiivisia vaikutuksia. Peittäminen parantaa maan kuntoa ja avaa uusia mahdollisuuksia alueen uusiokäytölle. Se hallitsee maasta pääseviä hajuja, haitallisia kaasuja sekä tuholaisien ja lintujen estäminen alueella helpottuu. Toiminnan tavoitteena on saada alueesta turvallinen ihmiselle ja ympäristölle. (Harrington & Smith 2013, 33-34.)

4.3.2 Maisemointi

Ruopatun sedimentin yleisimpiä käyttökohteita on maisemointi. Maisemoinnin tarkoituksena on ympäristön arvon, viihtyvyyden ja tilan parantaminen. Hyötykäyttöä maisemoinnissa kannattaa tarkastella, jos lähialueella kunnostetaan tai viimeistellään rakennettavia

alueita. Sillä on selkeä ekologinen, taloudellinen ja kulttuurinen vaikutus. Maisemointiin sopivat monenlaiset sedimentit. (Harrington & Smith 2013, 39.)

4.3.3 Kaivantojen täyttö

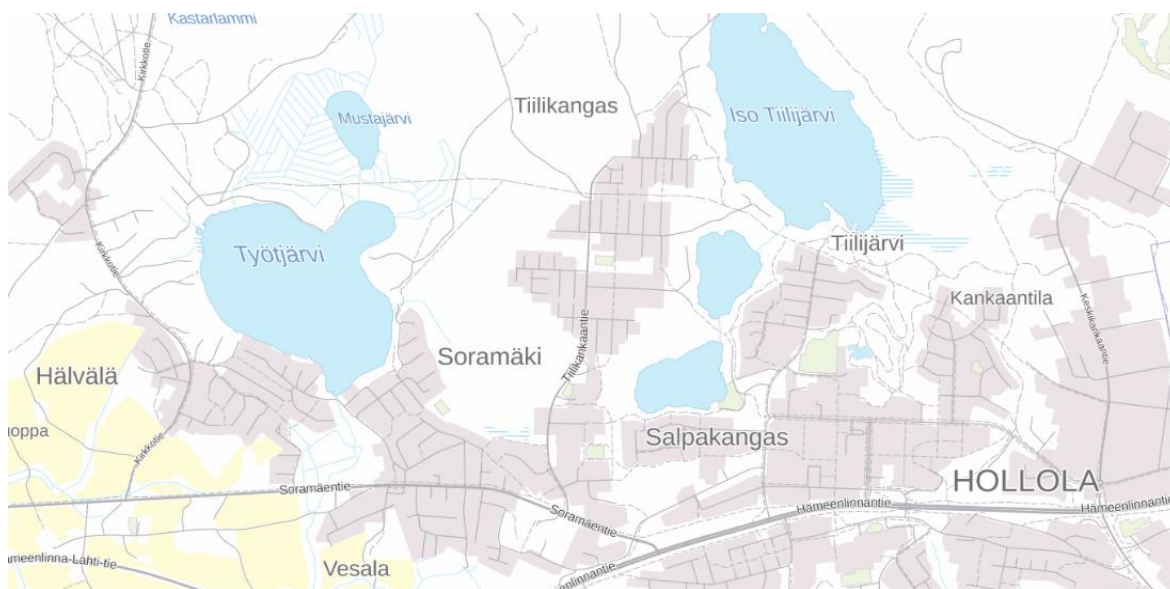
Ruoppaus sedimentin kaltaiset hienojakoiset sedimentit ovat sopivia vanhojen kaivosten ja louhosten täyttämiseen. Hienojakoinen sedimentti leviää kaivoksessa paremmin kuin karkeajakoiset sedimentit. Ruopattuja sedimenttejä voidaan käyttää myös sellaisenaan ilman stabilointia. Alueen täyttäminen mahdollistaa sen uusiokäytön sekä parantaa alueen turvallisuutta. (Harrington & Smith 2013, 43.)

Kaivantojen täyttöä ruoppausmateriaaleilla on toteutettu Yhdysvalloissa, Irlannissa ja Alankomaissa. Kaivosten täyttöön soveltuvat myös haitta-ainepitoiset maa-aineet, sillä alue kapseloidaan täytön loppuvaiheessa. Ruoppaus sedimentti sopii hyvin kaivosten täyttöön, sillä sen saatavuus on suuri. Ennen haitta-ainepitoisten sedimenttien käyttöä tulee varmistaa, ettei se pääse kosketuksiin pohjaveden kanssa. (Harrington & Smith 2013, 44.)

5 HOLLOLAN TYÖTJÄRVI

5.1 Perustiedot

Työtjärvi sijaitsee Hollolan länsipuolella, Soramäen ja Hälvälän välissä (kuvio 4). Kooltaan Työtjärvi on melko pieni 56 hehtaaria, keskisyvyydeltään vain 1,5 metriä ja syvimmillään 8 - 9 metriä. Rantaviivaa Työtjärvellä on 3,4 km, mistä löytyy yleinen uimaranta, asuntoja ja mökkejä sekä puolustusvoimien saunoja ja rakennuksia. Työtjärven eteläpuolella sijaitsee kaksi asuinalueita, joille uimaranta on lähin virkistysalue, mutta järven korkea humuspitoisuus, sinileväkukinnat ja mutainen pohja vähentävät virkistyskäyttöä huomattavasti. (Lehmijoki 2014, 2.)



Kuvio 4. Työtjärven sijaintikartta (Maanmittauslaitos 2019)

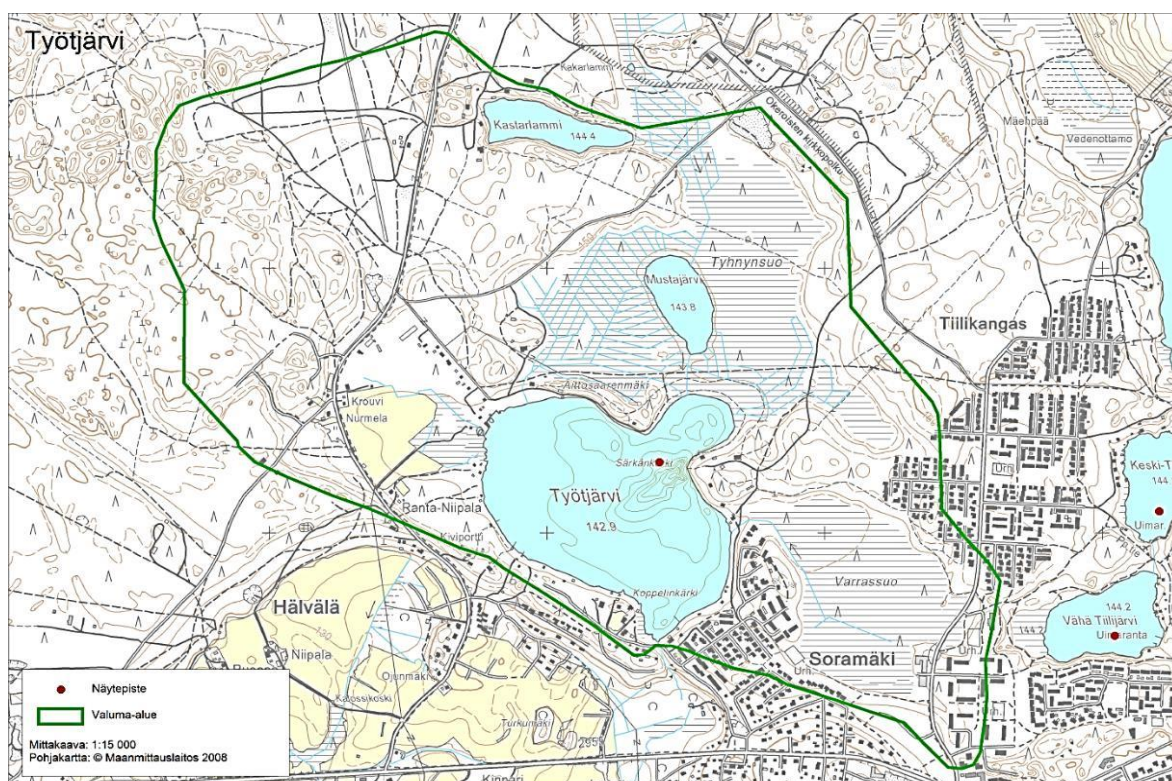
Työtjärven pintaa on laskettu 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa, mikä aiheutti luoteis- ja länsirannan suunnalla järven pinta-alan pienenemistä. Pinnan laskun aiheuttamana järven länsipuoli on soistunut, kun taas muut järven rannat ovat moreeniharjannetta. Työtjärven pohjasedimentille määritetty maalaji on detrituslieju. (Vesijärvisäätiö 2018, 71.) Työtjärvi oli kirkas harjujärvi, kunnes 1950- ja 1960-lukujen vaihteessa järven pohjoispuolella sijaitseva Tyhnysuo päätettiin ojittaa. Ojituksen myötä Työtjärveen kulkeutui ravinteita, jolloin veden humuspitoisuus kasvoi ja veden väri tummui. Ojituksia jatkettiin edelleen 1970-luvulla, mikä lisäsi ravinteiden kulkeutumista Työtjärveen. Tyhnysuon ojitukset ovat tällä

hetkellä tukkeutuneet, eivätkä ravinteet pääse enää vapautumaan Työtjärveen sitä kautta. Työtjärven itäpuolella sijaitsee Varrassuo, mutta laskuojan virtaama on hyvin pieni. (Lehmijoki 2014, 2.)

5.2 Valuma-alue

Työtjärvi on osa Porvoonjoen vesistöaluetta ja kuuluu Vähäjoen osavaluma-alueeseen. Työtjärvessä veden viipymä on noin seitsemän kuukautta, mistä vesi laskee Supanojan kautta Porvoonjokeen. Valuma-alue Työtjärvellä on vähäiset 5 neliökilometriä (kuvio 5), josta valtaosa sijaitsee puolustusvoimien alueella. Työtjärven pohjoispuolella sijaitsevat Kastarlammi ja Mustajärvi laskevat kaivettua ojaa pitkin Työtjärveen. (Lehmijoki 2014, 2.)

Valuma-alueen rajojen sisäpuolella ei viljellä maata. Lähimmät etelänpuoleiset viljelysmaat ja Työtjärven erottavat harju, joka estää pelloilta ravinteiden kulkeutumisen järveen. Myöskään teollisuutta ei valuma-alueelta löydy, mutta etelä-, itä- ja kaakkoispuolella on jonkin verran asutusta. Isoja teitä ei myöskään ole, mutta valuma-alueen länsipuolella kulkee Kirkkotie etelä-pohjoissuuntaisesti, jossa kulkee jonkin verran raskaampaa puolustusvoimien kalustoa.



Kuvio 5. Työtjärven valuma-alue (Lehmijoki 2014, 3)

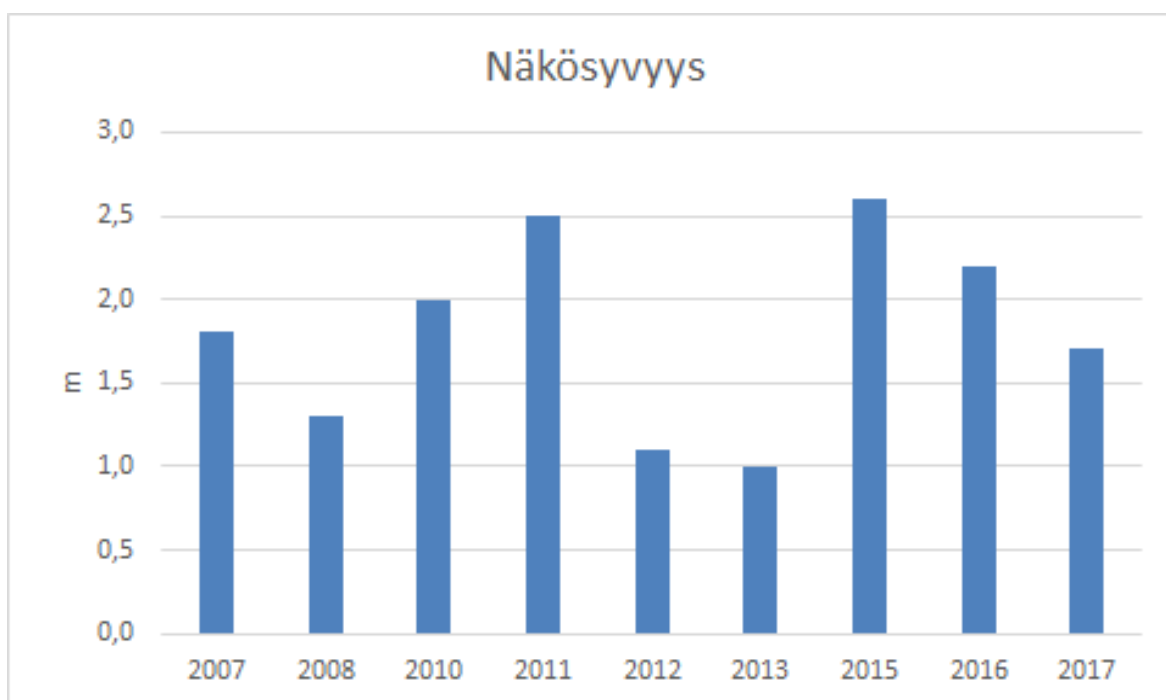
Hollolan lentokenttä valmistui Työtjärven luoteispuolelle syksyllä 1940. Lentokenttä oli syksyyn 1944 armeijan käytössä pääasiallisesti varikkona ja välilaskupaikkana, mutta sotien jälkeen armeija lopetti alueen käytön toistaiseksi. Lentokentän rakennusvaiheessa Työtjärven pohjoispuolelle rakentui parakkeja, joita kauempaa saapunut työvoima käytti. Vuosina 1944 - 1976 lentokentällä toimi purjelentokerho, golfkenttä ja laskuvarjokerho. Vuonna 1976 lentokenttää ja sen lähialueita alettiin käyttämään pelkästään puolustusvoimien harjoitusalueena. Alueelta löytyy muun muassa majoitusalueita ja ampumarata. (Mantere 1996, 90-119.)

5.3 Työtjärven tila

Työtjärven tilaa on seurattu tutkimuksilla jo 1980-luvulta lähtien tarkkailemalla vedenlaatua, eläimistöä, pohjaeläimistöä ja kasvillisuutta. Työtjärveä on alettu kunnostaa veden korkean humuspitoisuuden ja liejumaisen pohjan takia. Vuonna 2010 tehtiin ensimmäinen kunnostustoimenpide, kalsiumperoksidikäsittely, jolla pyrittiin sitomaan vedestä fosforia. Käsittelyllä ei kuitenkaan päästy toivottuihin tuloksiin. Vuonna 2014 Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö tuotti MELLI-hankkeen yhteydessä Työtjärvelle kunnostussuunnitelman, jossa pohdittiin järven väliaikaista kuivatusta sekä alusveden poisjohtamista. (Lehmijoki 2014, 1.) Kunnostussuunnitelmaksi valikoitui alusveden poisjohtaminen, josta Päijät-Hämeen kalatalouskeskus laati toteutussuunnitelman vuonna 2017 (Vesikko 2017, 1).

