

LIITE 1

Littoistenjärven vesistötarkkailun yhteenveto 2017–2020

LITTOISTENJÄRVEN VESISTÖTARKKAILUN YHTEENVETO 2017-2020

LITTOISTENJÄRVEN OSAKASKUNTIEN HOITOKUNTA

ENV1839

18.9.2020



Kuva: Kevättä Littoistenjärvellä 15.4.2020, Littoistenjärven hoitokunta

18.9.2020

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Tarkkailuohjelma	3
3	Näytteenotto ja analysointi	3
4	Sääolot	5
5	Tulokset	7
5.1	Littoistenjärven veden laatu	7
5.1.1	Näkösyvyys, sameus ja väriluku	7
5.1.2	Fosforin, typen ja klorofylli-a:n pitoisuudet	7
5.1.3	Alkaliniteetti, pH, kloridin, alumiinin ja raudan pitoisuudet sekä sähkönjohtavuus	10
5.2	Väriojan veden laatu	13
5.3	Littoistenjärven kasviplankton	15
5.3.1	Sinileväseuranta	17
6	Sedimenttitutkimukset	17
7	Johtopäätökset	18
8	Viitteet	19

Liitteet

Liite 1	Vedenlaatutulokset 2017–2019
Liite 2	Littoistenjärven vuoden 2019 sedimenttitutkimusten tulosten analysointi ja vuoden 2018 sedimenttiraportin päivittäminen, Afry

Raporttiin liittyvät rajoitukset

Raportin johtopäätökset perustuvat kohteesta saatuihin dokumentteihin, haastatteluissa saatuihin tietoihin, muihin työn aikana käytettävissä olleisiin lähtötietoihin ja tutkimustuloksiin. Työ on suoritettu tavanomaisella huolellisuudella ammattimaisen toimintatavan mukaisesti. Pätevä ja kokenut henkilöstö on tehnyt parhaan mahdollisen arvioinnin kohteesta. Vahanen Environment Oy:n vastuu raportin sisällöstä on Konsulttitoiminnan yleisten sopimusehtojen KSE 2013 mukainen ja toimeksiannosta tehdyn sopimuksen mukaisesti rajoittuu konsulttikorvaukseen. Vahanen Environment Oy ei vastaa tämän raportin sisällöstä johtuvista suorista tai epäsuorista taloudellisista seurauksista, jotka kohdistuvat kolmanteen osapuoleen.

18.9.2020

1 Johdanto

Littoistenjärvi (82V043.1.001) on Kaarinan kaupungin ja Liedon kunnan alueella sijaitseva vesistöalueensa ainoa järvi. Littoistenjärvi laskee Itämereen n. kolmen kilometrin päässä Väröjoen kautta. Järven pinta-ala on 147,5 hehtaaria, suurin syvyys kolmen metrin ja keskiyvyys noin kaksi metriä. Littoistenjärveä säännöstellään Länsi-Suomen vesioikeuden 8.1.1970 antaman päätöksen mukaisesti.

Voimakkaasti rehevöityneellä Littoistenjärvellä toteutettiin 11.–12.5.2017 järven kemiallinen polyalumiinikloridikäsittely. Käsittelyllä pyrittiin sitomaan fosforia järven sedimenttiin. Järven kemialliselle kunnostukselle on Etelä-Suomen aluehallintoviraston myöntämä ympäristölupa tarkkailuvelvoitteineen (ESAVI/177/04.08/2013).

Littoistenjärven kemiallisen käsittelyn laajan määräraikaistarkastuksen mukaisessa tarkastuskertomuksessa (VARELY/5815/2019) todettiin Varsinais-Suomen ELY-keskuksen päätöksellään nro 6/2017 hyväksymän vesistötarkkailun alkaneen vuonna 2017 kemikaalikäsittelyn jälkeen ja päättyneen kolmevuotisena tarkkailuna syksyyn 2019. Tässä raportissa kootaan yhteen tarkkailun aikana kerätyt tulokset ja tehdään johtopäätökset kemikaalikäsittelyn vaikutuksista Littoistenjärvestä. Jotta mukaan saatiin myös LITSAISTUS-hankkeessa kerätty sedimenttiaineisto, sinileväseurannan tulokset sekä vedenlaatutulokset alkuvuoden 2020 osalta, loppuraportoinnille haettiin ja saatiin lisäaikaa elokuun 2020 loppuun. Vuoden 2019 vedenlaatutulokset ovat raportin liitetaulukkoina.

2 Tarkkailuohjelma

Littoistenjärven vesistötarkkailu perustuu Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunnalle 11.9.2014 myönnettyyn ympäristölupaan nro 149/2014/2, jonka lupamääräyksen kohdan 6 mukaan kemikaalikäsittelyn vaikutuksia Littoistenjärveen ja sen alapuoliseen vesistöön sekä kalastoon on tarkkailtava Varsinais-Suomen ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla. Tarkkailusuunnitelma on päivitetty ELY-keskuksen päätösten (VARELY/1241/07.00/2013, 9.3.2017 ja VARELY/485/5723/2017, 27.3.2017) mukaisesti.

3 Näytteenotto ja analysointi

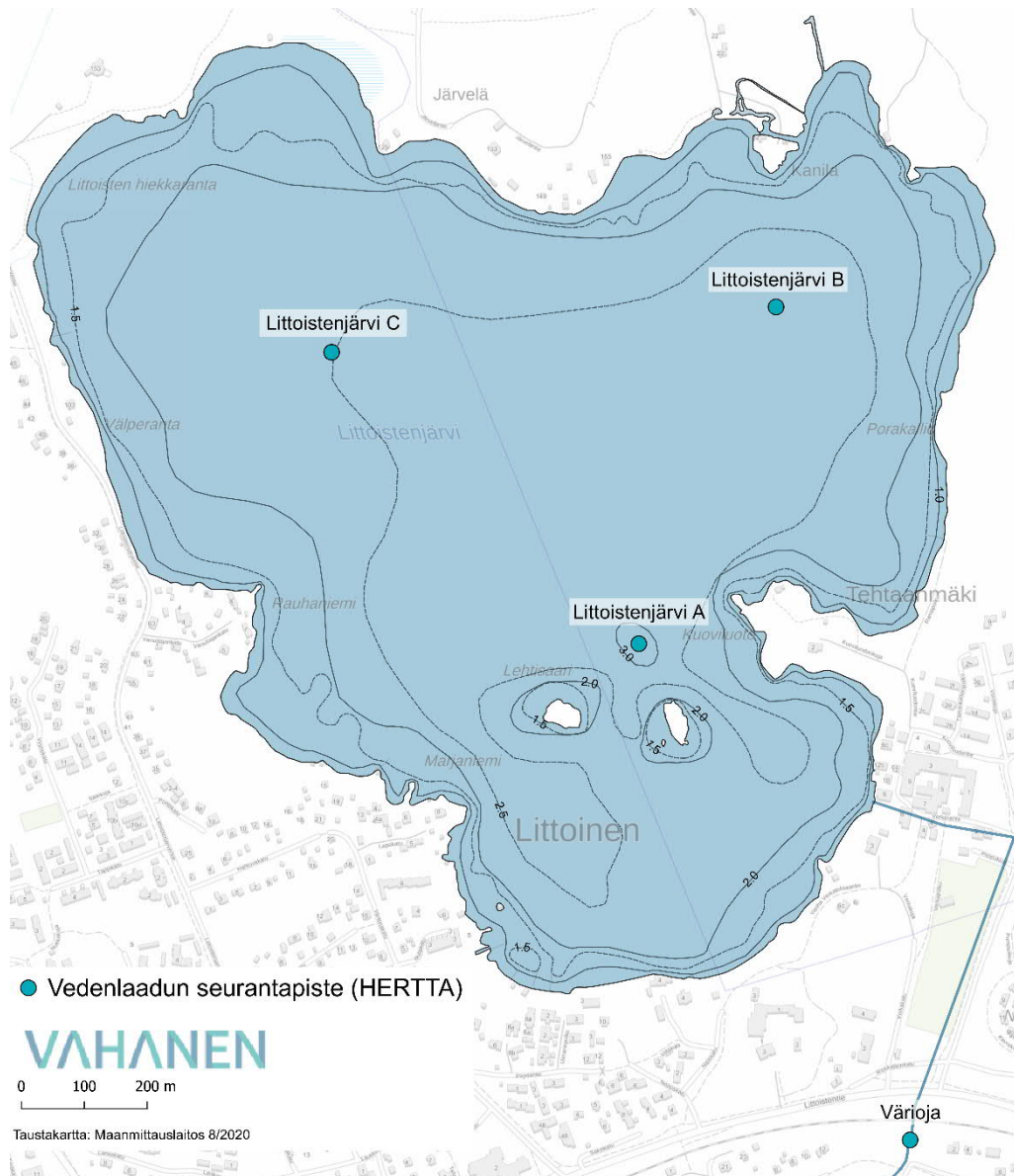
Tarkkailuohjelman mukaisesti näytteitä kerättiin seuraavilta havaintopaikoilta (kuva 1):

- ID 71920 (Littoistenjärvi A)
- ID 71921 (Littoistenjärvi B)
- ID 71924 (Littoistenjärvi C)
- ID 84973 (Väröjoja)

Vuosina 2018–2019 näytteet on otettu neljä kertaa vuosittain:

- helmi-maaliskuussa
- touko-kesäkuussa
- heinä-elokuussa
- marras-joulukuussa

18.9.2020



Kuva 1. Littoistenjärven ja Väröjan havaintopaikat.

Ohjelman mukaisesti kaikilta havaintopaikoilta analysoidaan:

- pH
- fosfori (kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori)
- typpi (kokonaistyppi ja liukoinen typpi)
- alkaliteetti
- sähkönjohtavuus
- happi, liukoinen mg/l ja kyllästysaste %
- klorofylli-a

18.9.2020

- sameus
- alumiini ja kloridi
- rauta
- väriluku
- näkösyvyys
- lämpötila
- aistinvaraiset havainnot näytteenotossa, mm. haju

Näyteasemalta ID 71920 Littoistenjärvi A on tehty seuranta kuukausittain helmi-mar-raskuussa, ja nämä seurantatulokset on esitetty osana tarkkailutuloksia. Littoistenjär-ven kasviplanktonlajistoa ja -biomassaa on seurattu havaintopaikkojen kokoomanäyt-teenä touko-kesäkuussa ja heinä-elokuussa. Kasviplanktonlajiston seurannassa hyö-dynnetään Littoistenjärven perinteistä planktonitutkimusohjelmaa.

Vesinäytteenotosta on vastannut Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:n sertifioidut näytteenottajat (erikoistumisala vesistönäytteenotto ja -mittaus). Näytteet on analysoitu Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimuksen laboratoriossa. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T101, joka täyttää standardin ISO/IEC 17025 vaatimukset. Labora-torion voimassa oleva pätevyysalue löytyy FINAS-akkreditointipalvelun internet-si-vuulta: www.finas.fi kohdasta Akkreditoidut toimielimet » Testauslaboratoriot. Näytteen-ottajien sertifiointijärjestelmästä löytyy lisätietoa internet-sivulta [www.syke.fi/Palve-lut/Laatu-](http://www.syke.fi/Palvelut/Laatu-) ja laboratoriopalvelut/Ympäristönäytteenottajien sertifiointipalvelu.

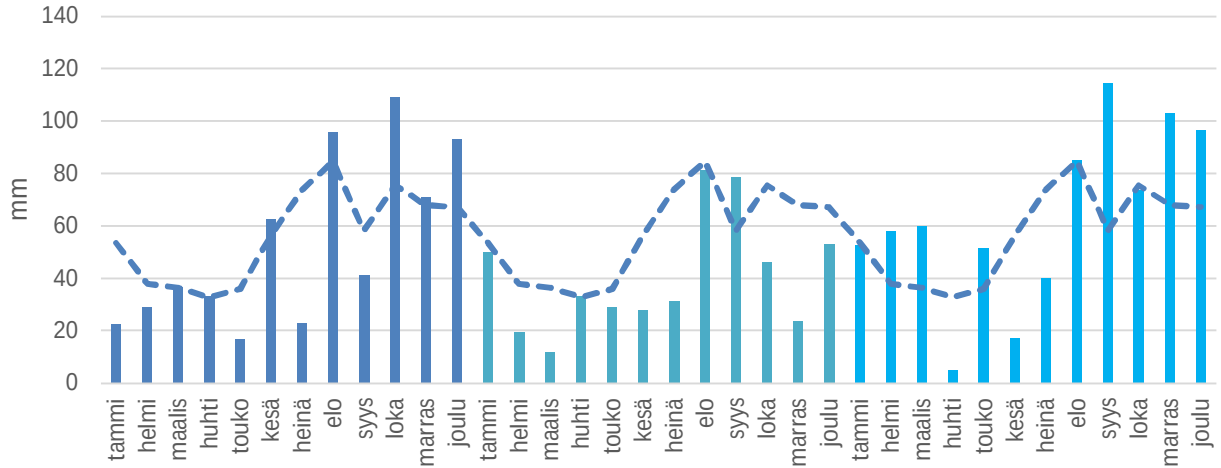
Vesinäytteet otettiin Limnos-vedennoutimella. Veden lämpötila mitattiin noutimessa olevalla lämpömittarilla. Näkösyvyys mitattiin noutimen valkoisen kannen avulla.

4 Sääolot

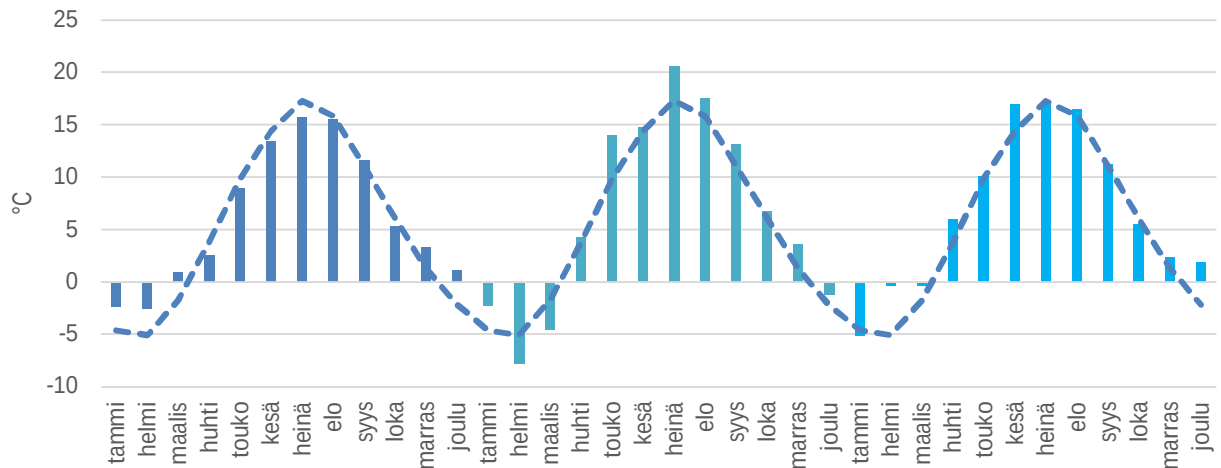
Alkuvuosi 2019 oli sateisempi ja kylmää tammikuuta lukuun ottamatta myös leudompi kuin verrokkijakso 1980–2016 (kuvat 2 ja 3). Huhti-, kesä- ja heinäkuut olivat vähäsatei-sia, kun taas syys-, marras- ja joulukuut olivat keskimääräistä sateisempia.

Kesäkuukausista vuonna 2019 kesäkuu oli tavanomaista lämpöisempi. Vuonna 2018 toukokuu sekä erityisesti heinäkuu, mutta myös elo- ja syyskuut olivat verrokkijaksoa lämpöisempiä. Vuonna 2017 huomionarvoista on loka- ja joulukuun runsas sateisuus.

18.9.2020



Kuva 2. Kuukauden sadesumma (mm) Kaarinan Yltöisen havaintoasemalla vuosina 2017–2019. Katkoviiva kuvaa keskimääräistä sadesummaa vuosina 1980–2016. Ilmatieteenlaitos elokuu 2020.



Kuva 3. Kuukauden keskilämpötila (°C) Kaarinan Yltöisen havaintoasemalla vuosina 2017–2019. Katkoviiva kuvaa keskimääräistä lämpötilaa vuosina 1980–2016. Ilmatieteenlaitos elokuu 2020.

18.9.2020

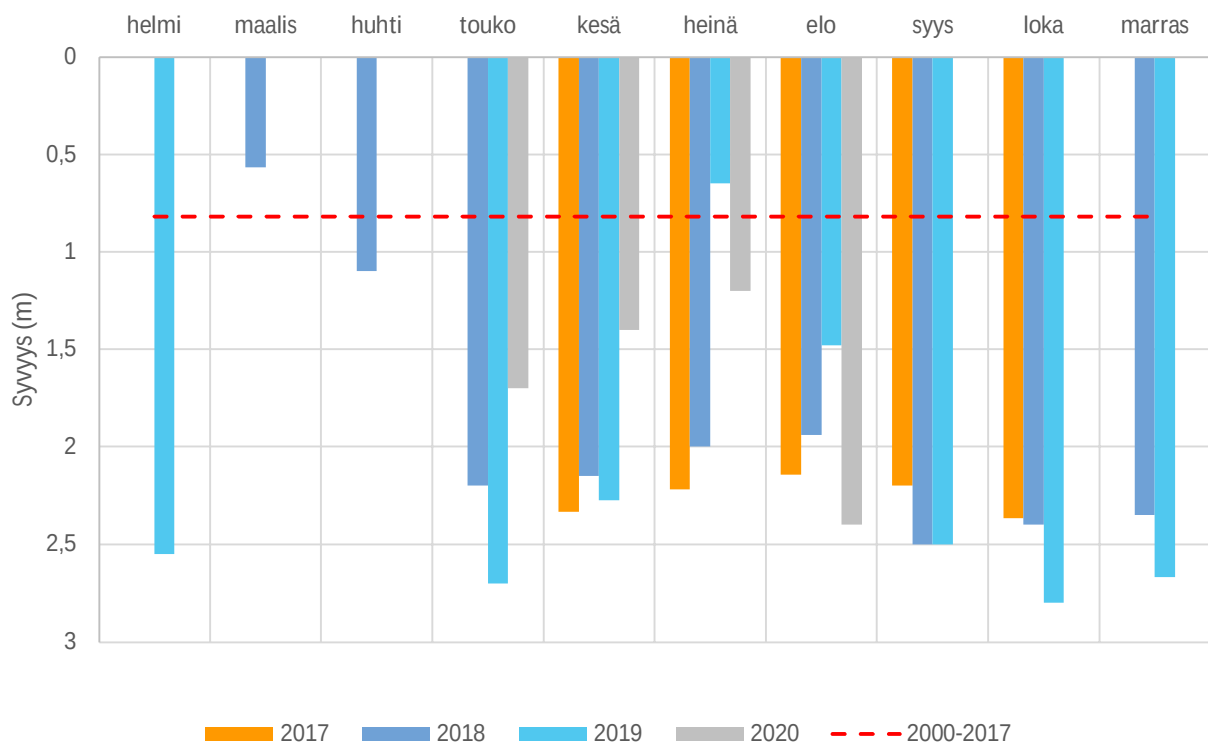
5 Tulokset

5.1 Littoistenjärven veden laatu

5.1.1 Näkösyvyys, sameus ja väriluku

Littoistenjärven näkösyvyys on muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta verrokkijakson 2000–2017 (ennen kemikaalikäsittelyä) keskimääräistä näkösyvyyttä huomattavasti suurempi (kuva 4). Maalis- ja huhtikuun 2018 sekä heinäkuun 2019 keskimääräinen näkösyvyys alitti verrokkiarvon 80 cm. Suurimmassa osassa mittauksia näkösyvyys ulottui järven pohjaan asti.

Sekä sameus ja väriluku olivat odotetusti erittäin pienet vuonna 2017 kemikaalikäsittelyn jälkeen. Keskimääräinen sameus vuonna 2017 oli 0,1–2,5 FTU ja väriluku 1–6 mg/l Pt. Vuonna 2018 keskimääräinen sameus oli 0,9–3 FTU ja väriluku 6–17 mg/l Pt. Vuonna 2019 keskimääräinen sameus oli 1,1–13,4 FTU, jolloin korkeimpia sameuslukuja mitattiin heinäkuussa. Väriluku vuonna 2019 oli keskimäärin 8–12 mg/l Pt.



Kuva 4. Littoistenjärven näkösyvyys. Katkoviiva kuvastaa vuosien 2000–2017 (ennen käsittelyä) keskimääräistä näkösyvyyttä. Ympäristöhallinnon HERTTA-tietokanta elokuu 2020.

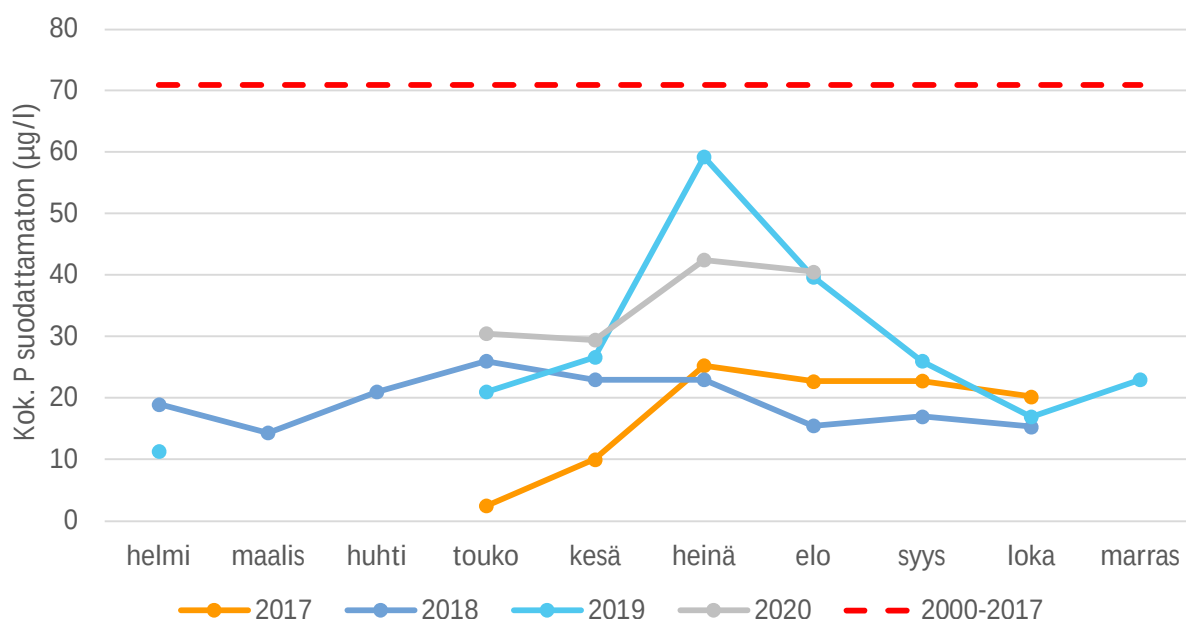
5.1.2 Fosforin, typen ja klorofylli-a:n pitoisuudet

Littoistenjärven keskimääräinen kokonaisfosfori on pysynyt kemikaalikäsittelyn jälkeen huomattavasti matalampana kuin verrokkivuosina 2000–2017 (kuva 5). Heinäkuussa 2019 keskimääräinen fosforipitoisuus nousi ollen 60 µg/l, mutta laski loppukesää kohti.

18.9.2020

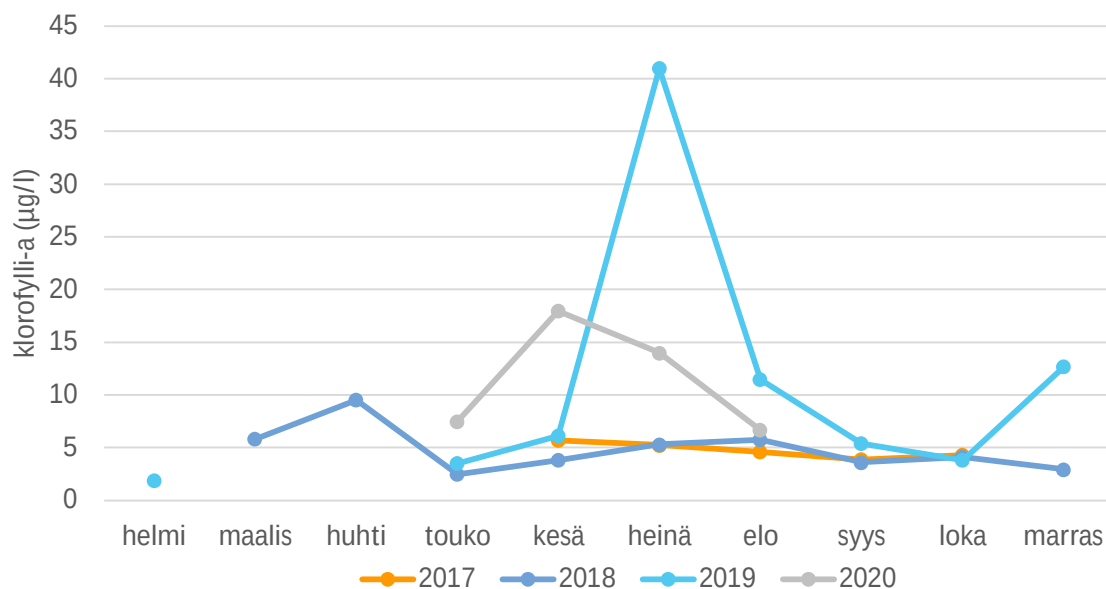
Myös heinäkuussa 2020 fosforipitoisuus on ollut vuosia 2017–2018 korkeampi, mutta kaukana verrokkivuosien keskimääräisestä fosforipitoisuudesta, joka oli 70 µg/l.

Heinäkuussa 2018 myös levien lehtivihreämäärästä kertova klorofylli-a:n pitoisuus oli velvoitetarkkailujakson korkein, keskimäärin 41 µg/l (kuva 6). Verrokkijakson 2000–2017 keskimääräinen klorofylli-a:n pitoisuus on 34 µg/l, jonka alle kaikki muut vuosien 2017–2020 keskimääräiset klorofylli-a:n pitoisuudet ovat jääneet kertoen kasviplanktonin vähäisestä määrästä vedessä.



Kuva 5. Littoistenjärven kokonaisfosforipitoisuus (suodattamattomasta näytteestä) vuosina 2017–2020. Katkoviiva kuvastaa vuosien 2000–2017 (ennen käsittelyä) keskimääräistä kokonaisfosforipitoisuutta. Ympäristöhallinnon HERTTA-tietokanta elokuu 2020.

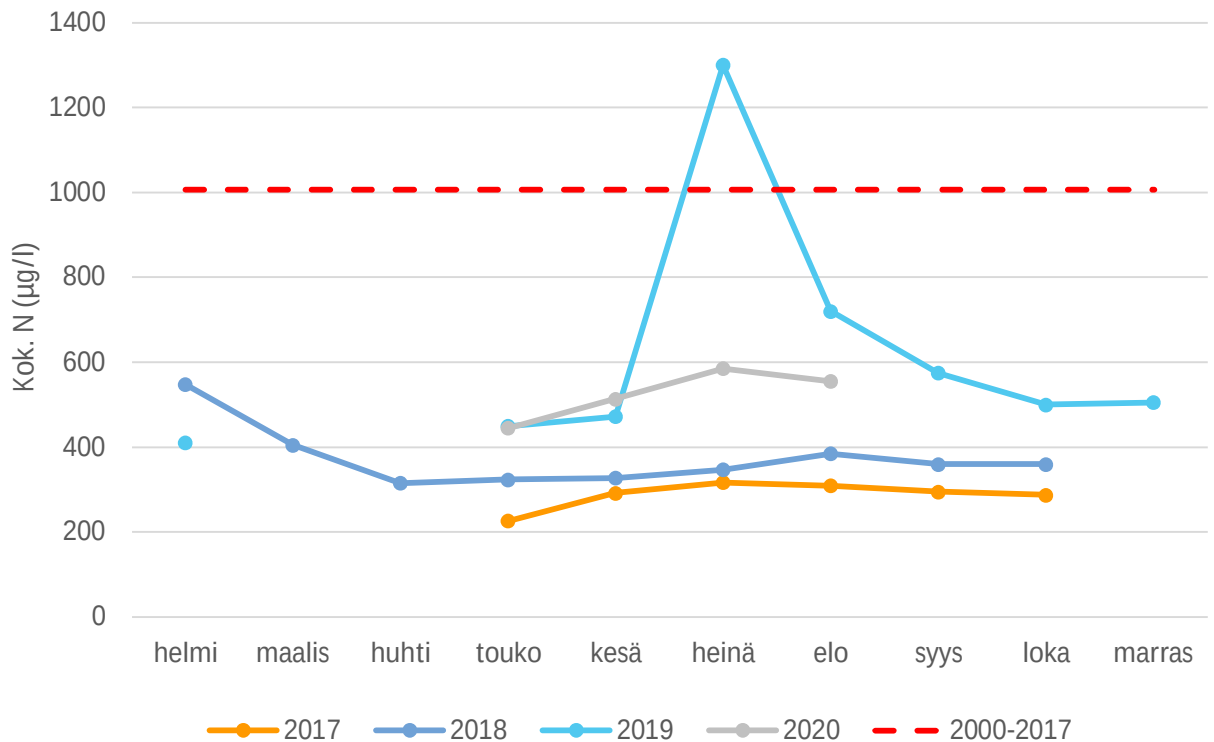
18.9.2020



Kuva 6. Littoistenjärven klorofylli-a:n pitoisuus vuosina 2017–2020.

Typen pitoisuus vedessä oli velvoitetarkkailuvuosina alhaisin vuonna 2017, hieman korkeampi vuonna 2018 ja korkeimmillaan vuonna 2019 (kuva 7). Myös typen osalta pitoisuus on verrokkivuosia 2000–2017 huomattavasti alhaisempi. Heinäkuu 2018 poikkeaa muista korkea keskimääräisen pitoisuuden vuoksi. Nitraatti- ja nitriittitypen pitoisuudet olivat muutamaa yksittäistä kertaa mittausrajan alapuolella. Sen sijaan ammoniumtypen pitoisuudet olivat vuonna 2017 <2–16 µg/l, vuonna 2018 <3–31 µg/l ja vuonna 2019 <2–81 µg/l. Korkein keskimääräinen ammoniumpitoisuus oli helmikuussa 2019.

18.9.2020



Kuva 7. Littoistenjärven kokonaistyyppipitoisuus vuosina 2017–2020. Katkoviiva kuvastaa vuosien 2000–2017 (ennen käsittelyä) keskimääräistä kokonaistyyppipitoisuutta. Ympäristöhallinnon HERTTA-tietokanta elokuu 2020.

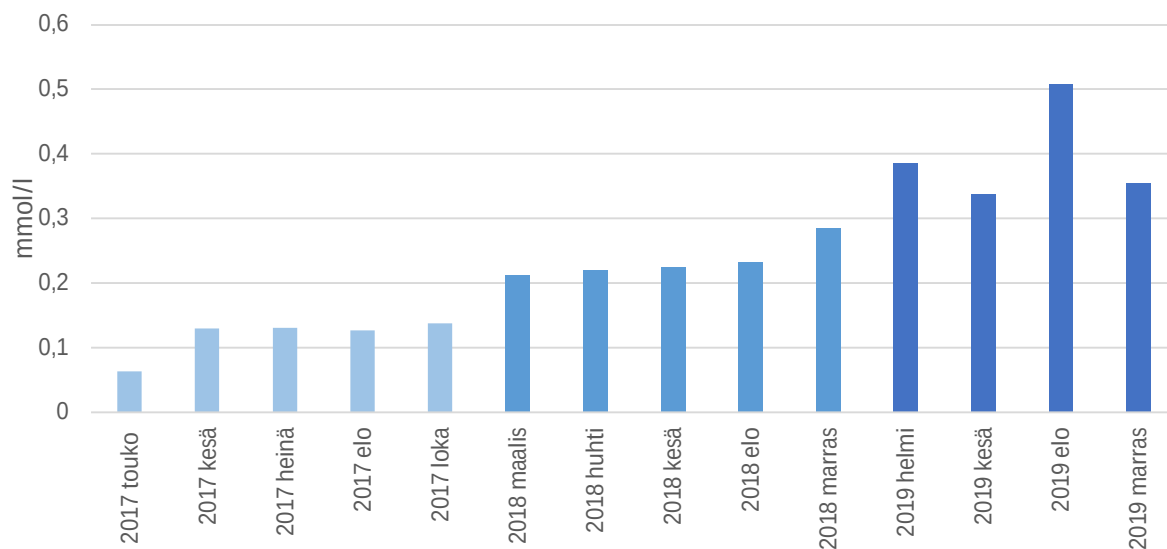
5.1.3 Alkaliniteetti, pH, kloridin, alumiinin ja raudan pitoisuudet sekä sähkönjohtavuus

Littoistenjärven alkaliniteetti laski kemikaalikäsittelyn vuoksi, mutta kaksinkertaistui jo kesäkuussa 2017 (kuva 8). Alkaliniteetti nousi maaliskuussa 2018 yli 0,2 mmol/l ja on siitä edelleen noussut vuoden 2019 aikana (kuva 8). Alkaliniteetti kuvastaa järven puskurikykyä happamoitumista vastaan.

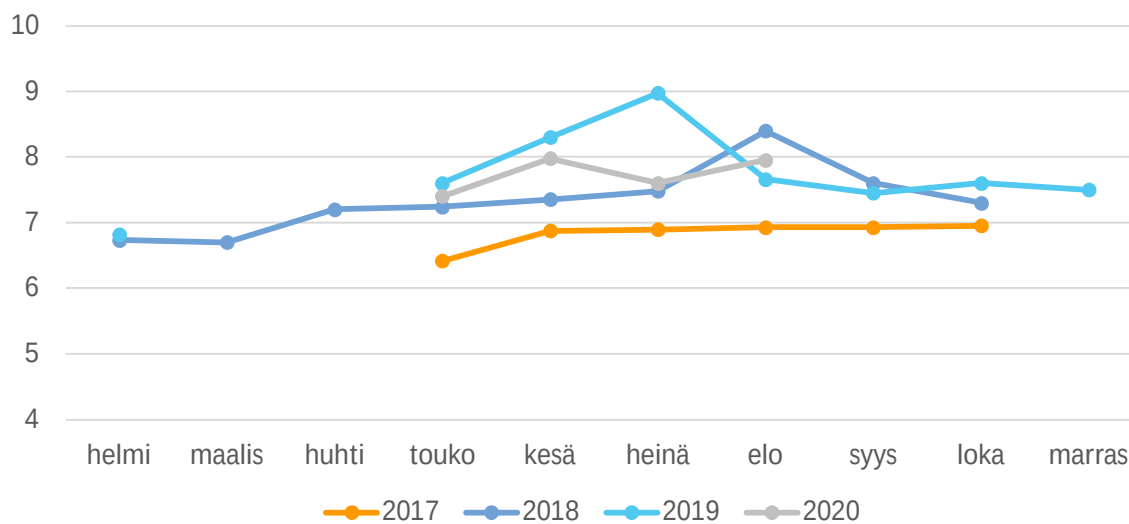
Myös järven pH laski kemikaalikäsittelyssä, mutta nousi vuoden 2017 aikana lähelle neutraalia ja on siitä noussut edelleen (kuva 9). Vuoden 2019 heinäkuun korkea pH johtunee kasviplanktonin voimakkaasta yhteyttämisestä. Verrokkivuosina 2000-2017 Littoistenjärven keskimääräinen pH on ollut 7,75.

Keskimääräiset kloridipitoisuudet käsittelyn jälkeen ovat hieman korkeammat kuin ennen käsittelyä 2.5.2017 (kuva 10). Käsittelyn jälkeen pitoisuus on ollut välillä 18-23 µg/l. Sähkönjohtavuus ei juurikaan vaihdellut ollen tarkkailujakson aikana keskimäärin 12-15 mS/m.

18.9.2020

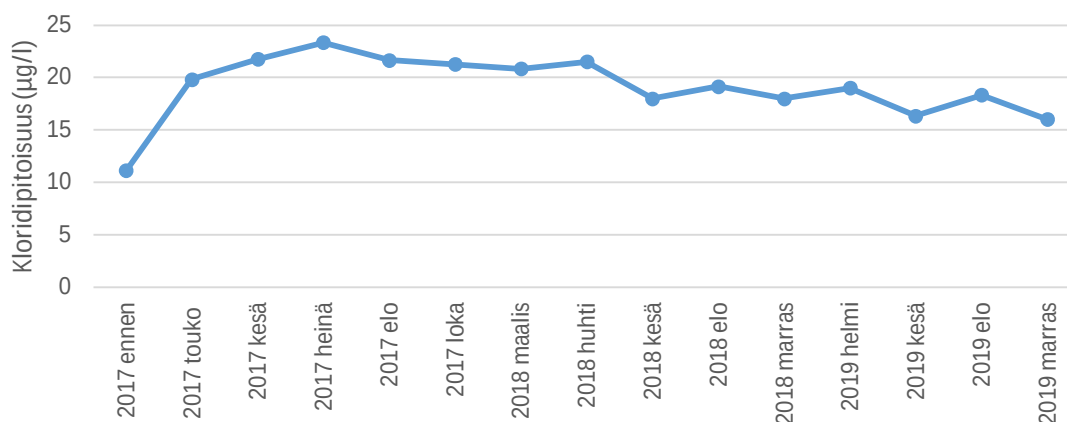


Kuva 8. Littoistenjärven alkaliniteetti kemikaalikunnostuksen jälkeen 2017-2019.



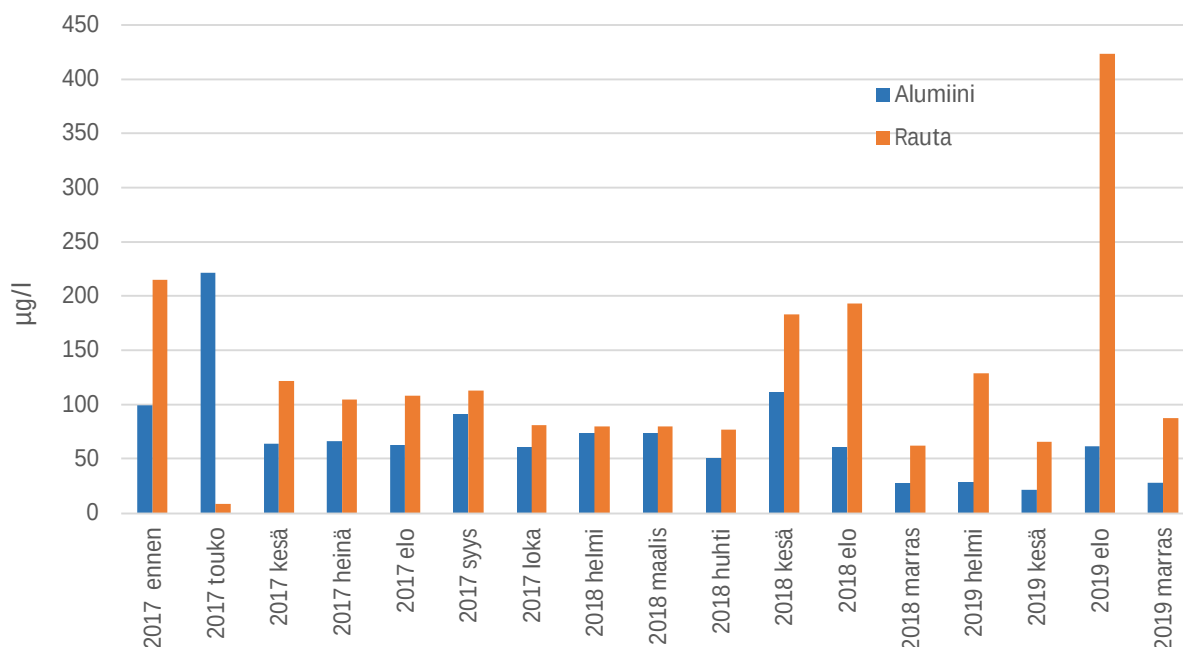
Kuva 9. Veden keskimääräinen pH vuosina 2017–2020 kemikaalikäsittelyn jälkeen.

18.9.2020



Kuva 10. Littoistenjärven kloridipitoisuus ennen ja jälkeen kemikaalikäsittelyn vuosina 2017–2019.

Alumiinin ja raudan pitoisuudet mitattiin ennen käsittelyä 2.5.2017 ja tarkkailtiin käsittelyn jälkeen tarkkailuohjelmaan mukaisesti. Alumiinipitoisuus nousi polyalumiinikloridikäsittelyn vuoksi toukokuussa 2017, mutta tasaantui pian sen jälkeen välille 21-112 µg/l (kuva 11). Raudan pitoisuus on vaihdellut alumiinia enemmän johtuen todennäköisesti sedimentin resuspensiosta eli sedimentin pölyttämisestä takaisin veteen Littoistenjärven mataluuden ja tuulelle alttiuden takia.

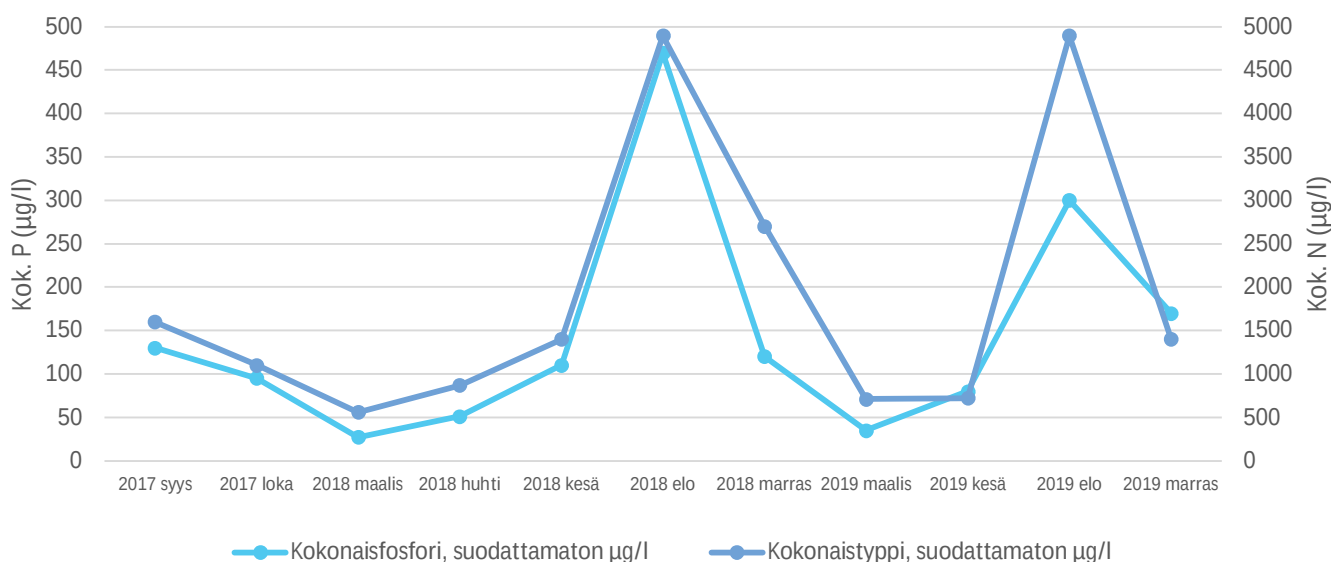


Kuva 11. Littoistenjärven alumiini- ja rautapitoisuudet ennen (2.5.2017) kemikaalikäsittelyä ja sen jälkeen.

18.9.2020

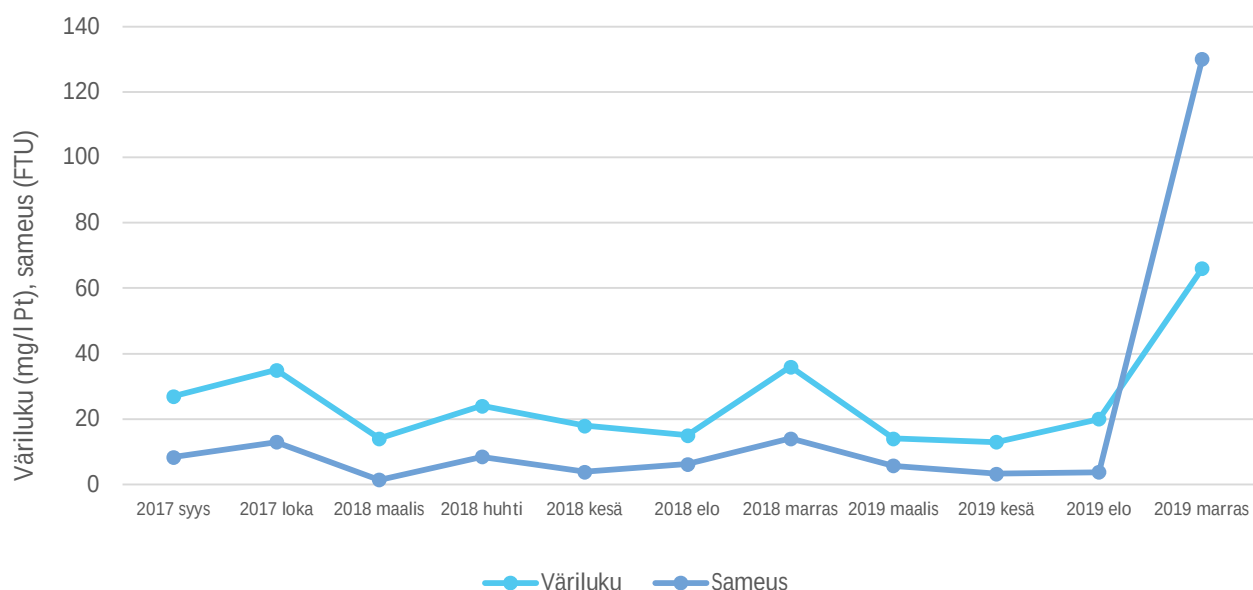
5.2 Väröjan veden laatu

Väröjan fosfori- ja typpipitoisuuksien vaihtelu oli samanaikaista tarkkailuvuosien aikana (kuva 12). Ravinnepitoisuudet olivat korkeimmillaan elokuussa 2018 ja 2019. Tyypistä suuri osa oli nitraattina ja ammoniumtyyppinä.



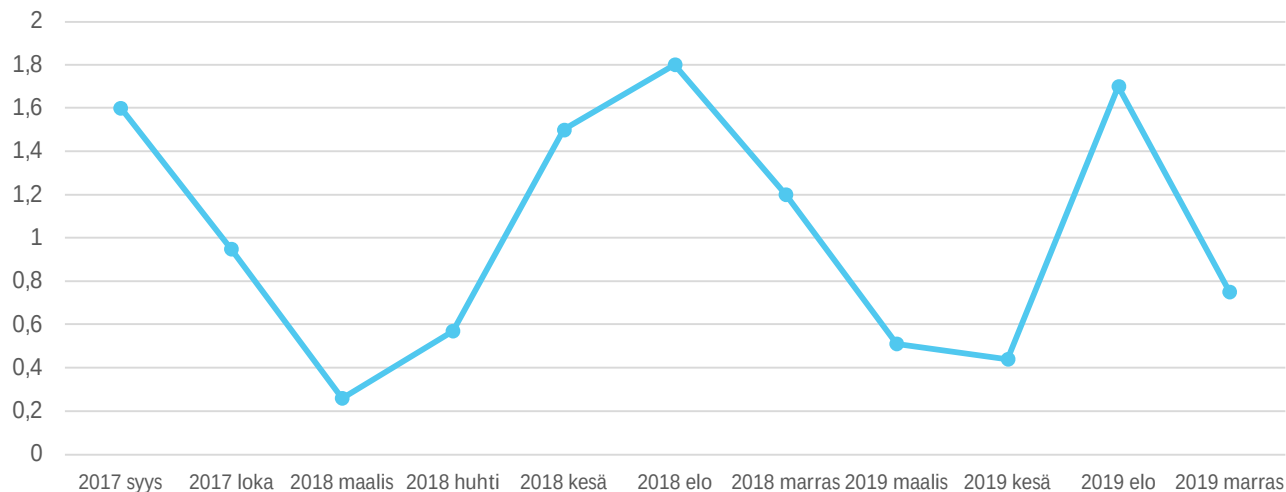
Kuva 12. Väröjan kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuudet.

Väröjan väriluku ja sameus ovat marraskuun 2019 piikkiä lukuun ottamatta pysyneet suurin piirtein samalla tasolla vuosina 2017–2019 (kuva 13). Myös pH on vaihdellut maltillisesti välillä 7–7,5. Samoin Väröjan alkaliniteetti on ollut hyvällä tasolla (kuva 13). Kloridipitoisuus on ollut muutoin välillä 12–20 µg/l, mutta marraskuussa 2019 pitoisuus laski hieman ollen 7,4 µg/l.



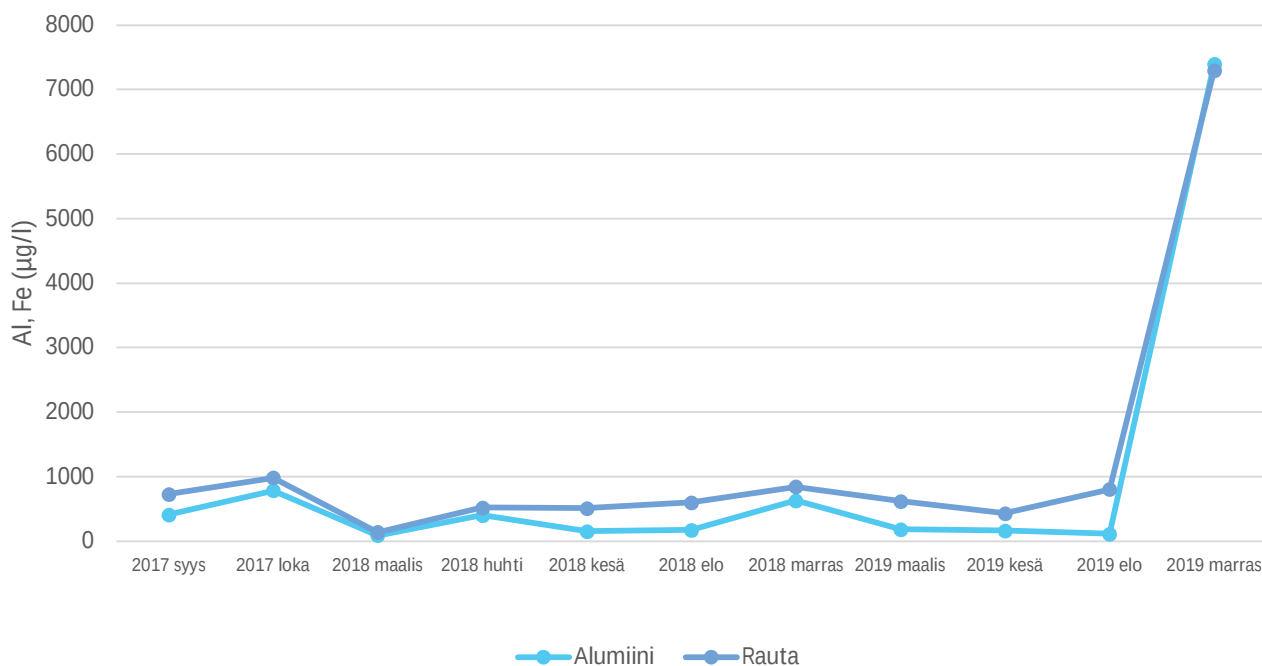
Kuva 13. Väröjan väriluku ja sameus.

18.9.2020



Kuva 14. Väriojan alkaliniteetti.

Väriojan alumiini- ja rautapitoisuudet ovat marraskuun 2019 piikkiä lukuun ottamatta olleet alle 1000 µg/l (kuva 15). Pitoisuudet ovat vaihdelleet välillä 94–780 µg/l (Al) ja 140–980 µg/l (Fe). Marraskuun 2019 korkea alumiini- ja rautapitoisuus sekä samaan aikaan esiintynyt suuri sameus ja väriluku voivat viitata sedimentin sekoittumiseen vesinäytteeseen.



