

# **PAJUOJASTA JÄNIJÄRVEEN KOHDISTUVAN KUORMITUKSEN PIENENTÄMINEN**

Ratkaisuehdotukset Pajuojan kuormitusvaikutuksen pienentämiseksi



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

HAMK Forssa, Kestävä kehitys

Kevät 2020

Maija Stenberg

Kestävä kehitys  
Forssa

---

<b>Tekijä</b>	Maija Stenberg	<b>Vuosi 2020</b>
<b>Työn nimi</b>	Pajuojasta Jänijärveen kohdistuvan kuormituksen pienentäminen	
<b>Työn ohjaaja</b>	Sirpa Ojansuu	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry. Työ toteutettiin kvalitatiivisena tutkimuksena, jonka perustana käytettiin aiemmin tehtyjä tutkimuksia sekä mittauksia. Opinnäytetyössä keskitytään Jänijärveen laskevan uoman, Pajuojan, nykytilan tutkimiseen sekä kunnostusratkaisujen selvittämiseen.

Tammelassa sijaitseva Jänijärvi on matala ja kapea, ekologiselta tilaltaan välttävä. Järven pohjoispäässä sijaitsevat sekä järven suurin tuloveden että poistuvan veden kanava. Veden vaihtuvuus on pientä ja ympäröivien uomien kuormitusvaikutus korostuu. Pajuojan kuormitusvaikutuksen pienentäminen parantaisi sekä uoman veden laatua että vähentäisi Jänijärveen kohdistuvaa kuormitusta. Pajuoja kuormittavat Kiimasuolta, metsäalueelta sekä pelloilta valuvat ravinteet. Erityisesti fosforipitoisuudet nousevat Pajuojassa rehevöittäväälle tasolle. Pajuojaan vuonna 2014 sijoitettu fosforinsaostuslaite on poistettu tehottomana käytöstä vuonna 2019.

Pajuojan kunnostaminen ja kauaskantoisten tulosten saavuttaminen vaatii sekä ympäriltä tulevan kuormituksen hallintaa että puhdistustoimia itse uomassa. Ravinteiden pääsyä vesistöön voitaisiin rajoittaa rakentamalla uomaan toispuolisena kaivuna toteutettu tulvatasanne. Uomaan päätyvien ravinteiden hallintaan fosforinsaostuslaite voisi olla sulan veden aikana toimiva ratkaisu. Sieppari tulisi uudelleen sijoittaa lähemmäs Jänijärveä. Saostunut fosfori tulisi myös poistaa uomasta. Saostuneen fosforin keräämiseksi uoman pohjalle voitaisiin kaivaa lietekuoppa, josta fosfori voitaisiin kerätä pois.

**Avainsanat** Vesistö, rehevöityminen, ravinnekuorma, kunnostus

**Sivut** 54 sivua

Degree Programme in Sustainable Development  
Forssa

---

<b>Author</b>	Maija Stenberg	<b>Year</b> 2020
<b>Subject</b>	Reducing the nutrient load flowing from Pajuoja to lake Jänijärvi	
<b>Supervisor</b>	Sirpa Ojansuu	

---

## ABSTRACT

This qualitative research thesis was commissioned by the Society of Jänijärvi Protection Region. The study was based on a former research and measurements served as guidelines for the qualitative research of the thesis. The focus was on the riverbed that flows into lake Jänijärvi, the research of the current state of ditch Pajuoja and its recovery solutions.

Jänijärvi, located in Tammela, is low and narrow and its ecological state is mediocre. The largest canal for the incoming and outgoing water is located at the northern end of the lake. The turnover of the water is minor, and the stress effect of the surrounding riverbeds is emphasized. By decreasing the stress effect on Pajuoja, the quality of the water would increase in the riverbed and this would also simultaneously decrease the stress effect on Jänijärvi, too. The nutrients draining from Kiimasuo, the forest area, and fields, are causing stress for Pajuoja. Especially the phosphorus levels in Pajuoja have risen to a high eutrophication level. The phosphorus precipitation device in Pajuoja was removed in 2019 as it was deemed ineffective.

As a result, in order to recover Pajuoja and accomplish far-reaching goals, controlling the outside stress and cleaning the riverbed play an essential role within the procedures required. Building a flood deck with lopsided digging into the riverbed could limit the leaking of the nutrients into the water. In addition, the nutrients that have leaked into the riverbed, could be controlled with the phosphorus catcher when the water melts. The catcher should be relocated closer to Jänijärvi. The phosphorus should also be removed from the riverbed. As a solution, a sludge hole to the bottom of the riverbed could help collect the phosphorus.

**Keywords** Waters, eutrophication, nutrient load, repairing

**Pages** 54 pages

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	VESISTÖJEN REHEVÖITYMINEN .....	2
2.1	Rehevöitymisen mittarit.....	2
2.2	Rehevöityminen vesistöissä .....	6
2.3	Rehevöitymisen syyt ja seuraukset .....	7
2.4	Vesistöjen laatu Hämeessä .....	9
3	PAJUOJAN VALUMA-ALUE.....	11
3.1	Jänijärvi.....	11
3.2	Pajuoja.....	14
3.2.1	Alueen maaperä .....	18
3.2.2	Luomuviljely.....	19
3.3	Kiimasuo .....	20
4	TOTEUTUNEET KUNNOSTUSTOIMET JÄNIJÄRVEN ALUEELLA .....	21
4.1	Aiemmat kunnostustoimet ja hankkeet.....	21
4.2	Meneillään olevat hankkeet.....	23
5	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	23
5.1	Tutkimuskysymykset .....	23
5.2	Tiedonkeruu ja menetelmät.....	24
6	TULOKSET .....	24
6.1	Kunnostusratkaisut vastaavissa kohteissa .....	24
6.1.1	Tulvatasanne ja perkaus .....	24
6.1.2	Säätösaloitus.....	26
6.1.3	Kosteikko, suotautumisalue ja laskeutusallas .....	27
6.1.4	Lietekuoppa ja pohjapato .....	28
6.1.5	Virtauksen monipuolistaminen .....	28
6.1.6	Suodattimet .....	29
6.1.7	Kalkki.....	31
6.1.8	Puu.....	32
6.1.9	Saostus.....	32
6.1.10	Kunnostusratkaisujen kustannukset .....	33
6.1.11	Rahoitus .....	34
6.2	Kunnostusvaihtoehtojen soveltuvuus Pajuojaan.....	35
6.3	Fosforinsaostuslaitteen toimivuus Pajuojaassa .....	36
6.4	Johtopäätökset.....	42
6.4.1	Kunnostusehdotukset.....	43
7	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	45
	LÄHTEET.....	47

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry. Työ toteutettiin kvalitatiivisena tutkimuksena, jonka perustana käytettiin aiemmin tehtyjä tutkimuksia sekä mittauksia. Lähteinä käytettiin pääasiassa tieteellisiä tutkimuksia ja julkaisuja.

Jänijärven vesiensuojeluyhdistys sekä Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry (KVVY) ovat yhteistyössä tutkineet ja kunnostaneet ovat Jänijärveä sekä järveen laskevia uomia. Tässä opinnäytetyössä keskittytään yhden Jänijärveen laskevan uoman, Pajuojan, nykytilan tutkimiseen sekä kunnostusratkaisujen selvittämiseen. Opinnäytetyö pohjautuu tutkimuskysymyksiin, *miten Pajuojan vesistön tilaa kohennetaan ja kuormitusta vähennetään tehokkaammin sekä millaisia ylläpitotoimenpiteitä kunnostusratkaisut vaativat.*

Tammelassa sijaitseva Jänijärvi on merkittävä virkistyskohde ja sen rannat ovat lähes äärimmilleen täyttyneet vapaa-ajanasutuksesta. Järvi on kapea ja matala, pinta-alaltaan noin 83 hehtaaria. Järven pohjoispäässä sijaitsevat sekä järven suurin tuloveden että poistuvan veden kanava, joten veden vaihtuvuus on pientä ja ympäröivien uomien kuormitusvaikutus korostuu. Järveen laskee vettä yhteensä 12 uomasta.

Pajuojan kuormitusvaikutuksen pienentäminen parantaa sekä uoman veden laatua että vähentää Jänijärveen kohdistuvaa kuormitusta. Vesistöjen kunnostushankkeissa tulisi aina huomioida alue kokonaisuutena ja keskittyä ympäriltä tulevan kuormituksen pienentämiseen.

Pajuojaa kuormittavat ojan alkupäästä, Kiimasuolta sekä sitä seuraavalta metsäalueelta valuvien ravinteiden lisäksi Pajuojaa pitkältä matkalta ympäröiviltä pelloilta valuvat ravinteet. Erityisesti fosforipitoisuudet nousevat Pajuojassa rehevöittävälle tasolle. Fosforipitoisuusmittauksia on dokumentoitu Pajuojasta säännöllisesti vuodesta 2014 alkaen ja samana vuonna ojaan on asetettu fosforinsaostuslaite saostamaan ojaan valuvaa fosforia. Mittaustulokset ovat osoittaneet, että fosforin saostuminen ei ole ollut tehokasta ja sieppari poistettiin käytöstä vuonna 2019.

## 2 VESISTÖJEN REHEVÖITYMINEN

Pintavedet luokitellaan EU:n vesipuitedirektiiviin ja vesienhoitoa koskevaan lainsäädännön mukaisesti ekologisiin luokkiin. Luokittelun avulla arvioidaan, miten paljon vesistö poikkeaa luonnontilaisesta, eli kuinka paljon ihmistoiminta on heikentänyt vesistön ekologista tilaa. Ekologiset luokat ovat erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Vesistön rehevyystason määrittelyyn käytetään lisäksi luokkia karu, lievästi rehevöitynyt, rehevä ja erittäin rehevä. (Leino ym. 2015)

### 2.1 Rehevöitymisen mittarit

Veden laadun mittaamiseen on kehitetty erilaisia mittaamenetelmiä ja määritteitä. Tärkeimmät rehevöitymisen mittarit ovat veden sisältämän typen (N) ja fosforin (P) määrä. Fosforia ja typpeä esiintyy vesistössä eri olomuodoissa. Mittaustuloksissa usein esiintyvä kokonaisfosfori tai kokonaistyyppi tarkoittaa eri olomuodoissa olevan fosforin tai typen kokonaismäärää, joilla mitataan vesistön rehevyystasoa. Fosforin ja typen rehevyystasot ovat luettavissa taulukosta 1. (Finer & Palviainen 2013; Leino ym. 2015; KVVY n.d.a; Ympäristöhallinto n.d.)

Vesistöön fosforia ja typpeä kulkeutuu maa- ja metsätaloustoiminnasta, asutuksen aiheuttamien valuntojen myötä, turvetuotannosta ja teollisuuden jätevesistä. Fosforia huuhtoutuu veteen lisäksi fosforipitoisista luonnonkivistä rapautumalla.

Pitoisuudet ovat suurimmillaan syksyllä, jolloin peltoja lannoitetaan. Fosforia on pääsääntöisesti eniten pohjalla sedimenttiin sitoutuneena. Hapettomissa oloissa fosfori reagoi ja alkaa vapautua vesistöön pohjalietteestä. Fosfori säätelee levien määrää ja fosforin vapautumisen myötä levien määrä kasvaa, mikä taas kasvattaa hapenkulutusta. (Finer & Palviainen 2013; Leino ym. 2015; Pihlaja 2012; KVVY n.d.a; Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 1. Typen ja fosforin rehevyystasot (Ympäristöhallinto n.d.)

REHEVYYSTASO	MIKROGRAMMAA LITRASSA µg/l	
	FOSFORI (P)	TYPPI (N)
karu	< 12	< 400
lievästi rehevöitynyt	12-30	
rehevä	30-50	600-1500
erittäin rehevä	50-1000	> 1500

Rauta on vedessä yleensä liuenneessa muodossa, saostuneena tai sitoutuneena veteen liuenneeseen maa-ainekseen eli humukseen. Olomuoto

riippuu veden pH:sta sekä happipitoisuudesta. Hapellisissa oloissa rauta sitoo fosforia liukenemattomaan muotoon ja laskee näin vesistön rehevyytasoja. Hapettomissa oloissa rautaan saostunut fosfori vapautuu. Rauta vaikuttaa vesistön rehevyyteen siis välillisesti. Lisäksi runsas rautapitoisuus tummentaa vettä ja pienentää näkösyvyyttä. Suovaltaisilla alueilla rautapitoisuus vesissä on yleensä suuri. Vesien sisältämät rautapitoisuudet on vertailtu taulukossa 2. Pitoisuudet vesistöissä ovat suurimmillaan kevättulvien aikaan, ennen tulvahuippua. (Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 2. Raudan määrä vesissä (Ympäristöhallinto n.d.)

RAUDAN MÄÄRÄ VESSÄ	MIKROGRAMMAA LITRASSA µg/l
talousvesi	< 200
sisävedet	500-1000
suovaltaiset valuma-alueet	1000-2000

Vesistön rehevyyttä määrittelee myös klorofylli-a:n määrä vesistöissä. Lukema kuvaa lehtivihreällisten planktonlevien määrää vedessä. Klorofylli-a:n määrä kasvaa vesistöissä rehevöitymisen myötä. Klorofylli-a:n rehevyytaset on määritelty taulukossa 3. (Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 3. Klorofylli-a:n rehevyytaset (Ympäristöhallinto n.d.)

REHEVYYSTASO	MIKROGRAMMAA LITRASSA µg/l
karu	< 3
lievästi rehevöitynyt	3-7
rehevä	7-40
erittäin rehevä	> 40

Kiintoaineen määrä kuvastaa veteen liuenneen hiukkasmaisen aineksen määrää. Kiintoaine on peräisin jätevesistä, biomassasta eli levistä sekä eroosion irrottamasta maa-aineksesta. Virtaavissa vesissä kiintoaineksen määrä vaihtelee voimakkaasti. Pitoisuudet ovat pienimmillään talvella ja suurimmillaan kevättulvien aikaan, ennen tulvahuippua. Myös syysateet kasvattavat kiintoainekulkeumaa. Taulukosta 4 on luettavissa kiintoaineen määrät eri ajankohtina sekä raja-arvo, jonka ylittyessä kalakanta häiriintyy. (Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 4. Kiintoaineen määrä vesistöissä (Ympäristöhallinto n.d.)

KIINTOAINEN VESSÄ	MILLIGRAMMAA LITRASSA mg/l
kirkas	1
avovesiaika	1-3
ei haittaa kalastolle	< 25

Sameus vaikuttaa muun muassa veden valonläpäisyyn. Heikosti valoa läpäisevän veden lämpötilat kerrostuvat helposti. Valon määrä vaikuttaa lisäksi eliöiden toimintaan ja muun muassa kasvien yhteyttämiseen ja hapen tuotantoon. Virtaava vesi on yleensä sameampaa kuin järvivesi, sillä eroosio irrottaa sameutta lisäävää kiintoainesta veteen. Sameus vaihtelee kiintoaineksen pitoisuuksien kaltaisesti, vuodenaikojen vaihtelun myötä. Sameuden määritteet ja raja-arvot on koottu taulukkoon 5. Sameuden yksikkö on FTU, Formazin Turbidity Units. (Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 5. Sameus ja FTU (Ympäristöhallinto n.d.)

SAMEUS	FORMAZIN TURBIDITY UNITS FTU
kirkas	< 1
lievästi samea	1-5
silminnähdn samea	> 5

Veden väri ja humus ovat kosmeettisen haitan lisäksi apuna veden rehevyytystason määrittelyssä. Humuksen eli maa-aineksen määrä vaikuttaa veden väriin. Lisäksi väriin vaikuttavat levät, rauta sekä muu kiinteä ja liennut aines.

Järvivesien tyypillinen ruskea väri on peräisin humuksesta. Humuksen määrä riippuu maaperän ominaisuuksista, rakenteesta ja maaperän pH:sta. Humuspitoisuuksien vaihtelut vaikuttavat valon kulkuun, veden lämpötilaan, ravinnepitoisuuksiin, happamuuteen sekä ravintoketjuihin. Lämpötilat kerrostuvat helposti tummassa vedessä valon läpäistessä vain pintakerrokset. Väriarvo määritellään platina-asteikon (Pt) avulla. Raja-arvot sekä väriarvot on koottu taulukkoon 6. (Finer & Palviainen 2013; Pihlaja 2012; VAPO 2012; Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 6. Veden väriarvo (Ympäristöhallinto n.d.)

VEDEN VÄRIARVO	MILLIGRAMMAA Pt LITRASSA mgPt/l
väritön	< 15
lievästi humuspitoinen	20-40
humuspitoinen	40-100
erittäin humuspitoinen	> 100

Kemiallinen hapenkulutus kuvastaa kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrää vesistössä. Raja-arvot sekä määritteet on koottu taulukkoon 7 (s. 5). Orgaanista eli eloperäistä ainesta vesistöön kulkeutuu maaperästä, jätevesistä sekä muina luonnonhuuhtoumia. Yksikkö on CODMn, mikä tarkoittaa kaliumpermanganaatin aiheuttamaa kemiallista

hajoamista kiehuvaan veteen 20 minuutin aikana hapenkulutuksella mitattuna. (Finer & Palviainen 2013; VAPO 2012; Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 7. Kemiallisesti hapettuvat orgaaniset aineet vesistössä (Ympäristöhallinto n.d.)

HUMUSPITOISUS	MILLIGRAMMAA LITRASSA mg/l
kirkas/niukkahumuksinen	4
väritön/vähähumuksinen	4-10
keskihumuksinen	10-20
runsashumuksinen	> 20

PH eli happamuus kertoo veden happamuustason. Happamuustasot on määritelty tarkemmin taulukossa 8. Luontainen humuskuormitus lisää vesistön happamuutta ja leväkukinta kohottaa pH:ta. Talvella happamuus on tavallisesti alhaisempi kuin kesällä ja pienimmillään happamuus on kevättulvien aikana. PH:n laskiessa haitallisten metallien pitoisuudet nousevat, sillä ne reagoivat happamissa oloissa ja muuttuvat liukenevaan muotoon. (Farmit n.d.; Finer & Palviainen 2013; Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 8. Veden happamuus eli pH (Ympäristöhallinto n.d.)

HAPPAMUUS	pH
emäksinen	> 7
neutraali	7
hapan	< 7
lievästi hapan	6,5-6,8
vesieliöstö sopeutunut elämään tasolla	6,0-8,0
särjen sekä lohikalojen lisääntyminen häiriintyy	< 5,5

Alkaliteetti eli puskurikyky kuvastaa veden kykyä vastustaa pH:n muutoksia. Happamoituminen alkaa alkaliteetin laskusta. Yksikkö on millimooli. Puskurikyvyn tason määrittelevät arvot löytyvät taulukosta 9. (Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 9. Veden alkaliteetti (Ympäristöhallinto n.d.)

ALKALITEETTI/PUSKURIKYKY	MILLIMOOLIA LITRASSA mmol/l
hyvä	> 0,2
tydyttävä	0,1-0,2
välttävä	0,05-0,1
huono	0,01-0,05
loppunut	< 0,01

Sähkönjohtavuus kertoo veteen liuenneiden suolojen määrän. Sisävesissä suolojen määrää lisäävät muun muassa jätevedet sekä lannoitus. Johtavuuden yksikkönä käytetään millisiemensia per metri. Sähkönjohtavuus on suurinta runsaasti suoloja sisältävissä jätevesissä, kuten ilmenee taulukosta 10. (Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 10. Veden sähkönjohtavuus (Ympäristöhallinto n.d.)