5.3.1 Näkösyvyys

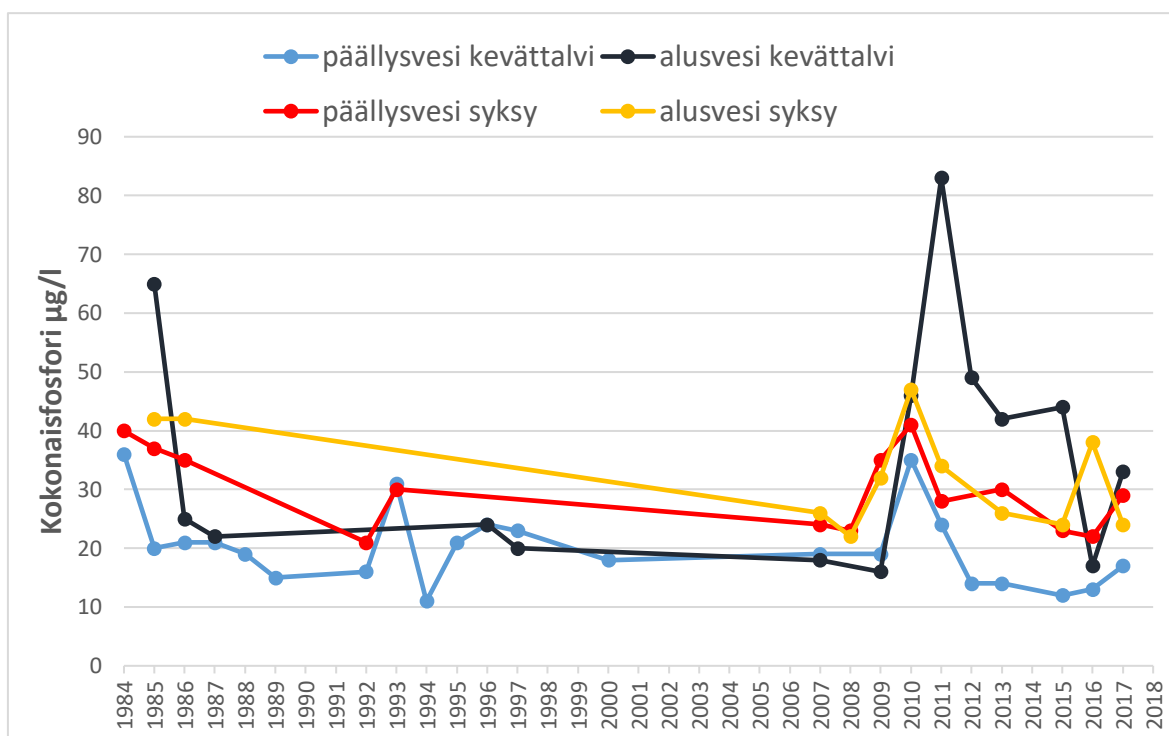
Työtjärven näkösyvyys on vaihdellut välillä 1,0 - 2,6 m (kuvio 6). Näkösyvyys ilmaisee valaistun vesikerroksen paksuutta ja sillä on oleellinen merkitys levien ja vesikasvien määrään sekä lajistoon. Käyttökelpoisuusluokituksen mukaan hyvä näkösyvyys on välillä 1,0 - 2,5 m.



Kuvio 6. Työtjärven näkösyyvyys vuosina 2007 - 2017 (Hollolan kunta 2017)

5.3.2 Kokonaisfosfori

Fosforinäytteitä on hajanaisesti otettu Työtjärveltä vuodesta 1984 asti, mutta säännöllisesti kevättalvella ja syksyllä näytteitä alettiin ottaa vasta vuonna 2007. Kokonaisfosforipitoisuus on pysynyt 30 µg/l tasolla (kuvio 7), mutta vuoden 2010 jälkeen kevättalven alus- ja päällysveden ravinnepitoisuuksissa on huomattavissa hajontaa. (Vesikko 2017, 2-3.)



Kuvio 7. Työtjärven kokonaisfosforipitoisuudet vuosina 1984 - 2017 (Hollolan kunta 2017)

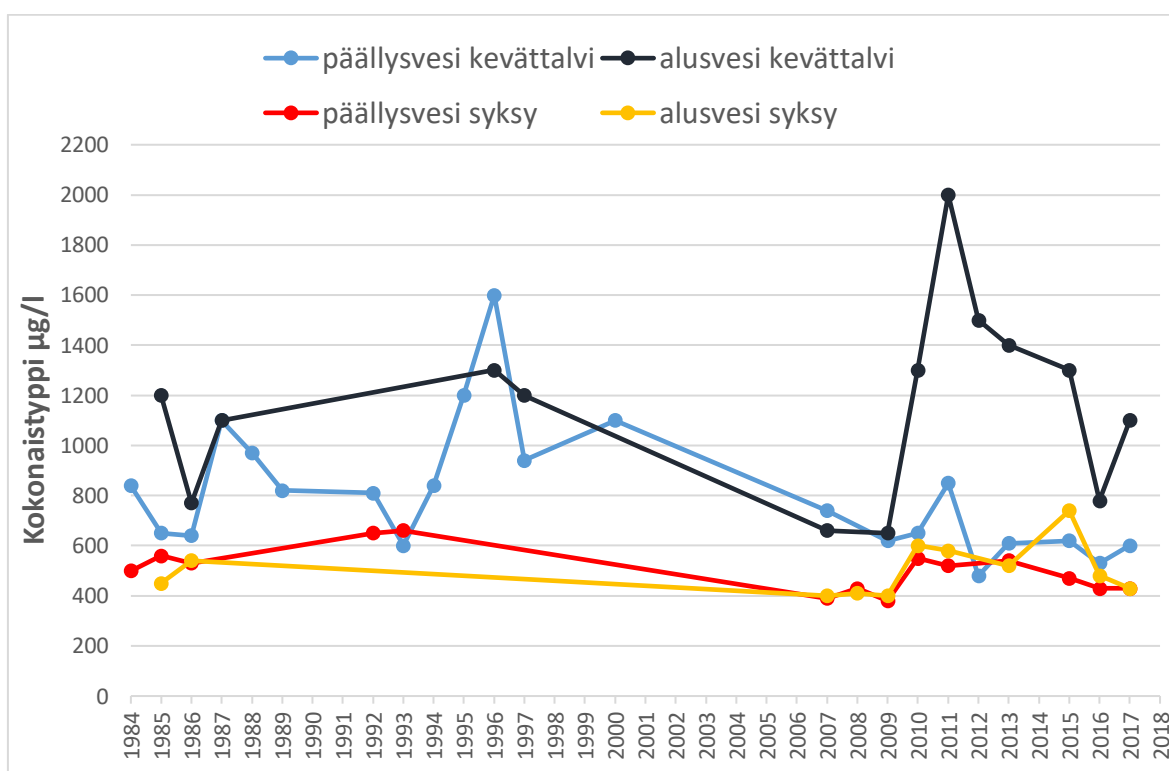
Luokitukseltaan Työtjärvi on korkean kokonaisfosforipitoisuutensa vuoksi rehevä matala humusjärvi. Työtjärvenssä oleva korkea veden humuspitoisuus vaikuttaa veden kokonaisfosforipitoisuuteen, mutta ei pysty sitä yksinomaan selittämään. (Lehmijoki 2014, 2.) Oravaisen (1999) mukaan fosforipitoisuuden ylittäessä 20 µg/l järvi on rehevä, mutta humuspitoisissa järvissä fosforipitoisuus voi olla hieman korkeampi (taulukko 1).

Taulukko 1. Rehevyysluokitus kokonaisfosforipitoisuuden perusteella (avovesikauden keskipitoisuus päällysvedessä µgP/l) (Oravainen 1999, 17)

	Rehevyysluokitus µgP/l	Yleisluokitus (vesihallitus) µgP/l
Karu	<10	<12
Lievästi rehevä	10-20	12-30
Rehevä	20-50	30-50
Erittäin rehevä	50-100	50-100
Ylirehevä	>100	>100

5.3.3 Kokonaistyyppi

Kirkkaalla luonnontilaisella järvellä tyypillinen kokonaistyyppipitoisuus on välillä 200 - 500 $\mu\text{g/l}$, humusvesissä välillä 400 - 800 $\mu\text{g/l}$ ja hyvin ruskeissa vesissä yli 1000 $\mu\text{g/l}$. Järven tyyppipitoisuuksien vaihtelu kesä- ja talviaikaan on tavanomaista, sillä kesällä järvellä tapahtuu tyyppivarantoja kuluttavaa tuotantoa, kun taas talvella typen kulutus on vähäistä. (Oravainen 1999, 19-20.) Työtjärvellä 1980-luvulla tyyppipitoisuuserot kesän ja talven välillä ovat olleet suuria (kuvio 8), mutta vuosien mittaan ero on pienentynyt huomattavasti (Vesikko 2017, 3).



Kuvio 8. Työtjärven kokonaistyyppipitoisuudet vuosina 1984 - 2017 (Hollolan kunta 2017)

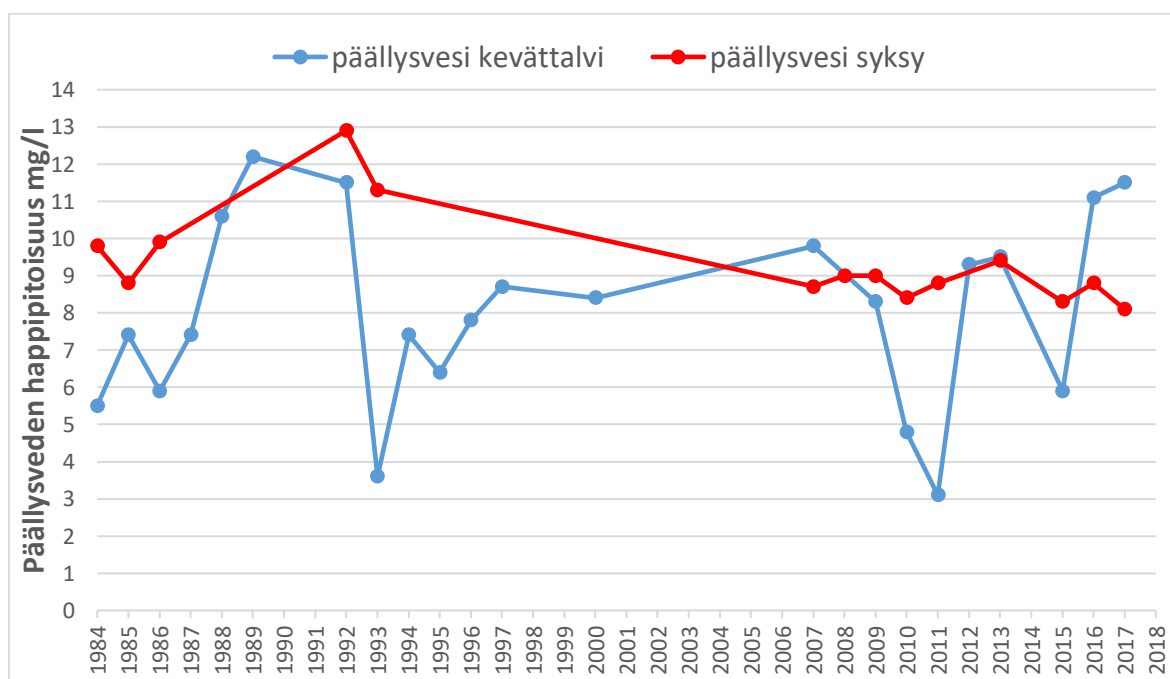
Työtjärven kaltaisten matalien humusjärvien luokitteluun ja vertailuun käytetään niille erikseen laadittuja tilaluokkarajoja (taulukko 2). Matalalle humusjärvelle Työtjärven 30 $\mu\text{g/l}$ kokonaisfosforipitoisuus on luokitukseltaan hyvä ja 520 $\mu\text{g/l}$ kokonaistyyppipitoisuus on luokitukseltaan erinomainen. (Aroviita, Hellsten, Jyväsjärvi, Järvenpää, Järvinen, Karjalainen, Kauppila, Keto, Kuoppala, Manni, Mannio, Mitikka, Olin, Perus, Pilke, Rask, Riihimäki, Ruuskanen, Siimes, Sutela, Vehanen & Vuori 2012, 57.)

Taulukko 2. Järvien vedenlaadun tilaluokkarajat (Aroviita ym. 2012, 57)

Matala humusjärvi	Kokonaisfosfori µg/l	Kokonaistyyppi µg/l
Erinomainen/Hyvä	25	600
Hyvä/Tyydyttävä	40	750
Tyydyttävä/Välttävä	65	1100
Välttävä/Huono	100	1800

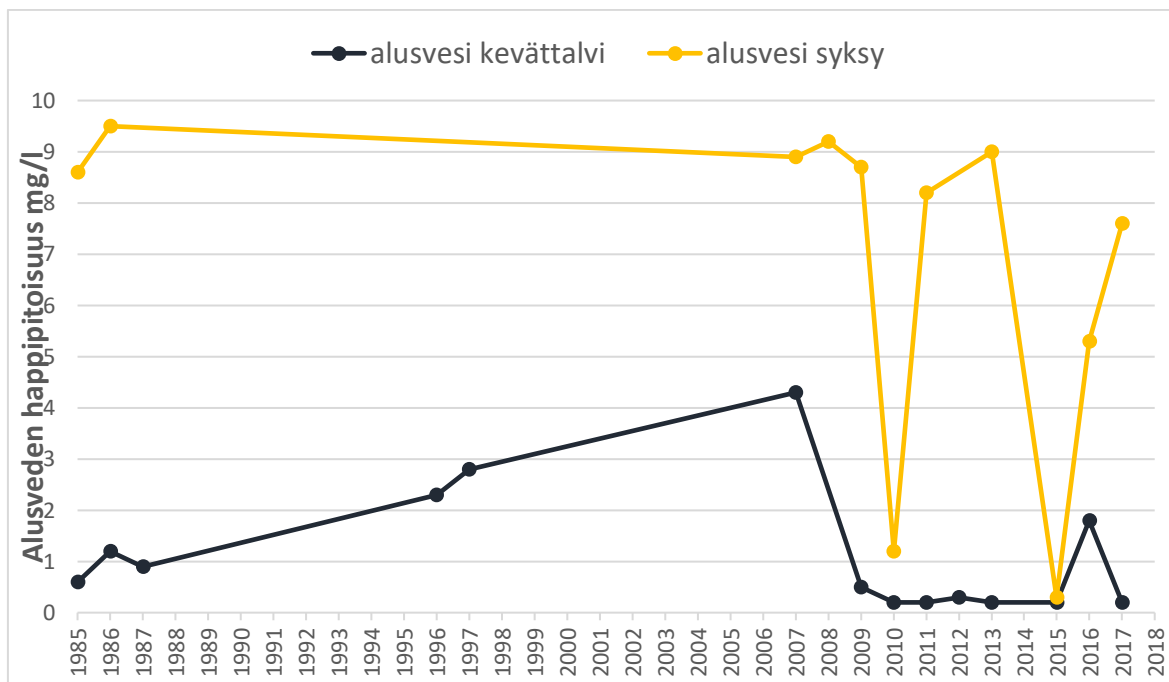
5.3.4 Happipitoisuus

Päällysveden normaali happipitoisuus talviaikaan on 12 - 13 mgO₂/l sekä kesäaikaan 8 - 9 mgO₂/l (Vääränen ym. 2004). Päällysvesi Työtjärnessä on hapekasta ja happipitoisuuksissa päästään lähelle normaalia tasoa (kuvio 9), vaikkakin talven jälkeen happipitoisuudet ovat olleet hieman alhaiset.



Kuvio 9. Työtjärven päällysveden happipitoisuudet kevättalvella ja syksyllä vuosina 1984 - 2017 (Hollolan kunta 2017)

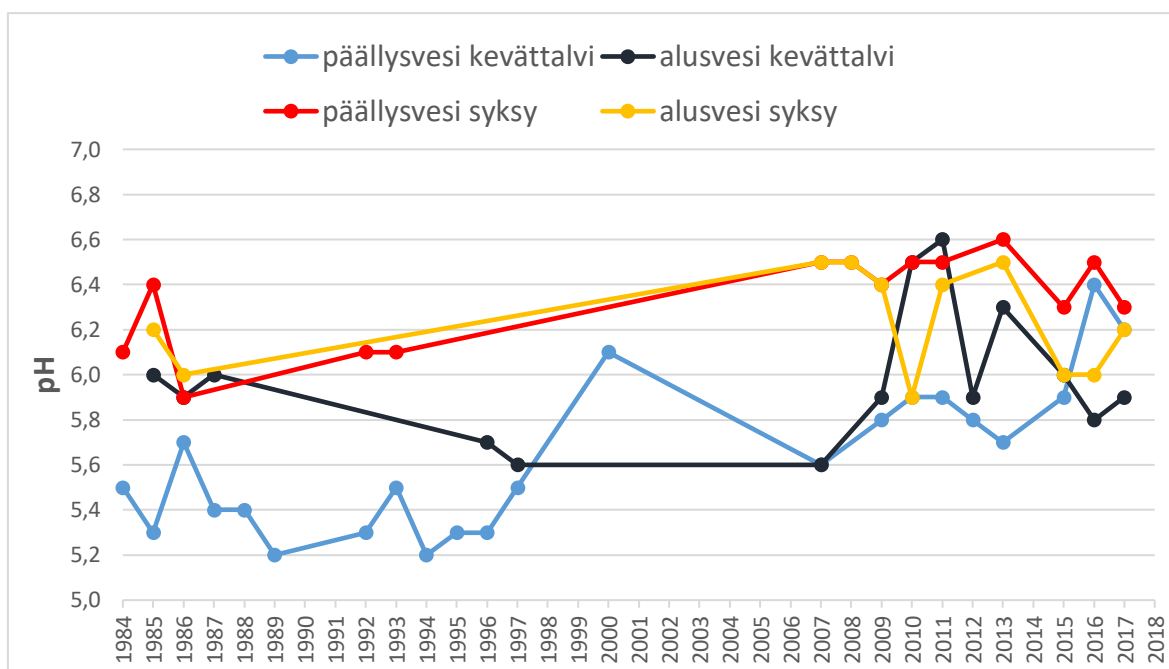
Työtjärven alusveden happipitoisuus vaihtelee huomattavasti kevättalven ja syksyn välillä (kuvio 10). Kevättalvella happipitoisuus on ollut alhainen, ajoittain lähes hapeton, kun taas syksyä kohti happitilanne paranee. Suurimmat ongelmat keskittyvät kuitenkin syvänteeseen, jossa veden vaihtuminen on heikkoa. (Lehmijoki 2014, 4.)



