

Aki Volanen

# Pertunmaan Pienivesi Vuoden 2019 kuormitus selvitys

Opinnäytetyö  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

2020



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Aki Volanen	Insinööri (AMK)	Huhtikuu 2020
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		67 sivua 8 liitesivua
Pertunmaan Pienivesi Vuoden 2019 kuormitus selvitys		
<b>Toimeksiantaja</b>		
Etelä-Savon Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristö (ELY)-keskus		
<b>Ohjaaja</b>		
Juho Rajala		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin valuma-alueilta Pertunmaan Pieniveteen laskevan sekä Pienivedestä poistuvan kuormituksen määrää kiloina vuodessa kuuden tutkimuskohteen kautta. Sen lisäksi tutkittiin erilaisia vesiensuojelullisia ratkaisuja ulkoisen kuormituksen ehkäisemiseksi. Tutkimuskohteet ovat Kaakonlammen laskupuro, Hörhänjoki, Hollonjoki, Lautjärven laskupuro, Leppäsuonpuro ja Pankajoki. Pieniveden lähtökuormitusta edustaa tutkimuskohteista Pankajoki ja muut ulkoista tulokuormitusta valuma-alueilta. Tulo- ja lähtökuormitusta sekä selvityksessä mukana olleita tutkimuskohteita ja niiden valuma-alueiden merkittävyyttä kuormituksen osalta arvioitiin ja vertailtiin keskenään tuloksissa. Lisäksi yhdeltä Pienivedellä sijaitsevalta näytteenottopisteeltä arviotiin kuormittumista järvellä vedenlaatu- luokituksilla, jotka määräytyvät vedenlaatumuuttujien pitoisuuksien mukaan. Kuormitus selvityksen tärkeimmät parametrit ovat fosfori, typpi, kiintoaine ja eloperäinen aines (CODMn).</p> <p>Vuosikuormitukset valuma-alueilta tutkimuskohteiden kautta laskettiin virtaamapainotettu pitoisuus, keskivirtaama ja vuosikuormitus laskukaavojen avulla. Kaavoja varten tutkimuskohteiden näytteenottopisteiden eri parametrien mitatut pitoisuudet saatiin avoimesta ympäristötietojärjestelmästä (HERTTA) ja virtaamamittausten tulokset ovat Etelä-Savon ELY-keskukselta. Paikkatieto-ohjelma ArcGIS:n ArcMap versiolla 10.7.1 tehtiin Pieniveden valuma-alueista kartta kahden metrin korkeusmallilla, josta saatiin valuma-alueiden pinta-alat laskutoimituksiin sekä ominaisuus- ja maankäyttötiedot kuormitusta aiheuttavien lähteiden arviointia varten valuma-alueilta. Kahden metrin korkeusmalli on hieman Pertunmaan Pieniveden jo olemassa olevaa karkeampaa kymmenen metrin korkeusmallia tarkempi. Laskettuja tuloksia verrattiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) tekemään samanlaiseen kuormitus selvitykseen Pieniveden alueesta vesistömallijärjestelmä VEMALA:lla.</p> <p>Tulokset osoittavat, että kaikkien selvityksessä käytettyjen parametrien osalta Pieniveden tulokuormitus on lähtökuormitusta pienempi. Lautjärven laskupuron ja Leppäsuonpuron valuma-alueet ovat suurina maatalous- ja turvemaina merkittävimpiä Pieniveden kuormittajia. Sitten Hollonjoki sekä Hörhänjoki ja viimeisenä Kaakonlammen laskupuro. Kuitenkin jatkuva ulkoinen kuormitus voi heikentää Pieniveden veden laatua ja sen estämiseksi suositellaan vesiensuojelullisina toimenpiteinä pintavalutus kenttiä, laskeutusaltaita sekä patoja ja Puumavesi-hankkeen menetelmää valumavesien puhdistuloksen parantamiseen.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Pienivesi, kuormitus, tutkimuskohteet, valuma-alueet, parametrit		

Author	Degree	Time
Aki Volanen	Bachelor of Engineering	April 2020
<b>Thesis title</b> Pertunmaa Pienivesi for The load statement of the year 2019		67 pages 8 pages of appendices
<b>Commissioned by</b> South-Savo Centre for Economic Development, Transport and the Environment		
<b>Supervisor</b> Juho Rajala		
<p data-bbox="164 763 300 795"><b>Abstract</b></p> <p data-bbox="164 835 1460 1234">This thesis investigated the amount and location of load flowing into Lake Pienivesi from the nearby drainage basins and various water protection types measures to reduce loading. Six rivers and streams were used as research items in this study: Kaakonlammen laskupuro, Hörhänjoki, Hollonjoki, Lautjärven laskupuro, Leppäsuonpuro and Pankajoki. River Pankajoki represented the output loading, while the rest of the research items represented the input loading of Lake Pienivesi. The results of the examination of the drainage basins, output loading and the input loading were compared to each other in the results. The load included the following parameters: nutrients (phosphorus and nitrogen), solid substance and organic matter. The unit for the amount of load from drainage basins was kilogram per year. In addition one sampling point was in the lake Pienivesi and it was used to estimate the state of loading in the lake itself.</p> <p data-bbox="164 1274 1460 1637">The annual load of the drainage basins trough research items was calculated manually. A map of the drainage basins was created by using spatial information software ArcGIS. Besides the map, ArcGIS also functioned as a tool to measure the areas of the drainage basins, as this information was needed for further calculations and to determine what features and land uses the drainage basins contained. The material for the calculations was provided by an open environment database called HERTTA and the research items flow results were from (ELY) Centre for Economic Development, Transport and the Environment for South Savo. Finally, for more accuracy, the results of this thesis were compared to the calculations and modelling system of Lake Pienivesi conducted by the Finnish environment center (SYKE). The water system model in their study is VEMALA.</p> <p data-bbox="164 1677 1460 1933">The results showed that for each parameter the input load was smaller than the output load. The worst polluters out of the research items were Lautjärven laskupuro and Leppäsuonpuro, followed by Hörhänjoki and Hollonjoki. The weakest polluter was Kaakonlammen laskupuro with the smallest amount of loads are per year. The load from drainage basins can impair the quality of the water in the Lake Pienivesi. It is highly recommended to use overland flows and the settlers as water protection measures. The cleanig performance can be intensified with different dams and the method of the Puumavesi project.</p>		
<p data-bbox="164 1973 320 2004"><b>Keywords</b></p> <p data-bbox="164 2045 1027 2076">Pienivesi, load, research items, drainage basins, parameters</p>		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	VESISTÖJEN REHEVÖITYMINEN.....	8
2.1	Peruspiirteet vesiekosysteemille .....	9
2.2	Järvien ravinnekuormitus .....	10
2.3	Jokien ravinnekuormitus.....	12
2.4	Ulkoisen kuormituksen lähteet .....	13
2.4.1	Haja- ja pistekuormitus.....	14
2.4.2	Metsätalouden vaikutukset vesistöihin .....	15
2.5	Sisäinen kuormituksen vähentäminen.....	16
2.6	Vedenlaatumuuttujia ja laatuluokituksen raja-arvoja .....	17
2.7	Järven kunnostaminen .....	18
2.8	Vesiensuojelun menetelmät .....	18
2.8.1	Suojakaistat ja suojavyöhykkeet.....	20
2.8.2	Kaivu- ja perkauskatkot sekä lietekuopat .....	21
2.8.3	Laskeutusaltaat .....	22
2.8.4	Kosteikot.....	24
2.8.5	Pintavalutuskentät .....	26
2.8.6	Ravintoketjukurkennostus .....	28
2.8.7	Kemialliset kunnostusmenetelmät .....	29
2.8.8	Puumavesi-hanke.....	29
2.9	Vesiensuojelun tehostaminen padoilla .....	31
2.9.1	Putkipato .....	31
2.9.2	Settipato .....	33
2.9.3	Munkki .....	34
2.9.4	V-pato.....	34
3	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	35
3.1	Tutkimuskohteet.....	35

3.1.1	Kaakonlammen laskupuro 177 .....	36
3.1.2	Hörhänjoki 176 .....	37
3.1.3	Hollonjoki 175.....	37
3.1.4	Lautjärven laskupuro 174 .....	38
3.1.5	Leppäsuonpuro 173 .....	38
3.1.6	Pankajoki 017.....	39
3.1.7	Pienivesi 016.....	39
3.2	Valuma-alueiden määrittäminen.....	40
3.3	Kuormituksen arviointi.....	40
3.4	VEMALA.....	41
4	TULOKSET .....	42
4.1	Ominaisuus- ja maankäyttötiedot .....	42
4.2	Vuosikuormitukset tutkimuskohteista .....	44
4.3	Pieniveden näytteenottopiste .....	47
4.4	Lähtö- ja tulokuormitus .....	47
4.5	VEMALA.....	49
4.5.1	Vuosikuormitukset tutkimuskohteista .....	49
4.5.2	Lähtö- ja tulokuormitus .....	51
4.5.3	Kuormitus eri päästölähteistä .....	52
5	TULOSTEN TARKASTELU.....	54
5.1	Ominaisuus- ja maankäyttötiedot .....	54
5.2	Vuosikuormitukset tutkimuskohteista .....	55
5.2.1	Lautjärven laskupuro ja Leppäsuonpuro .....	56
5.2.2	Hörhänjoki ja Hollonjoki.....	57
5.2.3	Kaakonlammen laskupuro .....	58
5.3	Pieniveden näytteenottopiste .....	59
5.4	Lähtö- ja tulokuormitus .....	60
5.5	VEMALA.....	61

5.5.1	Vuosikuormitukset tutkimuskohteista .....	61
5.5.2	Lähtö- ja tulokuormitus .....	61
5.5.3	Kuormitus eri päästölähteistä .....	62
5.6	Vesiensuojelulliset toimenpiteet kuormituksen ehkäisemiseksi .....	62
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	64
	LÄHTEET .....	65

## LIITTEET

Liite 1. Kartta Pertunmaan Pieniveden valuma-alueista

Liite 2. Päästölähteet Kaakonlammen laskupuro, Leppäsuonpuro

Liite 3. Hollonjoen päästölähteet

Liite 4. Hörhänjoen päästölähteet

Liite 5. Pankajoen päästölähteet

Liite 6. Lautjärven laskupuron päästölähteet

Liite 7. VEMALA-vesistömallijärjestelmän simulaatio

Liite 8. VEMALA-vesistömallijärjestelmän simulaatio

## 1 JOHDANTO

Pienivesi on järvi Suomen Etelä-Savon maakunnassa Pertunmaalla ja kuuluu Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY) ympäristövaltuustalueeseen. Ekologiselta tilaltaan Pienivesi on luokiteltu erinomaiseksi [1]. Hyvässä kunnossa olevaa järveä kuitenkin varjostaa riski kuormittumiselle ja ekologisen tilan heikkenemiselle valuma-alueilta laskevan ulkoisen kuormituksen vaikutuksesta.

Pitkäaikaisen kuormittumisen seurauksena järven omassa vesiekosysteemissä alkaa tapahtua epätoivottuja muutoksia. Järvi rehevöityy, vesi samentuu ja eri lajien luonnollinen tila ja tasapaino häiriintyvät. Osa järven lajeista menestyy ja osa kärsii rehevöitymisen takia. Lisäksi rehevöityminen voi aiheuttaa monia viihtyvyyshaittoja, kuten veden limoittumista ja hajuhaittaa. [2.]

Pienivettä ympäröivillä valuma-alueilla on maa- ja metsätaloutta sekä runsaasti haja-asutusta, mitkä voivat kaikki toimia lähteenä ulkoiselle kuormitukselle. Nimestään huolimatta Pienivesi on iso järvi, pinta-alaltaan 816 ha, mutta samalla myös matala, mikä lisää riskiä kuormittumiselle. Viime vuosina Pienivedellä on hoitokalastettu paljon ravinteiden vähentämiseksi ja kuormittumisen estämiseksi. Jatkoa varten kuormitus selvitys on seuraava askel, koska tiedossa ei vielä ole, kuinka suuria määriä valuma-alueilta laskee ulkoista kuormitusta Pieniveteen ja millainen on tarve vesiensuojelullisille toimenpiteille. Valuma-alueilta jokien ja purojen kautta laskevan ulkoisen kuormituksen määrän arviointia ei ole aiemmin tehty.

Pienivesi on Pertunmaan paikallisille ja järven rannalla sijaitsevien kesämökkien omistajille hyvin tärkeä. Siksi ekologiselta tilaltaan erinomaiseksi luokiteltu Pienivesi tulisi saada pidettyä ennallaan. Kuormitus selvityksen tarkoituksena on tutkia valuma-alueilta järveen laskevan ulkoisen kuormituksen määrää vuodessa erilaisia veden laadun parametreja hyödyntäen. Tuloksista selviää tilanne järven kuormittumisesta ja tiedetään, mistä sekä miten paljon kuormitusta Pieniveteen laskee. Lisäksi pystytään ekologisen tilan suojelemiseksi päättämään tarvittavat vesiensuojelulliset toimenpiteet, jotka kohdistetaan niitä tarvitseville kohteille ulkoisen kuormituksen ehkäisemiseksi.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa Etelä-Savon ELY-keskukselle kuormitus selvitys, jossa tutkitaan kuuden tutkimuskohteen (ympäristötyypeiltään jokia tai puroja) kautta Pieniveden merkittävimmät kuormittumista aiheuttavat valuma-alueet sekä tulo- ja lähtökuormitus ravinteiden, kiintoaineen- ja eloperäisen aineksen (CODMn) osalta. Tulokuormitus tarkoittaa ulkoista valuma-alueilta järveen laskevaa kuormitusta ja lähtökuormitus järvestä poistuvaa kuormitusta. Laskennallisia menetelmiä käytetään tutkimuskohteista laskevan kuormituksen arviointiin. Valuma-alueista tehdään kartta, mitä käytetään ominaisuus- ja maankäyttötietojen laskemiseen sekä kuormitusta aiheuttavien lähteiden arviointia varten. Tutkimuskohteiden virtaamapainotetuista pitoisuuksista ja valuma-alueiden pinta-aloista sekä keskivirtaamista lasketaan vuosikuormitukset kilogrammoina. Tuloksia verrataan Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) oman selvityksen tuloksiin, mikä on toteutettu VEMALA-vesistömallijärjestelmällä. Lopulliset johtopäätökset perustuvat kuitenkin opinnäytetyön tuloksiin.

Kuormitus selvitystä varten on kolme tutkimuskysymystä. Onko fosforin, typen, kiintoaineen ja eloperäisen aineksen (CODMn) osalta valuma-alueilta peräisin oleva ulkoinen tulokuormitus lähtökuormitusta pienempi? Mitkä ovat Pieniveden valuma-alueiden tutkimuskohteista merkittävimmät kuormituksen kannalta? Mitä vesiensuojelullisia toimenpiteitä tarvitaan valuma-alueille kuormituksen ehkäisemiseksi?

## **2 VESISTÖJEN REHEVÖITYMINEN**

Perustuotannon kasvu ekosysteemissä tarkoittaa rehevöitymistä. Luonnossa rehevyys ei yleensä ole ongelmallista, koska ilmotä vapaasti tulkittuna rehevöityminen auttaa voimistamaan elämää. Järvet voivat olla luonnostaan reheviä tai karuja. Luonnolliseen tilaan rehevöitymisen osalta voi vaikuttaa esimerkiksi järven maantieteellinen sijainti. Järven luonnollisen tilan muuttuminen rehevöitymisen osalta voi aiheuttaa ongelmia. Kasvava rehevöityminen kuormittaa vesistöjä ja seurauksena lisääntyvät monet ei toivotut elonmuodot, kuten tiivis rantakasvillisuus, roskakalat (esim. särjet) sekä erilaiset levät, esimerkiksi myrkyllinen sinilevä. [2, s. 46.]



Tavallisesti rehevöityminen johtuu ravinteista, joita tulee jostakin syystä ekosysteemiin aiempaa enemmän. Fosfori ja typpi ovat merkittäviä ravinteita kasveille, mutta Suomen luonnossa niiden pieni määrä rajoittaa perustuotantoa, vaikka muut edellytykset kasvulle olisivatkin kunnossa. Ravinteet ovat vielä usein käyttökelvottomassa muodossa kasveille. Valon ja tilan puute sekä perustuotantoa hyödyntävät kasvissyöjät ja kylmyys voivat myös rajoittaa kasvun kasvua. Lisääntynyt lämpökin voi aiheuttaa rehevöitymistä, mutta yleensä rehevöityminen ei johdu pelkästään tavallisista muutoksista luonnossa, vaan myös ihmisen toiminnalla on siihen vaikutusta. [2, s. 46.]

Suomessa vesistöjen rehevöityminen on ongelma, koska meillä on paljon rehevöitymiselle herkkiä pieniä ja matalia järviä. Lisäksi ilmastomme vuoksi vettä sataa enemmän kuin haihtuu. Noin puolet Suomen vuosittaisesta 660 millimetrin sademäärästä haihtuvat ja puolet valuvat mereen pintavesien mukana tai pohjaveteen maaperän kautta. Kymmenesosa Suomesta on vesistöjen peitossa maastomuotojen ja vähäisen haihdunnan vuoksi. [2, s. 46.]

## **2.1 Peruspiirteet vesiekosysteemille**

Kasviplankton ja vesikasvit lisääntyvät vesistön rehevöityessä, mistä voi seurata levien massaesiintymiä, eli leväkukintoja ja veden limaantumista. Perustuotannon lisääntyessä biomassakin lisääntyy yleensä myös seuraavilla tasoilla ravintoketjussa. Keskeisessä asemassa ekosysteemien toiminnalle ovat aineen kierto sekä energian virtaus. Vesiekosysteemiin erilaiset aineet, mukaan lukien ravinteet tulevat ilmakehästä ja maaperästä. [2, s. 47.]

Eniten veden ominaisuudet ovat riippuvaisia vesistöä ympäröivästä valuma-alueesta sekä siitä, miten ihminen sitä muokkaa [2, s. 47]. Valuma-alueella tarkoitetaan aluetta, josta pintavesi kerääntyy johonkin yksittäiselle alueelle tai vesiensuojelurakenteelle [7, s. 13]. Kaukana vesistöstä syntyvät päästöt voivat myös vaikuttaa kuormittumiseen, mikäli ne tulevat ilmakehän kautta. Energian virtaus vesiekosysteemiin on lähtöisin valuma-alueelta tulevasta orgaanisesta aineksesta sekä vedessä elävien levien ja kasvien yhteyttämisestä. Hajottajabakteerit ja muut eliöt hyödyntävät tätä energiaa. [2, s. 47.]

Elämälle edellytykset luovat, valo, happi ja ravinteet. Suomessa valo on tärkein rajoittava tekijä vesikasvien tuotannossa. Valo on merkittävässä roolissa fotosynteesissä, eli yhteyttämisessä. Paikoissa, missä valoa riittää, rajoittavat ravinteet kasvukauden aikaista tuotantoa. Vesiekosysteemissä tuotantoa rajoittavat fosfori tai typpi. Suomen vesissä on typpeä noin milligramma litrassa, eli vedestä miljoonasosa on typpeä. Kasvit tarvitsevat fosforia ja typpeä suhteessa 1:7. Useimmat järvet Suomessa ovat luontaisesti herkkiä fosforikuormitukselle. [2, s. 48.]

Sisävesissä on yleensä 10 - 30 kertaa vähemmän fosforia kuin typpeä, joten yleensä kasvien tuotantoa vähentää liukoisen fosforin saatavuus. Happea on hyvin vähän vesiekosysteemissä. Happea liukenee 14,6 mg litraan 0 °C veteen. Lämpimämpi vesi sisältää vieläkin vähemmän happea. Vesistön pohjaeläinten, kalojen sekä bakteerien laatua ja määrää säätelee vapaan hapsen pitoisuus. Hajotessaan kuollut levä- tai kasvimassa kuluttaa paljon happea. Talvella happi voi loppua kokonaan hyvin matalasta ja rehevästä järvestä. [2, s. 48.]

## **2.2 Järvien ravinnekuormitus**

Pintavesien kasvava ravinnekuormitus voi olla vaarallista vesieläimille sekä ihmisille. Ravinteet typpi ja fosfori rehevöittävät pintavesiä kasvavissa pitoisuuksissa lisäämällä leväkukintoja, mikä muuttaa vesimuodostelman rehevöitymistä kuvaavaa troofista (ravitsemuksellista) tilaa [3, s.1.] Rehevöityminen tarkoittaa ihmistoiminnan seurauksena vesikasveille tärkeimpien ravinteiden (typpi ja fosfori) kertymistä vesistöön [4]. Järviin kertyy myös luontaisesti lisää kasvillisuutta ja ravinteita, mutta ihmisen toiminta nopeuttaa tätä prosessia [2, s. 55].

Erityisesti matalia sekä viljely- ja taajama-alueilla sijaitsevia järviä rehevöityminen koskettaa merkittävästi [4]. Valuma-alueen ollessa suuri ja runsasravinteinen on silloin vesistökin hyvin rehevä. Aluksi rehevöityminen etenee vaihkeasti. Mikroskooppisen pieni kasviplankton sekä kalaverkkoja ja rantakiviä liimaavat levät lisääntyvät ensimmäiseksi. Seuraavaksi rantojen kaislikot, kortteikot, ruovikot, ja kelluslehtiset kasvit. [2, s. 55.]

Kasviplantonilla on lyhyt elinkierto, ja se elää täysin veteen liuenneilla ravinteilla. Veden samentuminen johtuu lisääntyneestä kasviplanktonista. Kuolleen orgaanisen aineksen määrää lisäävät levät ja muu biomassa. [2, s. 56.] Hajoitessaan lisääntynyt kasvimassa kuluttaa vedestä enemmän happea, mikä voi etenkin talvisin aiheuttaa syvänteiden hapettomuutta [4].

Mitä rehevämpi järvi, sitä enemmän happea kuluttavaa hajoitettavaa ainesta riittää. Fosforia sitoutuu hapekkaassa alusvedessä hapettumalla pohjasedimentteihin. Hapen loppuessa olosuhteet muuttuvat pelkistäviksi ja sedimentteihin sitoutunut fosfori vapautuu vesikasvien käytettäväksi. Rikkiyhdisteitä vapautuu myös pelkistävässä reaktioissa. Rehevöitymisestä tulee entistä vaikeampi ongelma ja hallittava prosessi happikatojen seurauksena. [2, s. 56.] Hapettomuus voi aiheuttaa järven sisäisen kuormituksen, jossa pohjasedimentteihin sitoutuneet ravinteet vapautuvat uudelleen veteen. Sisäisen kuormituksen alkaessa rehevöityminen ei johdu enää pelkästään muualta tulleen kuormituksen takia, vaan vesistö alkaa kuormittamaan itseään ravinteilla. [4.]

Ravinteet ovat hyödyksi kaikille kasveille, mutta lopulta muutokset valaistusoloissa ja eliöiden välisessä kilpailussa saavat eri elonmuotoryhmät reagoimaan rehevöitymiseen erilaisesti. Rehevöitymisen seurauksena kelluslehtiset ja ilmaversoiset kasvit lisääntyvät voimakkaasti. Uposlehtisetkin lisääntyvät aluksi, mutta veden samentuminen ja muun kasvuston lisääntyminen aiheuttavat niille myöhemmin ongelmia valonsaannin suhteen. Päällyslevät kasvavat kaikilla vedessä olevilla pinnoilla. Valon väheneminen ja sameus estävät niiden kasvun syvälle veteen, mutta ravinteiden kasvu mahdollistaa niiden voimakkaan sekä nopean lisääntymisen valoisessa vesikerroksessa. Kasvamalla muiden vesikasvien pinnoilla voivat päällyslevät haitata niiden valonsaantia. Veden samentuminen vähentää valoa vesikasveilta, kuten irtokeijujilta ja pohjalehtisiltä. Pienet pohjalehtiset kärsivät rehevöitymistä eniten, koska valo ei samentumisen takia yllä pohjaan asti. [2, s. 58.]