SÄHKÖNJOHTAVUUS VESISSÄ	MILLISIEMENSIÄ PER METRI mS/m
alhainen	< 5
sisävedet	5-10
jätevedet	50-100

Hapen kyllästysprosentti eli kyllästysaste tarkoittaa havaittua hapen määrää vesistössä prosentteina siitä määrästä, jonka vesi voi enintään sisältää kyseisessä lämpötilassa. Kylmä vesi voi sisältää enemmän happea kuin lämmin. Kesäisin kyllästysprosentti voi olla yli sata, jolloin vesi on ylikyllästynyt. Kuten taulukosta 11 ilmenee, happipitoisuus voi siis olla tyydyttävällä tasolla ollessaan alle tai yli 100 %. Runsas leväpitoisuus nostaa veden kyllästysprosenttia, sillä levien yhteyttämällä tuottama happi kasvattaa hapen määrää pintavesissä. Hyvät happipitoisuusarvot syvänteissä taas kieliävät vesistön hyvästä ekologisesta tilasta. (Finer & Palviainen 2013; Ympäristöhallinto n.d.)

Taulukko 11. Happipitoisuus vesistössä (Ympäristöhallinto n.d.)

HAPPIPITOISUUS	KYLLÄSTYSASTE / KYLLÄSTYSPROSENTTI %
erinomainen	85-110 %
hyvä	80-110 %
tyydyttävä	70-80 % tai 110-120 %
välttävä	40-70 % tai 120-150 %
huono	0 % tai 150 %

## 2.2 Rehevöityminen vesistössä

Noin puolessa Suomen vesistöistä ekologinen tila on hyvä. Suomen vesistöt ovat keskimäärin matalia ja hyvin herkkiä muutoksille sekä ympäriltä kohdistuvalle kuormitukselle. Vesistön tila vaikuttaa ympäröiviin vesistöihin, vesistön eläimistöön sekä kasvistoon. Lisäksi vaikutus virkistyskäyttömahdollisuuksiin on suuri. (SYKE n.d.a)

Suomessa sisävesien monimuotoisuus on kärsinyt vesistöjen rehevöitymisestä. 68 % sisävesien luontotyypeistä on uhanalaisia. Pohjois-Suomessa

uhanalaisia lajeja on vain 3 %. Erityisesti virtavesiluontotyypit ovat uhanalaisia tai silmälläpidettäviä. Yleisin syy uhanalaistumiselle on maa- ja metsätalouden toimenpiteet eli ojitus ja lannoitus, vesistöjen perkaukset ja vesi- sekä rantarakentaminen. (SYKE n.d.a)

Vesiekosysteemit tulevat kokemaan muutoksia myös ilmaston lämmetessä. Kasvukauden pidentyminen lisää vesiekosysteemien perustuotantoa. Runsastuva sateisuus kasvattaa ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin, erityisesti talvien muuttuessa leudommiksi ja maan ollessa sula lähes ympäri vuoden. (SYKE n.d.a)

EU:ssa on määritelty erilaisia suunnitelmia sekä direktiivejä vesien tilan parantamiseksi ja ylläpitämiseksi. EU on määritellyt vuonna 2000 voimaan tulleen vesipuidedirektiivin (2000/60/EY), jonka tavoitteena on ollut nostaa pinta- sekä pohjavesien tila kauttaaltaan hyvälle tasolle vuoteen 2015 mennessä. Suomessa direktiivi on toimeenpantu nojaten lakiin ja asetuksiin vesien- ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004). Direktiivissä on lisäksi määritelty, ettei vesistöjen tila saa heiketä nykyisestä. (Sammalkorpi & Sarvilinna 2010)

Vesistön kunnostustoimia suunniteltaessa tärkeintä on vähentää ulkoisen kuormituksen määrää, jotta kunnostuksen vaikutukset ovat pitkäaikaiset. Kunnostustoimintaa sääteleviä lakeja ovat vesilaki, ympäristönsuojelulaki, luonnonsuojelulaki, kalastuslaki sekä maankäyttö- ja rakennuslaki. Suuremmat kunnostustoimet ovat aina luvanvaraisia ja pienemmistä hankkeistakin tulee tehdä ilmoitus ennen hankkeen aloittamista. (Sammalkorpi & Sarvilinna 2010)

### 2.3 Rehevöitymisen syyt ja seuraukset

Vesistön rehevöityminen tarkoittaa typen ja fosforin liiallista kertymistä vesistöön ihmisten toiminnan aiheuttamana. Rehevöitymisen merkkejä ovat levien sekä vesikasvien määrän runsastuminen ja rantakivien limoittuminen, veden värin muutos ja haju, näkösyvyyden pieneneminen, kasvilajiston sekä eläinlajiston muuttuminen, vesilintujen määrän muutokset ja kalaston muuttuminen. Vaikutuksia on lisäksi vesistön käyttäjille, sillä rehevöitynyt vesi aiheuttaa uimareille ihottumaa sekä vettä juoville eläimille myrkytyksiä. (SYKE 2013)

Kasvimassan runsastuessa hapenkulutus vedessä lisääntyy ja syvänteisiin saattaa muodostua hapettomat olosuhteet, etenkin talvisin. Hapettomissa oloissa pohjasedimenttiin sitoutuneet ravinteet alkavat vapautua vesistöön ja rehevöityminen tehostuu. Pienet ja vähävetiset järvet rehevöityvät suuria ja runsasvetisiä järviä nopeammin. (SYKE 2013)

Vesistöjä kuormittavat pääasiassa valuma-alueelta vesistöön päätyvät erilaiset jätevedet sekä muu ihmistoiminnan aiheuttama ravinnevalunta.

Kuormituksen määrään vaikuttaa valuma-alueen koon lisäksi maankäyttö ympäröivillä alueilla. Lisäksi veden viipymä järvessä vaikuttaa kuormitusvaikutuksen suuruuteen. Mitä pidempään vesi viipyy järvessä, sitä merkittävämmän valuma-alueen kuormitus vaikuttaa veden laatuun. (Finer & Palviainen 2013; Pihlaja 2012)

Vesistöjen kuormittajia ovat maa- ja metsätalous, asutus ja sen jätevedet sekä teollisuus ja sen valumavedet. Teollisuuden jätevesien puhdistaminen on tehostunut merkittävästi, jonka myötä teollisuuden vesistökuormitus on pienentynyt aiempiin vuosiin verrattuna. Myös asutuksen jätevesien puhdistus on tehostunut ja kuormitusvaikutus pienentynyt. (Finer & Palviainen 2013; Leino ym. 2015; Pihlaja 2012)

Metsätalouden toimista vesistöjä kuormittavat uudishakkuut, maanmuokaus sekä lannoitus. Lisäksi merkittävä kuormitustekijä on soiden ojitus, jolla tehostetaan puiden kasvua. Ojitusten ja suometsien hoidon myötä soiden puumäärät ovat kasvaneet merkittävästi ja puuston kasvu on vauhdittunut. Suometsiä on Suomen metsien kokonaispuustosta neljäsosa. Luonnontilaisten soiden ojitukseen ei ole saanut valtion rahoitusta vuoden 1996 jälkeen, jolloin säädettiin laki kestävän metsätalouden rahoituksesta (1094/1996, päivitetty 2007). Nykyisin ojitukset ovatkin pääasiassa kunnostusojituksia. (Finer & Palviainen 2013; Pihlaja 2012)

Kunnostusojituksella tehostetaan ojien kuivatustehoa, joka heikkenee, kun uudisojituksesta on kulunut 20 vuotta. Kunnostusojituksessa korjataan sortuneita ojan penkkoja sekä poistetaan kasvillisuutta. Tämä lisää vesistöön kulkeutuvaa kiintoaineen sekä ravinteiden määrää. Typpi ja fosfori kulkeutuvat vesistöön pääasiassa kiintoaineeseen sitoutuneena. Orgaanisen aineksen kulkeutuminen maalta vesistöön pienentää lisäksi suon hiilivarastoa ja kasvattaa hiilidioksidin ja metaanin vapautumista vesistöistä ilmakehään. (Finer & Palviainen 2013; Pihlaja 2012)

Maatalouden toiminnan myötä vesistöön päätyy merkittäviä määriä typpeä ja fosforia. Ravinteet päätyvät valumavesien mukana, pääasiassa lannoituksen ja lannan käsittelyn seurauksena läheisiin vesistöihin. Pintavalunta on suurimmillaan syksyllä ja talvella sateiden aikaan. Valunnan määrään vaikuttaa merkittävästi maaperän laatu sekä ravinteita pidättävän kasvillisuuden määrä. (Grönroos ym. 2019; Grönroos & Puumala 2004; Joki-Tokola n.d.; Kallioniemi 2002; MTT n.d.; Salmu 2011)

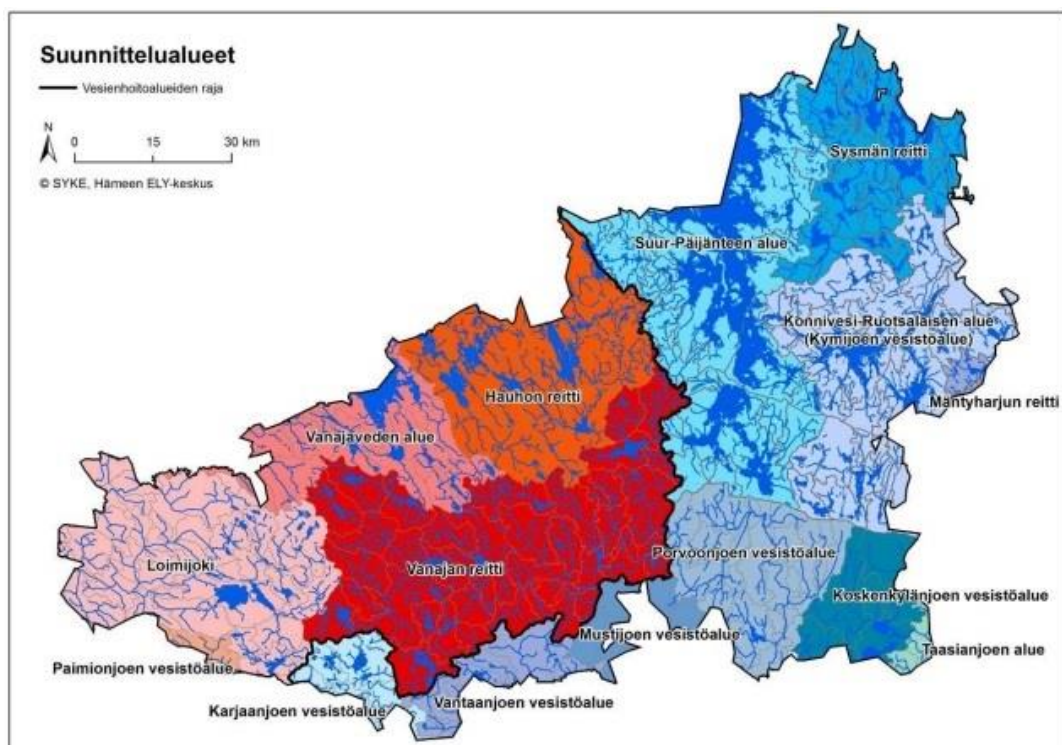
Lanta sisältää fosforia, joka vesistöön kulkeutuessaan rehevöittää ja heikentää vesistön tilaa. Lisäksi lanta sisältää typpeä, joka happamoittaa ja rehevöittää maata sekä vesistöä. Virtsan sisältämä typpi on lannan sisältämää typpeä haitallisempaa, sillä se muuntautuu helpommin ammoniakiksi ja liukenee helpommin vesistöön. Myös lannan käyttö peltokasvustojen lannoitteena kuormittaa vesistöä. Lietelannan pintalevitys ja sen vaikutukset fosfori- ja typpihuuhtoumiin sekä ammoniakkin haihtumiseen ovat

merkittävät. (Grönroos ym. 2019; Grönroos & Puumala 2004; Joki-Tokola n.d.; Kallioniemi 2002; METLA n.d.; MTT n.d.; Salmu 2011)

Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamiseksi ja ympäristönsuojelulaki ja -asetus sisältävät säädöksiä, joilla pyritään vähentämään vesistöjen kuormitusta maatalojen lähivesistöissä. (Joki-Tokola n.d.; Kallioniemi 2002; METLA n.d.; Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014; Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014; Ympäristönsuojelulaki 527/2014)

## 2.4 Vesistöjen laatu Hämeessä

Valtioneuvosto on laatinut vuosille 2016–2021 vesienhoitosuunnitelmat vesienhoitoalueittain. Vesienhoitoalueita on Manner-Suomessa viisi. Ahvenanmaa on oma vesienhoitoalueensa. Kuvassa 1 on jaoteltu Hämeen vesienhoitoalueet. Rajavesistöjen alueilla vesienhoito suunnitellaan yhdessä naapurimaiden kanssa. (Leino ym. 2015; Ympäristöministeriö 2017)



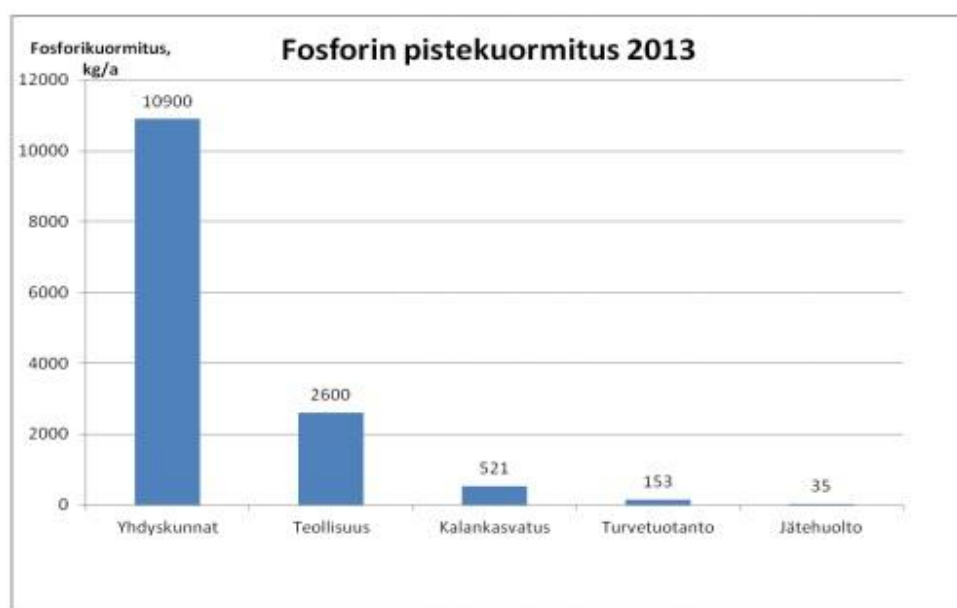
Kuva 1. Hämeen vesienhoitoalueet. (Leino ym. 2015 s. 11)

Vesienhoitosuunnitelmaan on koostettu tiedot vesistöjen nykytilasta, niihin vaikuttavista ulkoisista tekijöistä ja kuormittajista sekä laadittu suunnitelma toimista, joilla vesistön hyvä tila saavutetaan ja ylläpidetään vuoteen 2027 mennessä. Suunnitelma on laadittu vesienhoidon yhteistyöryhmän

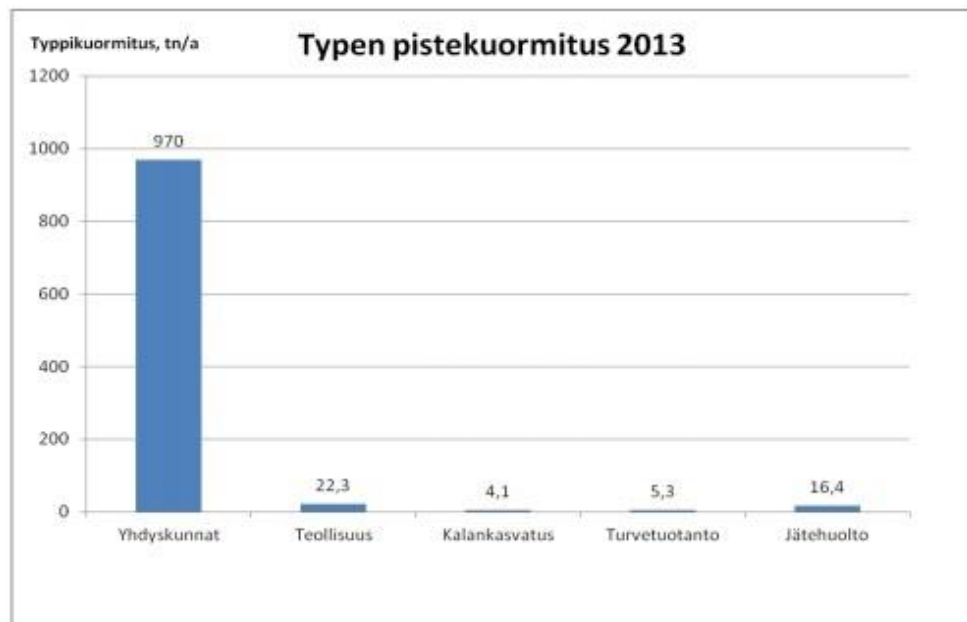
kanssa ja suunnitelma sisältää pintavesien lisäksi pohjavedet. (Leino ym. 2015; Ympäristöministeriö 2017)

Lounais-Hämeessä Loimijoen alueen on järvet ovat reheviä, matalia ja savisameita. Hämeen alueella merkittävimmät hajakuormituslähteet ovat maatalous- ja metsätalous. Hajakuormitus tarkoittaa vesistöön useasta pienestä lähteestä peräisin olevaa kuormitusta. Maatalouden kuormitus vaihtelee 0-84 % välillä ja metsätalouden kuormitus 0-68 %. Turvetuotannon ravinnekuormitus on suhteessa pientä, mutta humus- ja kiintoainekuormitus on merkittävämpää. Teollisuuden aiheuttama vesistökuormitus on myös suhteellisen vähäistä. (Leino ym. 2015; Vanajavesikeskus n.d.; Ympäristöministeriö 2017)

Hämeen vesistöjen suurin fosforin pistekuormitus vuonna 2013 oli peräisin yhdyskuntajätevesien puhdistamoilta. Pistekuormitus tarkoittaa yhdestä, tarkoin määriteltävästä lähteestä olevaa kuormitusta. Typeä vesistöihin päätyi myös eniten samasta lähteestä. Pistekuormituksen suuret määrät ovat havaittavissa kuvien 2 (s. 10) ja 3 (s. 11) taulukoista. (Leino ym. 2015)



Kuva 2. Fosforin pistekuormitus Hämeessä vuonna 2013. (Leino ym. 2015 s. 87)



Kuva 3. Tyypin pistekuormitus Hämeessä vuonna 2013. (Leino ym. 2015 s. 87)

### 3 PAJUOJAN VALUMA-ALUE

Pajuojan valuma-alue koostuu metsäpinta-alasta, suoalueesta sekä pelto-pinta-alasta. Pajuojan merkittävin kuormittaja on ojaa pitkältä matkalta reunustava peltoalue. Lisäksi Pajuojan alkupää sijaitsee ojitetulla suolla, josta ravinteita kulkeutuu myös vesistöön. Pajuoja laskee Jänijärveen.