Kuvio 10. Työtjärven alusveden happipitoisuudet kevättalvella ja syksyllä vuosina 1985 - 2017 (Hollolan kunta 2017)

5.3.5 Happamuus

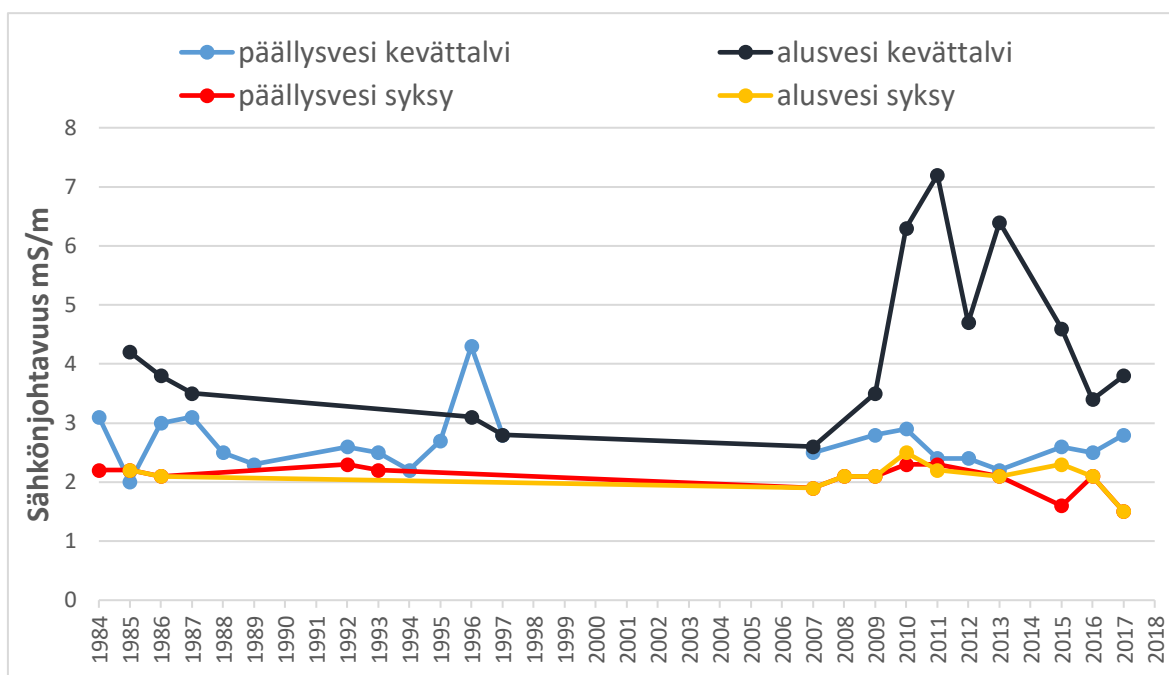
Veden pH on Työtjärvellä tasaantunut 1980-luvun jälkeen, vaikkakin vaihtelua on tapahtunut erityisesti vuosina 2010 - 2017 välillä otetuissa näytteissä (kuvio 11). Työtjärven pH on viimeisen kymmenen vuoden aikana vaihdellut 5.6 - 6.6 välillä.



Kuvio 11. Työtjärven happamuus vuosina 1984 - 2017 (Hollolan kunta 2017)

5.3.6 Sähkönjohtavuus

Työtjärven sähkönjohtavuus on tavanomaista alhaisempi lukuun ottamatta alusvettä kevättalvella (kuvio 12). Kevättalvella Työtjärven alusvedessä on erittäin vähän happea, minkä seurauksena ionien vapautumista tapahtuu.



Kuvio 12. Työtjärven alus- ja päällysveden sähkönjohtavuus vuosina 1984 - 2017 (Hollolan kunta 2017)

5.3.7 A-klorofylli

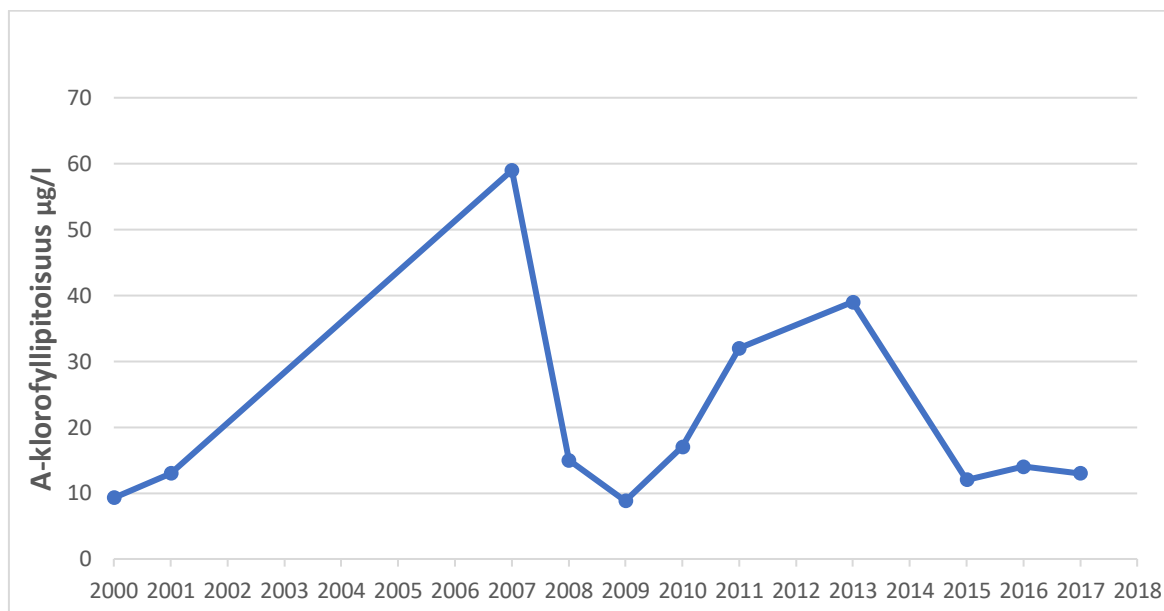
A-klorofyllipitoisuus ilmaisee lehtivihreällisen planktonlevän runsautta ja tulos on suoraan verrannollinen levän määrään. Klorofyllipitoisuuden avulla pystytään arviomaan järven rehevyytensä (taulukko 3). (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2019.)

Taulukko 3. Järven rehevyytensä a-klorofyllipitoisuuden perusteella (Oravainen 1999, 23)

Rehevyytensä	A-klorofyllipitoisuus, $\mu\text{g/l}$
Karu	<4
Lievästi rehevä	4-10
Rehevä	10-20
Erittäin rehevä	20-50

Työtjärven klorofyllipitoisuus on vaihdellut 2000-luvun puolella huomattavasti, mutta klorofyllipitoisuus on tasaantunut viime vuosina (kuvio 13). Työtjärven klorofyllipitoisuus on

luokituksen mukaan tyypillinen rehevälle järvelle. Työtjärnessä on esiintynyt rehevissä humusjärvisissä tyypillistä limalevää (*Gonyostomum semen*), joka sisältää biomassaansa nähden runsaasti klorofylliä (Vesikko 2017, 2).



Kuvio 13. Työtjärven a-klorofyllipitoisuus vuosina 2000 - 2017 (Hollolan kunta 2017)

5.3.8 Pohjaeläimet

Työtjärven pohjaeläimistöä on tutkittu syksyisin vuosina 2009 ja 2010. Ensimmäisessä tutkimuksessa huomattiin, että 2,5 - 3,0 metrin syvyydessä löytyy kohtuullinen pohjaeläinkanta, joka on lajimäärän, yksilömäärän sekä biomassan suhteen kohtuullinen. Lajisto alkaa vähenemään jo 5,3 - 6,0 metrin syvyydessä ja valtaosan lajistosta muodosti sulkasääkentoukka, joka sietää huonohappisia olosuhteita hyvin. Syksyn 2010 tutkimuksissa lajimäärä oli syvänteessä pysynyt lähes samana, mutta matalammissa vesissä lukumäärä oli puolittunut. Kuitenkin vuoden aikana yksilömäärät kasvoivat kaikilla alueilla. (Lehmijoki 2014, 6.)

5.3.9 Kalasto

Kalakanta on Työtjärvellä niukka ja ahven on ollut vuosina 2005 ja 2008 tehdyissä koekalastuksissa runsaslukuisin (taulukko 4). Ahven on ollut koekalastuksissa yksilömääräisesti

suurin, mutta biomassan osuus koekalastuksessa oli 56 % ja 45 %. Työtjärven vähäinen särkikanta viittaa, ettei järvi olisi pahasti rehevöitynyt. (Vesikko 2017.) Hoitokalastusta on Työtjärvellä tehty vuonna 2001, jolloin todettiin kalojen kasvuvauhdin lisääntyminen ja kalakannan kääpiöitymisen pysähtyminen vuoden 1999 koekalastuksen jälkeen (Lehmijoki 2014, 6).

Taulukko 4. Työtjärven koekalastustulokset vuosilta 2005 ja 2008 (Vesikko 2017, 5)

TYÖTJÄRVEN KOEKALASTUSTULOKSET				
Laji	2005		2008	
	Lukumäärä	Paino (g)	Lukumäärä	Paino(g)
Ahven	115	2884	58	1817
Särki	11	809	1	118
Lahna	-	-	1	496
Kuha	2	286	-	-
Hauki	1	1210	1	2022
Yhteensä	129	5189	61	4453

5.3.10 Vesikasvit

Lammin ja Vauhkonen (2014) tekemässä tutkimuksessa Työtjärveltä on löytynyt 17 vesikasveihin kuuluvaa putkilokasvilajia (taulukko 5), alhainen lajimäärä on vähäravinteiselle järvelle tyypillistä. Runsaimmat kasvit ovat järvikorte, ulpukka, uistinvita ja vesitatar, jotka tulevat toimeen monenlaisissa vesissä. Vesitatar on ainoa tyypillisesti rehevöityneissä tai keskiravinteisissa vesistöissä esiintyvä kasvi. Kasvit sijoittuvat pääasiallisesti matalalle alueelle rannan läheisyyteen, pientä uistinvitakasvustoa lukuun ottamatta kasveja ei tavattu yli 125 cm:n syvyydestä. Kasvien levittäytymistä syvälle haittaa veden korkea humuspitoisuus, joka estää valon tunkeutumisen syvälle. (Lammi & Vauhkonen 2014, 17.)

Taulukko 5. Työtjärven vesikasvilajisto vuonna 2013 (Lammi & Vauhkonen 2014, 13)

Ilmaversoiset	Kelluslehtiset	Pohjalehtiset
Jouhisara, <i>Carex lasiocarpa</i>	Ulpukka, <i>Nuphar lutea</i>	Hapsiluikka, <i>Eleocharis acicularis</i>
Järvikorte, <i>Equisetum fluviatile</i>	Rantapalpakko, <i>Sparanium emersum</i>	Nuottaruoho, <i>Lobelia dortmanna</i>
Kurjenmiekka, <i>Iris pseudacorus</i>	Siimapalpakko, <i>Sparanium gramineum</i>	Rantaleinikki, <i>Ranunculus reptans</i>
Pullosara, <i>Carex Rostrata</i>	Uistinviita, <i>Potamogeton natans</i>	Tummalahnaruoho, <i>isoëtes lacustris</i>
Rantaluikka, <i>Eleocharis palustris</i>	Vesitatar, <i>Persicaria amphibia</i>	Vaalealahnanruoho, <i>isoëtes echinospora</i>
Terttualpi, <i>Lysimachia thysiflora</i>		
Viiltosara, <i>Carex Acuta</i>		

5.4 Kunnostusvaihtoehdot

5.4.1 Järven kuivatus

Lehmijoen (2014) mukaan Työtjärven tyhjennyksessä ongelmakohtana on syväne, joka on pienellä pinta-alallaan huomattavasti syvempi kuin järven muu ala. Jotta koko Työtjärvi saataisiin kuivatettua, täytyisi vettä tyhjentää noin 780 000 m³. Tyhjentämistä varten purkuoja tulisi kaivaa syvemmälle kuin järven syvin kohta, Työtjärvessä noin yhdeksän metrin syvyyteen. Syvän purkuojan takia uoman tulisi olla leveydeltään vähintään 1,5 -kertainen, jolloin uoma olisi noin 30 metriä leveä. Syvänteen pienen pinta-alan takia suurta uomaa ei ole kannattavaa tehdä, koska kahden metrin veden alentamisella yli 80 % järven pinta-alasta tyhjentäisi. Kahden metrin vedenpinnanlaskua varten uomaa tarvitsisi kaivaa vain muutaman metrin syvyyteen, jolloin kustannukset kunnostamistoimenpiteelle olisivat huomattavasti edullisemmat. (Lehmijoki 2014, 15-16.)