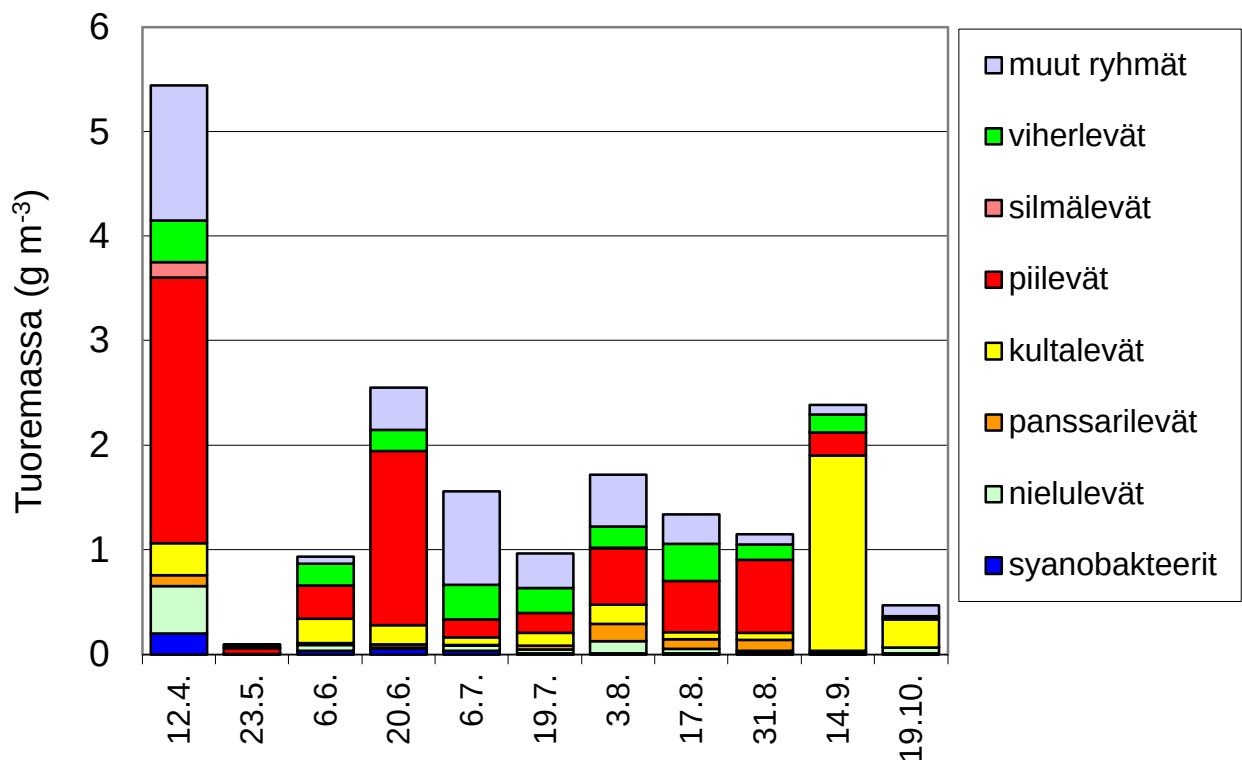
Kuva 15. Väriojan alumiini- ja rautapitoisuudet.

18.9.2020

5.3 Littoistenjärven kasviplankton

Littoistenjärven kasviplanktonin lajistoa ja biomassaa seurattiin vuonna 2017 huhtikuulta lokakuulle (kuva 16). Ennen kemikaalikäsittelyä huhtikuussa järvessä oli menossa keväinen piilevämaksimi. Kemikaalikäsittelyn jälkeen kasviplanktonin biomassa romahti ollen hyvin alhainen 23.5.2017 (kuva 16). Kasviplanktonyhteisö koostui etupäässä piilevistä ja viherlevistä, syksyllä kultalevien biomassa nousi. Sinileviä ei juurikaan esiintynyt.

2017

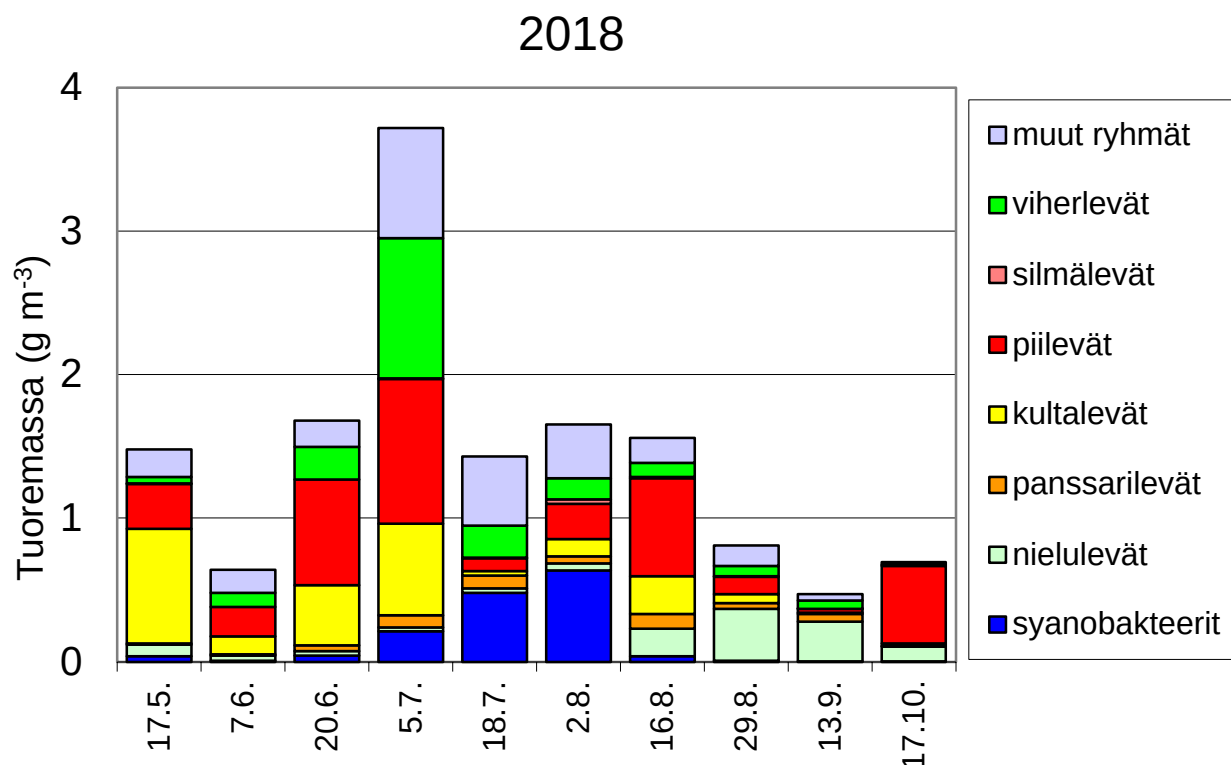


Kuva 16. Littoistenjärven kasviplanktonyhteisön biomassat vuonna 2017.

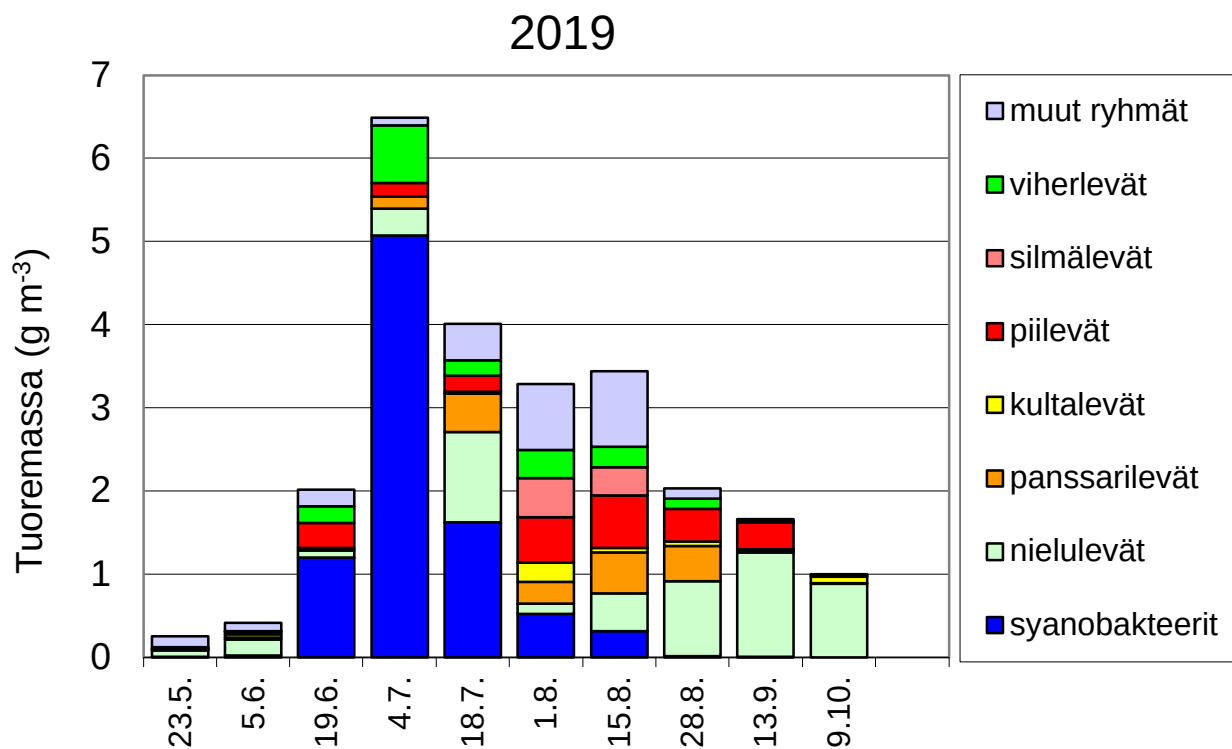
Seuraavana keväänä kasviplanktonnäytteenotto aloitettiin toukokuussa. Vuonna 2018 kasviplanktonbiomassa oli kaiken kaikkiaan edelleen pieni, alle 2 g/m³ heinäkuun alkua lukuun ottamatta (kuva 16). Tällöin valtaosan biomassasta muodostivat viherlevät, piilevät ja kultalevät. Edellisestä vuodesta poiketen sinileviä alkoi esiintyä kasviplanktonlajistossa heinäkuussa. Elokuun puoliväliin mennessä sinilevien määrä taas laski (kuva 17).

Vuonna 2019 kasviplanktonnäytteenotto alkoi 23.5. (kuva 18). Touko-kesäkuun biomassa pysyi hyvin matalana, mutta heinäkuun alussa sinilevät lisääntyivät huomattavasti muodostaen suuren biomassan. Jo kesäkuun lopulla valtaosa lajistosta oli sinileviä, mutta niiden määrä oli vielä pieni. Heinäkuun lopulla – elokuun alkupuolella sinilevien osuus kasviplanktonbiomassasta laski ja kasviplanktonin määrä väheni (kuva 17).

18.9.2020



Kuva 17. Littoistenjärven kasviplanktonyhteisön biomassat vuonna 2018.



Kuva 18. Littoistenjärven kasviplanktonyhteisön biomassat vuonna 2019.

18.9.2020

5.3.1 Sinileväseuranta

Kesäkuusta 2018 lähtien Littoistenjärvellä on seurattu sinilevämyrkyjen (hepatoksiinit) pitoisuuksia Turun yliopiston biotekniikan tutkijoiden toimesta. Sinileväseuranta ei kuulu velvoitetarkkailuun. Analyysiä varten vesinäytteet kerättiin 20–30 cm pinnan alapuolelta järven lounaisosassa sijaitsevalta laiturilta (P60°27,00 I22°23,07). Näytteitä säilytettiin -20 °C mittaukseen asti. Mahdollinen syanobakteerien sisällä oleva toksiini vapautettiin hajottamalla vesinäytteen solut kuumentamalla +80 °C 10 min ennen mittausta. Menetelmä on kuvattu tarkemmin Akter et al. 2016.

Vuoden 2018 näytteistä 15.6., 1.7., 27.7., 12.8., 18.8 ja 30.8. pitoisuus oli alle mittaustarkkuuden. Selkeästi mitattavat kohonneet pitoisuudet (0,52–0,71 µg/l) havaittiin 25.6., 21.7. ja 3.8. näytteistä. Näidenkin näytteiden pitoisuus oli matala, sillä esimerkiksi WHO suositaa juomaveden suurimmaksi sallituksi pitoisuudeksi 1 µg/l tätä toksiinia.

Vuonna 2019 näytteitä kerättiin 11.7. ja 18.7. eripuolilta järveä. Hepatoksiinia havaittiin selvästi enemmän kuin vuonna 2018. Pitoisuudet vaihtelivat välillä 2,9–4,4 µg/l. Elokuussa näytteitä kerättiin 9.8. ja 14.8. Littoistenjärven hiekkarannalta. Tällöin hepatoksiinipitoisuus oli 0,18–0,2 µg/l.

Vuonna 2020 näytteitä on kerätty vähintään kerran kuussa tammikuusta lähtien. Kaikki pitoisuudet 14.5.2020 asti olivat alle mittaustarkkuuden (0,2 µg/l). Hepatoksiinia havaittiin 24.6. eripuolilta järveä otetuista näytteistä. Pitoisuudet olivat tällöin 4,0–5,4 µg/l. Heinäkuussa 9.7. ja 24.7. hepatoksiinia ei havaittu mistään näytteistä. Elokuun alussa 6.8. hepatoksiinipitoisuus oli <2,5 µg/l ja 20.8. <2,0 µg/l.

6 Sedimenttitutkimukset

Littoistenjärvellä tehtiin sedimenttitutkimukset vuosina 2018 ja 2019. Tutkimusten tavoitteena oli selvittää kemiallisen kunnostuksen jälkeinen tilanne sedimentin pintaosissa: kuinka suurin osa sedimentin fosforista on sellaisessa muodossa, että se sopivissa olosuhteissa on helposti liukenemassa uudelleen vesifaasiin ja mahdollisesti uudelleenrehevöittämässä Littoistenjärveä (Afry 2020, Liite 2). Tutkimuksen avulla on myös mahdollista arvioida kunnostustoimien vaikutuksen ajallista kestoa.

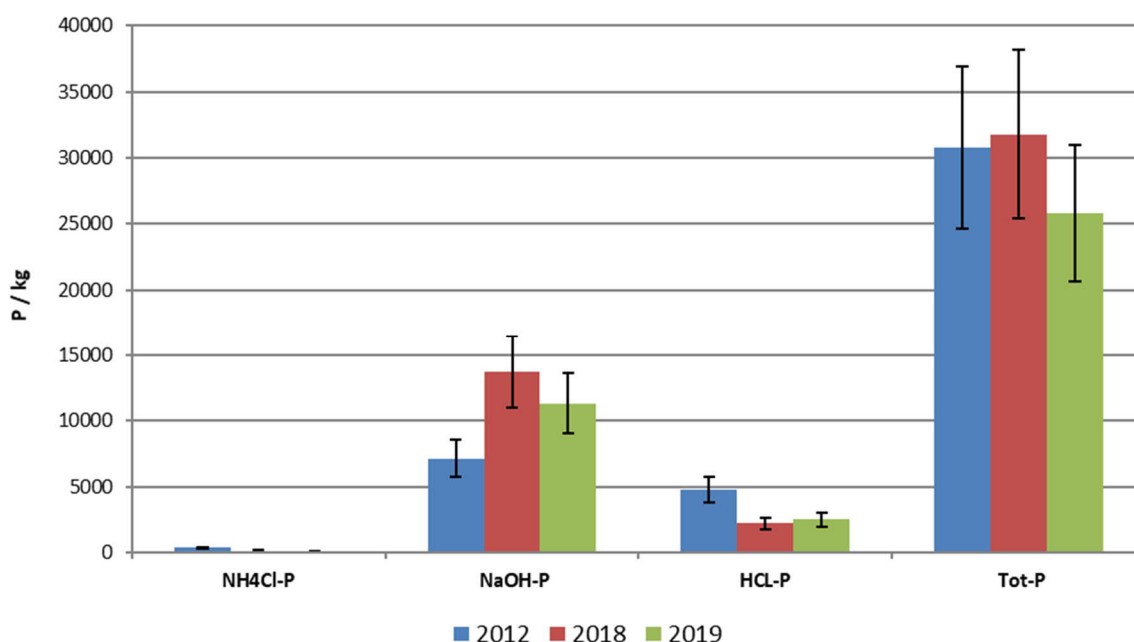
Näytteet otettiin sukeltamalla joulukuussa 2018 ja 2019. Näytteenotosta vastasi Varsinais-Suomen vesistöseuranta Oy. Näytteet otettiin painamalla halkaisijaltaan 50 mm oleva putki sedimenttiin haluttuun syvyyteen saakka. Putki tulpattiin ja irrotettiin varovasti pohjasta. Putki tuettiin pohjasta tuotaessa näytettä pinnalle.

Kustakin pisteestä otettiin kahdeksasta osanäytteestä koostuva profiili, joka kattoi syvysvälin n. 0–30 cm. Näyteprofiili jaettiin kahden senttimetrin paksuisiin osanäytteisiin syvyyteen -10 cm asti eli 0–2 cm, 2–4 cm, 4–6 cm, 6–8 cm ja 8–10 cm. Tämän jälkeen viipaloitiin näytteet 10–15 cm, 15–20 cm ja 25–30 cm. Osanäytteet pakattiin kannellisiin muovikuppeihin mahdollisimman ilmatiiviisti ja toimitettiin kylmälaukkuun jääpakauksen kanssa pakattuina kuriiripalvelulla analysoivaan laboratorioon. Näytteet analysoitiin Svenska Lantbruks universitetin laboratoriossa Uppsalassa. Näytteiden analysoinnista vastasi dosentti Brian Huser.

Tulosten perusteella voidaan sanoa, että sedimentin ylimmän 10 cm:n fosforivaranto on n. 26 000 kg (menetelmän epävarmuuteen perustuva vaihteluväli 21 000–31 000

18.9.2020

kg) (Afry 2020, Liite 2). Eniten on alumiiniin sitoutunutta fosforia, seuraavaksi eniten rautaan sitoutunutta ja vähiten helppoliukoista fosforia (kuva 19). Alumiinin sitoutunut fosfori on hyvin pysyvä esiintymismuoto, eikä sen odoteta vapautuvan jatkossakaan. Tarkemmin fosforin fraktioista on kerrottu Afryn raportissa *Littoistenjärven vuoden 2019 sedimenttitutkimusten analysointi ja vuoden 2018 sedimenttiraportin päivittäminen* (Liite 2).



Kuva 19. Fosforin laskennallinen määrä sedimentin pintakerroksessa (Afry 2020).

7 Johtopäätökset

Kemikaalikunnostuksen jälkeisinä vuosina Littoistenjärvi on säilyttänyt kirkkaan veden, erinomaisen näkösyvyyden sekä matalat ravinne- ja klorofylli-a:n pitoisuudet käsittelyä edeltäviin vuosiin verrattuna. Käsittelyn jälkeinen matala pH ja alkaliniteetin lasku eivät näkyneet veden laadussa enää alkukesän 2017 jälkeen.

Littoistenjärven kasviplanktonin biomassassa on pysynyt matalana. Sinileviä on esiintynyt jonkin verran vuosina 2018–2020, mutta massaesiintymiä ei ole ollut. Pieniä määriä sinilevämyrkyä, hepatoksiinia, on löytynyt toisinaan vedestä, mutta useimmiten silloinkin määrät ovat olleet erittäin pieniä, vain vähän WHO:n juomavesisuosituksia korkeampia.

Littoistenjärven kunnostuksen jälkeinen tarkkailu osoittaa, että käsittelystä ei aiheutunut haittaa järven tai sen laskuojan veden laadulle. Käsittelyn aiheuttaman rajun kirkastumisen jälkeen Littoistenjärvi on asettunut normaalin, veden laadultaan hyvän järven tasolle. Sedimenttitutkimukset viittaavat siihen, että fosfori on edelleen tiukasti sitoutuneena sedimentin alumiiniin ja rautaan.

18.9.2020

8 Viitteet

Akter, S., Vehniäinen, M., Spoof, L., Nybom, S., Meriluoto, J., and Lamminmäki, U. 2016. Broad-Spectrum Noncompetitive Immunocomplex Immunoassay for Cyanobacterial Peptide Hepatotoxins (Microcystins and Nodularins). *Anal. Chem.* 2016, 88, 20, 10080–10087.

Vahanen Environment Oy



Anne Liljendahl
Johtava asiantuntija



Petrina Kögäs
Ympäristösuunnittelija

Tämän asiakirjan kopiointi kokonaan tai osittain on kielletty ilman Vahanen Environment Oy:n kirjallista lupaa.

Any reproduction of this document, either wholly or partially, is forbidden without the written consent of Vahanen Environment Oy.

Liite 1.

						Fysikaalis-kemialiset ominaisuudet							
Havaintopaikka	Näytteenottoaika	Näytteenottoisyvyys	Kokonaissyvyys	Näkösyvyys	Klorofylli-a	Lämpötila	Happi	Hapen kyllästysaste	Sameus	pH	Sähköjohtavuus	Alkaliniteetti	Väriarvo
		m	m	m	µg/l	°C	mg/l	%	FNU		mS/m	mmol/l	mg/l Pt
Ennen käsittelyä													
Littoistenjärvi A Syvänn	2.5.2017	1-1.5		1.4	13	8.80	11.5	99	4.7	7.3	11	0.31	5
	2.5.2017	2			13	8.80	11.5	99	5.2	7.4	11	0.31	6
Littoistenjärvi B Kuovil	2.5.2017	1-1.5		1.45	13	8.90	11.4	98	4.5	7.3	11	0.31	6
	2.5.2017	2			14	8.80	11.5	99	5.3	7.3	11	0.31	6
Littoistenjärvi C	2.5.2017	1-1.5		1.5	14	8.50	11.4	97	5.2	7.3	11	0.31	9
	2.5.2017	2			13	8.40	11.5	98	5.1	7.3	11	0.30	6
Väriarvo	2.5.2017	0	0.15	0.15	13	9.00	11.1	96	7.2	7.3	12	0.41	8
Käsittelyn jälkeen													
Littoistenjärvi A Syvänn	18.5.2017	1-1.5	2.7	2.7	0.5	12.00	10.3	96	0.1	6.4	12	0.06	1
	18.5.2017	1-1.5			0.5	11.70	10.2	93	0.1	6.4	12	0.06	1
Littoistenjärvi B Kuovil	18.5.2017	1-1.5	2.5	2.5	0.5	11.90	10.3	95	0.1	6.4	12	0.07	1
	18.5.2017	2			0.5	12.00	10.4	96	0.2	6.4	12	0.07	1
Littoistenjärvi C	18.5.2017	1-1.5	2.5	2.5	0.5	11.90	10.2	94	0.1	6.4	12	0.06	1
	18.5.2017	2			0.5	12.10	10.3	96	0.2	6.5	12	0.06	2
Väriarvo	18.5.2017	0	0.2	0.2	0.5	13.50	10.1	96	1.3	7.1	14	0.22	3
Littoistenjärvi A Syvänn	6.6.2017	0-2	2.8	2.8	3								
	6.6.2017	1				14.6	8.7	85	1.8	6.8	13	0.13	2
	6.6.2017	2				14.3	8.9	87	2.1	6.8	13	0.13	2
	20.6.2017	0-2	2.8	2	8.8								
	20.6.2017	1				19	7.7	83	2.5	6.9	13	0.13	4
	20.6.2017	2				19	7.8	83	2.4	6.9	13	0.13	4
	6.7.2017	0-2	2.8		5.9								
	6.7.2017	1				17.3	8.6	90	3.8	6.9	14	0.14	4
	6.7.2017	2				17.2	8.7	90	4.4	6.9	14	0.13	5
	19.7.2017	0-2	2.5	2.5	4.6								
	19.7.2017	1				19.4	7.6	83	1.5	6.9	14	0.13	4
	19.7.2017	2				19.4	7.7	84	1.4	6.9	14	0.13	3
	3.8.2017	0-2	2.7	2	5.2								
	3.8.2017	1				20.8	7.4	83	1.8	7	14	0.13	3
	3.8.2017	2				20.8	7.7	86	1.7	7	14	0.13	3
	17.8.2017	0-2	2.7	2.3	4								
	17.8.2017	1				19.4	7.8	84	1.6	6.9	14	0.13	4
	17.8.2017	2				19.4	7.8	85	2.2	6.8	14	0.13	4
	31.8.2017	0-2	2.5	2.5	4.2								
	31.8.2017	1				16.1	9.1	92	1.6	7	14	0.13	4
	31.8.2017	2				16.1	8.1	82	2.7	6.7	14	0.12	4
	14.9.2017	0-2	2.5	2	4								
	14.9.2017	1				14.8	9.2	90	2.6	7	14		3
	14.9.2017	2				14.8	9.2	90	2.4	6.9	14		2
	19.10.2017	0-2	2.5	2.5	4.2								
	19.10.2017	1				8.4	10.6	90	1.4	6.9	13	0.14	5
	19.10.2017	2				8.4	10.7	91	1.5	6.9	13	0.13	5
Littoistenjärvi B Kuovil	6.6.2017	0-2	2.5	2.5	3.1								
	6.6.2017	1				14.5	8.5	84	1.4	7	13	0.13	2
	6.6.2017	2				14.4	8.6	84	1.3	6.8	13	0.12	2
	20.6.2017	0-2	2.8	2	8.3								
	20.6.2017	1				18.9	7.7	83	3	7	14	0.13	5
	20.6.2017	2				19	7.7	83	4.1	6.9	13	0.13	5
	6.7.2017	0-2	2.5	2.1	5.4								
	6.7.2017	1				17.1	4.7	49	2.8	6.9	14	0.13	3
	6.7.2017	2				17.1	8.4	97	2.8	6.8	14	0.13	4
	19.7.2017	0-2	2.2	2.2	5.2								
	19.7.2017	1				19.4	7.4	80	1.5	6.9	14	0.13	3
	19.7.2017	2				19.4	7.6	83	1.8	6.9	14	0.13	3
	3.8.2017	0-2	2.3	2.3	5.4								
	3.8.2017	1				20.8	7.9	88	1.7	7	14	0.13	3
	3.8.2017	2				20.8	7.9	88	1.8	7	14	0.13	3
	17.8.2017	0-2	2.6	2.1	3.7								
	17.8.2017	1				19.3	8	86	1.7	6.6	14	0.12	4
	17.8.2017	2				19.3	7.9	86	1.9	6.9	14	0.12	4
	31.8.2017	0-2	2.2	1.9	4.6								
	31.8.2017	1				16.1	7.9	80	2.1	7	14	0.12	4
	31.8.2017	2				16.1	8.9	90	2.4	7	14	0.12	4
	14.9.2017	0-2	2.4	2.4	4								
	14.9.2017	1				14.8	9.3	91	1.7	6.9	14		3
	19.10.2017	0-2	2.3	2.3	4.5								
	19.10.2017	1				8.5	10.5	89	1.5	7	13	0.14	4
Littoistenjärvi C	6.6.2017	0-2	2.5	2.5	2.8								
	6.6.2017	1				14.5	8.7	85	1.4	6.8	13	0.13	2
	6.6.2017	2				14.5	8.5	83	1.5	6.8	13	0.13	2
	20.6.2017	0-2	2.6	2.2	8.4								
	20.6.2017	1				19	7.5	81	2.8	6.9	13	0.13	5
	20.6.2017	2				19	7.5	81	2.8	6.9	13	0.13	3
	6.7.2017	0-2	2.4	2	5.8								
	6.7.2017	1				17.3	8.6	89	3.3	6.9	14	0.13	5
	6.7.2017	2				17.3	8.6	89	3.5	6.9	14	0.13	5
	19.7.2017	0-2	2.3	2.3	4.6								
	19.7.2017	1				19.4	7.8	84	1.3	6.9	14	0.13	3
	19.7.2017	2				19.4	7.8	82	1.5	6.9	14	0.13	3
	3.8.2017	0-2	2.2	2.2	4.6								
	3.8.2017	1				21	7.8	87	1.7	7	14	0.13	3
	3.8.2017	2				21	7.8	87	2.1	7	14	0.13	3
	17.8.2017	0-2	2.6	2	4.7								
	17.8.2017	1				19.4	8.1	88	3	6.9	14	0.13	4
	17.8.2017	2				19.4	8	87	4.1	6.9	14	0.13	4
	31.8.2017	0-2	2.2	2	4.9								
	31.8.2017	1				16.1	8.9	90	2.6	7	14	0.12	4
	31.8.2017	2				16.1	9	91	2.6	7	14	0.12	4
	14.9.2017	0-2	2.2	2.2	3.6								
	14.9.2017	1				14.7	9.1	90	1.6	6.9	14		3
	19.10.2017	0-2	2.3	2.3	4.2								
	19.10.2017	1				8.5	10.3	87	1.9	7	14	0.14	8
Väriarvo	14.9.2017	0.1	0.2	0.2	0.6	12.8	8.6	81	8.4	7.4	34	1.60	27
	19.10.2017	0.1	0.2	0.2	1.3	8.6	10.2	88	13	7.2	21	0.95	35

			Anionit		Alkuaineet		Ravinteet						
Havaintopaikka	Näytteenottoaika	Näytteenottosyvyys	Kloridi (Cl ⁻)	Alumiini (Al)	Rauta (Fe)	Ammoniumityppi NH ₄ -N	Nitraattityppi NO ₃ -N	Nitriittityppi NO ₂ -N	Nitriti-nitraatti tyyppinä (NO ₂ -N + NO ₃ -N)	Kokonaistyyppi N _{tot}	Fosfaatti-fosfori PO ₄ -P	Kokonaais-fosfori, suodatettu P _{tot}	Kokonaais-fosfori, suodatamaton P _{tot}
			m	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Ennen käsittelyä													
Littoistenjärvi A Syvänn	2.5.2017	1-1,5	11	76	190	1,5	2,5	1		510		12	40
	2.5.2017	2	12	120	250	1,5	2,5	1		490		13	42
Littoistenjärvi B Kuovil	2.5.2017	1-1,5	11	96	190	1,5	2,5	1		490		13	38
	2.5.2017	2	11	110	240	1,5	2,5	1		500		16	39
Littoistenjärvi C	2.5.2017	1-1,5	11	82	200	1,5	2,5	1		510		15	42
	2.5.2017	2	11	110	220	1,5	2,5	1		500		12	39
Väriäjo	2.5.2017	0	12	240	420	1,5	110	3		600		14	48
Käsittelyn jälkeen													
Littoistenjärvi A Syvänn	18.5.2017	1-1,5	21	230	9	18,0	2,5	1		260		1,5	2,5
	18.5.2017	1-1,5	20	220	12	17,0	2,5	1		210		1,5	2,5
Littoistenjärvi B Kuovil	18.5.2017	1-1,5	19	190	9	16,0	2,5	1		220		1,5	2,5
	18.5.2017	2	21	210	6	15,0	2,5	1		250		1,5	2,5
Littoistenjärvi C	18.5.2017	1-1,5	19	230	8	17,0	2,5	1		220		1,5	2,5
	18.5.2017	2	19	250	8	14,0	2,5	1		200		1,5	2,5
Väriäjo	18.5.2017	0	19	240	100	74,0	92	1		380		16	24
Littoistenjärvi A Syvänn	6.6.2017	0-2											
	6.6.2017	1	21	52	120	4,0	2,5	1		310	1,5	1,5	10
	6.6.2017	2	21	88	150	1,5	2,5	1		330	1,5	8	12
	20.6.2017	0-2											
	20.6.2017	1	22	78	140	1,5	2,5	1		290	1,5		
	20.6.2017	2	22	80	140	1,5	2,5	1		290	1,5		
	6.7.2017	0-2											
	6.7.2017	1	23	100	150	9,0	2,5	1		320	1,5	5	29
	6.7.2017	2	23	110	170	9,0	2,5	1		330	1,5	5	40
	19.7.2017	0-2											
	19.7.2017	1	24	50	73	16,0	5	1		330	1,5	5	23
	19.7.2017	2	23	48	78	13,0	2,5	1		330	1,5	6	25
	3.8.2017	0-2											
	3.8.2017	1	22	33	73	1,5	2,5	1		330	1,5	8	23
	3.8.2017	2	22	60	100	1,5	2,5	1		320	1,5	9	30
	17.8.2017	0-2											
	17.8.2017	1	21	58	100	7,0	2,5	1		290	1,5	6	23
	17.8.2017	2	21	77	130	10,0	2,5	1		290	1,5	9	21
	31.8.2017	0-2											
	31.8.2017	1	22	35	58	21,0	2,5	1		320	1,5	7	20
	31.8.2017	2	22	100	170	12,0	2,5	1		290	1,5	6	20
	14.9.2017	0-2											
	14.9.2017	1	21	110	140	10,0	2,5	1		310	1,5	7	22
	14.9.2017	2	21	130	160	17,0	2,5	1		290	1,5	7	29
	19.10.2017	0-2											
	19.10.2017	1	22	54	69	8,0	11	1		290	1,5	11	19
	19.10.2017	2	22	72	77	6,0	11	1		270	1,5	11	18
Littoistenjärvi B Kuovil	6.6.2017	0-2											
	6.6.2017	1	22	29	76	1,5	2,5	1		280	1,5	1,5	10
	6.6.2017	2	22	32	78	1,5	2,5	1		290	1,5	1,5	8
	20.6.2017	0-2											
	20.6.2017	1	22	88	150	1,5	2,5	1		280	1,5	9	
	20.6.2017	2	22	120	190	1,5	2,5	1		290	1,5		
	6.7.2017	0-2											
	6.7.2017	1	23	71	100	51,0	2,5	1		310	1,5	6	32
	6.7.2017	2	23	64	100	6,0	2,5	1		300	1,5	4	24
	19.7.2017	0-2											
	19.7.2017	1	24	46	74	10,0	2,5	1		330	1,5	6	18
	19.7.2017	2	23	63	100	11,0	2,5	1		330	1,5	6	18
	3.8.2017	0-2											
	3.8.2017	1	22	35	66	1,5	2,5	1		320	1,5	8	20
	3.8.2017	2	22	33	69	1,5	2,5	1		320	1,5	8	27
	17.8.2017	0-2											
	17.8.2017	1	21	81	140	4,0	2,5	1		290	1,5	8	23
	17.8.2017	2	21	78	130	7,0	2,5	1		310	1,5	7	30
	31.8.2017	0-2											
	31.8.2017	1	22	53	93	16,0	2,5	1		330	1,5	6	20
	31.8.2017	2	22	63	110	13,0	2,5	1		310	1,5	7	17
	14.9.2017	0-2											
	14.9.2017	1	22	62	81	16,0	2,5	1		290	1,5	8	20
	19.10.2017	0-2											
	19.10.2017	1	22	49	80	7,0	21	1		280	1,5	11	22
Littoistenjärvi C	6.6.2017	0-2											
	6.6.2017	1	21	34	87	1,5	2,5	1		280	1,5	3	9
	6.6.2017	2	22	34	87	1,5	2,5	1		290	1,5	5	11
	20.6.2017	0-2											
	20.6.2017	1	22	67	120	1,5	2,5	1		280	1,5		
	20.6.2017	2	22	67	120	1,5	2,5	1		290	1,5		
	6.7.2017	0-2											
	6.7.2017	1	23	78	130	1,5	2,5	1		300	1,5	5	27
	6.7.2017	2	23	83	130	6,0	2,5	1		300	1,5	5	26
	19.7.2017	0-2											
	19.7.2017	1	24	43	77	11,0	2,5	1		310	1,5	6	17
	19.7.2017	2	24	40	74	11,0	2,5	1		310	1,5	6	24
	3.8.2017	0-2											
	3.8.2017	1	22	34	70	1,5	2,5	1		310	1,5	8	26
	3.8.2017	2	22	48	94	1,5	2,5	1		320	1,5	10	24
	17.8.2017	0-2											
	17.8.2017	1	21	97	150	5,0	2,5	1		300	1,5	9	23
	17.8.2017	2	21	100	150	11,0	2,5	1		300	1,5	7	22
	31.8.2017	0-2											
	31.8.2017	1	22	71	120	15,0	2,5	1		310	1,5	7	19
	31.8.2017	2	22	71	120	77,0	2,5	1		310	1,5	7	21
	14.9.2017	0-2											
	14.9.2017	1	21	63	70	12,0	2,5	1		290	1,5	7	20
	19.10.2017	0-2											
	19.10.2017	1	21	70	97	7,0	21	1		310	1,5	12	22
Väriäjo	14.9.2017	0,1	19	410	730	150,0	1200	28		1600	79	89	130
	19.10.2017	0,1	15	780	980	70,0	630	8		1100	28	46	95

						Fysikaalis-kemialliset ominaisuudet									
Havaintopaikka	Näytteenottoaika	Näytteenottosyvyys	Kokonaissyvyys	Näkösyvyys	Klorofylli-a	Lämpötila	Happi	Hapen kyllästysaste	Kiintoaine	Sameus	pH	Sähkönjohtavuus	Alkaliniteetti	Väriluku	
		m	m	m	µg/l	°C	mg/l	%	mg/l	FNU		mS/m	mmol/l	mg/l Pt	
Littoistenjärvi A Syvänn	6.3.2018 6.3.2018 6.3.2018	0-2 1 2	2.8	0.9	5.8	1 1.5	10.6 9.4	74 67		0.8 0.8	6.7 6.7	15 14	0.21 0.2	14 15	
	11.4.2018 11.4.2018 11.4.2018	0-2 1 2	2.5	1.5	9.4	4.5 4.5	14 14	108 108		1.8 1.7	6.7 6.7	15 15	0.21 0.22	12 12	
	16.5.2018 16.5.2018 16.5.2018	0-2 1 2	2.8	2.2	2.5	20 18.5				1.7 1.8	7.2 7.2				
	7.6.2018 7.6.2018 7.6.2018	0-2 1 2	2.8	2.8	1.6	15.1				1.7 1.6	7.4 7.3				
	20.6.2018 20.6.2018 20.6.2018	0-2 1 2	2.8	1.6	5.5	18.8 18.8	8.2 6.8	88 72		4.5 4.6	7.2 7.2	13 13	0.23 0.23	8 7	
	5.7.2018 5.7.2018 5.7.2018	0-2	2.8	1.8	5.6	17 16.8				2.1 2.2	7.4 7.4				
	18.7.2018 18.7.2018 18.7.2018	0-2	2.8	2.2	5	24.7 24.7				2.2 2.5	7.3 7.3				
	2.8.2018 2.8.2018 2.8.2018	0-2	2.4	1.5	7.3	26.3 26.2	7.7 7.8	95 96		3.5 3.9	7.3 7.3	13 13	0.23 0.23	7 8	
	16.8.2018 16.8.2018 16.8.2018	0-2	2.5	2.5	4.8	19.5 19.4				1.5 1.6	7.8 7.8				
	29.8.2018 29.8.2018 29.8.2018	0-2	2.4	2.4	4.5	17.5 17.5				2.2 2.2	7.7 7.7				
	13.9.2018 13.9.2018 13.9.2018	0-2	2.5	2.5	3.6	15.9 15.9				1.2 1.1	8.4 8.4				
	17.10.2018 17.10.2018 17.10.2018	0-2	2.4	2.4	4.1	10.2 10.2				1.6 1.8	7.6 7.6				
	15.11.2018 15.11.2018 15.11.2018	0-2	2.5	2.5	2.9	5.9 5.9	11.9 11.8	95 95		1 0.9	7.3 7.3	13 13	0.28 0.28	6 6	
	Littoistenjärvi B Kuovil	6.3.2018 6.3.2018 6.3.2018	0-2 1 2	2.5	0.4		1.1 1.5				0.9 1	6.8 6.8	15 15	0.21 0.21	19 21
		11.4.2018 11.4.2018 11.4.2018	0-2 1 2	2.2	0.7	9.2	4.4 4.4	13.2 13.3	101 102	1.4 1.7	1.5 1.6	6.7 6.7	15 15	0.22 0.22	12 12
		20.6.2018 20.6.2018 20.6.2018	0-2 1 2	2.5	2	4.2	19 19	7.5 7.2	81 77		2.5 2	7.2 7.2	13 13	0.22 0.22	7 7
		2.8.2018 2.8.2018 2.8.2018	0-2 1 2	2.2	1.4	7.7	26.5 26.5	7.7 7.7	96 96		4.2 4.1	7.3 7.3	13 13	0.23 0.24	7 7
		15.11.2018 15.11.2018 15.11.2018	0-2 1 2			2.5	5.9 5.9	11.8 11.6	94 93		0.7 0.7	7.3 7.3	13 13	0.28 0.28	6 6
Littoistenjärvi C	6.3.2018 6.3.2018 6.3.2018	0-2 1 2	2.4	0.4		1 1.8				1.1 0.9	6.8 6.6	16 15	0.22 0.23	16 14	
	11.4.2018 11.4.2018 11.4.2018	0-2 1 2	2.1		10	4.5 4.5	13.5 13.7	104 106	1.6 2.3	1.6 1.7	6.7 6.7	15 15	0.22 0.23	12 12	
	20.6.2018 20.6.2018 20.6.2018	0-2 1 2	2.4	2.2	3.9	18.9 19	7.9 7.5	85 81		1.9 5.3	7.2 7.2	13 13	0.22 0.23	7 7	
	2.8.2018 2.8.2018 2.8.2018	0-2 1 2	2.2	1.9	4.5	26.4 26.3	7.7 7.5	95 92		3.4 3.6	7.3 7.3	13 13	0.24 0.23	7 7	
	15.11.2018 15.11.2018 15.11.2018	0-2 1 2	2.2	2.2	3.4	5.9 5.9	11.8 11.6	94 93		1.3 1.3	7.3 7.3	13 13	0.29 0.3	5 7	
Väriaja	6.3.2018		0.2		4.9	1.1	13.2	93		1.5	7	15	0.26	14	
	11.4.2018		0.2	0.2	5.6	2.8	13	96	4	8.5	7.1	16	0.57	24	
	20.6.2018		0.1		1.1	12.7	7.3	68		3.9	7.5	23	1.50	18	
	2.8.2018		0.1	0.1		16.9	5.2	53		6.2	7.4	29	1.80	15	
	15.11.2018		0.2	0.15	1.7	8.4	9.9	84		14.0	7.3	27	1.20	36	

Havaintopaikka	Näytteenottoaika	Näytteenottosyvyys	Anionit			Ravinteet								
			Kloridi (Cl ⁻)	Alumiini (Al)	Rauta (Fe)	Ammoniumtyppi NH ₄ -N	Nitraattityppi NO ₃ ⁻ -N	Nitriittityppi NO ₂ ⁻ -N	Nitriitti-nitraatti typpenä (NO ₂ ⁻ -N + NO ₃ ⁻ -N)	Kokonais-typpi N _{kok}	Fosfaatti-fosfori PO ₄ -P	Kokonais-fosfori, suodatettu P _{kok}	Kokonais-fosfori, suodattamaton P _{kok}	Orgaaninen kokonaishiili, TOC
		m	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
Littoistenjärvi A Syvänn	6.3.2018	0-2												
	6.3.2018	1	21	70	81	37	160	1		530	1.5	8	19	
	6.3.2018	2	20	70	78	41	160	1		520	1.5	8	15	
	11.4.2018	0-2												
	11.4.2018	1	22	44	65	7	66	1		390	1.5	6	13	
	11.4.2018	2	22	47	79	8	65	1		390	1.5	6	14	
	16.5.2018	0-2												
	16.5.2018	1		44		3			2	320	1.5		18	4.1
	16.5.2018	2		43		2			2	310	1.5		24	3.9
	7.6.2018	0-2												
	7.6.2018	1				4			11	330	1.5		20	
	7.6.2018	2				2			2	330	1.5		20	
	20.6.2018	0-2												
	20.6.2018	1	18	170	270	2	2	1		320	1.5	9	28	
	20.6.2018	2	18	160	260	2	2	1		320	1.5	8	32	
	5.7.2018	0-2												
	5.7.2018					2			2	310	1.5		22	
	5.7.2018					2			2	320	1.5		25	
	18.7.2018	0-2												
	18.7.2018					2			2	340	1.5		20	
	18.7.2018					2			2	340	1.5		25	
	2.8.2018	0-2												
	2.8.2018		20	70	210	9	2	1		320	1.5	6	24	
	2.8.2018		19	63	200	4	2	1		320	5	5	22	
	16.8.2018	0-2												
	16.8.2018					2			2	370	1.5		18	
	16.8.2018					2			2	380	1.5		23	
	29.8.2018	0-2												
	29.8.2018					20			2	390	1.5		24	
	29.8.2018					12			2	370	1.5		27	
	13.9.2018	0-2												
	13.9.2018					3			6	390	1.5		14	
	13.9.2018					2			5	380	1.5		17	
	17.10.2018	0-2												
	17.10.2018					7			2	340	1.5		17	
	17.10.2018					7			2	380	1.5		17	
	15.11.2018	0-2												
	15.11.2018		18	33	63	17	16	1		400	3	11	15	
	15.11.2018		18	25	61	16	15	1		370	1.5	11	17	
Littoistenjärvi B Kuovil	6.3.2018	0-2												
	6.3.2018	1	21	75	76	30	160	1		530	1.5	8	17	
	6.3.2018	2	21	74	77	30	180	1		540	1.5	8	20	
	11.4.2018	0-2												
	11.4.2018	1	21	49	76	5	78	1		410	1.5	7	13	
	11.4.2018	2	21	58	88	3	76	1		400	1.5	5	14	
	20.6.2018	0-2												
	20.6.2018	1	18	50	100	2	2	1		330	1.5	8	24	
	20.6.2018	2	18	54	100	2	2	1		310	1.5	8	22	
	2.8.2018	0-2												
	2.8.2018	1	19	66	210	6	2	1		320	1.5	8	22	
	2.8.2018	2	19	67	210	2	2	1		320	1.5	7	22	
	15.11.2018	0-2												
	15.11.2018	1	18	17	48	10	10	1		330	1.5	10	13	
	15.11.2018	2	18	24	50	11	12	1		330	1.5	10	12	
Littoistenjärvi C	6.3.2018	0-2												
	6.3.2018	1	22	77	81	11	180	2		650	1.5	9	24	
	6.3.2018	2	20	75	87	39	170	1		520	1.5	9	19	
	11.4.2018	0-2												
	11.4.2018	1	21	47	75	8	72	1		400	1.5	6	15	
	11.4.2018	2	22	58	77	5	71	1		440	1.5	6	17	
	20.6.2018	0-2												
	20.6.2018	1	18	32	72	2	2	1		320	1.5	6	20	
	20.6.2018	2	18	310	460	2	2	1		330	1.5	8	42	
	2.8.2018	0-2												
	2.8.2018	1	19	47	160	9	2	1		350	1.5	7	21	
	2.8.2018	2	19	53	170	9	2	1		330	1.5	9	27	
	15.11.2018	0-2												
	15.11.2018	1	18	35	76	18	17	1		380	1.5	10	19	
	15.11.2018	2	18	34	76	18	15	1		350	1.5	10	16	
Värioja	6.3.2018		20	94	140	51	180	3		560	13	20	27	
	11.4.2018		16	400	520	67	430	5		870	18	21	51	
	20.6.2018		12	150	510	130	880	54		1400	72	85	110	
	2.8.2018		16	170	600	910	1900	94		4900	340	420	470	
	15.11.2018		13	630	840	680	1500	29		2700	77	89	120	

						Fysikaalis-kemialliset ominaisuudet							
Havaintopaikka	Näytteenottoaika	Näytteenottosyvyyks	Kokonaissyvyyks	Näkösyyvyys	Klorofylli-a	Lämpötila	Happi	Hapen kyllästysaste	Sameus	pH	Sähkönjohtavuus	Alkaliniteetti	Väriluku
		m	m	m	µg/l	°C	mg/l	%	FNU		mS/m	mmol/l	mg/l Pt
Littoistenjärvi A Syvänn	14.2.2019	0-2	2.5	2.7	1.8								
	14.2.2019	1				1.5	11.4	81	0.6	7	14	0.34	7
	14.2.2019	2				3.8	4	30	2.4	6.7	14	0.47	8
	14.2.2019	2.6				4.1	2.9	22	3	6.7	15	0.51	8
	23.5.2019	0-2	2.7	2.7	3.5								
	23.5.2019	1				19.2			1.2	7.6			
	23.5.2019	2				19.2			1.2	7.6			
	5.6.2019	0-2	2.8	2.8	2.6								
	5.6.2019	1				16.8	9.8	100	1.1	7.8	12	0.33	9
	5.6.2019	2				16.7	9.9	101	1	7.8	12	0.34	9
	18.6.2019	0-2	2.5	1.5	18								
	18.6.2019	1				21.4			7.9	9.3			
	18.6.2019	2				21.2			8.3	9.3			
	4.7.2019	0-2	2.8	0.5	53								
	4.7.2019	1				18.2			21	9.5			
	4.7.2019	2							21	9.4			
	18.7.2019	0-2	2.8	0.8	29								
	18.7.2019	1				21.1			5.8	9.1			
	18.7.2019	2				19.4			5.9	7.9			
	1.8.2019	0-2	2.5	1.4	11								
	1.8.2019	1				20.3	8.1	89	4.2	7.6	14	0.51	13
	1.8.2019	2				20.2	7.6	84	5.5	7.6	14	0.50	12
	15.8.2019	0-2	2.8	1.7	15								
	15.8.2019	1				19.3			4.9	7.6			
	15.8.2019	2				19.3			5.4	7.5			
	28.8.2019	0-2	2.8	1.9	6.3								
	28.8.2019	1				19.8			2.3	7.4			
	28.8.2019	2				19.8			2.3	7.4			
Littoistenjärvi B Kuovil	13.9.2019	0-2	2.8	2.5	5.4								
	13.9.2019	1				15.7			1.8	7.4			
	13.9.2019	2				15.7			2	7.5			
	9.10.2019	0-2	2.8	2.8	3.8								
	9.10.2019	1				6.5			1	7.6			
	9.10.2019	2				6.5			1.2	7.6			
	14.11.2019	0-2	2.8	2.8	10								
	14.11.2019	1				2.2	7.9	58	1.4	7.5	12	0.35	10
	14.11.2019	2				1.9	9.7	70	1.3	7.5	12	0.35	9
	14.5.2020	0-2	2.8	1.7	7.5								
	14.5.2020	1				9.9			2.1	7.4			
	14.5.2020	2				9.8			2.3	7.4			
Littoistenjärvi C	14.2.2019	0-2	2.4	2.4	2.2								
	14.2.2019	1				1.8	12.2	88	0.5	7.1	14	0.34	7
	14.2.2019	2				2.5	9.4	69	1.4	6.9	14	0.36	7
	14.2.2019	2.3				3.9	9.1	69	0.8	6.9	14	0.37	8
	5.6.2019	0-2	2.3	2.3	1.9								
	5.6.2019	1				17.5	10.3	107	0.9	8.2	12	0.33	9
	5.6.2019	2				16.8	10.4	107	0.8	8.3	12	0.33	9
	1.8.2019	0-2	2.2	1.2	14								
	1.8.2019	1				20.3	8.3	91	5	7.8	14	0.51	12
	1.8.2019	2				20.3	8	89	4.9	7.8	14	0.51	12
	14.11.2019	0-2	2.7	2.7	13								
	14.11.2019	1				2.2	11.6	84	1.1	7.5	12	0.36	9
Littoistenjärvi C	14.11.2019	2				2.1	12.3	89	1.4	7.5	12	0.36	10
	14.2.2019	0-2	2.4		1.7								
	14.2.2019	1				1.5	10.3	73	1	6.9	14	0.36	9
	14.2.2019	2				2.4	9.1	67	1.1	6.8	14	0.36	9
	14.2.2019	2.3				2.7	8.8	65	1.4	6.8	14	0.37	9
	5.6.2019	0-2	2.5	2.5	2								
	5.6.2019	1				17	9.9	102	1.1	7.8	12	0.36	9
	5.6.2019	2				16.6	10.1	103	1.1	7.9	12	0.34	9
	1.8.2019	0-2	2.2	1.2	11								
	1.8.2019	1				20.5	8.4	93	4.7	8	14	0.51	11
	1.8.2019	2				20.3	8.5	93	5.5	7.9	14	0.51	10
	14.11.2019	0-2	2.5	2.5	15								
Värioja	14.11.2019	1				2.2	12.6	91	1.2	7.5	12	0.36	10
	14.11.2019	2				2.1	10.8	78	1.3	7.5	12	0.35	10
	7.3.2019		0.1	0.1									
	7.3.2019	0			3.4	2	11.9	86	5.7	7.2	16	0.51	14
	5.6.2019		0.1	0.1									
	5.6.2019	0			2.2	16.6	8.5	87	3.3	7.4	14	0.44	13
Värioja	1.8.2019		0.1	0.1									
	1.8.2019	0			0.8	13.9	5.7	55	3.8	7.4	27	1.70	20
	14.11.2019		0.4	0.05									
	14.11.2019	0			4.3	6.2	10.7	87	130	7.1	14	0.75	66

Havaintopaikka	Näytteenottoaika	Näytteenottosyvyyys	Anionit	Alkuaineet		Ammoniumtyppi NH ₄ ⁺ -N	Nitraattityppi NO ₃ ⁻ -N	Nitriittityppi NO ₂ ⁻ -N	Nitriitti-nitraatti typpenä (NO ₂ ⁻ -N + NO ₃ ⁻ -N)	Ravinteet			
			Kloridi (Cl ⁻)	Alumiini (Al)	Rauta (Fe)					Kokonaistyyppi N _{kok}	Fosfaatti-fosfori PO ₄ -P	Kokonais-fosfori, suodatettu P _{kok}	Kokonais-fosfori, suodattamaton P _{kok}
		m	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Littoistenjärvi A Syvänn	14.2.2019	0-2											
	14.2.2019	1	19	22	60	39	66	1		380	1.5	17	9
	14.2.2019	2	18	12	240	150	44	3		460	1.5	10	13
	14.2.2019	2.6	19	19	260	180	32	2		500	1.5	10	12
	23.5.2019	0-2											
	23.5.2019	1				2			2	440	1.5		20
	23.5.2019	2				2			2	460	1.5		22
	5.6.2019	0-2											
	5.6.2019	1	17	19	72	4	2	1		430	1.5	14	30
	5.6.2019	2	16	21	75	6	2	1		420	1.5	14	26
	18.6.2019	0-2											
	18.6.2019	1				2			2	630	1.5		30
	18.6.2019	2				2			2	650	1.5		29
	4.7.2019	0-2											
	4.7.2019	1				2			2	1400	1.5		60
	4.7.2019	2				2			2	1400	1.5		64
	18.7.2019	0-2											
	18.7.2019	1				6			2	1200	1.5		55
	18.7.2019	2				11			2	1200	1.5		58
	1.8.2019	0-2											
	1.8.2019	1	19	33	410	2	2	1		770	1.5	15	43
	1.8.2019	2	19	81	470	2	2	1		800	1.5	14	45
	15.8.2019	0-2											
	15.8.2019	1				4			2	730	1.5		42
	15.8.2019	2				2			2	730	1.5		42
	28.8.2019	0-2											
	28.8.2019	1				15			2	570	1.5		29
	28.8.2019	2				17			2	580	1.5		28
	13.9.2019	0-2											
	13.9.2019	1				22			14	580	1.5		27
	13.9.2019	2				23			17	570	1.5		25
	9.10.2019	0-2											
	9.10.2019	1				7			2	490	1.5		16
	9.10.2019	2				12			2	510	1.5		18
	14.11.2019	0-2											
	14.11.2019	1	16	30	84	2	2	9		580	1.5	12	22
	14.11.2019	2	16	30	88	2	2	1		490	1.5	12	22
	14.5.2020	0-2											
	14.5.2020	1				2			2	450	1.5		30
	14.5.2020	2				2			2	440	1.5		31
Littoistenjärvi B Kuovii	14.2.2019	0-2											
	14.2.2019	1	19	19	57	32	54	1		350	1.5	5	10
	14.2.2019	2	19	45	110	65	47	1		370	1.5	1.5	14
	14.2.2019	2.3	19	18	86	83	44	1		400	1.5	9	10
	5.6.2019	0-2											
	5.6.2019	1	16	22	56	4	2	1		400	1.5	12	21
	5.6.2019	2	16	21	50	4	2	1		390	1.5	13	22
	1.8.2019	0-2											
	1.8.2019	1	18	45	440	2	2	1		760	1.5	15	42
	1.8.2019	2	18	53	460	2	2	1		760	1.5	13	42
	14.11.2019	0-2											
	14.11.2019	1	16	21	75	2	2	1		470	1.5	12	21
	14.11.2019	2	16	45	110	2	2	1		490	1.5	12	25
Littoistenjärvi C	14.2.2019	0-2											
	14.2.2019	1	20	37	97	57	110	1		430	1.5	8	11
	14.2.2019	2	19	34	110	58	66	1		390	1.5	9	10
	14.2.2019	2.3	19	53	140	66	65	1		410	1.5	13	13
	5.6.2019	0-2											
	5.6.2019	1	17	20	71	4	2	1		440	1.5	14	26
	5.6.2019	2	16	24	69	4	2	1		420	1.5	13	29
	1.8.2019	0-2											
	1.8.2019	1	18	73	370	2	2	1		740	1.5	14	40
	1.8.2019	2	18	83	390	2	2	1		760	1.5	12	44
	14.11.2019	0-2											
	14.11.2019	1	16	20	80	2	2	1		500	1.5	12	24
	14.11.2019	2	16	21	88	2	2	1		500	1.5	12	24
Värioja	7.3.2019												
	7.3.2019	0	19	180	620	81	220	4		710	14	26	35
	5.6.2019												
	5.6.2019	0	17	160	430	140	140	13		720	33	57	80
	1.8.2019												
	1.8.2019	0	14	110	800	3400	1000	120		4900		210	300
	14.11.2019												
	14.11.2019	0	7.4	7400	7300	26	670	10		1400	20	35	170



Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta

Littoistenjärven vuoden 2019 sedimenttitutkimusten tulosten analysointi
ja vuoden 2018 sedimenttiraportin päivittäminen

Reference project: 101014586-001

Raportti

Date
27/08/2020
Reference project
101014586-001
Anneli Wichmann, FM
Juha Koskela, FM
Sofia Malmström, FK

Client
Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta

Sisällys

1	Johdanto	2
1.1	Taustaa	2
1.2	Erilaiset fosforifraktiot	2
2	Tutkimuspisteet ja näytteenotto	3
3	Laboratorioanalyysit ja tulosten käsittely	4
4	Tulokset ja niiden tarkastelu	4
4.1	Fosforin kokonaispitoisuus.....	6
4.2	Helppoliukoinen fosfori	6
4.3	Rautaan sitoutunut fosfori, Fe-P	7
4.4	Alumiiniin sitoutunut fosfori, Al-P.....	8
4.5	Kalsiumiin sitoutunut fosfori, Ca-P	9
4.6	Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosfori, Org.-P.....	10
5	Vertailu aiempiin tuloksiin.....	11
6	PÄÄTELMÄT	13
7	Kirjallisuusviitteet.....	14

Liitteet:

1. Analyysitulostaulukko
2. Tilastolliset tarkastelut

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Littoistenjärvi sijaitsee Varsinais-Suomessa Kaarinan ja Liedon kuntien alueella. Järvi on pinta-alaltaan n. 1,5 km² ja sen valuma-alue on n. 3 km². Littoistenjärvi on säännöstelty, ja sen vedenkorkeus voi vaihdella välillä +35,20 - +36,05 m (N43). Littoistenjärvi kuuluu Piikkiöjoen-Aurajoen valuma-alueeseen ja on sen ainoa järvi. Littoistenjärvi laskee Väröjoen kautta Kuusistonsalmeen mereen.