#### 3.1 Jänijärvi

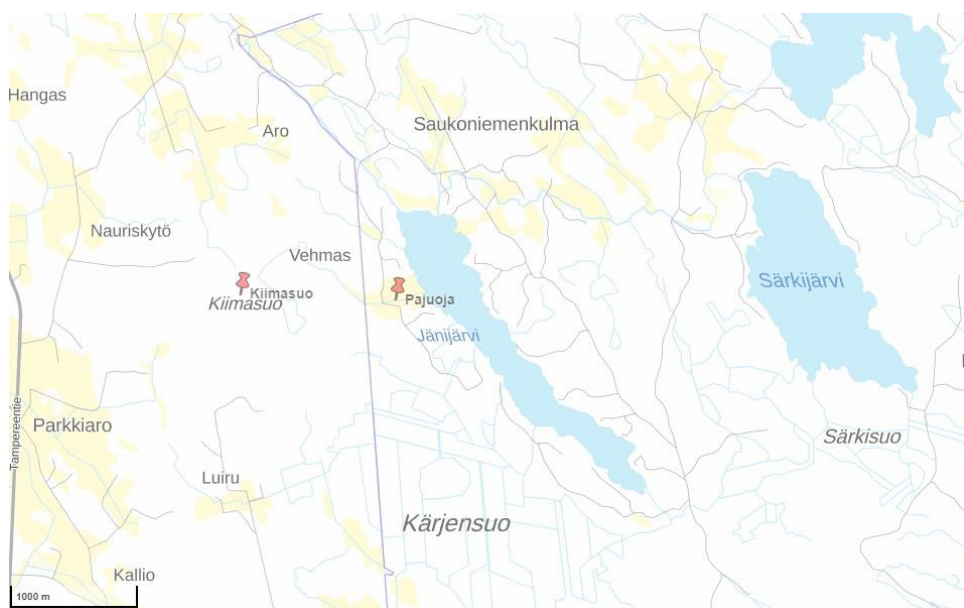
Jänijärvi sijaitsee Tammelan kunnassa, Forssan rajan läheisyydessä. Järvi on merkittävä virkistyskohde ja sen rannat ovat lähes äärimmilleen täyttyneet vapaa-ajanasutuksesta. Valuma-alueesta suurin osa on metsäalaa. Maatalouskäytössä on myös suuri osa alueen pinta-alasta. Valuma-alueen maankäytön prosenttiosuudet on koottu taulukkoon 12 (s. 12). (Heinonen, Lehti, Petäsnoro & Rantanen 2018)

Taulukko 12. Jänijärven valuma-alueen maankäyttö (Haimakainen, Lönnholtz, Rissanen, & Viljamaa 2018 s. 4)

Jänijärven valuma-alueen maankäyttö		
maankäyttö	pinta-ala (ha)	osuus %
maatalousmaa	156,9	2,7
havumetsät	3140,1	53,2
sekametsät	1655,8	28,1
harvapuustoiset alueet	239,6	4,1
järvet	710,2	12,0
yht.	5902,6	100

Järvi on kapea ja matala, pinta-alaltaan noin 83 hehtaaria. Järveen kohdistuva, runsas kiintoainekuormitus on madaltanut järven pintaa entisestään. Keskisyvyys järvessä on noin 1,5 metriä. Järvi on kolme kilometriä pitkä, leveydeltään enimmillään kilometrin ja kapeimmillaan 0,2 kilometriä. Järven hyvin kapea muoto on havaittavissa kuvasta 4.

Järven pohjoispäässä sijaitsevat sekä järven suurin tuloveden että poistuvan veden kanava, joten veden vaihtuvuus on pientä. Järveen laskee vettä yhteensä 12 uomasta. Järven eteläpuolelta laskevat uomat virtaavat laajoilta suoalueilta. Uomat vaikuttavat järven kuntoon merkittävästi pienen vesimäärän sekä hitaan vaihtuvuuden vuoksi. (Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry n.d.; KVVY n.d.b)



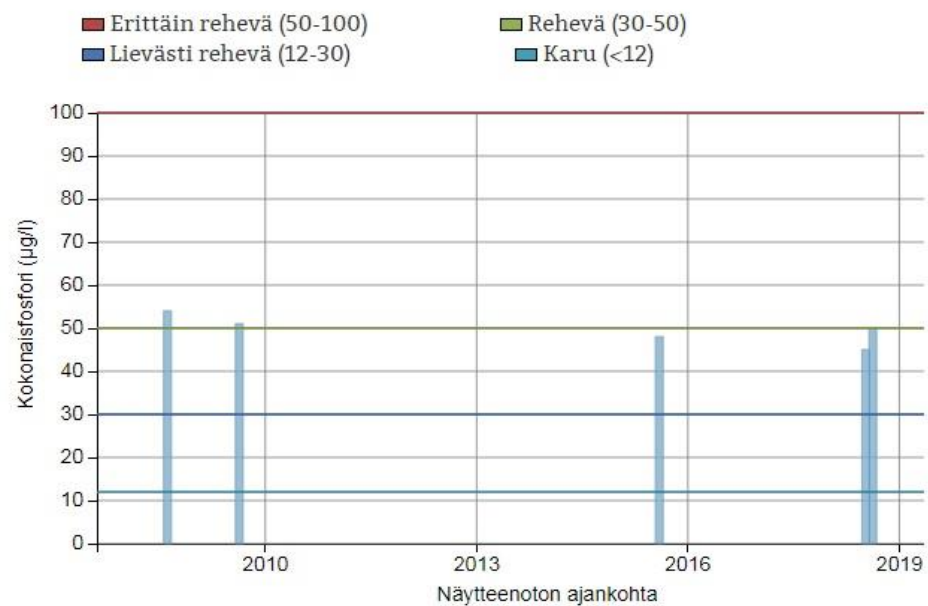
Kuva 4. Jänijärvi kartalla. (Paikkatietoikkuna n.d.)

Järven vesi on sameaa, mitä lisää kesällä leväsamennus. Vesi on humuspi-toista ja väriltään ruskeaa. Sähkönjohtavuus on alhainen, vesi on hieman hapanta ja veden puskurikyky on tyydyttävä. Vesistön fosforipitoisuustaso on rehevä ja klorofyllipitoisuus rehevä tai erittäin rehevä. (Tulonen 2019)

Jänijärvestä on otettu useita näytteitä ja veden laatua on seurattu pitkällä aikavälillä. Talvella järven happipitoisuus on vähäinen, mikä on nostanut alusveden fosfaattipitoisuuksia. Järvessä esiintyvä talviajan happikato alimmassa vesikerroksessa aiheuttaa kemiallisen reaktion, jolloin fosfori ja rauta alkavat irrota pohjasedimentistä ja liueta vesistöön. Järven ekologinen tila on luokiteltu tyydyttäväksi. Lisäksi järvi luokitellaan reheväksi ja käyttökelpoisuusluokituksestaan välttäväksi.

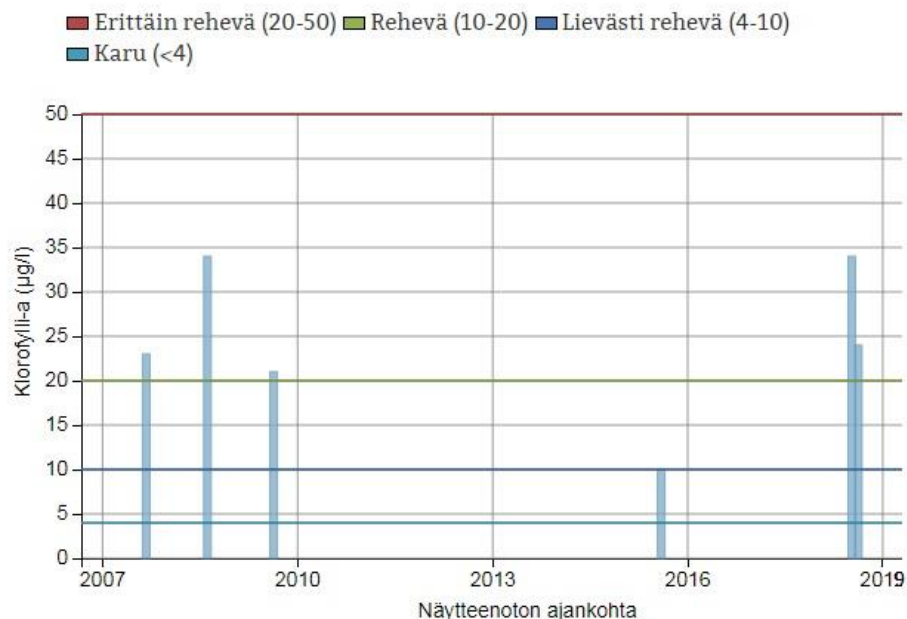
Kuvasta 5 voi havaita, että fosforipitoisuus järvessä on jäänyt viime vuosina hieman rehevän rajan alapuolelle, eikä pitoisuuksissa ole ollut suuria muutoksia. Kuvan 6 (s. 14) mittaustulokset osoittavat, että leväpitoisuudet ovat vaihdelleet vuosien saatossa. Leväpitoisuus on vuoden 2019 mittauksessa ylittänyt rehevän rajan. (Tulonen 2019)

#### Fosforipitoisuus loppukesällä



Kuva 5. Fosforipitoisuudet Jänijärvessä vuosina 2009–2019. (KVY n.d.b)

### Levän määrä loppukesällä



Kuva 6. Levien määrä Jänijärvässä vuosina 2007–2019. (KVVY n.d.b)

Järven kalastoa on tutkittu edellisen kerran vuonna 2012. Kalastosta suurin osa on ahventa. Toiseksi eniten järvässä havaittiin särkeä ja kolmantena pasuria. Runsasravinteisessa ja sameassa vesistössä erilaiset planktonlevät runsastuvat. Tämä lisää pienten kalojen, kuten särkien määrää. Särki ja ahven menestyvät sameassakin vedessä. Särkikannan voimakas kasvu saattaa syrjäyttää muita, huonommin sameassa vesistössä menestyviä kalakantoja. Lisäksi särki ylläpitää järven sisäistä kuormitusta, sillä särki etsii ravintoa pohjasedimentistä vapauttaen pohjaan painuneita ravinteita planktonlevien ravinnoksi. (KVVY n.d.b; KVVY n.d.c; Tulonen 2019)

### 3.2 Pajuoja

Pajuoja sijaitsee Jänijärven länsipuolella. Oja on kapea, 1-1,5 metriä leveä ja matalavetinen. Talviaikaan sekä vähäsateisena aikana ojan vesimäärä laskee merkittävästi ja oja on tällöin paikoin jopa täysin kuivunut. Runsasateisena aikana oja tulvii lähes jatkuvasti ja vesi nousee pelloille. Oja on paikoin hyvin tukkoinen ja umpeenkasvanut. Kuvassa 7 (s. 15) oikealla puolella on nähtävissä fosforinsaostuslaitteen alapuolisen osuuden hyvin vähäinen vesimäärä, uoman kapea muoto sekä runsas kasvillisuus. Kuvassa vasemmalla, saostuslaitteen yläpuolisella osuudella vettä on uomassa enemmän ja vesi pääsee virtaamaan vapaasti. (Heinonen ym. 2018; Ylitokko 2020)



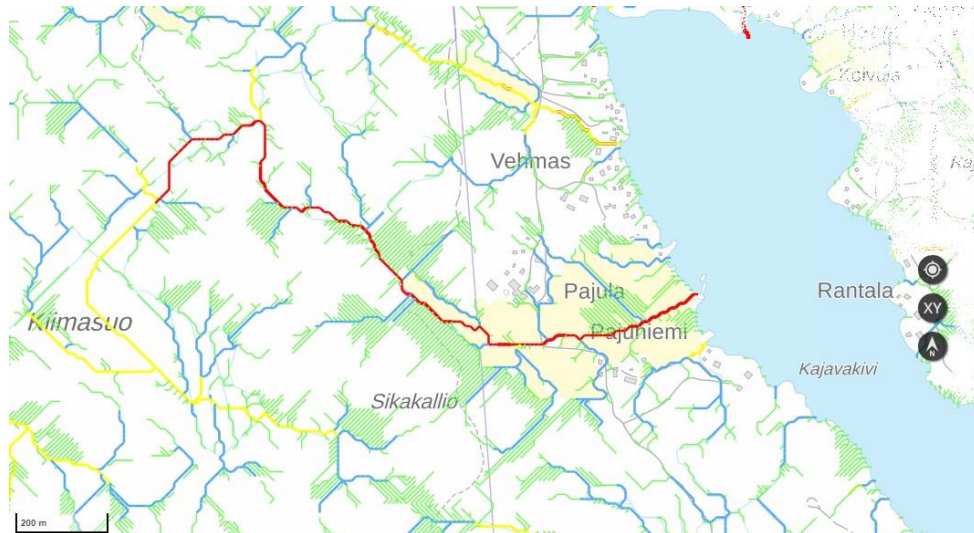
Kuva 7. Pajuoja, fosforinsaostuslaitteen ylä- ja alapuolinen osuus. (Stenberg 2019)

Kuvan 8 kartalla Pajuojan osuus on korostettu tummansinisellä. Ojan alkupää sijaitsee Kiimassuolla, josta se mutkittelee 1,6 kilometrin matkan metsäalueelta peltoalueelle, päättyen lopulta Jänijärveen. Kiimassuolta sekä metsäalueelta valuvien ravinteiden lisäksi ojaa kuormittavat ympäröiviltä pelloilta valuvat ravinteet. (Heinonen ym. 2018; Luomu- ja vuonohevostila Yli-Tokko n.d.)



Kuva 8. Pajuoja kartalla. (Paikkatietoikkuna n.d.)

Virtausmallikartalla kuva 9 näkyy vihreällä raidoituksella yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala sekä kaltevuussuunta. Punaisella kuvataan vesistön virtausreittiä Kiimasuolta Jänijärveen.



Kuva 9. Virtausmallikartta Pajuojan valuma-alueesta. (Paikkatietokuna n.d.)

Pajuoja reunustavat peltoalueet kuuluvat Yli-Tokon tilalle. Tila sijaitsee Pajuojaan nähden korkeammalla ja pohjoispuolinen peltoalue laskee loivasti ojaa kohti, kuten kuvista 9 (s. 16), 10 (s. 16) ja 11 (s. 17) voi havaita. Pajuoja virtaa peltoalueen halki noin 730 metrin matkalta.



Kuva 10. Pajuoja kohti laskettava peltoalue. (Stenberg 2019)



Kuva 11. Yli-Tokon tila Pajuojalta kuvattuna. (Stenberg 2019)

Yli-Tokon tilalla eläimet laiduntavat kuvan 12 ojaa ympäröivillä pelloilla sekä metsäalueella vapaasti. Tilalla on harjoitettu vuononhevosten kasvatusta vuodesta 2000, joita tilalla on noin 50. Lisäksi tilalla elää Mangalitzoja eli villasikoja sekä muutamia aaseja. (Heinonen ym. 2018)



Kuva 12. Ortokuva Pajuojasta. (Paikkatietoikkuna n.d.)

Yli-Tokon tilalla eläimet laiduntavat vapaasti ojan molemmin puolin. Suurimmat vaikutukset lähialueen vesistöön syntyvät laiduntavien eläinten lannasta ja ureasta. (Heinonen ym. 2018; Luomu- ja vuonohevos-tila Yli-Tokko n.d.)

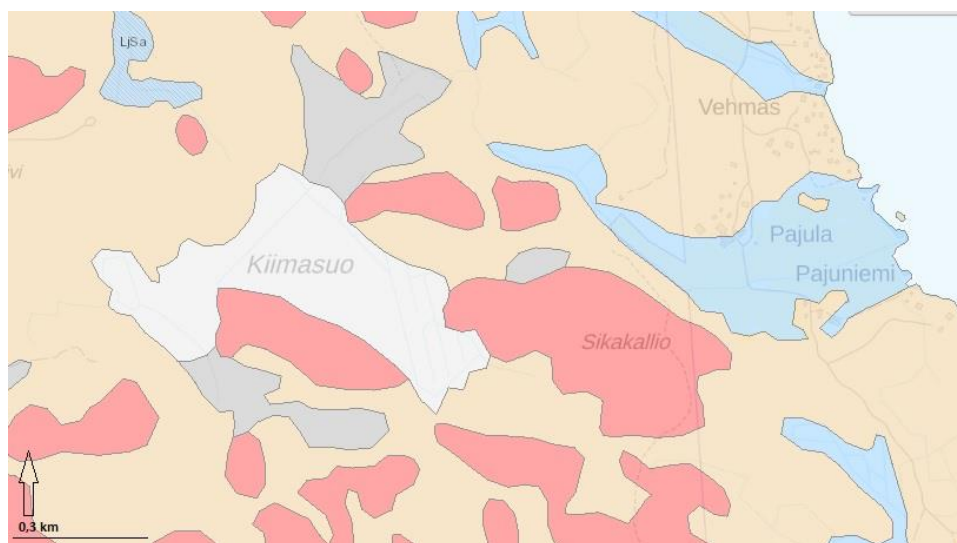
### 3.2.1 Alueen maaperä

Ravinteiden valunnan kannalta maaperän rakenteella on suuri merkitys. Maaperän partikkelien koko ja muoto määrittävät alustan vedenjohtavuuden, veden poistumisnopeuden sekä vedenpidätyskyvyn. Suuret partikkelit luovat huokoisen rakenteen, joka johtaa hyvin vettä. Pienemmät partikkelit pidättävät vettä ja estävät ravinteiden huuhtoutumista. (Ikonen 2019; Soinne 2018)

Peltoalueella rakennetta muokkaavat maankäyttö ja viljelymenetelmät, metsä- ja suoalueella metsätalouden toimenpiteet. Eloperäisen aineksen määrä ja pellon kasvukunto vaikuttavat maaperän kuntoon ja valuntaan. Kasvipeite sitoo ja pidättää ravinteita valumavesistä. Lämpötila, sateiden määrä, lumi ja routa vaikuttavat myöskin osaltaan maaperään ja valunnan määrään. (Ikonen 2019; Soinne 2018)

Puskurikyky riippuu pitkälle vesistön valuma-alueen laadusta. Karut, kallioidet tai ohuen moreenikerroksen omaavat valuma-alueet ovat tyypillisiä happamoituville vesistöille. Valuma-alueen peltovaltaisuus vähentää happamoitumista. Kevään sulamisvedet laskevat yleensä alkaliteettiä. (Soinne 2018; Ympäristöhallinto n.d.)

Maaperäkartasta, kuva 13 on havaittavissa, että Pajuojaa ympäröivä maaperä koostuu kalliomaasta sekä hiekkamoreenista. Lisäksi alueella on pieniä saraturpeesta koostuvia alueita. Pajuojan välitön ympärysalue koostuu pääosin savesta. Savimaa pidättää vettä sekä ravinteita tehokkaasti. Huokoinen, rakeinen ja halkeileva maa pidättää vettä tehokkaammin kuin tiiviiksi painunut. Kasvipeite muokkaa ja parantaa tehokkaasti savimaan rakennetta.



Kuva 13. Pajuojan valuma-alueen maaperä. (Maankamara n.d.)



Kuva 14. Maaperäkartan selitteet. (Paikkatietoikkuna n.d.)

### 3.2.2 Luomuviljely

Yli-Tokon tilalla on harjoitettu luomuviljelyä vuodesta 2008. Pajuojaan ympäröivät pellot ovat kaikki aktiivisessa viljelyskäytössä (Yli-Tokko 2020).