Järvillä on oma kuormituksen sietokyky. Suuren vesitilavuuden omaavat järvet pystyvät ilman näkyviä haittavaikutuksia sietämään pitkään ravinteiden aiheuttamaa kuormitusta. Pienimmissä järvissä rehevöityminen näkyy paljon nopeammin. Näkyvät haittavaikutukset rehevöityneessä järvessä ovat mm. kalaverkkojen ja rantakivien limoittuminen, levien määrän lisääntyminen, leväkuukinnot, muutokset näkösyvyydessä, vesikasvien lisääntyminen ja lajiston muuttuminen sekä hajuhaitat. Lisäksi rehevöityminen voi ilmetä muutoksissa kalakannoissa. Järvellä esiintyy kalakuolemia, arvokalat vähenevät ja roska- kalat (särki) lisääntyvät. Mahdolliset terveyshaitat järven käyttäjille voivat olla ihottumat, järvisyyhy sekä myrkytykset vettä juovilla eläimillä. [4.]

Seurauksena voimakkaasta ravinnekuormituksesta järvessä voi olla ravinteita runsaasti sedimenteissä, vähän uposkaveja sekä hehtaarin alueella satoja kiloja särkikalaja ja vain vähän petokalaja. Rehevöitymisellä on siis vaikutusta kalastukseen. Muuttuneen kalaston suorat ja välilliset vaikutukset rehevöitymisen myötä kasvattavat matalissa järvissä sekä suurten järvien matalilla alueilla levien parhaalla kasvukaudella sisäisen kuormituksen todennäköisyyttä. [5.] Muita eliöryhmiä helpommin kalat voivat ravinto- ja happitilanteen mukaan valita itselleen sopivamman paikan vesistöstä. Muutokset kalastossa voivat kiihdyttää rehevöitymistä. Kasviplanton lisäänty, koska kalat syövät sitä laiduntavaa eläinplantonia. [2, s. 59.]

Ravinnekuormituksen loputtua leväkukintojen määrä todennäköisesti vähenee särkikalojen määrän laskettua riittävästi. Leviä syövän eläinplanktonin merkitys kasvaa ravinteiden saatavuuden vähentymisen takia. Uposkasvillisuuden lisääntyminen suosii särkikalaja syöviä petokalaja sekä leviä ravinnokseen hyödyntäviä vesikirppuja. [5.]

### **2.3 Jokien ravinnekuormitus**

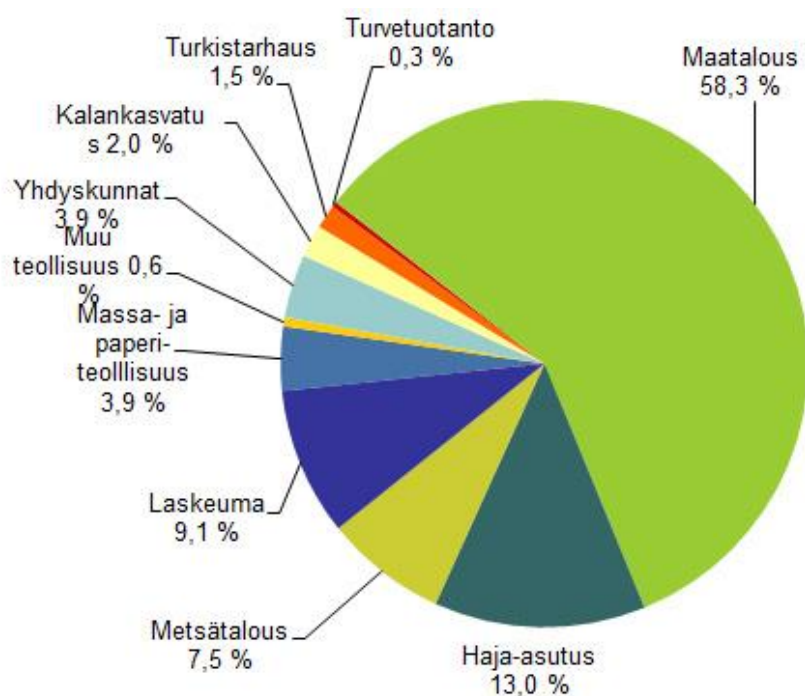
Maahiukkasia kulkeutuu jokiin pintavaluntana. Kohti merta virratessaan veden mukana kulkeutuu koko ajan enemmän maa-ainesta ja ravinteita. Joet rehevöityvät yleensä alajuoksun suuntaan mentäessä. Jokien ravinnepitoisuudet vaihtuvat vuodenajan sekä sääolojen mukaan. Voimakkaat sateet ja sulamisvedet huuhtovat mukaansa kuivan maan ainesta. [2, s. 59.]

Järveen tai mereen ravinnepitoista vettä tuovaa jokea voidaan pitää pistemäisenä kuormituslähteenä. Jokien mukana kulkeutuva maa päätyy tulvamailla lietteenä sekä jokisuistojen ja vesireittien sedimentteihin. Osa ravinteista kulkeutuu kuivalle maalla ja osa vesiekosysteemiin. [2, s. 61.]

Lämpötilakerrostuminen estyy tehokkaasti jokiekosysteemissä virtauksen vuoksi, mikä sekoittaa myös pinnan happea vesimassaan. Jokien happitoisuus vähenee rehevöitymisen seurauksena, mutta varsinaista happikatoa ei pääse juurikaan esiintymään. Joet voivat olla herkkiä voimakkailla kertapäästöille niukan veden aikaan. Suurin osa eliöistä voi kuolla happea kuluttavan tai jollakin muulla tavoin haitallisen päästötulvan takia, mikäli sivuojat eivät laimenna vettä riittävästi. Jokien rehevöityminen vaikuttaa kalastoon ja kasveihin samalla tavalla kuin järvissäkin. [2, s. 61.]

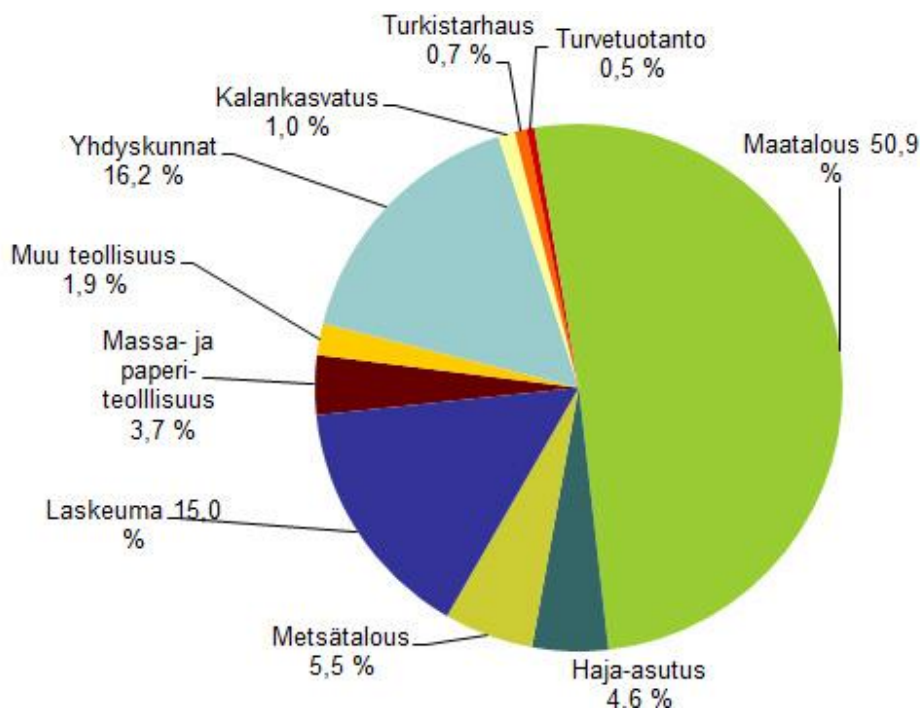
## 2.4 Ulkoisen kuormituksen lähteet

Ulkoisen kuormituksen on peräisin monista erilaisista lähteistä. Merkittävimmät kuormitusta aiheuttavat ravinteet ovat typpi, fosfori ja kiintoaine. Typpi ja fosfori heikentävät laaja-alaisimmin Suomen vesien tilaa eri haja- ja pistelähteistä sekä ilmaperäisestä laskeumasta. [6].



Kuva 1. Fosforipäästölähteet vuonna 2019 [6]

Ihmisen toiminnasta aiheutuva kuormitus molempien ravinteiden osalta ylittävät valtakunnan tasolla selvästi luonnon huuhtouman. Maatalous ja turvetuotanto ovat merkittäviä vesistöjen kuormittajia. Vuonna 2019 fosforin osalta 53,8 % (kuva 1) ja typen 50,9 % (kuva 2) päästöistä oli peräisen maataloudesta. Kiintoaineksen huuhtoutumista edistävät kivennäis- ja turvemaiden käsittelyt, kuten maanmuokkaukset ja ojitukset. [6.]



Kuva 2. Typpipäästölähteet vuonna 2019 [6]

#### 2.4.1 Haja- ja pistekuormitus

Suomessa eniten ravinteita vesistöihin päätyy hajakuormituksesta, mikä tarkoittaa maa- ja metsätaloutta sekä viemäriverkoston ulkopuolista asutusta. Pistemäisiä kuormituksen lähteitä ovat yhdyskunnat ja teollisuus. Haittojen arviointi pistemäisen kuormituksen osalta on helpompaa kuin hajakuormituksen, koska haitat ovat yleensä näkyvämpiä. Lisäksi päästömääristä löytyy runsaasti tietoa vuosien varrelta ja tiedot pistekuormituksesta perustuvat mittauksiin. Hajakuormituksen päästösuudet ovat laskennallisia ja siksi myös epävarmempia. [2, s. 52.]

Huuhtoutuvan typen määrä riippuu paljon sateista. Typestä suurin osa huuhtoutuu veteen nitraatteina ( $\text{NO}_3$ ). Veteen liuennut kasveille suoraan käyttökelpoinen ortofosfaatti ( $\text{PO}_4$ ) rehevöittää tehokkaimmin vesistöjä. Kolme neljäsosaa fosforista kuitenkin kulkeutuu vesistöihin maa-ainekseen sitoutuneena. [2, s. 52.]

Peltojen lannoituksesta syntyy suurin osa maatalouden kuormituksesta. Peltolohkojen huuhtoumiin voivat merkittävästi vaikuttaa maanpinnan muodot, maaperän laatu sekä käytetyt viljelysmenetelmät. Kevättulvien aikaan ravinteita huuhtoutuu eniten, koska vettä virtaa paljon, eivätkä kasvit pidätä ravinteita. Huuhtoutumiseen vaikuttavat myös niin kemialliset tekijät, kuin fysikaalisetkin tekijätkin. Kemiallisista tekijöistä maan happamuus ja ionikoostumus. Fysikaalisista tekijöistä maaperän ilmavuus, lämpötila ja veden varastointikyky. Lisäksi biologialla on myös vaikutusta, kuten maaperän pieneliöillä sekä eloperäisen aineksen määrällä ja laadulla. [2, s. 54.]

#### **2.4.2 Metsätalouden vaikutukset vesistöihin**

Maatalouden ja haja-asutuksen tavoin metsätalouden vesistökuormitus on hajakuormitusta. Pienestä kuormitusosuudestaan huolimatta metsätalouden aiheuttama kuormitusrasitus vesistöihin on hyvin merkittävää, koska metsätaloutta harjoitetaan laajasti ympäri Suomea. Kuormituksen pitkäaikaisuus ja latvavesiin kohdistuminen lisäävät metsätalouden merkittävyyttä vesistöjen kuormituksessa. [7, s. 6.]

Metsätaloudesta aiheutuva vesistökuormitus voidaan jakaa ravinne-, kiintoaine-, metalli-, happamuuskuormitukseen [7, s. 6]. Ravinteiden huuhtoutumista lisäävät ojitukset, maanmuokkaus ja avohakkuut [2, s. 55]. Lisäksi humuskuormitukseen on alettu kiinnittää enemmän huomiota. Humuskuormitus tarkoittaa liukoisen orgaanisen aineksen huuhtoutumista vesistöihin. Metsätalouden osuudeksi ihmistoiminnan aiheuttamasta kokonaiskuormituksesta on arvioitu olevan fosforin osalta noin 6 % ja typen 5 %. Vesistöihin tulevasta fosforikuormasta luonnon huuhtouman osuus on noin kolmannes ja typpikuorman osalta 37 %. Metsätalouden aiheuttama kiintoainekuormitus on ravinnekuormitusta merkittävämpi. Latvavesissä on helpoiten havaittavissa metsätalouden aiheuttama kuormitus. [7, s. 6.]

Kuormituksen suuruuteen metsätaloustoimien osalta vaikuttavat kohdealueen maaperän ominaisuudet, maaston muodot (topografia) ja eniten käytetty toimenpide sekä sen etäisyys vesistöön. Sademäärällä on myös vaikutusta. Kuitenkin viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana tehostuneet vesiensuojelukeinot ovat auttaneet vähentämään metsätalouden aiheuttamaa kuormitusta. [7, s. 6.]

Valumavesien mukana kulkeutuva kiintoaine on suurin yksittäinen metsätalouden aiheuttama vesistöjen kuormittaja. Kiintoaine aiheuttaa vesistöissä liettymistä ja sen orgaaninen aines kuluttaa vedestä myös enemmän happea. Ravinteet typpi ja fosfori kulkeutuvat yleensä kiintoaineeseen sitoutuneena ojitusalueiden valumavesissä vesistöihin. [7, s. 7.]

Uudishakkuiden hakkuutähteistä vapautuneet ravinteet ja metsien lannoitus voivat myös kuormittaa vesistöjä. Hakkuut ja lannoitus aiheuttavat molemmat enimmäkseen ravinnekuormitusta. Lisäksi kiintoainekuormitusta voivat aiheuttaa kantojen nostot ja metsäautoteiden rakentaminen. Harvennushakkuissa ja metsänhoidossa on pienimmät riskit vesistökuormitukselle. Päätehakuut ja lannoitukset ovat merkittävämpi riski, mikä on turvemaidella kivennäismaihin verrattuna suurempi. Kiintoainehuuhtouman riski on merkittävä kunnostusojituksissa. Riskit maanmuokkauksessa syntyvät johdettaessa vettä paikasta toiseen, esimerkiksi ojitusmätästyksessä. [7, s. 7.]

## **2.5 Sisäinen kuormituksen vähentäminen**

Järven kunnostaminen on pitkä prosessi, jossa valuma-alueelta tulevan ulkoisen kuormituksen lisäksi tulee huomioida myös kohdejärvessä tapahtuva sisäinen ravinnekuormitus. Usein pelkkä ulkoisen kuormituksen vähentäminen ei ole riittävää, vaan järven sisäinen kuormitus vaatii myös kunnostustoimenpiteitä. [16.] Sisäisen kuormituksen vähentämiseksi on erilaisia kemiallisia ja ravintoketjukurkennostusmenetelmiä (hoitokalastus). Kunnostamisen jälkeen järven vedenlaatua ja kalastoa on seurattava. Lisäksi säännöllisin väliajoin on tehtävä täydentäviä toimenpiteitä, mikäli kuormitusta ei ole pystytty vähentämään tarpeeksi. [5.]



## 2.6 Vedenlaatumuuttujia ja laatuluokituksen raja-arvoja

**Kokonaisfosfori** tarkoittaa kokonaismäärää fosforin eri muodoille vedessä, mikä on tärkeä veden ravinnepitoisuuden parametri rehevyyttä arvioitaessa. Veden rehevyystasoa kuvaavat parhaiten kesällä otetut näytteet. Luonnon huuhtoutumana fosforia kulkeutuu vesistöihin rapautumalla fosforipitoisista kivistä sekä ihmistoiminnasta. Esimerkiksi maa- ja metsätaloudesta, turvetuotannosta, asutuksen ja teollisuuden jätevesistä sekä kalankasvatuksesta. [8.]

**Kokonaistyyppi** on myös rehevöitymisen arvioinnissa fosforin lisäksi tärkeä parametri. Kesällä otetut näytteet kuvaavat veden rehevyystasoa parhaiten. Yleisiä lähteitä kuormitukselle ovat asutuksen ja teollisuuden jätevedet sekä maa- ja metsätalous. Kesän ja syksyn pienien virtaamien aikana ravinnekuormitus on suurimmillaan, koska perustuotanto on voimakkaimmillaan ja pitoisuuksien laimeneminen vähäistä. [8.]

**Kiintoaine** on hiukkasmaista ainesta vedessä. Pitoisuutta lisäävät mm. näytteessä runsas biomassa, jätevesikuormitus ja eroosion kuljettama aines, eli savisamennus. Kiintoaineen pitoisuus vaihtelee voimakkaasti jokivesissä. Pitoisuudet ovat talvella pieniä ja sitten taas suuria ennen ensimmäistä tulvahuippua. Kiintoainekulkeuma on yleensä kesällä vähäistä ja syksyllä rankkojen syysateiden jälkeen melkein yhtä suuri kuin keväällä sulamisvesien aikaan. [8.]

**Klorofylli-a** kuvaa vedessä lehtivihreällisten plantonelevien runsautta ja veden rehesyystasoa. Näytteet otetaan kesällä, ja niiden arviointi sopii järviin jokia paremmin. [8.]

**Kemiallinen hapenkulutus (CODMn)** kuvaa veden kemiallista hapenkulutusta, eli kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrää. Eloperäinen aines voi olla esimerkiksi humusta, karjatalouden päästöjä, luonnonhuuhtoumaa tai jätevettä. CODMn-arvot vaihtelevat valumaolojen mukaisesti. [8.]

Taulukko 1. Raja-arvoja pitoisuuksille veden laatuokittelussa [8]

<i>Vedenlaatu- muuttuja</i>	<i>Karu</i>	<i>Lievästi rehevä</i>	<i>Rehevä</i>	<i>Erittäin rehevä</i>
<i>Kokonaisfosfori</i>	<15 µg/l	15-15 µg/l	25-100 µg/l	>100 µg/l
<i>Kokonaistyyppi</i>	<400 µg/l	400-600 µg/l	600-1500 µg/l	>1500 µg/l
<i>Klorofylli-a</i>	<3 µg/l	3-7 µg/l	7-40 µg/l	>40 µg/l

<i>Vedenlaatu- muuttuja</i>	<i>Kirkas</i>	<i>Väritön</i>	<i>Humusvedet</i>
<i>CODMn</i>	<4 mg/l	4-10 mg/l	10-20 mg/l

## 2.7 Järven kunnostaminen

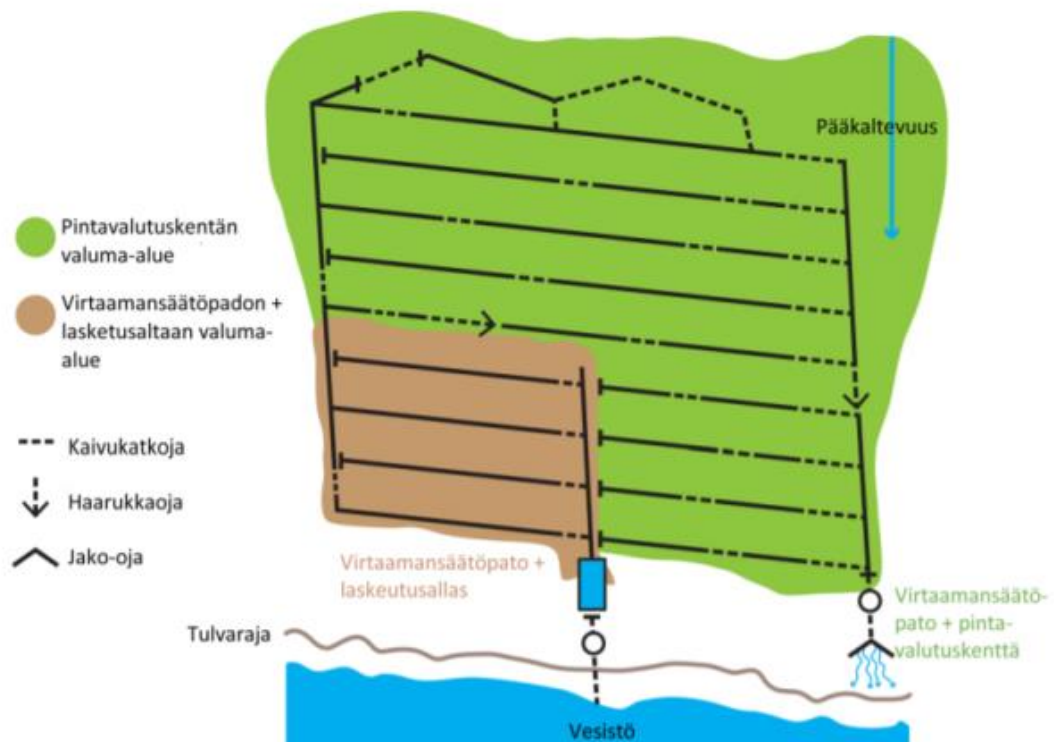
Suomessa yleisimpiä syitä järven kunnostamiselle ovat rehevöityminen, umpeen kasvu ja mataloituminen. Kunnostamiseen voidaan käyttää erilaisia vesiensuojelumenetelmiä. Ensisijaisena kunnostusmenetelmänä tulee vähentää järven ulkoista kuormitusta. Mikäli järveen tulevaa ulkoista kuormitusta valuma-alueilta ei vähennetä tai ehkäistä sekä ravinne- ja kiintoainekuormitus ovat liian suuria, toivottuja pysyviä vaikutuksia ei ole mahdollista saada aikaan tehokkaillakaan toimenpiteillä. [9.]

Järven valuma-aluetta on aina tärkeä tarkastella kunnostuksen yhteydessä, koska se on ulkoisen kuormituksen lähde. Kunnostustoimet koskevat siksi myös valuma-alueita, eivätkä pelkästään kohdejärveä. [9.] Päämääränä kuormituksen vähentämisessä on kuormituksen syntymisen estäminen ja pidättäminen lähellä sen syntypaikkaa erilaisilla vesiensuojelun menetelmillä [4].

## 2.8 Vesiensuojelun menetelmät

Ulkoista kuormitusta voidaan vähentää järvien suojelemiseksi. Maatalousvaltaisella valuma-alueella käytettäviä ravinteita voidaan vähentää peltojen lannoituksen sopivalla ajoituksella ja lannoitemäärien säätelyillä. Keveillä maanmuokkausmenetelmillä sekä säätösalojituksella vähennetään ja pidätetään ravinteiden valumista järviin. [10.]

Pelloilta ja ojitetuilta metsäalueilta valuvia ravinteita vähentävät ja pidättävät esimerkiksi kosteikat, laskeutusaltaat, suojavyöhykkeet/kaistat sekä pintavalutuskentät. Jo vedessä olevaa kiintoainesta voidaan pysäyttää laskeutusaltailla, purojen ja valtaojien pienillä patoaltaiden ketjuilla sekä lietekuopilla. Lisäksi useita eri vesiensuojelukeinoja voidaan yhdistää, käyttää samanaikaisesti ja tehokkuutta parantaa (Kuva 3). Esimerkiksi laskeutusaltaiden toimintaa voidaan tehostaa putkipadoilla veden virtausnopeuden hidastamiseksi, mikä saa kiintoaineen ja siihen sitoutuneet ravinteet pidättymään altaaseen paremmin. Vesiensuojelukeinoja turvetuotannon osalta ovat laskeutusaltaiden ja pintavalutuskenttien lisäksi sarkaojarakenteiden perustaminen sekä veden puhdistaminen kemiallisesti. [10.]



Kuva 3. Kunnostusojitusalueeseen on yhdistetty eri vesiensuojelumenetelmiä. Virtaamansäätöpato on yhdistetty laskeutusaltaaseen ja pintavalutuskenttään [11, s. 10]

### 2.8.1 Suojakaistat ja suojavyöhykkeet

Metsien hakkuissa on tärkeää vesiensuojelun kannalta jättää puustoisia suoja-kaistoja tai suojavyöhykkeitä vesistöjen reunoille. Niiden tarkoitus on vähentää pelloilta pintavalumina vesistöön tulevia kiintoaine- ja ravinnehuuhtoumia. Pintavalunnan hidastuessa suojakaistassa kiintoaine pidättyy kasvustoon ja osa siitä imeytyy maaperään. Suojakaistat ovat tasaisille ja loiville pelloille, joiden kaltevuus on alle 3 %. Suojavyöhykkeet ovat jyrkemmille pelloille, joiden kaltevuus on yli 3 %. [12, s. 93.]