Littoistenjärvellä toteutettiin 11.–12.5.2017 järven kemiallinen käsittely, jolloin fosforia ja muita aineita saostavaa kemikaalia (polyalumiinikloridi) levitettiin yhtäjaksoisesti noin 36 tuntia kahdella aluksella. Järven kemialliselle kunnostukselle on Etelä-Suomen aluehallintoviraston myöntämä ympäristölupa tarkkailuvaiheeseen (ESAVI/177/04.08/2013).

Littoistenjärvellä on tehty kaksi sedimenttitutkimusta ennen järven kemiallista kunnostamista, vuonna 1985 (Glückert et al 1992) ja vuonna 2012 (Varjo 2012). Molemmat tutkimukset on tehty Turun yliopiston maantieteen ja geologian laitoksella. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy teki sedimentin rauta- ja rikkipitoisuuksista erillisselvityksen vuonna 2015.

Tämä tutkimus on jatkoa vuonna 2018 tehdylle sedimenttitutkimukselle, jonka tavoitteena oli selvittää kemiallisen kunnostuksen jälkeinen tilanne sedimentin pintaosissa: kuinka suuri osa sedimentin fosforista on sellaisessa muodossa, että se sopivissa olosuhteissa on helposti liukenemassa uudelleen vesifaasiin ja mahdollisesti uudelleenrehevöittämässä Littoistenjärveä. Tutkimuksen avulla on myös mahdollista arvioida kunnostustoimien vaikutuksen ajallista kestoa.

Sedimentissä oleva mobiili fosfori voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri kategoriaan: huokosvedessä oleva, sedimentin löyhästi sitoutunut sekä rautaan sitoutunut fosfori. Muihin metalleihin sitoutuneesta alumiiniin ja kalsiumiin sitoutunut fosfori on huomattavasti pysyvämpää. Alumiiniin sitoutunut osio vaati olosuhteet, joissa pohjanläheisen veden pH nousee yli 8,5 tai laskee alle 5,5; jotta alumiinin uudelleen liukeneminen ja siten myös fosforin irtoaminen vesifaasiin voisi tapahtua. Kalsiumiin sitoutunut fosfori esiintyy pääasiassa apatiittina, Ca₃(PO₄)₂, joka on tavanomaisissa olosuhteissa erittäin pysyvä. Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosfori voi olla joko mobiilia tai hitaasti vapautuvaa riippuen orgaanisen aineksen laadusta. Mikäli orgaaninen aines on helposti hajoavaa, vapautuu myös fosfori tästä osasta hajoamisen myötä.

1.2 Erilaiset fosforifraktiot

Sedimentin huokosvedessä oleva ja sedimentti heikosti adsorboitunut helposti liukeneva fosfori on myös helposti saatavilla kasvien käyttöön. Rautaan ja alumiiniin sitoutunut fosfori (Fe-P ja Al-P) on huomattavasti pysyvämpää, ja voi vapautua ainoastaan sedimentin olosuhteiden muuttuessa. Fe-P voi vapautua, mikäli pohjasedimentti esim. rehevöitymisen seurauksen joutuisi hapettomaksi. Tällöin rauta pelkistyy kahdenarvoiseksi raudaksi, joka on vesiliukoista kaikissa hapettomissa olosuhteissa. Alumiiniin sitoutunut fosfori voi mahdollisesti vapautua, mikäli pohjan läheisyydessä veden pH nousisi yli 8,5. Tällaiset olosuhteet saattavat muodostua esim. uposkasvien massaesiintymien yhteydessä, jolloin voimakkaan yhteyttämisen tuloksena veden pH saattaa olla mikroympäristössä hyvin emäksinen. Kalsiumiin sitoutunut fosfori (Ca-P) esiintyy pääasiassa apatiittina, joka on erittäin pysyvä. Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosfori (Org.-P) voi olla pysyvää tai helposti vapautuvaa riippuen orgaanisen aineksen hajoamista. Pitkällä hajonneeseen

orgaaniseen ainekseen, kuten humusaineisiin, sitoutunut fosfori on pysyvämmässä muodossa kuin pieneliöiden ravinnoksi kelpaavaan ainekseen sitoutunut fosfori.

2 Tutkimuspisteet ja näytteenotto

Sedimenttinäytteiden näytepisteitä oli 6 kpl eri puolilla Littoistenjärveä. Näytepisteiden sijainti mukaili vuoden 2012 tutkimusta, ainoastaan näytepiste F siirrettiin järven keskiosaan paremman kattavuuden saavuttamiseksi. Näytepisteiden koordinaatit on esitetty taulukossa 2-1. Pisteiden sijainti Littoistenjärvessä on esitetty kuvassa 2-1. Tarkempi kuvaus näytteenotosta ja näytepisteiden valinnasta on esitetty vuoden 2018 sedimenttiraportissa (Pöyry Finland Oy 2018).

Taulukko 2-1 Sedimenttinäytteenoton näytepisteet

Näytepiste	ETRS89 TM-35	
	E	N
A	246771	6710616
B	246980	6711142
C	245978	6711331
D	246314	6710751
E	246705	6710293
F	246576	6711032



Kuva 2-1 Näytepisteiden sijainti Littoistenjärvessä.

Näytteet otti marras-joulukuun vaihteessa 2019 sukeltamalla Varsinais-Suomen vesistöasaneeraus Oy. Näytteet otettiin painamalla halkaisijaltaan 50 mm oleva putki

(Niemistö-näytteenottimen sisäputki) sedimenttiin haluttuun syvyyteen saakka. Putki tulpattiin ja irrotettiin varovasti pohjasta. Putki tuettiin pohjasta tuotaessa näytettä pinnalle.

Kustakin pisteestä otettiin kahdeksasta (8) osanäytteestä koostuva profiili, joka kattoi syvyydsvälin 0-30 cm lukuun ottamatta pistettä D, jossa näytteenotto päättyi syvyyteen 28,5 cm. Näyteprofiili jaettiin kahden senttimetrin paksuisiin osanäytteisiin syvyyteen -10 cm asti eli 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm ja 8-10 cm. Tämän jälkeen otettiin vielä kolme viiden cm paksuista näytettä, 10-15 cm, 15-20 cm ja 25-30 cm (D 25-28,5 cm).

Osanäytteet pakattiin kannellisiin muovikuppeihin mahdollisimman ilmatiiviisti ja toimitettiin kylmälaukkuun jääpakkauksen kanssa pakattuina kuriiripalvelulla analysoivaan laboratorioon.

3 Laboratorioanalyysit ja tulosten käsittely

Näytteet analysoitiin Svenska Lantbruksuniversitetin laboratoriossa Uppsalassa. Näytteiden analysoinnista vastasi dosentti Brian Huser.

Näytteistä analysoitiin fosforin eri sitoutumismuodot peräkkäisten uuttojen menetelmällä sekä fosforin kokonaispitoisuus Hupferin kuvaamalla menetelmällä (Hupfer 1995). Sedimentin kokonaisfosforipitoisuuden määrittämistä varten hajotetusta näytteistä analysoitiin myös alumiinin kokonaispitoisuus. Näytteistä määritettiin myös vesipitoisuus sekä hehkutushäviö (550 °C).

Fosforin kokonaispitoisuuden ja eri fosforifraktioiden summana esitetyn kokonaispitoisuuden kokonaisepävarmuus on $\pm 20 \%$.

Kaikki analyysitulokset raportoitiin mg/g kuiva-aineessa. Koska tilavuuspohjaisille pitoisuuksille (märkäpitoisuuksille) on tarvetta ja käytännön merkitystä, muunnettiin raportoidut pitoisuudet yhtälön (1) avulla:

$$c(P_{wv}) = c(P_{dw}) * \left(\frac{100 - \text{kosteus } \%}{100} \right) * d_{H_2O} \quad (1)$$

jossa $c(P_{wv})$ = fosforikonsentraatio märkätilavuudessa, g l⁻¹

$c(P_{dw})$ = fosforikonsentraatio kuiva-aineessa, mg g⁻¹

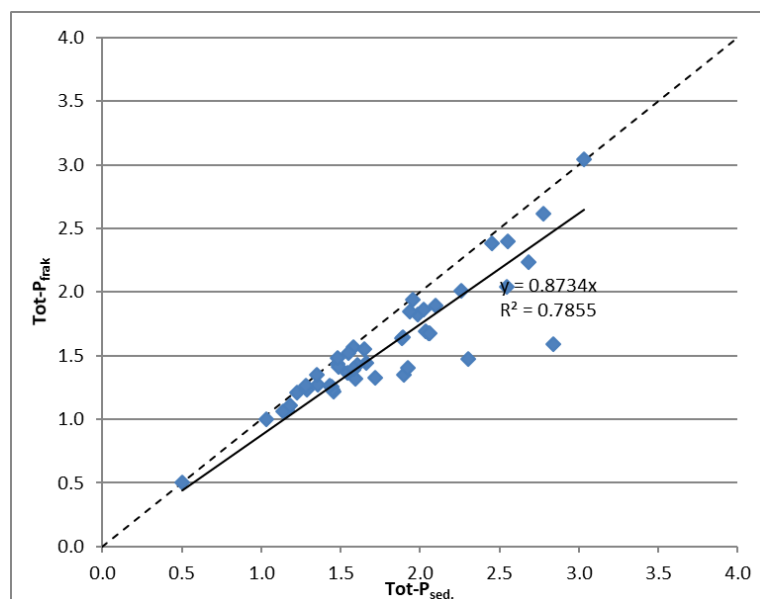
d_{H_2O} = veden tiheys, g l⁻¹

Laskennassa käytettiin veden tiheyttä 1000 g l⁻¹, koska kuiva-aineen irtotiheys ei ollut tiedossa.

4 Tulokset ja niiden tarkastelu

Taulukossa 4-1 on esitetty keskimääräiset tulokset kuiva-aineessa näytteenotto-syvyyksittäin. Taulukkoon 4-2 on muunnettu keskimääräiset pitoisuudet sedimentin märkään tilavuuteen. Kaikki analyysitulokset on esitetty raportin liitteenä 1. Kaikki tulokset ovat pitoisuuksia kuiva-aineessa. Tulosten tarkastelussa eri fraktioiden prosenttiosuudet on laskettu käyttäen jakajana fraktioiden summaa. Fraktioiden summan (Tot-P_{frak}) ja sedimentin kokonaisfosforin (Tot-P_{sed}) välinen suhde on esitetty kuvassa 4-1, josta havaitaan, että fosforifraktioiden summa oli keskimäärin hieman yli 10 % pienempi kuin sedimentin kokonaisfosfori. Verrattaessa eri tavoilla laskettujen fosforin kokonaispitoisuuksien suhdetta vuoden 2018 tuloksiin, voidaan todeta, että vuonna 2018

hajonta oli suurempaa, sillä selitysaste (R^2) oli vuonna 2018 0,52; kun taas vuoden 2019 tulosten selitysaste on 0,79.



Kuva 4-1 Sedimentin kokonaisfosforin ja eri fosforifraktioiden summan suhde.

Taulukko 4-1 Keskimääräiset pitoisuudet kuiva-aineessa syvyyksittäin.

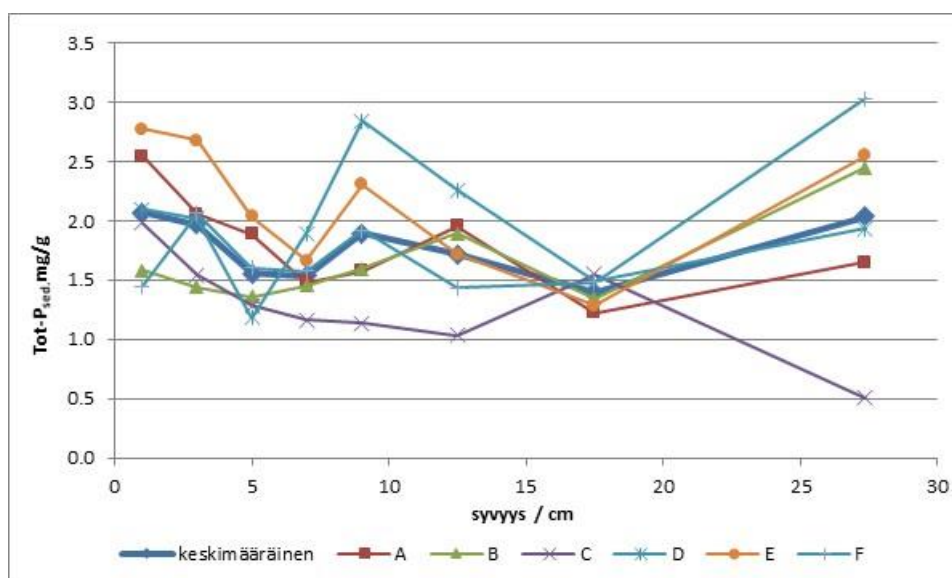
Syvyys cm	Kosteus %	Hekikutus- häviö %	Helppoliukoinen P mg/g	Fe-P mg/g	Al-P mg/g	Ca-P mg/g	Org-P mg/g	Tot-P _{frac} mg/g	Tot-P _{sed} mg/g	Residuaali P mg/g
0-2	94	25	0.006	0.34	0.64	0.20	0.65	1.8	2.1	0.2
2-4	92	24	0.005	0.26	0.60	0.18	0.63	1.7	2.0	0.3
4-6	90	26	0.003	0.21	0.50	0.16	0.52	1.4	1.6	0.2
6-8	90	23	0.003	0.20	0.53	0.17	0.46	1.4	1.5	0.2
8-10	89	22	0.004	0.23	0.51	0.18	0.48	1.4	1.9	0.5
10-15	88	26	0.005	0.19	0.49	0.17	0.63	1.5	1.7	0.2
15-20	87	22	0.006	0.14	0.42	0.15	0.66	1.4	1.4	0.02
25-30	85	31	0.016	0.12	0.86	0.2	0.77	2.0	2.0	0.1

Taulukko 4-2 Keskimääräiset pitoisuudet märässä sedimentissä syvyyksittäin.

Syvyys cm	Helppoliukoinen P mg/l	Fe-P mg/l	Al-P mg/l	Ca-P mg/l	Org-P mg/l	Tot-P _{frac} mg/l	Tot-P _{sed} mg/l	Residuaali P mg/l
0-2	0.037	20	36	11	39	107	118	11
2-4	0.038	22	49	15	54	140	162	22
4-6	0.022	17	44	15	46	121	135	13
6-8	0.034	20	53	16	46	136	153	17
8-10	0.047	28	61	21	58	168	231	63
10-15	0.063	23	57	20	75	175	203	28
15-20	0.082	16	51	18	85	170	173	2.6
25-30	0.18	13	92	28	82	216	223	6.3

4.1 Fosforin kokonaispitoisuus

Sedimentin fosforin kokonaispitoisuus ($\text{Tot-P}_{\text{sed}}$) kaikkien näytteiden keskiarvona laskettuna oli 1,81 mg/g ja sedimentin eri fosforifraktioiden ($\text{Tot-P}_{\text{frak.}}$) summana 1,54 mg/g, keskimääräinen residuaalifosforin määrä oli 0,27 mg/g. Kuvassa 4-2 on esitetty sedimentin kokonaisfosforipitoisuus eri näytepisteissä ja keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus syvyyden funktiona. Fosforin kokonaispitoisuuden vaihteluväli oli 0,50–3,0. Maksimipitoisuus oli näytteessä F25–30 cm ja minimi näytteessä C25–30 cm. Fosforin kokonaispitoisuus oli aivan pinnimmaisista näytteistä lukuun ottamatta kauttaaltaan alhaisin näytepisteessä C kuten vuonna 2018. Fosforin kokonaispitoisuudessa oli huomattavasti enemmän syvyysuuntaista hajontaa kuin vuoden 2018 näytteissä, selkeä yhteneväinen pitoisuus oli syvyydessä 15–20 cm. Yleisesti fosforin kokonaispitoisuus oli alhaisempi kuin vuonna 2018.

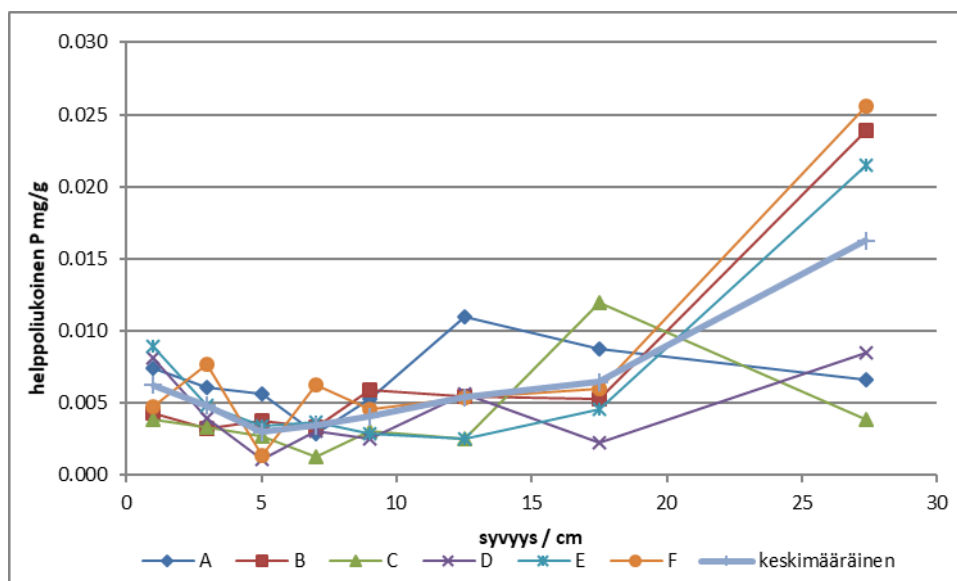


Kuva 4-2 Sedimentin kokonaisfosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen kokonaispitoisuus.

4.2 Helppoliukoinen fosfori

Huokosveden ja sedimenttiin erittäin löyhästi sitoutuneen fosforin määrä oli erittäin pieni kaikissa näytteissä, keskimäärin 0,01 mg/g ja vaihteluväli 0,001–0,03 mg/l (Kuva 4-3). Helppoliukoisesta fosforin osuus yhteenlasketuista fosforifraktioista oli kaikissa näytteissä <1 %. Näytepisteiden välillä oli vain vähän hajontaa, samoin näytteenottosyvyyksien välillä. Suurimmat helposti liukoisesta fosforin pitoisuudet mitattiin syvimmistä näytteistä lukuun ottamatta näytepisteitä A ja C, joissa maksimit esiintyivät syvyyksillä 10–15 cm ja 15–20 cm.

Verrattuna vuoden 2018 tuloksiin, pinnimmaisen 10 cm keskimääräinen helppoliukoisesta fosforin pitoisuus oli selvästi alhaisempi, 0,004 mg/g v. 2019 ja 0,011 mg/g vuonna 2018.

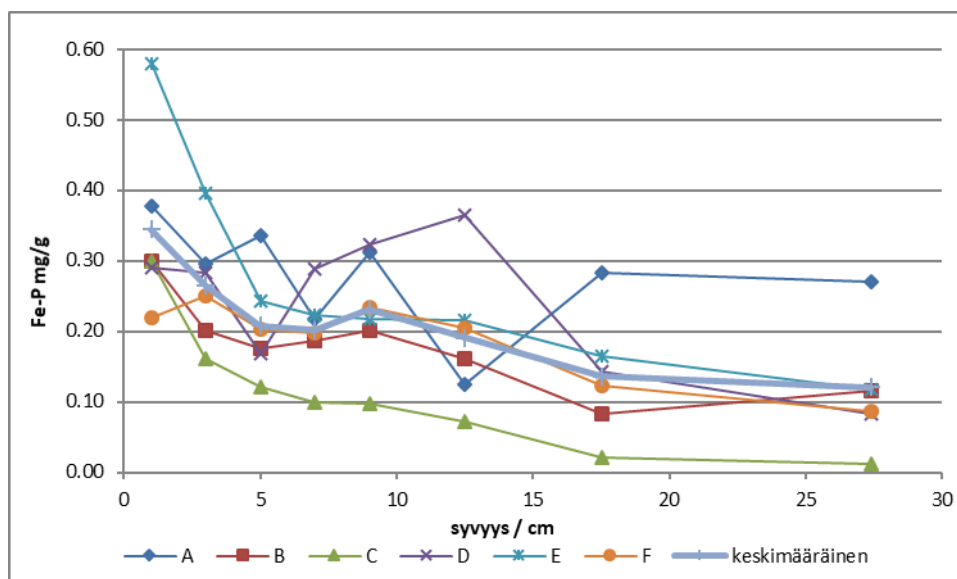


Kuva 4-3 Helppoliukoisien fosforin määrä sedimentissä näytepisteissä A-F sekä helppoliukoisien fosforin keskimääräinen pitoisuus.

4.3 Rautaan sitoutunut fosfori, Fe-P

Rautaan sitoutuneen fosforin määrässä oli vain vähän vaihtelua eri näyteprofiilien välillä. Suurin osa vaihtelusta oli 0-15 cm syvyydellä. Pisteessä A syvimpien näytteiden rautaan sitoutuneen fosforin pitoisuus oli selvästi muita pisteistä korkeampi. Maksimipitoisuudet mitattiin useimmissa pisteissä syvyydeltä 0-2 cm. Fe-P:n määrä pieneni huomattavasti 15 cm syvyydestä alkaen (Kuva 4-4) lukuun ottamatta pistettä A, jossa minimi on syvyydellä 10-15 cm. Keskimääräinen rautaan sitoutuneen fosforin määrä oli 0,21 mg/g vaihteluvälin ollessa 0,012-0,58 mg/g. Suurin pitoisuus oli näytepisteen E pintakerroksessa ja pienin pisteen C syvimmässä näytteessä (25-30 cm). Fe-P:n osuus oli keskimäärin n. 16 % syvyydellä 0-10 cm ja koko profiilissa 14 %.

Rautaan sitoutuneen fosforin pitoisuuksissa oli vain vähän muutoksia verrattuna vuoden 2018 tuloksiin. Vähäiset eroavaisuudet ovat todennäköisesti matriisin heterogeenisyydestä aiheutuvaa luonnollista vaihtelua.

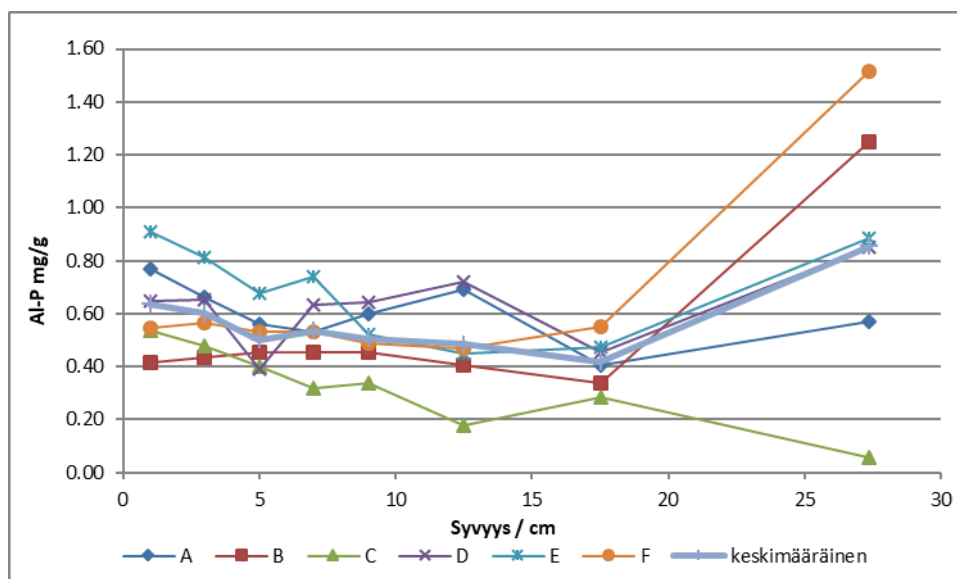


Kuva 4-4 Rautaan sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen rautaan sitoutuneen fosforin määrä.

4.4 Alumiiniin sitoutunut fosfori, Al-P

Alumiinin sitoutuneen fosforin määrä kuvaa parhaiten kemiallisessa saostuksessa vedestä poistettua fosforia. Al-P:n keskimääräinen pitoisuus laskee hivenen pintakerroksessa 10 cm asti, jonka jälkeen pitoisuus kasvaa (Kuva 4-5). Syvimpien näytteiden pitoisuuksissa oli huomattavaa hajontaa, ja pisteessä C Al-P osuus oli vain 11 %, kun pisteessä B vastaava osuus oli 52 %. Keskimäärin Al-P vastasi 35 % kokonaisfosforin määrästä. Keskimääräinen pitoisuus oli 0,57 mg/g ja vaihteluväli 0,06–1,51 mg/g.

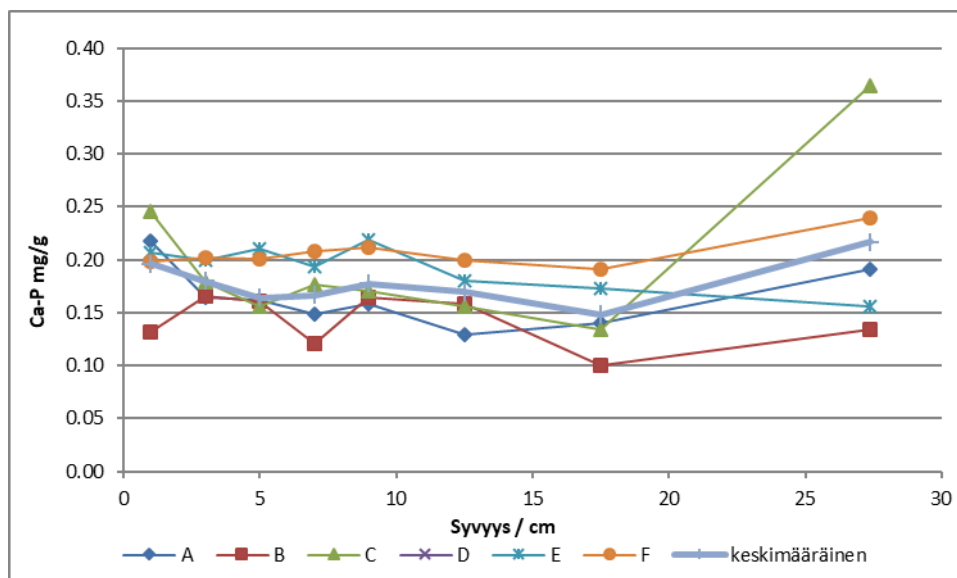
Vuoteen 2018 nähden alumiiniin sitoutuneen fosforin pitoisuuksia voidaan pitää samankaltaisina. Pintakerroksessa on hieman enemmän hajontaa kuin aiemmin ja toisaalta syvimpien näytteiden maksimipitoisuudet ovat hieman alhaisempia.



Kuva 4-5 Alumiiniin sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen alumiiniin sitoutuneen fosforin määrä.

4.5 Kalsiumiin sitoutunut fosfori, Ca-P

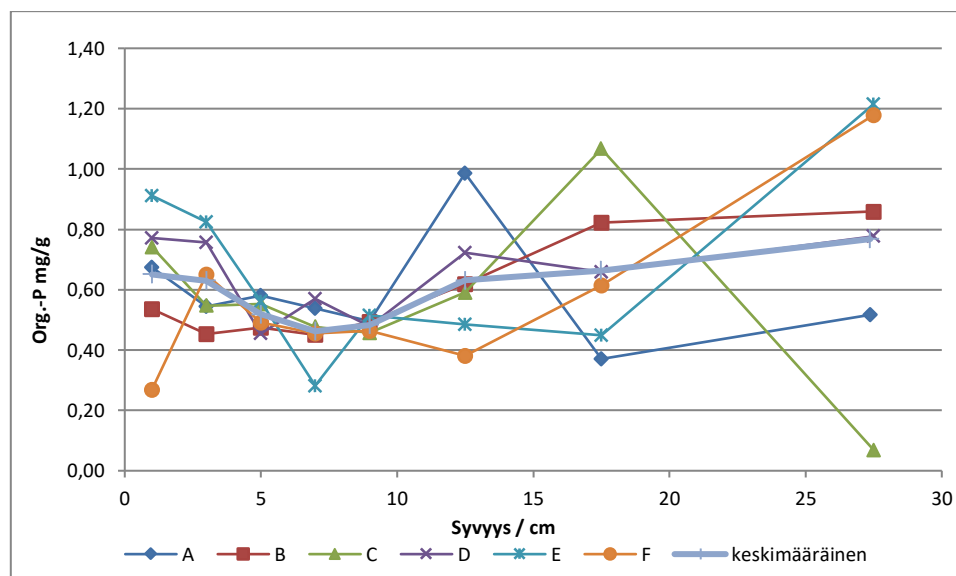
Kalsiumiin sitoutuneen fosforin määrä oli verrattain vähäinen kaikissa näyteprofileissa eikä eri syvyyksien välillä ollut vaihtelua (Kuva 4-6). Keskimääräinen Ca-P pitoisuus oli 0,18 mg/g ja vaihteluväli 0,0–0,36 mg/g. Kalsiumiin sitoutuneen fosforin osuus oli keskimäärin 38 % kaikista fosforifraktioista, suurimmillaan jopa 70 % näytteessä C 15–20 cm.



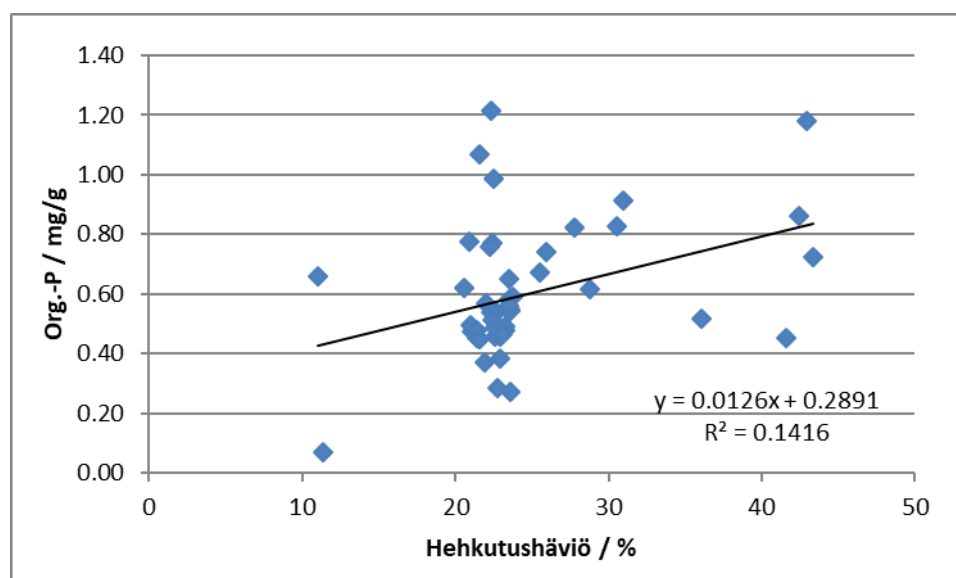
Kuva 4-6 Kalsiumiin sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen kalsiumiin sitoutuneen fosforin määrä.

4.6 Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosfori, Org.-P

Keskimäärin orgaaniseen ainekseen sitoutuneen fosforin osuus oli n. 13 %. Keskimääräinen pitoisuus oli 0,60 mg/g ja vaihteluväli 0,07–1,22 mg/l (Kuva 4-7). Orgaaniseen ainekseen sitoutuneen fosforin pitoisuudet ovat keskimäärin suurempia aivan sedimentin pintaosissa ja syvemmissä kerroksissa. Eri näytekäytösten välillä on kuitenkin huomattavaa vaihtelua. Orgaanisen aineksen määrällä (hehikutushäviö) ja orgaaniseen ainekseen sitoutuneella fosforilla ei ole havaittavissa merkittävää korrelaatiota (Kuva 4-8).



Kuva 4-7 Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytekäytöissä A-F sekä keskimääräinen orgaaniseen ainekseen sitoutuneen fosforin määrä.



Kuva 4-8 Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosfori orgaanisen aineksen määrän (hehikutushäviö) funktiona.

5 Vertailu aiempiin tuloksiin

Littoistenjärven vuoden 2012 sedimenttitutkimuksessa (Varjo 2012) käytettiin hieman erilaista fraktiointimenetelmää kuin kunnostuksen jälkeisissä sedimenttitutkimuksissa. Aiemmassa tutkimuksessa on esitetty rautaan ja alumiiniin sitoutuneet fraktiot yhdessä. Kaikkien kolmen tutkimuksen tulokset on esitetty taulukossa 5-1. Helppoliukoisen fosforin määrä oli edelleen pienentynyt, samoin kuin fosforin kokonaismäärä. Alumiiniin ja rautaan sitoutuneissa fosforifraktioissa ei sedimentin pintaosissa ollut merkittävää muutosta, syvemmissä kerroksissa myös näiden fraktioiden pitoisuudet olivat pienentyneet. Kalsiumiin sitoutuneessa fosforifraktiossa havaittiin hienoista pitoisuuksien nousua. Tämä saattaa olla seurausta kemiallisen kunnostuksen jälkeisen tilanteen palautumisesta, koska on mahdollista, että kemiallisen käsittelyn yhteydessä kalsiumiin sitoutunutta fosforia vapautui tilapäisen happamoitumisen yhteydessä.

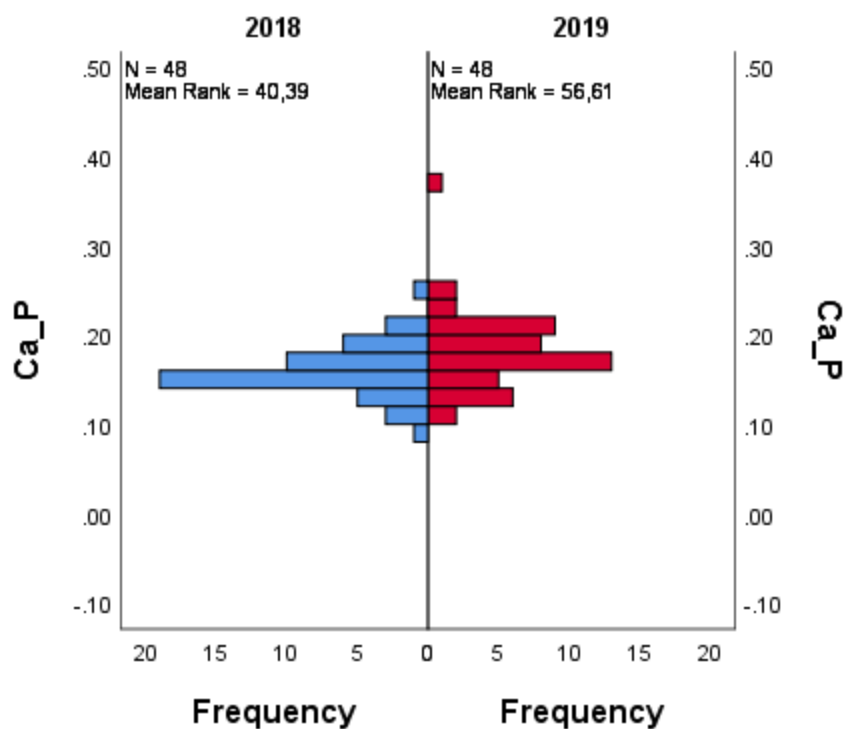
Taulukko 5-1 Vuosien 2012, 2018 ja 2019 sedimenttitutkimusten eri fosforifraktioiden keskimääräiset pitoisuudet syvyyksittäin.

Syvyys / cm	NH ₄ Cl-P mg/g			NaOH-P mg/g			HCl-P mg/g			Residuaali-P mg/g			Tot-P _{sed.} mg/g		
	2012	2018	2019	2012	2018	2019	2012	2018	2019	2012	2018	2019	2012	2018	2019
0-2	0.057	0.015	0.006	0.64	1.0	0.98	0.35	0.15	0.20	1.4	0.92	0.73	2.4	2.4	2.1
2-4	0.029	0.010	0.005	0.64	1.0	0.86	0.21	0.16	0.18	1.4	0.85	0.69	2.2	2.2	2.0
4-6	0.019	0.010	0.003	0.40	1.0	0.71	0.28	0.17	0.16	1.2	0.79	0.52	1.9	2.2	1.6
6-8	0.017	0.010	0.003	0.44	1.0	0.74	0.40	0.17	0.17	1.2	0.78	0.46	2.1	2.2	1.5
8-10	0.020	0.009	0.004	0.36	0.80	0.74	0.42	0.13	0.18	1.1	0.66	0.48	1.9	2.1	1.9
10-15	0.021	0.009	0.005	0.49	0.85	0.68	0.18	0.15	0.17	0.91	0.75	0.63	1.6	2.0	1.7
15-20	0.011	0.010	0.006	0.24	0.85	0.55	0.31	0.15	0.15	0.97	0.98	0.66	1.5	1.9	1.4
25-30		0.021	0.016		1.1	0.98		0.15	0.22		1.2	0.8		2.5	2.0

Verrattaessa vuosien 2018 ja 2019 eri fosforifraktioiden tulosjakautumaa toisiinsa ei-parametrisella Mann-Whitneyn U-testillä, voidaan todeta kaikkien fraktioiden poikkeavan tilastollisesti merkitsevästi toisistaan lukuun ottamatta jäännösfosforin määrää (Taulukko 5-2 ja Kuva 5-1). Tilastollisen tarkastelun tulokset esitetään liitteessä 2.

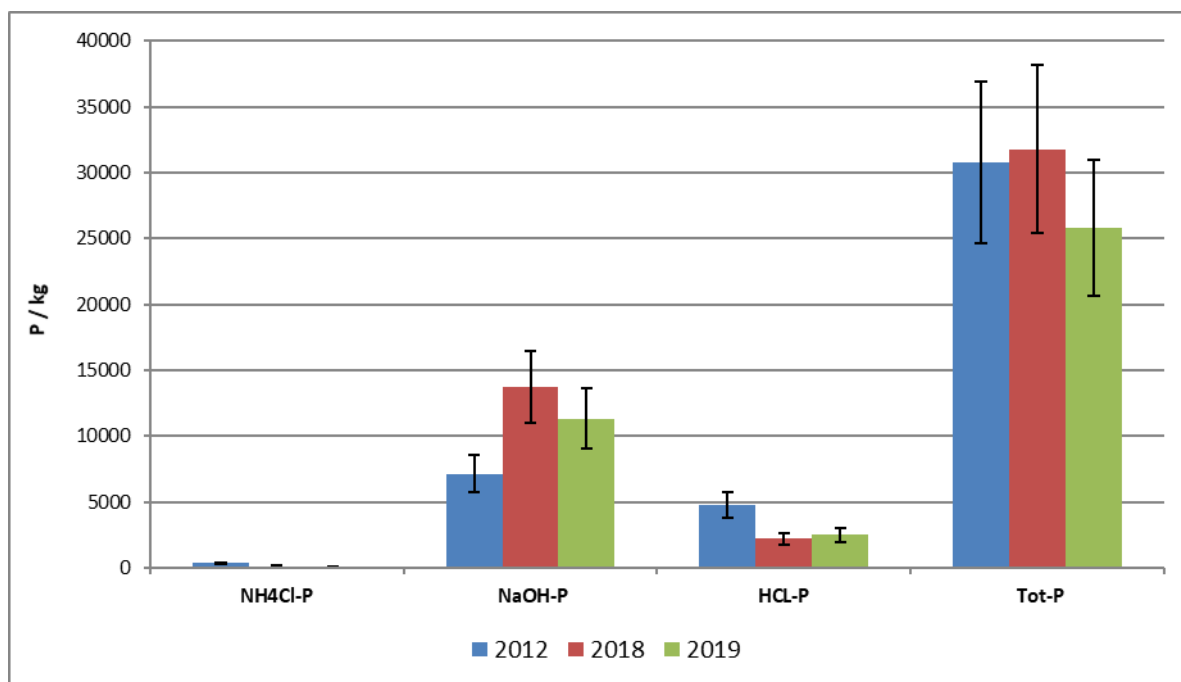
Taulukko 5-2 Mann-Whitney U-testin p-arvot vuosien 2018 ja 2019 eri fosforifraktioiden eroille.

Fraktio	p-arvo
Tot-P(sed.)	0.000
Huokosvesi	0.000
Fe-P	0.005
Al-P	0.001
Ca-P	0.004
Org. P	0.000



Kuva 5-1 Mann-Whitney U-testin kuvaaja Ca-P:n jakaumista vuosina 2018 ja 2019.

Sedimenttitutkimuksen perusteella sedimentin pinnimmaisen 10 cm:n fosforivaranto on n. 26 000 kg, analyysimenetelmän epävarmuuteen perustuva vaihteluväli 21 000–31 000 kg, mikä on selvästi alhaisempi kuin vuoden 2018 sedimenttitutkimuksen tulosten perusteella tehty arvio. Fosforivaranto on jakautunut seuraavasti: helppoliukoista fosfori n. 60 kg (50–70 kg), rautaan sitoutunutta fosforia 3500 kg (2800–4200 kg) ja alumiiniin sitoutunutta n. 7900 kg (6300–9400 kg) (Kuva 5-2).



Kuva 5-2 Fosforin laskennallinen määrä sedimentin pintakerroksessa (0-10 cm) vuosina 2012, 2018 ja 2019. Analyysinmenetelmän mittausepävarmuuteen ($\pm 20\%$) perustuva vaihteluväli on esitetty janoilla.

6 PÄÄTELMÄT

Littoistenjärven kemiallinen kunnostuksen vaikutus näkyy edelleen sedimentin tilan parantumisenä. Helppoliukoisien fosforin määrän pieneminen vuonna 2019 lienee ensisijaisesti seurausta vuosien 2018 ja 2019 runsaasta kasvillisuuden määrän lisääntymisestä. Järvestä mitatut alumiinipitoisuudet ovat olleet n. 20–30 $\mu\text{g/l}$ loppuvuodesta 2018 alkaen, eikä kunnostuksen yhteydessä järveen lisätyllä alumiinilla vaikuttaisi enää olevan merkitystä helppoliukoisien fosforin pitoisuuden pienemiseen.

Uposkasvillisuus näytti jäättömän talven 2019-20 jälkeen taantuneen, mutta loppukesää kohden varsinkin vesiruttokasvillisuus on jälleen runsastunut. Fosforin kokonaismäärä näyttäisi pienentyneen merkittävästi, mutta pieneminen saattaa olla myös seurausta tuulen aiheuttamasta sedimenttikerroksien sekoittumisesta. Vuoden 2019 sedimenttitutkimusten tulosten perusteella Littoistenjärven positiivinen kehitys kunnostuksen jälkeen on jatkunut.

Alumiiniin sitoutuneen fosforin osuus oli merkittävä kaikissa tutkituissa syvyyksissä, vaikka kokonaisuutena pitoisuudet olivatkin alhaisempi kuin vuonna 2018. Al-P on myös Fe-P:tä pysyvämpi esiintymismuoto eikä niin helposti mobilisoituva esim. hapettomissa oloissa.

7 Kirjallisuusviitteet

Glückert, G., Illmer, K., Kankainen, T., Rantala, P., Räsänen, M. Littoistenjärven ympäristön kasvillisuuden kehitys jääkauden jälkeen ja järven luonnollinen happamoituminen. Turun yliopiston maaperägeologian osaston julkaisuja 75. 1992.

Hupfer, M., Gächter, R., Giovanoli, R. Transformation of phosphorus species in settling seston and during early sediment diagenesis. Aquatic Sciences 57/4. 1995.

Pöyry Finland Oy 2018. Littoistenjärven hoitokunta. Littoistenjärven sedimenttitutkimus.

Varjo E. Littoistenjärven sedimenttitutkimus. Turun yliopisto, Maantieteen ja Geologian laitos, Geologian osasto – maaperägeologia. 2012.