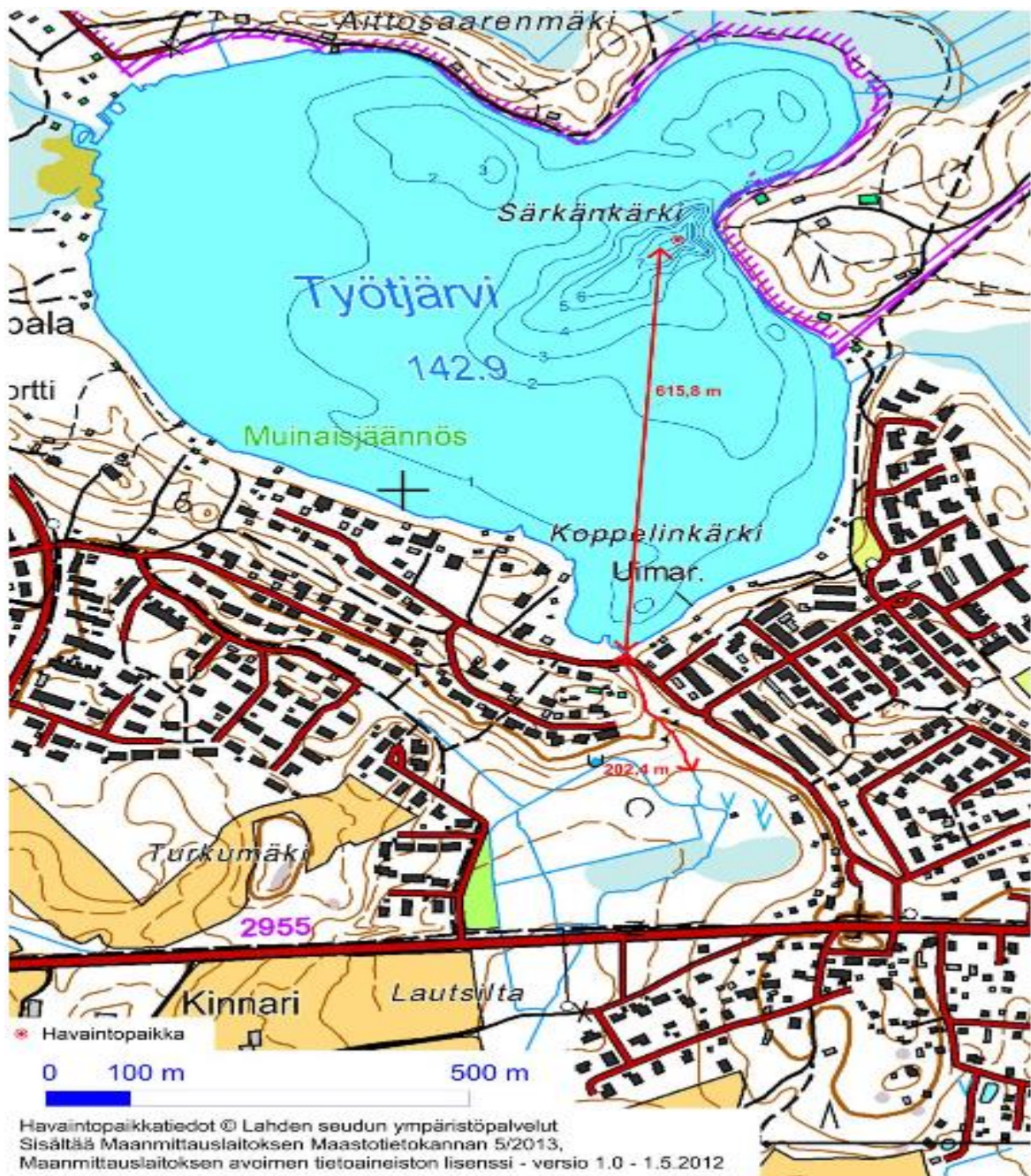
Järven tyhjennystä varten rakennetaan laskeutusallas, minkä jälkeen kuivatusuomaverkosto kaivetaan järven jään päältä. Jään paksuus tulee varmistaa ja tarvittaessa vahvistaa jäätä

poistamalla jään päälle kertynyttä lunta jäätyksen tehostamiseksi. Tyhjentäminen aloitetaan talvella mahdollisimman aikaisin, jotta kaikki vesi kerätään tyhjentää ennen kuumaa kesäkautta. Järven tyhjennyksen jälkeen täytyy huolehtia veden juoksutuksen jatkumisesta, sillä järveen kerääntyy vettä valuntana noin 40 l/s, sateina sekä sulamisvesinä. Kesän jälkeen Työtjärvi pidetään kuivana talvea varten, jotta myös talvipakkasia voidaan käyttää hyödyksi pohjan tiivistämiseen. Ennen järven täyttööä on helpompaa tehdä myös muita kunnostustoimenpiteitä esimerkiksi ruoppausta ja rantojen kunnostusta. (Lehmijoki 2014, 15-16.)

5.4.2 Alusveden poistaminen

Alusvettä poistamalla pyritään korvaamaan hapetonta alusvettä Työtjärven syvänteestä. Alusvedestä tehdyistä mittauksista voi havaita, että kevättalvella happipitoisuuden ollessa syvänteessä vähäinen on kokonaisfosforin ja -typen määrä sekä sähkönjohtokyky kasvanut. Veden poistuessa syvänteestä se korvautuu hapekkaalla pintavedellä, jolloin ravinteet pysyvät paremmin sedimentissä ja ravinteiden liukeneminen veteen vähenee. (Vesikko 2017, 7-8.)

Työtjärvi on riittävän syvä termokliinin eli veden lämpötilan harppauskerroksen muodostumiseen, joka erottaa kesäisin ja talvisin alus- ja päällysvesikerrokset. Termokliini muodostuu noin kahden metrin syvyyteen, jolloin alusvettä olisi järvessä noin 129 000 m³. Alusveden juoksuttamista varten tulee syvänteestä johtaa 600 metriä pitkä putki veden purkautumispaikkaan Työtjärven eteläpuolelle (kuvio 14). (Lehmijoki 2014, 17-18.)



Kuvio 14. Suunnitelma alusveden poisjohtamiseksi Työtjärvestä (Lehmijoki 2014, 17)

Kuviossa 14 näkyvän Koppelinkärjen alapuolelta Särkänkärjen syvänteeseen kulkeva punainen viiva osoittaa suunnitellun alusveden poistamiseen käytettävän putken paikan. Vesikko (2017) on laatinut suunnitelman, työohjeet ja kustannusarvion kyseiselle toimenpiteelle. Suunnitelma kuitenkin käsittää pääasiallisesti alusveden poiston ojan alkupäähän ja

vaihtoehdot veden mukana tulevan humuksen ja sedimentin kiinnittöön ovat jääneet vähäisiksi. Kustannusarvio (taulukko 6) on laskettu myös alusveden poistolle ojan alkupäähän. (Vesikko 2017, 7-8.)

Taulukko 6. Kustannusarvio Työtjärven alusveden poistolle (Vesikko 2017, 10)

Tilaja	Työnro	Vastuhenkilö	Päiväys	
Päijät-Hämeen Kalatalouskeskus ry		Ilkka Vesikko	17.12.2017	
Työ	Huom.			
Työtjärven alusveden poisjohtaminen	Toteutussuunnitelma			
Nimike	Määrä	Yksikkö	€/Yksikkö	Yhteensä
<u>ALUVEDEN JOHTAMINEN</u>				
<u>PURKUPUTKEEN</u>				
Vesilain mukainen lupa	1	erä	5 000 €	5 000 €
Seurantakustannukset (osin talkootyönä)	1	erä	6 000 €	6 000 €
Viettoviemäri, 250 mm halkaisija + painotus. Sis. materiaalit ja kuljetus paikalle	600	m	35 €	21 000 €
Aluevesiputken asennus	1	erä	15 000 €	15 000 €
Läppäventtiili alusputkeen	1	kpl	1 000 €	1 000 €
Virtauksensäätkäivo, sis. Settiseinä, läpiviennit, eristys,	1	kpl	1 000 €	1 000 €
Virtauksensäätkäivon asennus	1	erä	1 000 €	1 000 €
Pintavesiputki	2	m	100 €	200 €
Putken asennus	1	erä	500 €	500 €
Suojatäyttö luonnonkiviheitoke	5	m ³	30 €	150 €
<u>Tarvittaessa</u>				
Biosuodatussäkit (talkootyönä paikalleen)	50	kpl	10 €	500 €
Yhteensä				51 350 €
Yleiskustannukset 20 %				10 270 €
Hankkeen kustannusarvio				61 620 €

Purkupaikkana toimii maantien rumpu, johon lisäksi rakennetaan virtauksensäätkäivo. Tarvittavaksi maksimivirtaamaksi on laskettu 20 l/s, joka toteutetaan painovoimallisesti. Padotuskorkeuden täytyy olla 350 mm, jotta päästään maksimivirtaamaan (taulukko 7).

Taulukko 7. Alusveden teoreettinen virtaama eri padotuskorkeuksilla (Vesikko 2017, 11)

Alusveden purkautuminen		
Laskennallinen alusvesivirtaama 600 m putken (250 mm) kautta		
Padotuskorkeus, mm	Virtaama, l/s	Virtaus nopeus putkessa, m/s
50	6,80	0,14
100	9,90	0,20
150	12,40	0,25
200	14,40	0,29
250	16,30	0,33
300	18,00	0,37
350	20,00	0,40

6 TYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT

6.1 Näytteenotto

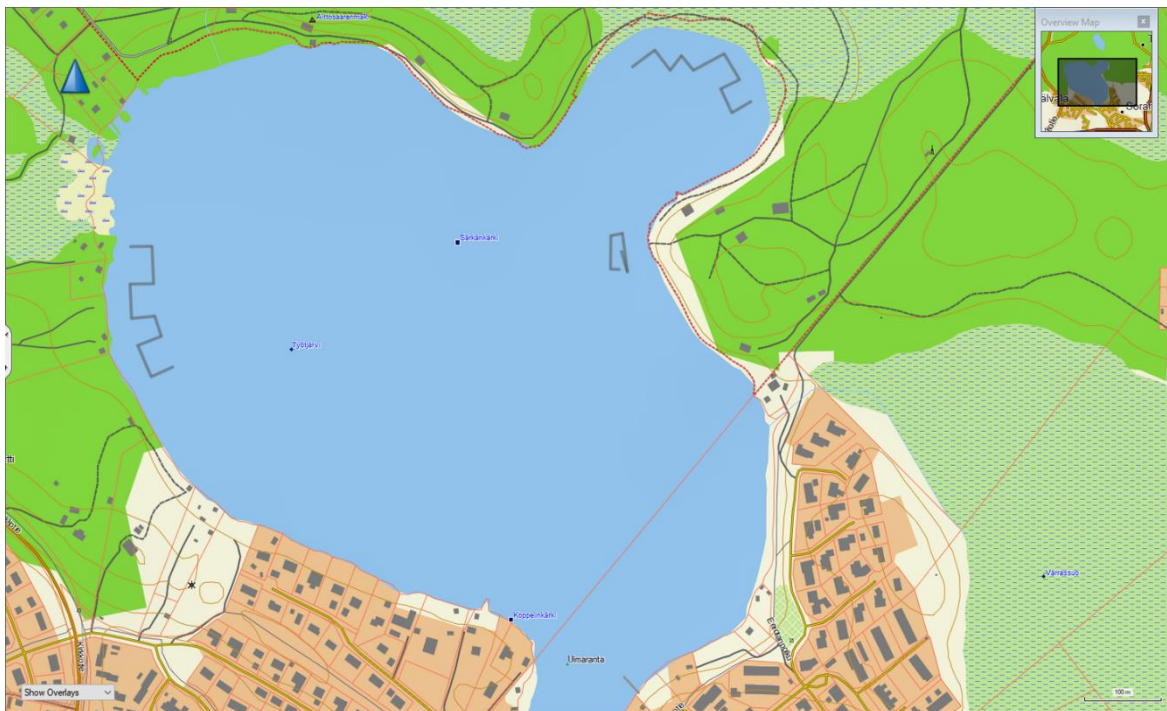
Taulukossa 8 on koottu näytteenotossa käytetyt välineet ja menetelmät. Näytteenotossa käytettiin Humminbird Piranha Max 165x PT -kaikuluotainta ja Garmin Dakota 20 GPS -laitetta, Ekman-noudinta ja venettä varusteineen. Näytteiden toimituspäivä sovittiin etukäteen laboratorion kanssa.

Taulukko 8. Näytteenoton vaiheet sekä käytetyt välineet ja menetelmät lisähuomioineen

Tutkimusvaihe	Välineet ja menetelmät	Lisähuomiot
Pohjasedimentin kokonaisuusmäärä	Humminbird Piranha Max 165x PT -kaikuluotain, mittapuu	Syvänteessä vain kaikuluotain
Havaintopaikkojen koordinaattien tallennus ja paikannus	Garmin Dakota 20 GPS -laite	Garmin BaseCamp -ohjelma
Sedimenttinäytteenotto	Ekman-noudin varusteineen	Näytteet otettiin kahden päivän aikana
Pohjasedimentin laboratorioanalyysit	Eurofins Viljavuuspalvelu Oy, Mikkeli	Standardoidut analyysimenetelmät: PFVT2: Raskasmetallit kuningasvedessä PFVT4: Orgaaninen maanparannusaineanalyysi PFVTB: Hivenravinteet kompostianalyysin yhteydessä
Muut keskeiset varusteet	Vene ja sen varusteet, näytteenottoastiat	

Työtjärveltä otettiin 13. - 14.11.2018 kolme kokoomanäytettä kuvion 15 mukaisesti, jossa jokainen kulmakohta merkitsee osanäytteenottoa. Näytteenottoa suunnettiin

etukäteen Garmin Basecamp -ohjelmalla. Suunniteltua reittiä seurattiin Garmin Dakota 20 GPS -laitteella, jonka avulla paikannettiin tarkasti näytteenottoaikat. Syvänteestä näytteitä otettaessa käytettiin syvänteen paikantamiseen myös Humminbird Piranha Max 165x PT kaikuluotainta.



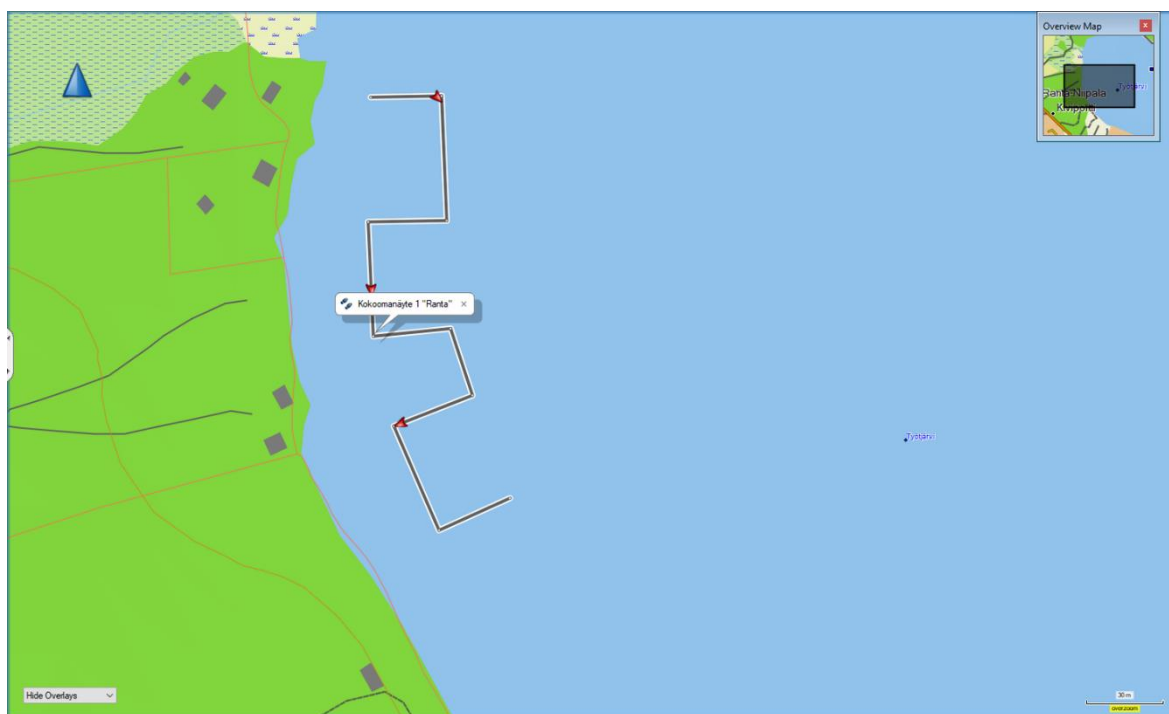
Kuvio 15. Kokoomanäytteiden sijainnit Työtjärven kartalla

Sedimentinäytteenottoon valikoitui Ekman-noudin sedimentin löysän koostumuksen perusteella. Ekman-noudin laskettiin järven pohjaan, jonka jälkeen narua pitkin iskettiin messinkipaino näytteenottimen päällä olevaan laukaisimeen. Laukaisussa näytteenottimen leuat iskeytyivät kiinni sulkien sedimentin näytteenottimen sisään. Näytteet koottiin 30 litran värittömään muoviseen astiaan. Kokoomanäytteeseen kerättiin noin 10 osanäytettä näytteenottoaikaista riippuen. Kokoomanäytteen kokoamisen jälkeen siirryttiin maihin, missä näyte sekoitettiin tasaiseksi. Tasapaksusta kokoomanäytteestä otettiin näyte laboratoriotutkimuksia varten pienempään kolmen litran muoviseen astiaan.

Kokoomanäytteitä kerätessä pohjasedimentin paksuutta seurattiin mittapuulla sekä Humminbird Piranha Max 165x PT -kaikuluotaimella. Jokaiselta näytteenotopisteeltä kirjattiin veden syvyys, veden lämpötila ja sedimentin paksuus sekä osanäytteiden erityishuomiot,

kuten haju ja koostumus. Liitteessä 1 on esitetty tarkemmat näytteidenottoaikkujen koordinaatit, syvyydet, lietepatjan paksuus sekä veden lämpötila.