Luomuviljely on tuotantotapa, joka perustuu ravinteiden kierrätykseen, luonnon monimuotoisuuden ylläpitämiseen sekä maaperän kunnosta huolehtimiseen. Synteettisten torjunta-aineiden, muuntogeenien sekä teollisten lannoitteiden ja rehujen käyttö on kiellettyä. Kiellettyjen tuotteiden käyttö ei ole sallittua myöskään piha-alueilla tai pientareilla. Luonnonmukainen eläintuotanto edellyttää pääsääntöisesti myös luonnonmukaista kasvintuotantoa. Tuotantoeläinten hyvinvointi sekä lajinmukaisen käyttäytymisen mahdollistaminen ovat olennainen osa luomutuotantoa. Lisäksi luomutuotannossa vältetään uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä. (Grönroos & Puumala 2004; LUKE 2016; Salmu 2011)

Lannoitus perustuu viljelykiertoon ja luonnonmukaisesti tuotettujen, eloperäisten aineiden käyttöön. Levitettävän lannan typpipitoisuus saa olla vuodessa enimmillään 170 kilogrammaa hehtaarilla. Pitoisuuksia rajoittaa valtioneuvoston asetus 1250/2014, eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittaminen. Asetus säätelee myös lannan varastointia. (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014)

Mikäli ravinnemäärä ei ole riittävä näitä menetelmiä käyttäen, täydennyslannoitusta, eli erilaisia mikrobivalmisteita, voidaan tällöin käyttää. Sallitut täydennyslannoitteet on tarkoin määritelty, eikä teollisen eläintuotannon lantaa saa käyttää. Ensisijaisesti tavoitteena on, että ravinteet kiertävät luomutuotannon sisällä. (Evira 2018)

Kuivakäymäläjätteen tai sakokaivolietteen käyttö on sallittua, mutta se on hygienisoitava säädösten edellyttämällä tavalla. Luomueläimistä peräisin olevan lannan, lietelannan ja virtsan osalta käsittelyvaatimuksia ei ole. Kasvinsuojelu perustuu myös viljelykiertoon. Lisäksi toimet nojautuvat ennaltaehkäiseviin menetelmiin, joita ovat esimerkiksi lajikevalinnat sekä erilaisten tuholaisten luontaisten vihollisten suosiminen. Rikkakasvien tuhoaminen toteutetaan mekaanisesti tai liekittämällä, eikä tautien torjuntaan käytetä kemiallisia aineita. Sallitut torjunta-aineet on tarkoin määritelty. (Evara 2018; Grönroos & Puumala 2004; Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014)

### 3.3 Kiimasuo

Pajuojaan alkupää sijaitsee Kiimasuolla, joka on ojitettua metsätalousaluetta. Suolla on kaksi runsasvetistä ojaa, joiden vedet valuvat Pajuojaan. Runsasvetinen maaperä on hapetonta, mikä hidastaa puiden kasvua. Ojituksella soiden vedenpinta saadaan laskemaan ja puustolle luodaan paremmat kasvuolosuhteet. Ojien kautta soilta päätyy vesistöön ravinteita ja humusta. (Suomen metsäkeskus 2016)

Soilta kulkeutuvien valumavesien ravinnepitoisuuksien on havaittu kasvavan ajan myötä. Yli 50 vuotta sitten ojitetuilla soilla valumavesien typpi- ja fosforipitoisuudet ovat parhaimmillaan kolme kertaa suurempia, kuin yli 20 vuotta sitten ojitetuilla soilla. Ojitus edistää turpeen maatumista yhä pidemmälle ja maatunut turve on alttiimpaa eroosiolle, kuin vähemmän maatunut. Tämä on todennäköisesti syynä huuhtoumien runsaampaan ravinnepitoisuuteen. Lisäksi pidemmälle maatuneen turpeen ravinteet ovat helpommin liukenevassa muodossa. (LUKE 2017; Ojanen 2015; Ojanen 2016)

Ojituksen vaikutukset valuntaan ovat merkittävimmät ensimmäisen 10 vuoden aikana. Valunnan kasvu on suurempaa vetisillä soilla. 20 vuodessa valunnan määrä palautuu entiselle tai entistä matalammalle tasolle puiden kasvun myötä, johtuen runsastuneesta haihdunnasta. Ojitus lisää runsaiden sateiden aiheuttamia valuntahuippuja sekä tulvia. Ojitus vaikuttaa vesistöä rehevöittävän vesiliukoisen fosforin määrään pääasiassa maaperästä huuhtoutuvan kiintoaineen sisältämän fosforin kautta. (Finer & Palviainen 2013; Nieminen & Ahti 2000)

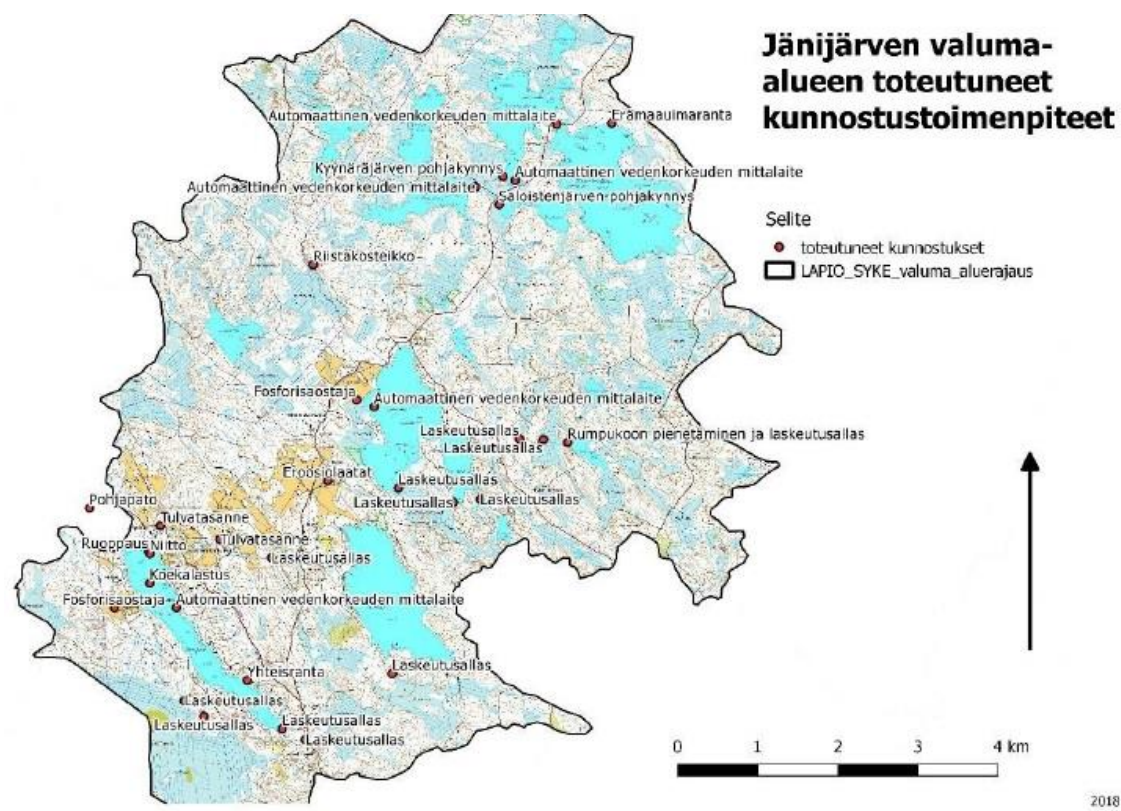
Kaiken kaikkiaan metsätalouden toimenpiteistä aiheutuva vesistöjen ravinnekuormitus on arvioitu vähäiseksi. Vesistöihin päätyneestä typestä 6-7 % ja fosforista 9 % on peräisin metsätaloudesta. (Paasonen-Kivekäs ym. 2016)

## 4 TOTEUTUNEET KUNNOSTUSTOIMET JÄNIJÄRVEN ALUEELLA

Jänijärven alueella on toteutettu useita erilaisia kunnostustoimenpiteitä, mittauksia ja hankkeita. Lisäksi suunnitteilla on laajamittaisia kunnostustoimia alueella. Myös Pajuoja on tutkittu ja kunnostettu vuosien saatossa. Projekteja ovat toteuttaneet vesiensuojeluyhdistyksen lisäksi opiskelijat. (HAMK 2018)

### 4.1 Aiemmat kunnostustoimet ja hankkeet

Jänijärven ja ympäröivien vesistöjen kunnostustoimiin on kuulunut muun muassa ruoppaamista, vesikasvien niittoa, lietekuoppien ja pohjapatojen tekoa, fosforisaostajia, kosteikkojen sekä eroosiolaattojen rakentamista. Alueen toimijat kunnostavat vesistöä ahkerasti ja vesiensuojeluyhdistys on hyvin aktiivinen. Kuvan 15 alalaidassa näkyvät Jänijärven läheisyydessä toteutetut kunnostustoimet, joita ovat esimerkiksi laskeutusallaat, tulvatasanteet, ruoppaus sekä pohjapato.



Kuva 15. Jänijärven valuma-alueella toteutuneet kunnostustoimet. (HAMK 2018)

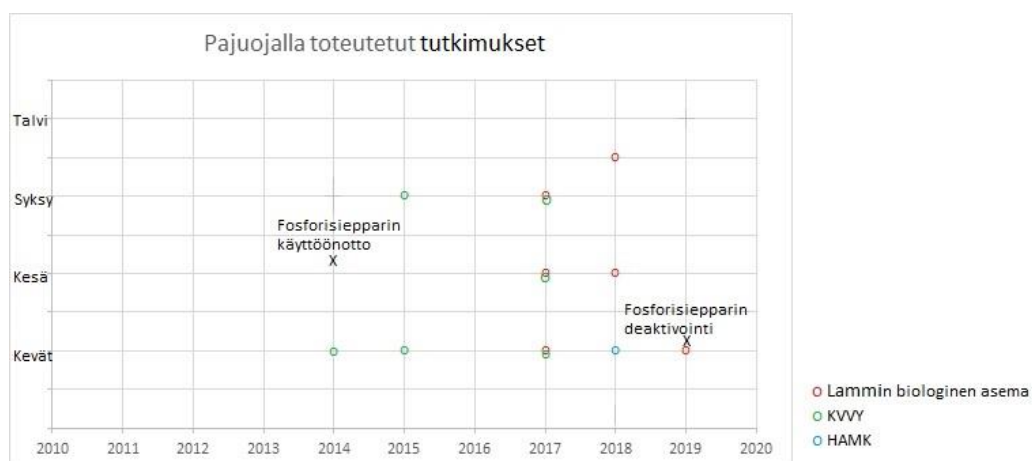
Jänijärven lähialueen vesistöistä on tehty mittauksia pitkältä ajalta ja kunnostussuunnitelmia on laadittu aktiivisesti. Viimeisimmät näytteet Jänijärvestä on otettu keväällä 2019. Projekteja sekä tutkimuksia ovat toteuttaneet myös opiskelijat. (Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a)

Jänijärven vähäinen vesimäärä on vaikuttanut veden laatuun sekä ollut haaste järven virkistyskäytölle. Veden pinta on ollut erityisen matalalla keuhäisin. Veden korkeutta on nostettu patoamalla poistuvan veden kanavaa. Järven pohjoispäässä sijaitsevan Peräjoen suulle on rakennettu vettä pidättävä pohjapato, jolla on onnistuneesti nostettu järven veden pintaa. (Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a; KVVY 2019)

Pajuojaan on vuonna 2014 asetettu fosforinsaostuslaite, jonka toimivuutta on seurattu aktiivisesti. Hämeen ammattikorkeakoulun keuhävän kehityksen opiskelijat toteuttivat keuhävällä 2018 projektin, jonka yhtenä osana tutkittiin fosforinsaostuslaitteen toimivuutta Pajuojaassa. Projektissa tutkittiin Jänijärveä, sekä siihen johtavien jokien ja uomien tilaa. (Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a)

Pajuojan vesistön laatua on seurattu vuodesta 2014 alkaen. Tietojen johdonmukainen dokumentointi ja julkaiseminen on ollut vähäistä, minkä vuoksi tietojen saatavuus menneiltä vuosilta on ollut osin haasteellista. Taulukkoon 13 (s. 22) on koottu Pajuojaalla toteutetut mittaukset eri vuosina sekä mittausten toteuttajat.

Taulukko 13. Pajuojaalla toteutetut mittaukset ja toimenpiteet vuosina 2014 –2019 (mukaillen: HAMK 2018; Tulonen 2019)



Yhtenäistä mittaustulosten seuranta ei olla aktiivisesti toteutettu, joten mittaustulosten yhteen koostaminen on tärkeää Pajuojan nykytilan ja kunnostusratkaisujen tutkimisessa. Vuoden 2014 mittaustuloksista tietoa on saatavilla vain vähän. (HAMK 2018)

## 4.2 Meneillään olevat hankkeet

Metsäkeskus käynnistää Pohjois-Tammelan alueella laajamittaisen vesistöjen kunnostus- sekä rakennushankkeen. Hankkeen alustava suunnitelma sisältää soiden ennallistamista, selkeytysaltaiden kunnostusta, kosteikkojen rakentamista sekä laskeutusaltaiden ja pohjapatojen rakennuttamista. Lisäksi Jänijärvelle, Kärjensuon puolelle on rakenteilla luontopolku infotauluineen. Suunnitteilla on Pitkäjärven, Heinijärven sekä Jänijärven valuma-alueiden kattavan, 60 neliökilometrin suuruisen alueen laskeutusaltaiden rakentaminen. Laskeutusaltaat vähentäisivät merkittävästi järviin kohdistuvaa ravinnekuormitusta. (Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019b; Kyrö 2019)

Hankkeessa tarkastellaan aluetta kokonaisuutena ja pyritään vaikuttamaan laaja-alaisesti valumavesien aiheuttamaan kuormitukseen. Hankkeen aloitusajankohdaksi on arvioitu vuoden 2021 kesä tai edeltävä talvi. (Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019b; Kyrö 2019)

Jänijärven kunto on yhä jatkuvassa seurannassa. Veden pinnankorkeutta seurataan ja pohjapadon vaikutuksia tutkitaan aktiivisesti. Fosforinsaostuslaitteen toiminnan seuranta sekä jatkotoimenpiteiden suunnittelu on listattu vesiensuojeluyhdistyksen tavoitteisiin. Vesiensuojeluyhdistyksen jäseniltä tiedustellaan ehdotuksia virkistystoiminnan lisäämiseksi Jänijärvellä. Lisäksi tavoitteisiin on listattu yhteistyötoiminta lähialueen muiden yhdistysten kanssa. (Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019b)

## 5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry. Yhdistys toimii aktiivisesti parantaakseen ja ylläpitääkseen alueen vesistön tilaa ja virkistysmahdollisuuksia. Yhdistys tekee tiiviisti yhteistyötä muun muassa lähialueen muiden yhdistysten, metsäkeskuksen sekä opiskelijoiden kanssa.

### 5.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten Pajuojan vesistön tilaa kohennetaan ja kuormitusta vähennetään tehokkaammin. Lisäksi selvitettiin, millaisia ylläpitotoimenpiteitä kunnostusratkaisut vaativat. Aluetta tarkasteltiin kokonaisuutena ja etsittiin toimivinta ratkaisua Pajuojan kuormituksen ja sen kuormitusvaikutuksen vähentämiseksi.

## 5.2 Tiedonkeruu ja menetelmät

Tämän kvalitatiivisen tutkimuksen perustana käytetty aineisto on kerätty aiemmin tehtyjen tutkimusten ja mittausten pohjalta. Lähteinä on käytetty pääasiassa tieteellisiä tutkimuksia ja julkaisuja. Tutkimusaineisto sisältää opiskelijoiden projektitöiden tuloksia, opinnäytetöitä, pro gradu -tutkielmia, alan tutkimuksia sekä tieteellisiä julkaisuja ja asiantuntijoiden mittaustuloksia sekä raportteja.

## 6 TULOKSET

Tulososiossa esitellään Pajuojan kaltaisissa kohteissa toteutettuja kunnostusratkaisuja sekä arvioidaan niiden toimivuutta Pajuojoissa. Lisäksi osiossa tarkastellaan olemassa olevien kunnostusratkaisujen toimivuutta Pajuojoissa. Toimivuutta arvioidaan aiemmin toteutettujen mittaustulosten perusteella.

### 6.1 Kunnostusratkaisut vastaavissa kohteissa

Pajuojan kaltaisten kohteiden kunnostusratkaisuja on hyvin erilaisia ja ratkaisujen toimivuutta on usein vaikea ennakoida. Toimivuutta voidaan luottavasti arvioida yleensä vasta kunnostustoimien jälkeen toteutettujen vedenlaatumittausten perusteella.

Hankkeissa on ensisijaisesti huomioitava lain velvoitteet. Lait, jotka pääasiassa säätelevät toimenpiteitä, ovat ympäristönsuojelulaki sekä vesilaki. Kaivu toteutetaan aina mahdollisimman vähävetiseen aikaan ja vesiensuojelurakenteet tehdään ensin. Vesilaki velvoittaa lisäksi kunnossapitoon hankkeen jälkeen. (Toivonen & Korhonen 2014; Ympäristönsuojelulaki 527/2014; Vesilaki 587/2011)

Hankkeesta on myös tehtävä ilmoitus tai lupahakemus. Tarve arvioidaan hankkeen laajuuden sekä ympäristövaikutusten perusteella. Ilmoituksen tulee sisältää suunnitelma, hankkeen laajuus, aiemmat hankkeet, kesto sekä ajankohta ja alueen erityispiirteet. Kartalle merkitään lisäksi hankkeen vaikutusalue sekä toimenpiteet ja vesiensuojeluratkaisut. Kartta liitetään ilmoitukseen. (Toivonen & Korhonen 2014; Ympäristönsuojelulaki 527/2014; Vesilaki 587/2011)

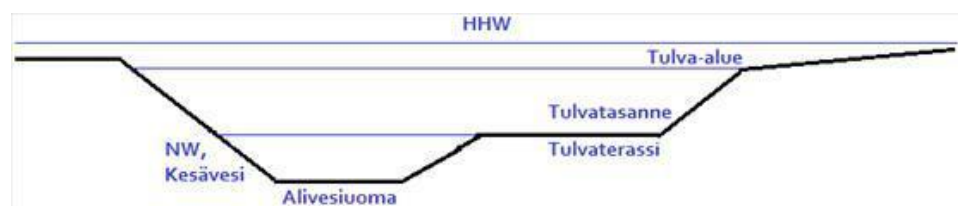
#### 6.1.1 Tulvatasanne ja perkaus

Tulvatasanne on luonnonmukainen tapa säädellä ojan vesimäärän vaihtelua sekä sen aiheuttamia huuhtoumia. Uoman vedenjohtokyvyn heikentäessä tai kuivatussyvyyden pienentyessä voidaan uomaa parannella

perkaamalla. Tulvatasannetta ja perkausta suunniteltaessa on toimenpiteistä tehtävä ilmoitus viranomaisille, jotka arvioivat tarvitseeko hanke erillisiä lupia. Suuret muutostyöt vaativat luvan, mutta pienemmän perkauksen saa toteuttaa ilmoituksella. Menetelmä on luonnonmukainen ja hyvin toteutettuna usein parantaa uoman sekä sen ympäristön kuntoa merkittävästi. (Granholm ym. 2017; SYKE 2008; Toivonen & Korhikoski 2014)

Perkauksessa uoman mutkia ei suoristeta eikä uomaa syvennetä, vaan uomaa laajennetaan tulvatasanteiden avulla. Mikäli kuivatussyvyys on merkittävästi pienentynyt, voi uoman syventäminen olla tarpeellista. Vedenjohtokykyä parantaa usein myös pelkästään tulvatasanteiden rakentaminen. Arvioiden mukaan kilometrin mittainen tulvatasannekasvillisuus nostaa veden pintaa parhaimmillaan metrillä. (Granholm ym. 2017; SYKE 2008; Toivonen & Korhikoski 2014)

Alivesiuomassa vesi virtaa jatkuvasti, mikä estää uoman liettymisen ja umpeenkasvun. Mikäli uoma on leveä ja umpeenkasvanut, voidaan tulvatasanteen rakentaminen toteuttaa myös kaivamalla uoman pohjalle alivesiuoma. Tällöin tulvatasanteena toimii vanha uoma. Tulvatasanne voidaan kaivaa myös vain uoman toiselle reunalle, kuvan 16 havainnollistamalla tavalla. (Granholm ym. 2017; SYKE 2008; SYKE 2014c)



Kuva 16. Toispuolisen tulvatasanteen poikkileikkaus. (SYKE 2014c)