Liite 1. Sedimentinäytteiden analyysitulokset

Core	Interval	H2O	Org%	Extraction	Porewater/loosly		NaOHrp	NaOHtp	NaOHtp-	HCl	Sum P	Sediment	TP-
				step	DDI	BD			NaOHrp		fractions	digested P	TPfractions
				P fraction	bound	Fe-P	Al-P	Tot P	organic P	Ca-P	TPfractions	TPsed	Residual P
	(cm)	(%)	(%)		(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)
A	0-2	93.3	25.5		0.007	0.38	0.77	1.44	0.67	0.22	2.0	2.5	0.50
	2-4	92.1	23.6		0.006	0.30	0.66	1.21	0.54	0.16	1.7	2.1	0.38
	4-6	91.2	23.5		0.006	0.34	0.56	1.14	0.58	0.16	1.6	1.9	0.24
	6-8	90.4	22.7		0.003	0.22	0.53	1.07	0.54	0.15	1.4	1.5	0.04
	8-10	89.8	22.7		0.005	0.31	0.60	1.09	0.50	0.16	1.6	1.6	0.01
	10-15	89.0	22.5		0.011	0.13	0.69	1.68	0.99	0.13	1.9	2.0	0.01
	15-20	86.9	22.0		0.009	0.28	0.40	0.78	0.37	0.14	1.2	1.2	0.02
	25-30	89.2	36.0		0.007	0.27	0.57	1.09	0.52	0.19	1.6	1.6	0.09
B	0-2	92.7	22.3		0.004	0.30	0.41	0.95	0.54	0.13	1.4	1.6	0.20
	2-4	90.2	21.5		0.003	0.20	0.43	0.89	0.45	0.17	1.3	1.4	0.19
	4-6	89.7	21.1		0.004	0.18	0.45	0.93	0.48	0.16	1.3	1.4	0.09
	6-8	88.2	21.4		0.003	0.19	0.46	0.91	0.45	0.12	1.2	1.5	0.24
	8-10	87.7	21.0		0.006	0.20	0.45	0.95	0.49	0.16	1.3	1.6	0.27
	10-15	86.8	20.5		0.005	0.16	0.40	1.02	0.62	0.16	1.3	1.9	0.55
	15-20	86.7	27.8		0.005	0.08	0.34	1.16	0.82	0.10	1.3	1.3	0.00
	25-30	89.6	42.4		0.024	0.12	1.25	2.11	0.86	0.13	2.4	2.4	0.06
C	0-2	94.0	25.9		0.004	0.30	0.53	1.28	0.74	0.25	1.8	2.0	0.16
	2-4	91.6	23.5		0.003	0.16	0.48	1.02	0.55	0.18	1.4	1.5	0.18
	4-6	90.5	23.3		0.003	0.12	0.40	0.95	0.55	0.16	1.2	1.3	0.05
	6-8	89.1	23.3		0.001	0.10	0.32	0.80	0.48	0.18	1.1	1.2	0.09
	8-10	88.4	22.6		0.003	0.10	0.34	0.79	0.46	0.17	1.1	1.1	0.07
	10-15	87.3	23.8		0.003	0.07	0.18	0.77	0.59	0.16	1.0	1.0	0.03
	15-20	85.7	21.6		0.012	0.02	0.29	1.35	1.07	0.13	1.5	1.5	0.03
	25-30	71.5	11.4		0.004	0.01	0.06	0.12	0.07	0.36	0.5	0.5	0.00
D	0-2	94.6	22.4		0.008	0.29	0.65	1.42	0.77	0.18	1.9	2.1	0.20
	2-4	92.0	22.3		0.004	0.28	0.65	1.41	0.76	0.17	1.9	2.0	0.16
	4-6	87.4	41.6		0.001	0.17	0.39	0.84	0.45	0.10	1.1	1.2	0.07
	6-8	89.6	22.0		0.003	0.29	0.63	1.20	0.57	0.15	1.6	1.9	0.24
	8-10	88.5	21.4		0.003	0.32	0.64	1.12	0.48	0.14	1.6	2.8	1.26
	10-15	90.9	43.3		0.006	0.36	0.72	1.44	0.72	0.19	2.0	2.3	0.25
	15-20	86.3	11.0		0.002	0.14	0.45	1.11	0.66	0.15	1.4	1.5	0.07
	25-30	86.8	20.9		0.009	0.08	0.85	1.63	0.78	0.13	1.8	1.9	0.09
E	0-2	95.5	31.0		0.009	0.58	0.91	1.82	0.91	0.21	2.6	2.8	0.16
	2-4	94.3	30.6		0.005	0.40	0.81	1.64	0.83	0.20	2.2	2.7	0.44
	4-6	92.8	23.5		0.003	0.24	0.67	1.24	0.56	0.21	1.7	2.0	0.34

				Extraction step					NaOHtp- NaOHrp	HCl	Sum P fractions	Sediment digested P	TP- TPfractions
					DDI	BD	NaOHrp	NaOHtp					
					Porewater/loosly								
Core	Interval	H2O	Org%	P fraction	bound	Fe-P	Al-P	Tot P	organic P	Ca-P	TPfractions	TPsed	Residual P
					(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/g)
F	6-8	90.6	22.7		0.004	0.22	0.74	1.02	0.28	0.19	1.4	1.7	0.22
	8-10	89.4	22.4		0.003	0.22	0.52	1.04	0.51	0.22	1.5	2.3	0.83
	10-15	88.7	22.6		0.003	0.21	0.45	0.93	0.49	0.18	1.3	1.7	0.39
	15-20	86.6	21.6		0.005	0.16	0.47	0.92	0.45	0.17	1.3	1.3	0.02
	25-30	84.8	22.3		0.022	0.12	0.88	2.10	1.22	0.16	2.4	2.5	0.15
	0-2	92.8	23.6		0.005	0.22	0.54	0.81	0.27	0.20	1.2	1.4	0.21
	2-4	91.1	23.5		0.008	0.25	0.57	1.22	0.65	0.20	1.7	2.1	0.38
	4-6	90.5	23.2		0.001	0.20	0.53	1.02	0.49	0.20	1.4	1.6	0.18
	6-8	89.6	22.9		0.006	0.20	0.53	0.99	0.46	0.21	1.4	1.6	0.18
	8-10	89.0	23.1		0.005	0.23	0.49	0.95	0.46	0.21	1.4	1.9	0.52
	10-15	88.2	22.9		0.005	0.20	0.47	0.85	0.38	0.20	1.3	1.4	0.17
	15-20	88.2	28.8		0.006	0.12	0.55	1.17	0.62	0.19	1.5	1.5	0.00
	25-30	90.0	42.9		0.026	0.09	1.51	2.69	1.18	0.24	3.0	3.0	-0.01

Liite 2 Tilastollinen tarkastelu

Käytetty ohjelmisto IBM SPSS versio 26

Mann-Whitneyn U-testi

Ca_P across Year

Hypothesis Test Summary

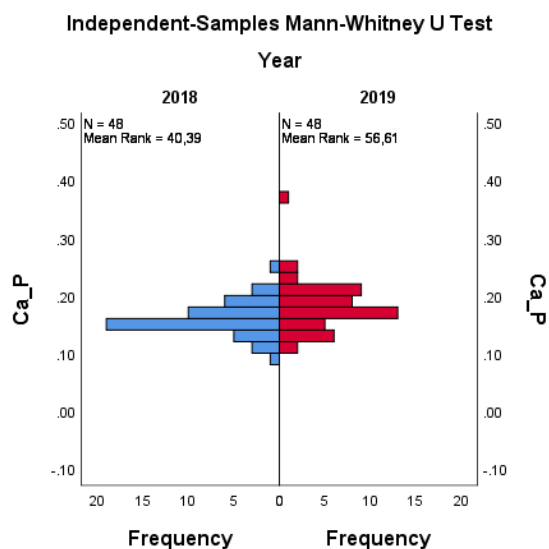
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Ca_P is the same across categories of Year.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,004	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,050.

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Summary

Total N	96
Mann-Whitney U	1541,500
Wilcoxon W	2717,500
Test Statistic	1541,500
Standard Error	135,615
Standardized Test Statistic	2,872
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,004



Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Porewater is the same across categories of Year.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of Fe_P is the same across categories of Year.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,005	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of Al_P is the same across categories of Year.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,001	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of Tot_P is the same across categories of Year.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of Org_P is the same across categories of Year.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.
6	The distribution of P_tots is the same across categories of Year.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of Res_P is the same across categories of Year.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,758	Retain the null hypothesis.

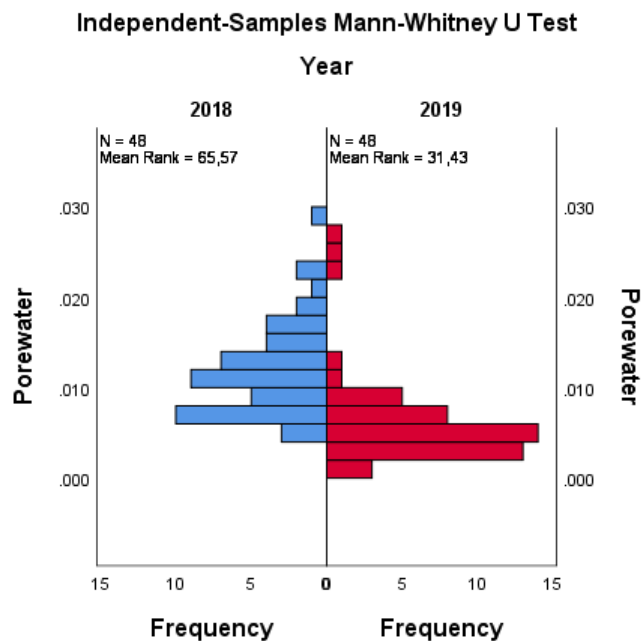
Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,050.

Porewater across Year

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Summary

Total N	96
Mann-Whitney U	332,500
Wilcoxon W	1508,500
Test Statistic	332,500
Standard Error	136,054
Standardized Test Statistic	-6,023
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000



Fe_P across Year

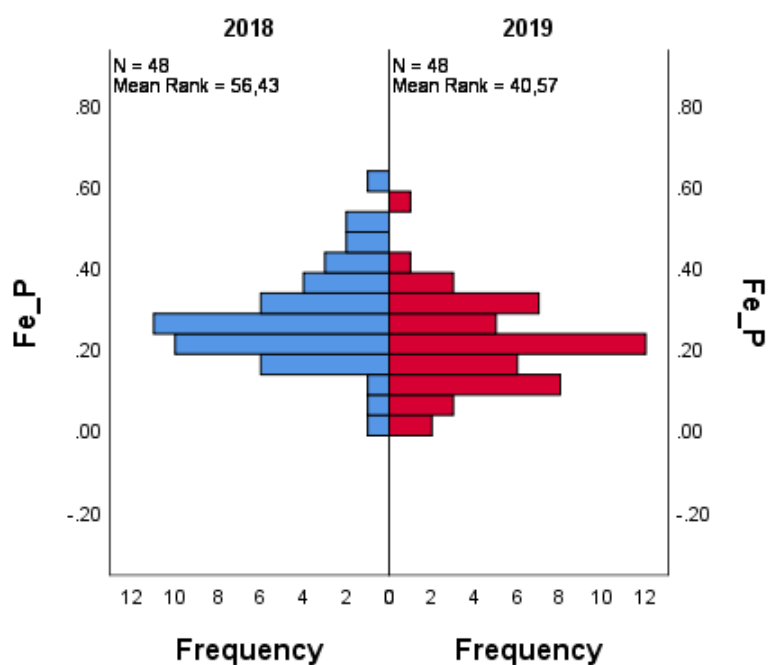
Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Summary

Total N	96
Mann-Whitney U	771,500
Wilcoxon W	1947,500
Test Statistic	771,500
Standard Error	136,313
Standardized Test Statistic	-2,791
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,005

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Year



Al_P across Year

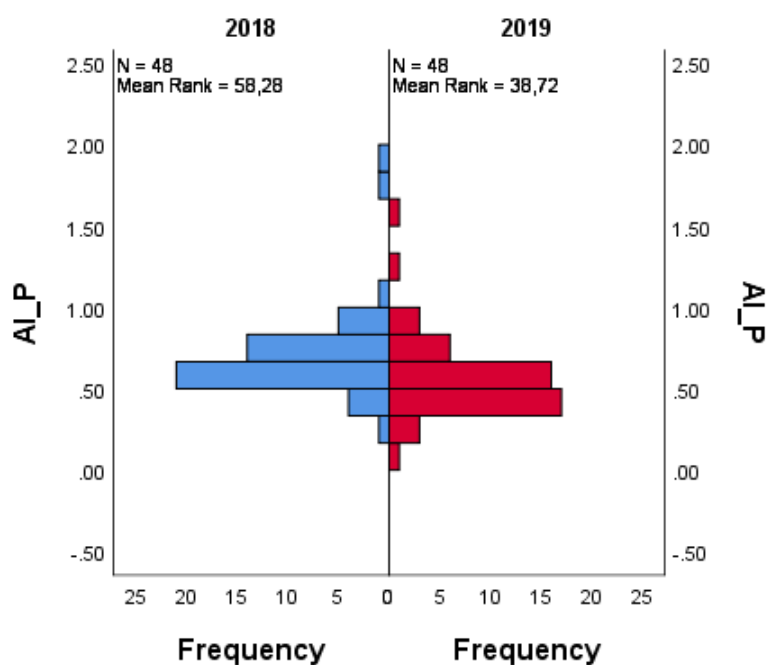
Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Summary

Total N	96
Mann-Whitney U	682,500
Wilcoxon W	1858,500
Test Statistic	682,500
Standard Error	136,409
Standardized Test Statistic	-3,442
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,001

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Year



Tot_P across Year

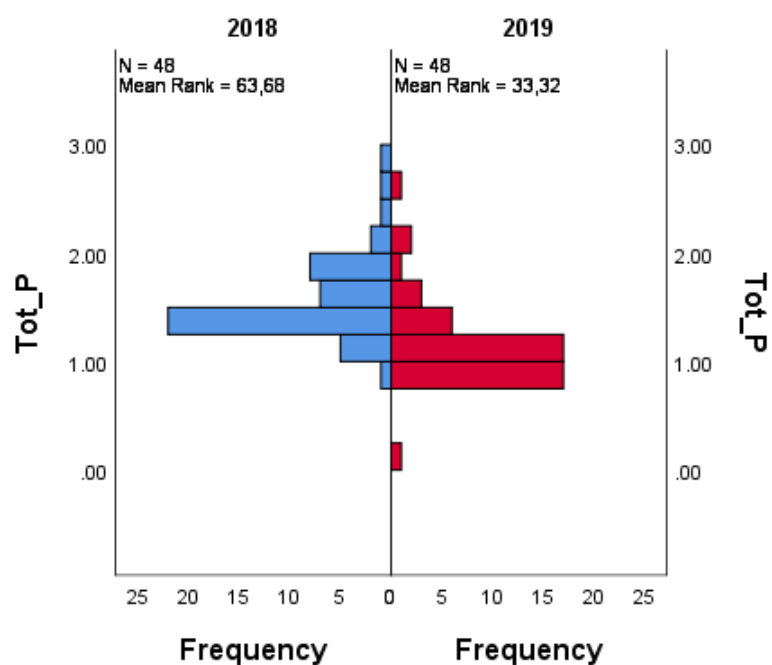
Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Summary

Total N	96
Mann-Whitney U	423,500
Wilcoxon W	1599,500
Test Statistic	423,500
Standard Error	136,437
Standardized Test Statistic	-5,339
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Year



Org_P across Year

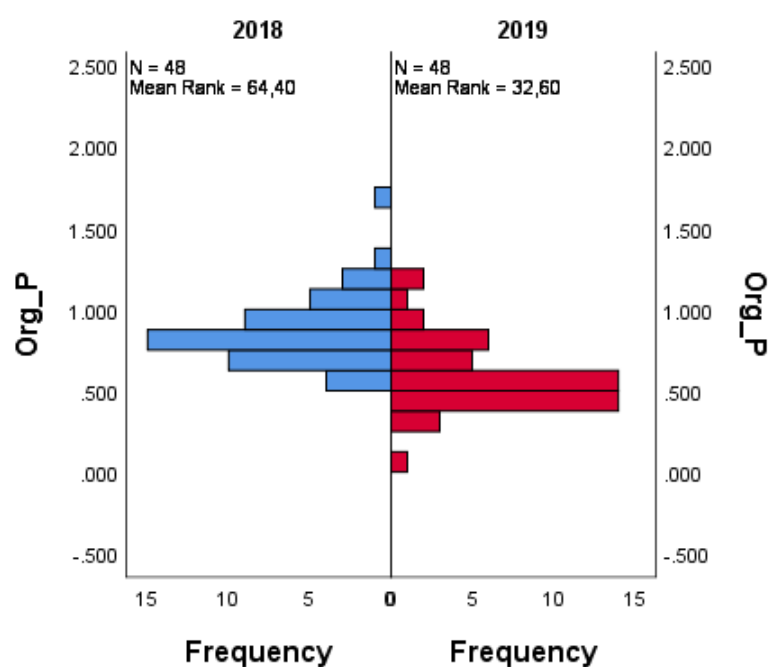
Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Summary

Total N	96
Mann-Whitney U	389,000
Wilcoxon W	1565,000
Test Statistic	389,000
Standard Error	136,438
Standardized Test Statistic	-5,592
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Year



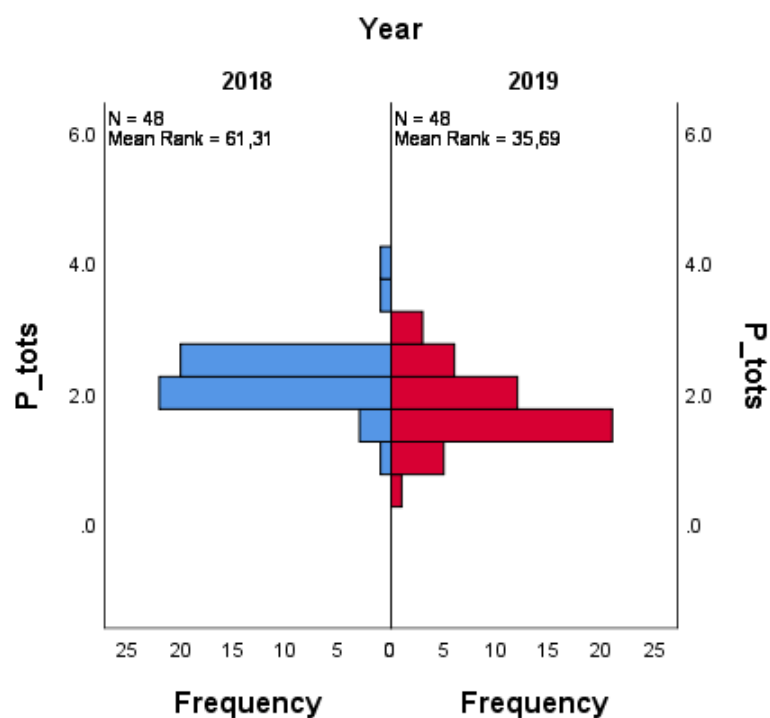
P_tots across Year

Independent-Samples Mann-Whitney U Test

Summary

Total N	96
Mann-Whitney U	537,000
Wilcoxon W	1713,000
Test Statistic	537,000
Standard Error	136,057
Standardized Test Statistic	-4,520
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,000

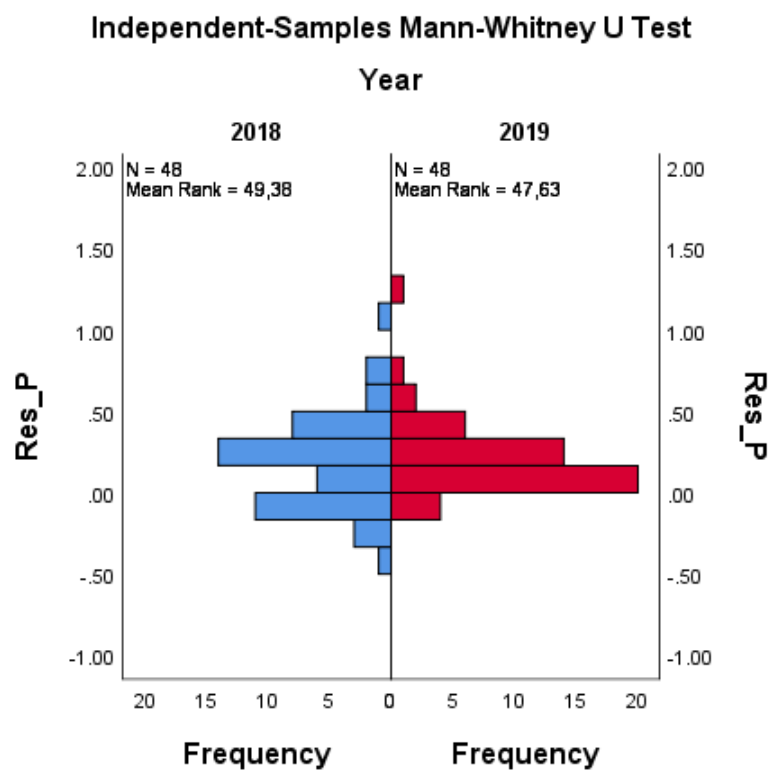
Independent-Samples Mann-Whitney U Test



Res_P across Year

Independent-Samples Mann-Whitney U Test Summary

Total N	96
Mann-Whitney U	1110,000
Wilcoxon W	2286,000
Test Statistic	1110,000
Standard Error	136,239
Standardized Test Statistic	-,308
Asymptotic Sig.(2-sided test)	,758



LIITE 2

Littoistenjärven ekologinen tila 2020, Jouko Sarvalan esitys LITSAISTUS-hankkeen ohjausryhmän kokouksessa 23.11.2020

Littoistenjärven ekologinen tila 2020

Jouko Sarvala

Litsaistus-projektin ohjausryhmä 23.11.2020



Kuva Jouko Sarvala 10.11.2020



7.1.2020



25.2.2020



29.2.2020

Talvella 2020 Littoisten-järvi jäätyi ja sulii useita kertoja. Pisimmillään jäätä oli runsaan viikon.

Kuvat Jouko Sarvala



30.3.2020

Kokoukseen 23.11. mennessä vuoden 2020 seurantatuloksista oli käytettävissä vedenlaatutiedot sekä uposkasvitutkimuksen ja koekalastusten tulokset. Näiden perusteella saa jo melko hyvän yleiskuvan järven tilasta. Kasvi- ja eläinplanktontiedot tulevat myöhemmin. Vuoden 2020 lisäksi tässä tarkastellaan myös järven kehitystä hiukan pitemmällä jaksolla.



Kalansyöjälinnuista silkkiuikku on runsas Littoistenjärvellä – kuvassa nuori lintu. Isokoskelokin pesii järvellä, mutta on enemmän syysvieras. Yksittäisiä merimetsojakin on nähty.



*Kuvat Jouko Sarvala
26.3.2020*



13.3.2020



27.3.2020

*Kyhmy-
joutsenia
pesii
muutama
pari, telkkä
on
tyyppilajeja.
Joskus voi
tavata
vaikka liron
rannalla.*



26.5.2020



20.4.2020



27.3.2020



22.5.2020

Syksyllä 2020 Littoistenjärvellä oleskeli pitkään suuria määriä kanadanhanhia, enimmillään noin 600. Joutsenia ja kyhmyjoutsenia oli myös kymmeniä. Nokikanoja oli satoja. Etenkin hanhien ruokailu varmasti vähensi vesiruton määrää.

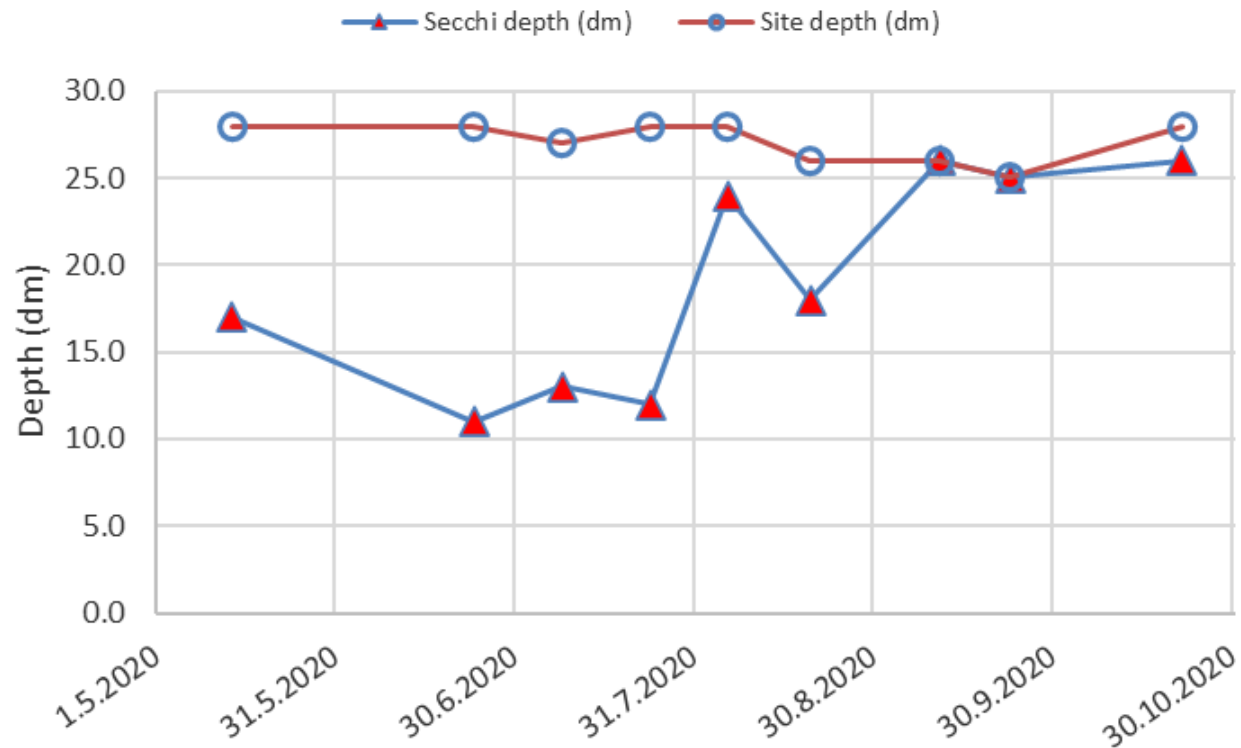
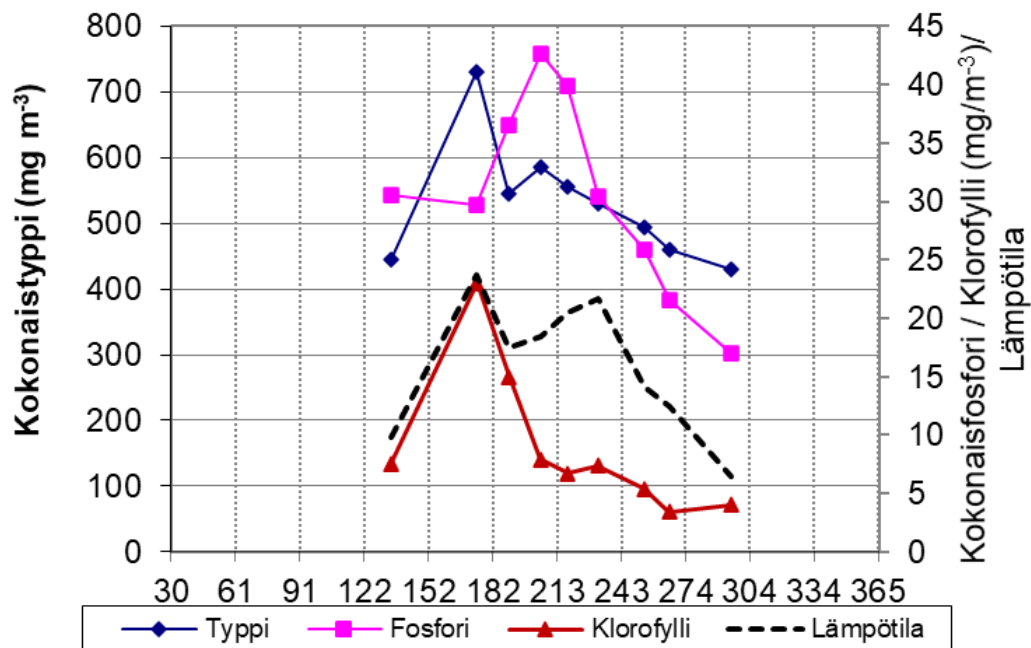
Kalansyöjälintuja oli sen sijaan selvästi vähemmän kuin sameavetisellä kaudella, jolloin isokoskeloiden määrä lähestyi tuhatta lintua. Nyt niitä oli enintään 50-60 lintua.



Veden laatu vuonna 2020

Talvella 2019-2020 Littoistenjärvi ei jäänyt pysyvästi. Toukokuussa fosfori- ja typpiarvot olivat hiukan korkeampia kuin 2019 (kokonaisfosfori 30 µg/L, kokonaistyppi 425 µg/L). Kesäkuun helteet synnyttivät leväkukinnan, joka nosti klorofylli- ja typpiarvoja; fosforihuippu 43 µg/l tuli vasta heinäkuussa. Siitä fosforitaso laski ainakin lokakuun loppuun asti (alin arvo 17 µg/l). Typpi- ja klorofylliarvot lähtivät laskuun jo kesä-heinäkuun vaihteessa. Näkösyvyys oli keväällä 1.6 m, ja kesä-heinäkuussa 1.1-1.2 m, jonka jälkeen vesi kirkastui. Syys-lokakuussa näkyvyyttä oli pohjaan saakka eli vähintään 2.5 metriä. Littoistenjärven ekosysteemi osoitti hyvää puskurikykyä, Vaikka kesäkuun helteet näkyivät veden laadussa, hyvälle tasolle palattiin jo heinäkuussa, eikä lämmin elokuu muuttanut kehitystä.

Fosfori, typpi ja klorofylli Littoistenjärvessä 2020



Littoistenjärven vedenlaadun havainnollistamisharjoituksia: otetaan mukaan kolme vuotta ennen ja neljä vuotta jälkeen kemikaalikäsittelyn

Kokonaisfosfori 2014-2020

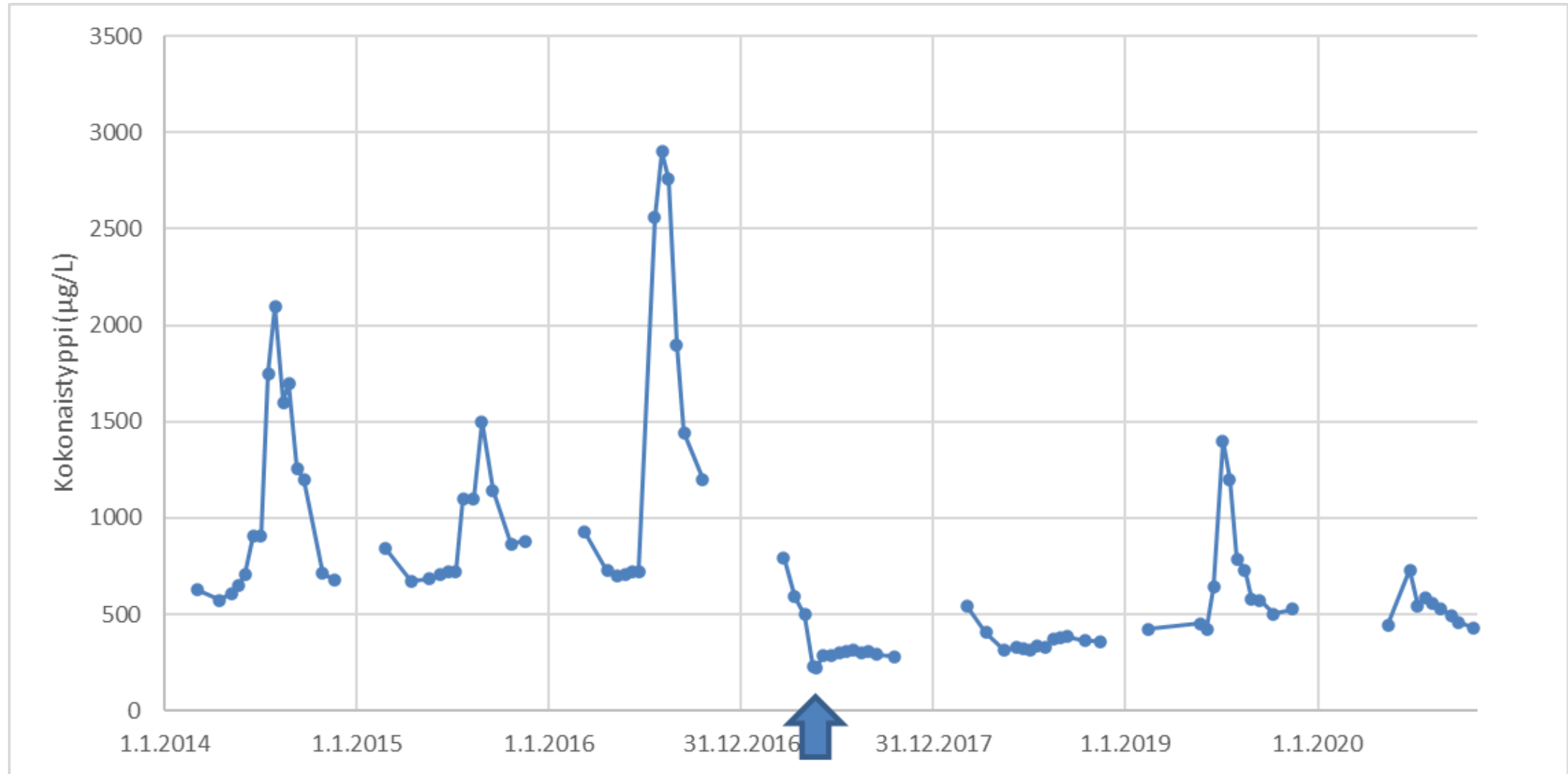
Katkoviivalla osoitettu virkistyskäytön kannalta hyvän vedenlaadun raja, paksu pystynuoli: kemikaalikäsittely



Littoistenjärven vedenlaatu 2014-2020

Kokonaistyyppi seuraa fosforitasoa

Paksu pystynuoli: kemikaalikäsittely



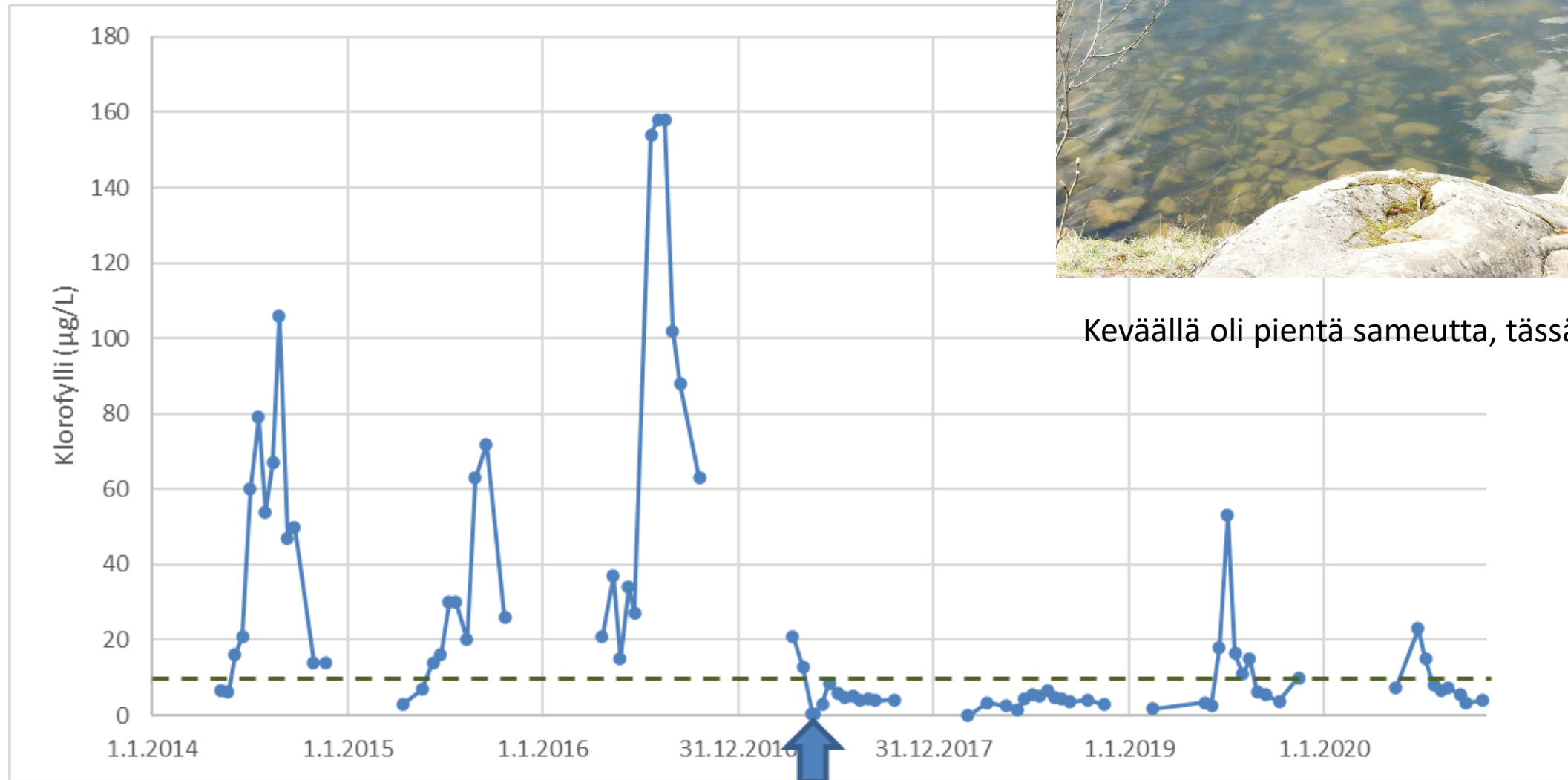
Littoistenjärven vedenlaatu 2014-2020: klorofylli, seuraa myös fosforitasoa

Katkoviiva: virkistyskäytön kannalta hyvän vedenlaadun raja

Paksu pystynuoli: kemikaalikäsittely



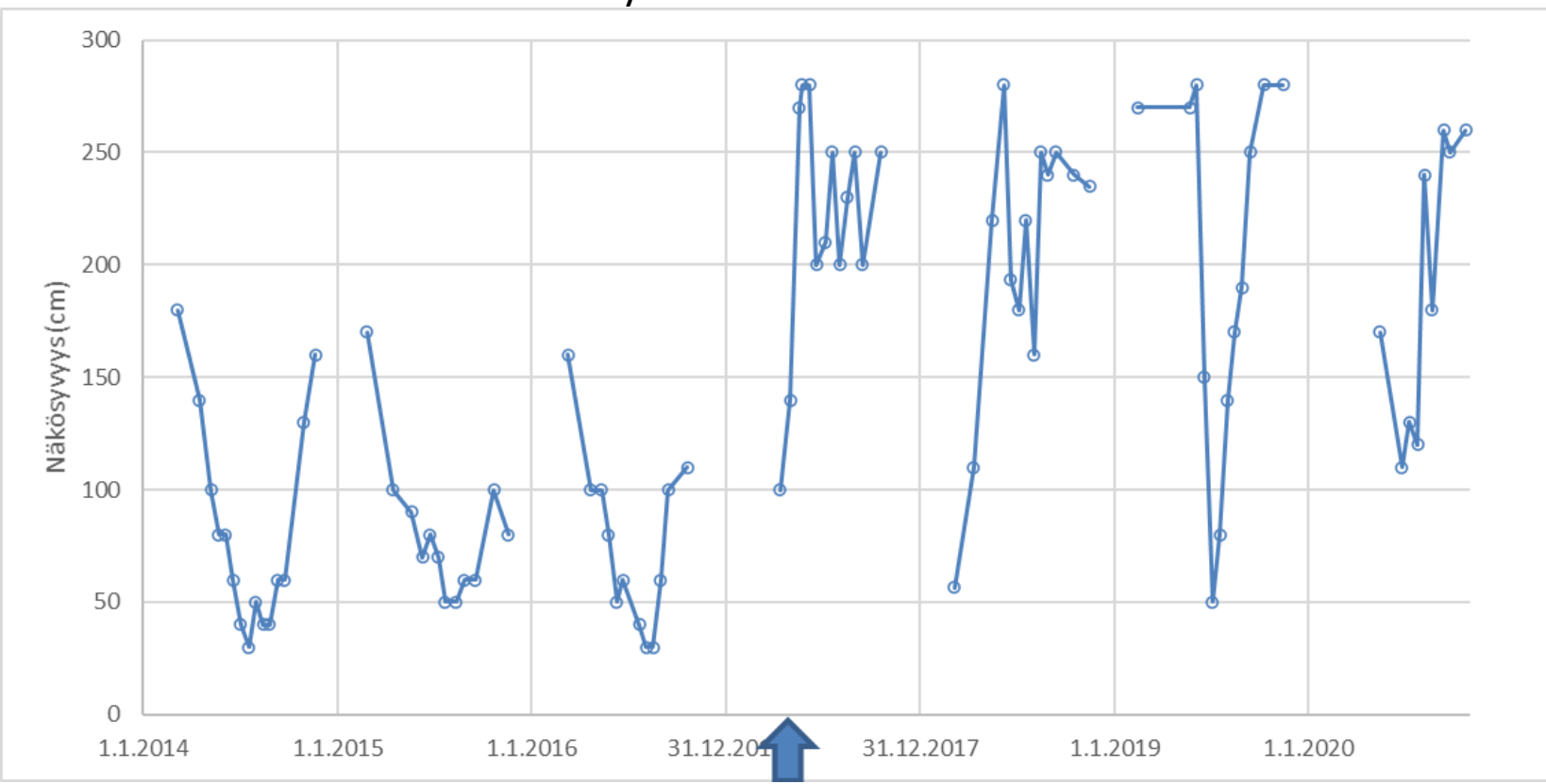
Keväällä oli pientä sameutta, tässä 4.5.2020



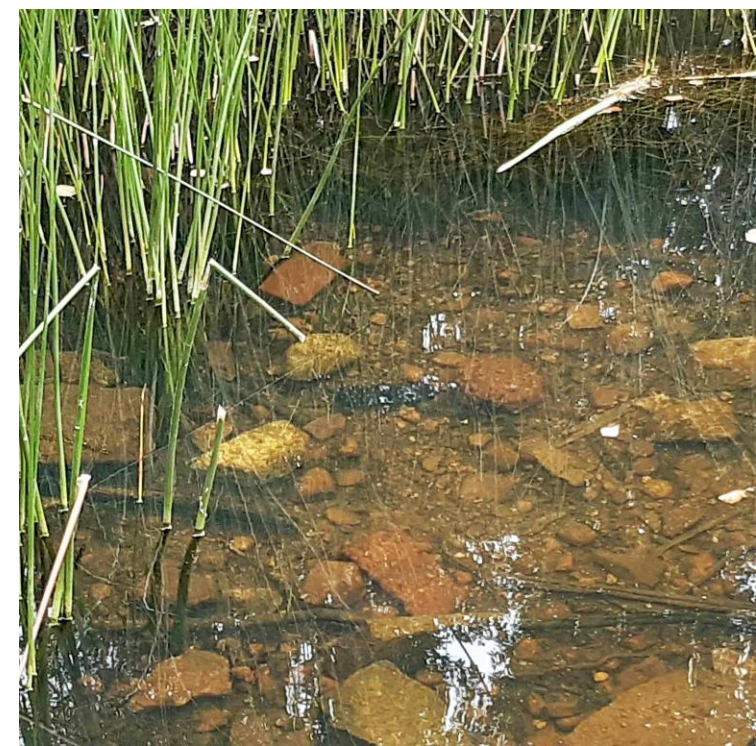


Littoistenjärven vedenlaatu 2014-2020
 Näkösyvyys seuraa klorofyllitasoa, mutta tuuli myös vaikuttaa.
 2018 talvella oli yllättävää sameutta jään alla.
 Paksu pystynuoli: kemikaalikäsittely

4.5.2017 – viikko ennen käsittelyä

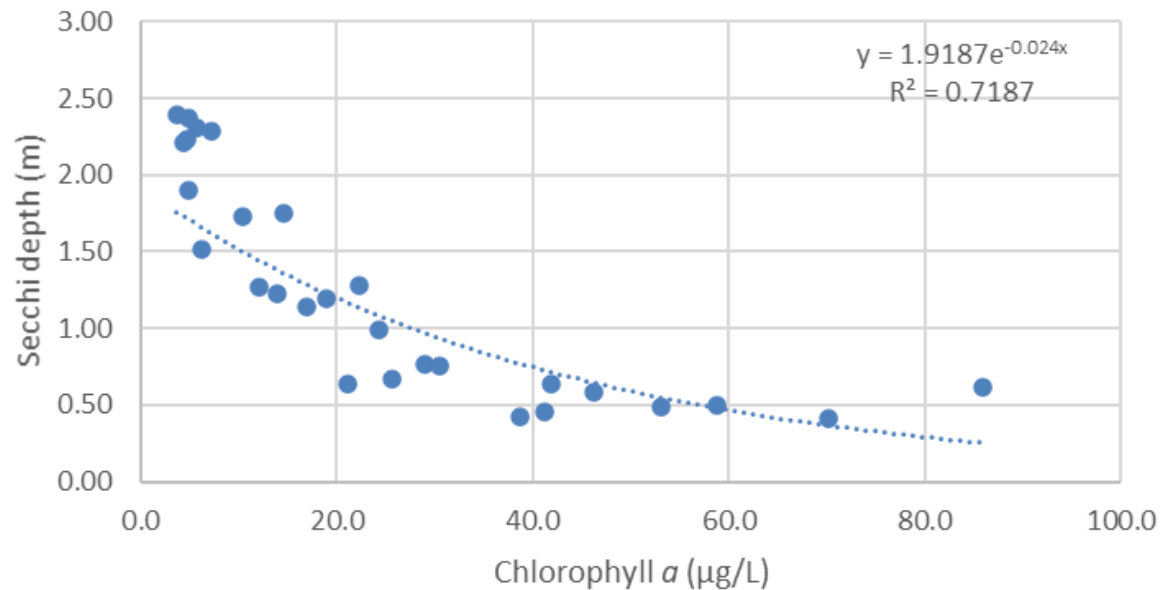


3.9.2020 – sama paikka neljä
 kesää käsittelystä

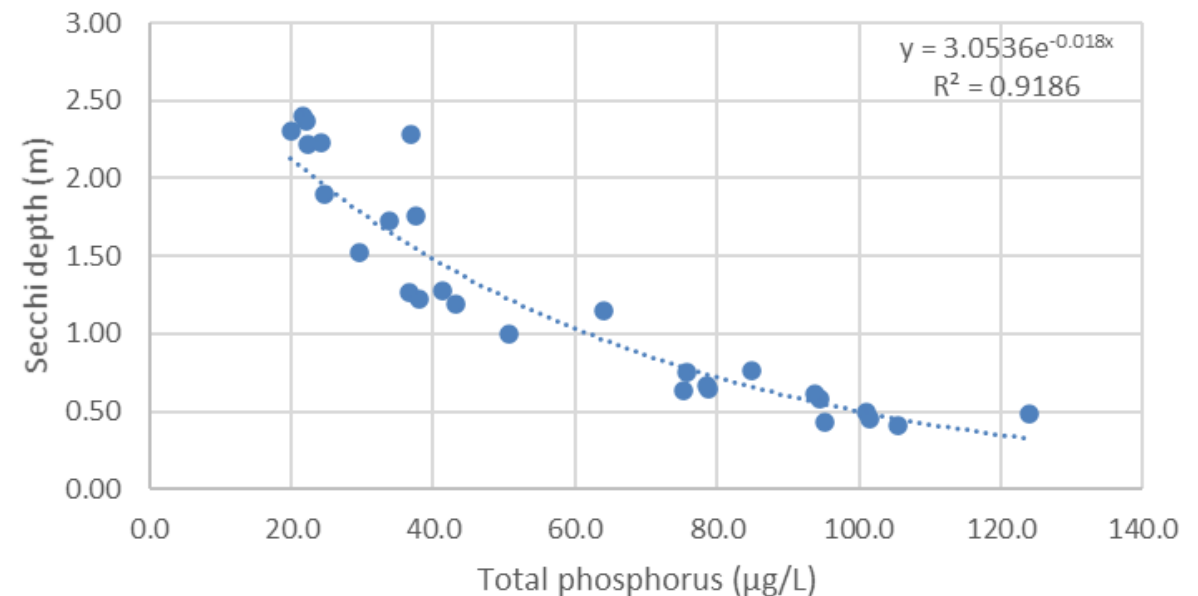


Etenkin luonnostaan kirkkaissa vesissä näkösyvyyttä säätelee kasviplanktonin määrä, joka puolestaan riippuu fosforitasosta. Siksi näkösyvyys on ennustettavissa sekä klorofyllin että fosforin määrästä. Mutta näkösyvyyttä heikentää myös voimakkaiden tuulten pohjasta veteen nostama aines. Tämä sisältää myös fosforia, ja siksi näkösyvyys seuraa kokonaisfosforin pitoisuutta vielä tarkemmin kuin klorofylliä.