Tarve suojakaistalle riippuu siitä, määritelläänkö uoma valtaojaksi vai puroksi. Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmä edellyttää, että keskimäärin vähintään kolme metriä leveä suojakaista on perustettava valtaojia suurempien vesiuomien, lampien, järvien sekä salaojavesikaivojen ympärillä ja merien rannoilla sijaitseville pelloille. Suojavyöhykkeen leveyden tulee korvausehtojen mukaan olla 15 metriä. [12, s. 93.]

Suoja-alueen leveys ja kasvillisuus auttavat ensisijaisesti ravinteiden ja kiintoaineen vähentämisessä [12, s. 93]. Leveys riippuu vesistön tai pienveden tyypistä, luonnontilaisuudesta, maanpinnan kaltevuudesta, maalajista ja pintaveden liikkumisesta. Hienojakoisilla maalajeilla (savi, hiekka, hieta, hiesu sekä moreenit) ja vahvasti veteen päin kaltevilla uudistusaloilla tarvitaan erityisesti pintavesien purkautumiskohdissa karkeajakoisia sekä tasaisia maita leveämpi suoja-alue. Leveyttä mitoittaessa vesistön tulvimisen mahdollisuus on otettava huomioon, koska tulvan sattuessa kiintoaine ja ravinteet voivat huuhtoutua vesistöön. [7, s. 13.]

Suojakaistoilla ja suojavyöhykkeillä voi kasvaa nurmikkoa, yksittäisiä puita ja pensaita [12, s. 93]. Pensaskerroksen jättäminen, kasvinsuojeluaineiden käytämisen välttäminen ja maanpinnan rikkomattomuus auttavat alkuperäisen kasvillisuuden säilymisessä sekä vähentävät vesistön kuormituksen lisäksi myös eroosiota suoja-alueella. Koneilla liikkumista tulee välttää vesistöjen suoja-alueille, koska niiden liikkumisen aiheuttamat painanteet voivat heikentää niiden tehokkuutta. Koneiden aiheuttamat painanteet voivat toimia myös oikovirtausuomina. Lisäksi suojakaistojen ja vyöhykkeiden välttämättömiä ylitksiä tulisi vähentää. [7, s. 13.]

### 2.8.2 Kaivu- ja perkauskatkot sekä lietekuopat

Kaltevuuden salliessa ojakohtaista kiintoainekuormaa voidaan vähentää ojan jätetyillä kaivu- tai perkauskatkoilla. Kaivukatkot toimivat eräänlaisina pintavalutuskenttinä pienoiskoossa ja ovat ojiin tai naveroihin kaivamatta jätettäviä osuuksia, joissa maanpinta on koskematon. Kaivukatkopituus on riippuvainen maalajista sekä virtaaman määrästä ja pituus vaihtelee muutamasta metrissä muutamaan kymmeneen metriin. Lyhyitä kaivukatkoja voidaan käyttää, jos varmistetaan, että tulva-aikana kaivukatkon muodostama kynnyks ei huuhtoudu pois. Perkauskatkot ovat vanhojen ojien perkauksen aikana ojiin jätettyjä muutamametrin mittaisia perkaamattomia osuuksia. Veden virtausnopeutta hidastavat kasvava rahkasammal- ja ruohokasvustot, mitkä myös suodattavat epäpuhtauksia perkauskatkon läpi virtaavasta vedestä. [7, s. 13.]

Lietekuopat ovat noin 100 metrin välein uusiin perattaviin ojiin kaivettavia syvennyksiä sarkaojassa (Kuva 4) [7, s. 14]. Karkea kiintoaines pidättyy lähinnä kaivuuajana ja muutama vuosi sen jälkeen lietekuoppaan, kun kiintoainetta huuhtoutuu suurempia määriä. Tilavuudeltaan lietekuopat ovat 1 - 5 kuutiometrin syvennyksiä ja lietekuopan pohja on yleensä 1 - 1,5 metriä syvemmällä, kuin sarkaojan pohja. Lietetaskusta puhutaan silloin, kun lietekuoppa on pitkä ojan sivulla laajeneva syvennys. Lietekuopat sijoitetaan paikkoihin, joissa veden virtaus hidastuu luontaisesti ja samaan sarkaojaan voidaan kaivaa peräkkäin useita lietekuoppia. [13.]



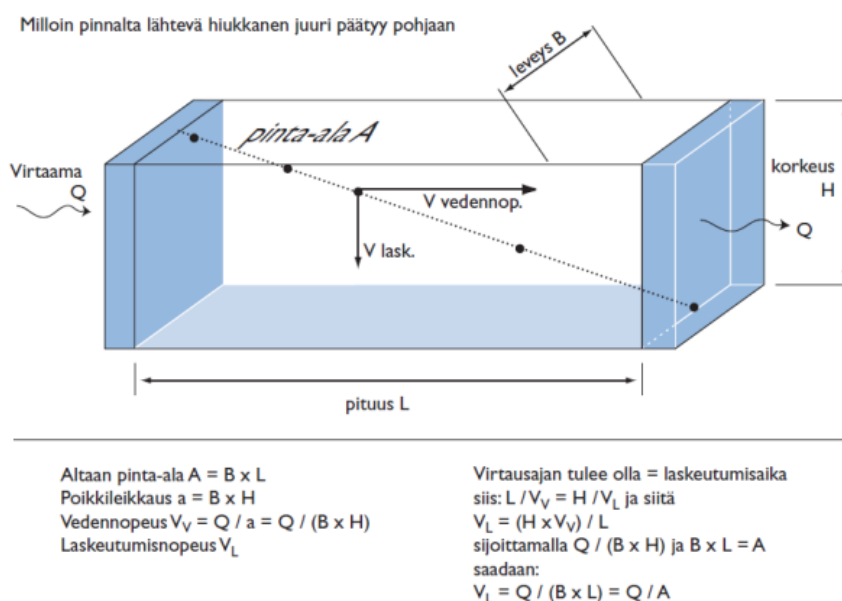
Kuva 4. © Liisa hämäläinen. Ojien vesiä voidaan ohjata lietekuoppiin [13]

### 2.8.3 Laskeutusaltaat

Laskeutusaltaat ovat syvennyksiä, joiden tarkoitus on poistaa sinne ohjatuista valumavesistä kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Uomassa liikkuva kiintoaine siis pysäytetään. Laskeutusaltaat kaivetaan uomaan tai sen yhteyteen, ja ne kannattaa kaivaa virtauksen kannalta sellaisiin paikkoihin, missä virtaus on hidasta, koska silloin allas on myös helpompi tyhjentää. [13.]

Kunnostusojitushankkeissa laskeutusaltaat ovat tavallisia täydentäviä vesiensuojeluratkaisuja. Ensisijaisina vesiensuojeluratkaisuuksina laskeutusaltaita ei tule käyttää. Laskeutusaltaat hidastavat veden virtausnopeutta ja laskeuttavat mukana kulkevat hiukkaset altaan pohjalle. Valumavedestä pystytään laskeutusaltailta vähentämään tehokkaasti kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Käyttökelpoisimmillaan laskeutusaltaat ovat ojitusalueilla, joiden pohjamaa on keskikarkeaa tai karkeaa kivennäismaata. [7, s.16.]

Laskeutusaltaiden toimintaperiaate on hidastaa virtausnopeutta (Kuva 5). Korkeintaan virtausnopeuden tulee olla 1 - 2 cm/s ja veden viipymän on oltava altaassa vähintään yksi tunti. [13]. Hidastuneita partikkeleita eteenpäin kuljettava virtaava vesi antaa viipymän puitteissa partikkeleille aikaa laskeutua altaan pohjalle [12, s. 93]. Samaan aikaan hidastuvan virtausnopeuden lisäksi prosessia auttaa tietysti myös painovoima, mikä liikuttaa partikkeleita alaspäin kohti altaan pohjaa [7, s.17].



Kuva 5. Laskeutusaltan teoreettinen malli [12, s. 95]

Laskeutusaltaiden suunnittelussa on otettava huomioon, että ne tulee tehdä paikkoihin, joissa virtaus on luontaisestikin hidasta ja altaiden tulee olla riittävän kaukana laskuojan suusta [13]. Altaat eivät saa jäädä tulva-alueelle, koska tulvat huuhtoisivat altaaseen pidättyneen kiintoaineen sekä läjitysmaat vesistöön tulva-aikana [7, s.16]. Syöpymisen välttämiseksi altaiden reunat kaivetaan loiviksi. Reunojen tulee olla niin loivia, että myös mahdollisesti laskeutusaltaaseen joutuneet eläimet pääsevät altaasta pois. [13.]

Leveyden ja pituuden suhteen tulisi olla laskeutusaltaassa 1:3-1:7 välillä. Kuitenkin pienien altaiden mitoituksessa vesipoikkileikkaus määrittää altaan minimileveyden. Pitkänomaisessa altaassa on tavoitteena saada vesi jakautumaan koko altaan levydelle tasaisesti, mikä lisää toimivuutta (Kuva 6). Kiintoaine laskeutuu vain niissä osissa allasta, missä vesi vaihtuu. Suorakulmaisissa altaissa ongelmia aiheuttavat tulo- ja purkupäät, koska niiden kulmissa vesi ei vaihdu. [7, s 60.]



Kuva 6. © Pinja Kasvio. Laskeutusaltan muoto on tärkeää toimivuuden kannalta [11]

Hienoa hietaa ja karkeampaa maa-ainesta poistavalle laskeutusaltaalle enimmäisvaluma-alue on 40 - 50 hehtaaria [7, s.16]. Laskeutusaltaille sopiva allaspinta-ala on 3 - 8 m<sup>2</sup>/valuma-aluehehtaari ja altaan lietetilavuus 2 - 5 m<sup>3</sup>/valuma-aluehehtaari [13]. Perusteena käytetyn maalajin hiukkasen tulee pidettyä laskeutusaltaaseen, mikä toimii laskeutusaltaiden mitoitusperiaatteena. Yleensä maalajina käytetään hienoa hietaa, mikä saa läpimitaltaan 0,02 millimetriä suuremmat hiukkaset pidättymään altaaseen. [7, s.17.]

Jos maalajit altaan yläpuolisesta ojustosta tunnetaan hyvin, voidaan mitoituksessa käyttää myös karkeamman maalajin mitoitusta. Tällöin mitoitus perustuu altaaseen tulevan lietteen määrän arvioon ja sen varastoimista varten tarvittavaan tilavuuteen. Laskeutusaltaan suunnitelmasta tulee aina näkyä mitoituksen perusteena käytetty maalajite. Kahden peräkkäisen altaan rakentaminen ei vähennä alemman altaan mitoitusvaluma-aluetta, mikä pitää huomioida myös mitoituksessa, koska mitoitus perustuu maalajiin ja vesimäärään. [7, s.17.]

#### **2.8.4 Kosteikot**

Suuren osan vuodesta kostena sekä veden peitossa olevaa luontaista tai rakennettua vesialuetta, ja sen rantavyöhykettä kutsutaan kosteikoksi. Laskeutusaltaan tavoin voidaan kosteikko tehdä puron tai ojan yhteyteen patoamalla tai kaivamalla. Kosteikko on laskeutusallasta laajempi kasvillisuuden peittämä ja osittain tai kokonaan matala. Uomassa virtaavaa kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita, erityisesti fosforia pyritään pidättämään kosteikoilla. Kiintoaineen ja fosforin lisäksi kosteikot auttavat vähentämään myös liukoisen tyypin, raudan ja torjunta-aineiden pitoisuuksia vedessä. [12, s. 95.]

Tärkeimmät puhdistusprosessit kosteikossa laskeutumisen lisäksi ovat liukoisten ravinteiden kemialliset ja biologiset reaktiot sekä pidättyminen kasvustoon. Kosteikon vaihtelevat olosuhteet mahdollistavat nitraattityypin vapautumisen ilmaan. Puhdistusprosesseja parantavat kasvillisuuden ravinteiden sitominen ja hapen tuottaminen veteen. Kuitenkin lakastuessaan sekä hajotessaan kasvillisuus vapauttaa ravinteita ja kuluttaa happea. [12, s. 95.]

Riittävä veden viipymä on merkittävä tekijä kosteikon toimivuuden kannalta ja tämän takia kosteikon tulee suhteessa yläpuoliseen valuma-alueeseen olla riittävän suuri (Kuva 7). Lisäksi puhdistustulokseen vaikuttavat myös mitoitus ja rakenteiden muotoilu. Kosteikossa veden tulisi kiertää tasaisesti, eikä liian suurilla virtausnopeuksilla ja oikovirtauksilla tulisi syntyä. Valuma-alueelta tulevan veden laatuun vaikuttavat valuma-alueen ominaisuudet, esimerkiksi maalajit ja maankäyttö. [12, s. 95.]



On edullisempaa mitoituksen, rakentamisen ja hoidon kannalta tehdä valuma-alueen alaosaan sijoitettavien ison laskeutusaltaan ja kosteikon sijasta useampia pienempiä altaita sekä kosteikkoja eri puolille valuma-aluetta. Pienemmät laskeutusaltaat ja kosteikot olisi sijoitettava lähelle peltoalueita, koska peltoalueilta purkautuvien valumavesien ravine- ja kiintoainepitoisuudet ovat usein muihin alueisiin verrattuna korkeampia. [12, s. 95.]



Kuva 7. © Pinja Kasvio. Kosteikkoon alkaa kehittyä luontaisesti kasvillisuutta perustamisen jälkeen seuraavana kesänä [17]

Erilaisten kasvillisuusalueiden aikaansaamiseksi kosteikon tulisi olla monimuotoinen, suhteellisen matala ja syvyydeltään vaihteleva. Sopiva vesisyvyys on yleensä 0,5 - 1,0 metriä, matalilla alueilla alle 0,5 metriä. Muoto kosteikolle määräytyy maaston mukaan, mutta reuna-alueiden kaivuulla tai patopenkeen sijoituksella voidaan myös vaikuttaa kosteikon muotoon. Oikovirtauksien estämiseksi tai rajoittamiseksi on yleensä tarpeen ohjata veden virtausta pitkitämällä ja niemekkäillä. Näin vesimassa saadaan liikkumaan tasaisesti sekä puhdistumaan kosteikossa, mikä samalla lisää maiseman ja luonnon monimuotoisuutta. Saaret, niemet ja penkereet tulee muotoilla loivarantaisiksi sekä kaareviksi ja liittää jo olemassa oleviin maaston muotoihin. Mikäli kosteikkoon halutaan yhteistä ja avointa vesipintaa, voidaan veden virtausta ohjata vedenalaisilla kynnyksillä, mitkä ulottuvat kosteikon poikki. [12, s. 95.]

### 2.8.5 Pintavalutuskentät

Valumavesien ravinteita ja kiintoainesta voidaan pidättää pintavalutuskentillä, joissa hyödynnetään ojittamattomia ja ojitettuja soita sekä kivennäismaa-alueita. Pintavalutuskentällä tarkoitetaan metsätaloudessa aluetta, joka jää vesistön ja metsänkäsittelyalueen väliin, minne ohjataan laskeutusaltaan kautta valumavedet metsänkäsittelyalueelta. Vesi johdetaan pintavalutuksessa pintakasvillisuuden sekaan, mikä saa veteen lienneet sekä huuhtoutuneet epäpuhtaudet tehokkaasti sitoutumaan pintamaahan ja sen kasvillisuuteen. [7, s. 14.]

Tasainen maa-alue sopii hyvin pintavalutukseen, vedet suodatetaan maaperän kasvillisuuden läpi, mikä hidastaa veden liikettä ja saa sen leviämään laajalle-alueelle tasaisesti. Pintavalutuskenttiä perustettaessa on tärkeää huomioida oiko- ja pintavirtaukset, mitkä heikentävät puhdistustulosta. Oikovirtauksia syntyy helposti pinnanmuodoiltaan vaihteleville alueilla ja nopeita pintavirtauksia voimakkaasti vietteleville rinteille. Mikäli olosuhteet mahdollistavat, on suositeltavaa käyttää pintavalutusta uudistusalojen ojankaivuussa ja- perkauksessa. [7, s. 14.]

Jako-ojilla ja ojitusjärjestelyillä voidaan rajoittaa pintavalutuskentälle menevän veden määrää. Ravinteet pidättyvät pintavalutuskentissä suoalueilla kentän ylimpiin- ja turvekerrokseen, mitkä läpäisevät vettä. Hyvän puhdistustuloksen saavuttamiseksi valumaveden on oltava turpeen kanssa mahdollisimman hyvässä kosketuksessa, mikä saavutetaan hyvällä suunnittelulla ja toteutuksella. [7, s. 14.]

Maan pintaa ei tule rikkoa ja pintakasvillisuutta vaurioittaa. Usein on tarpeen kaivaa pintavalutuskentän yläpuolelle kamman muotoinen jako-oja, koska puhdistetun veden on tasaisesti jakauduttava koko alueelle pintavalutuskentässä. Tarvittaessa ennen jako-ojan kaivamista pintavalutuskentän yläpuolelle voidaan kaivaa myös laskeutusallas pidättämään veden mukana virtaavan karkeimman kiintoaineen. [7, s. 14.]

Uuden laskuojan perkaamista ei tarvita, jos pintavalutuskentältä vedet suunnitellaan ohjautumaan kentän alapuolella sijaitseviin vanhoihin ojiin. Lisäksi pintavalutuskentälle oikoviratauskohtiin voidaan myös upottaa vesivanerilevyjä virtauksia estämään. Ojittamattomalla suoja-alueella sijaitsevalta pintavalutuskentältä ei tarvitse tehdä kentältä pois johtavia uomia, mikäli vettymishaittaa ei aiheudu ympäristölle alueelle lisääntyvästä vesimäärästä. [7, s. 14.]

Onnistuneeseen puhdistustulokseen vaikuttavat pintavalutuskentän koko, kaltevuus, kentälle tulevan veden määrä, hyötyala, kasvillisuus ja turvekerroksen paksuus. Pintavalutuskentän on oltava suuri, jotta se kunnolla hidastaisi veden virtausta ja suodattaisi vettä maan pintakerroksen ja kasvillisuuden läpi. Suositus kentän pinta-alalle on noin yksi prosentti yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta. Jos suositeltavaa pinta-alaa kentälle ei löydy, niin kannattaa joka tapauksessa hyödyntää kuitenkin se ala, mikä on käytettävissä, vaikka pidätysteho laskeekin. Sopivia kohteita hanketasolla voi löytää helpommin pienialaisille pintavalutuskentille kuin suurialaisille. Pienialaisia pintavalutuskenttiä voi myös sijoittaa peräkkäin useita sekä yhdistää muihin vesistönsuojelurakenteisiin. Esimerkiksi virtaamansäätörakenteiden ja laskeutusaltaiden alapuolelle. Virtaamansäädön yhdistäminen pintavalutukseen voi saada aikaan kohtuullisen pidätyksen jo 0,15 % kokoseilla pintavalutuskentällä. [7, s. 15.]

Kaivuuteknisesti pintavalutuskentän valuma-alueen raja-alue on tehtävä niin, että vedet valuvat pintavalutuskentälle alle 50 hehtaarin alueelta. Vedet eivät saa päästä seisomaan tai patoutumaan kentälle. Pintavalutuskenttää tehdessä vanhoja oja tukkimalla veden pinta voi kentän yläpuolisissa ojissa nousta. Jotta pintavalutuskenttä ei heikennä ojituksen hyötyalueella puiden kasvua, tulee kentälle valuvan veden pinnan tason olla ojituksen hyötyalueen maanpinnan tasoa alhaisempi. [7, s. 14.]

Pintavalutuskentälle suositellaan jätettäväksi taloudellisesti vähäarvoinen puusto ja pensaikko. Taloudellisesti ja mahdollisen vesistökuormituksen kannalta muun puuston poistaminen on suositeltavaa. Ravinnekuormituksen välttämiseksi hakkuutähteet kerätään pois pintavalutuskentältä. [7, s. 15.]

### 2.8.6 Ravintoketjukurkunnostus

Ravintoketjukurkunnostus on biomanipulaatiota, jossa järven hyvän tilan ylläpitämiseksi ja huononemisen ehkäisemiseksi voidaan tehdä valikoivaa poistokalastusta sekä muita ravintoketjuun kodistettuja toimepiteitä. Esimerkiksi ylitiheän särkikalakannan vähentäminen hoitokalastuksen avulla. Särkikalojen hoitokalastus on tärkeä kunnostustoimenpide järvelle rehevöitymisen vähentämiseksi, koska järven sisäistä kuormitusta, sinilveäkukintoja sekä korkeaa fosforipitoisuutta saattaa edistää runsas särkikalakanta. Hoitokalastuksen lisäksi ravintoketjukurkunnostukseen voi kuulua petokalojen istutuksia, kalastuksen ohjausta ja kalojen elinympäristön hoitoa. Riittävä rehevän järven särkikalastus parantaa huomattavan paljon näkösyvyyttä sekä vähentää merkittävästi leväkukintoja ja sisäistä fosforikuormitusta. [5.]

Yksi kilogramma särkeä sisältää 5,9 g fosforia ja 26,7 g typpeä [18, s. 11]. Saalistavoitteet ravintoketjukurkunnostuksessa ovat järven fosforipitoisuudesta riippuen 50 - 150 kg/ha/v. Merkki korkeasta sisäisestä ja ulkoisesta kuormituksesta on veden fosforipitoisuuden ollessa jatkuvasti yli 100 µg/l. [5.]

Ravintoketjukurkunnostuksella voidaan saada näkyviä vaikutuksia järven tilan paranemisesta, mitkä jäävät kuitenkin lyhytaikaisiksi, mikäli ulkoista kuormitusta ei vähennetä tai kaloja ei hoitokalasteta koko ajan. Ravintoketjukurkunnostuksessa käytettyyn menetelmään tai menetelmiin vaikuttavat petokalojen koostumus, kohdelajit ja niiden ikäjakauma sekä järven koko, muoto, syvyysuhteet ja pohjanlaatu. [5.]

Ravintoketjukurkunnostuksen suunnittelussa on selvitettävä järven petokalojen tila sekä hoitotavoitteet- ja toimenpiteet. Petokaloista ahven, toutain, hauki ja kuha syövät pikkukalaa vuodessa 3 - 5 kertaa oman painonsa verran. Nuorten särkikalojen määriä voidaan säädellä, mikäli petokaloja noin 30 % kalabio- massasta. Lievästi rehevöityneen järven, jonka kalastossa on petokaloille hyvin sopivaa ravintoa (särkeä, salakasta) ensisijaisena kunnostus- tai hoitotoimenpiteenä voi olla petokalakantojen vahvistaminen. [5.]

### 2.8.7 Kemialliset kunnostusmenetelmät

Kemiallisiin kunnostusmenetelmiin kuuluvat hapettaminen ja fosforin sitominen kemiallisesti sedimentteihin. Fosforin sitouttamiseen käytetään alumiinia (Al), joka on maankuoren yleisin metalli ja sitä on käytetty järvien sisäisen fosforikuormituksen vähentämiseen esimerkiksi Ruotsissa jo yli 50 vuotta. Alumiinin käytössä oikea annostelu on tärkeää, ettei pH:n lasku alumiinikemikaalien takia aiheuta kalakuolemia. Korkea pH voi viitata rehevöitymiseen, ja mikäli nousu johtuu vesikasvillisuuden tai levien yhteyttämisen vuoksi, voi alumiiniin sitoutunut fosfori vapautua sedimentistä takaisin järveen. [16.]

Rehevän järven kunnostuksessa alumiinikloridin ( $\text{AlCl}_3$ ) käyttö vaatii ympäristöluvan hakemista. Lupaa varten on esitettävä annostuslaskelmat, tarkat perustelut menetelmän käytön tarpeellisuudesta, vaikutusarviointi ja varasuunnitelma siltä varalta, että tulee ongelmia. Esimerkiksi kalakuolemat, veden liiallinen happamoituminen (pH:n lasku). Käsittelyn tulosten seurannasta on oltava myös suunnitelma. [16.]