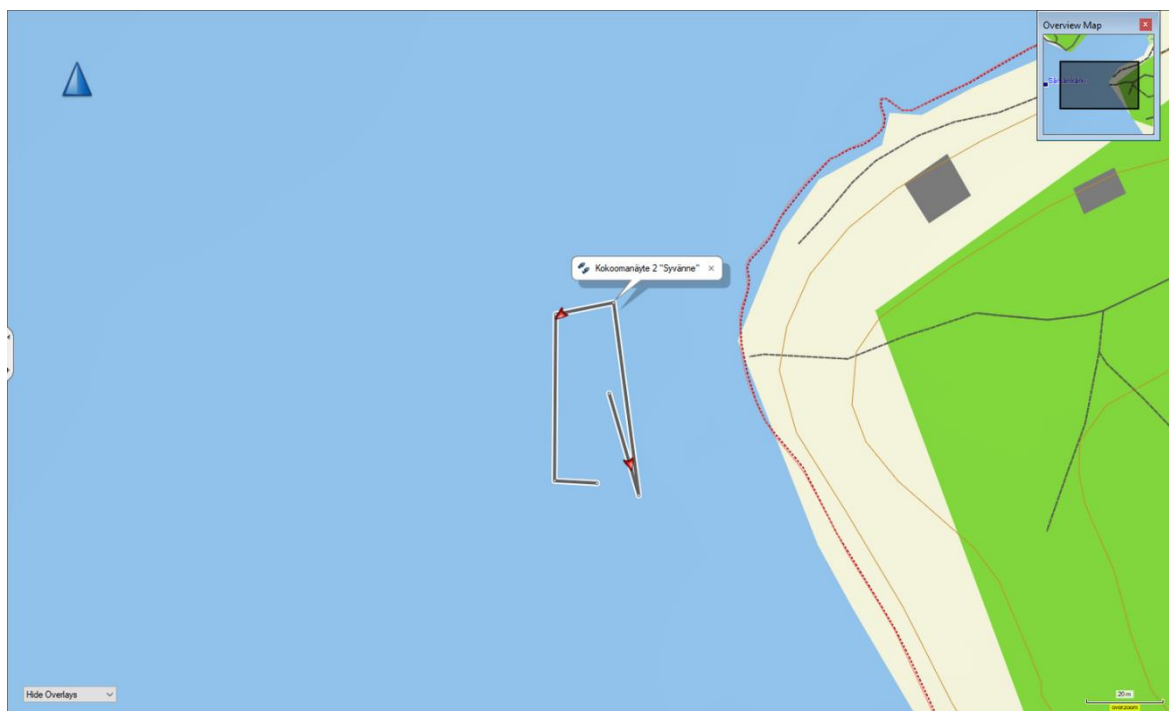
Kokoomanäyte 1 kerättiin rannansuuntaisesti Työtjärven länsipuolelta. Matkaa rantaan oli noin 20 - 30 metriä. Kuvion 16 mukainen reitti suunniteltiin ja toteutettiin GPS-koordinaattien perusteella. Veden syvyys alueella oli noin 1 metri. Pohjasedimenttiä näytteenottoaikoilla oli 80 - 120 cm, mutta näyte otettiin sedimentin pintakerroksesta. Yhden osanäytteen tilavuus oli noin kaksi litraa. Pohjasedimentin joukossa oli hajoamatonta materiaalia, kuten puun lehtiä, vesikasveja ja oksia. Pohjasedimentti oli mutaista liejua, jonka haju muistutti suota.



Kuvio 16. Kokoomanäytteen 1 ”ranta” suunniteltu ja toteutunut reitti

Kokoomanäyte 2 ”syväne” koottiin Työtjärven syvimmältä alueelta järven koillispuolelta niemen kärjen edestä (kuvio 17). Matkaa rantaan näytteenottoaikalta oli noin 10 - 20 metriä. Suunnitellun näytteenottoreitit GPS-koordinaattien seuraaminen syvänteessä oli haastavaa, joten toteutuneet näytteenottoaikat eroavat suunnitelmasta. Paikansimme syvänteen kaikuluotaimen avulla ja merkitsimme tarkat toteutuneet näytteenottoaikat ylös GPS-laitteeseen. Veden syvyys syvänteen eri kohdissa vaihteli 5,0 ja 8,9 m:n välillä. Pohjasedimenttiä syvänteen pohjalla oli kaikuluotaimen mukaan noin kaksi metriä. Sedimentti

oli rakenteeltaan tasapaksua löysää, vanukasmaista liejua. Sen joukossa ei ollut kasveja, juuria tai oksia. Näytteenotin upposi helposti pohjasedimenttiin ja täyttyi kokonaan. Syvänneen pohjasedimentillä ei ollut erityispiirteistä hajua.



Kuvio 17. Kokoomanäytteen 2 ”syväne” toteutunut reitti

Kokoomanäyte 3 koottiin Työtjärven pohjoisrannalta, ojitetun suon edestä (kuvio 18). Matkaa rantaan näytteidenottopaikoilta oli noin 10-20 metriä. Näytteenotto toteutui suunnitellun reitin mukaisesti. Pohjasedimentin paksuus oli 0,3 - 1,5 m:n välillä. Veden syvyys vaihteli välillä 1,2 ja 2,5 m. Pohjasedimentin paksuus vaihteli eri osanäytteenottopaikoilla huomattavasti enemmän kuin muissa kokoomanäytteissä. Näytteenottoreitin varrella oli runsaasti vesikasvustoa. Myös pohjasedimentin joukossa oli paljon vesikasveja, niiden juuria ja oksia, jotka hankaloittivat näytteenottoa. Näytteenotin ei uponnut syväälle pohjasedimenttiin, jonka vuoksi näytettä tuli noin kaksi litraa jokaiselta näytteenottopisteeltä. Pohjasedimentti itsessään oli vanukasmaista liejua, mutta sen joukossa oli paljon osittain hajonneita vesikasveja. Näytteen haju muistutti suota.



Kuvio 18. Kokoomanäytteen 3 ”suo” suunniteltu ja toteutunut reitti

6.2 Laboratorioanalyysit

Näytteet analysoitiin Eviran hyväksymässä Eurofins viljavuuspalvelu Oy -laboratoriossa Mikkelissä. Laboratorion valintaan vaikutti vahvasti pohjasedimentin suunniteltu käyttö lannoitteena. Kokoomanäytteistä ”ranta” ja ”syväne” tutkittiin raskasmetallit, hivenaineet ja orgaaninen maanparannusaineanalyysi. Kokoomanäytteestä ”suo” tutkittiin vain raskasmetallit.

6.3 Biokaasulaskuri

Pohjasedimentin potentiaalia biokaasutuotannossa arvioitiin hyödyntäen maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen kehittämää biokaasulaskuria. Laskurin tulokset ovat suuntaa antavia, mutta niiden katsottiin olevan riittäviä hyötykäytön tarkasteluun. Biokaasulaskuri käyttää keskimääräisiä arvoja, ja todelliset tulokset ovat aina tapauskohtaisia.

7 TULOKSET

7.1 Laboratorioanalyysien tulokset

Taulukkoon 9 on koottu laboratorioanalyysien tulokset. Liitteestä 2 löytyvät laboratoriosta saadut tutkimustodistukset. Näytteistä löytyi kokonaistyyppiä, mutta liukoisessa muodossa tyyppiä oli niukasti. Fosforia näytteissä on niukasti erityisesti vesiliukoisessa muodossa, jota kasvit voivat hyödyntää. Molemmissa näytteissä on korkea rautapitoisuus. Hehikutushäviö kuvaa näytteen orgaanisen aineen pitoisuutta. Rannassa pohjasedimentin kuiva-ainepitoisuus on hieman syvännettä alhaisempi.

Taulukko 9. Laboratorioanalyysien tulokset

Aine	Näyte 1 - Ranta	Näyte 2 - Syväne	Näyte 3 - Suonreuna
Kokonaistyyppi	30,0 (±6,0) g/kg	27,4 (±5,5) g/kg	
Vesiliukoinen tyyppi (N)	<0,2 g/kg	<0,15 g/kg	
Kokonaisfosfori (P)	1,3 (±0,3) g/kg	1,6 (±0,4) g/kg	
Vesiliukoinen fosfori (P)	29 mg/kg	6,8 mg/kg	
Kalium (K)	1,1 (±0,3) g/kg	1,5 (±0,4) g/kg	
Magnesium (Mg)	1,9 g/kg	2,6 g/kg	
Arseeni (As)	6,7 (±2,0) mg/kg	9,5 (±2,9) mg/kg	8,4 (±2,5) mg/kg
Kadmium (Cd)	0,77 (±0,27) mg/kg	1,1 (±0,4) mg/kg	0,85 (±0,30) mg/kg
Kromi (Cr)	38,0 (±8,0) mg/kg	53,0 (±11,0) mg/kg	62,0 (±12,0) mg/kg
Kupari (Cu)	19,0 (±4,0) mg/kg	32,0 (±6,0) mg/kg	19,0 (±4,0) mg/kg
Elohopea (Hg)	0,15 (±0,06) mg/kg	0,20 (±0,08) mg/kg	0,16 (±0,06) mg/kg
Nikkeli (Ni)	21,0 (±6,0) mg/kg	30,0 (±9,0) mg/kg	33,0 (±10) mg/kg
Lyijy (Pb)	32,0 (±10) mg/kg	59,0 (±18,0) mg/kg	40,0 (±12,0) mg/kg
Sinkki (Zn)	130 (±26) mg/kg	180 (±36) mg/kg	120,0 (±24,0) mg/kg
Mangaani (Mn)	150 mg/kg	130 mg/kg	
Boori (B)	<21 mg/kg	<21mg/kg	
Natrium (Na)	0,17 g/kg	0,19 g/kg	
Rikki (S)	4,0 g/kg	4,9 g/kg	
Rauta (Fe)	11000 mg/kg	16000 mg/kg	
pH, happamuus (1:5)	5,8	5,9	
Johtokyky (1:5)	2930 mS/m	3290 mS/m	
Kuiva-aine	5,10 %	6,50 %	
Kosteus	94,90 %	93,50 %	
Tuhka	39,10 %	45,10 %	
Hehikutushäviö	60,90 %	54,90 %	
Tilavuuspaino	980 kg/m ³	1000kg/m ³	

7.2 Sedimentin käyttö lannoitteena

Järven pohjasedimenttiä vertailtiin typpilannoitteena sian- ja naudän lietelantoihin, Novarbo 4-1-2 -luomulannoitteeseen sekä YaraBela Suomensalpietari -lannoitteeseen. Taulukkoon 10 on kerätty lannoitteiden sisältämiä ravinne- ja hivenainepitoisuuksia. Taulukossa 11 laskettiin kaavan 1 mukaan peltoon levitettävän lannoitteen määrä halutun typpitaseen saavuttamiseksi. Peltiin levitetyn lannoitteen mukana kertyvät hivenaineet laskettiin kaavan 2 mukaan. Lannoitteita vertaillessa tulee ottaa huomioon, että pohjasedimentin laboratoriotulokset on mitattu kokonaispitoisuuksina eikä liukoisessa muodossa.

$$M = \frac{N_t}{N_{\%}}, \quad (1)$$

Jossa M on pellolle levitettävän lannoitteen määrä, N_t on tavoiteltava typpitase ja $N_{\%}$ on lannoitteen sisältämä typpipitoisuus.

Taulukko 10. Lannoitteiden sisältämät ravinneosuudet N (typpi), P (fosfori), K (kalium) ja S (rikki) prosentteina (Yara Suomi 2017, 24-30; Novarbo Oy 2019)

Lannoite	%			
	N	P	K	S
Järven pohjasedimentti (100% kuiva-aine, syväne)	2,74	0,16	0,15	0,49
Järven pohjasedimentti (50% kuiva-aine, syväne)	1,39	0,08	0,07	0,25
Järven pohjasedimentti märkä (6,5% kuiva-aine, syväne)	0,18	0,01	0,01	0,03
Järven pohjasedimentti (100% kuiva-aine, ranta)	3,00	0,13	0,11	0,40
Sian lietelanta (kuiva-aine <15%)	0,34	0,08	0,19	0,00
Naudan lietelanta (kuiva-aine <15%)	0,29	0,05	0,29	0,00
Novarbo Arvo 4-1-2 (luomulannoite)	4,00	1,00	2,00	0,00
YaraBela Suomensalpietari (lannoite)	26,80	0,00	1,00	4,00

$$H_m = MH_{\%}, \quad (2)$$

Jossa H_m on levitettävän lannoitteen mukana kertyvän hivenaineen massa, M on pellolle levitettävän lannoitteen määrä ja $H\%$ on lannoitteen sisältä hivenainepitoisuus.

Taulukko 11. Lannoitteiden levitysmäärät ja ravinnepitoisuudet P (fosfori), K (kalium) ja S (rikki) tavoitellun tyypitaseen mukaan hehtaarille (Yara Suomi 2017, 24-30; Novarbo Oy 2019)

Lannoite	Tyypitase (kg/ha)	30			40		
		Ravinteet			P	K	S
Järven pohjasedimentti (100% kuiva-aine, syväne)	Kertyvät ravinteet (kg)	1,8	1,5	5,3	2,4	2,0	7,1
	Lannoitteen määrä (kg)	1095			1460		
Järven pohjasedimentti (50% kuiva-aine, syväne)	Kertyvät ravinteet (kg)	1,8	1,5	5,3	2,4	2,0	7,1
	Lannoitteen määrä (kg)	2165			2886		
Järven pohjasedimentti märkä (6,5% kuiva-aine, syväne)	Kertyvät ravinteet (kg)	1,8	1,5	5,3	2,4	2,0	7,1
	Lannoitteen määrä (kg)	16667			22222		
Järven pohjasedimentti (100% kuiva-aine, ranta)	Kertyvät ravinteet (kg)	1,3	1,1	4,0	1,7	1,5	5,3
	Lannoitteen määrä (kg)	1000			1333		
Sian lietelanta (kuiva-aine <15%)	Kertyvät ravinteet (kg)	7,1	16,8	0,0	9,4	22,4	0,0
	Lannoitteen määrä (kg)	8823,53			11764,71		
Naudan lietelanta (kuiva-aine <15%)	Kertyvät ravinteet (kg)	5,2	30,0	0,0	6,9	40,0	0,0
	Lannoitteen määrä (kg)	10345			13793		
Novarbo Arvo 4-1-2 (luomulan- noite)	Kertyvät ravinteet (kg)	7,5	15,0	0,0	10,0	20,0	0,0
	Lannoitteen määrä (kg)	750			1000		
YaraBela Suomensalpietari (lannoite)	Kertyvät ravinteet (kg)	0,0	1,1	4,5	0,0	1,5	6,0
	Lannoitteen määrä (kg)	112			149		

Järvisedimentin 100 %:n kuiva-ainepitoisuus on käytännössä lannoitteen teoreettinen maksimi, jota ei voida kustannustehokkaasti saavuttaa. Käytännössä sedimenttiä käytetään sellaisenaan lietteenä, jolloin kuiva-ainepitoisuus on 6,5 % tai läjitettynä, jolloin kuiva-ainepitoisuus riippuu läjityksen kestosta ja olosuhteista.

Tyypitaseiden saavuttamiseksi järvisedimentin käyttö lietteenä vaatii yli 20-kertaisia määriä lannoitetta verrattuna Novarbo Arvo 4-1-2 -luomulan- noitteeseen. Läjitetty sedimentti, jonka kuiva-ainepitoisuus on 50 %, käyttömäärät ovat kolminkertaisia verrattuna Novarbo Arvo 4-1-2 -luomulan- noitteeseen. YaraBela Suomensalpietari -tyypilannoitteelle vastaavat arvot ovat lietteelle 150-kertainen käyttömäärä ja 50 % kuiva-ainepitoiselle sedimentille 20-kertainen.

Taulukossa 12 laskettiin kaavan 3 mukaan järven sedimentille rahallinen arvo suhteutettuna Novarbo Arvo 4-1-2 -luomulannoitteeseen sekä YaraBela Suomensalpietari -typpilannoitteeseen. Arvo on sidottu lannoitteiden typpimäärään sekä kaupallisten lannoitteiden verottomiin hintoihin. Hinnassa ei olla otettu huomioon kuljetuskustannuksia, mitkä olisivat huomattavasti suurempia määrän järvisedimentin käytössä.

$$A = \frac{M_1}{M_2} E, \quad (3)$$

jossa A on sedimentin arvo, M_1 pellolle levitettävän sedimentin massa, M_2 pellolle levitetävän lannoitteen massa ja E on lannoitteen tonni hinta.