Littoistenjärvi 1993-2020

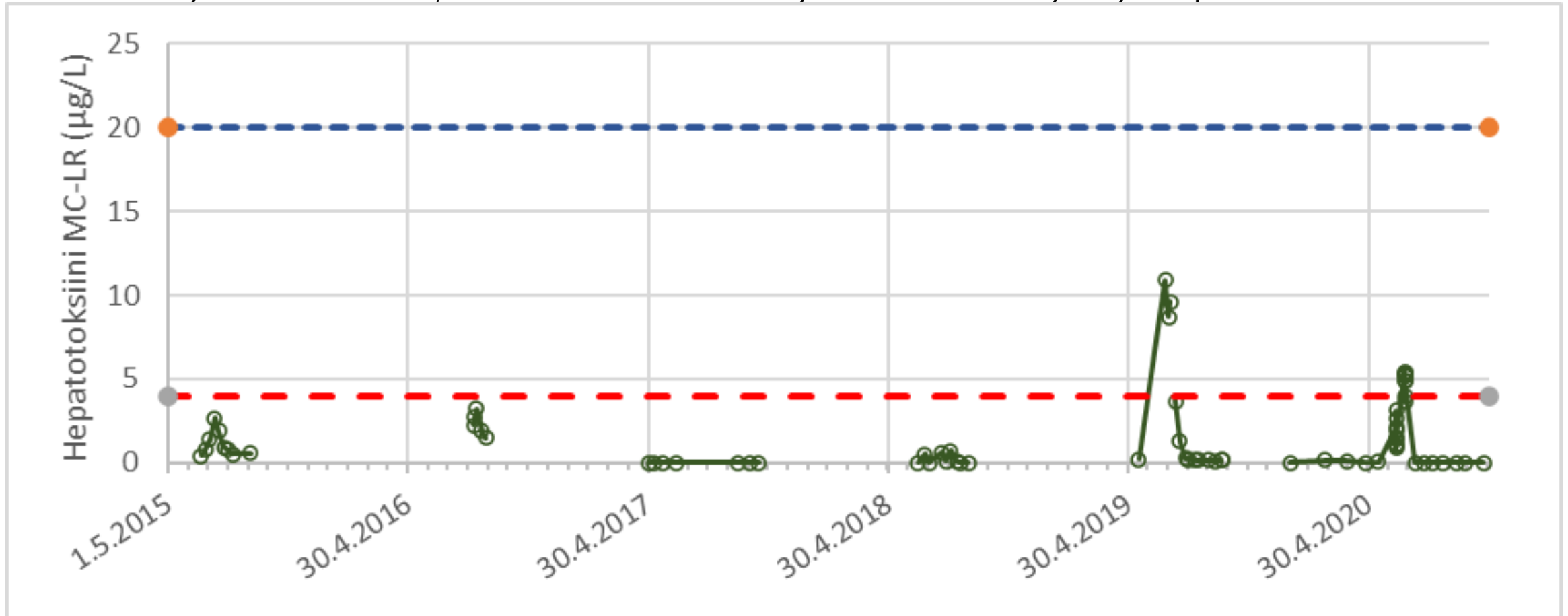


Littoistenjärvi 1993-2020



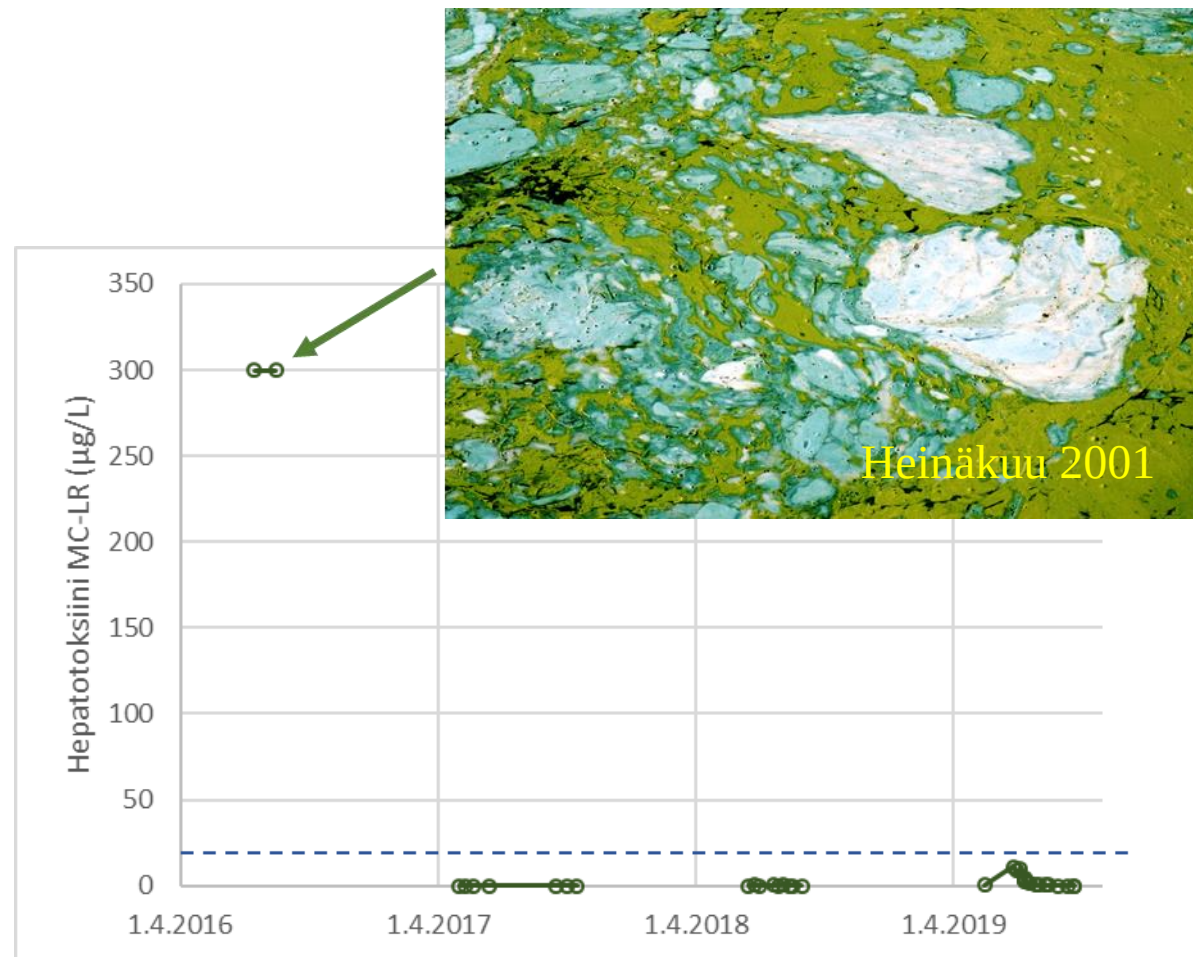
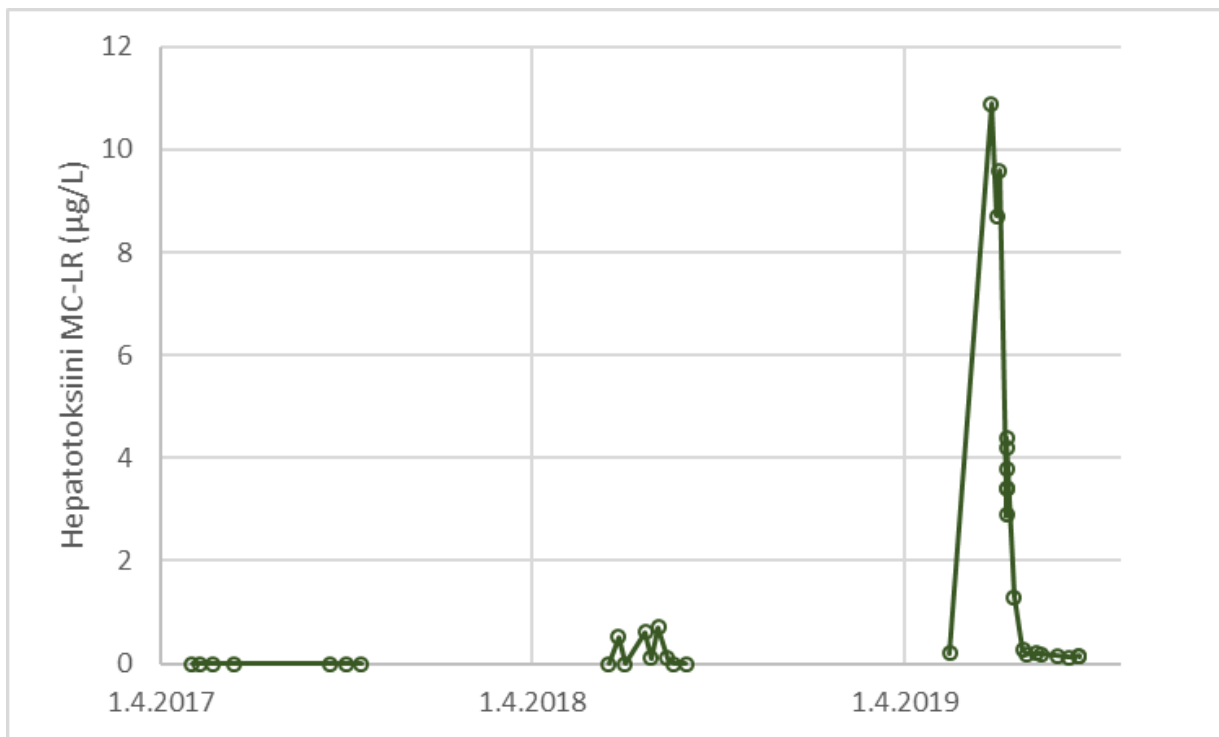
SINILEVÄMYRKYT

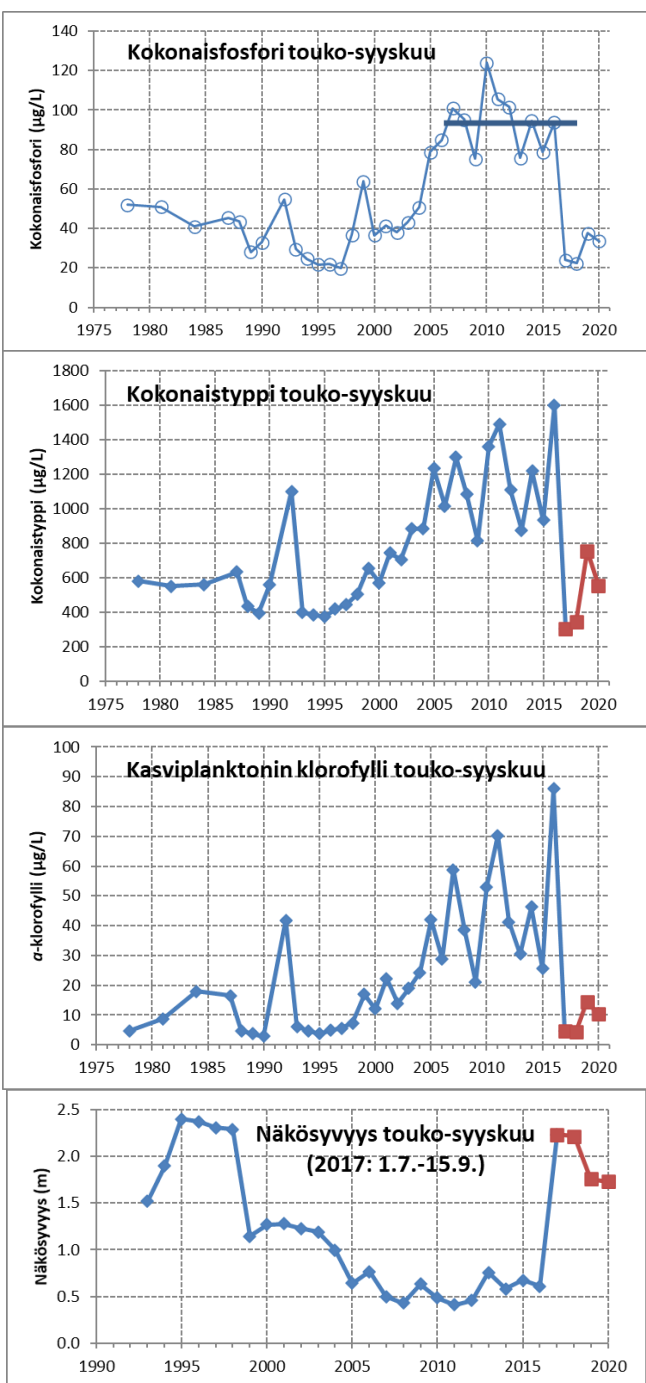
Turun yliopiston biokemistit ovat mitanneet Littoistenjärven vedestä sinilevämyrkyjen (maksatoksiini MC-LR) pitoisuuksia. Vuonna 2017 pitoisuudet alittivat määrittystarkkuuden koko kesän ajan. Vuonna 2018 havaittiin mitattavia mutta alhaisia pitoisuuksia heinä-elokuussa (alle WHO:n juomavesirajan 1 µg/L). Kesän 2019 samealla leväjaksolla pitoisuudet ylittivät juomavesirajan kolmen viikon ajan 26.6.-18.7. Virkistyskäyttöraja Euroopassa on korkeampi, yleensä 4-20 µg/L, joten alin raja olisi ylittynyt viikon ajan 26.6.-4.7. Silti oltiin hyvin kaukana kemikaalikäsittelyä edeltäneestä tasosta. Kesällä 2020 pitoisuudet olivat mitattavia kahdella kesäkuun näytteenotokerralla, korkeimmillaan niukasti yli alimman virkistyskäyttörajan.



SINILEVÄMYRKYT – hiukan perspektiiviä

... kuten näkyy tästä kuvaparista, joka havainnollistaa mittasuhteita. Vasemmalla on äskeinen kuva, jossa on pelkästään vuosien 2017-2019 mittaukset. Ennen kemikaalikäsittelyä pitoisuudet olivat korkeita, jopa 300 µg/L (Markus Vehniäinen, kirjallinen tieto). Oikeanpuoleisessa kuvassa skaala määräytyy näiden kemikaalikäsittelyä edeltäneiden pitoisuuksien mukaan, jolloin 2019 huippulukemat jäävät lähes perusviivalle. Katkoviiva kuvaa 20 µg/L:n virkistyskäyttörajaa.





Littoistenjärven vedenlaadun muutokset koko seurantasarjassa 1978-2020

Kemiallisen käsittelyn jälkeistä tilaa kannattaa vielä verrata veden laadun kehitykseen koko 40-vuotisen seurantajakson aikana; tässä vuosittaiset kesän keskiarvot 1.5. – 15.9.

Uposkasvivaltaisella jaksolla 1980-1990-luvuilla fosforitaso vastasi ulkoisesta kuormituksesta ja veden vaihtuvuudesta laskettuja ennusteita, mutta oli laskusuunnassa. Vesiruton romahdusvuodet erottuvat yksittäisinä korkean ravinnetason vuosina.

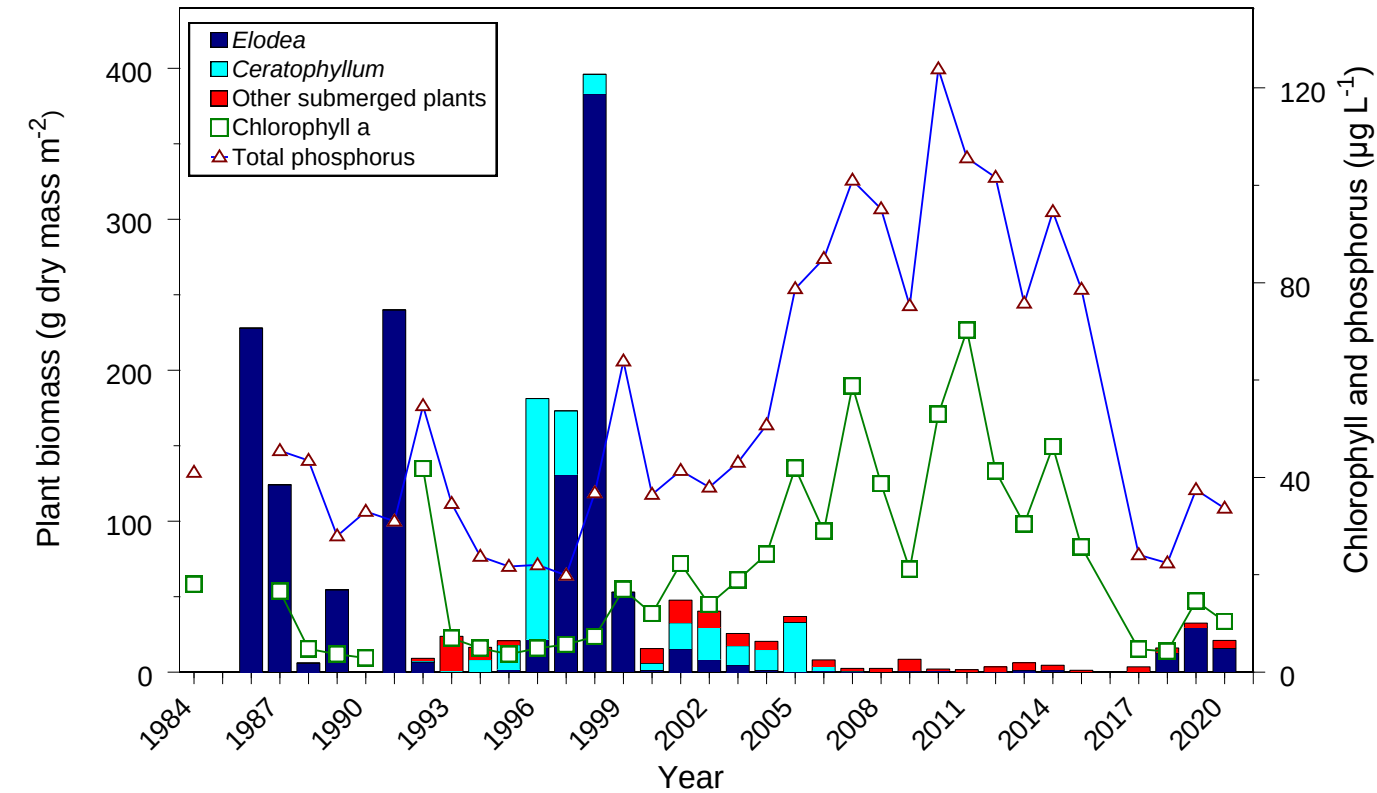
Samealla jaksolla 2005-2016 fosforitaso kolminkertaistui.

Kemiallinen käsittely palautti fosforitason alhaiseksi. Typen ja klorofyllin pitoisuudet ja näkösyvyys seurasivat fosforitason vaihteluita.

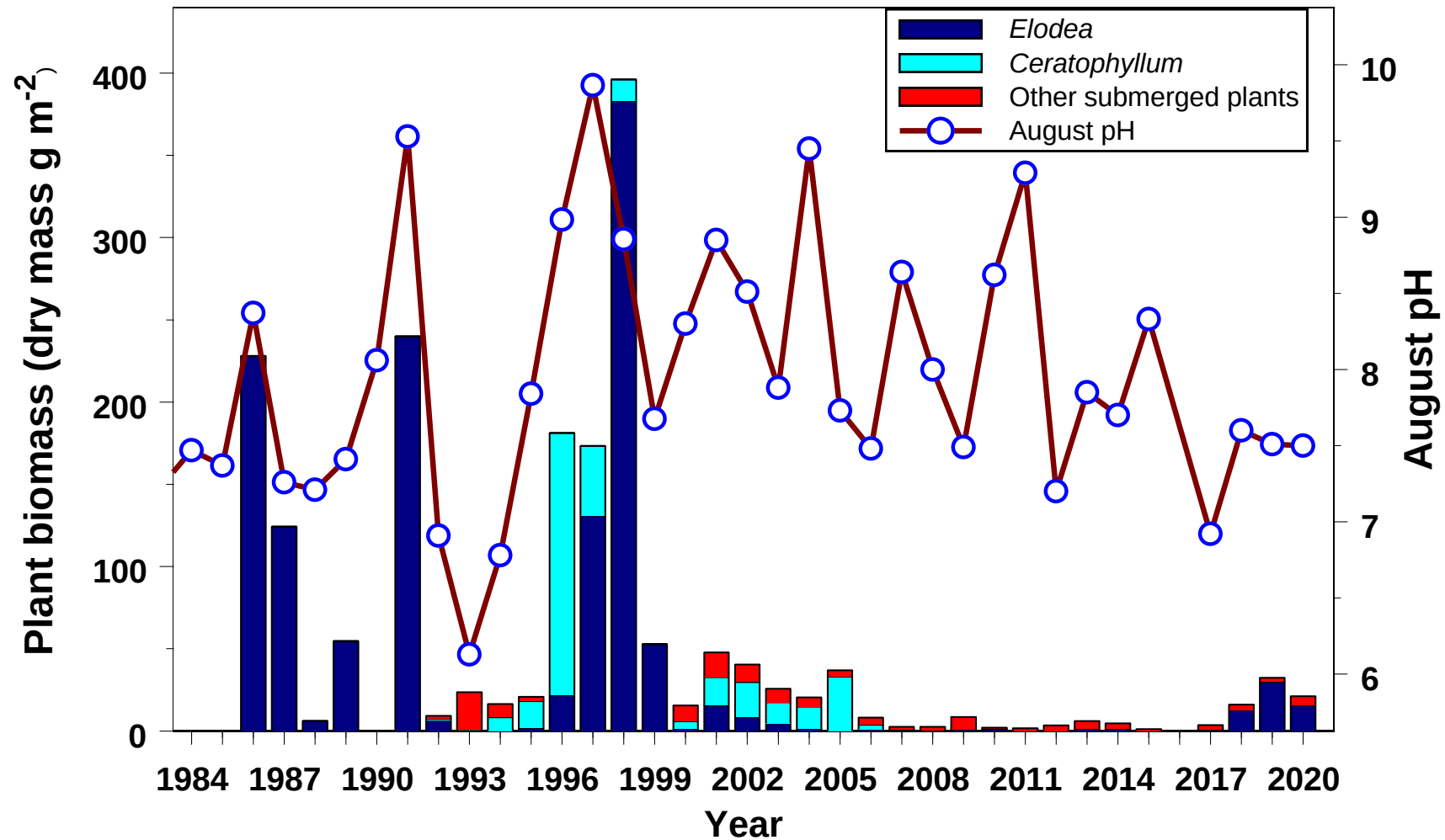
Fosforin saostuksen jälkeen Littoistenjärven tila on nyt pysynyt hyvänä neljän kesän ajan.

UPOSKASVIT

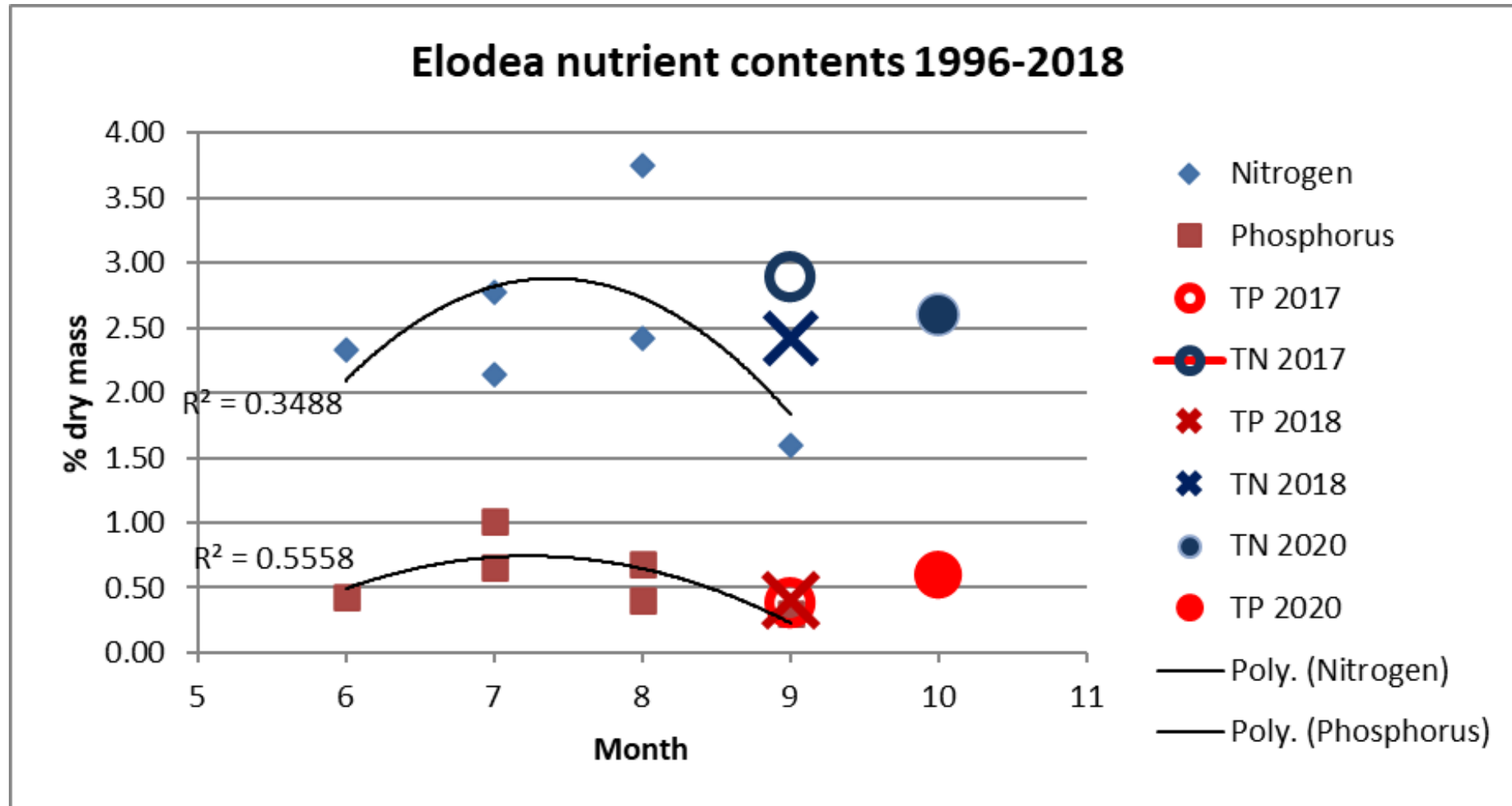
Vesiruton ja muiden haitallisten uposkasvien (ruskoärviä, tylppälehti- ja poimuvita, hapsiluikka) runsastuminen on ollut ehkä suurin uhka Littoistenjärven kunnostukselle. Vesirutto runsastuikin odotetusti vuonna 2019, erityisesti rantavyöhykkeessä. Koko järven keskiarvona vesiruttoa oli kuitenkin vain 30 g kuivamassaa per neliömetri, kun huippuvuosina sitä oli 200-400 g/m². 1990-luvun kokemusten mukaan vesiruton määrä voisi tältä lähtötasolta kasvaa massaesiintymäksi 2-4 kesässä. Jäätön talvi 2020 ehkä jarrutti vesiruton runsastumista. Joka tapauksessa syksyllä 2020 vesiruttoa oli vähemmän kuin 2019, etenkin rantavyöhykkeessä.



Koska uposkasvien biomassa jäi alhaiseksi, eikä loppukesällä ollut syanobakteerikukintoja, myös elokuun pH oli melko alhainen.



Vesiruton ravinnepitoisuudet olivat syksyn 2020 koeniitoissa hiukan korkeampia kuin aikaisemmin samana vuodenaikana.

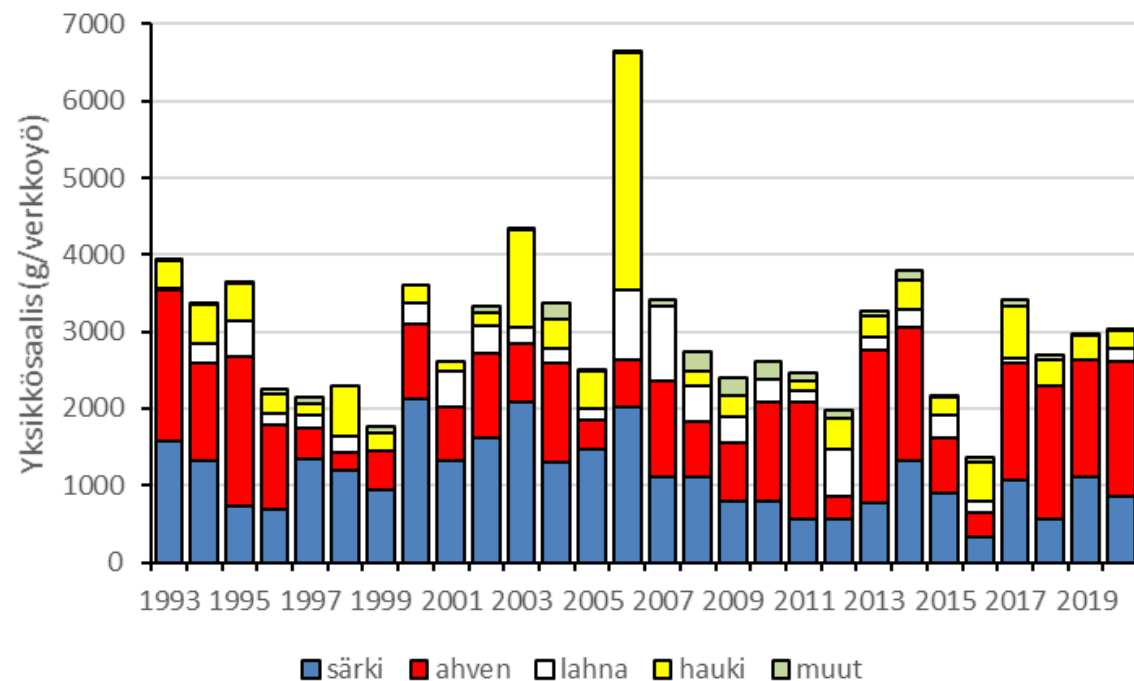
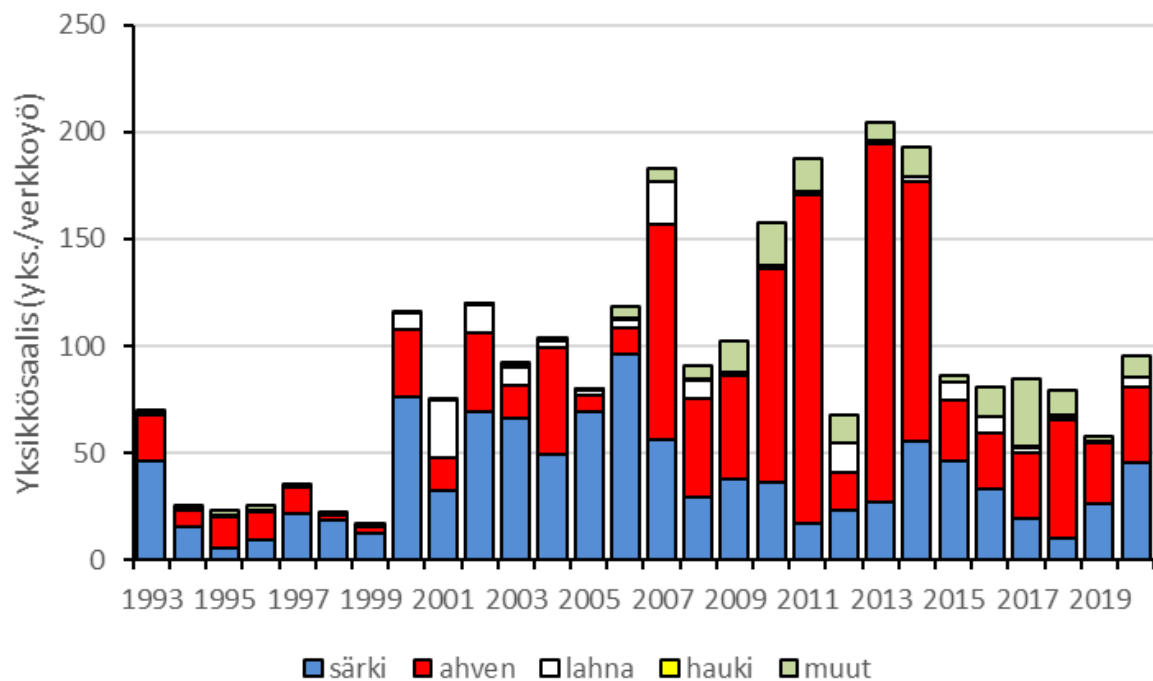


KOEKALASTUSTULOKSET

Koeverkotusten mukaan Littoistenjärven kalasto oli kesällä 2020 yhä runsas, joskin kalojen lukumäärä näyttää vakiintuneen selvästi alemmalle tasolle kuin ennen kemikaalikäsittelyä.

Pikkukalojen lukumäärä nousi hiukan, mutta edelleen oltiin samalla tasolla kuin vuosina 2015 ja 2016 ennen kemikaalikäsittelyä. Ahven ja särki olivat runsaimmat lajit.

Ahven ja särki vallitsivat myös biomassassa, lahnaa tuli vähän. Allikkosalakkaa oli vähän enemmän kuin 2019 mutta selvästi vähemmän kuin 2018. Kiiskiä oli taas saaliissa.

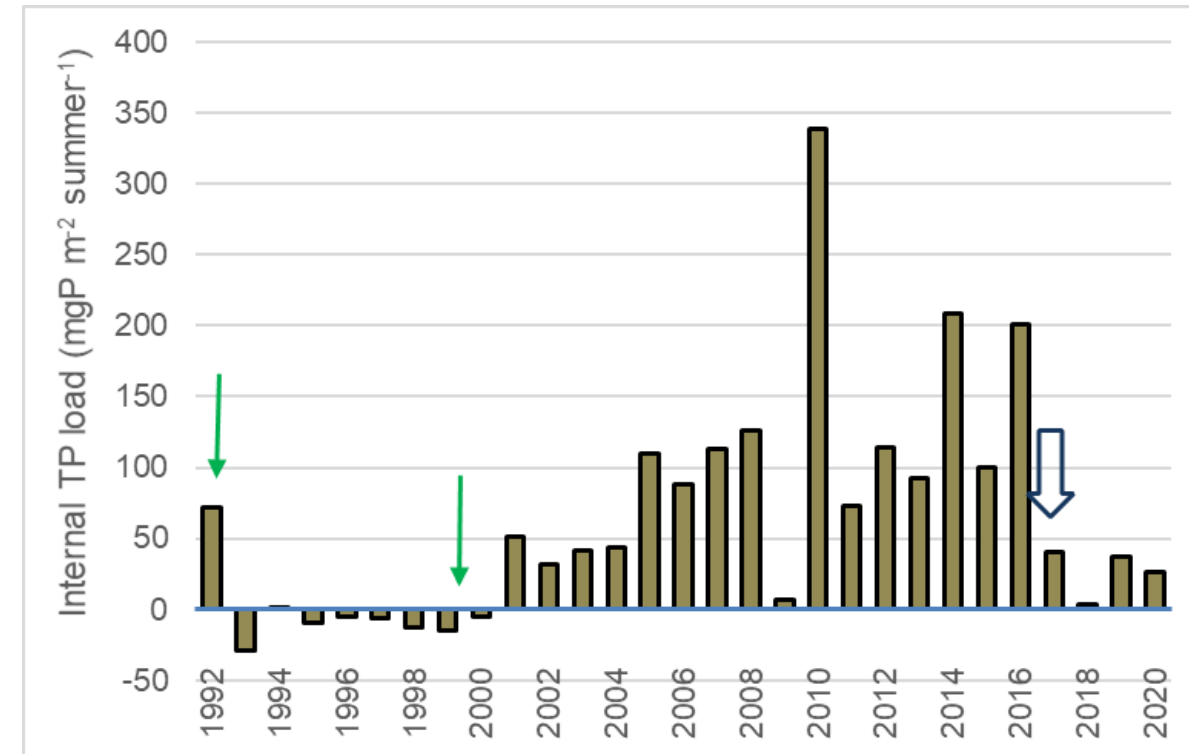


Ulkoinen ja sisäinen kuormitus

Seurantatulosten mukaan Littoistenjärvessä kasviplanktonin levien määrä riippuu pääosin fosforin saatavuudesta. Siksi sekä järveen ulkopuolelta tulevan ulkoisen kuormituksen että sedimentistä tulevan sisäisen kuormituksen hallinta on vedenlaadun kannalta olennaista.

Suomen ympäristökeskuksen Vemala-mallilla laskettu ulkoisen kuormituksen arvio oli tuntuvasti alhaisempi kuin aikaisemmat luvut. Alkuperäiselle valuma-alueelle laskettu vuosikuormitus oli 82,3 kg P eli 0,054 g P/m²/a. Ilman Järvelän kosteikon vesiä kuormitus oli enintään 54,6 kg P/a eli 0,036 g P/m²/a. Ulkoisen kuormituksen puolesta Littoistenjärvellä on edellytyksiä pysyä hyväkuntoisena, kunhan sisäiset ravinnekierron pysyvät tasapainoisina.

Littoistenjärven sisäistä kuormitusta on arvioitu fosforitason noususta kesän aikana. Uposkasvivaltaisella 1990-luvulla sisäinen kuormitus oli yleensä negatiivinen, eli fosforitaso laski kesän aikana. Planktonvaltaisella 2000-luvulla sisäinen kuormitus oli aluksi noin 50, myöhemmin vuosina 2005-2016 keskimäärin 131 mg P/m²/a, yli kolminkertainen ulkoiseen kuormitukseen verrattuna. Korkea lämpötila ja pH kiihdyttivät sisäistä kuormitusta merkittävästi (kummankin tekijän selitysaste noin 30 %). Kemiallisen käsittelyn jälkeen sisäinen kuormitus on pysytellyt alle 40 mg P/m²/a.



JULKAISUTOIMINTA

Sarvala, J., Helminen, H. & Heikkilä, J. 2020. Invasive submerged macrophytes complicate management of a shallow boreal lake: a 42-year history of monitoring and restoration attempts in Littoistenjärvi, SW Finland.

Hydrobiologia. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04318-7>

Julkaistu online 10.6.2020, painettuna versiona marraskuussa 2020. Special Issue of *Hydrobiologia*

“*Restoration of eutrophic lakes*” (Jilbert et al., eds)

Lisäksi Jouko Sarvala oli osallisena toisen pitkäaikaisen järvikunnostuksen analyysissa:

Salonen K, Sarvala J, Horppila J, Keto J, Malin I & Ruuhijärvi J. 2020. Development of Lake Vesijärvi through four decades of remediation efforts. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04338-3>

sekä järvien sisäistä kuormitusta käsittelevässä kirja-artikkelissa:

Ventelä, A-M., Ekholm, P., Kirkkala, T., Lehtoranta, J., Nürnberg, G., Tarvainen, M. & Sarvala, J. 2020. Chapter 18. A review of internal phosphorus loading evidence in Säkylän Pyhäjärvi, Finland. In Steinman, A. D. & Spears, B. M. (eds), *Internal phosphorus loading in lakes. Causes, case studies, and management*. P. 345-357. J. Ross Publishing. ISBN-13: 978-1-60427-144-7



Talven kynnyksellä Littoistenjärvi on kirkas ja hyväkuntoisen oloinen. Vain vähän vesiruton versoja ajautuu rannoille. Kanadanhanhetkin ovat kaikonneet – enimmillään niitä oli järvellä noin 600 – mutta joutsenia näkee vielä.

Kiitos mielenkiinnosta !

*Littoistenjärvi Ristikallion rannasta
22.11.2020
Kuva Jouko Sarvala*

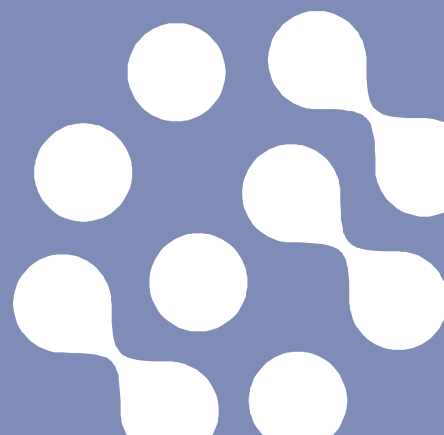
LIITE 3

Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kala- taloustarkkailu vuonna 2019

Eurofins Ahma Oy
Projekti 90608 / 02 / 2019
19.11.2019

LITTOISTENJÄRVEN HOITOKUNTA

LITTOISTENJÄRVEN KEMIKAALIKUNNOSTUKSEN KALATALOUSTARKKAILU VUONNA 2019



LITTOISTENJÄRVEN KEMIKAALIKUNNOSTUKSEN KALATALOUSTARKKAILU VUONNA 2019

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	1
2.	AINEISTO JA MENETELMÄT	1
2.1	TARKKAILUVESISTÖ	1
2.2	VERKKOKOEKALASTUS	1
3.	TULOKSET	2
3.1	VERKKOKOEKALASTUKSET	2
3.1.1	<i>Saalisajasto ja saalis</i>	<i>2</i>
3.1.2	<i>Tulosten vuosien välinen vertailu</i>	<i>4</i>
4.	PÄÄTELMÄ	8
	VIITTEET	9

LIITTEET

Liite 1. Pyyntien kuvailulomakkeet ja pyyntipaikkojen sijainti.

Liite 2. Ilmanlämpötilastot 2012-2019.



Heikki Alaja
Ympäristöasiantuntija, FM

Yhteystiedot

Survontie 9 (YAD)
40500 JYVÄSKYLÄ
Sähköposti: EtunimiSukunimi@eurofins.fi

www.eurofins.fi

1. JOHDANTO

Littoistenjärven kalataloudellinen velvoitetarkkailu perustuu Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunnalle 11.9.2014 myönnettyyn ympäristölupaan nro 149/2014/2, jonka lupamääräyksen kohdan 6 mukaan kemikaalikäsittelyn vaikutuksia Littoistenjärveen ja sen alapuoliseen vesistöön sekä kalastoon on tarkkailtava Varsinais-Suomen ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla. Vahanen Environment Oy laati tarkkailusuunnitelman ja se päivitettiin vastaamaan ELY-keskuksen päätöksiä (VARELY/1241/07.00/2013, 9.3.2017 ja VARELY/485/5723/2017, 27.3.2017) 31.3.2017 (ENV1107, Alankomaa & Vepsäläinen 2017). Tarkkailuohjelman mukaan kunnostuksen kalataloudellisia vaikutuksia on seurattava vuosittaisilla Nordic -verkkokoekalastuksilla. Tässä raportissa esitellään vuoden 2019 kalataloustarkkailun tulokset.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tarkkailuvesistö

Kaarinan ja Liedon alueella sijaitseva Littoistenjärvi on järviyypiltään matala vähähumuksinen järvi (MVh). Sen vesipinta-ala on noin 145 hehtaaria, keskisyvyys 2 m ja suurin syvyys 2,9 m. Littoistenjärven ekologinen tila on määritelty 3. luokittelukierroksella tyydyttäväksi. Ennen kunnostusta järven heikentynyt tila on näkynyt sekä fysikaalis-kemiallisissa että biologisissa mittareissa. Veden ravinnepitoisuus on ollut hyvin korkea ja kesäisin on esiintynyt toistuvasti leväkukintoja.

Littoistenjärvellä toteutettiin kunnostuskäsittely toukokuun alussa 2017. Kunnostuksessa koko Littoistenjärven vesialueelle levitettiin 11.–12.5.2017 nestemäistä polyalumiinikloridia (PAX-XL100), joka sitoi vedessä ja sedimentissä olevan fosforin haitattomaan muotoon. Kemikaalikunnostuksen yhteydessä kuolleita kaloja, jotka olivat pääasiassa kookkaita lahnoja, kerättiin talteen yhteensä 4940 kg (Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunnan tiedote 3.8.2017).

Sarvalan (2018) mukaan vuonna 2017 tehty kemikaalikunnostus kohensi järven tilaa selvästi tärkeimmillä fysikaalis-kemiallisilla ja biologisilla mittareilla tarkasteltuna, eikä tässä tapahtunut ainakaan vielä vuoden 2018 alustavien tietojen perusteella muutosta.

2.2 Verkkokoekalastus

Verkkokoekalastukset tehtiin Nordic -tutkimusverkoilla kolmena erillisenä pyyntiyönä 5. – 8.8.2019. Koekalastuksen pyyntiponnistus oli yhteensä 20 verkkoyötä. Järven mataluuden vuoksi kaikki verkot laskettiin pohjapyyntiin. Verkkoja pidettiin pyynnissä 12 – 15 h. Koekalastusten aikana pintaveden lämpötila oli noin +19 – 19,5 °C. Koekalastuksen suunnittelussa ja toteutuksessa noudatettiin soveltuvin osin ohjetta Olin ym. (2014).

Saaliiksi saadut kalat mitattiin (yhden cm:n tarkkuudella) ja punnittiin (g) kustakin verkosta ja solmuvälistä laji- ja pituusluokakohtaisesti. Tulokset kirjattiin vedenkestävälle paperille ja myöhemmin tulokset tallennettiin koekalastusrekisteriin.

Kookkaiden lahnojen esiintymistä haluttiin selvittää myös riimuverkolla. Tätä varten laskettiin yksi 90 mm riimuverkko pyyntiin järven syvimpään osaan kahtena pyyntiyönä. Saaliiksi saadut lahnat mitattiin ja punnittiin.

Koekalastuksen pyyntipaikkojen sijainti kartalla on esitetty liitteessä 1.

3. TULOKSET

3.1 Verkkokoekalastukset

3.1.1 Saalislajisto ja saalis

Vuonna 2018 koekalastusten saalislajisto käsitti seuraavat kuusi kalalajia: ahven, hauki, särki, lahna ja allikkosalakka. Ahven oli biomassaltaan runsain saalislaji (51 %) ja särki toiseksi runsain (38 %). Ahvenen yksilömääräosuus oli vain hieman suurempi kuin särjellä (49,5 - 46 %). Muiden lajien lukumääräiset saalisosuudet olivat hyvin vähäisiä. Kiiskiä tai ruutanoita ei saatu saaliiksi lainkaan (Taulukko 1).

Taulukko 1. Littoistenjärven verkkokoekalastuksen yksikkösaalis (yksilöä ja grammaa verkkoyötä kohden, S.E. = Keskiarvon keskivirhe), lajiosuudet (%) ja keskipaino (g) lajeittain vuonna 2019.

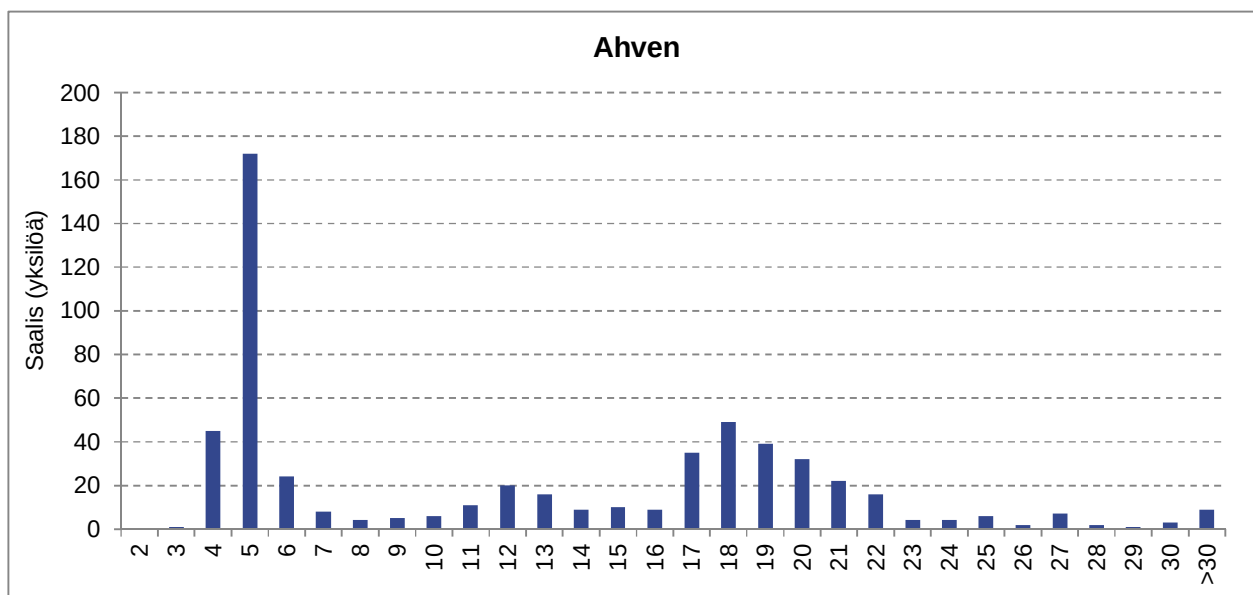
	Yksikkösaalis				Osuus saaliista (%)		Keski-paino (g)
	(yks./v-yö)	S.E.	(g/v-yö)	S.E.	(yks.)	(g)	
Ahven	28,6	4,5	1509	336	49,5	51,0	53
Hauki	0,5	0,2	325	115	0,9	11,0	650
Särki	26,3	3,4	1119	103	45,6	37,8	43
Lahna	0,4	0,2	4	2	0,8	0,1	8
Allikkosalakka	1,9	0,4	5	1	3,3	0,2	2
Yht.	57,7	6,5	2962	377	100	100	51

Vuonna 2019 Littoistenjärven verkkokoekalastuksen yksikkösaalis oli biomassana 2962 g ja yksilömääränä 58 yksilöä verkkoyötä kohden. Särkikalajien biomassaosuus oli 38 %, petoahvenien 23,6 % ja petokalajien 34,6 % (Taulukko 2).

Taulukko 2. Kalayhteisön rakennetta kuvaavia muuttujia vuoden 2018 verkkokoekalastusten tuloksista laskettuna.

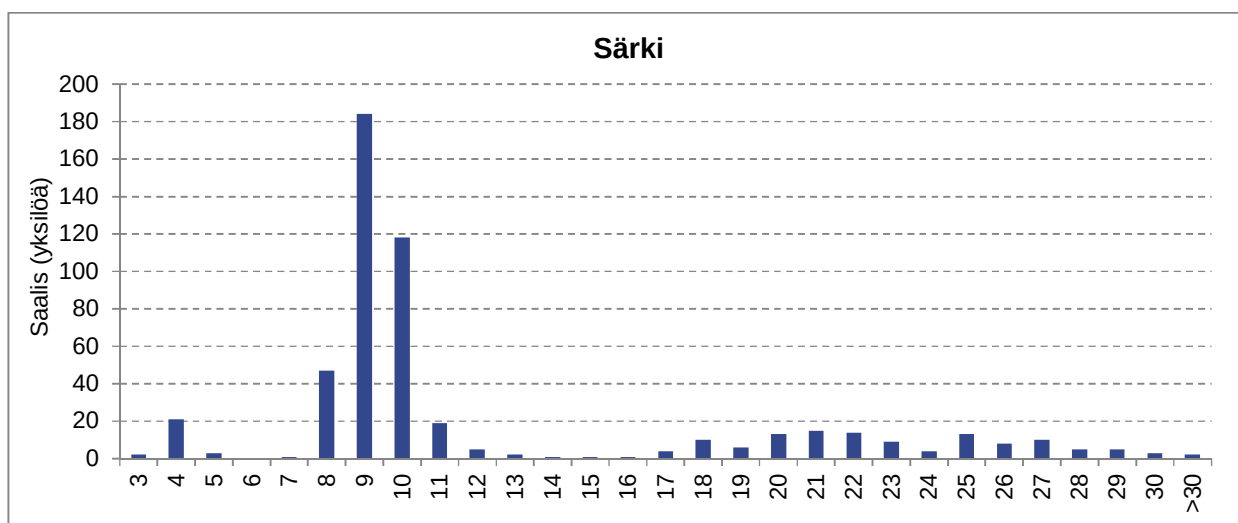
	Osuus kokonaissaaliista (%)	
	Yksilömäärä	Biomassa
Ahvenkalat	49,5	51,0
Särkikalat	49,7	38,1
Petoahvenet (≥15 cm)	21,7	23,6
Hauki	0,9	11,0
Petokalat yhteensä	22,5	34,6

Ahvensaaliissa runsain pituusluokka oli 5 cm (Kuva 1). Kookkaampia petoahvenia esiintyi saaliissa melko tasaisesti. Suurin ahvenista painoi n. 550 g.



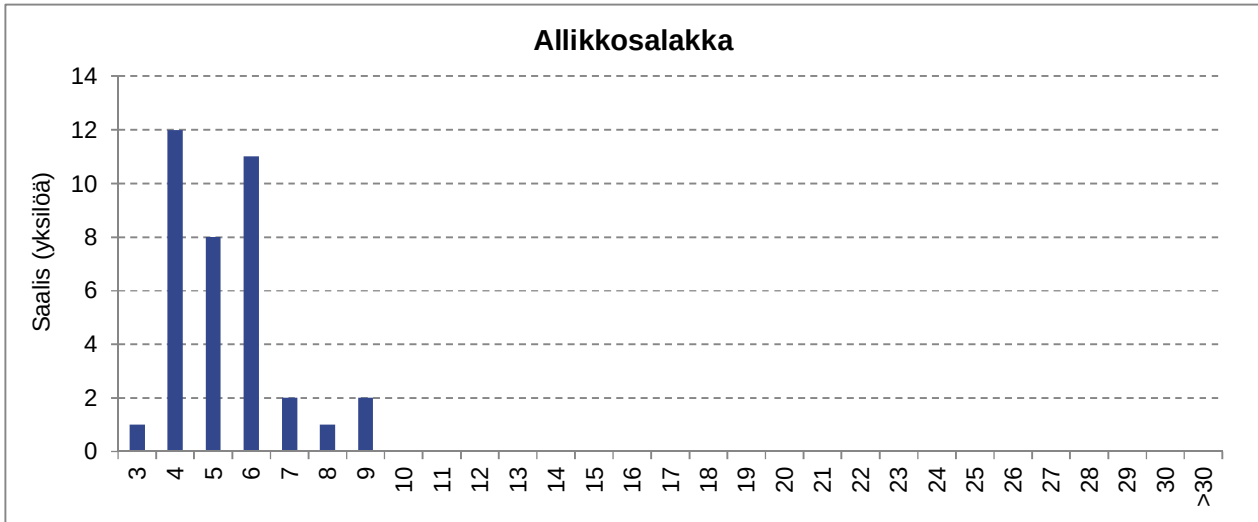
Kuva 1. Ahvenen pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuonna 2018. Vaaka-akselilla kalan pituus (cm).

Särkisaaliissa esiintyi eniten 9 - 10 cm mittaisia yksilöitä. 12-17 cm yksilöitä saatiin niukasti, mutta tätä suurempia yksilöitä esiintyi hieman enemmän (Kuva 2).



Kuva 2. Särjen pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuonna 2019. Vaaka-akselilla kalan pituus (cm).

Allikkosalakan saalis koostui 3 – 9 cm mittaisista yksilöistä, mikä on tyypillistä, koska hitaan kasvun vuoksi yli 10 cm mittaisia yksilöitä ei juuri koskaan havaita (Kuva 3).

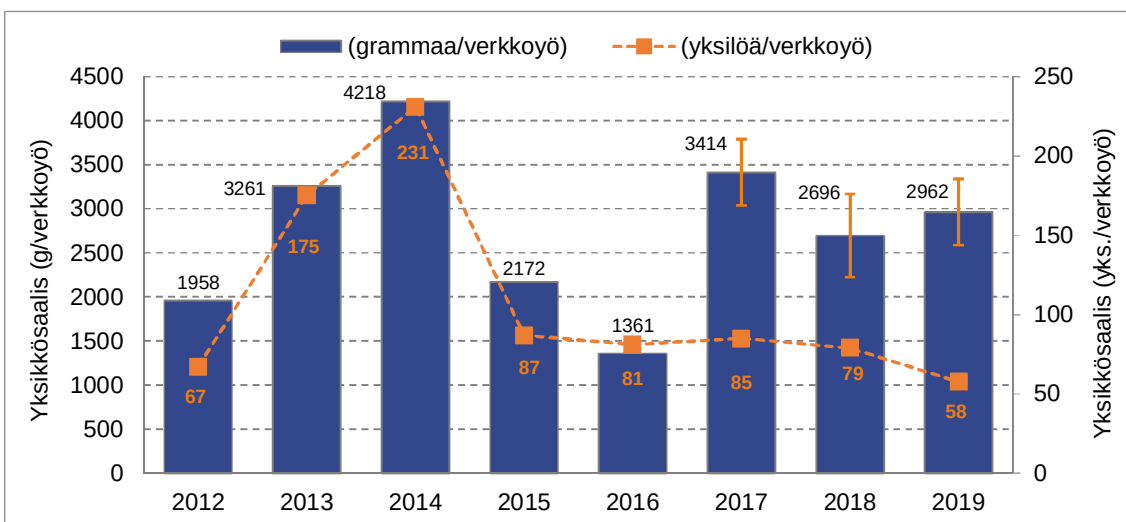


Kuva 3. Allikkosalakan pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuonna 2018. Vaaka-akselilla kalan pituus (cm).

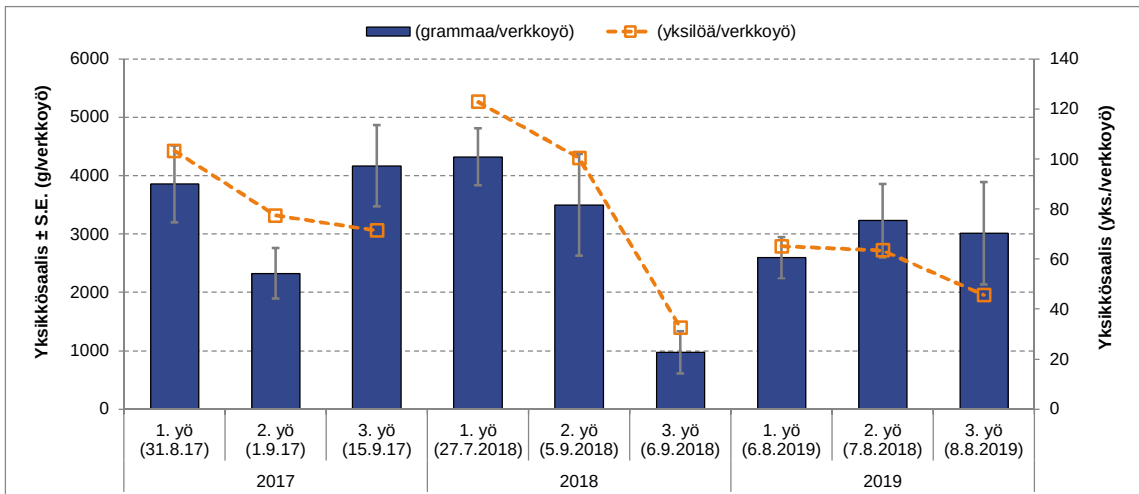
Nordic-verkkojen lahnasaalis koostui yksinomaan 8-12 cm mittaisista yksilöistä. Riimuverkolla saatiin kuitenkin useita kookkaampia lahnoja (7 kpl 1,4 – 3,1 kg), mikä osoitti järvessä elävän edelleen sukukypsiä lahnoja. Riimuverkoilla saatiin myös yksi 2 kg:n painoinen ruutana.