Alumiinikloridin käsittely sopii Suomessa lähinnä pieniin järviin. Käsittelyä varten järvien tulee olla seurantatietojen mukaan voimakkaan sisäisesti kuormituneita ja ekologisen tilan on oltava huono tai välttävä. Järven lähialueen toimijoilta on myös kannattavaa hakea laajaa tukea kemikaalikäsittelyn suunnittelua ja ympäristölupaa varten, jotta kunnostushanketta eivät pysäytä mahdollisesti valitukset ympäristöluvasta. [16.]

### 2.8.8 Puumavesi-hanke

Suomen ympäristökeskuksen (SYK) hanke, josta tulevaisuuden vesiensuojelu- ja puhdistusmenetelmä voi löytyä. Puumavesi-hankkeessa tutkitaan uuden biologisen puuainesta hyödyntävän menetelmän tehokkuutta. Esimerkiksi valumavesiä metsätaloudesta voidaan puhdistaa puuaineksella (hakkuutähteille ja pienpuulla), joita jää ylijäämäpuuksi metsätaloudesta. Näin pystytään samalla toteuttamaan myös kiertotaloutta, koska ylijäämäpuu menisi muutenkin hävitettäväksi. Hankkeen osoittamia tuloksia voidaan käyttää hakkuiden, luonnonhoitohankkeiden, ojitusten ja vesistökuunnostusten suunnittelussa sekä toteutuksessa. [14.]



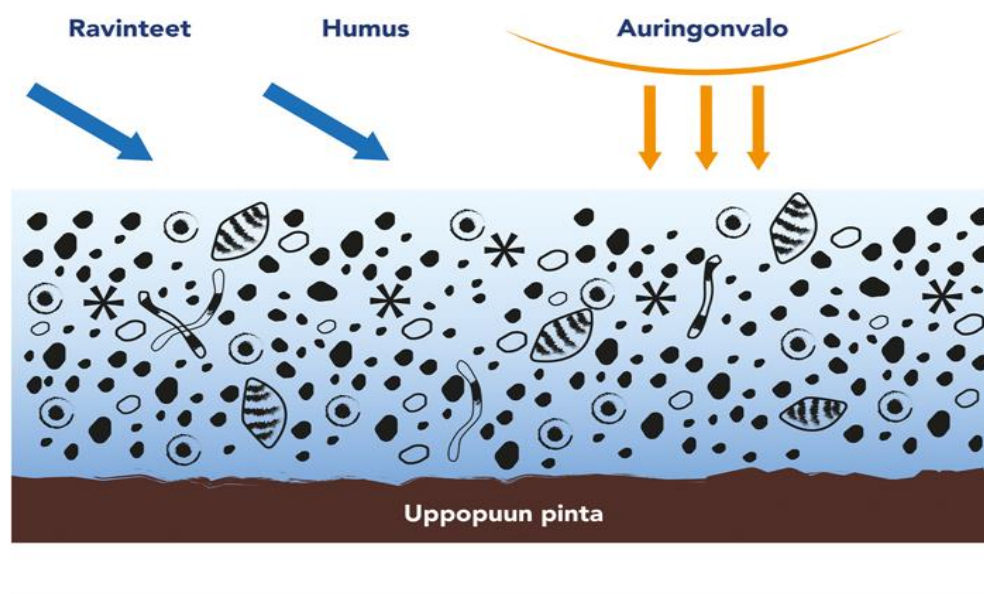
Kuva 8. © Esko Keskinen. Kuusenrangoista on tehty nippuja, joita on asennettu laskeutusaltaaseen [14]

Kuollut puuaines rannoilla ja uomissa puhdistaa vettä, lisää luonnon monimuotoisuutta ja parantaa kalakantojen tilaa. Puumavesi-hankkeessa hyödynnetään hakkuutähteitä sekä pienpuuta asentamalla niistä tehtyjä risu- ja rantatukkeja ojiin, puroihin ja laskeutusaltaisiin (Kuva 8). Veteen uponneen puuaineksen pinoilla alkaa kasvamaan erilaisia eliöitä, kuten mm. bakteereja, leviä ja sienirihmastoja, mitkä puhdistavat vettä suodattamalla siitä epäpuhtauksia (Kuva 9). [15.]

Pitkällä aikavälillä hankkeen tavoitteena on luoda kustannustehokas ja luonnonmukainen ratkaisu tehostamaan vesiensuojelua hajakuormituksen osalta. Tavoitteiden saavuttamiseksi kehitetään uusi ja ekologisesti kestävä vedenpuhdistusmenetelmä, mikä sopii myös maatalouden, hulevesien, jätevesien, kaivannaistoiminnan ja turvetuotannon vedenpuhdistukseen. Lisäksi menetelmän tulisi sopia myös erilaisiin luonnonhoitohankkeisiin, kuten rapu- ja kalataloudellisiin kunnostuksiin sekä vesi- ja rantaluontotyyppien elinympäristökunnostuksiin. [14.]



## Uppopuun pinnalla kasvavan päällyskasvuston koostumus



Kuva 9. © Puumavesi-hanke. Päällyskasvuston koostumus uppopuun pinnalla [15]

## 2.9 Vesiensuojelun tehostaminen padoilla

### 2.9.1 Putkipato

Metsäojaan asennetaan putkipato, mikä muistuttaa tierumpua. Tulvahuippujen aikana putkipato rajoittaa padon läpi virtaavan veden määrää, mikä pienentää hetkellisiä tulvahuippuja ja veden virtausnopeutta. Ylivirtaamien aikana vesi varastoituu hetkellisesti padon yläpuolelle, mikä hetkellisesti padottaa vettä ojitusalueelle ja pienentää ylivirtaamien voimakkuutta. Pienentynyt virtausnopeus vähentää padon ylä- ja alapuolella tapahtuvaa eroosiota. [7, s. 19.]

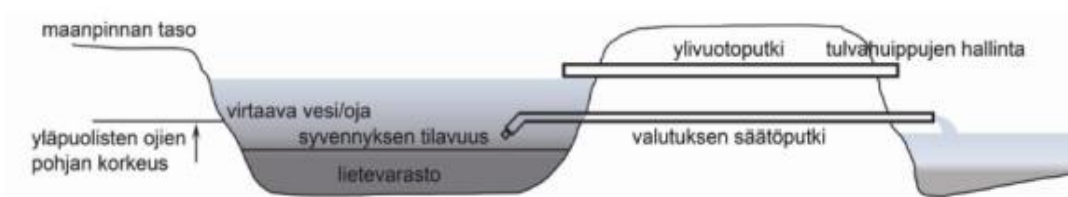
Putkipatoa voidaan myös käyttää erillisenä vesiensuojelurakenteena tai muiden vesiensuojelurakenteiden tehostamisessa. Tällöin toimintaperiaate putkipadossa on veden pidättäminen ojitusalueella. Eroosiota vähentää kiintoaineen liikkeelle lähdön estyminen ja liikkuvan kiintoaineen pohjaan laskeuttamisen edistäminen. Puhdistumista voi tapahtua myös biologisten ja kemiallisten prosessien kautta. [7, s. 20.]

Putkipato pystytään rakentamaan sulan maan aikana parhaiten, mutta huolellisesti toteutettuna se on mahdollista myös maan ollessa jäässä. Paikka padolle tulee valita niin, että patorakenteen yläpuolella on varastotilaa valuma-alueelta tulevaa vesimäärää varten. Varastotilaa tulee olla riittävästi suhteessa yläpuolella olevan valuma-alueen kokoon nähden. [7, s. 20.]

Suunnitteluvaiheessa on tärkeää huomioida, että putkipadosta ei aiheudu mahdollisten häiriötilanteiden aikana haittaa puuston kasvulle tai muulle alueen käyttötarkoitukselle. Häiriötilanteita voi aiheuttaa putkien tukkiutuminen, mihin voidaan varautua ylivuotoputkien avulla. Putkipadon mitoituksessa tulee huomioida ojaston kaltevuussuhteet padon yläpuolella ja valuma-alueen ominaisuudet, mitkä vaikuttavat ylivirtaamien suuruuteen. Mitoitusta padoilla tehdään niin, että kasvukauden aikana pohjaveden pinta pysyy metsänkasvun kannalta riittävän alhaisella tasolla. [7, s. 20.]

Altaana toimivat syvennykset kaivetaan putken molempien päiden kohdalle ja padon etupuolelle tuleva laskeutusallas kaivetaan ensimmäisenä. Kohta, missä putki ojassa sijaitsee, tasoitetaan ja samalla tulee varmistaa, ettei kiviä jää pohjalle. Sen jälkeen putki asennetaan ojan pohjaan niin, että putken päät sijoittuvat syvennyksien kohdalle. [7, s. 21.]

Pato tulisi pyrkiä rakentamaan paikan päällä olevasta maa-aineksesta. Yleensä rakentamiseen soveltuvaa maa-ainesta on helposti löydettävissä, koska pato on tarkoitettu enimmäkseen käytettäväksi turvemaille. Suodatin-kangasta sekä kiveämistä voidaan käyttää routivilla ja syöpymisherkillä alueilla apuna. Putkipadot eivät sovellu eroosioherkille ja helposti syöpyville kivennäismaalajeille. [7, s. 21.]



Kuva 10. Putkipato yhdistettynä laskeutusaltaseen [7, s. 19]



Putki peitetään ja tiivistetään huolellisesti, erityisesti putken ympäriltä. Ylimenoputki asennetaan 30 - 40 cm korkeudelle sitä ympäröivän ojitusalueen maanpinnan alapuolelle. Asennus kannattaa tehdä niin, että ylimenoputken läpi purkautuva vesi ei riko padon rakennetta. Putki voidaan asentaa patopenkereeseen niin, että tarvittaessa putki ulottuu melkein ojan pohjaan penkereen takapuolelta. Rakentamisen lopuksi pato täytetään ja tiivistetään. Padon harjan on oltava selvästi maanpintaa korkeammalla. Talviaikaan maa-aineksen painumisen takia korotusta kannattaa tehdä reilusti. [7, s. 21.]

Laskeutusaltaan toimintaa voidaan tehostaa putkipadolla (Kuva 10). Perusteltu käyttö putkipadolle laskeutusaltaan toiminnan tehostamisessa on kohteissa, joissa altaan kynnys joudutaan kaivamaan syväksi esimerkiksi riittävän kuivatuksen varmistamiseksi. Pato mahdollistaa vesitilavuuden tehokkaamman hyötykäytön ja pato toimii mitoituksen mukaisesti. [7, s. 21.]

Laskeutusaltaan yhteydessä oleva putkipato eroaa tavallisesta siinä, että padottavaa putkea ei ole asennettu täysin pohjaan asti. Asennuskorkeus putkelle määritetään huomioimalla yläpuolisen ojan kuivaustarve. Lisäksi asennuskorkeutta varten huomioidaan myös laskeutusallasta koskeva ohjeistus. Suunniteltaessa allasta tavoitteena on tulvahuippujen ohjaaminen pois altaasta. Esimerkiksi vesistön suojavyöhykkeelle tai pintavalutuskentälle. [7, s. 21.]

### **2.9.2 Settipato**

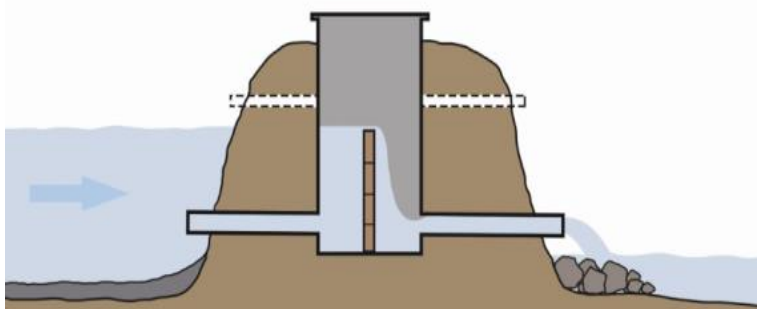
Settipato on valmistettu metallista ja on yleensä kehikko rummun yhteydessä. Poikittain asetetuilla lankuilla virtaussuuntaan nähden pystytään säätämään veden virtausta ja korkeutta. Lisäksi settipadossa voidaan käyttää myös v-patoa, mikä toimii parhaiten virtaamien tasauksessa. [7, s. 22.]

Settipatoja voidaan käyttää, jos halutaan säädellä laskeutusaltaassa veden pinnan korkeutta tai rakentamisen jälkeen halutaan seurata altaan tehoa. Pato auttaa tehostamaan kiintoaineen jäämistä altaaseen ja estää tulva-aikana sen huuhtoumisen pois altaasta. Valmiita rumpuputkiin liitettäviä rakenteita on saatavissa valmistajilta. Settipadot ovat kannattavia, jos purkuojaan tarvitaan joka tapauksessa rumpu, jolloin sen tuoma lisäkustannus jää pieneksi. Settipatoja ei kuitenkaan tule käyttää kohteissa, joissa mahdollisesti kulkee kaloja. [7, s. 22.]

### 2.9.3 Munkki

Munkki on säätökaivo, mikä tehdään patopenkereeseen (Kuva 11). Vesi virtaa munkkiin putkesta ja ohjataan pois munkista lähtöjan tasolle asennetulla putkella. Putkien koko vaihtelee tapauskohtaisesti suurimman tulvanaikaisen virtaaman kautta. [7, s. 22.]

Mekaanisten levyjen avulla säädellään veden korkeutta munkissa. Patopenkereeseen kannattaa tehdä tulvien varalta tulvaputket. Munkkeja saa tehdasvalmisteisina, mutta niitä on myös mahdollista tehdä esimerkiksi muoviputkesta tai kaivonrenkaista. Munkki ei jäädy yleensä talvella, mikä tekee siitä sopivan ympärivuotiseen käyttöön. [7, s. 22.]



Kuva 11. Munkki [7, s 22]

### 2.9.4 V-pato

V-padossa on esimerkiksi vanerista tehty v-aukkoinen levy (Kuva 12). Maan sisään pysty- ja sivusuunnassa kaivettava levy tuetaan kivillä, mikä saa padon kestävämmän tulvavirtaamat. V-pato sopii pieniin kohteisiin ja virtaamien seuraamiseksi v-aukkoon voidaan myös tehdä mitta-asteikko. [7, s. 23.]



Kuva 12. V-pato [7, s. 23]

### 3 AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 3.1 Tutkimuskohteet

Pieniveden kuormituselvityksen tutkimuskohteet ovat Kaakonlammen laskupuro, Hörhänjoki, Hollonjoki, Leppäsuonpuro, Lautjärven laskupuro ja Pankajoki. Pankajoen kautta tutkitaan Pienivedestä poistuvaa kuormitusta, koska koko Pieniveden alue, mukaan lukien kaikkien muiden kuormituselvityksessä mukana olevien tutkimuskohteiden valuma-alueet ovat Pankajoen valuma-alueita (Liite 1). Muiden tutkimuskohteiden kautta tutkitaan Pieniveteen laskevaa ulkoista kuormitusta. Lisäksi Pienivedellä on vielä yksi järvinäytteenottopiste.

Näytteet on otettu ja virtaukset mitattu tutkimuskohteista Eurofinsin toimesta 20.05., 04.09. ja 30.10.2019. Toisella näytteenottokerralla 04.09. kaikki tutkimuskohteet olivat Lautjärven laskupuroa ja Pankajokea lukuun ottomatta kuivia, joten kuormitustakaan ei tuolloin ole ollut. Lisäksi Hörhänjoen 20.05. näytteenottokerran kokonaistypen määrittystä ei ole. Tämä on huomioitu laskennallisessa osiossa laskemalla virtaamapainotetut pitoisuudet Hörhänjoelle kokonaistypen osalta ( $c_1$ ,  $Q_1$ ) viimeisen 30.10. näytteenottokerran mukaan, koska kuormitustakaan ei ollut 04.09. joen ollessa kuiva. Lautjärven laskupuron ja Pankajoen kohdalla virtaamapainotetut pitoisuudet ovat kaikkien kuormituselvityksen parametrien osalta laskettu kolmella näytteenottokerralla ( $c_3$ ,  $Q_3$ ) ja muiden tutkimuskohteiden osalta kahden näytteenottokerran ( $c_2$ ,  $Q_2$ ) mukaan.

Pienivedellä on hoitokalastettu 15 600 kiloa särkeä syksyllä vuonna 2019. Hoitokalastuksessa saatujen kalojen määrä on saatu paikalliselta kalastusyhdistykseltä. Yhdessä kilogrammassa särkeä on tietty määrä fosfori ja typpeä. Tämä on huomioitu tuloksissa ravinteiden tulo- ja lähtökuormitusten vertailuissa, johon hoitokalastuksen osuus on otettu myös mukaan.

Tärkeimmät parametrit kuormitusselvityksen kannalta ovat ja fosfori, typpi, kiintoaines ja eloperäinen aines (CODMn). Kaikkien parametrien määrittämisen tulokset löytyvät avoimesta ympäristötietojärjestelmästä (HERTTA). Seuraavat valokuvat tutkimuskohteiden näytteenottopisteiltä ovat Eurofinsin viimeiseltä näytteenottokierroksella Pertunmaalla keskiviikkona 30.10.2019. Näytteenottokierros alkoi klo 9:00.

### 3.1.1 Kaakonlammen laskupuro 177

Kaakonlammen laskupuron näytteenottopisteen koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN: 6819466 - 472229. Näytteenottopiste sijaitsee hyvin lähellä asutusta. Näytteenottohetkellä veden lämpötila on ollut 2,1 °C, kokonaissyvyys 0,3 metriä, ilman lämpötila -2 °C, tuulen nopeus 1 m/s ja suunta 315 °. Vesi oli väriltään tummaa ja virtaus heikkoa. Lisäksi aistittavissa oli lievää rikkivedyn hajua. Tutkimuskohteessa on käyty klo 09:13 (Kuva 13). [19.]



Kuva 13. © Aki Volanen. Kaakonlammen laskupuro laskee Pieniveteen taajaman läpi.



### 3.1.2 Hörhänjoki 176

Hörhänjoen näytteenottopisteen koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN: 6824797 - 466257. Näytteenottopiste sijaitsee pienen kävelymatkan päässä metsässä. Näytteenottohetkellä veden lämpötila on ollut 0,3 °C kokonaissyvyys 0,3 metriä, ilman lämpötila -2 °C, tuulen nopeus 0 m/s ja suunta 0°. Vesi oli tummaa ja virtaus hyvin heikkoa. Tutkimuskohteessa on käyty klo 10:53 (Kuva 14). [19.]



Kuva 14. © Aki Volanen. Hörhänjoen näytteenottopiste.

### 3.1.3 Hollonjoki 175

Hollonjoen näytteenottopisteen koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN: 6824504 - 466175. Näytteenottopiste on metsän laidalla lähellä Hörhänjokea. Näytteenottohetkellä veden lämpötila oli 0,2 °C, kokonaissyvyys 0,2 metriä, ilman lämpötila -2 °C, tuulen nopeus 0 m/s ja suunta 0°. Vesi oli hieman kirkasta ja virtaus voimakasta. Tutkimuskohteessa on käyty klo 11:18 (Kuva 15). [19.]



Kuva 15. © Aki Volanen. Hollonjoen näytteenottopiste.

### 3.1.4 Lautjärven laskupuro 174

Lautjärven laskupuron näytteenottopisteen koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN: 6821827 - 467444. Näytteenottopiste poikkeaa hieman koordinaattien osoittamasta paikasta, koska siellä virtaamaan mittaaminen olisi ollut haasteellista, joten näytteenottopistettä on jouduttu hieman siirtämään. Näytteenottopiste sijaitsee lähellä peltoalueita. Näytteenottohetkellä veden lämpötila on ollut 0,1 °C, kokonaissyvyys 0,2 metriä, ilman lämpötila -1 °C, tuulen nopeus 1 m/s ja suunta 315°. Vesi oli kirkasta ja virtaus hyvin voimakasta. Tutkimuskohteessa on käyty klo 12:20 (Kuva 16). [19.]



Kuva 16. © Aki Volanen. Lautjärven laskupuron näytteenottopiste.

### 3.1.5 Leppäsuonpuro 173

Leppäsuonpuron näytteenottopisteen koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN: 6818674 - 469840. Näytepiste on pienen kävelymatkan päässä metsässä. Näytteenottohetkellä veden lämpötila oli 0,9 °C, kokonaissyvyys 0,5 metriä, ilman lämpötila 1 °C, tuulen nopeus 1 m/s ja suunta 315°. Vesi oli tummaa ja virtaus hyvin heikkoa. Tutkimuskohteessa on käyty klo 13:21 (Kuva 17). [19.]



Kuva 17. © Aki Volanen. Leppäsuonpuron näytteenottopiste.

### 3.1.6 Pankajoki 017

Pankajoen näytteenottopisteen koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN: 6818260 - 472081. Näytteenottohetkellä veden lämpötila on ollut 1,8 °C, kokonaissyvyys, 0,3 metriä, ilman lämpötila 1 °C, tuulen nopeus 1 m/s ja suunta 315°. Vesi oli kirkasta ja virtaus hyvin voimakasta. Tutkimuskohteessa on käyty klo 14:00 (Kuva 18). [19.]



Kuva 18. © Aki Volanen. Pienivesi purkaa vetensä Pankajokeen.

### 3.1.7 Pienivesi 016

Pieniveden järvinäytteenottopisteen koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN: 6820286 - 469783. Näytteenottohetkellä veden lämpötila on ollut 3,3 °C (1 m) ja 3,6 °C (6,2 m). Näkösyvyys oli 2,60 metriä, kokonaissyvyys 7,2 metriä, ilman lämpötila -2 °C, tuulen nopeus 4 m/s ja suunta 315°. Tutkimuskohteessa on käyty klo 10:52 (Kuva 19). [19.]



Kuva 19. © Aki Volanen. Järvinäytteenottopiste Pienivedellä.

### 3.2 Valuma-alueiden määrittäminen

Pertunmaan Pieniveden valuma-alueista on tehty kartta paikkatieto-ohjelmisto ArcGIS:n ArcMap-versiolla 10.7.1. Ohjelmalla on käytetty watershed-työkalua tutkimuskohteiden valuma-alueiden rajaamiseen. Valmiina löytyvän Pieniveden neljännen jakovaiheen valuma-alueet on sillä rajattu vielä pienemmiksi sekä tarkemmiksi valuma-alueiksi. Tämän jälkeen watershed-työkalun tuottama valuma-aluerasteri on muutettu vektoripolygoniksi raster to polygon -työkalulla.

Valuma-alueiden rajaukset on tehty tarkemman 2 m korkeusmallin mukaan, mikä tuo joitakin eroavaisuuksia karkeamman 10 m korkeusmallilla tehtyyn neljänteen jakovaiheeseen. Tämä voi näkyä pieninä eroavaisuuksina esimerkiksi valuma-alueiden pinta-aloissa. Datat kartan tekoa varten ovat peräisin Etelä-Savon ELY-keskukselta ja Maanmittauslaitoksen (MML) avoimesta paikkatiedotodasta.

Kartan valmistumisen jälkeen rajauksesta syntyneitä dataa hyödyntäen on laskettu tutkimuskohteiden valuma-alueiden ominaisuustietoja ArcMap:lla. Tarkemmat valuma-alueiden ominaisuus- ja maankäyttötiedot on laskettu Corine 2018 -maanpeiteaineiston karkean Level 1 -tason mukaan. Maanpeite- ja käyttöluokitukset löytyvät Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) avoimen data Corine maanpeite 2018 -metatiedoista.

### 3.3 Kuormituksen arviointi

Tutkimuskohteiden näytteenottotuloksista lasketaan virtaamapainotetut pitoisuudet, jotka kertovat, kuinka paljon ravinteita Pieniveteen laskee. Keskivirtaamat lasketaan valuma-alueen pinta-alasta ja Mikkelin Haukivuoren Juonistolan valunnan koko vuoden keskiarvosta. Virtaamapainotetuista pitoisuuksista ja keskivirtaamista lasketaan tutkimuskohteen kautta laskevat vuosikuormitusmäärät kilogrammoina.