Taulukko 12. Järvisedimentin arvo sidottuna Novarbo Arvo 4-1-2 -luomulannoitteeseen sekä YaraBela Suomensalpietari -typpilannoitteeseen (Yara Suomi 2017, 24-30; Novarbo Oy 2019)

Lannoite	Novarbo Arvo 4-1-2 229 €/tn, alv 0 %	YaraBela Suomensalpietari 299€/tn, alv 0 %
Syvänne 100% kuiva	156,87	30,59
Syvänne 50% kuiva	79,35	15,47
Syvänne 6,5% kuiva	10,31	2,01

Taulukossa 13 laskettiin syvänteen sedimentin typpilannoitekäytössä kertyvien raskasmetallien määrät typpitaseiden mukaan (kaava 4). Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 24/11 lannoitevalmisteille asetetut rajat ylittyvät kadmiumin osalla 1,5 g/ha/a, joten virherajasta riippuen kadmiumin kertymäraja voi tulla vastaan jo 30 kg typpitaseen levityksessä. Myös arseenin käyttöä on rajoitettu, mutta vain metsätaloudessa, jossa käyttöraja on 2,65 g/ha/a.

$$R = MR_{\%}, \quad (4)$$

jossa R on pellolle kertyvän raskasmetallin massa, M on pellolle levitettävän sedimentin massa ja $R_{\%}$ on sedimentin sisältämän raskasmetallipitoisuus.

Taulukko 13. Syvänteen sedimentin raskasmetallien kertymät tyyppitaseen mukaan hehtaarelle

Tyyppitase kg/ha	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
30	9,5 ± 2,9 g	1,1 ± 0,4 g	53 ± 11 g	32 ± 6 g	0,2 ± 0,1 g	30 ± 9 g	59 ± 18 g	180 ± 36 g
40	12,7 ± 3,9 g	1,5 ± 0,5 g	71 ± 15 g	43 ± 8 g	0,3 ± 0,1 g	40 ± 12 g	79 ± 24 g	240 ± 48 g
50	15,8 ± 4,8 g	1,8 ± 0,7 g	88 ± 18 g	53 ± 10 g	0,3 ± 0,1 g	50 ± 15 g	98 ± 30 g	300 ± 60 g
60	19 ± 5,8 g	2,2 ± 0,8 g	106 ± 22 g	64 ± 12 g	0,4 ± 0,2 g	60 ± 18 g	118 ± 36 g	360 ± 72 g

Evira on asettanut raskasmetalleille taulukon 14 mukaiset tiukemmat raja-arvot tyyppinimelle ”makeissa sisävesissä hapettomissa olosuhteissa muodostunut orgaaninen sedimentti”. Syvänteen arvot ylittyvät kadmiumin, nikkelin, lyijyn ja sinkin osalta virherajoista riippuen.

Syvänteen pohjasedimentti on alle kahden metrin syvyydessä, jonka alapuolella on hapetonta vettä, joten syvänteen pohjasedimentti lukeutuu Eviran tyyppinimeen. Rannalla muodostunut sedimentti ei välttämättä ole muodostunut hapettomissa oloissa. Näytteitä ottaessa sedimentti kuitenkin oli tumman väristä, joka viittaa hapettomiin oloihin sedimentissä.

Taulukko 14. Eviran asettamat raja-arvot makeissa sisävesissä hapettomissa olosuhteissa muodostuneille orgaanisille sedimenteille luomulannoitekäytössä (Evira 2018a)

mg/kg	Evira	Syvänteen	Ranta
Kadmium	0,7	1,1 ± 0,4	0,77 ± 0,27
Kupari	70	32 ± 6	19 ± 4
Nikkeli	25	30 ± 9	21 ± 6
Lyijy	45	59 ± 18	32 ± 10
Sinkki	200	180 ± 36	130 ± 26
Elohopea	0,4	0,2 ± 0,08	0,15 ± 0,06
Kromi	70	53 ± 11	38 ± 8

Lannoitevalmistelaki 539/2006 koskee soveltuvin osin myös lannoitteen valmistusta omaan käyttöön sekä aineksen vastaanottamista vastikkeetta, eli lannoitteelle tulee valita tyyppinimi, joka kuuluu joko kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon tai EY-lannoitteiden osalta lannoiteasetuksen liitteenä julkaistavaan Euroopan yhteisön (EY)

lannoitetyyppien luetteloon. Pohjasedimentin tyyppinimi on ”Makeissa sisävesissä hapettomissa olosuhteissa muodostunut orgaaninen sedimentti”, jonka asettamat rajat raskasmetallien osalta menevät yli luomulannoitekäytössä. Lannoitteelle voidaan hakea kokonaan uusi tyyppinimi, jota eivät koske Eviran asettamat tiukemmat raja-arvot raskasmetalleille.

Laakson (2017) väitöskirjan tutkimuksen vuoksi kannattaa ottaa huomioon, että sedimentillä voi olla ravinteita sitova vaikutus. Tämän vuoksi sedimentin toimivuutta lannoitteena kannattaa kokeilla pienellä alueella. Sedimentillä ei ole juurikaan rahallista arvoa normaalin lannoitteena, sillä kaupalliset typpilannoitteet ovat edullisia suhteessa niiden sisältämään typpimäärään.

7.3 Biokaasu

Pohjasedimentin hyötykäyttöä biokaasutuotannossa arvioitiin käyttäen Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen laskuria. Laskuriin syötettiin pohjasedimentin arvot taulukon 15 mukaisesti. Pohjasedimentin metaanintuottopotentiaali on arvioitu naudon lietelannan perusteella, joka parhaiten vastasi ravintoarvoiltaan pohjasedimenttiä. Todellisen metaanintuottopotentiaalin selvittämiseksi tulee pohjasedimenttiä testata laboratorio-olosuhteissa. Potentiaalista syötettä koko järven alueella on 500 000 m³ ja syvänteessä 3750 m³.

Taulukko 15. Pohjasedimentin arvot biokaasusyötteenä (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2019)

Työtjärven pohjasedimentti				
Ominaisuus	Laskurin oletusarvot	Omat arvot	Yksikkö	Ohje
Kuiva-aine	7	6	%	
Orgaaninen aine (VS)	80	55	%/kuiva-aine	
Metaanintuotto	200	125	m ³ CH ₄ /t VS	
Kokonaistyyppi (kok-N)	3.9	1.5	g/kg (tuorepaino)	
Vesiliukoinen typpi (liuk-N)	2.0	0.01	g/kg (tuorepaino)	
Kokonaisfosfori (P)	0.6	0.01	g/kg (tuorepaino)	
Kokonaiskalium (K)	3.7	0.01	g/kg (tuorepaino)	

Koko syvänteen sedimentin metaanintuottopotentiaali oli 15500 m³, josta voidaan jalostaa noin 10500 litraa biometaania liikennepolttoaineeksi. Syvänteestä saatu syöte ei yksinään

riitä biokaasulaitoksen pyörittämiseen. Sitä voidaan kuitenkin käyttää osasyötteenä esimerkiksi pelloilta saadun biomassan kanssa.

Koko järven sedimentin metaanituottopotentiaali on yhteensä noin 2 miljoonaa m³, josta voidaan jalostaa 1400 m³ biometaania liikennekäyttöön. Syötemäärällä 15 000 m³ vuodessa voidaan tuottaa 62000 m³ kaasua, josta voidaan jalostaa 42 m³ liikennekäyttöön biometaania. Teoreettisesti, 15 000 m³ käyttötahdilla järvessä riittää syötettä 33 vuodeksi. Todellinen biokaasuntuotanto riippuu syötteen metaanintuotantopotentiaalista. Lasketut tulokset ovat arvioita.

7.4 Maarakentaminen

Työtjärven pohjasedimentti on maalajiltaan Vesijärvisäätiön (2018) mukaan karkeaa detritusliejua. Märkänä lieju on puuromaista ainetta, joka kuivuessaan kutistuu ja halkeilee. Sedimentin käyttö maarakentamisessa on rajallinen, se soveltuu lähinnä täyttömaaksi esimerkiksi kaivantoihin tai kaatopaikoille.

Käyttökohteen tulee olla lähellä Työtjärveä tai kuljetuskustannukset nousevat kohtuuttoman suuriksi. Neitseellisen materiaalin arvo ei ole suuri, vaan suurin osa kustannuksista syntyy kuljetuksesta. Sedimentille tulee olla selvä käyttökohde jo ennen kuin sitä aletaan nostamaan järven pohjasta. Päijät-Hämeen alueella toimiva kuljetusyritys arvioi kuljetuskustannuksien olevan 15 kilometrin matkalla 14 € kuutiometriltä.

7.5 Alusveden poistossa kulkeutuvan sedimentin kiinniotto

Työtjärvestä vesi purkautuu Koppelinjärjen uimarannan eteläpuolelta ajotien ali ja Vesikon (2017) toteutussuunnitelman mukaan samaa kohtaa hyödynnetään alusveden poistossa. Alusvettä poistaessa ravinteikas hapeton alusvesi lähtee liikkeelle ja sen mukana kulkeutuu myös jonkin verran humusta sekä pohjasedimenttiä. Ravinteiden vapaa kulkeutuminen alempaan vesistöön voi aiheuttaa ongelmia ajan saatossa, jonka vuoksi on tärkeää pohtia vaihtoehtoja sen estämiseksi. Työtjärven tapauksessa ero alus- ja päällysveden ravinteissa on hyvin pieni, joten alusveden poiston aikana ei tapahdu suurta muutosta luonnolliseen ravinteiden kulkeutumiseen alempaan vesistöön.

Suodatuksella on kaksi mahdollista sijaintia (kuvio 19), heti järveltä tuodun poistoputken jälkeen (Suodatus 1) tai poistoputken jatkaminen noin 250 metrin päähän lyhyen soratien

lähelle (Suodatus 2). Suodatus voidaan toteuttaa joko suodatuskentällä tai geotekstiilituubilla. Suodatus 1 on kustannuksien kannalta parempi vaihtoehto.



Kuvio 19. Suunnitellut suodatusvaihtoehtojen sijoituspaikat Työtjärven eteläpuolella

Suodatus 1 sijaitsee kapeahkon rantatien varrella, noin viiden metrin syvyisessä ojassa. Ojan syvyys mahdollistaa suodatuskentän ja geotekstiilituubin käytön. Kustannuksia suodatuksessa kertyy suodatusvaihtoehdon hankinnasta, asennuksesta ja ylläpidosta. Suodatus

2 sijaitsee kosteahkossa rämeikössä, johon johtaa kapea soratie. Suodatuskenttä ja geotekstiilituubi soveltuvat myös Suodatus 2 -sijaintiin. Suodatus 2 -kohteelle syntyy lisäkustannuksia poistoputken jatkamisesta ja mahdollisesta soratien jatkamisesta.

Suodatuskentän hinta-arvio (taulukko 16) Suodatus 1 -kohteessa on noin 2200 euroa, mutta Suodatus 2 -kohteeseen putken jatkamisesta aiheutuvat kulut moninkertaistavat hinnan noin 18000 euroon. Putken jatkamisen hinta-arvio on tehty Vesikon (2017) laatiman alusveden poiston hinta-arvion mukaan. Suodatus 2 -lisäkustannuksissa ei olla otettu huomioon mahdollisia soratien jatkamiskustannuksia.

Taulukko 16. Hinta arvio suodatuskentän rakentamiselle

SUODATUSKENTTÄ			
Työsuoritus	Määrä/yks	a'hinta	Hinta €
Kone	10 h	50 €	500 €
Asentaja	10 h	38 €	380 €
Sora	20 m ³	22 €	440 €
Hiekka	20 m ³	20 €	400 €
Salaojaputki	20 m	3 €	60 €
Jakokaivo	1 kpl	400 €	400 €
Putken kulmat	2 kpl	15 €	30 €
Yhteensä alv 0 %			2 210 €
Suodatus 2 -lisäkustannukset			
Poistoputken jatko, 250 mm	250 m	35 €	8 750 €
Putken asennus	1 kpl	7 000 €	7 000 €
Yhteensä			15 750 €
Suodatus 2 yhteensä alv 0 %			17 960 €

Geotekstiilituubille hinta-arvion laatiminen vaatii lisäselvityksiä sedimentin laadun ja virtaaman nopeuden suhteen. Sedimentin laatu vaikuttaa saostuksessa käytettävän polymeerin määrään, valintaan ja annostelupumppuun. Virtaamanopeus vaikuttaa oikeankokoisen pumpun valintaan, jolla sedimentti pumpataan geotekstiilituubiin. Oikea polymeeri sekä sopiva geotekstiilituubin kangasmateriaali valitaan sedimentin kenttäkokeilla. Geotekstiilituubeja tarvitaan vähintään kaksi kappaletta, joiden hinta on 870 € alv 0 % kappaleelta (Geosynt Oy 2019). Lisäksi geotekstiilituubeja varten täytyy rakentaa vankka ja vettäläpäisevä alusta.

Geotekstiilituubien käyttö ei toimi passiivisena ratkaisuna. Käyttö vaatii pumppuja, polymerin sopivaa annostelua sedimentin määrän mukaan sekä aktiivista geotekstiilituubien täyttymisen tarkkailua. Täyttyvää geotekstiilituubia tulee vaihtaa säännöllisesti, että sedimentti pääsee kuivumaan ja tiivistymään tuubin sisällä.

8 YHTEENVETO

Työssä tutkittiin mahdollisia käyttökohteita järven pohjasedimentille. Työn tavoitteena oli löytää sedimentille käyttökohde, jolla voitaisiin kattaa ainakin osa Työtjärven kunnostuskustannuksista. Käyttökohteiden selvittämiseksi otettiin kolme kokoomanäytettä järven pohjasedimentistä, joista selvitettiin fysikaaliset ominaisuudet, ravinteet ja hivenaineet sekä raskasmetallit. Työssä tutkittiin myös pohjasedimentin kiinniottoa järvelle suunnitellun alusveden poistamisen yhteydessä.

Työssä tarkasteltiin sedimentin käyttökohteita luomulannoitekäytössä, biokaasun tuotannossa ja maarakentamisessa. Luomulannoitekäytössä arvioitiin sedimentin rahallista arvoa, lannoitusmääriä ja raskasmetallikertymiä. Sedimentillä ei ole lannoitteena rahallista arvoa luomutuotannon ulkopuolella. Sedimentti ei sovellu raskasmetallipitoisuuksien vuoksi jo olemassa olevaan luomulannoitetyyppinimeen, jonka vuoksi sedimentille täytyy hakea uusi tyyppinimi. Huomattavaa on myös korkea arseenipitoisuus, jota ei olla erikseen tyyppinimessä rajoitettu. Ennen sedimentin käyttöä lannoitteena kannattaa sen toimivuus ja vaikutukset maaperään tutkia pienellä alueella.

Järvisedimentin hyötykäyttöä biokaasuna tutkittiin maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen biokaasulaskuria käyttäen. Työtjärven pohjasedimentin määrä arvioitiin koko järven ja syvänteen osalta. Potentiaalinen syöte koko Työtjärven alueella riittäisi biokaasun tuotannossa kymmeniksi vuosiksi. Pohjasedimentin käyttö biokaasulaitoksen pääsyötteenä ei ole realistista, vaan parempi vaihtoehto olisi käyttää sedimenttiä sivusyötteenä. Laskuja varten pohjasedimentin metaanituottopotentiaali arvioitiin naudan lietelannan perusteella. Biokaasun tuotantoa varten pohjasedimentin todellinen metaanituottopotentiaali täytyy määrittää erillisillä tutkimuksilla.

Tehtyjen tutkimuksien mukaan sedimentin mahdolliset käyttökohteet ovat fysikaalisten ominaisuuksiensa vuoksi rajalliset. Sedimentin pienen kiintoainepitoisuuden vuoksi sedimentti vaatii esikäsittelyä fysikaalisten ominaisuuksien parantamiseksi, joka nostaa kustannuksia maarakentamiskäytössä. Käyttökohteen mukaan sedimentistä tulee selvittää fysikaaliset ominaisuudet ja haitta-aineet sekä sopivat esikäsittelytoimenpiteet.