3.1.2 Tulosten vuosien välinen vertailu

Vuonna 2019 tutkimusverkkojen biomassayksikkösaalis oli vuoden 2018 tasoa, mutta lukumääräinen yksikkösaalis oli hieman edellisvuotta alempi (Kuva 4). Vuonna 2019 koekalastus tehtiin kokonaisuudessaan elokuun alkupuoliskolla, mikä tasasi jonkin verran pyyntiöiden välistä yksikkösaaliiden vaihtelua, koska esim. veden lämpötilassa ei pyyntijaksolla tapahtunut juurikaan muutoksia (Kuva 5). Heinä- ja elokuu olivat lämpötiloiltaan keskimääräisiä. Kesäkuu oli kuitenkin keskimääräistä lämpimämpi, mikä lienee edistänyt kalanpoikasten kasvua (Liite 2).

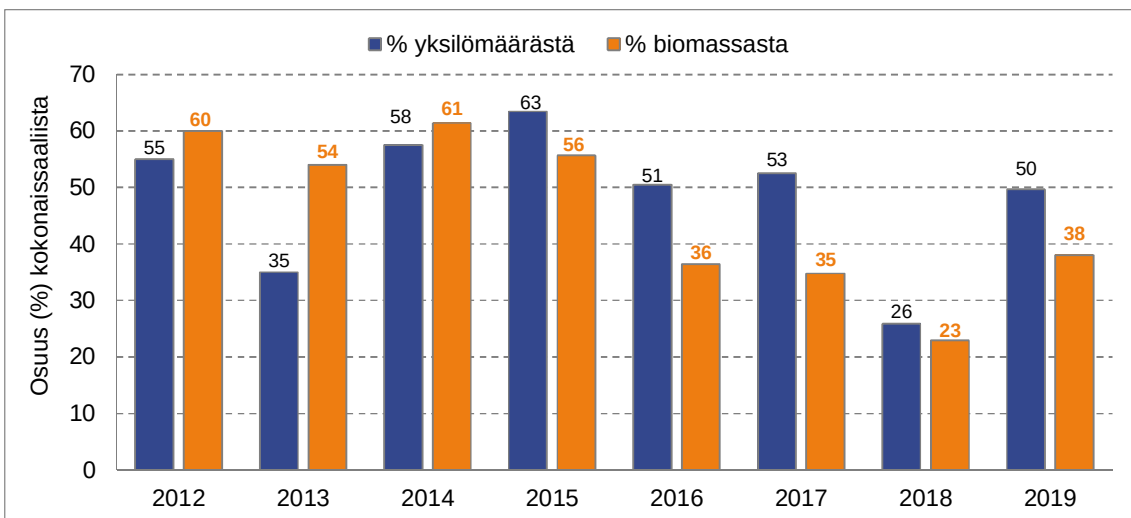


Kuva 4. Laittoistenjärven verkkokoekalastusten yksikkösaalis (g/verkkoyö) vuosina 2012 – 2019. Lähteet: Louhesto 2012, Ylönen 2013, Ylönen & Karppinen 2014, 2015, 2016, Alaja 2017.



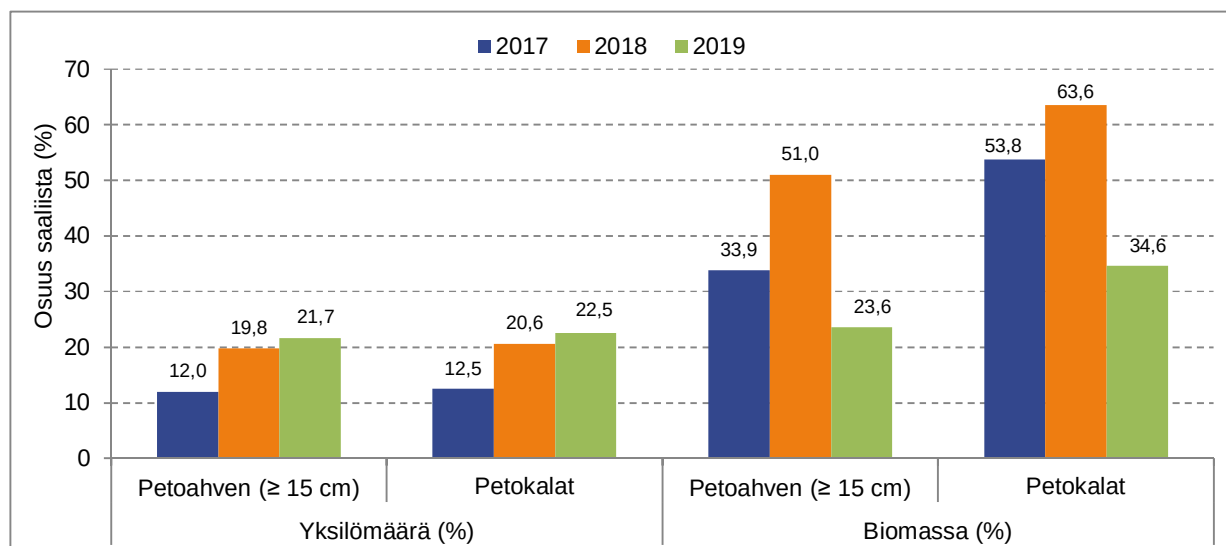
Kuva 5. Littoistenjärven verkkokoekalastuksen biomassayksikkösaalis (g/verkkoyö±keskivirhe) pyyntiöittäin vuosina 2017 - 2019.

Vuonna 2019 särkikalojen biomassaosuus oli edellisvuotta hieman suurempi ja likimain vuosien 2016 – 2017 tasolla (Kuva 6). Särkikalojen biomassa koostui lähes yksinomaan särjestä. Särkikalojen lukumääräosuus oli likimain keskimääräinen pitkän aikavälin tarkastelussa, mutta selvästi suurempi kuin vuonna 2018.



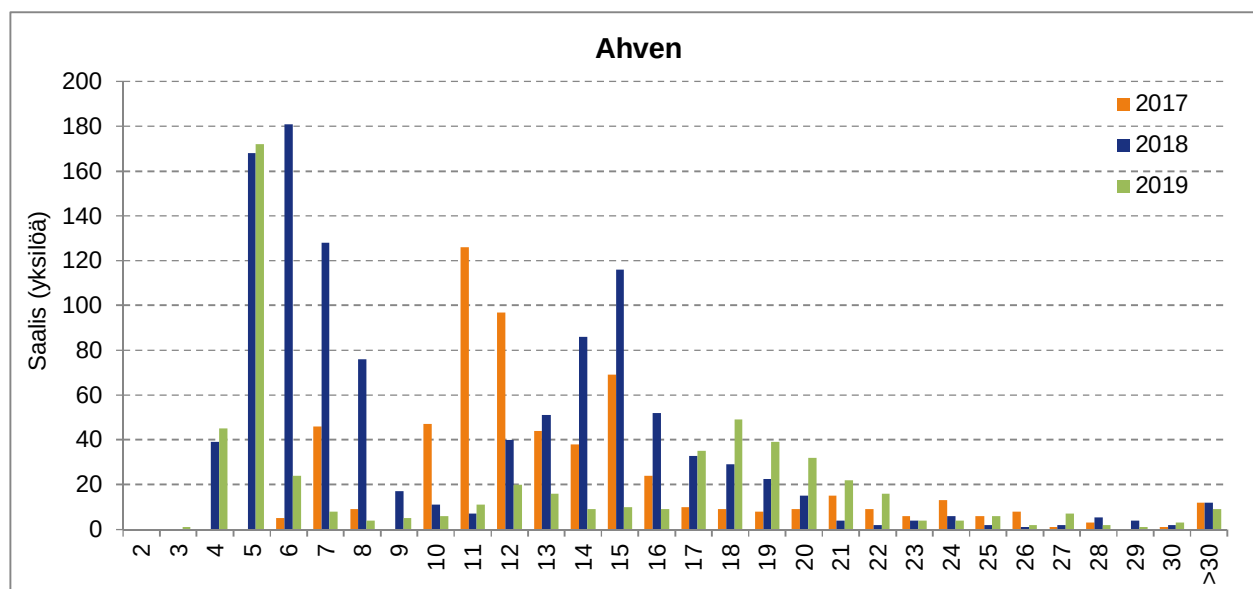
Kuva 6. Särkikalojen osuus (%) verkkokoekalastuksen kokonaissaaliista vuosina 2012 – 2019.

Petoahvenien biomassaosuus aleni edellisvuoteen nähden selvästi (Kuva 7). Myös hauen biomassaosuudessa havaittiin lievä laskeva suuntaus, joskin se saattoi johtua myös sattumasta. Lukumääräosuuksissa vastaavaa alenemaa ei ole havaittu, vaan petokalojen yksilömäärä on pikemminkin hieman kasvanut.



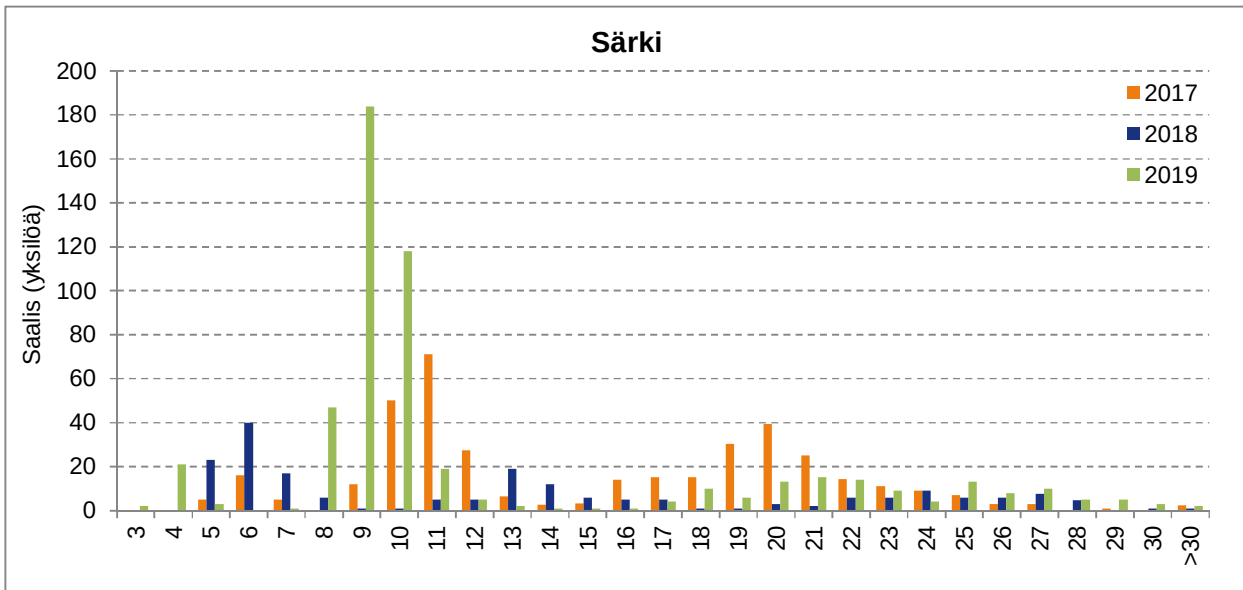
Kuva 7. Petoahvenen ja petokalojen yksilömäärä- ja biomassaosuudet (%) vuosina 2017-2019.

Ahvensaaliin pituusluokkajakauma erosi jonkin verran edellisvuosista. Vuosiluokan 2019 yksilöitä esiintyi saaliissa melko runsaasti, mutta 6 – 16 cm yksilöitä esiintyi edellisvuosia vähemmän ja vastaavasti pituusluokkien 18 – 22 cm yksilöitä saatiin saaliiksi hieman aiempia vuosia enemmän (Kuva 8).



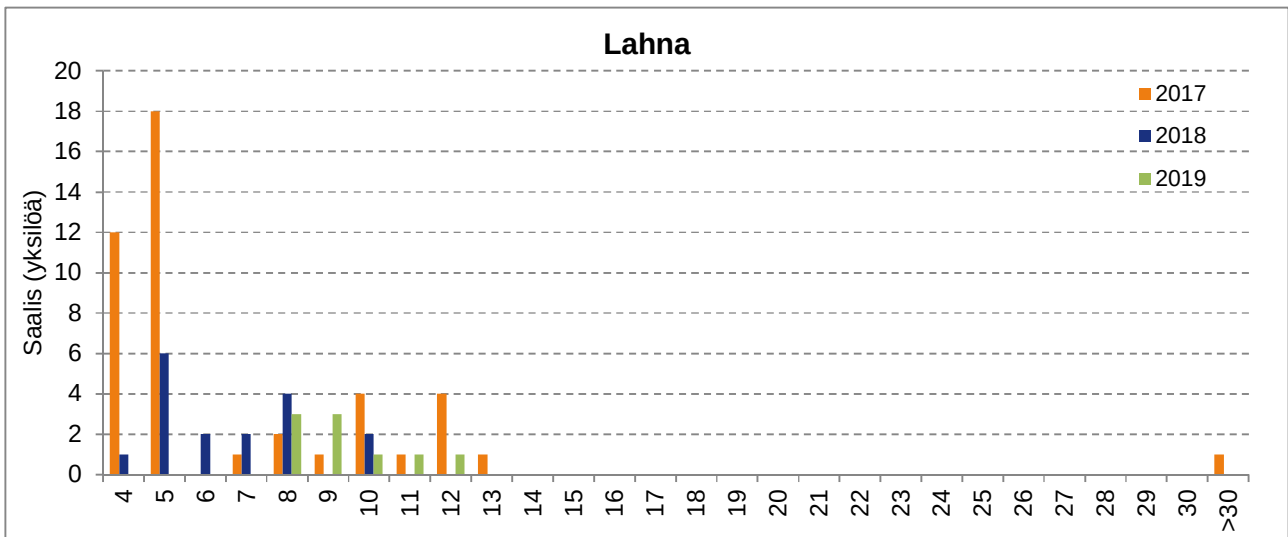
Kuva 8. Ahvenen pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuosina 2017 - 2019. Vaaka-akselilla kalan pituus (cm).

Särkisaaliissa selvästi runsain pituusluokka oli 9 cm (Kuva 9). Kesänvanhoja särkiä saaliissa oli melko vähän, mikä johtui osaltaan pyyntien ajankohdasta. Tulos osoitti lisääntymisen onnistuneen vuonna 2018 hyvin. 11 - 19 cm särkiä esiintyi saaliissa melko niukasti kuten aiempinakin kuten vuonna 2018.



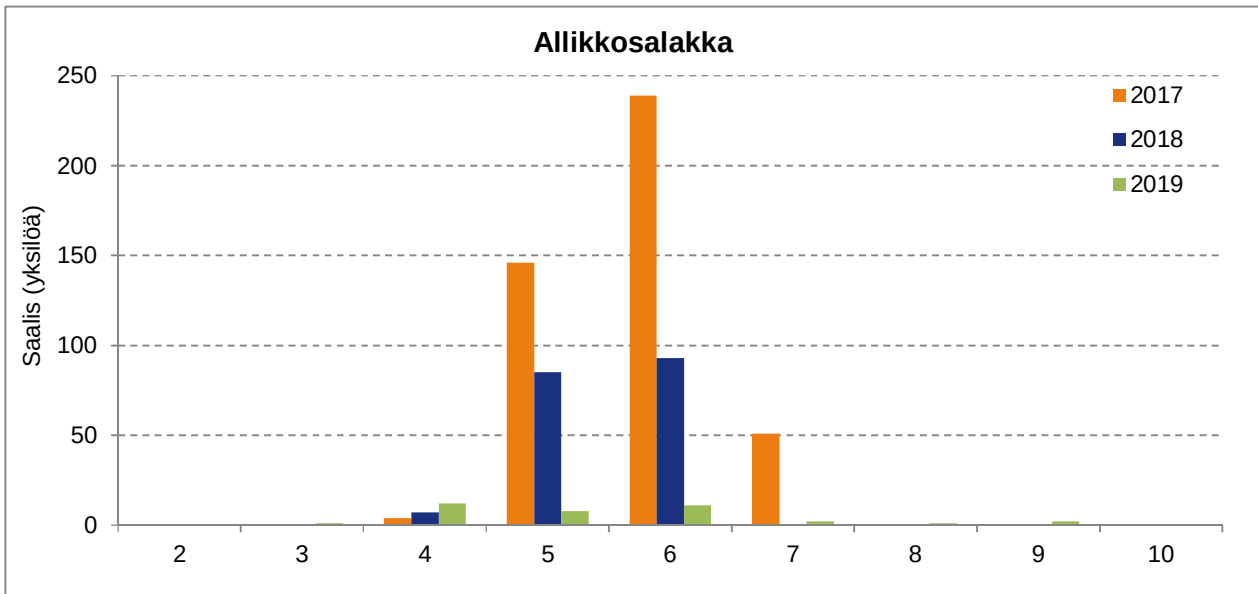
Kuva 9. Särjen pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuosina 2017 - 2019. Vaaka-akselilla kalan pituus (cm).

Lahnasaalis on koostunut viimeisenä kolmena koekalastusvuonna lähinnä pienistä yksilöistä ja vuonna 2019 lahnasaalis oli selvästi pienempi kuin kahtena aiempana vuonna. Havainto kertonee jossakin määrin kutukannan harventumisesta (Kuva 10). Vuonna 2017 pieniä lahnoja saatiin 44 kpl, v. 2018 17 kpl ja nyt enää 9 kpl.



Kuva 10. Lahnan pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuosina 2017 - 2019. Vaaka-akselilla kalan pituus (cm).

Allikkosalakan saalis oli aiempiin vuosiin nähden hyvin niukka kaikissa pituusluokissa (Kuva 11). Suurimmat yksilöt kuuluivat pituusluokkaan 9 cm. Tulos viittaa siihen, että allikkosalakan kanta on laskusuunnassa. Aineiston pohjalta on vaikea sanoa johtuuko havaittu muutos esim. pienikokoisen särjen määrän kasvusta.



Kuva 11. Allikkosalakan pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuosina 2017 - 2019. Vaaka-akselilla kalan pituus (cm).

4. PÄÄTELMIÄ

Vuoden 2019 koekalastusten tulokset olivat pääosin odotettuja, joskin kiiskien puuttuminen saaliista oli yllättävää. Vuonna 2017 kiiskiä saatiin vielä 180 kpl ja vuonna 2018 enää 40 kpl. Tulos viittasi kiiskikannan taantumiseen. Pitkällä aikavälillä kiiskisaaliissa on ollut kohtalaisen suurta vaihtelua, mutta täysin saaliittomia vuosia ei ole aiemmin ollut. Kiiskikannan tilasta saadaan arvokasta lisätietoa vuoden 2020 koekalastuksessa.

Särkien määrä oli selvästi edellisvuotta suurempi. Tämä näkyi myös särkikalojen biomassaosuuden kasvuna. Kokonaisuutena särjen keskipaino kuitenkin aleni jonkin verran, koska pääosa saaliista koostui pienistä 9 – 10 cm mittaisista yksilöistä.

Allikkosalakan saalis oli kaikissa pituusluokissa selvästi aiempaa pienempi, mikä viittasi kannan pienentymiseen. Muutos voisi teoriassa johtua esimerkiksi pienten särkien määrän runsastumisesta. Yleensä allikkosalakkaa esiintyy pienissä lammikoissa ainoana kalalajina, joten se ei välttämättä siedä juurikaan muiden lajien kannan runsastumista (lajien välinen kilpailu).

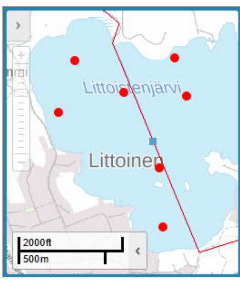
Pienien lahojen määrä tutkimusverkkoosaaliissa on laskenut viime vuosina. Kesän 2019 riimuverkkopyynnissä saatiin edelleen useita kookkaita lahnoja, joten ainakin jonkinlainen kutukanta oli vielä olemassa. Lahnan osuus koekalastusten saaliista on ollut erityisen pieni kemikaalikunnostuksen jälkeen, mutta vastaavia lukumääräosuuksia on havaittu aiemminkin (v. 2009 -2011). Biomassaosuudet eivät kuitenkaan ole olleet yhtä alhaisia aiemmin 2000-luvulla, joten lahnakanta lienee selvästi heikompi kuin kertaakaan viimeisen 15 vuoden aikana.

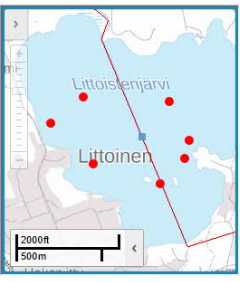
Ahvenkannassa ei näyttäisi tapahtuneen merkittäviä muutoksia, vaikka ahvenen biomassaosuus laskikin hieman edellisvuodesta. Vuosiluokan 2019 ahvenia esiintyi saaliissa runsaasti, joten lisääntyminen onnistui ilmeisesti kutakuinkin normaalisti. Petoahvenien biomassaosuus aleni aiemmasta, mikä johtui lähinnä kokojakauman siirtymästä kohti pienempiä pituusluokkia. Saaliissa esiintyi esim. 18 – 22 cm mittaisia ahvenia selvästi aiempaa enemmän. Petoahvenia esiintyi siis edelleen lukumääräisesti runsaasti, mikä näkyi myös ahvenen keskipainossa, joka oli edellisvuotta korkeampi.

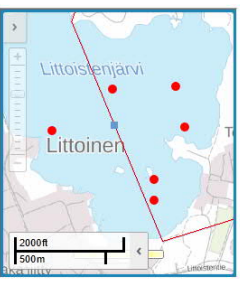
VIITTEET

- Alaja, H. 2017. Littoistenjärven kalataloudellinen velvoitetarkkailu vuonna 2017. Nab Labs Oy. Tutkimusraportti 214 / 2017.
- Alankomaa, T. & Vepsäläinen, M. 2017. Vesistön ja kalaston tarkkailusuunnitelma. Täydennykset ja tarkennukset. Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta. Vahanen Environment Oy. ENV1107.
- Louhesto, P. 2012. Littoistenjärven koekalastukset vuonna 2012. Turun yliopisto.
- Ylönen, O. 2013. Littoistenjärven verkkokoekalastukset (kesäkuu ja syyskuu) vuonna 2013. Lounais-Suomen kalastusalue. 5 s.
- Ylönen, O. & Karppinen, C. 2014. Littoistenjärven verkkokoekalastukset (kesäkuu ja elokuu) vuonna 2014. L-S Kalatalouskeskus ry. 10 s.
- Ylönen, O. & Karppinen, C. 2015. Littoistenjärven verkkokoekalastus vuonna 2015. L-S Kalatalouskeskus ry. 10 s.
- Ylönen, O. & Karppinen, C. 2016. Littoistenjärven verkkokoekalastus vuonna 2016. L-S Kalatalouskeskus ry. 9 s.
- Olin, M., Lappalainen, A., Sutela, T., Vehanen, T., Ruuhijärvi, J., Saura, A. & Sairanen, S. 2014: Ohjeet standardinmukaisiin koekalastuksiin. - RKTL:n työraportteja 21/2014: 1-14 + liitteet.
- Sarvala, J. 2018. Littoistenjärven tila kemiallisen kunnostuksen jälkeen –syksyn 2018 tilanne. Esitelmä. Lieto, Villa Järvelä 19.12.2018. Ladattu 18.2.2019 osoitteesta: http://www.littoistenjarvi.fi/wp-content/uploads/2019/01/Littoistenj%C3%A4rven-tila-2017-2018_netiversio.pdf

Liite 1. Pyyntien kuvailulomakkeet ja pyyntipaikkojen sijainti.

Havaintoalue Littoistenjärvi, Lieto, 82V043.1.001 Littoistenjärvi, 145,363 ha, ETRS-TM35FIN: 6710873 - 246592 Korjaa Verkot			▶ Lisätietoa 		
Perustiedot					
Lasku	5.8.2019 17:30:00				
Nosto	6.8.2019 9:00:00				
Pyynnin kesto	15:30				
Koekalastajan nimi	Hanna Enroth				
Koekalastajan organisaatio	Eurofins Ahma Oy				
Hanke	Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloudellinen velvoitetarkkailu - Velvoitetarkkailu				
Vedenlaatuhavainnot	Veden lämpötila 18,9 [°C]				
Sää	Ilma 17,5, pilvisuus 1/8, tuuli 2 m/s (luode),				
Syvyysvyöhykkeet	Standardit syvyysvyöhykkeet: 0-3 m 3-10 m 10-20 m 20- m				
Lisätieto					
Tiedot tarkistettu	Kyllä				
Ylläpitäjäorganisaatio	Eurofins Nab Labs Oy				
Pyyntiponnistuksen vyöhykkeittäinen jakautuminen					
Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm			
0-3 m	pohja	7			

Havaintoalue Littoistenjärvi, Lieto, 82V043.1.001 Littoistenjärvi, 145,363 ha, ETRS-TM35FIN: 6710873 - 246592 Korjaa Verkot			▶ Lisätietoa 		
Perustiedot					
Lasku	6.8.2019 20:00:00				
Nosto	7.8.2019 8:00:00				
Pyynnin kesto	12:00				
Koekalastajan nimi	Hanna Enroth				
Koekalastajan organisaatio	Eurofins Ahma Oy				
Hanke	Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloudellinen velvoitetarkkailu - Velvoitetarkkailu				
Vedenlaatuhavainnot	Veden lämpötila 19,2 [°C]				
Sää	ilma 16,5, tuuli 2 m/s pohjoista, pilvet 1/8				
Syvyysvyöhykkeet	Standardit syvyysvyöhykkeet: 0-3 m 3-10 m 10-20 m 20- m				
Lisätieto					
Tiedot tarkistettu	Kyllä				
Ylläpitäjäorganisaatio	Eurofins Nab Labs Oy				
Pyyntiponnistuksen vyöhykkeittäinen jakautuminen					
Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm			
0-3 m	pohja	7			

Havaintoalue Littoistenjärvi, Lieto, 82V043.1.001 Littoistenjärvi, 145,363 ha, ETRS-TM35FIN: 6710873 - 246592 Korjaa Verkot			▶ Lisätietoa 		
Perustiedot					
Lasku	7.8.2019 20:00:00				
Nosto	8.8.2019 8:15:00				
Pyynnin kesto	12:15				
Koekalastajan nimi	Hanna Enroth				
Koekalastajan organisaatio	Eurofins Ahma Oy				
Hanke	Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloudellinen velvoitetarkkailu - Velvoitetarkkailu				
Vedenlaatuhavainnot	Veden lämpötila 19,5 [°C]				
Sää	ilma 18,6, 2 m/s pohjoista, pilvisuus 6/8				
Syvyysvyöhykkeet	Standardit syvyysvyöhykkeet: 0-3 m 3-10 m 10-20 m 20- m				
Lisätieto					
Tiedot tarkistettu	Kyllä				
Ylläpitäjäorganisaatio	Eurofins Nab Labs Oy				
Pyyntiponnistuksen vyöhykkeittäinen jakautuminen					
Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm			
0-3 m	pohja	6			

Liite 2. Vuorokauden keskimääräisistä ilman lämpötiloista lasketut kesä-elokuun lämpösummat Turun Artukaisten mittauspisteellä vuosina 2012 – 2019. Taulukossa lämpimät kuukaudet punaisella ja viileät sinisellä fontilla. Lähde: Ilmatieteen laitos, avoin data, 18.11.2019

Vuosi	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Yht.
2012	399	545	502	361	1807
2013	517	550	535	362	1964
2014	415	639	557	382	1993
2015	400	506	533	381	1820
2016	470	560	501	388	1919
2017	418	511	503	356	1788
2018	460	665	568	413	2106
2019	527	551	534	350	1962
<i>K.a. 2012-2018</i>	440	568	528	378	1914
<i>Erotus 2019 – k.a.</i>	87	-17	6	-28	48

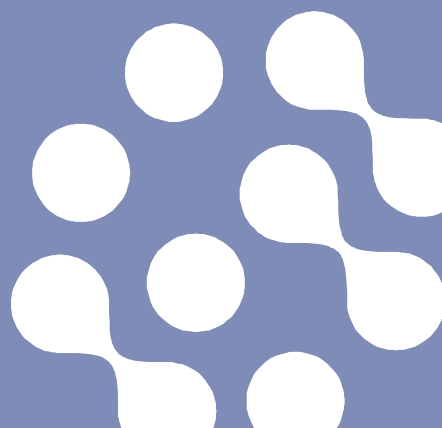
LIITE 4

Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kala- taloustarkkailu vuonna 2020

Eurofins Ahma Oy
Projekti 90608
9.12.2020

LITTOISTENJÄRVEN HOITOKUNTA

LITTOISTENJÄRVEN KEMIKAALIKUNNOSTUKSEN KALATALOUSTARKKAILU VUONNA 2020



LITTOISTENJÄRVEN KEMIKAALIKUNNOSTUKSEN KALATALOUSTARKKAILU VUONNA 2020

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	1
2.	AINEISTO JA MENETELMÄT	1
2.1	TARKKAILUVESISTÖ	1
2.2	VERKKOKOEKALASTUS	1
3.	TULOKSET	2
3.1	VERKKOKOEKALASTUKSET	2
3.1.1	<i>Saalislajisto ja saalis</i>	<i>2</i>
3.1.2	<i>Tulosten vuosien välinen vertailu</i>	<i>5</i>
4.	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄ	10
	VIITTEET	12

LIITTEET

Liite 1. Pyyntien kuvailulomakkeet ja pyyntipaikkojen sijainti.

Liite 2. Ilmanlämpötilastot 2012-2020.

Liite 3. Epävirallinen arvio Littoistenjärven ekologisesta tilasta vuosien 2017-2020 koekalastusten perusteella.



Heikki Alaja
Ympäristöasiantuntija, FM

Yhteystiedot

Eurofins Ahma Oy
Koivurannantie 1
40400 JYVÄSKYLÄ
Sähköposti: EtunimiSukunimi@eurofins.fi

www.eurofins.fi

1. JOHDANTO

Littoistenjärven kalataloudellinen velvoitetarkkailu perustuu Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunnalle 11.9.2014 myönnettyyn ympäristölupa nro 149/2014/2, jonka lupamääräyksen kohdan 6 mukaan kemikaalikäsittelyn vaikutuksia Littoistenjärveen ja sen alapuoliseen vesistöön sekä kalastoon on tarkkailtava Varsinais-Suomen ELY-keskuksen hyväksymällä tavalla. Vahanen Environment Oy laati tarkkailusuunnitelman ja se päivitettiin vastaamaan ELY-keskuksen päätöksiä (VARELY/1241/07.00/2013, 9.3.2017 ja VARELY/485/5723/2017, 27.3.2017) 31.3.2017 (ENV1107, Alankomaa & Vepsäläinen 2017). Tarkkailuohjelman mukaan kunnostuksen kalataloudellisia vaikutuksia on seurattava vuosittaisilla Nordic -verkkokoekalastuksilla. Tässä raportissa esitellään vuoden 2020 kalataloustarkkailun tulokset.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tarkkailuvesistö

Kaarinan ja Liedon alueella sijaitseva Littoistenjärvi on järviyypiltään matala vähähumuksinen järvi (MVh). Sen vesipinta-ala on noin 145 hehtaaria, keskisyyvyys 2 m ja suurin syvyys 2,9 m. Littoistenjärven ekologinen tila on määritelty 3. luokittelukierroksella tyydyttäväksi. Ennen kunnostusta järven heikentynyt tila on näkynyt sekä fysikaalis-kemiallisissa että biologisissa mittareissa. Veden ravinnepitoisuus on ollut hyvin korkea ja kesäisin on esiintynyt toistuvasti leväkukintoja.

Littoistenjärvellä toteutettiin kunnostuskäsittely toukokuun alussa 2017. Kunnostuksessa koko Littoistenjärven vesialueelle levitettiin 11.–12.5.2017 nestemäistä polyalumiinikloridia (PAX-XL100), joka sitoi vedessä ja sedimentissä olevan fosforin haitattomaan muotoon. Kemikaalikunnostuksen yhteydessä kuolleita kaloja, jotka olivat pääasiassa kookkaita lahnoja, kerättiin talteen yhteensä 4940 kg (Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunnan tiedote 3.8.2017).

Sarvalan (2018) mukaan vuonna 2017 tehty kemikaalikunnostus kohensi järven tilaa selvästi tärkeimmillä fysikaalis-kemiallisilla ja biologisilla mittareilla tarkasteltuna, eikä tässä tapahtunut ainakaan vielä vuoden 2018 alustavien tietojen perusteella muutosta. Veden kirkastumisen seurauksena uposkasvillisuuden määrä on kuitenkin kasvanut ja ylimääräisen kasvuston poistamisen mahdollisuuksia on selvitetty. Myös hoitokalastuksia on suunniteltu lähivuosille (Sammalkorpi 2020).

2.2 Verkkokoekalastus

Verkkokoekalastukset tehtiin Nordic -tutkimusverkoilla kolmena erillisenä pyyntiyönä 5. – 10.8.2020. Koekalastuksen pyyntiponnistus oli yhteensä 20 verkkoyötä. Järven mataluuden vuoksi kaikki verkot laskettiin pohjapyyntiin. Verkkoja pidettiin pyynnissä 12 – 12,5 h. Koekalastusten aikana pintaveden lämpötila oli noin +20,5 - 21 °C. Koekalastuksen suunnittelussa ja toteutuksessa noudatettiin soveltuvien osin ohjetta Olin ym. (2014).

Saaliiksi saadut kalat mitattiin (yhden cm:n tarkkuudella) ja punnittiin (g) kustakin verkosta ja solmuvälistä laji- ja pituusluokakohtaisesti. Tulokset kirjattiin vedenkestävälle paperille ja myöhemmin tulokset tallennettiin koekalastusrekisteriin.

Kookkaiden lahnojen esiintymistä haluttiin selvittää myös riimuverkolla. Tätä varten laskettiin yksi 100 mm verkko pyyntiin järven syvimpään osaan kahtena pyyntiyönä. Saaliiksi saadut lahnat mitattiin ja punnittiin.

Koekalastuksen pyyntipaikkojen sijainti kartalla on esitetty liitteessä 1.

3. TULOKSET

3.1 Verkkokoekalastukset

3.1.1 Saalislajisto ja saalis

Vuonna 2020 koekalastusten saalislajisto käsitti seuraavat kuusi kalalajia: ahven, kiiski, hauki, särki, lahna ja allikkosalakka. Ahven oli biomassaltaan runsain saalislaji (58 %) ja särki toiseksi runsain (28 %). Särkiä esiintyi saaliissa yksilömääräisesti ahvenia enemmän (48 / 37 %). Lahnan osuus saaliskalojen lukumäärästä oli noin 5 %. Kiiskiä saatiin saaliiksi vähäisiä määriä (Taulukko 1).

Taulukko 1. Littoistenjärven verkkokoekalastuksen yksikkösaalis (yksilöä ja grammaa verkkoyötä kohden, S.E. = Keskiarvon keskivirhe), lajiosuudet (%) ja keskipaino (g) lajeittain vuonna 2020.

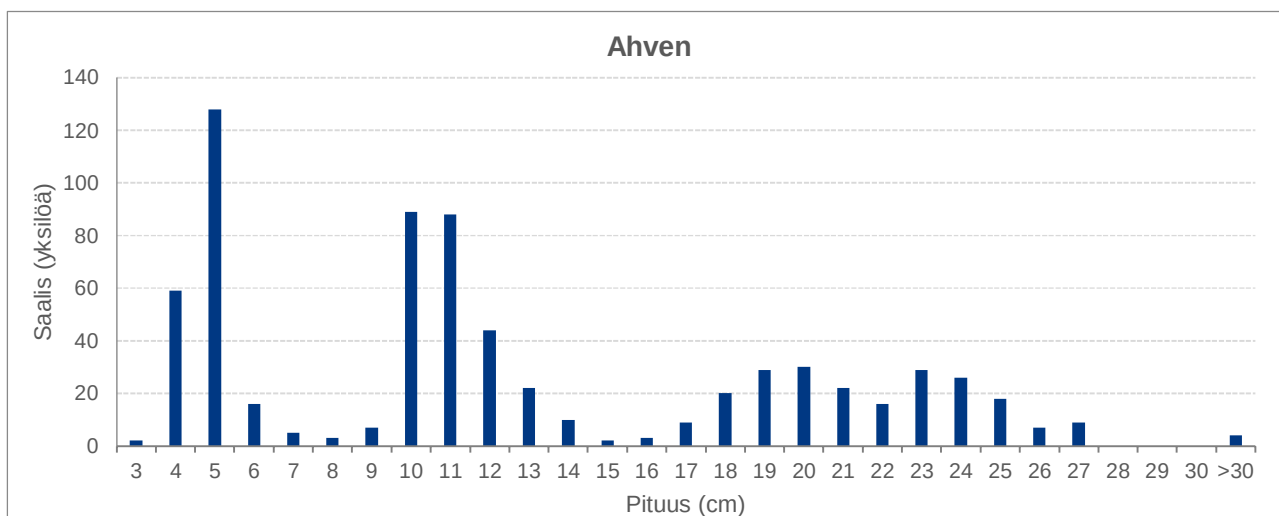
	Yksikkösaalis				Osuus saaliista (%)		Keski-paino (g)
	(yks./v-yö)	S.E.	(g/v-yö)	S.E.	(yks.)	(g)	
Ahven	34,9	4,9	1747	322	36,7	57,8	50
Allikkosalakka	8,5	2,5	13	4	8,9	0,4	2
Hauki	0,3	0,1	229	147	0,3	7,6	917
Kiiski	1,2	0,5	5	3	1,2	0,2	4
Lahna	4,4	1,2	171	149	4,6	5,7	39
Särki	45,8	5,2	856	135	48,3	28,3	19
Yht	94,9	10,9	3020	389	100	100	32

Vuonna 2020 Littoistenjärven verkkokoekalastuksen yksikkösaalis oli biomassana 3020 g ja yksilömääränä 95 yksilöä verkkoyötä kohden. Särkikalajien biomassaosuus oli 34 %, petoahvenien 47,3 % ja petokalajien 55 % (Taulukko 2).

Taulukko 2. Kalayhteisön rakennetta kuvaavia muuttujia vuoden 2020 verkkokoekalastusten tuloksista laskettuna.

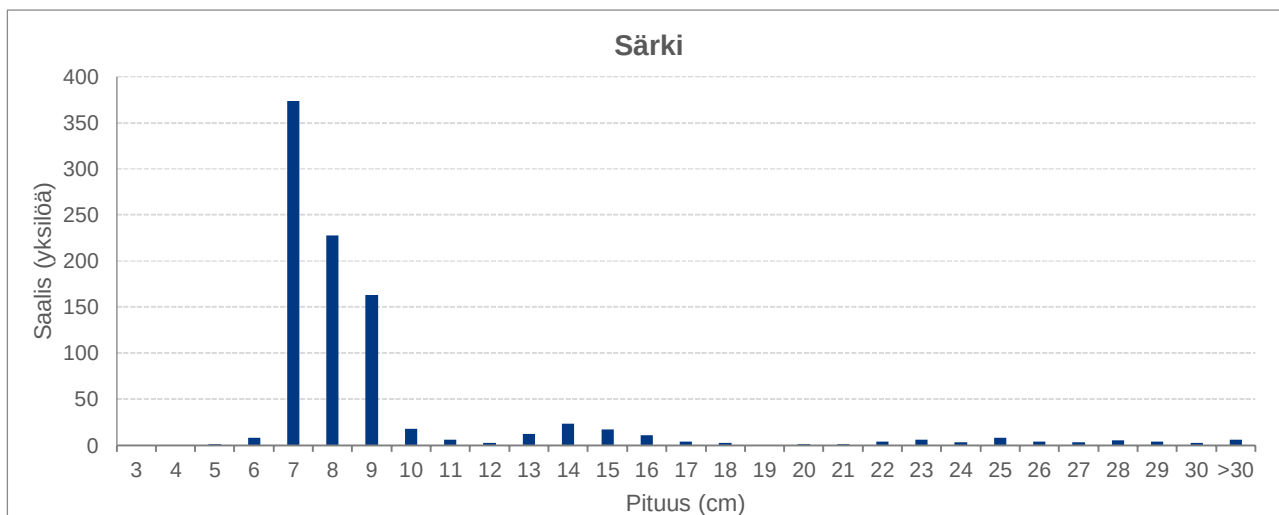
	Osuus kokonaissaaliista (%)	
	Yksilömäärä	Biomassa
Ahvenkalat	38,0	58,0
Särkikalat	61,8	34,4
Petoahvenet (≥15 cm)	11,8	47,3
Hauki	0,3	7,6
Petokalat yhteensä	12,1	54,8

Ahvensaaliissa runsain pituusluokka oli 5 cm (Kuva 1). Saaliissa erottuivat muita runsaimpina myös kokoluokat 10 – 11 cm. Kookkaampia petoahvenia esiintyi saaliissa melko tasaisesti. Suurin saaliiksi ahven oli pituudeltaan 38 cm.



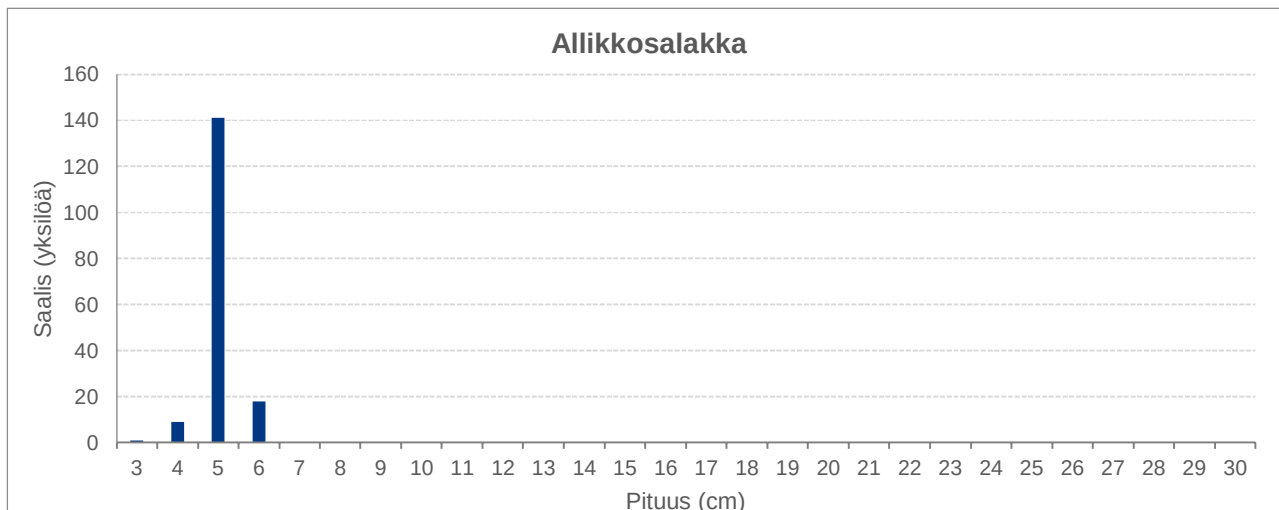
Kuva 1. Ahvensaalis (yksilöä) pituusluokittain (cm) vuonna 2020.

Särkisaaliissa esiintyi selvästi eniten 7 - 9 cm mittaisia yksilöitä. Tätä suurempia särkiä saatiin saaliiksi verrattain vähän, joskin pituusluokat 14-15 cm erottuivat hieman muita runsaampina (Kuva 2). 18 – 21 cm yksilöt puuttuivat saaliista lähes kokonaan. Yli 21 cm mittaisia särkiä esiintyi saaliissa melko tasaisesti aina 30 cm:n mittaan saakka. Suurin saaliiksi saatu särki oli 35 cm mittainen.



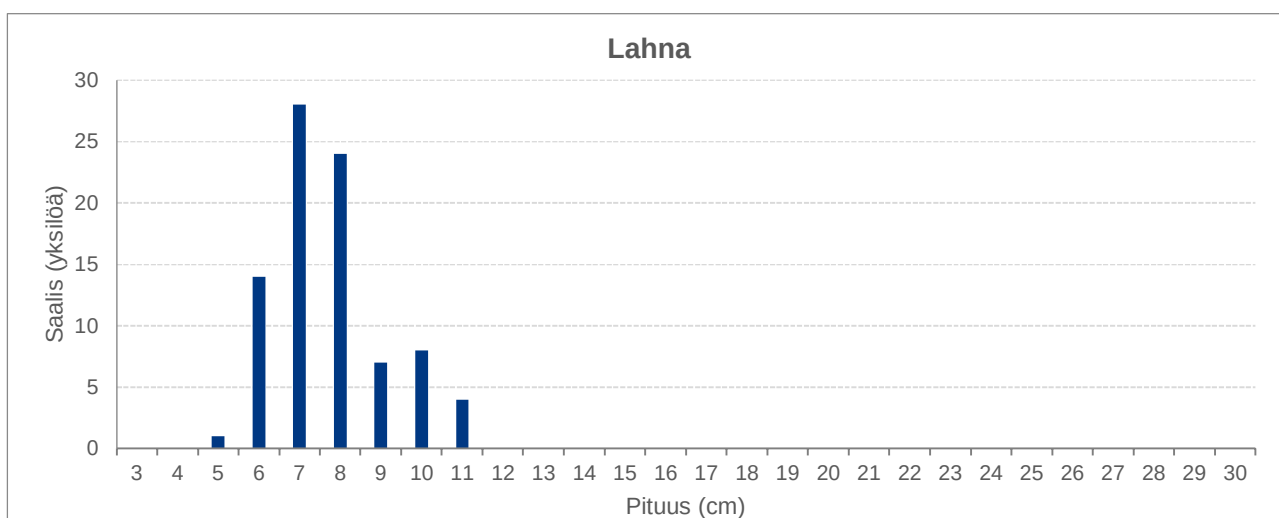
Kuva 2. Särkisaalis (yksilöä) pituusluokittain (cm) vuonna 2020.

Allikkosalakan saalis koostui 3 – 6 cm mittaisista yksilöistä ja selvästi eniten saatiin 5 cm mittaisia yksilöitä (Kuva 3).



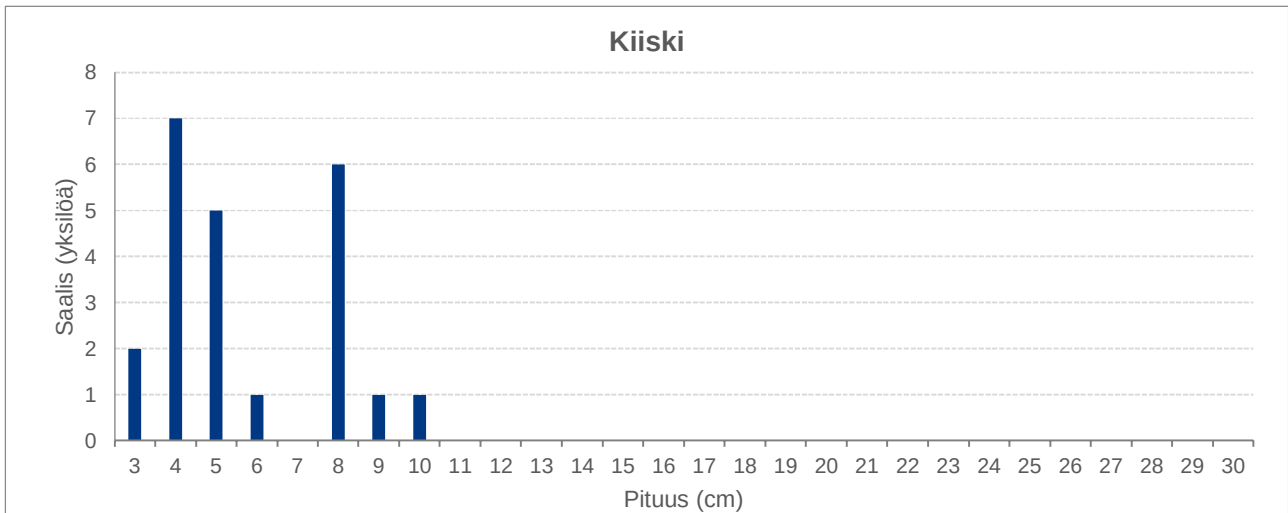
Kuva 3. Allikkosalakkasaalis (yksilöä) pituusluokittain (cm) vuonna 2020.

Nordic-verkkojen lahnasaalis koostui 5 - 11 cm mittaisista yksilöistä. Lahnaverkolla (100 mm) saatiin kuitenkin useita kookkaampia lahnoja (6 kpl 2,1 – 3,5 kg), mikä osoitti järvessä elävän edelleen sukukypsiä lahnoja.



Kuva 4. Lahnasaalis (yksilöä) pituusluokittain (cm) vuonna 2020.

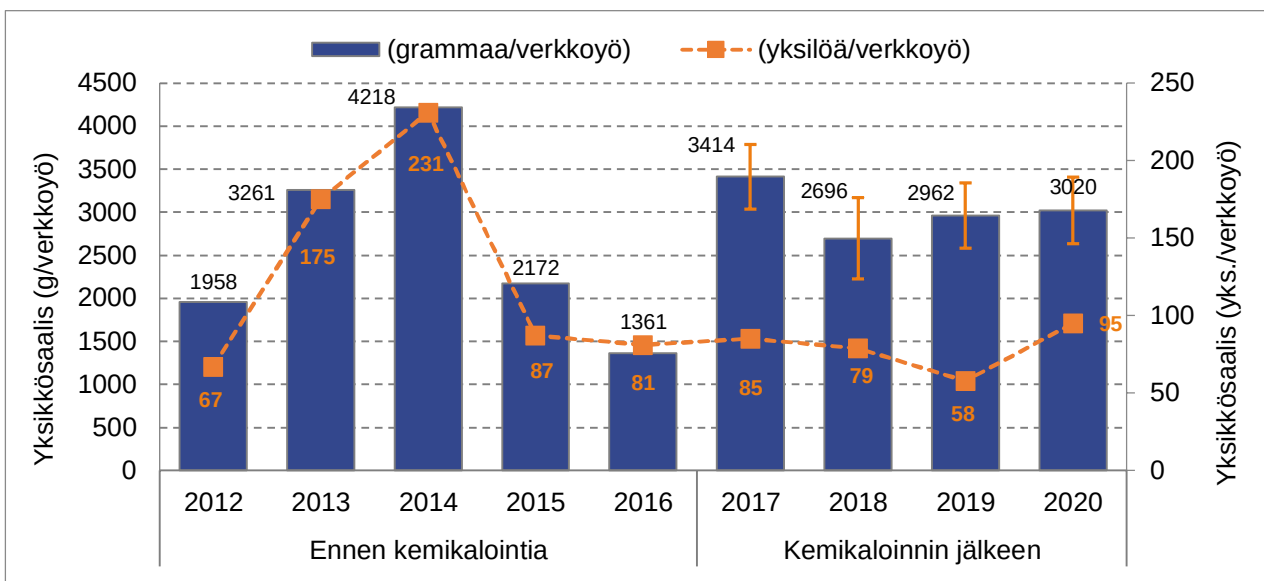
Kiiskisaalis oli melko niukka ja se koostui 3 – 10 cm mittaisista yksilöistä. Selvästi runsaimmat pituusluokat olivat 4 – 5 cm ja 8 cm (Kuva 5).



Kuva 5. Kiiskisaalis (yksilöä) pituusluokittain (cm) vuonna 2020.

3.1.2 Tulosten vuosien välinen vertailu

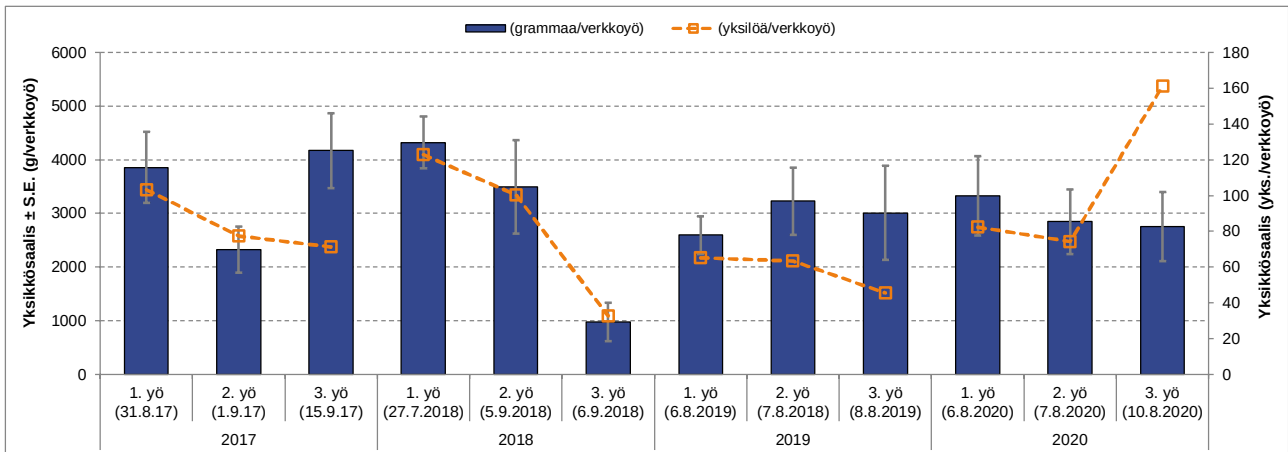
Vuonna 2020 tutkimusverkkojen biomassayksikkösaalis oli edellisvuoden tasoa, mutta lukumääräinen yksikkösaalis oli hieman aiempaa suurempi (Kuva 6). Tähän vaikutti erityisesti kolmannen pyyntiön suuri ahven-, särki- ja allikkosalakkasaalis (Kuva 7). Koekalastus tehtiin vuoden 2019 tapaan kokonaisuudessaan elokuun alkupuoliskolla.