Virtaamapainotettu pitoisuus ( $c$ ,  $\mu\text{g/l}$ ):

$$c = \frac{\sum c_n \cdot Q_n}{\sum Q_n} \quad (1)$$

Jossa	$c$	Pitoisuudet eri näytteenottokerroilla	$[\mu\text{g/l}]$
	$Q$	Virtaamat eri näytteenottokerroilla	$[\text{l/s}]$
	$n$	Mittauskertojen lukumäärä	

Keskivirtaama  $MQ$ :

$$MQ = MQ_{\text{Mikkeli Juonistonoja}} \cdot A \quad (2)$$

Jossa	$MQ$	Mikkelin Juonistonoja=7,6928	$[\text{l/s/km}^2]$
	$A$	Valuma-alueen pinta-ala	$[\text{km}^2]$

Vuosikuormitus ( $L$ ,  $\text{kg/a}$ ):

$$L = c \cdot MQ \quad (3)$$

Jossa	$c$	Virtaamapainotettu pitoisuus	$[\mu\text{g/l}]$
	$MQ$	Keskivirtaama	$[\text{l/s}]$

### 3.4 VEMALA

Suomen ympäristökeskus (SYKE) tekee VEMALA-vesistömallijärjestelmän simulaatiolla oman mallinnuksen Pieniveden valuma-alueilta laskevasta ulkoisesta kuormituksesta ja Pankajoen kautta poistuvasta kuormituksesta. Opin- näytetyössä kuormitusten arviointiin on käytetty toista VEMALA:n simulaatiota, minkä avulla on laskettu kuormitukset vuoden 2019 havaituista pitoisuuksista tutkimuskohteista. SYKE on aloittanut VEMALA:n simulaation tekemisen 01.2020 ja saanut mallinnuksen Pienivedestä valmiiksi 04.2020, mutta malli tulee tarkentumaan vielä jatkossa.

Opinnäytetyön kuormitus selvityksessä laskettuja tuloksia verrataan VE-MALA:sta saatuihin. Lisäksi tutkimuskohteiden valuma-alueiden eri päästölähteiden kuormistutietoja saadaan myös VEMALA:sta (Liitteet 2-6). Nämä tuovat lisäarvoa kuormitus selvitykseen ja luotettavuutta opinnäytetyön kuormituksen arvioinnissa laskettuihin tuloksiin. Johtopäätökset perustuvat opinnäytetyössä saatuihin tuloksiin, koska ne perustuvat oikeisiin kohteista havaittuihin pitoisuuksiin ja VEMALA tulokset ovat vain simuloituja pitoisuuksia.

## 4 TULOKSET

### 4.1 Ominaisuus- ja maankäyttötiedot

Pankajoen valuma-alue, eli Pertunmaan Pieniveden alue kokonaisuudessaan, on 7 134,4 hehtaarin kokoinen sekä karkeasti arvioituna hyvin metsä-, avoin kangas- ja kalliomaavaltainen. Rakennetusta ympäristöstä enemmistö on todennäköisesti haja-asutusta, lukuun ottamatta Kaakonlammen laskupuron rakennettua ympäristöä, mikä voitaisiin luokitella jo taajamaksi. Pieniveden valuma-alueilta löytyy myös reilusti vesialueita sekä maataloutta, jota on jopa rakennettua ympäristöäkin enemmän (Taulukot 2 ja 3).

Ulkoista kuormitusta laskevien tutkimuskohteiden valuma-alueiden pinta-alojen suuruudet suurimmasta pienimpään ovat: Lautjärven laskupuro (1 242,0 ha), Hollonjoki (921,3 ha), Hörhänjoki (828,1 ha), Leppäsuonpuro (532,2 ha) ja viimeisenä Kaakonlammen laskupuro (113,6 ha). Jokaisen tutkimuskohteen valuma-alueella on maataloutta ja rakennettua ympäristöä. Merkittävimmät maatalousalueet ovat Lautjärven laskupurolla ja Leppäsuonpurolla, joilla on valuma-alueen pinta-alasta maatalousalaa yli 10 %. Vähiten maataloutta on Kaakonlammen laskupuron valuma-alueella (Taulukot 2 ja 3).

Leppäsuonpuron valuma-alue on ainoa, jolla ei ole ollenkaan vesialueita, ja Lautjärven laskupuron valuma-alueella on taas niitä eniten. Kaikkien tutkimuskohteiden valuma-alueilla vesialueita on kuitenkin alle 10 %. Metsiä, avointa kangasta sekä kalliomaita on valuma-alueen pinta-alasta kaikilla tutkimuskohteilla yli 70 %. Lisäksi kaikkien tutkimuskohteiden valuma-alueissa on kosteikoita ja avoimia soita 3 % tai alle. Eniten kosteikoita ja avoimia soita on Lautjärven laskupuron valuma-alueella (Taulukko 2).

Taulukko 2. Valuma-alueiden ominaisuus- ja maankäyttötietoja hehtaareina (ha) Corine 2018 maanpeiteluokkien level 1:n mukaan ja osuus kokonanaispinta-alasta prosentteina.

<i>Valuma-alue</i>	<i>Rakennettu ympäristö</i>	<i>Maatalous</i>	<i>Metsät, avoimet kankaat ja kalliomaat</i>	<i>Kosteikot ja avoimet suot</i>	<i>Vesialueet</i>
<i>Kaakonlammen laskupuro</i>	15,4 14 %	3,6 3 %	91,1 80 %	0,1 0,1 %	3,4 3 %
<i>Hörhänjoki</i>	70,7 9 %	9,7 1 %	681,6 82 %	5,0 1 %	60,3 7 %
<i>Hollonjoki</i>	13,2 1 %	12,9 1 %	825,9 90 %	14,8 2 %	55,3 6 %
<i>Lautjärven laskupuro</i>	23,0 2 %	147,2 12 %	943,4 76 %	37,6 3 %	90,1 7 %
<i>Leppäsuonpuro</i>	14,2 3 %	58,5 11 %	450,7 86 %	0,2 0,46 %	0,0
<i>Pankajoki</i>	201,4 3 %	396,9 6 %	5 405,0 76 %	109,6 2 %	1 022,8 14 %

Eniten suoalaa (turvemaata) on Hollonjoen ja Lautjärven laskupuron valuma-alueilla. Kaikkien tutkimuskohteiden valuma-alueiden suoalasta on ojitettu yli 60 %. Kokonaisuudessaan Pieniveden suoalueita on ojitettu paljon (Pankajoen valuma-alue). Yhteensä 477,1 hehtaarin suoalasta on ojitettu 79,2 % ja ojittamatonta suoalaa on 99,1 ha jäljellä. Eniten suoalan pinta-alasta on ojitettu Kaakonlammen laskupurolla valuma-alueella. Ojittamatonta suoaluetta on siellä jäljellä enää alle yhden hehtaarin. Suurimmat suoalat ovat Hollonjoen ja Lautjärven laskupuron valuma-alueilla, joissa ojitusta on tehty yli 70 % suoalasta (Taulukko 3).

Taulukko 3. Soiden ojitustilanne Pieniveden alueella.

<i>Valuma-alue</i>	<i>Pinta-ala (ha)</i>	<i>Ojittamaton (ha)</i>	<i>Suoala (ha) ja suoala % valuma-alueesta</i>	<i>Ojitettu (ha) ja soiden ojitus % suoalasta</i>
<i>Kaakonlammen laskupuro</i>	113,6	0,7	4,9 4,3 %	4,2 85,9 %
<i>Hörhänjoki</i>	828,1	11,1	43,1 5,2 %	31,9 74,2 %
<i>Hollonjoki</i>	921,3	27,1	113,2 12,3 %	86,1 76 %
<i>Lautjärven laskupuro</i>	1 242,0	14,9	87,9 7,1 %	72,9 83 %
<i>Leppäsuonpuro</i>	523,2	15,8	46,0 8,8 %	30,3 65,8 %
<i>Pankajoki</i>	7 136,4	99,1	477,1 6,7 %	378,0 79,2 %

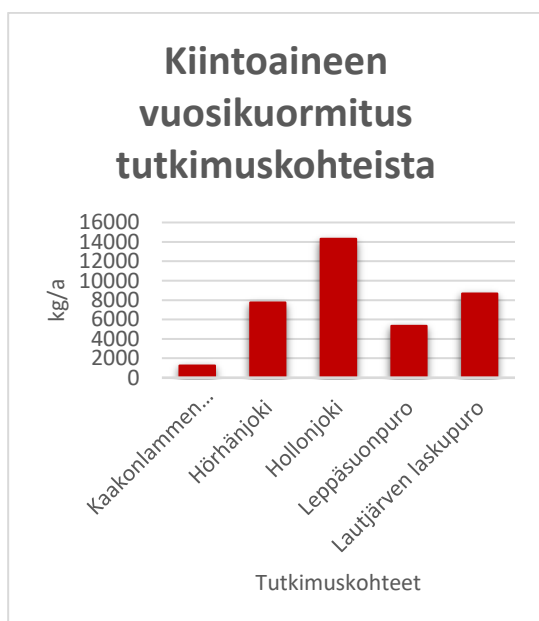
#### 4.2 Vuosikuormitukset tutkimuskohteista

Lautjärven laskupuro erottuu joukosta selvästi eniten fosforilla ja typellä kuormittavana tutkimuskohteena. Toiseksi eniten fosforia laski Leppäsuonpurosta ja typpeä Hollonjoelta. Kaakonlammen laskupuroa lukuun ottamatta erot vuosikuormituksissa jäivät muiden tutkimuskohteiden välillä kuitenkin pieniksi ja hajontaa on tuloksissa vähän (Kuvat 20 ja 21). Erityisesti fosforin osalta, jonka aineiston keskiarvo on 38,6 kg/a ja keskihajonta 19,0 kg/a. Typen aineiston keskiarvo on 1240,7 kg/a ja keskihajonta 660,1 kg/a.



Kuva 20. Fosfori. Kuva 21. Typpi. Tutkimuskohteista laskevat fosforin ja typen kuormitukset vuodessa kilogrammoina.

Eniten vuodessa kiintoaineen ja eloperäisen aineksen ulkoista kuormitusta laski Hollonjoesta ja Lautjärvellä laskupurosta. Hollonjoelta laski muihin tutkimuskohteisiin verrattuna selvästi suurimmat määrät kiintoainetta. Vuosikuormituksissa on kiintoaineessa ja eloperäisessä aineksessa eri tutkimuskohteiden välillä on huomattavia eroja ja hajontaa on tuloksissa enemmän kuin ravinteissa (Kuvat 22 ja 23). Kiintoaineen tuloksien keskiarvo on 7 471,0 kg/a ja keskihajonta 4 783,9 kg/a. Eloperäisen aineksen tuloksien keskiarvo on 42 065,5 kg/a ja keskihajonta 22 563,9 kg/a.



Kuva 22. Kiintoaine. Kuva 23. Eloperäinen aines. Tutkimuskohteista laskevat kiintoaineen ja eloperäisen aineksen (CODMn) kuormitukset vuodessa kilogrammoina.

Taulukko 4. Fosforin ja typen virtaamapainotetut pitoisuudet ja vuosikuormitukset kilogrammoina tutkimuskohteista.

<i>Tutkimuskohde</i>	<i>Virtaama- painottettu fosfori (µg/l)</i>	<i>Virtaama- painotettu typpi (µg/l)</i>	<i>Kokonaisfosfori (kg/a)</i>	<i>Kokonaistyyppi (kg/a)</i>
<i>Kaakonlammen laskupuro</i>	21,3	718,2	5,9	198,0
<i>Hörhänjoki</i>	21,6	570,0	43,5	1 145,2
<i>Hollonjoki</i>	19,0	666,2	42,5	1 489,1
<i>Lautjärven las- kupuro</i>	18,3	661,4	55,2	1 992,8
<i>Leppäsuonpuro</i>	36,4	1 085,9	46,3	1 378,4
<i>Pankajoki (lähtevä kuorma)</i>	9,5	488,0	164,8	8 449,5

Taulukko 5. Kiintoainen ja eloperäisen aineksen (CODMn) virtaamapainotetut pitoisuudet ja vuosikuormitukset kilogrammoina tutkimuskohteista.

<i>Tutkimuskohde</i>	<i>Virtaama- painottettu kiintoaine (mg/l)</i>	<i>Virtaama- painotettu CODMn (mg/l)</i>	<i>Kiintoaine (kg/a)</i>	<i>CODMn (kg/a)</i>
<i>Kaakonlammen laskupuro</i>	4,6	33,5	1 269,4	9 232,9
<i>Hörhänjoki</i>	3,9	17,1	7 753,1	34 399,7
<i>Hollonjoki</i>	6,4	26,9	14 325,2	60 018,8
<i>Lautjärven las- kupuro</i>	2,9	21,9	8 674,7	66 056,1
<i>Leppäsuonpuro</i>	4,2	32,0	5 332,7	40 620,2
<i>Pankajoki (lähtevä kuorma)</i>	2,7	12,3	47 437,4	212 308,3

### 4.3 Pieniveden näytteenottopiste

Ravinteiden pitoisuuksissa on tapahtunut suurimmat muutokset näytteenotto-aikojen välillä. Eniten fosforia on ollut syksyllä ja typpeä keväällä. Eloperäisen aineksen pitoisuudet ovat laskeneet kohti vuoden loppua. Klorofylli-a-pitoisuudet ovat kevästä alkaen lähteneet kasvamaan, ja loppuvuodesta ne ovat olleet suurimmillaan (Taulukko 6).

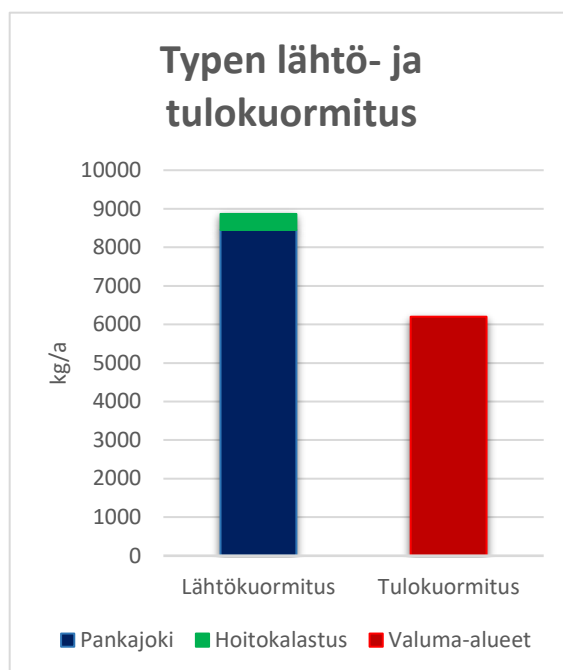
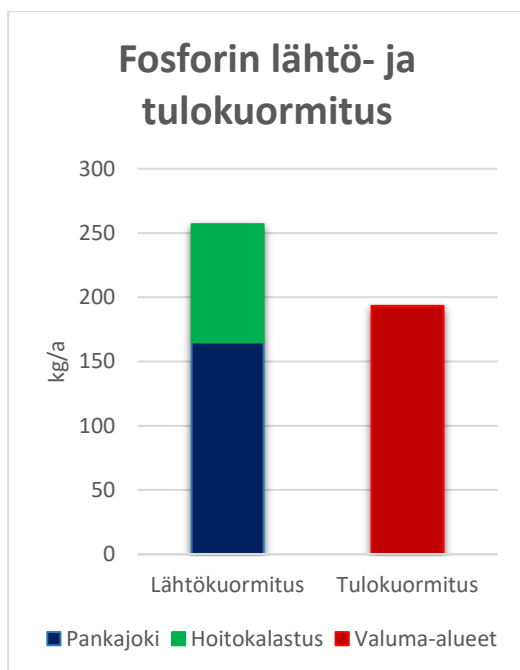
Taulukko 6. Pieniveden näytteenottopisteen tuloksia ja näytteenottosyvyydet. Kaikki näytteet on otettu samalta syvyydeltä lukuun ottamatta klorofylli-a-näytteitä. [19]

<i>Näytteenottoaika</i>	<i>Syvyys (m)</i>	<i>Kokonais- fosfori (µg/l)</i>	<i>Kokonais- typpi (µg/l)</i>	<i>CODMn (mg/l)</i>	<i>Klorofylli-a (µg /l)</i>
20.05.2019	1,0	8,2	500,0	12,0	<b>0-2 m 2,6</b>
	5,9	8,0	520,0	12,0	
04.09.2019	1,0	11,0	430,0	11,0	<b>0-2 m 4,4</b>
	6,8	14,0	550,0	11,0	
30.10.2019	1,0	9,7	480,0	9,0	<b>0-2 m 5,1</b>
	6,2	9,1	450,0	9,7	

### 4.4 Lähtö- ja tulokuormitus

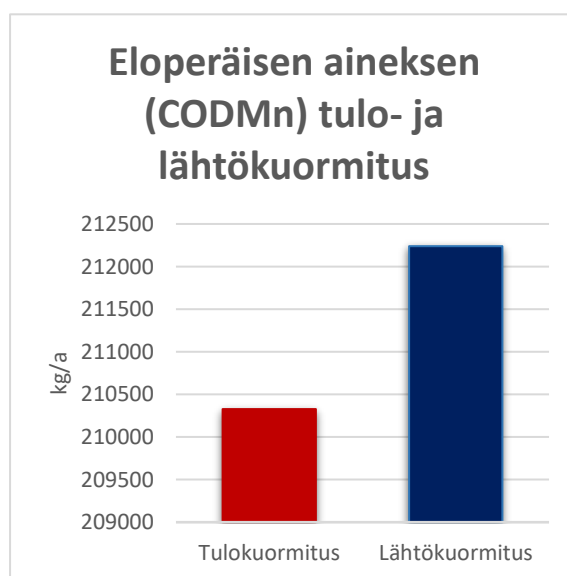
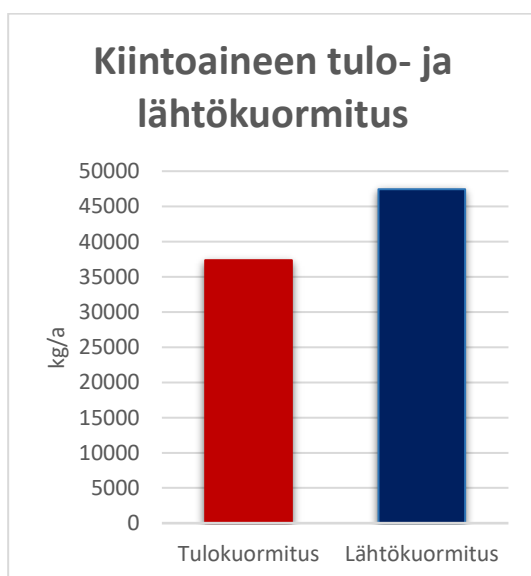
Fosforin lähtökuormitus Pienivedestä Pankajoen kautta oli 164,8 kg/a ja sen lisäksi hoitokalastuksella fosforia on poistunut 92,0 kg/a, eli yhteensä koko vuoden aikana 256,8 kg/a. Tulokuormituksena fosforia on tullut 193,2 kg/a (Taulukko 7). Pienivedestä on poistunut fosforia 63,6 kg/a enemmän, kuin mitä ulkoisena kuormituksena on laskenut valuma-alueilta tutkimuskohteiden kautta (Kuva 24).

Typpeä on poistunut Pienivedestä Pankajoen kautta 8 449,5 kg/a ja hoitokalastuksella 416,5 kg/a, eli yhteensä koko vuonna 8 866,0 kg/a. Typen tulokuormitus valuma-alueilta on ollut 6 203,6 kg/a (Taulukko 7). Typen lähtökuormitus Pienivedestä oli 2 662,4 kg/a tulokuormitusta enemmän (Kuva 25).



Kuva 24. Fosfori. Kuva 25. Typpi. Fosforin ja typen yhteenlaskettu tulokuormitus verrattuna Pankajoesta poistuvaan lähtökuormitukseen.

Kiintoaineen tulokuormitus Pieniveteen oli 37 355,1 kg/a ja Pankajoen kautta kiintoainetta poistui lähtökuormituksena 47 437,4 kg/a (Taulukko 7). Tulokuormitukseen verrattuna Pienivedestä lähti 10 082,3 kg/a kiintoainetta tulokuormitusta enemmän (Kuva 26). Eloperäistä ainesta laski Pieniveteen 210 327,6 kg/a ja Pankajoen kautta sitä poistui lähtökuormituksena 212 308,3 kg/a (Taulukko 7). Eloperäistä ainesta poistui lähtökuormituksesta enemmän (Kuva 27).



Kuva 26. Kiintoaine. Kuva 27. Eloperäinen aines (CODMn). Kiintoaineen ja eloperäisen aineksen yhteenlaskettu tulokuormitus tutkimuskohteista verrattuna Pankajoesta poistuvaan lähtökuormitukseen.



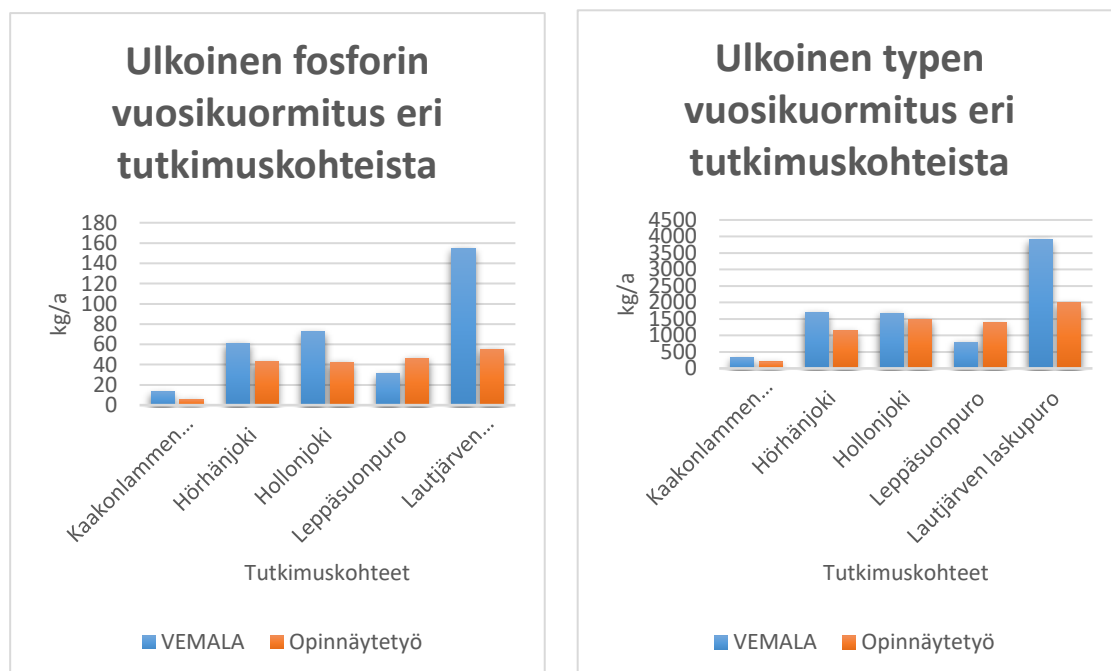
Taulukko 7. Tulo- ja lähtökuormitukset ja hoitokalastuksen osuus ravinteiden poistossa kilogrammoina vuodessa (kg/a).