Syvänteestä alusveden poistossa kulkeutuvan pohjasedimentin kiinniotolle tarkasteltiin kahta eri vaihtoehtoa. Suodatuskenttä on edullisempi ja helpommin ylläpidettävä vaihtoehto geotekstiilitubiin nähden. Suodatuskentässä haittapuolena on, että kiinniotettu sedimentti on vaikeammin hyötykäytettävissä. Geotekstiilitubiilla sedimentin saa paremmin

käyttökelpoisempänä talteen, mutta realistisen hinta-arvion laatimiseksi täytyy määrittää sopiva geotekstiilimateriaali, oikea polymeeri ja syöttömäärä sekä alusveden mukana poistuvan sedimentin määrä. Poistuvan sedimentin perusteella määritetään geotekstiilituubin koko. Geotekstiilituubin käyttö vaatii aktiivisia toimenpiteitä käytön aikana. Suodatin-
kenttä on passiivinen ratkaisu.

LÄHTEET

Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväskylä, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S. Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K.-M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012-2013 -päivitetyt arviointiperusteet ja niiden soveltaminen [viitattu 1.2.2019]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41788/OH_7_2012.pdf

Cooke, G. D., Welch, E. B., Peterson, S. A. & Newroth, P. R. 1993. Restoration and Management of Lakes and Reservoirs. Boca Raton: Lewish Publishers.

Evira. 2018a. Luonnonmukainen tuotanto 1 - Yleiset ja kasvituotannon ehdot [viitattu 16.4.2019]. Saatavissa: https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/luomun-lomakkeet/luomutuotannon-ohjeet/eviran_ohje_18219_7_fi_050718.pdf

Evira. 2018b. Mitä lannoitetta saa käyttää luomutuotannossa? [viitattu 30.4.2019]. Saatavissa: <http://www.luomuliitto.fi/hallinta/wp-content/uploads/2018/01/Mit%C3%A4-lannoitteita-saa-k%C3%A4ytt%C3%A4%C3%A4-luomutuotannossa.pptx>

Harrington, J. & Smith, S. 2013. Guidance of the Beneficial Use of Dredge Material in Ireland. Cork Institute of Technology & Environmental Protection Agency [viitattu 13.3.2019]. Saatavissa: <https://www.epa.ie/pubs/reports/research/sss/Beneficial%20Use%20of%20Dredging%20Material.pdf>

Helsinki Commission, 2013. Monitoring and Assessment Group 19th meeting [viitattu 12.3.2019]. Saatavissa: <http://www.helcom.fi/news/Documents/Activities%20related%20to%20dredged%20material%20management.pdf>

Hollolan kunta. 2017. Hollolan pienjärvien vedenlaatudata. Raportti.

Huesker Group. 2014. Indicative dry solids values for typical sludges before and after dewatering. Esite.

Juntunen, P. 2019. Geosynt Oy, Järvestä poistetun sedimentin suodatus - follow up. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Purhonen, M. Lähetetty 28.3.2019

Jätelaki 646/2011.

Kaarela, T. 2015. Geotekstiilituubien käyttöpotentiaali Suomessa. Diplomityö [viitattu 29.4.2019]. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201503031129.pdf>

Keminen, S. & Korpijaakko, E. 2018. Biokaasun yhteistuotantoa Hollolaan [viitattu 29.4.2019]. Saatavissa: <http://blogit.lamk.fi/lamkgreen/biokaasun-yhteistuotantoa-hollolaan/>

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 2019. Klorofylli [viitattu 5.3.2019]. Saatavissa: <https://vesienhoito.kvvy.fi/kunnostajan-abc/vesistotulokset/klorofylli/>

Laakso, J. 2017. Phosphorus in the Sediment of Agricultural Constructed Wetlands. Väitöskirja [viitattu 29.4.2019]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/224575>

Laakso, J. 2019. Tutkija. Luonnonvarakeskus. Asiantuntijalausunto 20.3.2019.

Lammi, E. & Vauhkonen, M. 2014. Lahden Kymijärven sekä Hollolan Työtjärven ja Mustajärven vesikasvillisuus 2013 [viitattu 20.12.2018]. Saatavissa: https://www.puhdasvesijarvi.fi/easydata/customers/puhdasvesijarvi/files/pienjarvet/kymijarven_tyatjarven_ja_mustajarven_vesikasvillisuus_2013.pdf

Lannoitevalmistelaki 539/2006.

Latvala, M. 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT): Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä [viitattu 11.4.2019]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/37998>

Lehmijoki, A. 2014. Työtjärven kunnostussuunnitelma: MELLI-hankkeen työkokonaisuus III. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö [viitattu 16.12.2018]. Saatavissa: <http://www.puhdasvesijarvi.fi/easydata/customers/puhdasvesijarvi/files/melli/dokumentit/tyatjarvi020115.pdf>

Luonnonsuojelulaki 1096/1996.

Maanmittauslaitos. 2019. Paikkatietoikkuna [viitattu 12.1.2019] Saatavissa: <https://www.paikkatietoikkuna.fi/>

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 2019. Biokaasulaskuri [viitattu 21.3.2019]. Saatavissa: http://portal.mtt.fi/portal/pls/portal/gas_mtt.gas_mtt_laskuri

Maa- ja metsätalousministeriö. 2007. Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2007-2013 [viitattu 11.4.2019]. Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80555/2007_8%20Manner-Suomen%20maaseudun%20kehittämisohjelma%202007-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Maher, A., Douglas, W. S., Jafari, F. & Pecchioli, J. 2013. Processing and Beneficial Use of Fine-Grained Dredged Material, The Manual for Engineers. Rutgers Center for Advanced Infrastructure and Transportation [viitattu 1.3.2019]. saatavissa: https://www.state.nj.us/transportation/airwater/maritime/documents/PDM_FINAL_4.24.13-cs.pdf

Mantere, H. 1996. Hollolan kotiseutukirja X. "Konstit ne on kum pelaa". Lahti: Lahden tuotepaino Oy.

Novarbo Oy. 2019. Novarbo Arvo 4-1-2 [viitattu 20.3.2019]. Saatavissa: <https://www.novarbo.fi/fi/tuotteet/luomulannoitteet/novarbo-arvo-4-1-2.html>

Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen [viitattu 10.1.2019]. Saatavissa: <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

Ramboll Finland Oy. 2016. Taustaselvitys rakentamisen maa-ainesjätteiden hyödyntämistä koskevan valtioneuvoston asetuksen valmistelemiseksi. Ympäristöministeriö [viitattu 1.6.2018]. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BC06769FF-B68D-491C-96C8-DF98B4E278CA%7D/118796>

Reinikainen, J. 2017. MASA-asetuksen valmistelutilanne [viitattu 1.3.2019]. Saatavissa: <http://miljoministeriet.fi/download/noname/%7BF06D0AE4-F006-47AC-AE80-3F2627CF6944%7D/123098>

Suomen Ympäristökeskus. 2019a. Jokien ja järvien vedenlaadun seuranta [viitattu 11.4.2019]. Saatavissa: https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Jokien_ja_jarvien_vedenlaadun_seuranta

Suomen Ympäristökeskus. 2019b. Järven hapetus [viitattu 24.4.2019]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Hapetus

Suomen ympäristökeskus. 2019c. Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila [viitattu 11.4.2019]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila?f=KaakkoisSuomen_ELYkeskus

Ulvi, T. & Lakso, E. 2005. Ympäristöopas 114: Järvien kunnostus [viitattu 20.12.2018]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41746/Ymp%c3%a4rist%c3%b6opas_114.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007.

Vesijärvisäätiö. Vesijärvi-ohjelma III. 2018 [viitattu 16.12.2018]. Saatavissa: https://www.puhdasvesijarvi.fi/easydata/customers/puhdasvesijarvi/files/infomateriaalleja/vesijarviohjelma16_18.pdf

Vesikko, I. 2017. Työtjärven alusveden poisjohtaminen, toteutus suunnitelma [viitattu 13.12.2018]. Raportti.

Vesilaki 587/2011.

Vääränen, P., Ormio, V. & Haapanen, J. 2004. Veden laatu – veden fysikaalis-kemiallinen tila [viitattu 20.2.2019]. Saatavissa: http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/2113/Veden_laatu.pdf

Yara Suomi. 2017. Lannoiteopas 2017-2018 [viitattu 20.3.2019]. Saatavissa: <https://yaraurl.com/p53s>

Ympäristöministeriö. 2015. Ympäristöministeriön ohjeita 1/2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje [viitattu 8.1.2019]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/154833/OH_1_2015.pdf?sequence=1

Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

LIITTEET

Liite 1. Hollolan Työtjärven pohjasedimentin osanäytteiden koordinaatit ja lisätiedot

	Koordinaatit	Syvyys	Lietepatjan paksuus	Veden lämpötila
Kokoomanäyte 1 "Ranta"		m	m	°C
Osanäyte 1	N60° 59.811' E25° 27.558'	0,9	0,8	3,0
Osanäyte 2	N60° 59.811' E25° 27.590'	1,2	1,0	2,0
Osanäyte 3	N60° 59.785' E25° 27.590'	1,1	0,9	2,0
Osanäyte 4	N60° 59.795' E25° 27.557'	1,1	0,9	1,0
Osanäyte 5	N60° 59.761' E25° 27.559'	0,9	0,8	2,0
Osanäyte 6	N60° 59.763' E25° 27.594'	1,4	1,1	2,0
Osanäyte 7	N60° 59.749' E25° 27.604'	1,5	1,2	1,0
Osanäyte 8	N60° 59.742' E25° 27.569'	1,2	1,0	2,0
Osanäyte 9	N60° 59.720' E25° 27.589'	0,9	1,0	2,0
Osanäyte 10	N60° 59.727' E25° 27.621'	1,5	1,2	2,0
Kokoomanäyte 2 "Syväne"		m	m	°C
Osanäyte 1	N60° 59.808' E25° 28.297'	8,6	≈ 2	2,0
Osanäyte 2	N60° 59.794' E25° 28.305'	8,9	≈ 2	2,0
Osanäyte 3	N60° 59.821' E25° 28.298'	6,5	≈ 2	1,0
Osanäyte 4	N60° 59.819' E25° 28.281'	5,8	≈ 2	2,0
Osanäyte 5	N60° 59.796' E25° 28.280'	5,2	≈ 2	1,0
Osanäyte 6	N60° 59.795' E25° 28.293'	8,4	≈ 2	1,0
Kokoomanäyte 3 "Suo"		m	m	°C
Osanäyte 1	N60° 59.912' E25°28.491'	1,2	1,0	2,0
Osanäyte 2	N60° 59.905' E25°28.463'	1,9	1,2	2,0
Osanäyte 3	N60° 59.921' E25°28.446'	2,5	1,5	2,0
Osanäyte 4	N60° 59.928' E25°28.474'	1,2	0,4	2,0
Osanäyte 5	N60° 59.946' E25°28.451'	1,2	1,0	2,0
Osanäyte 6	N60° 59.934' E25°28.405'	2,5	1,1	2,0
Osanäyte 7	N60° 59.945' E25°28.387'	1,5	0,9	2,0
Osanäyte 8	N60° 59.934' E25°28.370'	1,9	0,8	2,0
Osanäyte 9	N60° 59.948' E25°28.347'	1,3	0,3	2,0
Osanäyte 10	N60° 59.937' E25°28.313'	1,4	0,3	2,0

Liite 2. Hollolan Työtjärven pohjasedimentin laboratorioanalyysien tutkimustodistukset



Päivämäärä 22/01/2019 Sivü 1/3

Nygdärd Antti
 Antti Nygdärd
 Borupinraitti 4 B 73
 15140 LAHTI
 FINLAND
 s-posti antti.nygdärd@student.lamk.fi



Tutkimustodistus AR-19-FV-000597-01
 Näytenuero 504-2018-00108036
 Tutkimusno EUFIMI-00027969
 Asiakasno FV0017410

Tutkimuksen yhteyshenkilö : Pirkko Laakso	
Tutkimusno	504-2018-00108036/ AR-19-FV-000597-01
Näytteen tiedot:	Näyte 1. järven pohjasedimentti
Saapumispm :	15.11.2018 00:00:00 Tutkimus alkoi : 19.11.2018
Pyydetty analyysit :	PFVT2: Raskasmetallit kuningasvedessä PFVT4: Orgaaninen maanparannusaineanalyysi PFVTB: Hivenravinteet kompostianalyysin yhteydessä
Saapunut	15.11.2018
Maanparannusaineet	
Tulos (MU)	
FVT16 FV Kokonaistyyppi Menetelmä : EN 13654-1 (mod.); EN 13342	
(a) Tyyppi (N), kokonaispitoisuus	30,0 (± 6.0) g/kg ka
(a) Tyyppi (N)	1,5 (± 0.3) kg/tonni
(a) Tyyppi (N)	1,5 (± 0.3) kg/m ³
FVT32 FV Vesiliukoinen tyyppi (N) Menetelmä : EN 13652	
Tyyppi (N), vesiliukoinen	<0,2 g/kg ka
Tyyppi (N)	<0,01 kg/tonni
Tyyppi (N)	<0,01 kg/m ³
FVT33 FV Fosfori (P), vesiliukoinen Menetelmä : EN 13652	
Fosfori (P), vesiliukoinen *	29 mg/kg ka
Fosfori (P)	1,5 g/tonni
Fosfori (P)	1,5 g/m ³
FVT57 FV Fosfori (P), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Fosfori (P), kokonaispitoisuus	1,3 (± 0.3) g/kg ka
(a) Fosfori (P)	0,07 (± 0.02) kg/tonni
(a) Fosfori (P)	0,06 (± 0.02) kg/m ³
FVT51 FV Kalium (K), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Kalium (K), kokonaispitoisuus	1,1 (± 0.3) g/kg ka
(a) Kalium (K)	0,06 (± 0.02) kg/tonni
(a) Kalium (K)	0,06 (± 0.02) kg/m ³
FVT52 FV Magnesium (Mg), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
Magnesium (Mg), kokonaispitoisuus	1,9 g/kg ka
Magnesium (Mg)	0,10 kg/tonni
Magnesium (Mg)	0,10 kg/m ³
FVT41 FV Arseeni (As), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Arseeni (As), kokonaispitoisuus	6,7 (± 2.0) mg/kg ka
(a) Arseeni (As)	0,34 (± 0.10) g/tonni
(a) Arseeni (As)	0,33 (± 0.10) g/m ³
FVT45 FV Kadmium (Cd), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Kadmium (Cd), kokonaispitoisuus	0,77 (± 0.27) mg/kg ka
(a) Kadmium (Cd)	0,039 (± 0.014) g/tonni
(a) Kadmium (Cd)	0,038 (± 0.013) g/m ³
FVT47 FV Kromi (Cr), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Kromi (Cr), kokonaispitoisuus	38 (± 8) mg/kg ka
(a) Kromi (Cr)	1,9 (± 0.4) g/tonni
(a) Kromi (Cr)	1,9 (± 0.4) g/m ³

Eurofins Viljavuuspalvelu Oy

FI-50101 Mikkeili
 FINLAND

puhelin +358 15 320 400
 Fax +358 15 225 205
 viljavuuspalvelu@eurofins.fi
 www.eurofins.fi
 www.viljavuuspalvelu.fi
 www.markkarteringstjanst.fi



Maanparannusaineet		Tulos (MU)
FVT48	FV Kupari (Cu), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kupari (Cu), kokonaispitoisuus	19 (± 4) mg/kg ka
(a)	Kupari (Cu)	0,95 (± 0.19) g/tonni
(a)	Kupari (Cu)	0,94 (± 0.19) g/m ³
FVT50	FV Elohopea (Hg), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Elohopea (Hg), kokonaispitoisuus	0,15 (± 0.06) mg/kg ka
(a)	Elohopea (Hg)	0,01 (± 0.004) g/tonni
(a)	Elohopea (Hg)	0,01 (± 0.004) g/m ³
FVT56	FV Nikkeli (Ni), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Nikkeli (Ni), kokonaispitoisuus	21 (± 6) mg/kg ka
(a)	Nikkeli (Ni)	1,1 (± 0.3) g/tonni
(a)	Nikkeli (Ni)	1,1 (± 0.3) g/m ³
FVT58	FV Lyijy (Pb), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Lyijy (Pb), kokonaispitoisuus	32 (± 10) mg/kg ka
(a)	Lyijy (Pb)	1,6 (± 0.5) g/tonni
(a)	Lyijy (Pb)	1,6 (± 0.5) g/m ³
FVT53	FV Mangaani (Mn), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
	Mangaani (Mn), kokonaispitoisuus	150 mg/kg ka
	Mangaani (Mn)	7,5 g/tonni
	Mangaani (Mn)	7,4 g/m ³
FVT62	FV Sinkki (Zn), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Sinkki (Zn), kokonaispitoisuus	130 (± 26) mg/kg ka
(a)	Sinkki (Zn)	6,4 (± 1.3) g/tonni
(a)	Sinkki (Zn)	6,3 (± 1.3) g/m ³
FVT42	FV Boori (B), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
	Boori (B), kokonaispitoisuus	<21 mg/kg ka
	Boori (B)	<1,1 g/tonni
	Boori (B)	<1,0 g/m ³
FVT55	FV Natrium (Na), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
	Natrium (Na), kokonaispitoisuus	0,17 g/kg ka
	Natrium (Na)	0,01 kg/tonni
	Natrium (Na)	0,01 kg/m ³
FVT59	FV Rikki (S), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Rikki (S), kokonaispitoisuus	4,0 g/kg ka
(a)	Rikki (S)	0,20 kg/tonni
(a)	Rikki (S)	0,20 kg/m ³
FVT49	FV Rauta (Fe), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
	Rauta (Fe), kokonaispitoisuus	11000 mg/kg ka
	Rauta (Fe)	530 g/tonni
	Rauta (Fe)	530 g/m ³
FVT19	FV CENpH Menetelmä : EN 13037	
	pH, happamuus (1.5)	5,8
FVT20	FV Johtokyky Menetelmä : EN 13038: 2012-01	
	Johtokyky (1.5)	2930 mS/m
FVT13	FV Kuiva-aine ja kosteus Menetelmä : EN 13040: 2008-01	
	Kuiva-aine	5,1 %
	Kosteus	94,9 %
FVT15	FV Hehkutushäviö ja tuhka Menetelmä : EN 13039	
(a)	Tuhka	39,1 % ka
(a)	Hehkutushäviö	60,9 % ka
FVT14	FV Tilavuuspaino	
	Tilavuuspaino	980 kg/m ³

* Vesiliukoinen fosfori määritetty vasta kun näytettä on seisotettu avonaisessa astiassa 2 kk. Sinä aikana näyte oli kuivunut, ja tämä on otettu huomioon tuloksia laskettaessa.