Kuva 6. Littoistenjärven verkkokoekalastusten yksikkösaalis (g/verkkoyö) vuosina 2012 – 2020. Lähteet: Louhesto 2012, Ylönen 2013, Ylönen & Karppinen 2014, 2015, 2016, Alaja 2017.

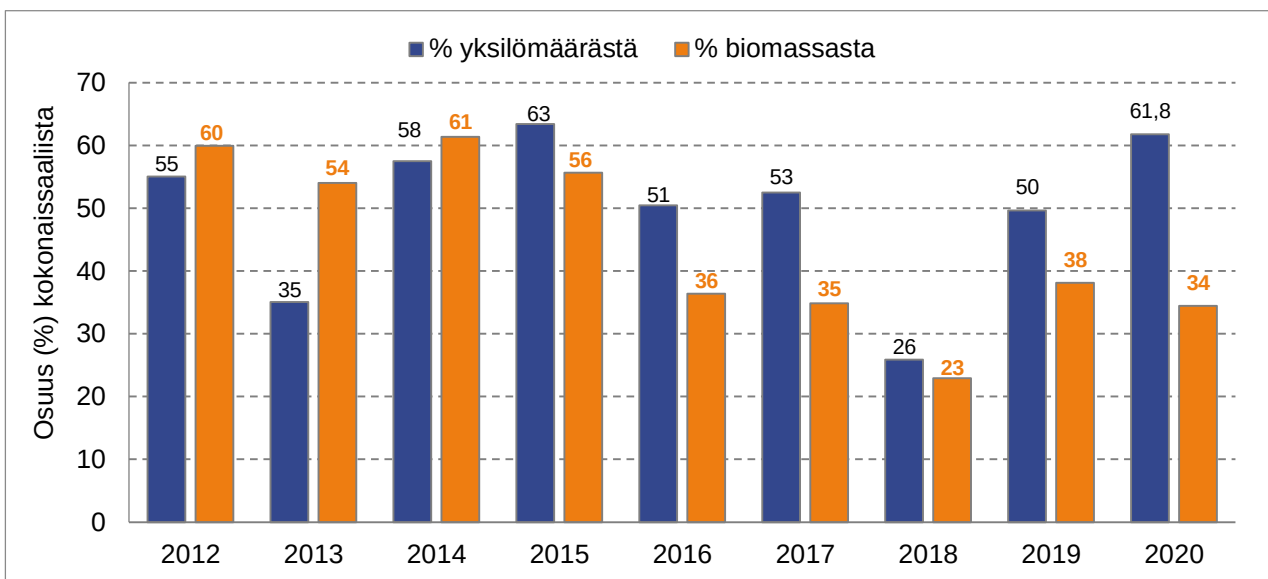
Ennen kemikaalikunnostusta vuosina 2012-2016 biomassayksikkösaaliiden keskiarvo oli 2594 g/verkkoyö ja kemikaalikunnostuksen jälkeen vuosina 2017-2020 keskimäärin 3023 g/verkkoyö. Lukumääräinen yksikkösaalis oli ennen kunnostusta keskimäärin 128 yks./verkkoyö ja kunnostuksen jälkeen 79 yks./verkkoyö. Kesäkuukausien lämpösummat eivät eronneet toisistaan selvästi näiden kahden ajanjakson välillä, mutta kaksi lämpimintä kesää ajoittui vuosille 2018 ja 2020 (Liite 2).

LITTOISTENJÄRVEN KEMIKAALIKUNNOSTUKSEN KALATALOUSTARKKAILU VUONNA 2020



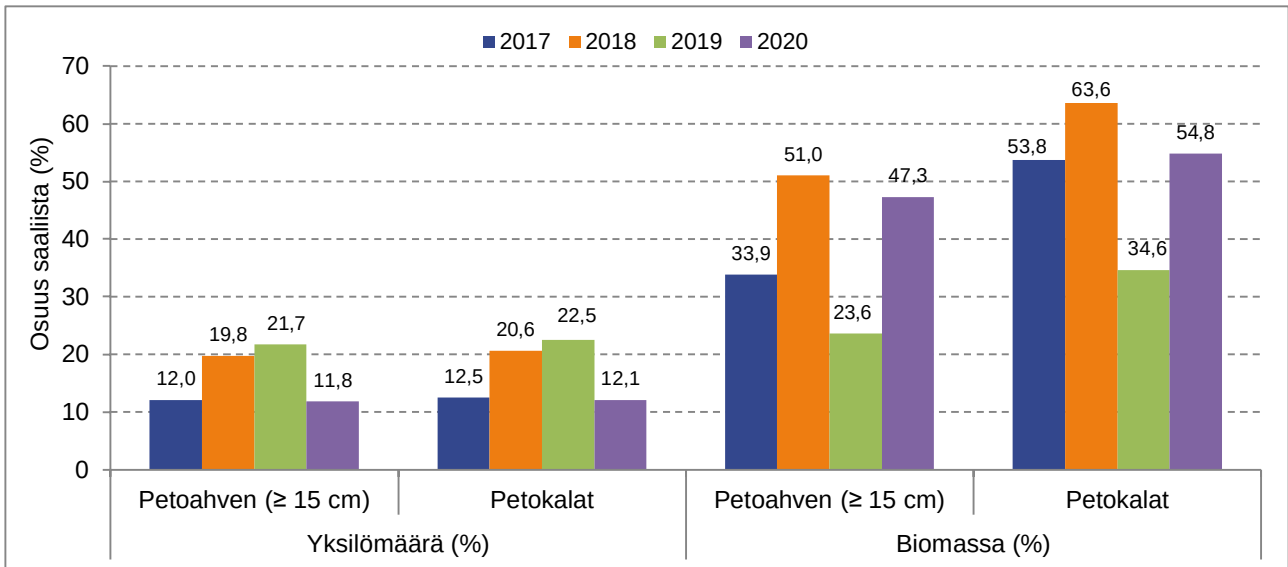
Kuva 7. Littoistenjärven verkkokoekalastuksen biomassayksikkösaalis (g/verkkoyö±keskivirhe) pyyntiöittäin vuosina 2017 - 2020.

Vuonna 2020 särkikalojen biomassaosuus oli suunnilleen edellisvuoden tasolla ja jonkin verran pidemmän aikavälin keskiarvoa alempi (Kuva 8). Särkikalojen biomassa koostui edelleen suurelta osin särjestä (82 %). Särkikalojen lukumääräosuus oli korkeampi kuin edellisvuonna. Se oli myös hieman pitkän aikavälin keskiarvoa suurempi. Kunnostuksen jälkeisinä koekalastusvuosina särkikalojen keskimääräinen yksilömääräosuus on ollut 5 % ja biomassaosuus noin 21 % pienempi kuin kunnostusta edeltävinä vuosina 2012-2016.



Kuva 8. Särkikalojen osuus (%) verkkokoekalastuksen kokonaissaaliista vuosina 2012 – 2020.

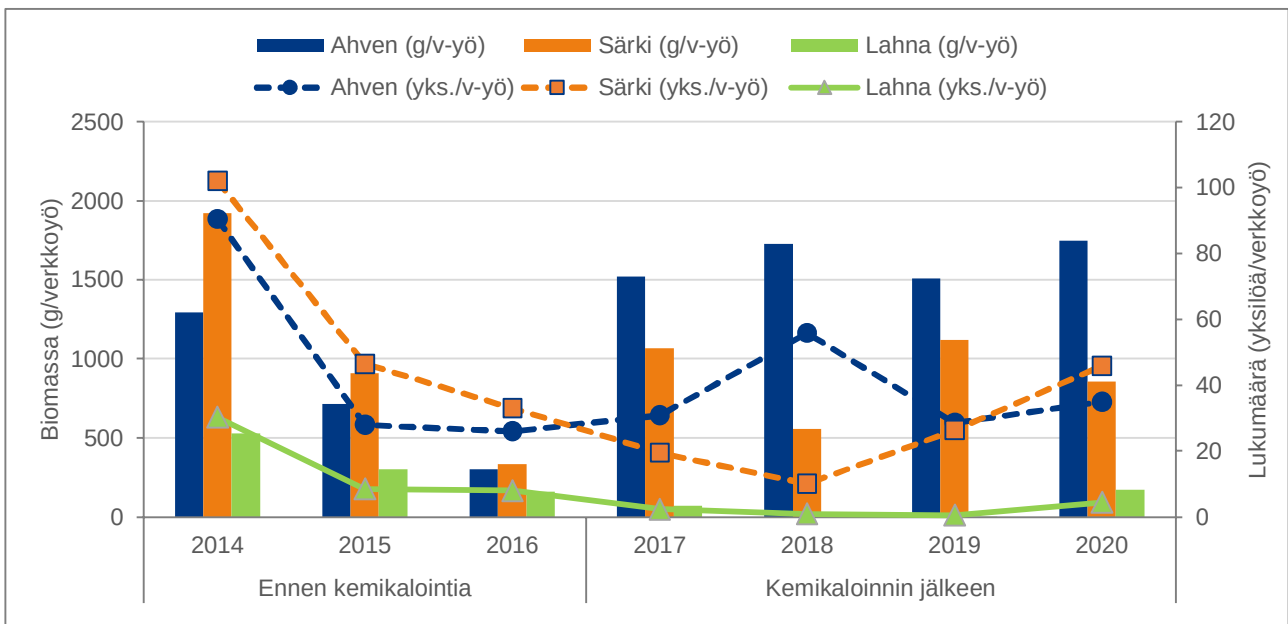
Petoahvenen biomassaosuus kasvoi edellisvuoteen nähden, mutta yksilömääräosuus aleni (Kuva 9). Haukien määrä saaliissa pysyi jokseenkin ennallaan. Petokalojen yhteenlaskettu biomassaosuus oli selvästi edellisvuotta suurempi. Kunnostusta edeltävältä ajalta ei ollut raportoitu tietoa petoahvenien ja petokalojen biomassoista.



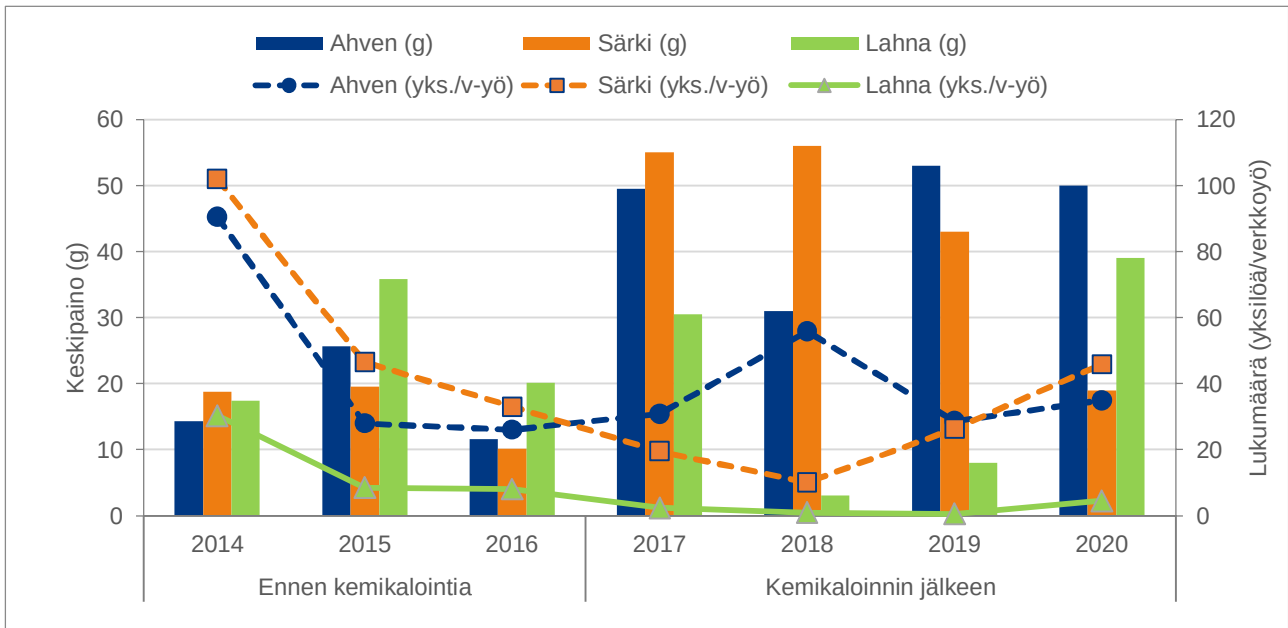
Kuva 9. Petoahvenen ja petokalojen yksilömäärä- ja biomassaosuudet (%) vuosina 2017 - 2020.

Koekalastuksissa ahvenen biomassayksikkösaalis oli kemikalointia edeltävinä vuosina pienempi kuin sen jälkeen (Kuva 10). Ahvensaaliin lukumäärässä kasvu ei ollut yhtä selvää, mutta saalisahvenien keskipaino on kasvanut viime vuosina selvästi (Kuva 11). Särjen osalta muutokset saaliissa ovat olleet samansuuntaisia kuin ahvenella, joskin vuonna 2020 saaliissa esiintyi runsaasti pienikokoisia särkiä. Vuoden 2018 jälkeen särjen keskipaino saaliissa on alkanut uudelleen laskea samalla, kun saaliin lukumäärä on vähitellen kasvanut.

Lahnakannan tilaa voidaan arvioida tutkimusverkoilla ainoastaan suuntaa antavasti. Kemiikaalikäsittelyn aiheuttaman lahnakuoleman vaikutus näkyi koekalastusten saaliissa alentuneina lahnamäärinä. Vuonna 2020 saatiin heikkoja viitteitä lahnakannan runsastumisesta. Pienten lahnojen lukumäärä oli edelleen melko alhainen, mutta silti moninkertainen edeltäviin kahteen vuoteen verrattuna. Lisäksi tutkimusverkkosaaliissa esiintyi ensimmäistä kertaa kunnostuksen jälkeen yksittäinen kookas lahna (3 kg), joita on kuitenkin saatu saaliiksi muutamia yksilöitä vuodessa riimuverkkopyynnissä.

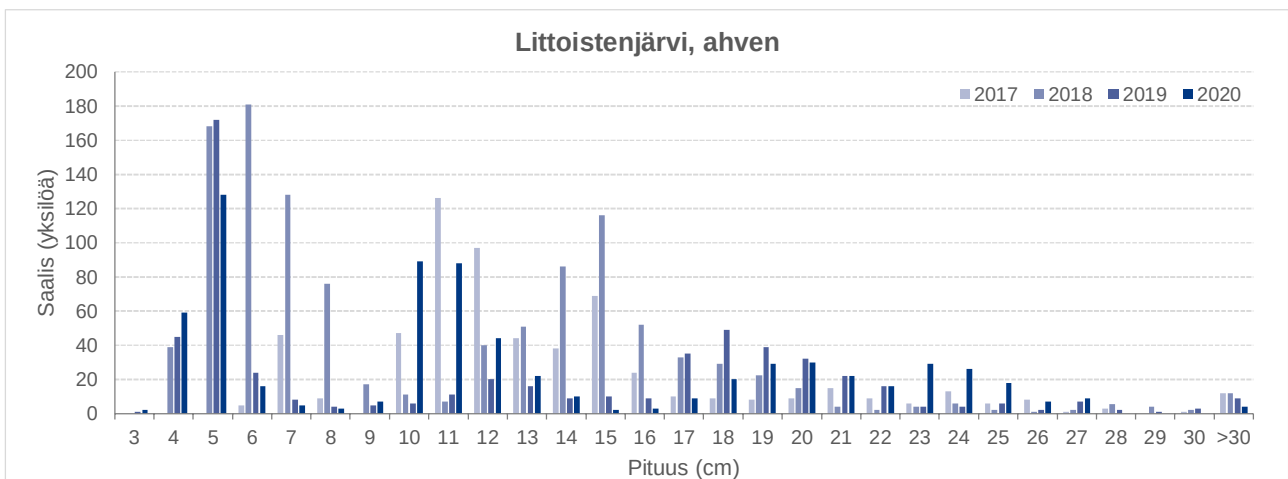


Kuva 10. Ahvenen, särjen ja lahnan yksikkösaalis lukumääränä (yksilöä/verkkoyö) ja biomassana (g/verkkoyö) vuosina 2014 – 2020.



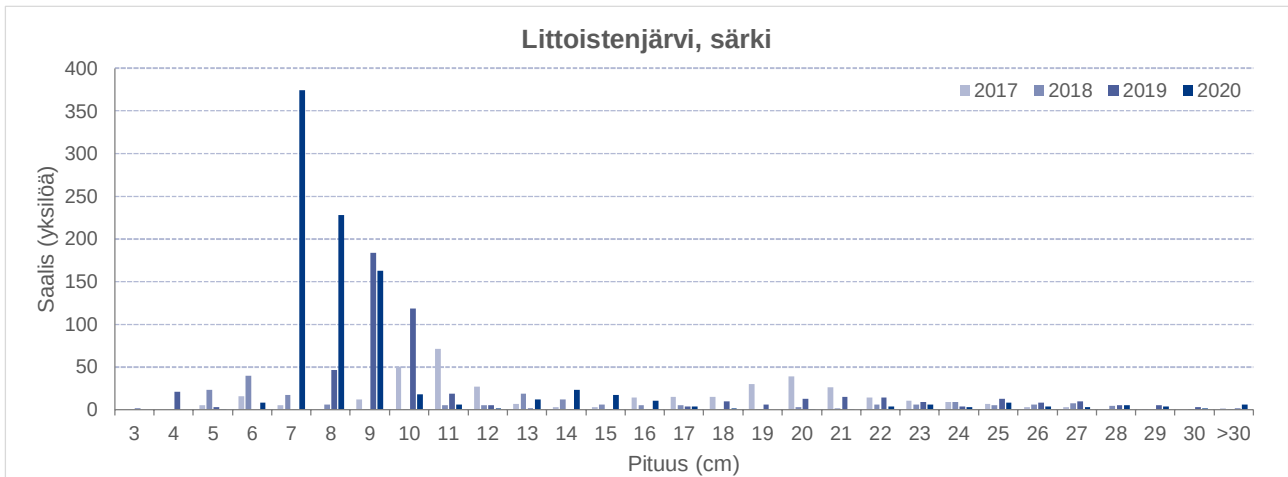
Kuva 11. Kuva. Ahvenen, särjen ja lahnan lukumääräinen yksikkösaalis (yksilöä/verkkoyö) ja kalojen keskipaino (g) vuosina 2014 – 2020.

Vuonna 2020 ahvensaaliin pituusluokissa erottuivat edellisvuotta selvemmin 10 – 11 cm mittaiset yksilöt, mutta 14 - 16 cm ahvenia esiintyi saaliissa edelleen niukasti (Kuva 12). Pituudeltaan 23 – 25 cm petoahvenia esiintyi saaliissa aiempia vuosia enemmän. Poikastuotanto näyttäisi olleen hyvä kaikkina neljänä koekalastusvuonna.



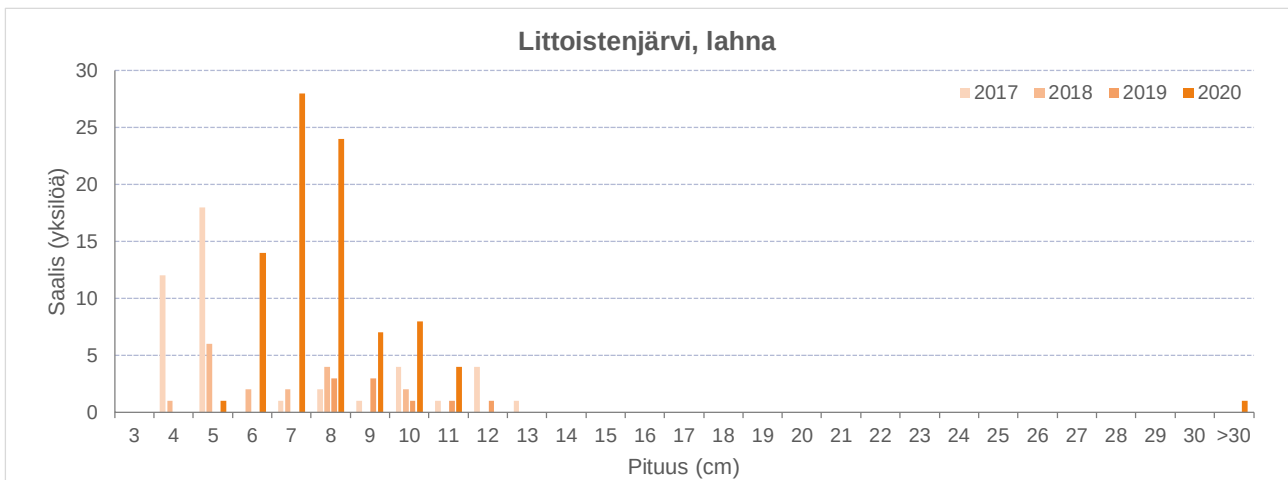
Kuva 12. Ahvenen pituusluokakohtainen (cm) saalis (yksilöä) vuosina 2017 - 2020.

Särkisaaliissa esiintyi selvästi aiempia vuosia enemmän pienikokoisia 7 – 8 cm mittaisia yksilöitä (Kuva 13). Tämä näkyi saaliissa myös aiempaa pienempänä keskipainona.



Kuva 13. Särjen pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuosina 2017 – 2020.

Vuonna 2020 lahnoja saatiin lukumääräisesti enemmän kuin kolmena aiempana koekalastusvuonna. Edelleenkin saaliissa ei esiintynyt juurikaan yli 10 cm mittaisia yksilöitä, joskin poikkeuksen tästä muodosti yksi kookas (60 cm ja 3 kg) lahna (Kuva 14). Lisäksi 100 mm verkolla saatiin kuusi 2,1 – 3,5 kg painoista lahnaa, mikä viittasi siihen, että kookkaampaa lahnaa esiintyy järvestä edelleen aiempien vuosien tapaan.



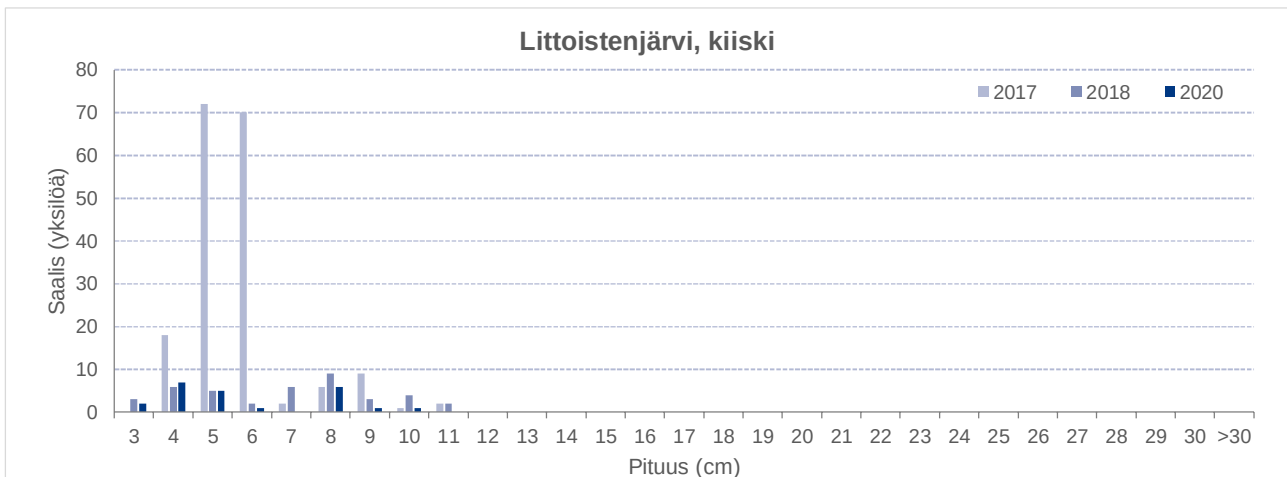
Kuva 14. Lahnan pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuosina 2017 – 2020.

Allikkosalakan saalis kasvoi edellisvuoteen nähden selvästi. Vuonna 2019 kanta näytti olevan jo taantumassa, mutta v. 2020 saaliissa esiintyi jälleen erityisesti 5 cm mittaisia yksilöitä (Kuva 15).



Kuva 15. Allikkosalakan pituusluokkakohtainen saalis (yksilöä) vuosina 2017 – 2020.

Kiiskeä ei saatu vuonna 2019 saaliiksi lainkaan ja edelleen vuonna 2020 kiiski oli saaliissa selvästi harvalukuisempi kuin esimerkiksi vielä vuonna 2018 (Kuva 16).



Kuva 16. Kiisken pituusluokkakohtainen saalis vuosina 2017, 2018 ja 2020.

4. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄ

Vuonna 2020 Littoistenjärven koekalastukset tehtiin elokuun alkupuoliskolla kesäisissä olosuhteissa. Koekalastuksen yksikkösaalis oli rehevälle vesistölle tyypillisesti suhteellisen korkea. Saaliissa valtalajeina olivat lukumäärien perusteella särki ja ahven. Särki oli saaliissa ahventa runsaslukuisempi, mutta sen biomassassa oli huomattavasti ahventa pienempi. Allikkosalakkaa esiintyi saaliissa kohtalaisesti. Muita saalislajeja olivat lahna, kiiski ja hauki.

Littoistenjärven tilassa on havaittu jo ennen kemikaalikunnostusta voimakasta vaihtelua. Osaltaan tämä on näkynyt myös järven kalakannoissa. Kemikaalikunnostuksen jälkeen vuonna 2017 järvessä havaittiin lahnakuolemia, mikä epäilemättä harvensi ainakin jonkin verran kutevaa lahnakantaa. Vuonna 2020 koekalastuksen saaliissa esiintyi pienempää lahnaa edellisvuosia enemmän, mikä saattaa viitata lahnakannan vähittäiseen runsastumiseen.

Petoahvenen määrä oli Littoistenjärvessä edelleen kiitettävällä tasolla. Näyttäisi siltä, että ahven on jossakin määrin hyötynyt kemikaalikunnostuksesta veden kirkastumisen ja elintilan vapautumisen

myötä. Hauen määrä saaliissa on pysytellyt vuosina 2017 – 2020 likimain samalla tasolla. Tutkimusverkoilla ei saada yleensä kovin hyvää käsitystä haukikannasta. Ekologisen tilan luokittelun 1. luokittelukierroksen luokkarajojen perusteella petomaisten ahvenkalojen biomassaosuus on ollut vuosina 2017 – 2020 selvästi parempi kuin MVh-typin vertailujärvissä keskimäärin, mikä indikoi muuttujan osalta erinomaista tilaa (Vuori ym. 2009). Hyvä petokalakanta voi jossakin määrin estää särkikalajien runsastumista ja vähentää hoitokalastuksen tarvetta, mikäli särkikalasto ei ole voimakkaasti lahnavahtainen.

Särkien lukumäärä on kasvanut koekalastusten saaliissa kahtena vuonna peräkkäin, mikä ei ole kuitenkaan näkynyt vastaavana muutoksena saaliin biomassassa. Särkien keskipaino näyttäisi jonkin verran pudonneen aiempaan nähden, mikä viittaa kannan ikärakenteen vähittäiseen nuortumiseen.

Kiiskiä ei saatu vuonna 2019 lainkaan saaliiksi ja edelleen vuonna 2020 kiiskisaalis oli niukka. Kiiskikannan harventuminen näyttäisi tapahtuneen kaikissa kokoluokissa.

Allikkosalakan saalis oli suurimmillaan heti kemikaalikunnostuksen jälkeen vuonna 2017 (440 kpl). Tämän jälkeen saalis pieneni ollen alimmillaan vuonna 2019 (37 kpl). Vuonna 2020 allikkosalakoita esiintyi saaliissa jälleen kohtalaisesti (169 kpl). Yleensä allikkosalakka viihtyy pienissä, muutoin kalattomissa lammikoissa. Ei tiedetä hyötykö allikkosalakka esimerkiksi runsaasta vesikasvillisuudesta, jonka turvin se voisi välttää mm. petokalajoja. Littoistenjärvessä allikkosalakka on alttiina ainakin ahvenien ja haukien saalistukselle.

Verkkokoekalastusten tulosten pohjalta voidaan arvioida suuntaa antavasti vesistön ekologista tilaa. Nykyisin kalastopohjaisen ekologisen tilan arvio hyödyntää neljää kalastomuuttujaa: yksikkösaalis (g/verkkoyö), yksikkösaalis (yks./verkkoyö), särkikalajien biomassaosuus (%) ja indikaattorilajien esiintyminen (Aroviita ym. 2019). Ensimmäisellä luokittelukierroksella myös petomaisten ahvenkalajien biomassaosuudelle oli määritetty vertailutila ja luokkarajat (Vuori ym. 2009).

Vuosien 2017 - 2020 koekalastusten pohjalta arvioituna Littoistenjärven ekologista tilaa voidaan pitää epävirallisesti lähinnä tyydyttävänä (Liite 3). Järvityypin MVh (matalat vähähumuksiset järvet) vertailujärvissä koekalastuksen biomassayksikkösaaliit ovat olleet melko pieniä (<1 kg/verkkoyö), joten Littoistenjärven viime vuosien biomassayksikkösaaliit (2,7 – 3,4 kg/verkkoyö) ilmensivät keskimäärin huonoa tilaa. Yksikkömääräinen yksikkösaalis ilmensi tyydyttävää tilaa, joskin vuonna 2020 tilanne heikkeni edeltäviin vuosiin nähden. Särkikalajien biomassaosuus ilmensi kaikkina vuosina erinomaista tilaa. Vuonna 2020 särkikalajoja esiintyi kuitenkin yksilömääräisesti verrattain runsaasti, mikä saattaa näkyä lähivuosina myös särkikalabiomassan kasvuna.

Indikaattorilajimuuttuja on ekologisen tilan luokittelun kannalta hieman työläämmiin määritettävissä, koska sen arvioinnissa tulisi hyödyntää kaikkea vesistöstä kerättyä kalastotietoa. Littoistenjärvessä ei kuitenkaan esiintyne vaikeasti pyydettävissä olevia lisäpisteitä antavia kalalajeja, joten arvioinnin voinee tehdä yksinomaan koekalastusten pohjalta. Alle 200 ha:n laajuisissa vesistöissä indikaattorilajimuuttuja saa arvon hyvä, jos järvessä on luontaiseen lisääntymiseen perustuva kanta ahvenesta ja/tai hauesta ja/tai särjestä eikä kannoissa ole havaittavissa lisääntymishäiriöitä (Aroviita ym. 2019). Näyttäisi siltä, että kemikaalikunnostuksen jälkeen em. lajien lisääntymisessä ei ole ollut normaalia poikkeavaa vaihtelua. Hauenkin osalta tilanne lienee samanlainen, vaikka verkkokoekalastus ei yksistään anna sen kannan tilasta selvää kuvaa.

Kokonaisuutena näyttäisi siltä, että kemikaalikunnostus ei ole vaikuttanut ainakaan haitallisesti Littoistenjärven kalakantoihin tai kalatalouteen. Tilanne ei ole kuitenkaan stabiili ja tulevaisuudessa järven tilan ylläpitäminen tai kohentaminen vaatii edelleen hoitotoimenpiteitä, kuten ajoittaista särkikaloihin kohdistuvaa poistokalastusta. Tilannekuvan säilyttäminen ja hoitotoimenpiteiden suunnittelu edellyttää myös jatkossa seurantatietoa, jota tulisi kerätä kalaston osalta säännöllisesti koekalastusten sekä kalojen ikä- ja kasvunäytteiden avulla.

VIITTEET

- Alaja, H. 2017. Littoistenjärven kalataloudellinen velvoitetarkkailu vuonna 2017. Nab Labs Oy. Tutkimusraportti 214 / 2017.
- Alankomaa, T. & Vepsäläinen, M. 2017. Vesistön ja kalaston tarkkailusuunnitelma. Täydennykset ja tarkennukset. Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta. Vahanen Environment Oy. ENV1107.
- Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskus. Ympäristökeskuksen raportteja 37/2019.
- Louheho, P. 2012. Littoistenjärven koekalastukset vuonna 2012. Turun yliopisto.
- Ylönen, O. 2013. Littoistenjärven verkkokoekalastukset (kesäkuu ja syyskuu) vuonna 2013. Lounais-Suomen kalastusalue. 5 s.
- Ylönen, O. & Karppinen, C. 2014. Littoistenjärven verkkokoekalastukset (kesäkuu ja elokuu) vuonna 2014. L-S Kalatalouskeskus ry. 10 s.
- Ylönen, O. & Karppinen, C. 2015. Littoistenjärven verkkokoekalastus vuonna 2015. L-S Kalatalouskeskus ry. 10 s.
- Ylönen, O. & Karppinen, C. 2016. Littoistenjärven verkkokoekalastus vuonna 2016. L-S Kalatalouskeskus ry. 9 s.
- Olin, M., Lappalainen, A., Sutela, T., Vehanen, T., Ruuhijärvi, J., Saura, A. & Sairanen, S. 2014: Ohjeet standardinmukaisiin koekalastuksiin. - RKTL:n työraportteja 21/2014: 1-14 + liitteet.
- Sarvala, J. 2018. Littoistenjärven tila kemiallisen kunnostuksen jälkeen –syksyn 2018 tilanne. Esitelmä. Lieto, Villa Järvelä 19.12.2018. Ladattu 18.2.2019 osoitteesta: http://www.littoistenjarvi.fi/wp-content/uploads/2019/01/Littoistenj%C3%A4rven-tila-2017-2018_netiversio.pdf
- Sammalkorpi, I. 2020. Littoistenjärven ravintoketjun hoitosuunnitelma 2020-2022. 18 s. Ladattu 9.12.2020 osoitteesta: http://www.littoistenjarvi.fi/wp-content/uploads/2013/06/Sammalkorpi_Litsaistus_Hoitokalastussuunnitelma-2020_11_29.pdf
- Vuori, K.-M., Mitikka, S. & Vuoristo, H. (toim.) 2009. Pintavesien ekologisen tilan luokittelu. Osat I-II. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2009. Suomen ympäristökeskus. 120 s.

Liite 1. Verkkokoekalastusten kuvailulomakkeet ja pyyntipaikkojen sijainti vuonna 2020.

Havaintoalue Littoistenjärvi, Lieto, 82V043.1.001 Littoistenjärvi, 145,363 ha, ETRS-TM35FIN: 6710873 - 246592 Korjaa Verkot			▶ Lisätietoa 						
Perustiedot Lasku 5.8.2020 19:30:00 Nosto 6.8.2020 8:00:00 Pyynnin kesto 12:30 Koekalastajan nimi Hanna Enroth & Lotta Hollmen Koekalastajan organisaatio Eurofins Ahma Oy Hanke Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloudellinen velvoitetarkkailu - Velvoitetarkkailu Vedenlaatuhavainnot Veden lämpötila 20,7 [°C] Sää Syvyysvyöhykkeet Standardit syvyysvyöhykkeet: 0-3 m 3-10 m 10-20 m 20- m Lisätieto Tiedot tarkistettu Kyllä Ylläpitäjäorganisaatio Eurofins Ahma Oy									
Pyyntiponnistuksen vyöhykkeittäinen jakautuminen <table border="1"> <thead> <tr> <th>Syvyysvyöhyke</th> <th>Vertikaalivyöhyke</th> <th>Verkkoöiden lkm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-3 m</td> <td>pohja</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>			Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm	0-3 m	pohja	8	
Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm							
0-3 m	pohja	8							

Havaintoalue Littoistenjärvi, Lieto, 82V043.1.001 Littoistenjärvi, 145,363 ha, ETRS-TM35FIN: 6710873 - 246592 Korjaa Verkot			▶ Lisätietoa 						
Perustiedot Lasku 6.8.2020 19:40:00 Nosto 7.8.2020 8:00:00 Pyynnin kesto 12:20 Koekalastajan nimi Hanna Enroth & Lotta Hollmen Koekalastajan organisaatio Eurofins Ahma Oy Hanke Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloudellinen velvoitetarkkailu - Velvoitetarkkailu Vedenlaatuhavainnot Veden lämpötila 21 [°C] Sää Syvyysvyöhykkeet Standardit syvyysvyöhykkeet: 0-3 m 3-10 m 10-20 m 20- m Lisätieto Tiedot tarkistettu Kyllä Ylläpitäjäorganisaatio Eurofins Ahma Oy									
Pyyntiponnistuksen vyöhykkeittäinen jakautuminen <table border="1"> <thead> <tr> <th>Syvyysvyöhyke</th> <th>Vertikaalivyöhyke</th> <th>Verkkoöiden lkm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-3 m</td> <td>pohja</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>			Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm	0-3 m	pohja	8	
Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm							
0-3 m	pohja	8							

Havaintoalue Littoistenjärvi, Lieto, 82V043.1.001 Littoistenjärvi, 145,363 ha, ETRS-TM35FIN: 6710873 - 246592 Korjaa Verkot			▶ Lisätietoa 						
Perustiedot Lasku 9.8.2020 20:10:00 Nosto 10.8.2020 8:15:00 Pyynnin kesto 12:05 Koekalastajan nimi Hanna Enroth & Lotta Hollmen Koekalastajan organisaatio Eurofins Ahma Oy Hanke Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloudellinen velvoitetarkkailu - Velvoitetarkkailu Vedenlaatuhavainnot Veden lämpötila 23 [°C] Sää Sää 9.8.2020: ilma +22, NW 5 m/s, pilv. 2/8 Sää 10.8.2020: ilma +17, NE 3 m/s, pilv. 0/8, vesi +21, Syvyysvyöhykkeet Standardit syvyysvyöhykkeet: 0-3 m 3-10 m 10-20 m 20- m Lisätieto Tiedot tarkistettu Kyllä Ylläpitäjäorganisaatio Eurofins Ahma Oy									
Pyyntiponnistuksen vyöhykkeittäinen jakautuminen <table border="1"> <thead> <tr> <th>Syvyysvyöhyke</th> <th>Vertikaalivyöhyke</th> <th>Verkkoöiden lkm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-3 m</td> <td>pohja</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>			Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm	0-3 m	pohja	4	
Syvyysvyöhyke	Vertikaalivyöhyke	Verkkoöiden lkm							
0-3 m	pohja	4							

Liite 2. Vuorokauden keskimääräisistä ilman lämpötiloista lasketut kesä-syyskuun lämpösummat Turun Artukaisten mittauspisteellä vuosina 2012 – 2020. Taulukossa ajanjakson keskimääräistä viileämmät kuukaudet sinisellä ja lämpimämmät kuukaudet punaisella fontilla. Lähde: Ilmatieteen laitos, avoin data, 21.10.2020

Vuosi	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Yht.
2012	399	545	502	361	1807
2013	517	550	535	362	1964
2014	415	639	557	382	1993
2015	400	506	533	381	1820
2016	470	560	501	388	1919
2017	418	511	503	356	1788
2018	460	665	568	413	2106
2019	527	551	534	350	1962
2020	566	507	542	406	2020
Keskiarvo 2012-2019	451	566	529	374	1920
Erotus 2020 – 2012-2019	115	-59	13	32	100
Keskiarvo 2012-2016	440	560	526	375	1901
Keskiarvo 2017-2020	493	558	537	381	1969
Erotus 2012-2016 – 2017-2020	53	-2	11	6	68

Liite 3. Epävirallinen arvio Littoistenjärven ekologisesta tilasta vuosien 2017 – 2020 verkkokoekalastusten tulosten perusteella.

	Biomassa (g/verkkoyö)	Yksilömäärä (yks./verkkoyö)	Särkikalat (biomassa-%)	*Petom.ahv. (biomassa-%)
Luokkarajat ja vertailutila (MVh)				
E/HY	1895	61,5	46,9	16
Hy/T	2105	69,9	52,7	12
T/V	2367	81	60,2	8
V/Hu	2704	96,3	70,1	4
HuAlar	3153	118,6	84	-
Vertailutila	988	53,4	38,9	21
Koekalastushavainnot				
v. 2020	3020	94,9	34,4	47
v. 2019	2962	57,7	38,1	24
v. 2018	2696	78,9	22,9	53
v. 2017	3414	84,7	34,8	35
Koekalastusten keskiarvo	3023	79,1	32,6	40
Laatuluokka	Huono	Tyydyttävä	Erinomainen	Erinomainen
Indikaattorilajit	**Hyvä			
Ekologisen tilan kokonaisarvio	Tyydyttävä			

* Petomaisten ahvenkalojen biomassaosuuden luokkarajat käytössä 1. luokittelukierroksella (Vuori ym. 2009), ei huomioitu tässä kokonaisarviossa.

** Indikaattorilajit, hyvä tila (<200 ha järvet): Luonnolliseen lisääntymiseen perustuva kanta ahvenesta ja/tai hauesta ja/tai särjestä eikä kannoissa ole havaittavissa lisääntymishäiriöitä. Arviossa oletettu, että Littoistenjärvessä ei esiinny vaatelaita lisäpisteitä antavia kalalajeja.

LIITE 5

Hoitokalastus Littoistenjärven kunnostushankkeessa 2017-2020 saavutetun tilan ylläpitämisessä

Hoitokalastus Littoistenjärven kunnostushankkeessa 2017-2020 saavutetun tilan ylläpitämisessä



Littoistenjärven hoitokunnalle
15.12.2020
Ilkka Sammalkorpi

Sisällys

Hoitokalastus Littoistenjärven kunnostushankkeessa 2017-2020 saavutetun tilan ylläpitämisessä.....	1
1. Tausta	3
2. Hoitokalastuksen tarve ja kohdelajit	3
2.1. Särki	5
2.2. Ahven	5
2.3. Lahna	6
2.4. Allikkosalakka	7
3. Hoitokalastuksen tavoitteet ja perustelut.....	7
4. Tavoitesaaliit ja menetelmät	7
4.1. Saalistavoite.....	7
4.2.1. Syysparveutuminen ja ojapyynti	9
4.2.2. Isorysäpyynnit.....	12
4.2.3. Syöttikatiskat	13
4.2.4. Avovesialueen nuottoaus	14
4.2.5. Kokeelliset menetelmävaihtoehdot	15
4.3. Vesilintujen merkitys ja vaikutus	15
5. Hoitokalastuksen toteutussuositukset	16
6. Yhteenveto	17
7. Lähdeviitteet.....	18

1. Tausta

Tässä Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunnan tilaamassa suunnitelmassa esitetään Littoistenjärven kunnostushankkeen jälkeisen hoitokalastuksen tavoitteita ja reunaehtoja sekä kalojen, erityisesti särkikalojen määrän kasvua rajoittavia toimenpiteitä, joita tulevien vuosien aikana voisi ja kannattaisi sinileväkukintojen rajoittamiseksi ja kalaston ahvenvaltaisen tilan ylläpitämiseksi toteuttaa sekä perusteluja toimenpiteiden valinnalle ja mitoitukselle.

Littoistenjärvi on tullut 1990- ja 2000-luvulla tunnetuksi vesirutto-ongelmistaan ja sisäisestä kuormituksestaan (Sarvala 2005, 2020). Se edustaa vesienhoidon järviluokittelussa matalien vähähumuksisten järvien tyyppiä (MVh) ja ekologisesti matalaa järveä, jolle sekä uposkasvivaltaisuus ja kirkas vesi että leväkukinnat ja samea vesi ovat mahdollisia ja vaihtoehtoisia tasapainotiloja (Scheffer ym. 1993, Sarvala 2016). Vesirutto-ongelman jäätyä taka-alalle, on sisäinen kuormitus kesän aikana nostanut 2000-luvulla fosforipitoisuuksia usein 3 – 4 kertaiseksi kevään pitoisuudesta ja ruokkinut sinileväkukintoja. 2010-luvulla, päädyttiin sisäistä kuormitusta vähentävänä kunnostustoimenpiteenä järven käsittelyyn alumiinikloridilla. Ulkoinen kuormitus oli jo matalalla tasolla, hapettamisella tai hoitokalastuksella ei arvioitu kokemusten perusteella olevan mahdollista saavuttaa vastaavaa sisäisen kuormituksen vähenemistä. (Sarvala 2016, Sarvala ym. 2020). Alumiinin ja fosforin sidos pitää, jos järvi talvella tai kesähelteellä kerrostuu tilapäisesti, happipitoisuus laskee ja sedimentin pinta pelkistyy. Samoissa olosuhteissa rautaan sitoutunutta fosforia vapautuu. Levien tai vesikasvien yhteyttämisen aiheuttama pH:n nousu voi kuitenkin vapauttaa sekä alumiiniin että rautaan sitoutunutta fosforia.

Keväällä 2017 tehdyn alumiinikloridikäsittelyn jälkeen ovat Littoistenjärven ravinnepitoisuudet ja levämäärät ovat olleet pääosin matalia, sinilevien esiintyminen on ollut vähäistä ja lyhytaikaista. Vesi on ollut kirkasta aikaisempiin vuosiin verrattuna ja ”sameimmillaankin” näkösyvyys on yleensä ollut metristä puoleentoista. Valo on esimerkiksi loppukesällä 2020 ulottunut pohjaan saakka suurella osalla järven pinta-alasta, kun näkösyvyys on ollut yli 2 metriä. Syksyisin näkösyvyys on ollut jopa 2.5 m.

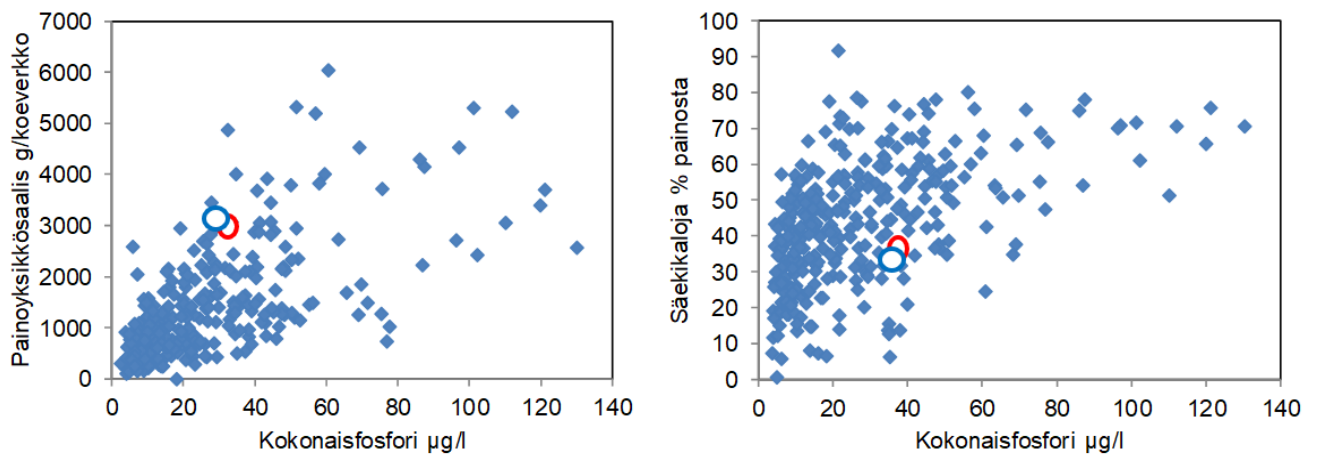
Taulukko 1. Littoistenjärvi numeroina.

Pinta-ala, ha	145
Keskisyvyys, m	2,2
Suurin syvyys, m	3,0
Rantaviivan pituus, km	35,6

Kalaston seuranta Nordic-koekalastusverkoilla on aloitettu 1993 (Sarvala 2005, Sarvala ym. 2020). Suuri kalatiheys, lähinnä särkiä ja pieniä ahvenia, on etenkin 2000-luvulla rajoittanut isojen leviä syövien vesikirppujen esiintymistä, levämäärä on ollut fosforipitoisuuteen verrattuna suuri ja kalasto on osittain vaikuttanut sisäiseen kuormitukseen. Littoistenjärven kunnostushankkeessa on alumiinikloridikäsittelyn jälkeen jatkettu kalaston, kasviplanktonin ja eläinplanktonin seurantaa vuosittain (Sarvala 2020, Sarvala ym. 2020, Eurofins 2018, Alaja 2019, 2020).

2. Hoitokalastuksen tarve ja kohdelajit

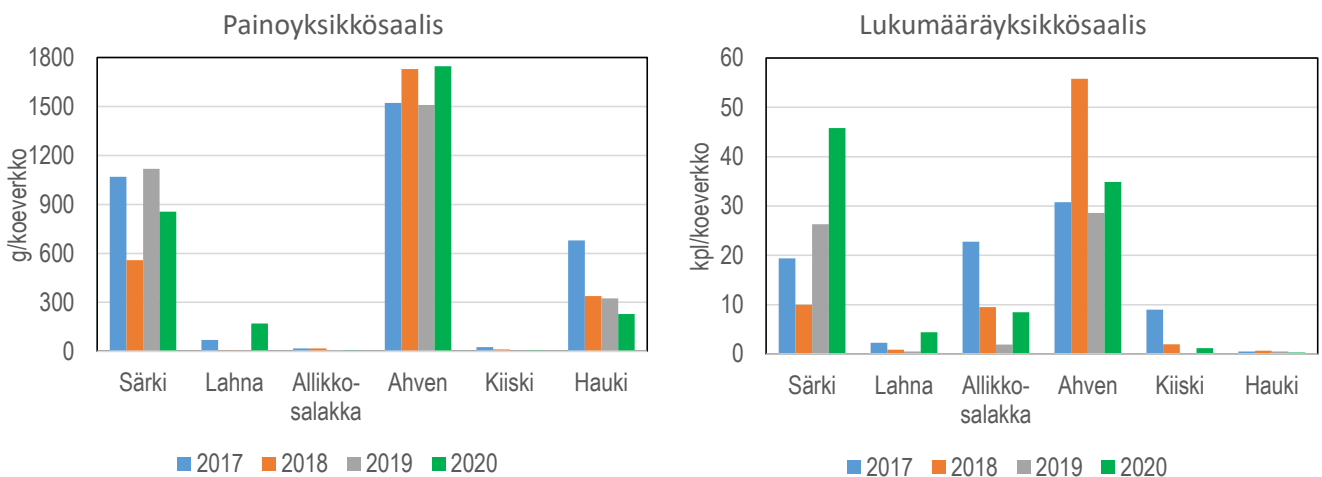
Kevään 2017 kemikaalikäsittely poisti Littoistenjärveä 2010-luvulla vaivanneet pahat sinileväkukinnat. Järven tila parani välttävästä tyydyttävään (VARELY 2019). Hoitokalastuksella voi tukea alumiinikloridikäsittelyn jälkeen saavutetun virkistyskäyttöarvon säilymistä sekä vesienhoidon luokittelun ekologisen tilan edelleen paranemista nykyisestä tyydyttävästä hyvään. Matalan, vähähumuksisen järven hyvää tilaa edustava fosforipitoisuus on enintään 25 µg/l, klorofyllipitoisuus 8 µg/l. Littoistenjärven nykyinen fosforitaso, 20 – 30 µg/l ja klorofyllitaso edustavat vesienhoidon ekologisen luokittelun hyvää tai tyydyttävää tilaa. Suomen järvien sinilevistä tehdyn yhteenvedon mukaan sinileväkukintoja alkaa esiintyä vähähumuksisissa järvissä runsaammin jo Littoistenjärven nykyisellä fosforipitoisuuden tasolla (Vuorio ym. 2020). Ylläpitävällä planktoninsyöjien, ensisijaisesti särjen, mahdollisesti allikkosalakan ja ahvenen tai lahnan keväällä syntyneiden 0+ poikasten määrän rajoittamisella pyritään vähentämään sinileväkukintojen palaamisen edellytyksiä niiltä osin kuin se on kalaston rakennetta säätelemällä mahdollista. Särkikalakannan rajoittaminen myös vähentää niiden ravinnonoton ja pohjan tonkimisen lisäämää ravinteiden sekoittumista sedimentistä aallokon vaikutuksesta (Scheffer ym. 2003).