<i>Parametri</i>	<i>Lähtökuormitus (Pankajoki)</i>	<i>Tulokuormitus</i>	<i>Hoitokalastus</i>
<i>Fosfori</i>	164,8	193,2	92,0
<i>Typpi</i>	8 449,5	6 203,6	416,5
<i>Kiintoaine</i>	47 437,4	37 355,1	-
<i>CODMn</i>	212 239,0	210 327,6	-

## 4.5 VEMALA

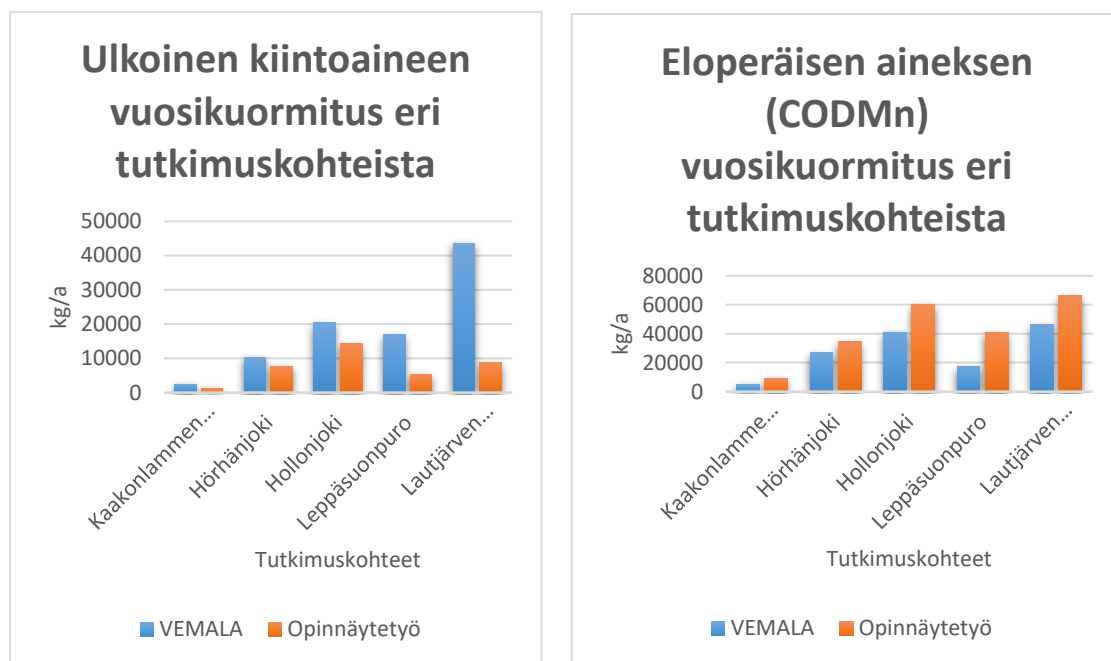
### 4.5.1 Vuosikuormitukset tutkimuskohteista

VEMALA-vesistömallijärjestelmän simuloimat ulkoiset vuosikuormitukset tutkimuskohteista ovat Leppäsuonpuroa lukuun ottamatta opinnäytetyössä saatuja määriä suurempia fosforin ja typen osalta. Erot vuosikuormitusten vertailussa VEMALA:n ja opinnäytetyön välillä ovat huomattavia erityisesti Lautjärven lasakupurossa. Muuten opinnäytetyön tulokset asettuvat melko lähelle VEMALA:sta saatuihin tuloksiin (Kuvat 28 ja 29).



Kuva 28. Fosfori. Kuva 29. Typpi. VEMALA-vesistömallijärjestelmän ja opinnäytetyön fosforin ja typen tutkimuskohteista laskevan ulkoisen kuormituksen tulosten vertailua.

VEMALA-vesistömallijärjestelmän simuloitut vuosikuormitukset tutkimuskohteista ovat Leppäsuonpuroa lukuun ottamatta kiintoaineen osalta opinnäytetyössä saatuja tuloksia suurempia. Eloperäisen aineksen vuosikuormitukset ovat päinvastaiset ja opinnäytetyön tulokset ovat suurempia kaikissa tutkimuskohteissa. Kummassakin parametrissa opinnäytetyön tulokset osuvat melko lähelle VEMALA:n tuloksia (Kuvat 30 ja 31).



Kuva 30. Kiintoaine. Kuva 31. Eloperäinen aines (CODMn). VEMALA-vesistömallijärjestelmän ja opinnäytetyön kiintoaineen ja eloperäisen aineksen tutkimuskohteista laskevan ulkoisen kuormitusten tulosten vertailua.

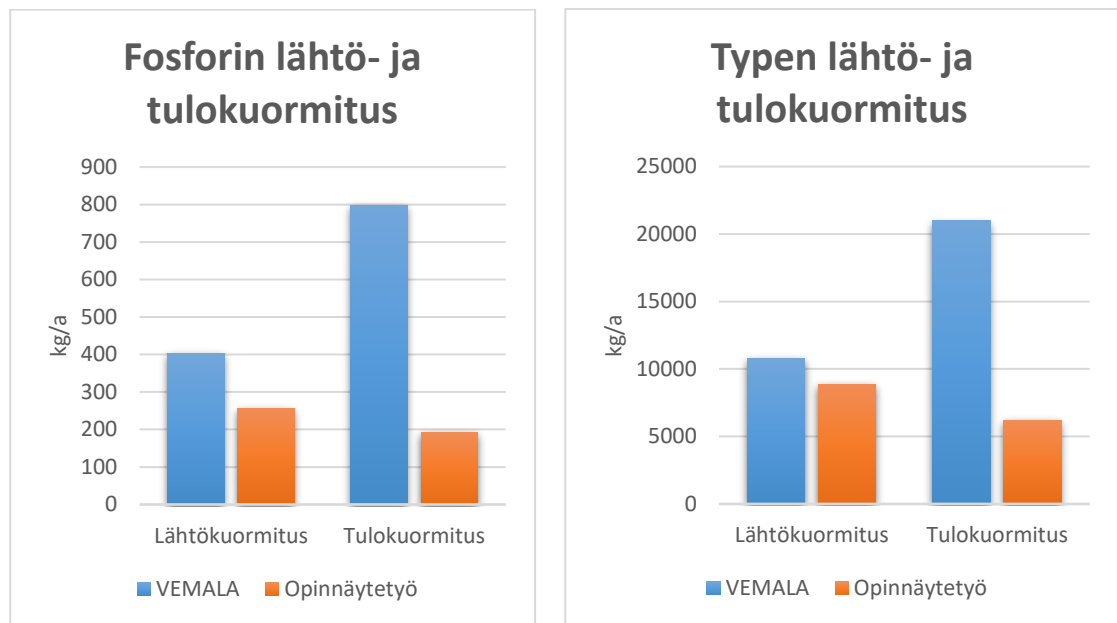
Taulukko 8. VEMALA-vesistömallijärjestelmän vuosikuormitukset tutkimuskohteista kg/a [20]

Tutkimuskohte	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Kiintoaine	CODMn
Kaakonlammen laskupuro	13,4	330,0	2 430,0	5 090,0
Hörhänjoki	61,2	1 690,0	10 350,0	2 6770,0
Hollonjoki	72,3	1 670,0	20 450,0	41 060,0
Lautjärven laskupuro	155,0	3 900,0	43 620,0	46 160,0
Leppäsuonpuro	31,2	800,0	17 000,0	17 260,0

#### 4.5.2 Lähtö- ja tulokuormitus

VEMALA-vesistömallijärjestelmällä simuloitujen lähtö- ja tulokuormitukset fosforille ja typelle ovat opinnäytetyössä saatuja määrityksiä suurempia (Kuvat 32 ja 33). Fosforin lähtökuormitus on 403,9 kg/a ja 147,2 kg/a opinnäytetyön määrittystä suurempi. Typelle VEMALA on saanut lähtökuormitukseksi 10 800,0 kg/a, mikä on 1 934,0 kg/a opinnäytetyössä määritettyä suurempi (Taulukko 9).

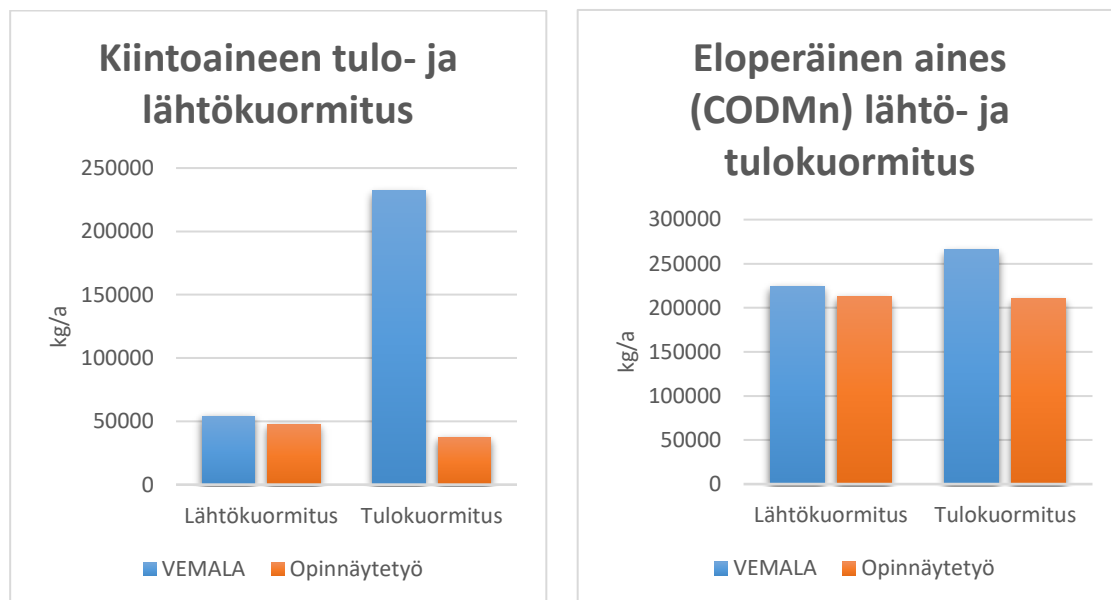
Tulokuormituksissa on suuria eroja VEMALA:n ja opinnäytetyön tulosten välillä. Fosforin tulokuormitus on 797,8 kg/a ja 604,6 kg/a opinnäytetyössä määritettyä suurempi. Typen tulokuormitus on 20 970,0 kg/a, mikä on 14 766,4 kg/a opinnäytetyössä saatua tulokuormitusta suurempi (Taulukko 9).



Kuva 32 Fosfori. Kuva 33 Typpi. VEMALA-vesistömallijärjestelmän ja opinnäytetyön lähtö- ja tulokuormitusten vertailua [20]

VEMALA-vesistömallijärjestelmällä määritetyt vuosikuormitukset kiintoaineelle ja eloperäiselle ainekselle ovat opinnäytetyössä saatuja suurempia (Kuvat 34 ja 35). Kiintoaineen lähtökuormitus on 54 160,0 kg/a ja tämä on 6 722,6 kg/a opinnäytetyön lähtökuormitusta suurempi. Eloperäisen aineksen lähtökuormitus on 223 940,0 kg/a, mikä on 11 701,0 kg/a opinnäytetyön lähtökuormitusta suurempi (Taulukko 9).

Kiintoaineen tulokuormitus on 232 090,0 kg/a ja 194 734,9 kg/a opinnäytetyössä saatua määrittystä suurempi. Parametreista eloperäisen aineksen osalta tulokuormitukset olivat lähimpänä toisiaan. Eloperäisen aineksen tulokuormitus oli 265 640,0 kg/a ja 55 312,4 kg/a opinnäytetyön määrittystä suurempi (Taulukko 9).



Kuva 34. Kiintoaine. Kuva 35. Eloperäinen aines (CODMn). VEMALA-vesistömallijärjestelmän ja opinnäytetyön lähtö- ja tulokuormitusten vertailua [20]

Taulukko 9. VEMALA:n ja opinnäytetyön lähtö- ja tulokuormitusten vertailua kg/a [20]

Parametri	Lähtökuorma (VEMALA)	Lähtökuorma (Opinnäytetyö)	Tulokuorma (VEMALA)	Tulokuorma (Opinnäytetyö)
Fosfori	403,9	164,8	797,8	193,2
Typpi	10 800,0	8 449,5	20 970,0	6 203,6
Kiintoaine	54 160,0	47 437,4	232 090,0	37 355,1
CODMn	223 940,0	212 239,0	265 640,0	210 327,6

#### 4.5.3 Kuormitus eri päästölähteistä

Maataloudesta tulee metsätaloutta enemmän fosforipäästöjä. Vakitukselta haja-asutuksesta ja loma-asunnoista on fosforia peräisin jopa metsätaloutta enemmän Hörhänjoessa ja Lautjärven laskupurossa. Suurin osuus päästöistä on kuitenkin metsien luonnonhuuhtoumasta. Leppäsuonpurossa ei ole yhtään maatalouden fosforipäästöjä, vaan melkein kaikki on metsien luonnonhuuhtoumasta (Taulukko 10).

Taulukko 10. Tutkimuskohteiden fosforikuormia eri päästölähteistä kg/a [20]

<i>Tutkimuskohde</i>	<i>Maatalous</i>	<i>Metsätalous</i>	<i>Metsien luonnon- huuhtouma</i>	<i>Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot</i>
<i>Kaakonlammen laskupuro</i>	4,4	0,5	10,8	2,7
<i>Hollonjoki</i>	5,6	4,2	57,8	2,4
<i>Hörhänjoki</i>	22,1	1,1	31,3	4,6
<i>Lautjärven las- kupuro</i>	97,9	3,5	62,2	7,0
<i>Leppäsuonpuro</i>	0,0	0,1	30,7	0,4
<i>Pankajoki (läh- tevä kuorma)</i>	107,8	14,4	214,8	35,3

Lukuun ottamatta Hollonjokea, maataloudesta tulee huomattavasti metsätaloutta suurempia typpipäästöjä. Vakituksella haja-asutuksella ja loma-asuinnoilla on myös pienempi osuutensa typen päästöistä. Metsien luonnonhuuhtoumasta on peräisin eniten typpipäästöjä (Taulukko 11).

Taulukko 11. Tutkimuskohteiden typpikuormia eri päästölähteistä kg/a [20]

<i>Tutkimuskohde</i>	<i>Maatalous</i>	<i>Metsätalous</i>	<i>Metsien luonnon- huuhtouma</i>	<i>Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot</i>
<i>Kaakonlammen laskupuro</i>	100,0	10,0	240,0	30,0
<i>Hollonjoki</i>	110,0	130,0	1 260,0	0,0
<i>Hörhänjoki</i>	620,0	50,0	810,0	50,0
<i>Lautjärven las- kupuro</i>	2 400,0	130,0	1 500,0	60,0
<i>Leppäsuonpuro</i>	0,0	10,0	740,0	10,0
<i>Pankajoki (läh- tevä kuorma)</i>	2 670,0	440,0	5 220,0	320,0

Kiintoaineen päästöt ovat maataloudesta ja metsien luonnonhuuhtoumasta. Yhdestäkään tutkimuskohteesta ei ole peräisin ollenkaan metsätalouden kiintoainepäästöjä. Metsien luonnonhuuhtouma on huomattavasti maataloutta suurempi päästölähde kiintoaineelle. Erityisesti Leppäsuonpurosta, Lautjärven laskupurosta ja Hollonjoesta laskee huomattavia määriä kiintoainekuormitusta luonnonhuuhtoumana metsistä (Taulukko 12).

Taulukko 12. Tutkimuskohteiden kiintoainekuormat eri päästölähteistä kg/a [20]

<i>Tutkimuskohde</i>	<i>Maatalous</i>	<i>Metsätalous</i>	<i>Metsät luonnonhuuhtouma</i>	<i>Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot</i>
<i>Kaakonlammen laskupuro</i>	1 700,0	0,0	4 920,0	0,0
<i>Hollonjoki</i>	1 110,0	0,0	19 340,0	0,0
<i>Hörhänjoki</i>	3 790,0	0,0	6 560,0	0,0
<i>Lautjärven laskupuro</i>	29 730,0	0,0	20 920,0	0,0
<i>Leppäsuonpuro</i>	0,0	0,0	17 010,0	0,0
<i>Pankajoki (läh-tevä kuorma)</i>	15 340,0	0,0	38 820,0	0,0

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1 Ominaisuus- ja maankäyttötiedot

Pieniveden alueella on ojitettu soita, eli turvemaita hyvin rankasti. Lisäksi kaikista tutkimuskohteiden valuma-alueiden suoalueista on myös ojitettu jo yli puolet. Liiallinen ojitus kasvattaa turvemailta laskevaa humus- ja kiintoainekuormitusta, koska lisääntyneiden ojien määrän myötä kuormitukselle on enemmän väyliä laskea maa-ainekseen sitoutumisen sijaan ojissa virtaavan veden mukana Pieniveteen.

Etenkin Kaakonlammen laskupuron valuma-alueella on ojitettu reilusti suoalueesta pinta-alaan nähden ja humuskuormitusta laskeekin sieltä virtaamapainotettuna pitoisuutena muihin tutkimuskohteisiin verrattuna paljon (Taulukko 5). Muista tutkimuskohteista Hollonjoen, Lautjärven laskupuron ja Leppäsuonpuron valuma-alueet ovat merkittäviä turvemaita ja kaikista on ojitettu yli 60 %. Ojitus nostaa turvemailta peräisin olevan kiinto- ja humuskuormituksen voimistumisen riskiä. Erityisesti eniten turvemaata omaavilta Hollonjoelta sekä Lautjärven laskupuroilta laskee huomattavan paljon eloperäistä ainesta ja kiintoainetta (Kuvat 22 ja 23).

## **5.2 Vuosikuormitukset tutkimuskohteista**

Ravinteiden osalta tutkimusaineistossa hajontaa tulosten välillä on vähän ja kuormituksen suuruus näyttäisi mahdollisesti riippuvan paljolti ihmisen toiminnasta valuma-alueella (haja-asutus, metsä- ja maatalous). Kiintoaineen ja eloperäisen aineksen tutkimusaineistossa hajontaa on enemmän verrattuna ravinteisiin ja kuormitukseen voi vaikuttaa ihmisen toiminnan lisäksi voimakkaammin valuma-alueen maantieteelliset ominaisuudet. Esimerkiksi mitä enemmän turvemaata, sitä enemmän eloperäisen aineksen kuormitusta, jota ojitus voimistaa.

Valuma-alueen maantieteellisillä ominaisuuksilla voi olla merkittävä vaikutus vuosikuormituksen suuruuteen puroissa ja jokivesissä. Maastojen jyrkät korkeus erot lisäävät virtauksien voimakkuuksia tutkimuskohteissa (purot ja joet) ja suuri pinta-ala kasvattaa alueen valuntaa sekä keskivirtaamaa. Pieniveteen päätyy vuosikuormitustakin silloin enemmän.

### 5.2.1 Lautjärven laskupuro ja Leppäsuonpuro

Merkittävimmät ravinnekuormitukset ovat peräisin Lautjärven laskupurosta sekä Leppäsuonpurosta. Kummastakin tutkimuskohteesta laskee eniten fosforia ja sen lisäksi Lautjärven laskupurosta laskee Pieniveteen myös suurimmat typpikuormitukset (Kuvat 20 ja 21). Tutkimuskohteista voimakkain Pieniveden kuormittaja on Lautjärven laskupuro, koska ravinteiden lisäksi sieltä tulee paljon kiintoaineen sekä eloperäisen aineksen kuormitusta. Ravinnekuormituksen suuruus johtuu todennäköisesti siitä, että molempien valuma-alueissa on runsaasti maatalousalaa, Lautjärven laskupurolla 12 % (147,2 ha) ja Leppäsuonpurolla 11 % (58,5 ha) koko valuma-alueen pinta-alasta (Taulukko 2).

Maatalouden lisäksi Lautjärven laskupuron ja Leppäsuonpuron valuma-alueet ovat myös merkittäviä turvemaita. Suoalaa on kummassakin paljon, ja ojitus voimistaa soilta laskevan eloperäisen aineksen, eli humuksen ja kiintoaineen aiheuttamaa kuormitusta. Leppäsuonpuron osuutta merkittävänä ravinne- ja eloperäisen aineksen kuormittajana lisää vielä se, että sen valuma-alueessa ei ole vesialueita ollenkaan tasaamassa kuormituksen vaikutuksia valumavesien laadun vaihteluihin. Lautjärven laskupuron valuma-alueella vesialueita on enemmän (Taulukko 2).

Ravinteiden ohella kiintoainetta, eloperäistä ainesta sekä erityisesti typpeä laskee virtaamapainotettuina pitoisuuksina Leppäsuonpurosta huomattavasti Lautjärven laskupuroa enemmän. Typpeä ja fosfori on vielä eniten virtaamapainotettuna pitoisuutena Leppäsuonpurossa muihin tutkimuskohteisiin verrattuna. Kuitenkin Leppäpurossa virtaama on hidasta, ja sen vuoksi kuormitusta päätyy Pieniveteen vuodessa sieltä huomattavasti Lautjärven laskupuroa vähemmän, vaikka kuormitusta on virtaamapainotettu pitoisuuksina Leppäsuonpurossa suuremmat määrät (Taulukko 5). Suuremman virtaaman vuoksi Lautjärven laskupuro on Leppäsuonpuroa merkittävämpi kuormittaja. Tämän perusteella Leppäsuonpuro jää toiseksi voimakkaimmaksi Pieniveden kuormittajaksi tutkimuskohteista.



### 5.2.2 Hörhäjoki ja Hollonjoki

Pisteet, joissa Hörhänjoki ja Hollonjoki purkavat vetensä Pieniveteen, ovat hyvin lähellä toisiaan. Hörhänjoen tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että ensimmäisen 20.05.2019 näytteenottokierroksen tyyppien määrittäminen ei ole ollut saatavissa. Tyyppien vuosikuormituksen tulisi siis Hörhänjoelta olla tuloksissa tutkimusaineistossa oikeasti suurempi.

Kummastakin valuma-alueesta laskee runsaasti ravinteita Pieniveteen, vaikka maatalousalaa on vähän (Taulukko 2). Hörhänjoelta laskee hieman enemmän fosforia ja Hollonjoelta typpeä. Erot fosfori- ja typpikuormituksissa ovat kuitenkin erittäin pieniä (Kuvat 20 ja 21). Koska maatalousalaa on vähemmän, molempien tutkimuskohteiden ravinnekuormat voivat johtua toiseksi merkittävimmistä vesistöjen kuormittajista eli metsätaloudesta.

Hollojen huomattava poikkeavuus muista tutkimuskohteista kiintoaineen osalta johtuu mahdollisesti metsien luonnonhuuhtoumasta sekä suuresta turvemaiden osuudesta valuma-alueen pinta-alasta (Taulukot 3 ja 12). Eloperäisen aineksen kuormitus Hollonjoelta voi olla humusta, joka on mahdollisesti kiintoaineen lisäksi myös turvemailta peräisin luonnonhuuhtoumana. Turvemailta laskevan humuksen vuoksi kiintoaineen ja eloperäisen aineksen kuormitukset Hollonjoelta ovat muihin tutkimuskohteisiin verrattuna suuria. Hörhänjoen valuma-alueella on vähemmän turvemaata (Taulukko 3), ja sen vuoksi eloperäisen aineksen sekä mahdollisesti kiintoaineen vuosikuormituksetkin jäävät pienemmiksi (Kuva 23).

Rakennettua ympäristöä on tutkimuskohteiden valuma-alueista eniten Hörhänjoella, mikä voi olla merkittävä lähde ulkoiselle kuormitukselle metsätalouden ohella. Hollonjoen valuma-alueella rakennettua ympäristöä on vähemmän. Hörhänjoen rakennettu ympäristö kattaa todennäköisesti Pienivedellä jonkin verran haja-asutuksena kesämökkejä ja yleiseen viemäriverkostoon kuulumattomien haja-asuksen kiinteistöjen jätevedet ovat merkittäviä vesistöjen kuormittajia (Taulukot 2, 10 ja 11).

Tulosten perusteella kokonaiskuvaa tarkasteltaessa kaikkien parametrien osalta Hollonjoki on Hörhänjokea voimakkaampi Pieniveden kuormittaja. Ravinnekuormitusten kannalta Hollonjoki sekä Hörhänjoki ovat oikeastaan yhtä merkittäviä, koska erot fosforin sekä typen välillä ovat kuitenkin hyvin pieniä. Todennäköisesti erot typikuormituksissakin tasaantuisivat, jos Hörhänjoen puuttuva määrittäminen olisi ollut vain saatavissa, mutta todennäköisesti tuskin erot olisivat silloinkaan kovin suuria. Lisäksi Hollonjoesta laskee ravinteiden lisäksi myös kiintoainetta ja eloperäistä ainesta huomattavasti Hörhänjokea enemmän (Kuvat 22 ja 23).