Tulvatasanne on yleensä 40-60 senttimetriä pohjan yläpuolella. Suuren virtaaman aikana vesi pääsee nousemaan tulvatasanteelle ja muuna aikana tasanne on kasvillisuuden peittämä suojakaistamainen alue. Tulvatasanne estää veden nousun pellolle ja lisäksi se kerää pelloilta valuvaa kiintoainesta ja ravinteita. Kasvillisuuden merkitys on erityisen tärkeä eroosion ja kiintoainehuuhtouman estämiseksi. Lisäksi kasvillisuus pidättää ravinteita. Tulvatasanneluiskan tulisi olla kaltevuudeltaan 1:2. Luiska voi olla loivempi uomassa, jossa maaperä on erityisen hienojakoista ja sortumisherkkää. (Granholm ym. 2017; Laine 2019; SYKE 2008; SYKE 2014c; Toivonen & Korhikoski 2014)

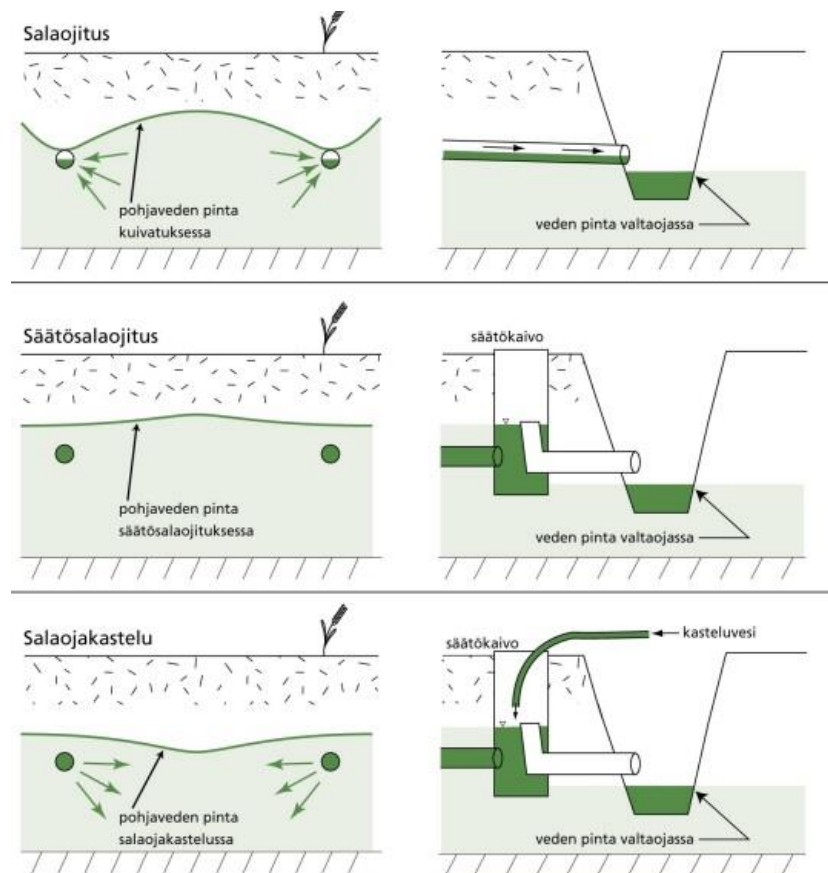
Tulvatasanne kerää tehokkaasti virtaushuippujen aikaista kiintoainekuormaa. Erään tutkimuskohteen 850 metriä pitkälle tulvatasanteelle pidättyi arviolta 20 % yläpuolisen 10 km<sup>2</sup> valuma-alueen kiintoainekuormasta. Tulvatasanteille kertyvä liete ja biomassa voidaan levittää pellolle, jolloin se

toimii ravinteidensa ansiosta maanparannusaineena. (Laine 2019; Toivonen & Korhonen 2014)

Tulvatasanteen leveyden sekä kaltevuuden määrittää ojan tulvaherkkyys. Keskimäärin tulvatasanteet ovat noin kolmen metrin levyisiä. Kapeimmillaan tasanne voi olla vain hieman yli metrin. Peltoala pienenee tulvatasanteen lisäksi pellon ja uoman väliin varattavan suojakaistan verran. Tulvatasanne ei vaadi jatkuvaa kunnossapitoa. Tasanteiden niittäminen ja auki pitäminen riittää. (Granholm ym. 2017)

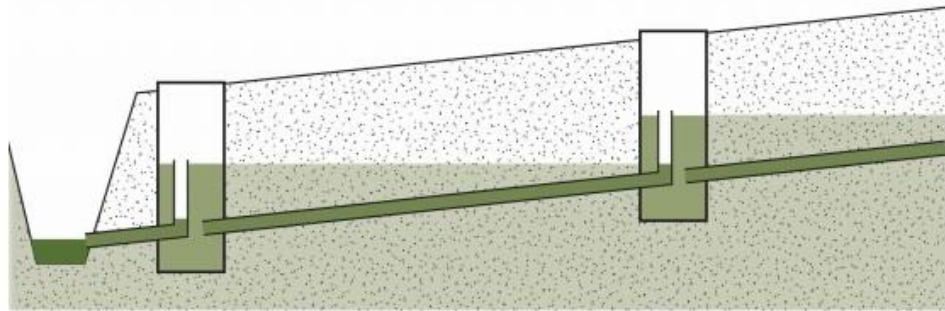
### 6.1.2 Säätsalaojitus

Säätsalaojitus parantaa pellon kasvuolosuhteita, mutta myöskin vähentää pellon pintavaluntaa ja ravinnehuuhtoumia. Salaojituksen säättökaivot patoavat vettä, kuvan 17 esittämällä tavalla. Vedenpinnan noustessa padotuskorkeuden yläpuolelle, vesi pääsee purkautumaan salaojasta, kunnes veden pinta on laskenut jälleen padotuksen tasolle. Pohjaveden pinta alenee tavanomaiseen ojitukseen verrattuna hitaammin ja maan kosteuspiitoisuus kasvaa kauttaaltaan. Säättökaivojen määrä riippuu maanpinnan kaltevuudesta ja ojarakenteesta. Kaivoja säädetään manuaalisesti. (Granholm ym. 2017)



Kuva 17. Säätsalaojituksen toimintaperiaate. (Granholm ym. 2017 s. 11)

Säätösalaajitus soveltuu tasaiselle peltoalueelle, jolla vedenjohtuvuus on hyvä. Kaltevuuden kasvaessa rakenteiden määrää tulee lisätä kuvan 18 periaatteen mukaisesti. Pohjaveden pinnan tulee lisäksi olla lähellä maan pintaa. Säätösalaajituksen toteuttaminen salaajittamattomalle pellolle ei ole suositeltavaa, sillä kustannukset nousevat tällöin korkeiksi. (Granholm ym. 2017)



Kuva 18. Säätösalaaja. (Granholm ym. 2017 s. 12)

### 6.1.3 Kosteikko, suotautumisalue ja laskeutusallas

Kosteikot ja laskeutusallat pidättävät tehokkaasti ravinteita ja maa-ainesta. Hyvin sijoiteltuna ne vähentävät myös ojien kunnostustarvetta. Laskeutusallas tai kosteikko soveltuu erityisesti herkästi tulvivalle peltoalueelle, joka on hankalasti viljeltävä. Kun allas on täytynyt puolilleen lietteestä, se tulee ruopata. Kosteikosta kasvusto tulee kerätä pois 2-5 vuoden välein. (Granholm ym. 2017; SYKE 2008)

Laskeutusallas pienentää uoman virtausnopeutta, mutta ravinteiden pidättämiseen vaaditaan lisäksi kasvillisuutta sekä kosteikkomainen ympäristö. Laskeutusalltaan voi myös liittää kosteikon yhteyteen tai altaan yhteyteen voidaan sijoittaa saostuslaitteita tai suodattimia ravinteiden pidättämisen tehostamiseksi. Laskeutusalltaan sijoitteluun vaikuttaa maaston ja uoman kaltevuus. Tasaiset alueet ja uomien taitekohdat soveltuvat laskeutusalltaan paikaksi. Laskeutusallas rakennetaan joko kaivamalla tai pohjapatojen avulla. Laskeutusallaiden biomassa ja liete sisältää fosforipitoista sedimenttiä, joka voidaan käyttää pellonparannukseen. (Granholm ym. 2017; Niemelä 2010; Paasonen-Kivekäs ym. 2016; Partanen 2012)

Kosteikon perustaminen on helppoa ja kustannustehokasta, jos paikaksi voidaan valita luontainen sijainti. Kosteikon perustaminen sopivaan painanteeseen tai notkelmaan onnistuu helpoiten ja edullisimmin patoamalla. Mikäli vedessä on runsaasti kiintoainesta, laskeutusallas tai uomaan kaivettava lietekuoppa on tällöin kosteikkoa parempi vaihtoehto. Altaita tai kuoppia voidaan rakentaa uomaan myös ketjuna veden viipymän pidentämiseksi. Käytännössä laskeutusalltailla voidaan pysäyttää vain hietaa ja sitä karkeampia maalajeja. (Granholm ym. 2017; Niemelä 2010; Paasonen-Kivekäs ym. 2016; Partanen 2012)

Suotautumisalue tai pintavalutuskenttä toimii laskeutusaltaan tavoin ja on laskeutusallasta suositeltavampi vesiensuojeluratkaisu. Metsäojien vesien ohjaaminen suotautumisalueelle vähentää vesistöön kulkeutuvan kiintoaineen sekä ravinteiden määrää. Suotautumiskenttä pidättää myös hienojakoista kiintoainesta laskeutusaltaita tehokkaammin. Suotautumisalueeksi on jätetty esimerkiksi luonnontilainen suoalue metsän ja vesistön väliin. Suotautumiskentän pinta-alan on oltava valuma-alueesta vähintään 3,8 prosenttia. (Nieminen & Ahti 2000)

#### 6.1.4 Lietekuoppa ja pohjapato

Lietekuoppa on yleensä noin 1-5 kuutiometrin kokoinen syvennys ojan pohjalla. Kuoppia voidaan sijoitella ojaan useita peräkkäin. Kuoppa voidaan rakentaa myös ojan sivulle, jolloin puhutaan lietetaskusta. Lietekuoppa pysäyttää karkeaa kiintoainesta ja runsaasti kiintoainesta sisältävässä uomassa kuoppien tyhjentäminen aika-ajoin on tarpeen. (SYKE 2014a)

Pohjapadot ja pohjakynnykset rakennetaan yleensä kivistä, sorasta tai puusta. Ne muistuttavat rakenteeltaan luonnonkoskea. Patoamalla voidaan muodostaa kosteikkoja, kasvattaa veden pinnan korkeutta sekä pidättää kiintoainetta. Padot hidastavat virtaamaa, joten niiden avulla voidaan myös hillitä eroosiota ja uoman pengerten sortumia. Patoja voidaan rakentaa useita peräkkäin, jolloin muodostuu putousportaat. (SYKE 2014b; Toivonen & Korkiakoski 2014)

#### 6.1.5 Virtauksen monipuolistaminen

Puhtaaksi, kasvittomaksi ja kivettömäksi sekä suoraksi ruopattu uoma kasvaa usein nopeasti uudelleen umpeen ja vaatii uuden ruoppaamisen. Voimakkaasti virtaava, puhtaaksi perattu uoma pelkistyy ja köyhtyy nopeasti, eikä se tarjoa riittäviä elinolosuhteita kasveille tai muille eliöille. Uomaeroosio kasvaa, uoma syöpyy herkemmin ja tulvat lisääntyvät alajuoksulla. Kiintoainesta irtoaa runsaasti yläjuoksulla, josta se kulkeutuu alemmas muodostaen alajuoksulle liettyneen ja mataloituneen uoman. (Niemelä 2010; Partanen 2012)

Veden virtausta voidaan monipuolistaa asettamalla uomaan kiviä ja liekopuita. Erilaisten pohjapatojen avulla veden virtausta voidaan myös hidastaa, jolloin uomaeroosio vähenee ja alueen luonnon monimuotoisuus lisääntyy. Uoman mutkittelua voidaan lisätä peltoalueella suojakaistojen sisällä, eikä tällöin menetetä peltopinta-alaa. (Niemelä 2010; Partanen 2012)

Uoman pengerten eroosion hillitsemisessä sekä kiintoainekuorman vähentämisessä kasvillisuuden lisääminen on ekologinen ja tehokas keino.

Kasvillisuus parantaa maaperän rakennetta ja juuristo sitoo maata tehokkaasti. Suojakaistojen ja kasvipeitteisten alueiden vaikutus on merkittävä. Luonnonkivistä tehtäviä eroosiosuojauksia on myös tehty uoman pengerten tueksi ja eroosion hillitsemiseksi. (Granholm ym. 2017; Niemelä 2010; Partanen 2012)

Virtauksen monipuolistaminen parantaa uoman ekologista tilaa ja muokkaa uomaa monimuotoisemmaksi. Virtausta hidastamalla ja uomaa muokkaamalla aikaansaadaan taskuja ja hitaammin virtaavia kohtia, joissa elinolot paranevat ja eliöstö monipuolistuu. Kalakanta myös usein paranee uoman monimuotoisuuden ja monipuolisuuden myötä. Uomaerosio vähennee ja uoman umpeenkasvu hidastuu. (Niemelä 2010; Partanen 2012; Toivonen & Korhonen 2014)

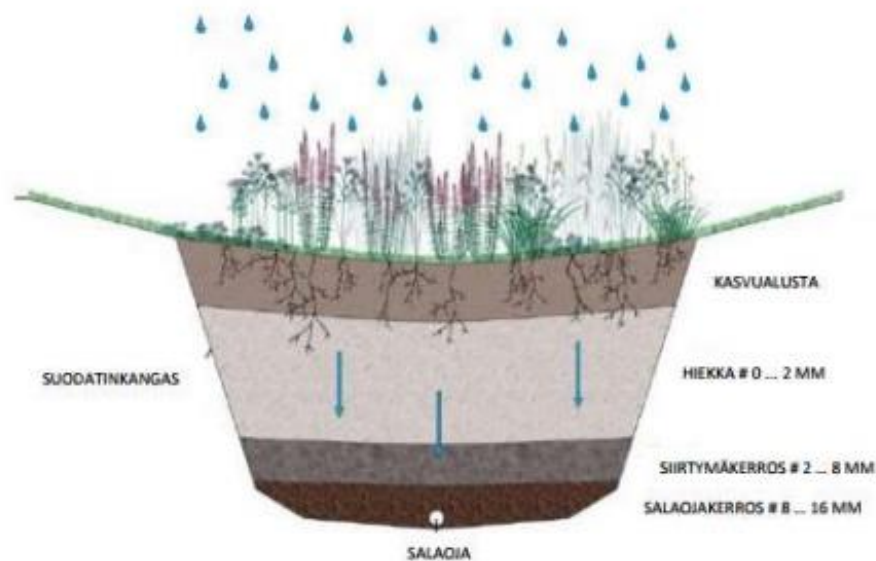
#### 6.1.6 Suodattimet

Suodattimien avulla valumavesistä pidätetään ravinteita. Vesi ohjataan suodattimen läpi, jolloin ravinteet pidättyvät suodattimeen. Suodattimet ovat rakenteeltaan, materiaaleiltaan ja kemikaaleiltaan erilaisia. Suodattimia voidaan asentaa salaojaputkien pohjalle sekä luonnollisiin uomiin. Suodattimessa käytetään usein poltettua kalkkia, mineraalihiekkaa tai rautaseosta, sekä näiden sekoituksia. Erilaisia suodattimia testataan ja kehitellään jatkuvasti. Kaikissa suodattimissa periaate on kuitenkin sama. (Granholm ym. 2017)

Ojanpohjasuodattimen yhteyteen rakennetaan uomaan padotus, joka ohjaa veden salaojaputken kautta suodatinkerroksen läpi. Suodattimen koko suhteutetaan ojan kokoon ja virtaamaan. Ojanpohjasuodatin sitoo erityisesti liukoista fosforia ja soveltuu pienten valuma-alueiden avo-ojiin, joissa liukaisen fosforin pitoisuus on korkea. Ojanpohjasuodatus voidaan myös toteuttaa levittämällä avo-ojan pohjalle 5-15 senttimetrin paksuinen kerros kalkkihiekkaa. Ojanpohjasuodattimen rakentaminen on helppoa ja padotustarve on pieni. (Granholm ym. 2017; Mäkelä 2016)

Hiekkaseossuodattimia käytetään eniten haja-asutusalueiden jätevesien puhdistuksessa. Hiekkasuodattimia on testattu myös maatalouden valumavesien puhdistuksessa. Se suodattaa kiintoainesta ja ravinteita mekaanisesti. Hiekkasuodattimet soveltuvat kiintoaineen ja fosforin pidättämiseen. Tehoa voidaan lisätä esimerkiksi sekoittamalla hiekkaan kalkkia. (Granholm ym. 2017; Kirjokivi 2018)

Biosuodatus tarkoittaa hulevesien puhdistamista maakerrosten läpi suodattamalla. Vesi suodattuu maakerrosten suodatinpaineiden läpi tai maan alle rakennetussa suodatuskammiossa. Biosuodatus pienentää tehokkaasti veden kiintoainekuormaa sekä siihen sitoutunutta fosforia ja raskasmetalleja. Liuenneessa muodossa olevaa fosforia biosuodatin poistaa tehottomammin. Biosuodatuskentän koostumus on selvitetty kuvassa 19 (s. 30). (Granholm ym. 2017; Kirjokivi 2018, Niemi 2018)



Kuva 19. Biosuodatuskenttä. (Niemi 2018 s. 11)

Biosuodattimen yhteydessä on usein myös kasvillisuutta, joka hyödyntää vedestä puhdistettavia ravinteita. Kasvillisuus hyödyntää ja pidättää tehokkaasti erityisesti fosforia ja typpeä. Biosuodatuskenttä vaatii huomattavasti pienemmän pinta-alan kuin esimerkiksi kosteikko. (Granholm ym. 2017; Ikonen 2019)

Suodatinkasetti on osastoitu laatikko, josta vesi ohjataan kulkemaan suodatinainemassan läpi. Suodatinkasettia on testattu salaojavesien fosforin pidättäjänä. Suodatinaineena kasetissa käytettiin kalsiumhiekkä- sekä kemikaalisekoitetta. (Granholm ym. 2017)

Fosforiloukku-menetelmässä pellolta tulevat valumavedet ohjataan avo-ojaan. Ojassa on suodatinkaivanto, jossa säkissä oleva kalkkimassa puhdistaa vedestä fosforia. (Granholm ym. 2017)

Kalkkisuodinoja on kalkilla rikastettu oja, jonka kautta valuvat vedet muuttuvat emäksisiksi. Mikäli pelto on salaojitettu, voidaan kalkitus toteuttaa pellon reunaan, salaojituksen päähän. Kalkkikivisuodatin on puhtaasti kalkkikiveä eli kalsiittia ( $\text{CaCO}_3$ ), jonka läpi vesi virtaa. Kalkkikivi neutraloi happaman veden. Kalkkikiven tulee olla karkeaa, jotta vesi ei ohjaudu suodattimen ohi. Suodatin voidaan toteuttaa myös tekemällä vettä läpäisevä suodatinvalli. Kalkkikivipadossa voidaan käyttää lisäksi soraa. Kalkin tehon on havaittu laskevan merkittävästi muutaman vuoden kuluttua. (Forssan lehti 2016; Mäkelä 2016; Tammelan Oksjärven Suojeluyhdistys ry n.d.)