ALLEKIRJOITUS



Pirkko Laakso
 Analyysipalvelupäällikkö

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

Eurofins Viijavuuspalvelu Oy

FI-50101 Mikkei
 FINLAND

puhelin +358 15 320 400
 Fax +358 15 225 205
 viijavuuspalvelu@eurofins.fi
 www.eurofins.fi
 www.viijavuuspalvelu.fi
 www.markkareringstjanst.fi


 Finnish Accreditation Service
 T096 (EN ISO/IEC 17025)

Huomautukset

Asiakirjojen osittainen kopioiminen on kielletty. Testaustulos koskee vain tutkittua näytettä. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Akkreditoituidut menetelmät on arvioitu tutkimuksen suorittaneen laboratorion oman maan akkreditointielimen toimesta. Tämä tutkimustodistus on luotu sähköisesti ja se on tarkastettu ja hyväksytty. Mittausepävarmuuksien osalta lisätietoja saatavilla pyydettyäessä.

= tulos poikkeaa viitearvosta

[] = Mahdolliset viitearvot ovat tuloksen perässä hakasuluissa.

FV = Analysoiva laboratorio on Eurofins Viljavuuspalvelu (Mikkeli).

(a) = Analysit on tehty akkreditoidulla menetelmällä (SFS EN ISO/IEC 17025:2005 FINAS T096).

Eurofins Viljavuuspalvelu Oy

FI-50101 Mikkeli
FINLAND

puhelin +358 15 320 400
Fax +358 15 225 205
viljavuuspalvelu@eurofins.fi
www.eurofins.fi
www.viljavuuspalvelu.fi
www.markkareringstjanst.fi

The logo for FINAS, consisting of a triangle with a circle inside, above the text "FINAS" in a bold, sans-serif font, with "Finnish Accreditation Service" and "T096 (EN ISO/IEC 17025)" below it.

FINAS
Finnish Accreditation Service
T096 (EN ISO/IEC 17025)

Nygård Antti

Antti Nygård

Borupinraitti 4 B 73

15140 LAHTI

FINLAND

s-posti antti.nygard@student.lamk.fi



Tutkimustodistus AR-19-FV-000597-01

Näytenuumero 504-2018-00108037


Tutkimusnro EUFIMI-00027969

Asiakasno FV0017410

Tutkimuksen yhteyshenkilö : Pirkko Laakso	
Tutkimusnro	504-2018-00108037/ AR-19-FV-000597-01
Näytteen tiedot:	Näyte 2. järven pohjasedimentti
Saapumispm :	15.11.2018 00:00:00 Tutkimus alkoi : 19.11.2018
Pyydetty analyysit :	PFVT2: Raskasmetallit kuningasvedessä PFVT4: Orgaaninen maanparannusaineanalyysi PFVTB: Hivenravinteet kompostianalyysin yhteydessä
Saapunut	15.11.2018
Maanparannusaineet	
Tulos (MU)	
FVT16 FV Kokonaistyyppi Menetelmä : EN 13654-1 (mod.); EN 13342	
(a) Tyyppi (N), kokonaispitoisuus	27,4 (± 5.5) g/kg ka
(a) Tyyppi (N)	1,8 (± 0.4) kg/tonni
(a) Tyyppi (N)	1,8 (± 0.4) kg/m ³
FVT32 FV Vesiliukoinen tyyppi (N) Menetelmä : EN 13652	
Tyyppi (N), vesiliukoinen	<0,15 g/kg ka
Tyyppi (N)	<0,01 kg/tonni
Tyyppi (N)	<0,01 kg/m ³
FVT33 FV Fosfori (P), vesiliukoinen Menetelmä : EN 13652	
Fosfori (P), vesiliukoinen *	6,8 mg/kg ka
Fosfori (P)	0,44 g/tonni
Fosfori (P)	0,45 g/m ³
FVT57 FV Fosfori (P), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Fosfori (P), kokonaispitoisuus	1,6 (± 0.4) g/kg ka
(a) Fosfori (P)	0,11 (± 0.03) kg/tonni
(a) Fosfori (P)	0,11 (± 0.03) kg/m ³
FVT51 FV Kalium (K), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Kalium (K), kokonaispitoisuus	1,5 (± 0.4) g/kg ka
(a) Kalium (K)	0,09 (± 0.02) kg/tonni
(a) Kalium (K)	0,10 (± 0.03) kg/m ³
FVT52 FV Magnesium (Mg), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
Magnesium (Mg), kokonaispitoisuus	2,6 g/kg ka
Magnesium (Mg)	0,17 kg/tonni
Magnesium (Mg)	0,17 kg/m ³
FVT41 FV Arseeni (As), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Arseeni (As), kokonaispitoisuus	9,5 (± 2.9) mg/kg ka
(a) Arseeni (As)	0,62 (± 0.19) g/tonni
(a) Arseeni (As)	0,62 (± 0.19) g/m ³
FVT45 FV Kadmium (Cd), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Kadmium (Cd), kokonaispitoisuus	1,1 (± 0.4) mg/kg ka
(a) Kadmium (Cd)	0,070 (± 0.025) g/tonni
(a) Kadmium (Cd)	0,071 (± 0.025) g/m ³
FVT47 FV Kromi (Cr), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a) Kromi (Cr), kokonaispitoisuus	53 (± 11) mg/kg ka
(a) Kromi (Cr)	3,4 (± 0.7) g/tonni
(a) Kromi (Cr)	3,5 (± 0.7) g/m ³

Eurofins Viljavuuspalvelu Oy

FI-50101 Mikkei
FINLANDpuhelin +358 15 320 400
Fax +358 15 225 205
viljavuuspalvelu@eurofins.fi
www.eurofins.fi
www.viljavuuspalvelu.fi
www.markkaristeringstjanst.fi

Maanparannusaineet		Tulos (MU)
FVT48	FV Kupari (Cu), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kupari (Cu), kokonaispitoisuus	32 (± 6) mg/kg ka
(a)	Kupari (Cu)	2,1 (± 0.4) g/tonni
(a)	Kupari (Cu)	2,1 (± 0.4) g/m ³
FVT50	FV Elohopea (Hg), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Elohopea (Hg), kokonaispitoisuus	0,20 (± 0.08) mg/kg ka
(a)	Elohopea (Hg)	0,01 (± 0.004) g/tonni
(a)	Elohopea (Hg)	0,01 (± 0.004) g/m ³
FVT56	FV Nikkeli (Ni), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Nikkeli (Ni), kokonaispitoisuus	30 (± 9) mg/kg ka
(a)	Nikkeli (Ni)	2,0 (± 0.6) g/tonni
(a)	Nikkeli (Ni)	2,0 (± 0.6) g/m ³
FVT58	FV Lyijy (Pb), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Lyijy (Pb), kokonaispitoisuus	59 (± 18) mg/kg ka
(a)	Lyijy (Pb)	3,8 (± 1.1) g/tonni
(a)	Lyijy (Pb)	3,9 (± 1.2) g/m ³
FVT53	FV Mangaani (Mn), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
	Mangaani (Mn), kokonaispitoisuus	130 mg/kg ka
	Mangaani (Mn)	8,7 g/tonni
	Mangaani (Mn)	8,8 g/m ³
FVT62	FV Sinkki (Zn), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Sinkki (Zn), kokonaispitoisuus	180 (± 36) mg/kg ka
(a)	Sinkki (Zn)	12 (± 2) g/tonni
(a)	Sinkki (Zn)	12 (± 2) g/m ³
FVT42	FV Boori (B), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
	Boori (B), kokonaispitoisuus	<21 mg/kg ka
	Boori (B)	<1,4 g/tonni
	Boori (B)	<1,4 g/m ³
FVT55	FV Natrium (Na), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
	Natrium (Na), kokonaispitoisuus	0,19 g/kg ka
	Natrium (Na)	0,01 kg/tonni
	Natrium (Na)	0,01 kg/m ³
FVT59	FV Rikki (S), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Rikki (S), kokonaispitoisuus	4,9 g/kg ka
(a)	Rikki (S)	0,32 kg/tonni
(a)	Rikki (S)	0,32 kg/m ³
FVT49	FV Rauta (Fe), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
	Rauta (Fe), kokonaispitoisuus	16000 mg/kg ka
	Rauta (Fe)	1100 g/tonni
	Rauta (Fe)	1100 g/m ³
FVT19	FV CENpH Menetelmä : EN 13037	
	pH, happamuus (1.5)	5,9
FVT20	FV Johtokyky Menetelmä : EN 13038: 2012-01	
	Johtokyky (1.5)	3290 mS/m
FVT13	FV Kuiva-aine ja kosteus Menetelmä : EN 13040: 2008-01	
	Kuiva-aine	6,5 %
	Kosteus	93,5 %
FVT15	FV Hehkutushäviö ja tuhka Menetelmä : EN 13039	
(a)	Tuhka	45,1 % ka
(a)	Hehkutushäviö	54,9 % ka
FVT14	FV Tilavuuspaino	
	Tilavuuspaino	1000 kg/m ³
* Vesiliukoinen fosfori määritetty vasta kun näytettä on seisotettu avonaisessa astiassa 2 kk. Sinä aikana näyte oli kuivunut, ja tämä on otettu huomioon tuloksia laskettaessa.		
ALLEKIRJOITUS		
		Pirkko Laakso Analyysipalvelupäällikkö

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

Eurofins Vijavuuspalvelu Oy

FI-50101 Mikkele
 FINLAND

puhelin +358 15 320 400
 Fax +358 15 225 205
 vijavuuspalvelu@eurofins.fi
 www.eurofins.fi
 www.vijavuuspalvelu.fi
 www.markkarteringstjanst.fi

FINAS
 Finnish Accreditation Service
 T096 (EN ISO/IEC 17025)

Huomautukset

Asiakirjojen osittainen kopioiminen on kielletty. Testaustulos koskee vain tutkittua näytettä. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Akkreditoituidut menetelmät on arvioitu tutkimuksen suorittaneen laboratorion oman maan akkreditointielimen toimesta. Tämä tutkimustodistus on luotu sähköisesti ja se on tarkastettu ja hyväksytty. Mittausepävarmuuksien osalta lisätietoja saatavilla pyydettyäessä.

= tulos poikkeaa viitearvosta

[] = Mahdolliset viitearvot ovat tuloksen perässä hakasuluissa.

FV = Analysoiva laboratorio on Eurofins Viljavuuspalvelu (Mikkeli).

(a) = Analysit on tehty akkreditoitulla menetelmällä (SFS EN ISO/IEC 17025:2005 FINAS T096).

Eurofins Viljavuuspalvelu Oy

FI-50101 Mikkeli
FINLAND

puhelin +358 15 320 400
Fax +358 15 225 205
viljavuuspalvelu@eurofins.fi
www.eurofins.fi
www.viljavuuspalvelu.fi
www.markkareringstjanst.fi



FINAS
Finnish Accreditation Service
T096 (EN ISO/IEC 17025)

Alustava tutkimustodistus



Nygård Antti

Antti Nygård

Borupinraitti 4 B 73

15140 LAHTI

FINLAND

s-posti antti.nygard@student.lamk.fi

Tutkimustodistus PR-18-FV-000693-01

Näyttenumero 504-2018-00108038

Tutkimusno EUFIMI-00027969

Asiakasno FV0017410

Tutkimuksen yhteyshenkilö : Pirkko Laakso			
Tutkimusno	504-2018-00108038/ PR-18-FV-000693-01		
Näytteen tiedot:			
Saapumispvm :	15.11.2018 00:00:00	Tutkimus alkoi :	27.11.2018
Pyydytetyt analyysit :	PFV2: Raskasmetallit kuningasvedessä		
Saapunut	15.11.2018		

Maanparannusaineet		Tulos (µg)
FVT41	FV Arseeni (As), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Arseeni (As), kokonaispitoisuus	8,4 (± 2.5) mg/kg ka
FVT45	FV Kadmium (Cd), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kadmium (Cd), kokonaispitoisuus	0,85 (± 0.30) mg/kg ka
FVT47	FV Kromi (Cr), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kromi (Cr), kokonaispitoisuus	62 (± 12) mg/kg ka
FVT48	FV Kupari (Cu), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Kupari (Cu), kokonaispitoisuus	19 (± 4) mg/kg ka
FVT50	FV Elohopea (Hg), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Elohopea (Hg), kokonaispitoisuus	0,16 (± 0.06) mg/kg ka
FVT56	FV Nikkeli (Ni), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Nikkeli (Ni), kokonaispitoisuus	33 (± 10) mg/kg ka
FVT58	FV Lyijy (Pb), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Lyijy (Pb), kokonaispitoisuus	40 (± 12) mg/kg ka
FVT62	FV Sinkki (Zn), kokonaispitoisuus Menetelmä : EN 13650	
(a)	Sinkki (Zn), kokonaispitoisuus	120 (± 24) mg/kg ka

ALLEKIRJOITUS	Pirkko Laakso Analyysipalvelupäällikkö
----------------------	---

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

<p>Huomautukset</p> <p>Asiakirjojen osittainen kopioiminen on kielletty. Testaustulos koskee vain tutkittua näytettä. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Akkreditoituidut menetelmät on arvioitu tutkimuksen suorittaneen laboratorion oman maan akkreditointielimen toimesta. Tämä tutkimustodistus on luotu sähköisesti ja se on tarkastettu ja hyväksytty. Mittausepävarmuuksien osalta lisätietoja saatavilla pyydettyä.</p> <p># = tulos poikkeaa viitearvosta [] = Mahdolliset viitearvot ovat tuloksen perässä hakasuluissa.</p> <p>FV = Analysoiva laboratorio on Eurofins Viljavuuspalvelu (Mikkeli). (a) = Analyysit on tehty akkreditoitulla menetelmällä (SFS EN ISO/IEC 17025:2005 FINAS T096).</p>

Eurofins Viljavuuspalvelu Oy

FI-50101 Mikkeli
FINLANDpuhelin +358 15 320 400
Fax +358 15 225 205
viljavuuspalvelu@eurofins.fi
www.eurofins.fi
www.viljavuuspalvelu.fi
www.markkareringstjanst.fi


FINAS
Finnish Accreditation Service
T096 (EN ISO/IEC 17025)