### 5.2.3 Kaakonlammen laskupuro

Pienimmän valuma-alue pinta-alan omaavasta Kaakonlammen laskupurosta laskee Pieniveteen muihin tutkimuskohteisiin verrattuna vähiten ulkoista kuormitusta vuodessa kaikkien parametrien osalta. Tämä aiheuttaa enemmistön hajonnasta tulosten välillä tutkimusaineistossa. Huomioitavaa on, että monen parametrin kohdalla Kaakonlammen laskupuron virtaamapainotetut pitoisuudet ovat kuitenkin yhtä suuria tai jopa suurempia kuin muiden tutkimuskohteiden. Erityisesti ravinteet ja eloperäinen aines (Taulukot 4 ja 5). Tämä tarkoittaa sitä, että muiden valuma-alueiden tavoin kuormitusta on Kaakonlammen laskupurossa paljon, mutta purossa virtaama on vain hidasta. Pienen pinta-alan myötä valuma-alueen keskivirtaama on myös hitaampi, mikä vähentää vuosikuormitusta.

Rakennetusta ympäristöstä Kaakonlammen laskupuron valuma-alueella suurin osa on asutusta, minkä pitäisi kuulua yleiseen viemäriverkoston. Tämän pitäisi hillitä asutuksesta johtuvaa jätevesien aiheuttamaa kuormitusta. Poikkeuksellista on, että esimerkiksi ravinteita ja eloperäistä ainesta laskee kuitenkin Kaakonlammen laskupuron valuma-alueelta virtaamapainotteisena pitoisuuten paljon enemmän kuin monista muista tutkimuskohteiden valuma-alueista. Koska kuormitusta aiheuttavaa ihmisen toimintaa (maa- ja metsätalous) on valuma-alueella vähän, on kuormitus todennäköisesti enimmäkseen luonnonhuuhtoumaa (Taulukot 10, 11 ja 12).

Ravinne- ja eloperäisen aineksen kuormitus voi olla peräisin jätevesistä, mutta Kaakonlammen laskupuron valuma-alueen ominaisuus- ja maankäyttötietoja tarkasteltaessa alueella on myös maataloutta ja turvemaita, joita on vielä ojitettu hyvin rankasti, 85,9 % koko suoalasta (Taulukko 3). Ojitetuilta turvemailta voi olla peräisin humuskuormitusta, mikä selittäisi ainakin osittain suuren eloperäisen aineksen virtaamapainotetun pitoisuuden. Osa ravinnekuormitusta on mahdollisesti maataloudesta. Kaakonlammen laskupuron valuma-alueella on kaksi isoa vesialuetta, mitkä ovat Puukonlampi ja Kaakonlampi, joista jälkimmäinen laskee asutuksen läpi Pieniveteen. Maatalousalaa ja turvemaata on vähän vesialueita enemmän, eli vesialueilla voi olla vähemmän vaikutusta valumavesien laadun vaihteluiden tasaamisessa valuma-alueella (Taulukko 2).

Mahdollisesti osa kuormituksesta on siis peräisin turvemailta (humus ja kiintoaine), osa maataloudesta (ravinteet) ja loput luonnonhuuhtoumaa. Lisäksi asutuksen jätevesillä voi olla myös hieman vaikutusta kuormitukseen. Vaikka hitaan virtaaman takia vain pieni osa Kaakonlammen laskupurosta laskevasta kuormituksesta päätyy lopulta Pieniveteen, tulisi tästä huolimatta Kaakonlammen laskupuro huomioida merkittävänä kuormittajana muiden tutkimuskohteiden tavoin.

### **5.3 Pieniveden näytteenottopiste**

Järvellä tilanne näyttää kaikkien parametrien osalta oikein hyvälle. Fosforin perusteella Pienivesi luokiteltaisiin karuihin järviin ja typen sekä klorofylli-a:n perusteella lievästi rehevöityneisiin. Fosforin pitoisuudet näyttävät järvellä olevan erittäin hyviä, koska ne eivät sijoitu veden laatuluokituksessa edes lievästi rehevän järven luokkaan (Taulukot 1 ja 6).

Tuloksista enemmistö (typpi ja klorofylli-a) viittaavat siihen, että Pienivesi on lievästi rehevöitynyt järvi. Lievä rehevöityminen johtuu kuitenkin todennäköisesti siitä, että se on Pieniveden luonnollinen rehevyyden tila, eikä ulkoisella kuormituksella ole ollut siihen vaikutusta. Eloperäisen aineksen (CODMn) tulosten perusteella Pienivesi kuuluu humusvesiin (Taulukot 1 ja 6).

#### 5.4 Lähtö- ja tulokuormitus

Kaikkien selvityksessä käytettyjen parametrien osalta Pieniveden tulokuormitus on ollut lähtökuormitusta pienempi. Poikkeuksena on ainoastaan fosfori Pankajoen kautta poistuvan lähtökuormituksen osalta. Kuitenkin hoitokalastuksen osuus nostaa fosforin lähtökuormituksen tulokuormitusta suuremmaksi (Kuva 24).

Tilanne on ollut kaikkien parametrien tulo- ja lähtökuormituksen suhteen hyvä. Pieniveteen laskee huomattavasti ulkoista kuormitusta valuma-alueilta, mutta sitä myös poistuu kuitenkin Pankajoen kautta sen verran, että vakavaa kuormittumista ei pääse tapahtumaan järvellä. Hoitokalastus on ravinteiden osalta auttanut estämään kuormittumista. Ravinteiden ja kiintoaineen tulokuormitusta voisi silti vähentää vielä. Fosforin Pankajoen lähtökuormituksen jäädessä tulokuormitusta pienemmäksi voi riskinä olla Pieniveden luonnollisen rehevyyden ja ekologisen tilan muuttuminen, mikäli hoitokalastusta ei enää jatketa.

Vaikka hoitokalastuksella on ollut merkittävä rooli Pieniveden kuormittumisen estämisessä, tulisi tässä tilanteessa nyt seuraavaksi ensisijaisesti keskittyä kuormituksen lähteisiin valuma-alueissa ja ehkäistä liiallisen ulkoisen kuormituksen laskeminen Pieniveteen. Ulkoisen kuormituksen laskemisen ehkäiseminen valuma-alueilta tarjoaa pysyvämpiä vaikutuksia Pieniveden kuormittumisen estämiseen. Ravinteiden osalta hoitokalastus on enemmänkin vain väliaikainen ratkaisu. Tehokkaiden vesiensuojelumenetelmien jälkeen hoitokalastukselle ei ole enää tarvetta, ja lisäksi tehostetuilla vesiensuojelumenetelmillä pystytään myös estämään kuormitusta useamman parametrin osalta. Hoitokalastus toimii vain ravinteisiin. Hyvällä vesiensuojelun suunnittelulla ja toteutuksella saadaan aikaan kestäviä ja hyviä tuloksia. Pysyviä sekä toivottuja vaikutuksia ei saada aikaan, mikäli ulkoiselle kuormitukselle ei tehdä mitään ja silloin hoitokalastuksenkin tarve tulee jatkumaan aina jatkossakin.

## 5.5 VEMALA

### 5.5.1 Vuosikuormitukset tutkimuskohteista

VEMALA-vesistömallijärjestelmän simuloimat vuosikuormitukset tutkimuskohteista ovat melko lähellä opinnäytetyön määrittämiä. VEMALA:n tuloksista enemmistö ovat opinnäytetyössä saatuja suurempia, mikä oli odotettavissa, koska sen simuloimat pitoisuudet ovat näytteenottokerroilla havaittuja suurempia ja VEMALA ei ole huomionnut, että osa tutkimuskohteista ovat olleet kuivia syyskuussa toisella näytteenottokerralla (Liitteet 7 ja 8). Pitoisuus on simuloitu suureksi tälle ajalle, vaikka tutkimuskohteiden ollessa kuivia, ei kuormitustakaan ole ollut. Kuitenkin VEMALA:n ja opinnäytetyön tulokset ovat samaa suuruusluokkaa, joten voidaan todeta, että näytteenottokertojen havaituista pitoisuuksista opinnäytetyön kuormituksen arvioinnin menetelmillä saadut tulokset ovat luotettavia. Ainoastaan Lautjärven laskupurolle VEMALA simuloi huomattavasti opinnäytetyötä suuremmat vuosikuormitukset.

### 5.5.2 Lähtö- ja tulokuormitus

Kaikkien parametrien osalta VEMALA-lähtökuormitukset ovat opinnäytetyön kuormituksen arvioinnissa saatuja tuloksia suurempia. Tulokuormituksissa kaikki VEMALA:n antamat tulokset ylittävät huomattavasti opinnäytetyössä saadut. Opinnäytetyön kuormituksen arviointiin verrattuna VEMALA on tarkempi, koska se ottaa koko vuoden pitoisuuksien vaihtelut huomioon (Liitteet 7 ja 8). Kuitenkin Pieniveden alueella on mahdollisesti myös valuma-alueita ja puroja sekä jokia, jotka eivät olleet mukana opinnäytetyön kuormitus selvityksessä, mutta VEMALA on ne huomionnut. Tästä voi johtua suuret erot tuloksissa eri parametreissa, etenkin tulokuormituksissa.

Lisäksi VEMALA ei huomioi hoitokalastuksen osuutta ravinteiden lähtökuormituksessa. Tulokuormituksesta osa pidättyy Pieniveteen, kuten sedimentteihin, eikä kuormitus ole silloin järven veden laadulle haitallista. Tulokuormitukset näyttävät huolestuttavan suurilta opinnäytetyössä saatuihin määriin verrattuna, mutta järvinäytteenottopisteeltä havaitut pitoisuudet kaikissa kuormitus selvityksen parametreissa näyttävät kuitenkin hyviltä, eikä niiden perusteella Pienivesi ole vakavasti rehevöitymässä (Taulukko 6).

### 5.5.3 Kuormitus eri päästölähteistä

Eniten fosfori-, typpi- ja kiintoainekuormitusta on peräisin maataloudesta ja metsien luonnonhuuhtoumasta. Sen jälkeen metsätaloudesta sekä vakituise-  
sta haja-asutuksesta ja loma-asunnoista. Vakituise-  
n haja-asutuksen ja  
loma-asuntojen sekä metsätalouden ravinteiden päästömäärät ovat hyvin sa-  
maa tasoa. Pieniveden kuormittumiseen maatalouden ja metsätalouden li-  
säksi vakituise-  
lla haja-asutuksella sekä loma-asunnoillakin on vaikutusta  
(Taulukot 10-12).

Muihin ulkoisen kuormituksen tutkimuskohteisiin verrattuna eniten maatalous-  
alaa omaavan valuma-alueen Lautjärven laskupurosta laskee Pieniveteen erit-  
täin paljon ravinteita ja kiintoaineen kuormitusta. Hörhänjoelta ja Hollonjoelta  
enemmistö kuormituksesta tulee metsien luonnonhuuhtoumasta, erityisesti  
Hollonjoesta. Erikoista on, että metsätaloudesta ei olisi tullut ollenkaan kiinto-  
aineen päästöjä, vaikka metsätalous on kiintoaineelle merkittävä päästölähde  
(Taulukot 10-12).

Pankajoesta poistuu lähtökuormituksena eniten metsien luonnonhuh-  
toumasta peräisin olevaa kuormitusta. Sen jälkeen suurin osa kuormituksesta  
on maataloudesta. Vakituise-  
sta haja-asutuksesta sekä loma-asunnoista pois-  
tuva typpikuormitus on melkein yhtä suuri ja fosforin osalta jopa metsätalou-  
den osuutta suurempi. (Taulukot 10-12).

### 5.6 Vesiensuojelulliset toimenpiteet kuormituksen ehkäisemiseksi

Valuma-alueilta laskevan kuormituksen ehkäisemiseksi suositellaan ensijai-  
sena vesiensuojelumenetelmänä pintavalutuskenttiä ja täydentävänä laskeu-  
tusaltaita. Pintavalutuskentän yläpuolelle rakennettu laskeutusallas pidättää  
kiintoaineen ja siihen sitoutuneet ravinteet, mutta ei liukoisia ravinteita, mitkä  
virtaavat suoraan laskeutusaltaan läpi. Siksi tarvitaan pintavalutuskenttiä  
imeyttämään liukoiset ravinteet pintamaahan ja kasvillisuuteen. Pintavalutus-  
kentän toiminta on erittäin hyvä luonnon omaa puolustusjärjestelmää hyödyn-  
tävä menetelmä ravinnekuormitusta vastaan.

Laskeutusaltaita voidaan tehostaa erilaisilla padoilla (putki-, setti- ja v-padot) virtaamien hidastamiseksi tutkimuskohteissa, jotta kiintoaine pidättyy paremmin altaisiin. Padoilla saataisiin myös pienennettyä mahdollisia tulvahuippuja sekä ylivirtaamia, joilla voi olla merkittävä vaikutus esimerkiksi kiinto- ja eloperäisen aineksen kuormituksiin. Patoja suunniteltaessa tulee olla hyvät kohde- ja aluetiedot, jotta kohteelle saadaan juuri sille sopiva pato.

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) Puumavesi-hankkeen menetelmää voisi myös käyttää laskeutusaltaiden toiminnan tehostamisessa. Laskeutusaltaisiin asennetut risu- ja rantatukit pystyvät puhdistamaan vettä epäpuhtauksista, kuten ravinteista ja humuksesta. Näin esimerkiksi osa liukoisista ravinteista saataisiin pidätettyä jo laskeutusaltaisiin, mikä parantaisi puhdistustulosta entisestään. Puumavesi-hankkeen menetelmä olisi myös yksinkertainen, luonnonmukainen, kustannustehokas ja kiertotalouden näkökulmasta hyvä ratkaisu, koska muuten hävitettäväksi menevä ylimääräinen puuainees metsätaloudesta pystytään näin hyödyntämään valumavesien puhdistamisessa.

Lopuksi ojitustilannetta olisi tärkeä tarkastella uudelleen Pieniveden alueella. Tähän mennessä valuma-alueita on ojitettu erittäin rankasti ja enemmän kuin ehkä tarve on vaatinut. Siksi jatkossa ojituksen tarpeellisuutta tulisi jatkossa harkita tarkasti ja nykyisistä ojista voitaisiin osa katkoa niiden kautta laskevan kuormituksen estämiseksi ja pienien pintavalutuskenttien aikaansaamiseksi. Suositeltuja vesiensuojelukeinoja tarvitaan erityisesti Lautjärven laskupuron, Leppäsuonpuron, Hörhänjoen ja Hollonjoen valuma-alueilla. Kaakonlammen laskupuron valuma-alueelle vesiensuojelumetelmiä ei välttämättä tarvitse isossa mittakaavassa, koska hidas virtaama pitää kuormituksen pidättyneenä purossa ja vuosikuormitukset ovat muutenkin pieniä muihin tutkimuskohteisiin verrattuna. Patoja voisi käyttää laskeutusaltaiden toiminnan tehostamisessa Lautjärven laskupurossa ja Hollonjoessa, koska molempien virtaama on muihin tutkimuskohteisiin nopeampaa ja niiden suuren kiintoaineen sekä humuskuormituksen tehokkaaseen pidättymiseen auttaisi hitaampi virtaama. Leppäsuonpuroon ja Hörhänjokeen patoja ei välttämättä tarvita, koska niissä virtaama on jo luontaisesti hidasta. Puumavesi-hankkeen menetelmä sopisi laskeutusaltaiden toiminnan tehostamiseen kaikissa tutkimuskohteissa.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vuoden 2019 aikana kaikkien parametrien osalta valuma-alueilta peräisin ja tutkimuskohteiden kautta laskeva tulokuormitus oli Pankajoelta poistuvaa lähtökuormitusta pienempi, eikä Pienivesi ole päässyt niin vakavasti kuormittumaan, että sen luonnollinen rehevöitymisen tila olisi muuttunut. Fosforin lähtökuormitus oli tavallista suurempi hoitokalastuksen vaikutuksesta ja ilman hoitokalastusta fosforin lähtökuormitus olisi jäänyt tulokuormitusta pienemmäksi. Tämän vuoksi ulkoista kuormitusta ehkäisevät vesiensuojelulliset toimenpiteet ovat kannattavia. Pieniveden tulo- ja lähtökuormituksen suhde on hyvä, mutta runsas ja jatkuva ulkoinen kuormitus voi silti ajan kanssa heikentää sen veden laatua sekä olla aina riski ekologiselle tilalle, mikäli tulokuormitus kasvaa liian paljon lähtökuormitusta suuremmaksi.

Pienivettä voimakkaimmin kuormittava tutkimuskohde on Lautjärven laskupuro ja sen jälkeen Leppäsuonpuro. Molempien valuma-alueet ovat merkittäviä maatalous- ja turvemaita, joista laskee vuoden aikana Pieniveteen runsaasti ravinteita, kiintoainetta ja eloperäistä ainesta. Merkittävä osa Pieniveden vastaanottamasta kuormituksesta on lähtöisin myös Hollonjoesta ja Hörhänjoesta. Kiintoainetta laskee Hollonjoelta muihin tutkimuskohteisiin verrattuna eniten vuodessa. Vähiten kuormitusta laskee kaikkien parametrien osalta Kaakonlammen laskupurosta.

Ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi suositellaan ojitusten tarpeellisuuden tarkempaa harkintaa jatkossa sekä vesiensuojelua varten ensisijaisena menetelmänä pintavalutuskenttiä ja täydentävänä laskeutusaltaita. Lisäksi padoilla ja Puumavesi-hankkeen menetelmällä voisi tehostaa lasketusaltaiden toimintaa ja parantaa puhdistustulosta. Suositeltuja vesiensuojelullisia toimenpiteitä tulisi rakentaa kaikille tutkimuskohteille.



## LÄHTEET

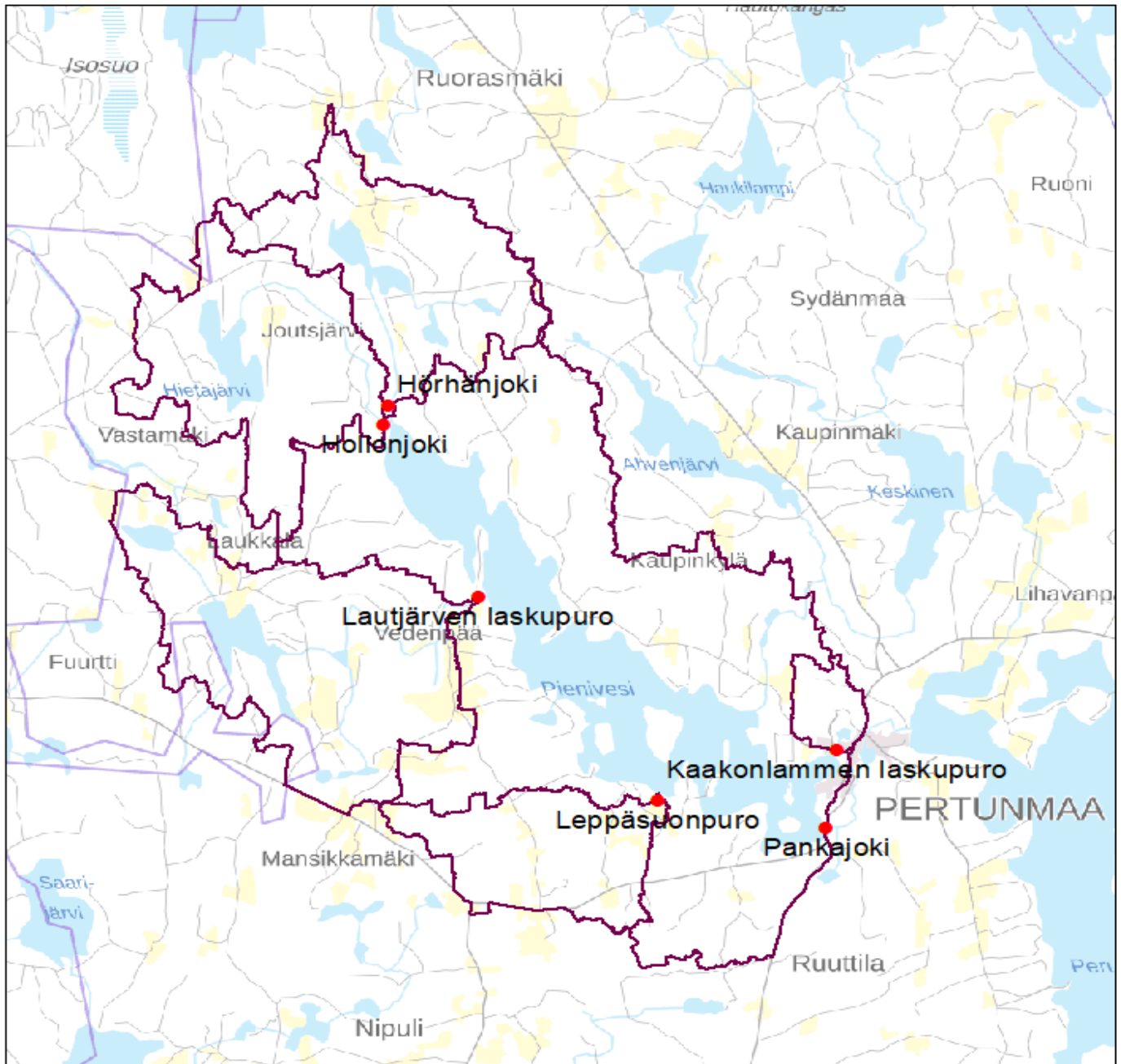
1. Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 27.08.2019. Päivitetty 31.01.2020. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/pintavesientila> [viitattu 11.02.2020].
2. Hakala, H & Välimäki, J. Suomen ympäristökeskus (SYKE). Gaudeamus. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Tammer-Paino, Tampere 2003.
3. Longley, K. Rolle. Huang, W. Clark, C & Johnson, E. 2019. Effects of nutrient load from St. Jones River on water quality and eutrophication in Lake George, Florida. *Limnologia* 77,125687.
4. Järven rehevöityminen. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 24.06.2013. Päivitetty 01.07.2019. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostustarvetta\\_aiheuttavia\\_tekijoita/Rehevoityminen](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijoita/Rehevoityminen) [viitattu 02.11.2019].
5. Järven ravintoketjukurkunnostus Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 24.06.2013. Päivitetty 16.01.2020. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Ravintoketjukurkunnostus](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Ravintoketjukurkunnostus) [viitattu 16.11.2019].
6. Vesistöjen kuormitus ja luonnon huuhtouma. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 30.08.2013. Päivitetty 10.09.2019. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Vesistojen\\_kuormitus\\_ja\\_luonnon\\_huuhtouma](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_kuormitus_ja_luonnon_huuhtouma) [viitattu 02.11.2019].
7. Joensuu, S. Kauppila, M. Lindén, M & Tenhola, T. 2012. Hyvän metsänhoidon suositukset - Vesiensuojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. Saatavissa: <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/Vesiensuojeluopas-nettiin1.pdf> [viitattu 25.12.2019].
8. Vedenlaatuoluokituksen raja-arvot ja lähteet. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8A7CACB5-3A30-4443-8470-E612AEB5CF5FA%7D/91995> [viitattu 13.12.2019].

9. Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 28.11.2019. Päivitetty 09.03.2020. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus) [viitattu 16.11.2019].
10. Järven ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 24.06.2013. Päivitetty 01.07.2019. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Jarvien\\_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Ulkoi-sen\\_kuormituksen\\_vahentaminen](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostusmenetelmat/Ulkoi-sen_kuormituksen_vahentaminen) [viitattu 02.11.2019].
11. Finér, L. Čiuldienė, D. Libietė, Z. Lode, E. Nieminen, M. Pierzgalski, E. Ring, E. Strand, L & Sikström, U. 2018. Hyvät käytännöt kunnostusojituksen vesiensuojeluun Itämeren alueella. WAMBAF julkaisuja. Saatavissa: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/projektwebbplats/wambaf/drainage/good-practices/hyvat-kaytannot-kunnostusojituksen-finnish.pdf> [viitattu 25.12.2019].
12. Järvenpää, L. Savolainen, M. 2015 Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu (2. päivitetty versio). Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) julkaisu- Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2015. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/156521/OH\\_4\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/156521/OH_4_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 25.12.2019].
13. Laskeutusaltaat, lietekuopat- ja taskut. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 18.12.2014. Päivitetty 07.01.2020. Saatavissa: [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) [viitattu 23.11.2019].
14. Puumavesi-hanke. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 17.09.2018. Päivitetty 27.02.2020. Saatavissa: <https://www.syke.fi/hankkeet/puumavesi> [viitattu 06.03.2020].
15. Puuaines puhdistamaan metsätalouden valumavesiä. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 18.09.2018. Saatavissa: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Puuaines\\_puhdistamaan\\_metsatalouden\\_valu\(47904\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Puuaines_puhdistamaan_metsatalouden_valu(47904)) [viitattu 13.01.2019].
16. Rehevöityneen järven kunnostamiseen ei ole oikotietä. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 15.06.2017. Saatavissa: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Rehevoityneen\\_jarven\\_kunnostamiseen\\_ei\\_o\(43609\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Rehevoityneen_jarven_kunnostamiseen_ei_o(43609)) [viitattu 13.11.2019].

17. Monivaikutteiset kosteikot. Suomen ympäristökeskus (SYKE). WWW-dokumentti. Julkaistu 18.12.2014. Päivitetty 09.03.2020. Helsinki: Suomen ympäristökeskus (SYKE). Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien\\_kaytto/Maankuivatus\\_ ja\\_ojitus/Luonnonmukainen\\_peruskuivatus/Monivaikutteiset\\_kosteikot](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus/Monivaikutteiset_kosteikot) [viitattu 15.03.2020].
18. Palomäki A, Ajala, H. Kuhmonen, I & Sudell, P. 2014 Mikkelin alapuolisen Saimaan sekä valuma-alueen hoidon yleissuunnitelma. Nab Labs Oy-Ympäristökeskus Ambiotican julkaisu. Saatavissa: [https://esvesienhoito.files.wordpress.com/2015/01/mli\\_alapuoli\\_yleissuunnitelma\\_2014.pdf](https://esvesienhoito.files.wordpress.com/2015/01/mli_alapuoli_yleissuunnitelma_2014.pdf) [viitattu 24.02.2020].
19. Avoin ympäristötietojärjestelmä HERTTA.
20. VEMALA-vesistömallijärjestelmä.

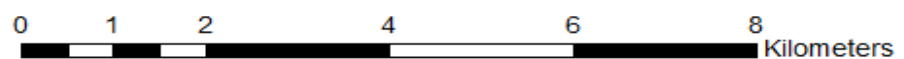
# Pertunmaan Pieniveden valuma-alueet

Author: Aki Volanen



## Selite

- Näytepisteet
- Valuma-alueet



Taulukko. Fosforin päästöt eri lähteistä Kaakonlammen laskupuron valuma-alueella [20]

<b>Kaakonlammen laskupuro</b>	<b>Fosfori kg/a</b>
Maatalous	4,4
Metsätalous	0,54
Metsien luonnonhuuhtouma	10,8
Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot	2,7

Taulukko. Typen päästöt eri lähteistä Kaakonlammen laskupuron valuma-alueella [20]

<b>Kaakonlammen laskupuro</b>	<b>Typpi kg/a</b>
Maatalous	100
Metsätalous	10
Metsien luonnonhuuhtouma	240
Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot	30

Taulukko. Typen päästöt eri lähteistä Kaakonlammen laskupuron valuma-alueella [20]

<b>Kaakonlammen laskupuro</b>	<b>Kiintoaine kg/a</b>
Maatalous	1 700,0
Metsätalous	0,0
Metsien luonnonhuuhtouma	4 920,0
Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot	0,0

Taulukko. Fosforin päästöt eri lähteistä Leppäsuonpuron valuma-alueella [20]

<b>Leppäsuonpuro</b>	<b>Fosfori kg/a</b>
Maatalous	0,0
Metsätalous	0,1
Metsien luonnonhuuhtouma	30,7
Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot	0,4

Taulukko. Typen päästöt eri lähteistä Leppäsuonpuron valuma-alueella [20]

<b>Leppäsuonpuro</b>	<b>Typpi kg/a</b>
Maatalous	0,0
Metsätalous	10,0
Metsien luonnonhuuhtouma	740,0
Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot	10

Taulukko. Kiintoaineen päästöt eri lähteistä Leppäsuonpuron valuma-alueella [20]

<b>Leppäsuonpuro</b>	<b>Kiintoaine kg/a</b>
Maatalous	0,0
Metsätalous	0,0
Metsien luonnonhuuhtouma	17 010,0
Vakituinen haja-asutus ja loma-asunnot	0,0

	<b>VI Total Phosphorus Uomasta 14.917U0006 lähtevä kuorma kg/vuosi</b>
peltoviljely	5,00
pellot luonnonhuuhtouma	0,63
metsätalous hakkuut	2,85
metsätalous kunnostusojitus	0,07
metsätalous lannoitus	0,12
metsät muu ihmistoiminta	0,54
metsät luonnonhuuhtouma	57,79
vakituinen haja-asutus	1,73
loma-asunnot	0,71
hulevesi	0,06
laskeuma vesiin	2,84
pistekuorma	0,00

Kuva. Fosforin päästöt eri lähteistä Hollonjoen valuma-alueella [20]

	<b>VI Total Nitrogen Uomasta 14.917U0006 lähtevä kuorma 1000 kg/vuosi</b>
peltoviljely	0,10
pellot luonnonhuuhtouma	0,01
metsätalous hakkuut	0,06
metsätalous kunnostusojitus	0,00
metsätalous lannoitus	0,01
metsät muu ihmistoiminta	0,06
metsät luonnonhuuhtouma	1,26
vakituinen haja-asutus	0,02
loma-asunnot	0,00
hulevesi	0,00
laskeuma vesiin	0,14
pistekuorma	0,00

Kuva. Typen päästöt eri lähteistä Hollonjoen valuma-alueella [20]

	<b>VI Suspended Solids F6 Uomasta 14.917U0006 lähtevä kuorma 1000 kg/vuosi</b>
peltoviljely	0,99
pellot luonnonhuuhtouma	0,12
metsätalous hakkuut	0,00
metsätalous kunnostusojitus	0,00
metsätalous lannoitus	0,00
metsät muu ihmistoiminta	0,00
metsät luonnonhuuhtouma	19,34
vakituinen haja-asutus	0,00
loma-asunnot	0,00
hulevesi	0,00
laskeuma vesiin	0,00
pistekuorma	0,00

Kuva. Kiintoaineen päästöt eri lähteistä Hollonjoen valuma-alueella [20]

	<b>V1 Total Phosphorus Uomasta 14.917U0005 lähtevä kuorma kg/vuosi</b>
peltoviljely	19,51
pellot luonnonhuuhtouma	2,58
metsätalous hakkuut	1,11
metsätalous kunnostusojitus	0,01
metsätalous lannoitus	0,01
metsät muu ihmistoiminta	0,01
metsät luonnonhuuhtouma	31,31
vakituinen haja-asutus	2,32
loma-asunnot	2,28
hulevesi	0,05
laskeuma vesiin	2,04
pistekuorma	0,00

Kuva. Fosforin päästöt eri lähteistä Hörhänjoen valuma-alueella [20]

	<b>V1 Total Nitrogen Uomasta 14.917U0005 lähtevä kuorma 1000 kg/vuosi</b>
peltoviljely	0,55
pellot luonnonhuuhtouma	0,07
metsätalous hakkuut	0,03
metsätalous kunnostusojitus	0,00
metsätalous lannoitus	0,01
metsät muu ihmistoiminta	0,01
metsät luonnonhuuhtouma	0,81
vakituinen haja-asutus	0,03
loma-asunnot	0,02
hulevesi	0,00
laskeuma vesiin	0,16
pistekuorma	0,00

Kuva. Typen päästöt eri lähteistä Hörhänjoen valuma-alueella [20]

	<b>V1 Suspended Solids F6 Uomasta 14.917U0005 lähtevä kuorma 1000 kg/vuosi</b>
peltoviljely	3,38
pellot luonnonhuuhtouma	0,41
metsätalous hakkuut	0,00
metsätalous kunnostusojitus	0,00
metsätalous lannoitus	0,00
metsät muu ihmistoiminta	0,00
metsät luonnonhuuhtouma	6,56
vakituinen haja-asutus	0,00
loma-asunnot	0,00
hulevesi	0,00
laskeuma vesiin	0,00
pistekuorma	0,00

Kuva. Kiintoaineen päästöt eri lähteistä Hörhänjoen valuma-alueella [20]

	<b>V1 Total Phosphorus Uomasta 14.917U0001 lähtevä kuorma kg/vuosi</b>
peltoviljely	95,61
pellot luonnonhuuhtouma	12,22
metsätalous hakkuut	9,24
metsätalous kunnostusojitus	0,33
metsätalous lannoitus	0,55
metsät muu ihmistoiminta	4,23
metsät luonnonhuuhtouma	214,75
vakituinen haja-asutus	17,94
loma-asunnot	17,35
hulevesi	0,58
laskeuma vesiin	31,14
pistekuorma	0,02

Kuva. Pankajoen kautta lähtevä fosforikuorma eri päästölähteistä [20]

	<b>V1 Total Nitrogen Uomasta 14.917U0001 lähtevä kuorma 1000 kg/vuosi</b>
peltoviljely	2,37
pellot luonnonhuuhtouma	0,30
metsätalous hakkuut	0,21
metsätalous kunnostusojitus	0,00
metsätalous lannoitus	0,05
metsät muu ihmistoiminta	0,18
metsät luonnonhuuhtouma	5,22
vakituinen haja-asutus	0,18
loma-asunnot	0,14
hulevesi	0,04
laskeuma vesiin	2,12
pistekuorma	0,00

Kuva. Pankajoen kautta lähtevä typpikuorma eri päästölähteistä [20]

	<b>V1 Suspended Solids F6 Uomasta 14.917U0001 lähtevä kuorma 1000 kg/vuosi</b>
peltoviljely	13,65
pellot luonnonhuuhtouma	1,69
metsätalous hakkuut	0,00
metsätalous kunnostusojitus	0,00
metsätalous lannoitus	0,00
metsät muu ihmistoiminta	0,00
metsät luonnonhuuhtouma	38,82
vakituinen haja-asutus	0,00
loma-asunnot	0,00
hulevesi	0,00
laskeuma vesiin	0,00
pistekuorma	0,00

Kuva. Pankajoen kautta lähtevä kiintoainekuorma eri päästölähteistä [20]



	<b>VI Total Phosphorus Uomasta 14.917U0011 lähtevä kuorma kg/vuosi</b>
peltoviljely	86,70
pellot luonnonhuuhtouma	11,24
metsätalous hakkuut	2,76
metsätalous kunnostusojitus	0,06
metsätalous lannoitus	0,10
metsät muu ihmistoiminta	0,58
metsät luonnonhuuhtouma	62,15
vakituinen haja-asutus	4,03
loma-asunnot	2,94
hulevesi	0,06
laskeuma vesiin	3,15
pistekuorma	0,00

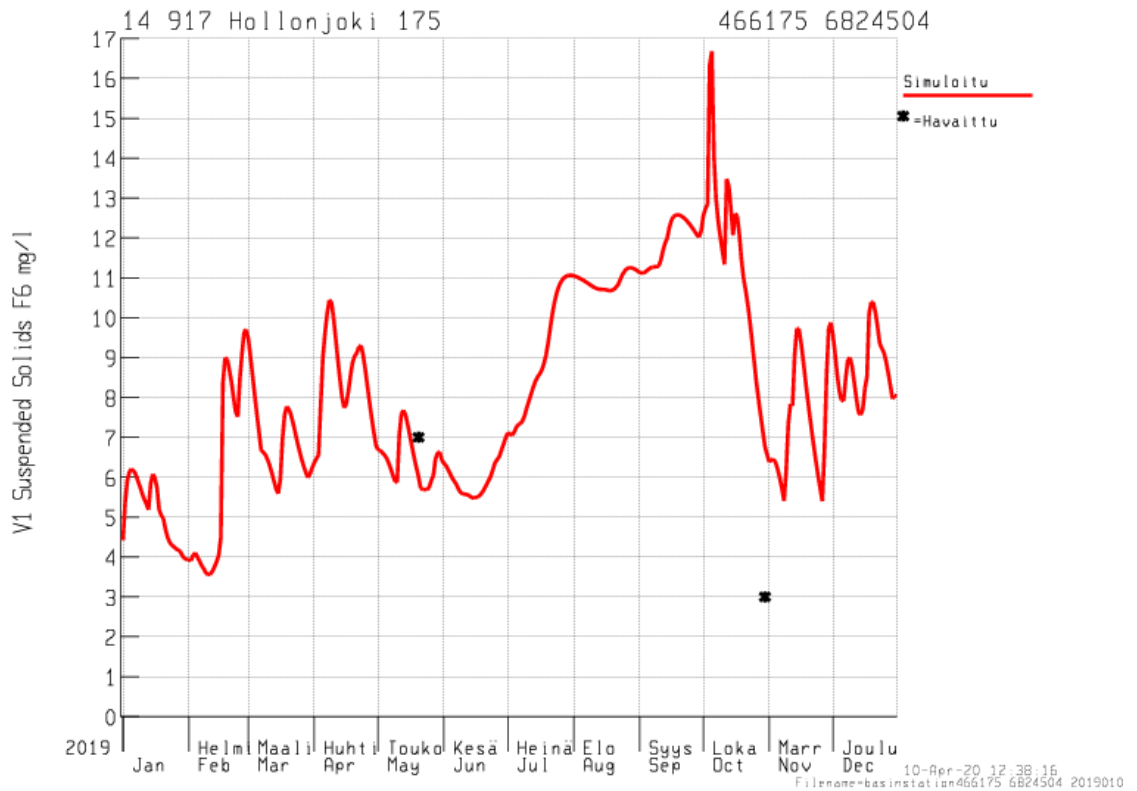
Kuva. Fosforin päästöt eri lähteistä Lautjärven laskupuron valuma-alueella [20]

	<b>VI Total Nitrogen Uomasta 14.917U0011 lähtevä kuorma 1000 kg/vuosi</b>
peltoviljely	2,13
pellot luonnonhuuhtouma	0,27
metsätalous hakkuut	0,06
metsätalous kunnostusojitus	0,00
metsätalous lannoitus	0,01
metsät muu ihmistoiminta	0,06
metsät luonnonhuuhtouma	1,50
vakituinen haja-asutus	0,04
loma-asunnot	0,02
hulevesi	0,00
laskeuma vesiin	0,22
pistekuorma	0,00

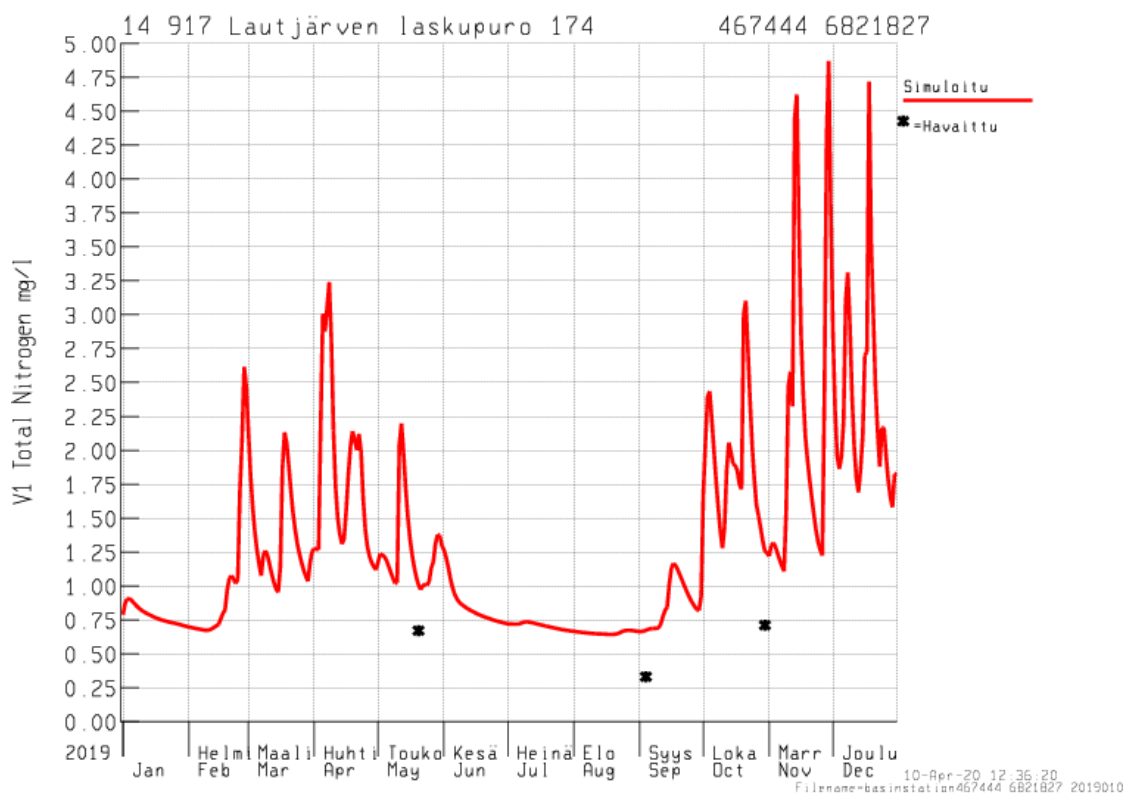
Kuva. Typen päästöt eri lähteistä Lautjärven laskupuron valuma-alueella [20]

	<b>VI Suspended Solids F6 Uomasta 14.917U0011 lähtevä kuorma 1000 kg/vuosi</b>
peltoviljely	26,21
pellot luonnonhuuhtouma	3,52
metsätalous hakkuut	0,00
metsätalous kunnostusojitus	0,00
metsätalous lannoitus	0,00
metsät muu ihmistoiminta	0,00
metsät luonnonhuuhtouma	20,92
vakituinen haja-asutus	0,00
loma-asunnot	0,00
hulevesi	0,00
laskeuma vesiin	0,00
pistekuorma	0,00

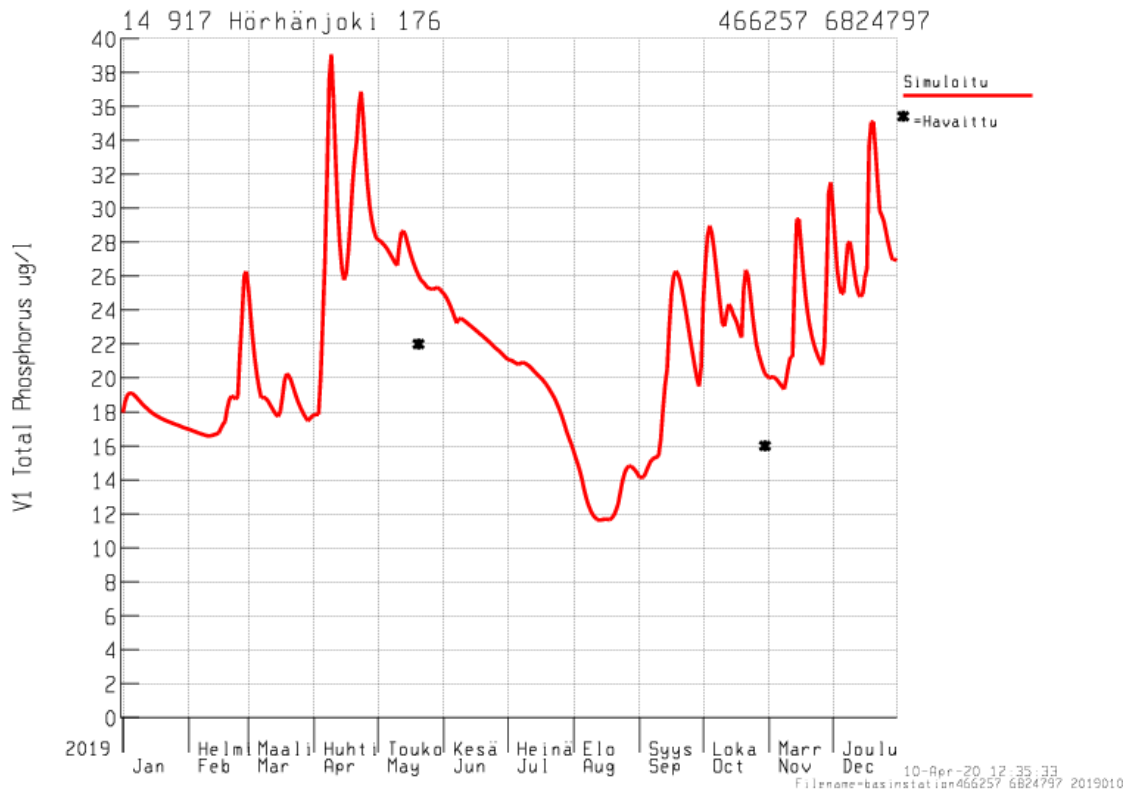
Kuva. Kiintoaineen päästöt eri lähteistä Lautjärven laskupuron valuma-alueella [20]



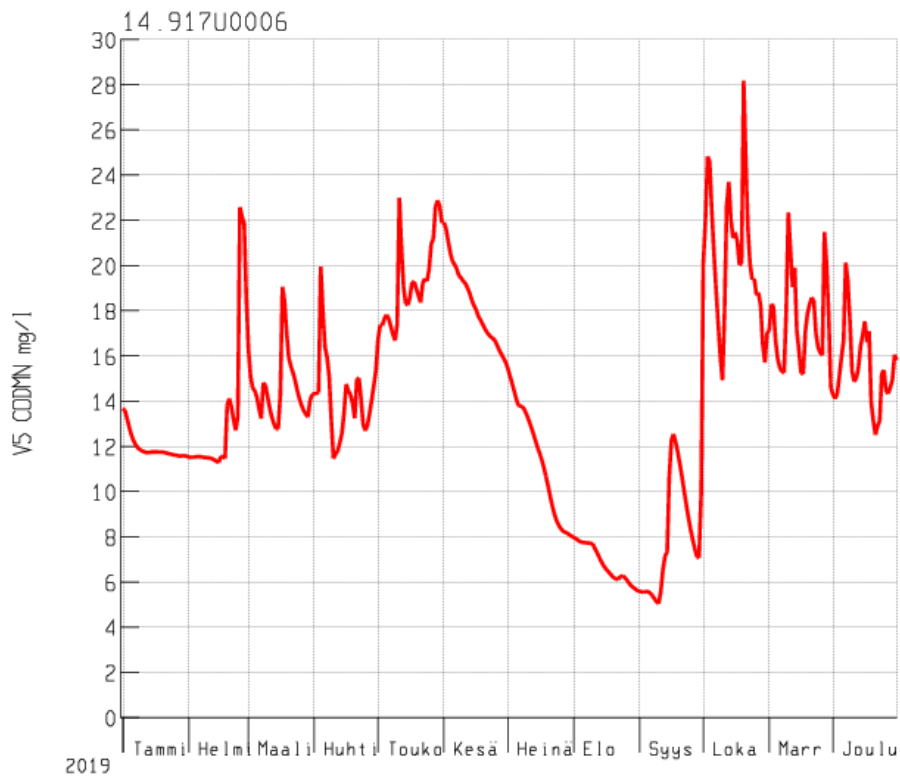
Kuva. Hollonjoen kiintoaineen simuloituiden pitoisuusvaihtelut ja havaitut pitoisuudet [20]



Kuva. Lautjärven laskupuron typen simuloituiden pitoisuusvaihtelut ja havaitut pitoisuudet [20]



Kuva. Hörhänjoen fosforin simuloitua pitoisuusvaihtelua ja havaittuja pitoisuuksia [20]



Kuva. Uoman eloperäisen aineksen (CODMn) simuloitua pitoisuusvaihtelua [20]