Biohiili suodattajana on kustannustehokas ja soveltuu sekä veden puhdistukseen että maanparannukseen. Biohiili soveltuu erilaisiin suodatinrakenteisiin, esimerkiksi suodatinkenttiin tai pienempiin suodattimiin. Ravinteita biohiili tosin sitoo heikosti ja se on havaittu jopa lisäävän veden

fosforipitoisuutta. Metalleja biohiili pidättää melko hyvin. (Granholm ym. 2017; Joensuu ym. 2016; Niemi 2018)

Pajupojat ovat patentoineet biohiilisuodattimen, jossa on käytetty puuhakkeen ja biohiilen seosta. Suodatin puhdistaa tyypeä, fosforia sekä kiintoainetta vedestä. Biohiileen on myös mahdollista yhdistää mikrobeja ravinteiden sitoutumisen tehostamiseksi. Pajupoikien suodatin soveltuu parhaiten maa- ja metsätalouden valumavesille sekä muille suuremmille valuma-alueille. Pajun käyttöä on testattu myös peltojen viherpainanteissa veden imeyttämiseksi. Menetelmän toimivuudesta ei ole vielä riittävästi tutkimustuloksia, mutta tulokset ravinteidenpidätyskyvystä ovat olleet lupaavia, jopa 80-95 %. (Granholm ym. 2017; Pajupojat)

Suodattimien teho ravinteiden vähentäjänä on hyvin vaihteleva. Tehoon vaikuttavat tekniikan ja materiaalien lisäksi huoltotarpeen määrä, vuodenaika sekä virtaama. Suodattimet tukkeutuvat helposti kiintoaineen tarttuessa suodattimen rakenteisiin. Siksi kiintoaineen laskeutumisen tulisi tapahtua ennen suodatinta, esimerkiksi laskeutusjojan, altaaseen tai koskeikkoon. Parhaiten suodattimet toimivatkin silloin, kun veden virtaamaa ja kiintoaineen määrää pystytään kontrolloimaan. Suodattimien kyky sitoa fosforia on korkea, joten niiden käyttöä on järkevintä harkita ajankohtiin, jolloin kuormitus ja pitoisuudet ovat suurimmillaan. Patoavat rakenteet keräävät nopeasti toiminnan kannalta haitallista mikrobikasvustoa sekä patorakenteet ovat talviaikaan herkästi jäätyviä. (Granholm ym. 2017)

#### 6.1.7 Kalkki

Kalkitusta käytetään happamoituneiden vesien sekä maiden neutralointiin ja fosforin sitomiseen. Maa rikastetaan kalkilla, jolloin maa-aines muuttuu emäksiseksi ja neutraloi happamat valumavedet. Kalkki parantaa myös maan veden läpäisevyyttä ja sitoo tehokkaammin fosforia. (Granholm ym. 2017; Farmit n.d.; Joensuu ym. 2016)

Neutralointiin käytetään poltettua kalkkia (CaO). Kalkitusaineilla tarkoitetaan kalsiumpitoisia neutralointikemikaaleja, jotka ovat peräisin luonnon kalkkikivestä tai magnesiumia sisältävästä raakakivestä. Norjassa on käytetty kalkitusaineena myös simpukankuorimursketta. (Granholm ym. 2017; Farmit n.d.)

Vesistön kalkituksessa kalkkikivijauhe lasketaan vesistöön, jolloin se liukee sekä vajotessaan että vielä sedimentin pinnalle laskeuduttuaan. Liukemiseen vaikuttavat ennen kaikkea kalkkikiven raekoko sekä veden pH-arvo. (Granholm ym. 2017; Farmit n.d.)

Riskinä levitettävän kalkin käytössä on pH:n nousu alapuolisessa vesistössä. Korkea pH on riski eliöstölle, mutta se voi lisäksi lisätä ravinteiden vapautumista sedimentistä. Lisäksi kalkin ravinteidensitomiskyky heikkenee nopeasti. Kalkki toimii tehokkaimmin vesistössä, joka sisältää runsaasti

fosforia. Kalkkisuodinojan on todettu jopa puolittavan kokonaisfosforipitoisuuden vesistössä. (Granholm ym.; Joensuu ym. 2016; Mäkelä 2016)

Kalkkikiven käyttö on kalkituksista turvallisin vaihtoehto, sillä se reagoi vesistössä olevan reaktiivisen hiilidioksidin kanssa ja neutraloi hapanta vettä tarpeen mukaisesti. Kalkkikivet asennetaan veteen kokonaisina ja yleensä yhtenäisenä alueena, eikä kalkituksen tavoin levitetä kauttaaltaan vesistöön. Yliannostelua ei tällöin pääse tapahtumaan eikä veden pH nouse liian korkeaksi. (Granholm ym. 2017; Forssan lehti 2016; Granholm ym. 2017; Mäkelä 2016; Tammelan Oksjärven Suojeluyhdistys ry n.d.)

#### 6.1.8 Puu

Vesistöjen puhdistuksessa uusimpia kokeiluita on puun hyödyntäminen. Puu on erittäin kustannustehokas ja ekologinen vaihtoehto. Puun lisäksi puhdistuksessa on tutkittu oljen ja erityisesti pajun toimivuutta.

Puun pintaan kasvaa mikrobien, bakteerien, levien ja sienien muodostama biofilmi, joka käyttää ravinnokseen veden ravinteita. Lisäksi kiintoaine pidentyy mekaanisesti puun ja oljen pintaan. Menetelmän on havaittu myös lisäävän vesiluonnon monimuotoisuutta ja parantavan kalakantaa. (SYKE n.d.b; SYKE 2018; Vuori 2018)

Puista, oljista ja pajusta on sidottu nippuja, joita on upotettu vesistöjen ja uomien pohjalle. Tutkimus on yhä kesken ja puhdistustehosta ei ole vielä tarkkoja tutkimustuloksia. Mikrobikasvusto muodostuu erityisesti olkipaalien pintaan hyvin nopeasti ja tämä heikentää menetelmän tehoa kiintoaineen pidättäjänä. Lisäksi oljen on todettu pidättävän fosforia hyvin vähäisesti. (Granholm ym. 2017; SYKE n.d.b; SYKE 2018; Vuori 2018)

#### 6.1.9 Saostus

Alumiinihydroksipolymeerisaostuksen teho perustuu pienimolekyylisten, positiivisesti varautuneiden ja lievästi happamien alumiinihydroksipolymeerien kykyyn yhdistää veden kiintoainetta. Vesiliukoinen fosfori sitoutuu muodostuviin kiintoainehiukkasiin ja on tällöin leville käyttökelvottomassa muodossa. Hiukkaset kasvavat ja painuvat vesistön pohjalle. (Granholm ym. 2017; Kaasinen 2010; Niemelä 2010; Partanen 2012)

Ferrisulfaattisaostuksessa vesistöön lisätään rautayhdisteitä, jotka liuetteensa saostavat epäpuhtauksia ja fosforia. Hyötysuhde on parempi vesistössä, jossa fosforipitoisuus on korkea. Tutkimuksen mukaan kemiallinen käsittely tulisi kohdistaa kevään suuriin fosforivaluntoihin tai pieniin ojiin. (Granholm ym. 2017; Joensuu ym. 2016; Kaasinen 2010; Niemelä 2010; Partanen 2012)

Saostukseen käytetään myös fosforinsaostuslaitteita. Toiminta perustuu fosforin saostamiseen ja sitomiseen. Saostimien toimivuutta on tutkittu sekä pienemmissä että suuremmissa vesistöissä. Suureen virtaamaan laitteet eivät sovellu. Saostuksessa käytettävä tehoaine valitaan maalajin sekä valumaveden laadun mukaan. Savipitoisessa vesistöissä soveltuvin aines on alumiinioksidi. Muita käytettyjä aineita ovat rautapitoinen kipsi, alumiinihydroksidipolymeeri, polyalumiinikloridi sekä ferrisulfaatti.

Laite annostelee veteen metallisuolaa, joka sitoutuu fosforiin. Tämän jälkeen fosfori on leville käyttökelvottomassa muodossa. Usein laitteen yhteyteen rakennetaan myös laskeutusallas, johon saostunut fosfori laskeutuu ja on poistettavissa. Laitteen ollessa käytössä ympärivuotisesti, se tulee lämpöeristää. Jäätyminen saattaa muodostaa laitteeseen hapettomat olot, mikä aiheuttaa fosforin vapautumista. (Granholm ym. 2017; Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2017; Paasonen-Kivekäs ym. 2016)

Fosforinsaostuslaitteella on saavutettu jopa 80-90 %:n fosforinsidonta, kemikaalin annostelun ollessa kohdillaan olosuhteisiin nähden. Saostajan on havaittu poistavan myös tyypeä parhaimmillaan 30-50 %. Laitteen käytössä ja kemikaalin annostelussa on huomioitava, että laitteen käyttö vaikuttaa myös veden pH-arvioihin niitä madaltavasti. (Granholm ym. 2017; Joensuu ym. 2016)

#### 6.1.10 Kunnostusratkaisujen kustannukset

Kustannustehokkaimpia menetelmiä ovat pienimuotoiset kunnostustoimet, jotka vähentävät kunnostustarvetta tulevina vuosina. Tällaisia ovat esimerkiksi ojan luiskien loiventaminen sekä toispuolinen kaivu, tulvatasanteet, uoman eroosiosuojaukset, pohjakynnykset sekä putousportaat. Lisäksi on kustannustehokasta rakentaa kosteikko patoamalla, sille luontaiselle paikalle. (Joensuu ym. 2016; Laine 2019)

Hankkeissa tulee noudattaa lakia sekä ympäristöhallinnon ohjeita. Lisäksi on kannattavaa hyödyntää saatavilla olevia neuvonta- ja suunnittelupalveluita. Ohjeistusten mukaisia luiskien kaltevuuksia on hyvä noudattaa eroosioriskin pienentämiseksi sekä lisäksi tulevaisuuden ylläpitotarpeen vähentämiseksi ja kustannustehokkuuden maksimoimiseksi. Perkauksien yhteydessä toteutettavat vesiensuojelutoimenpiteet nostavat kustannuksia hyvin vähäisesti. Menetelmien kustannukset vaihtelevat hyvin merkittävästi ja toimivinta menetelmää etsittäessä perustamiskustannukset on otettava olennaisena osana huomioon. (Granholm ym. 2017)

Taulukosta 14 (s. 34) on havaittavissa, että kalleimmaksi vesiensuojelumenetelmäksi on arvioitu kosteikon perustaminen. Hinta nousee 5000 eurosta jopa 100 000 euroon. Lisäksi kosteikko vaatii toimiakseen suuren pinta-alan. Laskeutusaltaan perustamiskustannusten on taas arvioitu nousevan vain 300 euroon. (Joensuu ym. 2016)

Taulukko 14. Vesiensuojelumenetelmien arvioidut kustannukset (Joensuu ym. 2016 s. 77)

Menetelmä	Hinta, euroa/kpl
Laskeutusallas	300
Putkipato	500–700
Pintavalutus*	100–200
Lietekuopat**	0
Kosteikko***	5 000–100 000

\*Halpa toteuttaa, mutta harvoin mahdollinen. \*\* Ojien perkauksen yhteydessä tehtäessä ei aiheuta lisäkustannuksia.\*\*\*Vaatii suuren ojitushankkeen, jotta kannattaa toteuttaa.

Pintavalutuskentän perustaminen on harvoin mahdollista sen vaatiman suuren pinta-alan vuoksi, mutta kustannuksiltaan se on vain 100-200 euroa. Pintavalutuskenttä tulee kuitenkin toteuttaa vain sille luonnollisesti soveltuvaan kohteeseen, jotta kustannukset pysyvät kohtuullisina. (Joensuu ym. 2016)

Ojien perkauksen yhteydessä kaivettavat lietekuopat eivät tuota lainkaan lisäkustannuksia ja omana hankkeenaan ratkaisu on myös edullinen toteuttaa. Putkipatojen asentamisen hinnaksi on arvioitu 500-700 euroa. ((Joensuu ym. 2016; Toivonen & Korhonen 2014)

Tulvasanteen rakentaminen omana hankkeenaan nostaa kustannuksia, verrattuna ojan perkauksen yhteydessä toteutettavaan hankkeeseen. Erään hankkeen kustannukset olivat noin 12 000 euroa. Kyseisessä hankkeessa tulvasanne toteutettiin toispuolisena kaivuna noin 800 metrin matkalle ja maksimissaan kolmen metrin leveydelle. (Aulaskari, Särkelä & Västilä 2011; Joensuu ym. 2016)

Erilaisten suodattimien asentamiskustannukset vaihtelevat menetelmästä riippuen. Pienen suodatinrakennelman hinta jää usein alle tuhanteen euroon. Suodattimista kustannustehokkaimmaksi on arvioitu biohiili, palaturve ja puurakennelmat. Niiden suodatusteho vaihtelee, mutta perustamis- ja ylläpitokustannukset ovat alhaiset. Kalleimmaksi ja tehottomimmaksi on osoittautunut kalkkikivisuodatin. (Granholm ym. 2017; Joensuu ym. 2016; Toivonen & Korhonen 2014)

#### 6.1.11 Rahoitus

Peltojen kuivatushankkeeseen sekä muuhun luonnonhoitohankkeeseen tukea on mahdollista hakea valtiolta, ELY-keskukselta sekä työvoima- ja elinkeinokeskuksen maaseutuosastolta. Rahoitusta myönnetään esimerkiksi maatalouden kehittämisrahasto MAKERA:sta sekä kestävän

metsätalouden rahoitus KEMERA:sta. (Paasonen-Kivekäs ym. 2016; SYKE 2008; Toivonen & Korkiakoski 2014)

Avustusta on mahdollista hakea myös erilaisiin ympäristönhoitotoimenpiteisiin, kuten kosteikon rakentamiseen, eroosiosuojauksiin ja muihin vesiensuojelua edistäviin toimenpiteisiin. Hankalasti viljeltävän tai tulvaherkän peltoalueen muuntaminen suojavyöhykkeeksi tai kosteikoksi voidaan toteuttaa maatalouden ympäristötuen rahoituksella. (Paasonen-Kivekäs ym. 2016; SYKE 2008; Toivonen & Korkiakoski 2014)

Tuen saamisen ehtona on usein viranomaisen laatima suunnitelma. Suunnitelmia tekevät salaojasuunnittelijat, alan konsultit sekä metsäkeskus ja metsänhoitoyhdistykset. Suunnittelukustannukset on mahdollista kattaa joissakin hankkeissa myös valtion tuella. (Laki peruskuivatustoiminnan tukemisesta 1997/947)

## 6.2 Kunnostusvaihtoehtojen soveltuvuus Pajuojaan

Vesimäärän vaihtelun tasaamiseksi tulvatasanne olisi luonnonmukainen kunnostusmenetelmä. Tulvatasanne vie peltoalaa vähäisesti ja tasanne ei vaadi jatkuvaa kunnossapitoa. Lisäksi tulvatasanteen kaivuun yhteydessä olisi kustannustehokasta toteuttaa uoman kevyt perkaaminen kauttaaltaan, joka parantaisi veden virtausta myös yläjuoksulla. Umpeenkasvaneet osuudet tulisi avata ja varmistaa veden vapaa virtaaminen kauttaaltaan.

Säätösalaojitus soveltuu pääasiassa tasaiselle peltoalueelle. Peltoalue Pajuojan yläpuolella on kalteva, eikä tälle alueelle kerry runsaita vesimääriä. Säätösalaojitus voisi tasata ja vähentää runsassateisena aikana vesimäärää uomassa, mutta se ei olisi tehokas ratkaisu ravinteiden pidättämisessä tai kuivana ja vähäsateisena aikana.

Kosteikot, laskeutusaltaat ja suotautumisalueet vaativat suuria pinta-aloja toimiakseen tehokkaasti. Perustamiskustannukset nousevat helposti korkeiksi, mikäli perustaminen toteutetaan kaivamalla. Suotautumisalueen tai kosteikon perustaminen peltoaluetta edeltävälle metsäalueelle voisi olla yksi luontainen ratkaisu esimerkiksi patoamalla. Tällöin ratkaisu toimisi metsästä ja suoalueelta valuvien ravinteiden pidättämisessä. Pajuojaassa suurempi kuormitus on kuitenkin peräisin peltoalueelta ja kosteikko tai allas tulisikin sijoittaa lähemmäs Jänijärveä. Tällöin peltoala pienenis merkittävästi kosteikon tai laskeutusaltaan perustamisen myötä ja työn kustannukset nousisivat kaivuutyön myötä suuriksi.

Lietekuoppa voisi toimia uomassa kiintoaineen sekä saostuslaitteen saostaman fosforin pidättäjänä. Lietekuoppa ei pienentäisi peltoalaa laskeutusaltaan tavoin. Uoma on pieni ja matala, joten kuopan ylläpito olisi suhteellisen vaivatonta. Virtaus ei ole kasvanut uomassa suureksi, joten kiintoaine

painuisi tehokkaasti kuopan pohjalle, eikä uomassa esiinny suuria kiintoainepitoisuuksia. Lietekuopan kaivaminen on edullinen ja helposti toteutettava ratkaisu.

Patoaminen ei olisi toimiva kunnostusratkaisu, sillä veden tulvimista pelolle pyritään vähentämään. Patoamalla uomaa, veden pinta nousisi paikoin helposti liian korkealle, etenkin runsassateisena aikana. Uoma mutkittellee luontaisesti monimuotoinen ja vaihteleva. Uoman pelkistyminen, liian suuri virtaus tai uomaerosio eivät ole olleet ongelmia.

Suodattimien teho on vaihteleva ja lisäksi ne vaativat säännöllistä huoltoa niihin kertyvän kiintoaineen vuoksi. Pajuojassa vesi on lievästi humuspi-toista ja virtaaman määrä vaihtelee, joten suodattimiin voisi kertyä kiintoainesta hyvin vaihtelevasti. Veden virtaamaa sekä kiintoaineksen määrää tulisi pystyä hallitsemaan, jotta suodatin toimisi tehokkaimmin. Fosforin pidättäjänä suodattimet ovat kuitenkin tehokkaita.

Kalkin käyttö pienessä vesistössä voisi helposti aiheuttaa pH:n voimakasta nousua. Kalkin ravinteidensitomiskyky heikkenee suhteellisen nopeasti ja lisäksi kalkki on muihin suodatinratkaisuihin verraten kalleimmasta päästä. Fosforin sitojana kalkki on todettu tehokkaaksi, joten ratkaisu voisi toimia niin sanotusti kertaluontoisena ratkaisuna.

Puun puhdistustehosta on vielä vähäisesti tutkimustuloksia. Lisäksi uoma on pieni ja vähävetinen, joten pohjalle sijoitettava puuainees voisi hidastaa ennestään veden virtaamaa. Puu toimii erityisesti kiintoaineen pidättäjänä, mutta tärkeintä Pajuojassa on ravinteiden tehokas pidättäminen.

### 6.3 Fosforinsaostuslaitteen toimivuus Pajuojassa

Pajuojaan kohdistuvan kuormituksen sekä sen kuormitusvaikutuksen pienentämiseksi ympäröivää aluetta ja ojaa on tarkasteltava kokonaisuutena. Yksittäisillä ratkaisuilla on pyritty pienentämään ravinnekuormaa ja ratkaisujen toimivuutta on tarkasteltu pitkällä aikavälillä.

Vuonna 2014 on toteutettu ensimmäisiä mittauksia Pajuojalla, mutta näitä mittaustuloksia ei ole saatavilla. Samana vuonna ojaan on asetettu fosforinsaostuslaite, jonka sijainti on merkitty kuvaan 20 (s. 37). Fosforinsaostuslaite on sijoitettu Pajuojan peltoa halkaisevan osuuden puolen välin paikkeille. Laitteen jälkeen oja laskee 360 metrin matkan ennen Jänijärveä. (HAMK 2018; Heinonen ym. 2018)



Kuva 20. Fosforinsaostuslaitteen nykyinen sijainti. (Pohjakartta: Paikkatietoikkuna n.d.)

Pajuojan fosforinsaostuslaitte koostuu varastosäiliöstä, annosteluyksiköstä ja v-aukkopadosta. Varastosäiliössä oleva kemikaali, ferrisulfaatti, on raemuodossa. Rakeet kulkeutuvat putkea pitkin verkkosäiliön kautta veteen ja liuetessaan kemikaali saostaa vedessä liuenneena olevaa fosforia. Pienen vesimäärään liuetessaan kemikaali laskee voimakkaasti veden pH-arvoa. Pajuojaan ei olla rakennettu laskeutusallasta saostuslaitteen yhteyteen. (HAMK 2018; Heinonen ym. 2018)

Pajuojan yläjuoksu, eli fosforinsaostuslaitteen yläpuolinen osuus on sisältänyt kaikissa mittauksissa vähemmän fosforia kuin alapuolinen osuus. Erittäin syksyllä otetut näytteet ovat olleet erittäin fosforipitoisia ja pitoisuudet ovat kasvaneet selvästi ojan virratessa laidunalueen läpi. Mittaustuloksia on tallennettu vuoden 2015 maaliskuusta alkaen. (Heinonen ym. 2018)

Taulukosta 15 (s. 38) voi havaita, että veden pinta on ollut mittausaikaan korkealla. Runsaaseen fosforipitoisuuteen on saattanut vaikuttaa runsaan valunnan lisäksi veden pinnan kohoaminen pellolle ja ravinnevalunnan runsastuminen tämän myötä.

Taulukko 15. Mittaustulokset Pajuojasta vuosina 2017–2019 (Tulonen 2019 s. 8)

Havaintopiste	Pvm	Virtaus m/s	Veden korkeus cm	pH	Väriluku (410 nm) mg Pt/l	P/PO <sub>4</sub> mg/m <sup>3</sup>	kok. P mg/m <sup>3</sup>	kok. N mg/m <sup>3</sup>	Kiintoaine mg/l	TOC mg/m <sup>3</sup>
Kärkistenoja	20.3.2017	0,29	14	5,0	486	24	70	1950	4,7	55
Kärkistenoja	8.8.2017	1,04	54	4,5	704	43	107	1552	9,6	76
Kärkistenoja	10.10.2017	1,00	21	4,2	591	25	70	1605	5,4	71
Kärkistenoja	18.4.2018	1,42	15	4,9	300	10	47	1277	4,4	34
Kärkistenoja	7.8.2018	0,00	0							
Kärkistenoja	7.11.2018	0,51	5	5,6	654	36	94	1340	5,5	64
Kärkistenoja	2.4.2019	1,21	18	4,5	383	14	39	1169	1,9	51
Pajulanoja alapuoli*	20.3.2017	0,12	9	4,8	406	23	87	1352	11,1	43
Pajulanoja alapuoli*	8.8.2017	0,21	17	4,4	734	34	101	1715	20,2	74
Pajulanoja alapuoli*	10.10.2017	0,18	30	5,7	574	110	189	1630	20,6	56
Pajulanoja	7.8.2018	0,00	0							
Pajulanoja yläpuoli	7.11.2018	0,03	13			6	27			
Pajulanoja alapuoli	7.11.2018	0,08	12			24	75			
Pajulanoja yläpuoli	2.4.2019	0,37	14	4,5	283	9	24	1211	2,6	37
Pajulanoja alapuoli	2.4.2019	0,12	20	5,2	292	24	55	1363	3,3	36

\*virtausnopeus ja uoman syvyys mitattu ennen siepparia (yläpuoli).

Alapuolisen havaintopisteen keskimääräinen fosforikuormitus on ollut noin 0,1 kg vuorokaudessa. Kuvassa 21 näkyy saostuslaitteen alapuolista osuutta sekä uoma kohti viettävää pelto-osuutta. Valunnan kasvettua syksyllä myös fosforikuorma on kasvanut. Suurin pitoisuus on mitattu lokakuussa 2017. Pitoisuus oli tällöin jopa 1,5 kg fosforia vuorokaudessa. (Tulonen 2019)



Kuva 21. Pajuoja, fosforinsaostuslaitteen alapuolinen osuus. (Stenberg 2019)

Vuonna 2018 Hämeen ammattikorkeakoulun kestävä kehityksen opiskelijat toteuttivat tutkimuksen liittyen Pajuojan fosforinsaostuslaitteeseen. Mittauksia on suoritettu opiskelijoiden toimesta keväällä ennen jäiden sulamista sekä sulamisen jälkeen. Nämä mittaustulokset löytyvät taulukosta 16 (s. 39) sekä kuvasta 22 (s. 39). (Heinonen ym. 2018)

Huhtikuussa opiskelijat toteuttivat lisäksi virtaamamittauksen, joka osoitti virtaamaksi 0,057 kuutiometriä sekunnissa. Havaintopisteessä ojan leveys oli 1,47 metriä ja keskisyvyys 23,7 senttimetriä. Virtaama määritellään uoman poikkileikkauksen ja mittauspisteen kautta virtaavan vesimäärän avulla, eli mitataan montako kuutiometriä sekunnissa vettä virtaa mittauspisteestä (m/s). (Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a; Korhonen 2007)

Taulukko 16. Mittaustulokset Pajuojusta vuonna 2018 (Heinonen ym. 2018 s. 8)

Pvm	Paikka	Lämpötila C°	O2 (mg)	O2 (%)	Sähkönjohto	pH-arvo
11.4.2018	Laitteen jälkeen	0	13,60	91,4	39,4	5,5
11.4.2018	Ennen laitetta	-0,1	13,16	89,4	39,3	4,36
19.4.2018	Metsän laidalta	0,6	11,68	86,4	29,4	6,4
19.4.2018	N. 100 m laitteen jälkeen	1,1	11,60	81,4	26,0	5,5



Kuva 22. Mittaustulokset Pajuojusta vuonna 2018. (Heinonen ym. 2018 s. 8)

Mittaukset paljastivat, että jäiden sulamisen jälkeen happipitoisuus väheni. Kylmä vesi sisältää enemmän happea kuin lämmin, joten happimäärän muutos näyttäisi olevan normaalissa yhteydessä veden lämpötilan muutokseen. Virtaaman kasvaessa veden happipitoisuuden tulisi kuitenkin hieman kohentua. Mittaukset on toteutettu sulamisvesien aikana, jolloin

virtaama ja vesimäärä uomassa ovat olleet kasvussa. (HAMK 2018; Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a)

Sähkönjohtavuus vedessä laskee, mikä selittyy todennäköisesti sulamisvesien myötä kasvaneella vesimäärällä. Aiempiin mittauksiin verrattuna veden pH on kohonnut hieman. Mittausten aikaan virtaama ei ole ollut suurimmillaan aiempiin mittauksiin verrattuna, joten tästä voisi päätellä pH-tason kohentuneen hetkellisesti. Runsaampi vesimäärä laskee veden pH-tasoa. (HAMK 2018; Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a; KVVY n.d.b)

Pajuojan vesimäärä on vaihdellut voimakkaasti viimeisten vuosien aikana. Runsasvetisenä sulan veden aikana saostuslaite toimii paremmin, mikäli virtaama kuitenkin pysyy matalana. Runsaimmat fosforipitoisuudet on mitattu syksyllä ja tällöin olosuhteet saostuslaitteen toiminnalle ovat yleensä hyvät. Kuivat, vähäsateiset kesät ovat kuitenkin aiheuttaneet viime vuosina vesimäärien laskua myös syksyisin. ((Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a; Korhonen 2007; Yli-Tokko 2020)

Talviaikana vesimäärän ollessa pieni ja ojan ollessa paikoin täysin kuiva, olosuhteet muuttuvat hapettomiksi veden jäätyessä. Tällöin saostuslaitteen toimintakyky lakkaa ja kemikaali alkaa vapauttaa siihen sitoutunutta fosforia takaisin veteen. Lisäksi laite tulee lämpöeristää, sillä jäätyessään sen sisään saattaa muodostua hapettomat olot, toimintakyky heikkenee ja laite alkaa vapauttaa fosforia. (Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a; Korhonen 2007)

Kuvassa 23 (s. 41) on havaittavissa ruskeaa, rautapitoisuuteen viittaavaa vettä ojan pohjalla. Kuvat otettu marraskuussa. Vesimäärä oli laskenut jo edeltävän kesän aikana erittäin alas ja nyt oja oli paikoin täysin kuiva.



Kuva 23. Pajuojassa paikoin ruskeaa vettä. (Stenberg 2019)

Ruskea vesi saattaisi viitata fosforinsaostuslaitteesta vapautuneeseen saostuskemikaaliin, ferrisulfaattiin, sillä kuvat on otettu saostuslaitteen alapuolelta. Ruskea väri voi kuitenkin olla peräisin myös humuksesta, jonka määrä matalassa vedessä on korkeahko.

Vesi on ollut lähes kaikissa mittauksissa hapanta. Fosforinsaostuslaitteen käyttö matalavetisessä uomassa aiheuttaa helposti pH:n voimakasta laskua. Happamuutta lisää saostuslaitteen käytön lisäksi matalan veden korkeat humuspitoisuudet. (Heinonen ym. 2018; Korhonen 2007)

Happamuustasossa oli havaittavissa pientä kohoamista, mutta vuoden 2019 mittaukset osoittivat pH:n laskeneen jälleen. PH:n laskiessa haitallisten metallien pitoisuudet alkavat kasvaa, niiden reagoidessa happamissa oloissa ja muuttuessa liukenevaan muotoon. Saostuslaitteen toimivuudesta ei olla saatu toivottuja mittaustuloksia. Ravinnepitoisuudet eivät ole merkittävästi tai lainkaan laskeneet.

Kesä 2018 oli erittäin kuiva ja ojan vesimäärä laski niin, ettei fosforinsaostuslaite toiminut. Mittaukset ovat olleet ristiriitaisia, joten keväällä 2019 laitetta ei enää aktivoitu. Laite on yhä käyttövalmiina Pajuojalla, mutta sitä ei olla toistaiseksi otettu käyttöön. (Heinonen ym. 2018; Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry 2019a)

## 6.4 Johtopäätökset

Pajuojan kuormitusvaikutuksen pienentäminen ja uoman vesistön tilan parantaminen vaativat kokonaisuuden hallintaa. Kunnostustoimia tulisi kohdistamasta sekä uoman ympärille että uomaan. Uoman pohjoispuolinen pelto on hieman kalteva ja se laskettaa kohti Pajuoja laajalta alueelta. Kuvassa 24 on osoitettu vihreällä raidoituksella kaltevuussuunnat. Pelto viettää lisäksi Pajuojan eteläpuolelta, Jänijärven rannan läheisyydestä järveen päin. Kaltevuudet ovat melko loivia, mutta runsassateisena aikana sekä sulamisvesien aikaan tämä vaikuttaa kuitenkin jo selvästi valumavesien kulkusuuntaan. Uoman on pääosin aidattu, eikä pienen uoman ympärille vaadita leveitä suojakaistoja. Kasvipeitteinen, metrin levyinen piennar on riittävä tällaisessa kohteessa.



Kuva 24. Pajuoja virtausmallikartalla. (Paikkatietoikkuna n.d.)

Virtaama Pajuojaossa vaihtelee merkittävästi. Lukemat ovat mittausajan kohdasta sekä vuodesta riippuen vaihdelleet syksyn 0,03 kuutiometriä kevään 0,37 kuutiometriin sekunnissa. Ravinnepitoisuudet vähenevät virtaaman ja vesimäärän kasvaessa, mutta on otettava huomioon se, että ympäriltä valuvien ravinteiden määrä ei ole kuitenkaan välttämättä vähentynyt. Sama ravinnemäärä kulkeutuu virtauksen mukana Jänijärveen, kuin aiemminkin.

Sähkönjohtavuus on ollut korkeahko, jota todennäköisesti kohottaa pelolta valunnan mukana vesistöön kulkeutuvat lannoitteet. Happipitoisuus vesistössä on ollut pääsääntöisesti hyvä. Näihinkin lukemiin uoman vesimäärä on vaikuttanut, sillä sähkönjohtavuus on laskenut vesimäärän kasvaessa.

Pajuojan loppupäässä, Jänijärven rannassa vesi tulvi marraskuussa hieman pellolle ja toisaalla uoma oli täysin kuivunut. Fosforinsaostuslaitteen käytönottamiseksi uudelleen, vesimäärän vaihtelua tulisi saada tasattua.

Saostuslaitteen käyttö on estynyt viime vuosina kokonaan myös sulan veden aikana, vesimäärän voimakkaan vaihtelun vuoksi. Vesimäärän kasvataminen tasaisi lisäksi veden pH-arvoa sekä laskisi sähkönjohtavuutta ja humuspitoisuutta.

Jotta ravinnekuormaa saataisiin pienennettyä, tulisi huomio kiinnittää ensin kuitenkin uoman ympärille. Saostuslaite saostaa jo uomaan päätyneet ravinteet, mutta ravinnekuormaa tulee rajoittaa myös uoman ulkopuolelta. Uoman ympäriltä tulevaan ravinnevaluntaan vaikuttavat pellolla käytettävien lannoitteiden lisäksi eläinten lanta sekä urea. Näiden pääsyä vesistöön tulisi rajata selkeästi suojakaistoin, kasvipeitteisin aluein tai muulla vastaavalla ratkaisulla.

#### 6.4.1 Kunnostusehdotukset

Fosforinsaostuslaitteen alapuolinen osuus on sisältänyt kaikissa mittauksissa enemmän fosforia kuin yläpuolinen osuus. Kunnostustoimien keskittäminen alapuoliselle alueelle vähentäisi tehokkaasti ravinnekuormaa siellä, missä sitä on eniten. Lisäksi keskittämällä toimet tälle alueelle, saataisiin pysäytettyä ravinnevalunta ennen ravinteiden päätymistä Jänijärveen.

Veden pinnan vaihtelu on ollut suurimmillaan 10 senttimetriä. Uoma on kapea ja matala, alle metrin syvyinen kauttaaltaan. Vesimäärän tasaimiseksi tehokas ratkaisu kohteessa voisi olla kapean tulvatasanteen kaivaminen. Lisäksi tulisi kiinnittää huomioita pellolle tulvivaan veteen Jänijärven rantaviivalla. Ryhdittämällä uomaa myös Jänijärven rantaviivan alueelta, veden tulviminen pellolle voisi vähentyä.

On arvioitu, että kilometrin mittainen tulvatasannekasvillisuus nostaa veden pintaa parhaimmillaan metrillä. Lisäksi on laskettu, että 850 metriä pitkälle tulvatasanteelle pidättyi arviolta 20 % yläpuolisen 10 km<sup>2</sup> valuma-alueen kiintoainekuormasta. Fosforinsaostuslaitteen alapuolisen ja Pajuojan pohjoispuolisen pellon pinta-ala on noin 4 hehtaaria ja veden pintaa olisi tarpeen nostaa vain hieman. Pääasiallinen tavoite olisi estää uoman kuivuminen sekä mahdollinen lievä tulviminen pellolle. Tiettävästi uoma tulvii harvoin. Tulvatasanteen leveys sekä kaltevuus määräytyvät uoman tulvaherkkyden mukaisesti.

Tulvatasanteen kaivaminen voitaisiin toteuttaa toispuolisena vain uoman pohjoispuoliselle osuudelle peltoalan säästämiseksi. Valunta on voimakainta sekä fosforipitoisuudet vesistöissä runsaimpia alueella, jossa pelto viettää uomaa kohti. Tulvatasanteen kaivaminen vain tälle alueelle, olisi mahdollisesti riittävä ja kustannustehokas ratkaisu. Pituutta tulvatasanteelle tulisi noin 210 metriä. Uoman pienen vesimäärän vuoksi leveydeksi riittäisi kapein mahdollinen, metrin levyinen tulvatasanne. Tulvatasanteen lisäksi tasanteen reunalle on jätettävä noin metrin levyinen piennarkais-tale. Kuvassa 25 (s. 44) tulvatasanteen ehdotettu sijainti.



Kuva 25. Tulvatasanteen ehdotettu sijainti. (Pohjakartta: Paikkatietokuna n.d.)

Tulvatasanne pienentäisi viljeltävissä olevaa peltoalaa, vaikka se toteutettaisiin vain toispuolisena ja vain osaan uomasta. Tämä kunnostusehdotus on esitelty maanomistajalle, Yli-Tokolle, ennen työn lopullisten päätelmien yhteenvedoa. Yli-Tokko piti ratkaisua soveltuvana sekä toteutuskelpoisena, jonka myötä tulvatasanne on valittu pääasialliseksi kunnostusehdotukseksi. (Yli-Tokko 2020)

Fosforinsaostuslaitteen käyttöönotto sen nykyisessä paikassa ei ole kannattavaa. Siirtämistä on suositeltu jo aiemman opiskelijaprojektin yhteydessä. Laitteen siirtäminen lähemmäs Jänijärveä olisi kannattavaa, sillä fosforikuorma on suurin tällä alueella. Lisäksi tulvatasanteiden kaivaminen tälle alueelle tasaisi vesimäärää, ja mahdollisuudet laitteen käyttämiselle olisivat paremmat. Laitetta ei tule sijoittaa aivan Jänijärven välittömään läheisyyteen, jotta saostunut fosfori ei kulkeudu järveen. Sopiva paikka olisi uoman loppupäässä, mutta kuitenkin riittävällä etäisyydellä järvestä.

Talviaikana laitteen käyttöä tulee harkita, sillä jäätyminen on estettävä ja toimintaa tarkkailtava tiiviimmin. Laitteen käyttäminen erityisesti kesä- ja syksy aikana olisi kannattavaa, sillä fosforikuorma nousee tällöin merkittävästi laiduntavien eläinten sekä lannoitusten myötä.

Saostuslaite sitoo fosforia ja tämän sitoutuneen fosforin kerääminen esimerkiksi laskeutusaltaaseen olisi suositeltavaa, jotta sitoutunut fosfori ei kulkeutuisi virran mukana Jänijärveen. Laskeutusaltan rakentaminen veisi kuitenkin lisää peltoalaa.

Vaihtoehtona altaalle voisi olla uomaan kaivettava pieni lietekuoppa, jonne saostunut fosfori laskeutuisi ja josta sen voisi aika ajoin kerätä pois. Lietekuopan kaivuun voisi toteuttaa tulvatasanteiden kaivuun yhteydessä. Kuoppa tulisi sijoittaa saostuslaitteen alapuolelle, laitteen välittömään läheisyyteen.

Laitteen sekä lietekuopan alapuolelle olisi hyvä jäädä vielä joitain metrejä ennen rantaviivaa, jotta lietekuopasta karannut fosfori ehtii painua uoman pohjalle. Kuvassa 26 ehdotettu laitteen sijainti on noin 30 metrin etäisyydellä rantaviivasta ja kuitenkin aivan peltoalueen reunalla.



Kuva 26. Fosforinsaostuslaitteen ehdotettu sijainti rantaviivan läheisyydessä. (Paikkatietoikkuna n.d.)

## 7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Pajuojan kunnostaminen ja kauaskantoisten tulosten saavuttaminen vaatii sekä ympäriltä tulevan kuormituksen hallintaa että puhdistustoimia itse uomassa. Tulokset -osiossa ehdotetuilla kunnostusratkaisuilla ravinteiden pääsyä vesistöön rajoitetaan uoman ulkopuolelta tulvatasanteen avulla.

Uomaan päätyy kuitenkin ravinteita jossain määrin ja näiden hallintaan aiemmin uomassa käytössä ollut fosforinsaostuslaite voisi olla toimiva ratkaisu, ainakin sulan veden aikana. Laite on käyttövalmiina Pajuoja ja laitteen hyödyntäminen uudelleen sijoitettuna olisi järkevää. Uoman pohjalle kaivettavan lietekuopan avulla laitteen saostama fosfori saataisiin kerättyä uoman pohjalle ja sieltä edelleen pois vesistöstä.

Nämä kunnostusehdotukset on valittu kokonaisuutta ajatellen ja tulevaisuuden kunnostustarvetta arvioiden. Lisäksi on otettu huomioon perustamiskustannukset. Näiden pohjalta on pyritty valitsemaan soveltuvimmat ja kustannustehokkaimmat vaihtoehdot. Tämän työn tulokset ja johtopäätökset pohjautuvat vastaavien kohteiden kunnostushankkeiden tuloksiin sekä alan tutkimuksiin.

Ratkaisujen toimivuutta voidaan arvioida teoriassa, mutta tehoa tulee seurata erityisesti kunnostustoimenpiteiden jälkeen. Johdonmukainen, säännöllinen vedenlaatututkimus sekä tulosten dokumentointi osoittavat vasta ajan kuluessa ratkaisujen toimivuuden.

## LÄHTEET

Aulaskari, H., Särkelä, A. & Västilä, K. (2011). Luonnonmukaisen kuivatushankkeen vesistövaikutukset ja uomassa tapahtuvat muutokset. Loppuraportti. Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B01CAFE1E-D0D0-4437-A5B7-C7928B83E352%7D/100309>

Evira (2018). Luonnonmukainen tuotanto 1. Yleiset ja kasvintuotannon ehdot. Haettu 10.9.2019 osoitteesta [https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/luomun-lomakkeet/luomutuotannon-ohjeet/eviran\\_ohje\\_18219\\_7\\_fi\\_050718.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/luomun-lomakkeet/luomutuotannon-ohjeet/eviran_ohje_18219_7_fi_050718.pdf)

Farmit (n.d.). Vesistöjen kalkitus. Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://www.farmit.net/kasvinviljely/kalkitus/vesistöjen-kalkitus>

Finer, L. & Palviainen, M. (2013). Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen. Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B482AEFDD-91BB-4837-9068-1988A3C09CD6%7D/94655>

Forssan lehti (2016). Lähivuodet ratkaisevia Oksjärvelle. *Forssan lehti* 8.10.2016, päivitetty 11.6.2018. Haettu 11.9.2019 osoitteesta <https://www.forssanlehti.fi/lounais-hame/lahivuodet-ratkaisevia-oksjarvelle-5788>

Granholm, K., Lundström, E., Äijö, H., Ortamala, M., Manninen-Johansen, S., & Mäkelä S. (2017). Menetelmiä ravinteiden ja veden pidättämiseksi osana kokonaisvaltaista pellonkuivatusta – soveltuvuus, vaikutus ja tietotarpeet. Ympäristöministeriö. Haettu 10.9.2019 osoitteesta <https://www.ym.fi/download/noname/%7B1AB267AE-809F-4F40-928A-26DC7058C4E3%7D/136111>

Grönroos, J., Haapala, H., Hellstedt, M., Luostarinen, S., Regina, K. & Särkijärvi, S. (2019). *Lypsykarjanavetoiden ammoniakkipäästöjen nykytaso ja vähentämismenetelmät*. Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2017. Luonnonvarakeskus. Haettu 9.9.2019 osoitteesta [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540248/luke-luobio\\_53\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540248/luke-luobio_53_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Grönroos, J. & Puumala, M. (2004) *Kotieläintalouden ympäristökuormituksen vähentäminen - toimenpiteiden kustannukset ja toimivuus*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Haimakainen, A., Lönnholtz, A., Rissanen, J. & Viljamaa, L. (2018). Kärjensuo ja uomat. Ympäristön tila -moduulin projektityö. Kestävä kehitys. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 13.9.2019 osoitteesta [https://drive.google.com/drive/folders/1ndvT-VASStMmCjsPQgc\\_p8Lppyd9cYgrmg](https://drive.google.com/drive/folders/1ndvT-VASStMmCjsPQgc_p8Lppyd9cYgrmg)

HAMK (2018). Jänijärven alueen pelikirja. Kestävä kehitys. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 6.9.2019 osoitteesta <http://www.janijarvi.fi/PelikirjaValmis.pdf>

Heinonen, T., Lehti, A., Petäsnoro, V. & Rantanen, S. (2018). *Jänijärvi – fosforinsaostuslaitte*. Raportti. Kestävä kehitys. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 6.9.2019 osoitteesta <http://www.janijarvi.fi/2019%20fosforiraportti.pdf>

Ikonen, L. (2019). *Kasvien ja kasvualueen merkitys huleveden hallinnassa*. Pro gradu-tutkielma. Ympäristöekologia. Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta. Helsingin yliopisto. Haettu 15.11.2019 osoitteesta [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305026/Ikonen\\_Liisa\\_Pro\\_gradu\\_2019.pdf?sequence=2](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/305026/Ikonen_Liisa_Pro_gradu_2019.pdf?sequence=2)

Joensuu, S., Karosto, K., Kontinen, K., Lukkarinen, L., Ranta-Korhonen, T., Seppäläinen, S. & Soinen, H. (2016). Biosuodattimet metsätalouden vesiensuojelussa. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/121719/URNISBN9789515885807.pdf?sequence=1#page=21>

Joki-Tokola, E. (n.d.). Miten saan lannan ravinteet mahdollisimman tehokkaasti hyötykäyttöön peltoviljelyssä – mitä tekniikkaa se vaatii? Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Haettu 19.10.2019 osoitteesta <http://www.oamk.fi/hankkeet/vene/docs/rehuseminaari/jokitokola>

Jänijärven Seudun Suojeluyhdistys ry (n.d.). Jänijärven Seudun Suojeluyhdistyksen kotisivut. Haettu 6.9.2019 osoitteesta <http://www.janijarvi.fi/>

Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry (2019a). Toimintakertomus 1.6.2018 – 31.5.2019. Haettu 6.9.2019 osoitteesta <http://www.janijarvi.fi/2019%20toimintakertomus.pdf>

Jänijärven seudun suojeluyhdistys ry (2019b). Toimintasuunnitelma 2019-2020. Haettu 6.9.2019 osoitteesta <http://www.janijarvi.fi/2019-2020%20toimintasuunnitelma.pdf>

Kaasinen, S. (2010). Valumavesien kemiallinen puhdistus ja suodatus. Haettu 10.9.2019 osoitteesta [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/2010-valumavesien\\_kemiallinen\\_puhdistus\\_ja\\_suodatus.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/2010-valumavesien_kemiallinen_puhdistus_ja_suodatus.pdf)

Kallioniemi, M. (2002). Esiselvitys kotieläintalouden ympäristökuormitusta vähentävien menetelmien ja tekniikoiden kustannuksista ja tehokkuudesta. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Haettu 9.9.2019 osoitteesta <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts23.pdf>

Kirjokivi, T. (2018). *Biohiilisuodatin hulevesien käsittelyssä*. Opinnäytetyö. Energia- ja ympäristötekniikka. Lahden ammattikorkeakoulu. Haettu 10.9.2019 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/146053/Kirjokivi\\_Tomi.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/146053/Kirjokivi_Tomi.pdf?sequence=1)

Korhonen, J. (2007). Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. SYKE. Haettu 27.3.2020 osoitteesta [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38428/SY\\_45\\_2007.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38428/SY_45_2007.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

KVY (n.d.b). Vauhtia vesienhoitoon. Havaintopaikka: Jänijärvi. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Lausunto tarkistettu 25.04.2019. Haettu 6.9.2019 osoitteesta <https://vesienhoito.kvy.fi/vesientila/#/havaintopaikka/65451>

KVY (n.d.c). Vauhtia vesienhoitoon. Rehevöityneiden järvien kalasto. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Haettu 10.09.2019 osoitteesta <https://vesienhoito.kvy.fi/kunnostajan-abc/kalasto/>

KVY (n.d.a) Kokonaisfosfori. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <https://vesienhoito.kvy.fi/kunnostajan-abc/vesistotulokset/kokonaisfosfori/>

KVY (2019). Pohjapato pelasti Jänijärven virkistyskäytön. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Haettu 10.9.2019 osoitteesta <https://kvy.fi/pohjapato-pelasti-janijarven-virkistyskayton/>

Kyrö, J. (2019). Jättihankkeella valumavedet kirkaammiksi - Tammelan vesiensuojeluyhdistykset löysivät toisensa. *Forssan lehti* 8.4.2019. Haettu 10.9.2019 osoitteesta <https://www.forssanlehti.fi/lounais-hame/jattihankkeella-valumavedet-kirkaammiksi-251265>

Laine, K. (2019). Esimerkkejä vesienhallintaratkaisista ja peruskuivatusuomien kunnostushankkeista. MAVEKA-hanke. PRO Agria. Haettu 8.11.2019 osoitteesta <https://varsinais-suomi.mtk.fi/documents/197812/258504/Esimerkkej%C3%A4+vesienhallintaratkaisista+ja+peruskuivatusuomien+kunnostushankkeista%2C+Kimmo+Laine-3.pdf/0543240d-b3c2-d50a-4501-5ad600c18035?t=1554875616145>

Laki peruskuivatusoiminnan tukemisesta 1997/947. Haettu 10.89.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1997/19970947#P4>

Leino, J., Mäkelä, H., Hiitiö, M., Horppila, P., Hulkko, H-M., Siiro, P. & Tansanko, E. (2015). Hämeen vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2016 – 2021 Haettu 23.3.2019 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BF4F84FD1-F6D7-475C-8FAC-93323660AAE1%7D/113797>

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy (2017). Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon tarkkailututkimus. Vuosiraportti 2017. Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/wp-content/uploads/2018/03/Kakola8-vy2017.pdf>  
Luomu- ja vuonohevostila Yli-Tokko (n.d.). Tilaesittely. Haettu 6.9.2019 osoitteesta <http://www.vuonohevonon.com/tila.htm>

LUKE (2016). Luomutuotanto ja luomuruoka. Luonnonvarakeskus. Haettu 10.9.2019 osoitteesta <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/ruoka-ja-ravitseminen/luomutuotanto/>

LUKE (2017). Soiden ojittaminen näkyy vesistöissä yhä enemmän. Uutiset. Luonnonvarakeskus. Haettu 8.11.2019 osoitteesta <https://www.luke.fi/uutinen/soiden-ojittaminen-nakyy-vesistoissa-yha-enemman/>

Maankamara (n.d.). Pajuojan valuma-alueen maaperä. Haettu 12.11.2019 osoitteesta <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/#>

METLA (n.d.). MetINFO - Metsien terveys. Raskasmetalli- ja typpilaskeuma Suomessa. Metsäntutkimuslaitos. Luonnonvarakeskus. Päivitetty 16.10.2013. Haettu 26.10.2019 osoitteesta <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/raskasmetalli/kartta-typpi.htm>

MTT (n.d.). Typpi info. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Haettu 20.10.2019 osoitteesta [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/lcainlandscaping/esitelmat/Typpi%20info\\_1.pdf](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/lcainlandscaping/esitelmat/Typpi%20info_1.pdf)

Mäkelä, T. (2016). *Tammelan Oksjärven kunnostus- ja hoitosuunnitelma*. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 10.9.2019 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113881/Makela\\_Tuomo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113881/Makela_Tuomo.pdf?sequence=1)

Niemelä, T. (2010). Monivaikutteisten kosteikkojen yleissuunnitelma. Hämeen elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus. Haettu 8.11.2019 osoitteesta [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94327/2\\_2010\\_Monivaikutteisten%20kosteikkojen%20yleissuunnitelma.pdf?sequence=2](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94327/2_2010_Monivaikutteisten%20kosteikkojen%20yleissuunnitelma.pdf?sequence=2)

Niemi, J. (2018). *Biohiilen käyttö suodattimissa*. Tekniikan kandidaatintyö. Kemianteeniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Haettu 10.9.2019 osoitteesta [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158474/kandidaatinty%C3%B6\\_Niemi\\_Jasmin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158474/kandidaatinty%C3%B6_Niemi_Jasmin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Nieminen, M. & Ahti, E. (2000). Soiden metsätalouskäytön vesistövaikutukset. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Haettu 9.11.2019 osoitteesta <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/533586/vesist%C3%B6.pdf?sequence=1>

Ojanen, P. (2015). Metsäojituksen vaikutuksesta ilmastoon. Luonnonvarakeskus. Haettu 8.11.2019 osoitteesta [http://www.suoseura.fi/Alkuperainen/suo/pdf/Suo66\\_Ojanen.pdf](http://www.suoseura.fi/Alkuperainen/suo/pdf/Suo66_Ojanen.pdf)

Ojanen, P. (2016). Metsäojitus – ilmaston tuhoaja vai pelastaja? Haettu 8.11.2019 osoitteesta [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/536261/Akatemiaklubi\\_160316\\_Paavo\\_Ojanen.pdf?sequence=1](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/536261/Akatemiaklubi_160316_Paavo_Ojanen.pdf?sequence=1)

Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. (2016). *Maan vesi- ja ravinnetalous – ojitus, kastelu ja ympäristö*. Salaojayhdistys ry. 2. täydennetty painos 2016. Helsinki: Salaojayhdistys. ( [https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web\\_maanve-sijaravinnetalous\\_B5\\_2016.pdf](https://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2016/05/web_maanve-sijaravinnetalous_B5_2016.pdf) )

Paikkatietoikkuna (n.d.). Haettu 10.9.2019 osoitteesta <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

Partanen, J. (2012). Luonnon monimuotoisten kosteikkojen yleissuunnitelma. Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus. Haettu 9.11.2019 osoitteesta [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74519/Raportteja%201\\_2012.pdf?sequence=5](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74519/Raportteja%201_2012.pdf?sequence=5)

Pihlaja, A. (2012). Perustietoa humuksesta. HUOMIOTA HUMUSVESIIN-hanke. Ylä-Satakunnan ympäristöyhdistys. Haettu 10.9.2019 osoitteesta <https://www.ysy.fi/@Bin/140239/Perustietoa+humuksesta.pdf>

Salmu, M. (2011). Luomutuotanto vähentää vesistöjen rehevöitymisriskiä. Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://luomu.fi/tietoverkko/luomutuotanto-vahentaa-vesistojen-rehevoitymisriskia/>

Sammalkorpi, I. & Sarvilinna, A. (2010). Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito. SYKE. Haettu 10.9.2019 osoitteesta [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38819/YO\\_2010\\_Rehevoityneen\\_jarven\\_kunnostus\\_ja\\_hoito.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38819/YO_2010_Rehevoityneen_jarven_kunnostus_ja_hoito.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Soinne, H. (2018). Peltomaan eloperäisen aineksen merkitys pellon kasvukunnolle ja vesistöjen ravinnekuormitukselle. Luonnonvarakeskus. Haettu 16.11.2019 osoitteesta [https://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2018/10/Soinne\\_EDK-2018-AK-211982.pdf](https://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2018/10/Soinne_EDK-2018-AK-211982.pdf)

Suomen metsäkeskus (2016). Ojitus. Haettu 8.11.2019 osoitteesta <https://www.metsakeskus.fi/ojitus>

SYKE (n.d.a). Suomen sisävesien tulevaisuus. Ilmasto-opas.fi. Haettu 26.3.2020 osoitteesta <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/728e8e9e-685f-4d3f-9245-bf7279c6e7eb/sisavedet.html>

SYKE (n.d.b). Puuaines puhdistamaan metsätalouden valumavesiä. Puumavesi-esite. Haettu 10.9.2019 osoitteesta [https://www.svsy.fi/wp-content/uploads/Puumavesi\\_esite\\_FINAL\\_A4.pdf](https://www.svsy.fi/wp-content/uploads/Puumavesi_esite_FINAL_A4.pdf)

SYKE (2008). Purojen hoito maatalousalueilla - luonnonmukainen peruskuivatus -esite. Haettu 08.11.2019 osoitteesta [https://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Esitteet/Purojen\\_hoito\\_maatalousalueilla\\_luonnon\(1925\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Esitteet/Purojen_hoito_maatalousalueilla_luonnon(1925))

SYKE (2013). Järven rehevöityminen. Ympäristö.fi. Haettu 26.3.2020 osoitteesta [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostustarvetta\\_aihuttavia\\_tekijoita/Rehevoityminen](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aihuttavia_tekijoita/Rehevoityminen)

SYKE (2014a). Laskeutusaltaat, lietekuopat ja -taskut. Ympäristö.fi. Haettu 27.3.2020 osoitteesta [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien\\_kaytto/Maankuivatus\\_ja\\_ojitus/Luonnonmukainen\\_peruskuivatus/Laskeutusaltaat](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus/Laskeutusaltaat)

SYKE (2014b). Pohjapadot ja -kynnykset. Ympäristö.fi. Haettu 27.3.2020 osoitteesta [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien\\_kaytto/Maankuivatus\\_ja\\_ojitus/Luonnonmukainen\\_peruskuivatus/Pohjapadot\\_ja\\_kynnykset](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus/Pohjapadot_ja_kynnykset)

SYKE (2018). Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin (PuuMaVesi). Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://www.syke.fi/hankkeet/puumavesi>

Tammelan Oksjärven Suojeluyhdistys ry (n.d.). Kevään 2016 jäsentiedote. Haettu 11.9.2019 osoitteesta [http://oksyry.fi/data/documents/Jasentiedote-2016\\_01.pdf](http://oksyry.fi/data/documents/Jasentiedote-2016_01.pdf)

Toivonen, I. & Korhonen, P. (2014). Ojat kuntoon luonnonmukaisin menetelmin. OPET-hanke. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 10.11.2019 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/65156/Ojat kuntoon luonnonmukaisin menetelmin e-kirja.pdf?sequence=3](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/65156/Ojat_kuntoon_luonnonmukaisin_menetelmin_e-kirja.pdf?sequence=3)

Tulonen, T. (2019). *Tammelan Jäni- ja Heinijärven vedenlaatuselvitys 2018-2019*. Helsingin yliopisto. Lammin biologinen asema 15.6.2019.

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. Haettu 19.10.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141250>

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014. Haettu 10.9.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713>

Vanajavesikeskus (n.d.). Kunnostushankkeita. Haettu 8.11.2019 osoitteesta <https://www.vanajavesi.fi/vanajavesikeskus/toimintalinjat/vesien-suojelu/tutkimus-ja-kunnostushankkeita/>

VAPO (2012). Miten veden humuspitoisuutta seurataan? Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://www.vapo.com/turvetuotantoavastuullisesti/ymparistokoulutus-ja-tiedotus/tietoa-humuksesta/humuspitoisuuden-seuranta>

Vesilaki 587/2011. Haettu 10.9.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=vesilaki>

Vuori, K. (2018). Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökuunnostuksiin. PuuMaVesi. Haettu 12.9.2019 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B72D6FDB7-E42C-4F29-A4DF-71860003A20D%7D/143208>

Yli-Tokko, M. (2020). Opinnäytetyö Pajuojan kunnostusratkaisuista. Pajuojan kunnostusehdotuksen esittely. Sähköpostiviesti tekijälle 5.4.2020.

Ympäristöhallinto (n.d.). Vedenlaatuokituksen raja-arvot ja lähteet. Ympäristö.fi. Haettu 17.11.2019 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BD4E2E6F9-E9B2-487A-A23D-06C7CE1E8325%7D/107983>

Ympäristöministeriö (2017). Ohjelmat ja strategiat – vesiensuojelu. Haettu 26.3.2019 osoitteesta [https://www.ymparisto.fi/Luonto/Pinta\\_ja\\_pohjavedet/Ohjelmat\\_ja\\_strategiat/Ohjelmat\\_ja\\_strategiat\\_vesiensuojelu\(3527\)](https://www.ymparisto.fi/Luonto/Pinta_ja_pohjavedet/Ohjelmat_ja_strategiat/Ohjelmat_ja_strategiat_vesiensuojelu(3527))

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Haettu 10.9.2019 osoitteesta  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>