Kuva 1. Littoistenjärven koekalastuksien yksikkösaalis (vasen) ja särkikalojen osuus koekalastussaaliin painosta (oikea) verrattuna veden kokonaisfosforipitoisuuteen. Punainen= 2019 ja sininen = 2020 (Alaja 2019 ja 2020). Muut pisteet edustavat vesienhoidossa ja muissa seurannoissa tehtyjen Nordic-koeverkkokalastuksen tuloksia (vesienhoidon seuranta-aineisto LUKE & SYKE).

Littoistenjärvi ei ole tyypillinen hoitokalastuksen kohde. Sen ekologinen tila nousi kunnostuksella välttävistä tyydyttävään, kalasto on kemikaalikäsittelyn jälkeen ollut petokalavaltainen, joskin edustaa vielä tyydyttävää ekologista tilaa (Alaja 2020) ja särjen painoyksikkösaalis on edelleen 2010-luvun alkuvuosien tasoa (Sarvala 2020). Koekalastuksen painoyksikkösaalis oli 2020 suuri, 3020 g/koeverkko (kuva 1). Se edustaa huonoa ekologista tilaa, mutta koostuu pääosin ahvenista (kuva 2). Myös haukikanta on koekalastuksen perusteella vakaa (kuva 2) ja petokalojen nykyinen osuus koeverkkosaaliin biomassasta on 54.8 % (Alaja 2020). Haukikannan voimistaminen istutuksella ei välttämättä tuottaisi merkittävää lisää järven oman haukikannan poikastuottoon (Westermarck 2019).

Särkikalojen biomassaosuus on pieni (kuva 1) ja edustaa erinomaista tilaa (taulukko 2). Lukumäärän yksikkösaalis oli kohtalaisen suuri, 95 kpl/koeverkko, ja edustaa täpärästi välttävää tilaa. Särki on lukumäärän mukaan runsain laji ja sen lukumäärä on ollut kasvussa. Särkikalojen painoyksikkösaalis on ollut edelleen korkeahko yli 1 kg/koeverkko. Se on keskikoon pienenemisen myötä laskenut v. 2020, mutta lahnan painoyksikkösaalis on kasvanut (kuva 2).



Kuva 2. Littoistenjärven kunnostushankkeen kalastoseurannan yksikkösaaliit Nordic-koeverkkoa kohti vuosina 2017 – 2020 (kuvan aineisto: Alaja 2020).

Koeverkkokalastuksen nykyinen painoyksikkösaalis on veden fosforipitoisuuteen nähden suuri. Ahvenen painoyksikkösaalis on vuosina 2017-2020 ollut erittäin korkea, yli 1.7 kg/koeverkko kesällä 2020. Isojen petoahventen ja haukien biomassa koekalastuksen painoyksikkösaaliista on 2019-2020 ollut selvästi yli 50 %

(Alaja 2020). Hoitokalastukselle on veden laadun turvaamisen kannalta katsoen tarvetta, koska särkikalajien biomassassa on pysynyt korkeana ja kalaston kokonaiskuva edustaa vielä tyydyttävän ekologisen tilan arvoja.

Taulukko 2. Littoistenjärven koeverkkoalastuksen 2020 yksikkösaaliit (Alaja 2020) verrattuna vesipuitedirektiivin ekologisessa luokittelussa käytettyihin MVh-järvien luokkarajojen enimmäisarvoihin (Aroviita ym. 2012). Vuoden 2020 koekalastuksen tulosta edustavat laatuluokat on lihavoitu.

Muuttuja	Littoistenjärvi 2020	Erinomainen	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä	Huono
Biomassa g/koeverkko	3030	1895	2105	2367	2704	>2704
Lukumäärä kpl/koeverkko	95	62	70	81	96	>118
Särkikalaja % painosta	34	47	53	60	70	>70

2.1. Särki

Särki on tärkein kohdelaji. Tiheän särkikannan aiheuttama saalistus vähentää leviä laiduntavia planktonäyriäisiä ja ravinnonotto sekoittaa pohjasedimenttiä. Lisäksi tiheän särkikannan aiheuttama ravintokilpailu rajoittaa ahventen kasvua petokalakokoon (Byström ym. 1998). Särki myös hyöttyy ahventa enemmän ilmastonmuutoksen aiheuttamasta kesien lämpenemisestä, kun taas ahven on hyötynyt näkösyvyyden kasvusta. Hoitokalastuksen kohdentaminen särkeen on myös keino turvata ahvenen nopeaa kasvua ja tukea vahvaa petokalakantaa.

Kesän 2020 koekalastuksessa oli eniten 7 – 9 cm pitkiä, todennäköisimmin v. 2019 syntyneitä särkiä (kuva 3). Keväällä syntyneitä 0+ ikäluokan särkiä ei juuri ollut. Joko ne olivat jääneet hyvän näkösyvyyden takia rantakasvillisuuden ja vesiruttojen suojaan tai särjen kutu oli kylmänä alkukeväänä epäonnistunut. Kesän 2019 koekalastuksessa särjen runsain pituusluokka oli 9 – 10 cm (vuosiluokka 2018), jonkin verran oli myös 3 – 5 cm:n pituisia 0+ särkiä, mutta noin 12–15 cm:n mittaiset särjet, jotka olisivat edustaneet kemiallisen käsittelyn vuosiluokkaa 2017, puuttuivat. Vuoden 2018 vuosiluokka (nyt 13-15 cm; kuva 3) on todennäköisesti sukukypsä keväällä 2021. Sen osuus on kesällä 2020 koekalastuksen pituusjakautumassa oli selvästi vähentynyt vuoteen 2019 verrattuna. Ero vuosien 2019 ja 2020 välillä on suurempi kuin ahvenella (kuva 4). Todennäköisesti särkiin on kohdistunut suurempaa petokalojen tai/ja koskeloiden aiheuttamaa kuolevuutta kuin ahveneen – tai niitä on lopullisesti poistunut järvestä poistouoman kautta.

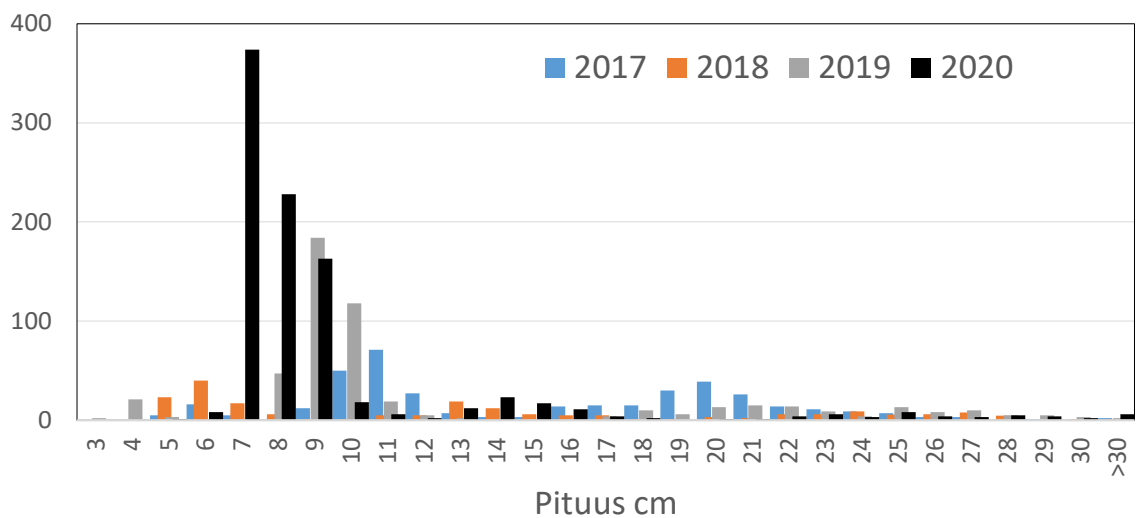
Särjen hoitokalastukseen voidaan käyttää seuraavia menetelmiä:

- syksyllä ojiin parveutuvien särkien pyynti
- isorysä- tai paunetikalastus keväällä, tai muu kutupaikoilla tapahtuva pyynti
- syöttikatskapyynti talvella jään alta tai avovesiaikana
- avovesinuotto syksyllä tai talvella

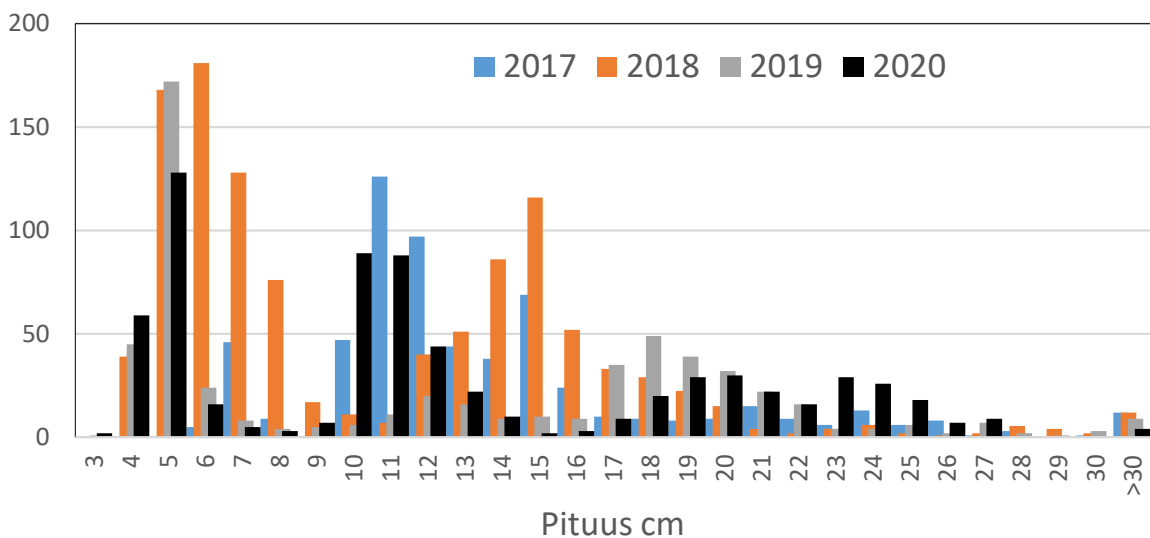
Ensimmäisessä vaiheessa ei todennäköisesti kannata rajata hoitokalastusta yhteen menetelmään, vaan kokeilla sekä kevätikalastusta isorysillä tai katiskoilla että kunnostaa tärkeimmät kosteikot ja ojat ja tehdä niissä ojapyyntiä syksyllä. Lopullinen valinta käytettävän menetelmän tai käytettävien menetelmien välillä on syytä tehdä vasta, kun niiden toiminta ja ominaisuudet on käytännössä yhtenä vuotena todettu. Menetelmiä sekä niiden mahdollisuuksia ja rajoitteita käsitellään tarkemmin luvussa 4.

2.2. Ahven

Littoistenjärvessä on kunnostuksen jälkeen ollut vahva petoahvenkanta, jonka säilyminen on tärkeää koko ravintoketjulle. Kesällä 2020 ahvenen painoyksikkösaalis, 1747 g/koeverkko. Se on suomalaiselle järvelle poikkeuksellisen suuri ja myös veden fosforipitoisuuteen nähden korkea. Ahvenen biomassaosuus oli kunnostushankkeen seurantajakson korkein, 58 % ja petomaisten ahventen osuus 47 %. 0+ ikäluokka oli erityisesti kesällä 2019 runsas ja silloin ahven oli lukumääräisesti koekalastuksen runsain laji (kuva 2). Kesällä 2020 ahven oli runsain särjen jälkeen. Vuosien 2020 ja 2019 vuosiluokat erottuivat hyvin pituusjakautumassa. Isojen petoahventen osuus on kasvanut kunnostuksen jälkeisellä seurantajaksoilla (kuva 4).



Kuva 3. Koeverkkokalastuksien särkien pituusjakautuma 2017 – 2020. Kuva: Alaja 2020.



Kuva 4. Koeverkkokalastuksien ahventen pituusjakautuma 2017 – 2020. Kuva: Alaja 2020.

Littoistenjärven seurannan alkuvuosina vahva petoahvenkanta piti särkien määrän niin pienenä, että isot *Daphnia*- vesikirput laidunsivat tehokkaasti ja rajoittivat levämäärää (Sarvala 2005, Sarvala ym. 2020). Sama isojen petoahventen ja *Daphnia*- vesikirppujen runsaus sekä pieni särkimäärä ja sinilevien vähyys on todettu esim. Rymättylän Kirkkojärvellä ja Hämeenlinnan Äimäjärvellä särkien talvisen happikatokuoleman jälkeen, joskin ohimenevästi (Sarvala ym. 2000, Ruuhijärvi ym. 2010). Toisaalta, jos isojen ahventen biomassassa on suuri, myös 0+ poikasten tiheys voi olla suuri ja myös vahvimmat ahvenen vuosiluokat voivat vähentää isoja leviä syöviä vesikirppuja (Mills & Forney 1983, Pedusaar ym. 2008).

Petoahvenkannan säilymiselle on tärkeää, ettei siihen ala kohdistua nykyistä merkittävästi suurempaa kalastuskuolevuutta. Esimerkit mm. Äimäjärvellä ja Kangasalan Kirkkojärveltä osoittavat, että vahvankin petoahvenkannan voi kalastaa niin heikoksi, että särkikalojen määrä kasvaa, vesikirput vähenevät ja sinileväkukinnat voimistuvat (Ruuhijärvi ym. 2010, Sammalkorpi ym. 2020).

2.3. Lahna

Vuoden 2017 alumiinikloridikäsittelyn yhteydessä järvestä poistettiin lahnoja 4940 kiloa. Littoistenjärven pitkäaikaissurannassa on syntynyt vahvat vuosiluokat 1999 ja 2006 (Sarvala ym. 2020). Nordic-koeverkkoja täydentäneillä 100 mm riimuverkolla on edelleen saatu isoja, jopa kolmekiloisia lahnoja (Alaja 2019 ja 2020),

jotka todennäköisesti ovat 2006 vuosiluokkaa. Koekalastuksissa lahnan lukumääräyksikkösaalis on ollut pieni, mutta nouseva (kuva 2). Lahna ei Littoistenjärvestä ole hävinnyt eikä häviämässä. Siihen ei tällä hetkellä ole tarvetta kohdistaa tehokalastusta, mutta isoja lahnoja saa todennäköisesti myös keväällä rysäpyynnin saaliina. Jos lahnan sitä tehokkaampi rajoittaminen nähdään kevään 2021 hoitokalastuksen ja kesän koeverkkokalastuksessa käytettyjen harvojen lisäverkkojen tuloksien perusteella tarpeelliseksi, olisivat rysäpyyntiä täydentävä keino isoille lahnoille kalastus harvoilla verkoilla. Myös avovesinuottaus voi tulla kyseeseen, jos keskialueella todettaisiin kaikuluotauksella lahneparvia loppusyksyllä tai jäättömänä talvena.

2.4. Allikkosalakka

Allikkosalakka on pienikokoinen eläinplanktonia ravintonaan käyttävä, vieraslajeihin kuuluva särkikala. Kesällä 2017 se oli lukumäärältään koeverkkokalastuksen toiseksi runsain laji ahvenen jälkeen. Määrät ovat olleet pienempiä 2019 ja 2020, mutta pienimpien allikkosalakoiden havaitsemiseen Nordic-koeverkoilla voi liittyä epävarmuutta, jos ne pitäytyvät kesällä vesiruttokasvustoihin (kesällä 2017 oli vesiruton peittävyys pienempi kuin seuraavina) tai ovat liian pieniä jäädäkseen koeverkkoon. Allikkosalakka on solakkana lajina altis petokalojen saalistukselle ja sen määrä on voinut vähentyä petoahvenkannan saalistuksen ansiosta. Helsingissä on Viikin Kellaripuistonlammen allikkosalakkakanta romahtanut petoahventen istuttamisen jälkeen (Jussi Pennanen & Lauri Urho, julkaisematon tieto). Allikkosalakan määrän rajoittaminen edellyttää, että petoahventen kanta pysyy vahvana.

3. Hoitokalastuksen tavoitteet ja perustelut

Hoitokalastuksen tavoite on rajoittaa särkikalakannan kokoa ja kesäaikaisia planktoninsyöjäkalojen maksimimääriä. Hyvää tilaa ylläpitävälle hoitokalastukselle ilmeinen tarve, vaikka Littoistenjärven kalasto on kesien 2019 ja 2020 koekalastustuloksien perusteella petokalavaltainen, koska:

- vesienhoidon luokittelukriteerien perusteella painoyksikkösaalis edustaa vielä huonoa ja kalaston kokonaiskuva vielä tyydyttävää ekologista tilaa
- särkien määrä on edelleen korkea
- sinilevien kukintaherkkyys on 20 – 30 µg/l fosforipitoisuudella vielä suuri
- särkikalakannan rajoittaminen edesauttaa ahventen kasvua petokalakokoon
- eläinplanktonia syövien kalojen määrän rajoittaminen suosii leviä laiduntavia vesikirppuja
- pienempi levien määrä → levien yhteyttäminen ei aiheuta pH:n nousua, joka voi johtaa alumiinikloridiin sitoutuneen fosforin vapautumiseen sedimentistä

Voimakkain pyyntiponnistus kannattaa tämän hetken tilanteessa kohdentaa särkeen, mutta niin allikkosalakan, lahnan kuin ahvenenkin kannan kehitystä on syytä seurata koekalastuksessa ja hoitokalastuksen saalistusraportissa (ks. Koljonen ym. 2020, taulukko 5).

4. Tavoitesaaliit ja menetelmät

4.1. Saalistavoite

Littoistenjärven aikaisemmissa paunettipyyntikokeiluissa vuosina 2006 – 2015 on saalis ollut keskimäärin 21 kg/ha/v ja enimmillään 42 kg/ha/v eikä toteutunut saalistaso ole ollut riittävä (Sarvala ym. 2020).

Syksyllä 2016 poistettiin vedenottamon altaista yhteensä 8.5 t särkiä (58 kg/ha). Määrä oli aikaisempia hoitokalastussaaliita suurempi. Toukokuussa 2017 alumiinikloridikäsittelyn yhteydessä poistettiin isoja lahnoja vielä 34 kg/ha. Syksyn 2016 ja kevään 2017 biomassapoistuma oli yhteensä 93 kg/ha.

Syksyn 2016 8.5 t poistumalla ei ollut merkittävää vaikutusta särjen biomassaan, koska kesän 2017 painoyksikkösaalis oli aikaisempien kesien tasoa. Lukumääräyksikkösaalis oli aiempia vuosia pienempi, mihin saattoi vaikuttaa myös koleaan kemikaalikäsittelyvuoden heikko vuosiluokka (Sarvala 2020).

Rehevien, särkikalavaltaisten järvien onnistuneista biomanipulaatioista on laskettu ennuste kunnostusvaiheen suurimmalle hehtaarisaafile $Y=16.9 \times TP^{0.52}$ (TP=kasvukauden kokonaisfosfori µg/l; Jeppesen & Sammalkorpi 2002). 2000-luvulla ennen kemikaalikäsittelyä kaavalla arvioitu tavoite olisi ollut 175 kg/ha fosforipitoisuudella 90 µg/l. Littoistenjärven nykyisellä noin 30 µg/l fosforipitoisuudella tulee saalistavoitteeksi 99 kg/ha. Lähivuosien hoitokalastuksen realistisen maksimitavoitetason voi arvioida pienemmäksi kuin 99 kg/ha ottaen

huomioon, että särkikalajien osuus v. 2020 oli vain 38 % koekalastuksen painoyksikkösaaliista, kalasto on vahvasti petokalavaltainen ja että tavoite ei nyt ole merkittävästi muuttaa kalaston nykyistä rakennetta.

Karkeasti voi alustavasti arvioida, että jo 50 % laskennallisesta saalistavoitteesta eli 50 kg/ha/v (7000 kg/v) olisi riittävä keskimääräinen saalistavoite Littoistenjärvestä lähivuosina. Jos kalansyöjälinnut olisivat edelleen runsaita, niiden arvioidun kalankulutuksen voi ottaa huomioon hoitokalastuksen kokonaissaaliissa (4.3.).

Jatkuvan 50 kg/ha/v hoitokalastuksen fosforipoistuma särkikalajien keskimääräisellä fosforipitoisuudella (nuoremmille kaloille 0.7 % tuorepainosta; Sammalkorpi 2000) olisi noin 50 kg. Se on lähes yhtä suuri kuin keskimääräisen ulkoisen kuormituksen tuoma fosforin määrä (55 kg; Vemala-arvio 82 kg/v, josta on vähennetty Järvelän kosteikosta järven ohi johdettu kuormitus; Sarvala 2020) tai nykyinen, kemikaalikäsittelyn jälkeinen sisäinen kuormitus (0,04 g P/m²/v, n. 58 kg/v; Sarvala 2020). Hoitokalastuksen potentiaalinen ravinnepoistuma on kuitenkin pieni verrattuna sedimentin sisäisen fosforikuormituksen potentiaaliin tai runsaan vesiruttokasvuston sisältämän fosforin määrään.

Kilomääräisen tavoitteen ohella on tärkeä kiinnittää myös lajien keskipainon perusteella arvioitavaan saaliin lukumäärään (Koljonen ym, 2020, taulukko 5). Nuoriin särkiin, lahnoihin ja ahveniin valikoivasti kohdistuva pyynti on tärkeää, koska eläinplanktoniin kohdistuva saalistuspaine määräytyy ennen kaikkea kalojen lukumäärän mukaan. Jos keskimäärin noin 10 grammaa painavia nuoria kaloja poistetaan 25-50 kg/ha, on lukumääräpoistuma noin 2500-5000 kpl/ha. Tätä tasoa olevilla tiheyksillä on esimerkiksi Säkylän Pyhäjärvestä (muikku) tai Tallinnan raakavesialtaana toimivassa Ylemiste-järvestä (0+ ahven) vaikutusta leviä syövien vesikirppujen määrään (Helminen & Sarvala 1997, Pedusaar ym. 2008).

Taulukko 3. Arvio Littoistenjärven hoitokalastukseen soveltuvien menetelmien valikoivuudesta sekä niiden eduista ja käytännön toteutuksen haasteista.

Menetelmä	Edut ja mahdolliset ongelmat	Reunaehtoja
Ojien poistopyynti syksyllä	Isojen särkiparvioiden kertyminen Rullakadun kosteikkoon on todettu syksyllä 2017 ja lasku-uomassa 2016. Ojapyynti on valikoivaa ja kohdentuu erityisesti nuoriin särkikaloihin, mahdollisesti allikkosalakkaankin. Ojiin parveutuminen voi olla vaikea ennakoita ja se edellyttää syksyn 2020 kokemusten perusteella rakenteellisia ojiin pääsyn turvaavia toimenpiteitä uomissa.	Riippuvainen vedenpinnan korkeudesta ja ojien saavutettavuudesta. Ammattikalastajavetoinen. Omaehtoinen ojien seuranta voi tehostaa toimenpiteitä. Toteutus syksyllä 2021 edellyttää kalojen pääsyn turvaavia perkaustoimia.
<u>Isorysä ja paunetti</u>	Keväälle 2021 suositellaan kalastusta hoitokalastukseen tehdyillä isorysillä. Kutuhuippuun ajoittuvat saaliit voivat olla hetkellisesti suuria (satoja kg./päivä). Kesällä limoittuminen voi vaikeuttaa rysien käyttöä. Saalis painottunee 1+ ja vanhempiin ikäluokkiin. Täydentävää pyyntiä katiskoilla tai pauneteilla mm. Rullakadun ja Muurikinkadun kosteikoissa tai laskuojien tuntumassa.	Ammattikalastajille teetettävä, osittain mahdollista talkootyönä. Paikalliset asukkaat, etenkin maahanmuuttajat, voivat hakea kaloja kotitalouskäyttöön. Altis kevään säävaihteluille, saaliit kylmillä jaksoilla yleensä pieniä.
Tiheä hoito-kalastus-katiska	Mäskien avulla on mahdollista kalastaa erityisesti särkiä satoja kg/katiska/v. Kohdentuu todennäköisesti 2+ ja vanhempiin ikäluokkiin. Saaliina myös ahventa, petoahvenet vapautetaan. Jäätalvena harkinnan arvoinen toimenpide kokeiltavaksi.	Ostopalvelu- tai osittain talkooprojekti keväällä. Kokemuksia sulan veden pyynnistä talvella ei ole. Saaliille on sovittava käyttö ennakolta (komposti, metsästäjien loukut, paikalliset lähiruuan hakijat...).
<u>Nuottaus</u>	Avovesinuottaus syksyllä tai/ja jäälojen salliessa talvella, jos tarve todetaan kaikuluotauksella tehtyjen havaintojen (lahna) tai/ja koskeloparvioiden (särki) perusteelle. Näkösyvyyden vaikutus parveutumiseen arvioitava.	Ammattikalastajille teetettävä. Kustannustehokasta, mutta vain, jos avovesialueella on parveutunutta kalaa.

4.2.1. Syysparveutuminen ja ojapyynti

Hyvä petokalakanta lisää nuorien särkikalajien tarvetta suojautua saalistukselta. Kesällä ruovikot ja uposkasvivvyöhyke ovat suojaisampi ympäristö kuin avovesialue järven keskellä. Syksyllä, kun vesi alkaa kirkastua ja monet uposkasvilajit laota, särjet hakeutuvat syvemmissä järvissä pimeäsuojaan syvänteisiin tai niiden penkoille (Sammalkorpi 2000). Järviin laskevat tai niistä lähtevät ojat ovat matalissa järvissä pienille kaloille tärkeä suojapaikka, jos pimeäsuoja puuttuu. Suojan tarvetta aiheuttavat sekä petokalat että kaloja syövien lintujen, erityisesti isokoskelon parvet. Littoistenjärvessä avovesialueen pimeäsuojaa on syvimmillä alueilla syksyn ja talven aikana vain, jos näkösyvyys on enintään metrin luokkaa. Koska näkösyvyys on 2017 alkaen ollut tätä enemmän (Liljendahl & Köngäs 2020, Sarvala 2020), voi ojiin hakeutuminen tai muiden suojapaikkojen käyttäminen olla laajamittaista. Jos avovesialueella on runsaasti vesiruttoa, särjet voivat syksyllä jäädä myös kasvustojen suojaan (Hautala 2020, Sammalkorpi 2020). Littoistenjärven viimeisin parveutumishavainto on syksyiltä 2017, jolloin vesiruttokasvustot vielä Jukka Heikkilän mukaan olivat pieniä.

Jopa yli 90 % matalan eteläruotsalaisen järven särkikannasta voi viettää talvensa järveen laskevissa ojissa (Skov ym. 2019). Toisaalta, ojiin vetäytyminen kestää Rokuanjärvessä ja Kangasalan Kirkkojärvessä vain joitain viikkoja, koskeloiden syysmuuton ajan (Anttonen 2018, Sammalkorpi ym. 2020). Ojiin hakeutuvien särkien koko voi vaihdella kesänvanhoista 0+ poikasista pääosin yli 12 cm:n mittaisiin (Boerderching ym. 2002 Jepsen & Berg 2002, Heermann & Borchering 2006, Skov ym. 2019). Kangasalan Kirkkojärven ojapyyntikokeilussa syksyllä 2020 oli saaliina myös lahnan ja ahvenen nuorimpia ikäluokkia (Mattila 2020).

Ojapyyntineissä tarvitaan sulkuverkko tai nielu, joka päästää kalat tulemaan järvestä, mutta estää niiden uimista takaisin, sekä paikkaan soveltuvat pyydykset. Logistisena ehtona pyyntipaikan läheisyyteen on oltava esteetön pääsy kevyen liikenteen väylän tai vastaavan kautta. Kalojen poisto voi tapahtua sähkökalastamalla, isoilla haaveilla, katiskoilla tai pienillä nuotilla tai rysillä (Moss ym. 1996, Skov ym. 2019, Paulaharju 1939, Mattila 2020). Rokuanjärveen (164 ha) laskevalla Rokuanojalla on useana syksynä poistettu särkiä 5000 kilosta yli 20 000 kiloon. Ne on kasattu verkkoaidalla tai metalliverkolla ja nostettu haaveilla tai lietepumpulla (Anttonen 2018).

Taulukko 4. Tulo-ojien kriteerit ja käyttömahdollisuudet Littoistenjärven hoitokalastuksessa.

Kriteeri	Rullakatu	Muurikinkatu	Uimaranta
Pyynti- tai kerääntymis-alueen koko	Riittävä suurellekin, tuhansien kilojen määrälle 5x14 m (70 m ²)	Kooltaan ihanteellinen 7x21m (470 m ²), kalaa mahtuisi	Nykyinen ojauoma on riittävä. Pyyntialue kannattaa rajata verkolla ulottumaan noin 10-20 m tierummun yläpuolelle.
Uintikelpoisuus kaloille	Suuri kertymä havaittu 17.11.2017. ja muinakin syksyinä. Tulouoman ja ojan suun huoltotarvetta.	Ei kertymää 2017. Järveen menevä kapea poistoputki liian kapea (31 cm). Myös ranta liian tukkoinen.	Kynnäs järven rannalla voi estää yhteyden, mutta pääsy on helposti parannettavissa.
Suojapaikkojen määrän ja laadun parantaminen	Altaan pohjan siivous, väliseinän muuttaminen, lisätään rakenteellisia suojapaikkoja	Väliseinää muutetaan, lisätään rakenteellisia suojapaikkoja	Uoma on isojen puiden ympäröimänä otollista särkien kertymäaluetta, ojan perkaus, siirrettävät katesuojat
Etäisyys järvestä	Lyhyt, uitava reitti	Lyhyt, ei kulkuyhteyttä .	Lyhyt, jos kynnästä ja rantaa pystyy muokkaamaan.
Nykyiset kertymäpaikat, joissa havaittu/voisi olla	Täynnä kalaa 2017, ilmiön toistuminen mahdollista ja todennäköistä	Iso kosteikko, suurin virtaama syksyllä 2017. Erittäin potentiaalinen, jos kaloilla on kulkuyhteys.	Kertymiä ei ole tiedossa, mutta potentiaalia olisi: suojainen uoma, kohtalainen virtaama.
Potentiaaliset / tehtävissä olevat paikat	Syventäminen keskeltä, siirrettävät katesuojat?	Suurempi rumpu tai penkereen avaus ja pohjapato?	Yhteyden avaaminen mahdollistaisi kalojen pääsyn ja ojapyyntin.

Särkikertymien esiintymisedellytyksiä on arvioitu hajakuormitustarkkailuissa tutkituista ojista ja niiden tierummuista 25.6.2020 (IS ja Jukka Heikkilä) sekä 1.9.2020, 25.9. (IS ja Olli Ylönen) ja 23.10.2020 (IS, Kaarinan ja Liedon edustajat). Maastokatselmuksien perusteella Littoistenjärven ojista ovat tällä hetkellä varteenotettavia tai potentiaalisia poistopyyntipaikkoja Rullakadun ja Muurikinkadun kosteikot sekä uimarannan oja. Länsirannan ojista muut ovat epätodennäköisiä kertymäalueita umpeenkasvun takia ja itärannalla ei maaston jyrkkyyden takia ehkä ole sellaisia tasaisia ojauomia, joihin kalat voisivat parveutua. Myös pohjoisrannalla oleva Kanilan pengerretty lampare saattaa järvestä kapeiden uomien eristämänä olla mahdollinen suojapaikka särkikaloille. Koska mikä tahansa visuaalinen suoja periaatteessa kelpaa kaloille, myös parveutuminen esimerkiksi kelluvien uimalaiturien alle on mahdollista.

Ojapyyynnit ovat tärkeä kokeilukohde Littoistenjärven hoitokalastuksen jatkamiselle (taulukko 3). Ojiin parveutuneiden särkien pyynti voi olla hyvin kustannustehokas, helposti toistettavissa oleva ja kohteena olevia pieniä särkikaloja valikoiva. Syksyllä 2020 tilannetta seurattiin Rullakadun kosteikossa ja uimarannan ojassa, mutta vedenpinnan mataluuden ja ojien suun umpeenkasvun takia ojiin pääsyn edellytykset olivat heikot eikä ojiin parveutumista havaittu. Rullakadun kosteikko ja uimarannan oja katsastettiin myös loppusyksyn korkean veden aikana 21.11.2020, mutta kaloja ei silloin havaittu (Jukka Heikkilä, 23.11.2020, Litsastus-hankkeen ohjausryhmä). Ojiin parveutumista todennäköisesti voimistava isokoskeloparvien kerääntyminen on yleensä alkanut lokakuussa, mutta syksyllä 2020 koskelomäärät olivat pieniä (4.3.).

Rullakadun kosteikossa havaittiin hulevesiseurannassa 15.11.2017 suuri särkikeskittymä, joka aiheutti selvää heikennystä kosteikosta lähtevän veden laatuun (Holmroos & Jantunen 2017, Liite 1). Syksyn 2018 seurantanäyte otettiin joulukuussa ja tulevan ja lähtevän veden ravinnepitoisuudet olivat yhtä suuria eikä särkien parveutumisesta raportoitu (Holmroos & Jantunen 2019).

Rullakadunojan kosteikon pinta-ala olisi riittävä merkittävien särkimäärien kertymiselle. Tulouoman osuus järveen tulevasta virtaamasta ei hulevesitarkkailussa tehtyjen mittausten perusteella ole suuri (Liite 1), mutta yhteys ei kuivanakaan aikana täysin häviä. Kosteikko on kaksiosainen ja sen ylempi osa on pinta-alaltaan suurempi (kuva 5A). Puoliskot on jaettu kahdella rinnakkaisella levyllä, joiden välistä on esteetön veden kulku. Paikallisen asukkaan mukaan syksyllä 2017 särjistä valtaosa oli ylemmässä puoliskossa. Kaloilla on syksyllä kohtalaisen hyvät edellytykset päästä järvestä, jos veden pinta nousee, mutta pääsy kannattaisi varmistaa tukitoimin. Järven ruovikkoon tulisi laskuojan kohdalta kevyesti harventaa noin 1 m leveä kasvillisuudeltaan harvempi uoma (kuva 5B). Rullakadun kosteikon pyynnin edellyttämiä toimenpiteitä ovat: uoman siivoaminen ja syventäminen, katesuoja maastoverkosta tai kevytpeitteestä, tyhjentämiseen soveltuva pikkunuotta, sähkökalastuslaitteisto tai suuri haavi. Kosteikkoon pääsee tieltä, jolle on n. 50 metrin matka nurmikon poikki.



5A Rullakadun kosteikko on syksyn 2017 havaintojen perusteella erittäin potentiaalinen särjenpyyntipaikka syksyllä, mahdollisesti keväälläkin.



5B Rullakadun kosteikon suulle kannattaisi varovasti muokata ruovikon läpi ojaan johtava kapea (n.0.5-1 m) ja ei-viivasuora / loivasti kaartuva tai Y:n muotoinen uoma poistamalla järviruokoa.

Uimarannan oja olisi korkean veden aikaan mahdollinen särkien kerääntymiskohde ja alueen korkea puusto tekee ojasta suojaosan ympäristön (kuva 6 vas.). Paikka on logistisesti erinomainen, koska ojan ylittää kevyen liikenteen väylä. Rannanpuoleinen tierumpu on riittävän suuri (halk.0,8 m). Se ei rajoita kalojen kulkua ja saattaa olla yksi kertymispaikka. Nykytilassa normaalilla veden korkeudella voi rannalla oleva kynäs estää kalojen ojaan pääsyä (kuva 6 oik.). Ojan edustalla kulkee hapetinkaapeli, joka rajoittaa järven puolella uoman perkaamista. Uimarannan oja soveltuu pyyntipaikaksi, jos järvestä voidaan varmistaa esteetön pääsy ojaan ja ojansuuta voi kevyesti perata. Kalojen poisto uomasta edellyttää oksien ja muun irtaaineksen perkaamista pyyntialueeksi valittavasta uoman osasta ja niiden korvaamista kalastuksen ajaksi poistettavissa olevilla katesuojarakenteilla tai kevytpeitteillä. Uomassa voi todennäköisesti käyttää sähkökalastusta ja/tai erilaisia haavimis- tai keräilyvaihtoehtoja, joita on kehitetty Rokuanjärvellä Pohjois-Pohjanmaalla (Anttonen 2018).



Kuva 6. Uimarannan ojan uoma tierummun yläpuolelta on potentiaalinen särkikaloja keräävä suojapaikka, jos niille voidaan perata uintiväylä järvestä tierummulle asti.

Muurikinkadun kosteikko on pinta-alaltaan suurin (taulukko 4). Siinä oli syksyllä 2017 oijen suurin virtaama (Liite 1), mutta kesällä 2020 kosteikosta ei poistunut vettä. Kalojen pääsyn todennäköisesti estää myös järven ja kosteikon välissä oleva ahdas poistoputki (läpimitta 31 cm). Sen korvaaminen samanlaisella ratkaisulla kuin Rullakadun kosteikossa tai suuremmalla poistoputkella kuten uimarannalla olisi edellytys särkien kertymiselle. Nykyisen poistoputken pieni kapasiteetti on myös johtanut veden tulvimiseen kosteikkoa ympäröivään metsään suurimpien virtaamien tai sadantojen aikana. Kosteikon poistoputken ja järven välissä on niin umpeenkasvanut ja matala ranta, että Muurikinkadun kosteikko tuskin on nykyisellään toimiva pyyntipaikka.

Jos kaloille olisi selvä kulkuyhteys, Muurikinkadun kosteikon merkitys voi olla suuri. Virtaama voi houkutella kalaa ja kosteikolla tai sen edustalla olevalla ruovikolla voi olla merkitystä myös särjen kutupyynnissä



Kuva 7. Muurikinkadun kosteikko olisi pienen perkauksen jälkeen helppo kalastaa pienellä nuotalla, jos kaloilla olisi sinne esteetön pääsy.

Littoistenjärvestä lähtevä poistouoma verkatehtaan rannassa on kerännyt isoja määriä särkiä syksyllä 2016. Nykyisin uoman edustalla on kalojen ja kasvillisuuden pääsyä estämässä välppä. Sen läpi pystyy järvestä vielä poistumaan pienempiä kaloja. Ne voivat joko jäädä tunnelin alkuosaan ja palata järveen tai ne ajautuvat veden mukana Värjojaan ja lopullisesti pois järvestä. Poistoputken edustalla oleva rantasaunan terassi/uimalaituri on potentiaalinen suojapaikka. Paikan nykyistä merkitystä poistopyynnille ei tunneta. Syksyllä 2016, kun poistouomaan parveutui särkiä ja niitä poistettiin 8500 kg, oli Littoistenjärvestä viimeisen kerran suuria isokoskelomääriä, enimmillään 850 yks. (Turun lintutieteellinen yhdistys/Tiira-tietokanta).

4.2.2. Isorysäpyynnit

Littoistenjärvi on laakeana, matalana järvenä potentiaalinen rysäpyynnin kohde. Isorysäpyyntiä tehdään sekä kutualueelle vaeltavien kalojen uintireiteillä että kutualueiden tuntumassa. Selvien, rajattujen kutualueiden ja niille johtavien vaellusreittien puuttuessa on panostettava riittävään pyyntiponnistukseen. Keväisin tehdyissä paunettipyynteissä on pääosa saaliista tullut pohjoispuoliskon ruovikkoisilta rannoilta (Olli Ylönen/Lounais-Suomen kalatalouskeskus). Aikaisempina vuosina on pauneteilla saatu särkikalavaltaisia saaliita, mutta kokonaismäärät ovat jääneet tavoitetasoon nähden pieniksi (Sarvala ym. 2020). Hoitokalastukseen tehtyjen tiheäverkkoisten isorysien suurempi kalapesä mahdollistaa suuremmat päiväsaaliit ja kevätkalastuksen saalis on yleensä vähintään satoja kiloja/pyydys. Petokalat voi rysiä koettaessa vapauttaa.



Kuva 8. Rysäpyydyksiä: Vasemmalla lammikkopaunetti, keskellä hoitokalastukseen kehitetty isorysä pyynnissä ja oikealla isorysän kokemista. Päältä avoimet rysät ja paunetit eivät pyydystä vesilintuja.

Särki nousee myös kutemaan laskuojiin (mm. Vøllestad & Abee-Lund 1987) ja kutupyynnit olisi aluksi hyvä kohdentaa sekä ruovikkorannoilla että ojien suulla kuteviin särkiin. Kertymistä tulo-ojien edustalle keväällä voi seurata ja niitä voi kalastaa katiskoilla tai pienemmillä pauneteilla. Virtaamaltaan suurimmat laskuojat ja niiden edustojen ruovikot ovat keväällä todennäköisimmin hyviä särjenpyyntipaikkoja. Pyyntialueita voivat olla uimarannan ojan ja Muurikinkadun ojan välinen ranta-alue, joihin hulevesitarkkailun perusteella tulee noin puolet tutkittujen ojien virtaamasta sekä Rullakadun kosteikko ja sen edusta.

Keväisen kutupyynnin saalis on, kuten muillakin menetelmillä, riippuvainen pyyntijakson sääoloista. Parhaimmillaan isorysillä saa tuhansien kilojen saaliin alle kuukaudessa. Esimerkiksi Tuusulanjärvellä (592 ha) oli kevään isorysäpyynnin saalis 1990-luvun lopulla useana keväänä yli 10 000 kg (Sammalkorpi 2000, Olin & Ruuhijärvi 2002). Tampereen lidesjärvellä (64 ha) oli kevään 2020 särkisaalis yli 8 000 kg (120 kg/ha; Sanna Markkanen, Tampereen kaupunki 11.12.2020). Särjen kutuhuippu voi kevään etenemisestä ja lämpöoloista riippuen olla joko toukokuun alussa tai aivan kuun lopulla. Saaliit ovat suuria, kun sää on lämmin eivätkä tuulet ole kovin voimakkaita. Kylminä keväinä kalojen liikkuvuus on vähäisempää, tyhjiä rysiä voi joutua kokemaan viikkojakin ja saalit jäävät pieniksi. Vuosien väliset saaliin vaihtelut ovat suuria eivätkä välttämättä liity särkien määrän vaihteluun.

Alustava kustannusarvio ostopalveluna tehtävälle kalastukselle: Materiaalikustannus isoilla hoitokalastusrysyillä 400 €/rysä/kk. 5 rysää+rahti ja pystytys & pois haku ja pesu 4000€. (A. Hautala). Rysien kokeminen ostopalveluna 3000-4000 € (Olli Ylönen/Lounais-Suomen kalastusalue).

4.2.3. Syöttikatiskat

Katiskapyynti on työvaltainen vaihtoehto, jolla on laajempaan mittakaavaan vietyä mahdollista kalastaa jopa tuhansia kiloja vuodessa, jos pyyntiin panostetaan ja kalaa on paljon. Esimerkiksi Lahden Kymijärvessä (163 ha) on kesäaikainen syöttikatiskasaalis ollut enimmillään yli 10 t/v (Kotakorpi 2016). Alajärven Alajärvessä (1000 ha) on kahden viikon saalis toukokuussa ollut 26 t 90 katiskalla (Hautala 2020). Lahden Vesijärven Enonselällä (2600 ha) on kevättalvinen katiskasaalis jään alta 50 – 80 katiskalla ollut 10 – 17 t, 145 – 344 kg/katiska ja saalis on ollut hyvin särkivoittoinen (Kotakorpi 2020). Katiskasaaliissa on mäskejä käytettäessäkin keväällä myös ahventa, mutta petokokoa olevat ahvenet voi ja tulee vapauttaa katiskoja koettaessa. Parhaat pyyntiajat ovat keväällä ja loppukesällä (Hautala 2020) ja jos vahva jääpeite tulisi, kevättalvella. Katiskapyynti on Littoistenjärvessä mahdollinen kakkosvaihtoehto isorysäpyynnille. Suuremmalla katiskamäärällä tehtävä kalastus antaa kalastuksille hyödyllistä tietoa kalojen alueellisesta ja esiintymisestä ja hyvistä pyyntipaikoista. Talvipyyntistä katiskoilla jättöminä talvina ei ole kokemusta.

Alustava kustannusarvio: 30 tiheäsilmäisen katiskan vuokraus kuukaudeksi rahteineen ja asennuksineen noin 1 500 € (Info@Jamafishing 25.11.2020). Kokemiskustannukset ostopalveluna samaa luokkaa kuin isorysillä, 3 000 – 4000 €.



Kuva 9. Tiheillä (13 mm) metalliverkkokatiskoilla (esim. Ahmatti tai Weke) on suurella pyydysmäärällä mahdollista tehdä vaikuttavaa särjen kalastusta Littoistenjärven kokoisessa järvessä. Ranta-asukkaatkin voivat osallistua kalastukseen kevyemmillä verkkohavaskatiskoilla (oik.).

4.2.4. Avovesialueen nuottaus

Matala järvi ei usein ole varma avovesinuottauksen kohde eikä nuottaus todennäköisesti lähiaikoina ole ensisijainen hoitokalastuskeino Littoistenjärvellä. Kalat eivät kirkkaassa vedessä yleensä parveudu avovesialueelle, jos syvänteen pimeäsuoja puuttuu ja petokalakanta on hyvä. Matalan Kangasalan Kirkkojärven kokemusten perusteella syysnuottasaaliit ovat kirkkaan veden aikana yleensä pieniä, lähinnä isoa lahnaa voi tulla suurempia määriä. Sameamman veden aikana (valo ei ylety pohjaan asti) särjet ovat enemmän avovesialueella ja saaliit ovat keskimäärin suurempia (Hautala 2020).

Vesirutto on kesällä 2020 esiintynyt kohtalaisen runsaana Littoistenjärvessä, mikä näkyy myös vesilintujen määrissä (4.3.). Särkien jääminen vesiruttokasvustoihin voi heikentää syysnuottauksen edellytyksiä. Esimerkiksi Kangasalan Kirkkojärvellä särkisaaliit nuotalla olivat pieniä kirkkaan veden aikana, vaikka särki oli koekalastuksen runsain laji (Hautala 2020, Westermarck 2019). Vesiruttokasvusto on myös mekaaninen este nuottaukselle.

Littoistenjärvessä olisi näkösyvyyden perusteella ollut keskikesällä 2019 ja 2020 lyhyt aikaikkuna nuottaukselle, kun näkösyvyys oli alle 1,5 m tasolla. Loppukesän näkösyvyyksillä, jopa yli 2,5 m, valo on ulottunut pohjaan asti. Syksyiset ja alkutalven näkösyvyydet ovat olleet samaa tasoa eli valo on ylettynyt pohjaan saakka. Avovesialueen nuottausta voi tarvittaessa kokeilla 2-3 päivän rupeamana keskikesällä, talvella vain jos tulee vahva jää ja lumipeite tai jos järvi pysyy sulana ja vesi samenee. Vielä syksyllä 2019 ja talvella 2020 järvellä oli enimmillään 200 yksilön isokoskelo kertymiä. Sen perusteella ainakin osa pienemmistä planktoninsyöjäkaloista oli loppusyksyllä ja lauhalla säällä talvellakin keskialueella. Syksyllä 2020 suurin ja lyhyt koskelohuippu oli vain 70 yks. Koskeloiden vähenemisen perusteella ei nuottaus avovesialueen kalamäärällä olisi syksyllä 2020 kannattanut. Kesäisin yöllä tehdyissä koekalastuksissa on särkien määrä avovesialueella säännöllisesti ollut suuri (kuva 2). Nuottausajankohdan vaihtamisella päivästä iltaan ja yöhän voisi saalis mahdollisesti olla suurempi.

Alustava kustannusarvio nuottaukselle on n. 1000 – 1200 €/päivä. Nykytilanteessa tulisi harkintaan ennen laajempaa nuottausrupeamaa lähinnä 2- 3 vrk kokeilu, jos näkösyvyys vähenee tai avovesialueella on suurempia koskelomääriä.

Avovesialueella voi perinteisen suomalaisen parveutuneen kalan nuottauksen lisäksi kokeilla järven koko pinta-alan kattavaa ”viipalenuottausta”, joka pienissä matalissa hollantilaisissa järvissä on todettu hyväksi menetelmäksi vähentää särkikaloja (Backx & Grimm 1994). Viipalenuottauksessa järvi jaetaan pitkillä aitaverkoilla lohkoihin, joita yksi kerrallaan nuotataan, kunnes apajakohtainen saalis selvästi laskee. Koko järven kattava viipalenuottaus antaa samalla arvion koko järven kalakannasta. Soveliain ajankohta olisi todennäköisesti loppukesä, jolloin kalat ovat tasaisimmin jakautuneena järvissä tai keväällä ennen kutuaikaa. Menetelmä ei toimi, jos vesiruton peittävyys on suuri ja kasvustot tiiviitä. Alustava kustannusarvio 15 000 € (Arto Hautala).

4.2.5. Kokeelliset menetelmävaihtoehdot

Perinteisen liikkuvia kaloja tavoittelevan perinteisen rysäpyynnin lisäksi myös rantanuottoaus voi olla tuloksellista, jos särkikalaa luontaisesti kertyy kudulle ja paikat tiedetään tai särkikalaja saadaan ravinnolla houkuteltua rajatulle alueelle, jolla nuottaa voi vetää. Myös tärkeimpien kutualueiden sulkeminen aitaverkoilla ja niille lasketun hedelmöitetyn mädin poistaminen voivat olla toteuttamiskelpoinen lisätoimenpide. Tsekkien tekemissä kokeissa on myös poistettu ahvenen mätinauhoja sekä kalastettu pieniä särkikalojen poikasia rannan tuntumasta pienellä nuotalla tai sähkökalastukselle (Jurajda ym. 2016).

4.3. Vesilintujen merkitys ja vaikutus

Vesilintujen lajisto ja määrät kuvaavat järven ekologisia piirteitä. Nykyisistä kalansyöjälintujen määristä päätellen kalaa syöville lajeille on vielä talvella 2019/2020 ollut ravintoa tarjolla, vaikka koekalastuksien lukumääräyksikkösaaliit (kpl/koeverkko) ovat laskeneet 2000-luvun huippumääristä. Esimerkiksi valtakunnallisesti taantuneen silkkiuikun pesivien parien määrä on 2017 ja 2019 välillä kasvanut (16 → 27 paria) ja kalatiiran pesimäkanta on hyvä (Jynx 2020).

Littoistenjärvelle on ennen vuotta 2017 kerääntynyt syysmuuttoaikana säännöllisesti useita satoja isokoskeloita ja vain vähän muita vesilintuja. Syksystä 2017 alkaen koskelomäärät ovat olleet pienempiä. Lokakuussa 2019 havaittiin vielä enimmillään yli 200 isokoskeloa (Jynx 2020). Lisäksi niitä palasi talvella 2019/20 lyhyen jääpeitteisen jakson jälkeen ja joulukuussa oli tammi-maaliskuussa jatkuvasti kymmeniä yksilöitä, enimmillään 100 isokoskeloa (Heikkilä & Heikkilä 2020). Isokoskelon keskipaino on noin 1.5 kg ja se käyttää kalaravintoa noin 20 % painostaan vuorokaudessa. 2010-luvun suuret koskeloparvet ovat käyttäneet kalaa yli 1000 kg viikossa. Syksyn 2019 ja talven 2020/21 aikana suuntaa antavien koskelomäärien yhteenlaskettu kalankulutus on ollut noin 2700 kg, eli noin 19 kg/ha. Koskelot ovat voineet olla yksi syy kuvassa 3 näkyvään särjen 2018 vuosiluokan vähenemiseen kesien 2019 ja 2020 välillä. Koskeloiden käyttämästä kalaravinnosta ei kuitenkaan ole tarkempaa tietoa ja ne ovat myös voineet käyttää ravintonaan pieniä tai keskikokoisia ahvenia.



Kuva 10. Littoistenjärvellä ei vuoden 2016 jälkeen ole tavattu monisatapäisiä kalaa syövän isokoskelon (ylempi kuva) parvia. Syksyllä 2020 olivat pohjaeläinravintoa käyttävän, erittäin uhanalaisen tukkasotkan määrät (alempi kuva) 2-3 kertaa suuremmat kuin 2010-luvulla ja sotkaparvet ovat jääneet joulukuulle asti.

Syksyn 2020 vesilintuhavainnot ovat eronneet huomattavasti aikaisemmista vuosista. Isokoskeloiden suuret parvet ovat puuttuneet, enimmilläänkin on havaittu vain 70 yks., alle 10 % 2010-luvun suurimmista määristä (M. & J. Heikkilä, Hannu Klemola, Tiira-tietokanta). Vesiruttoa ja muita kasveja syövän kanadanhanhen määrät ovat syksyllä olleet suuremmat kuin koskaan, mikä pääosin liittyy vesiruton runsauteen. Lisäksi valtakunnallisesti taantuneen nokikanan määrät olivat Littoistenjärvellä syksyllä 2020 suuremmat kuin millään muulla suomalaisella järvellä ja nokikanat ovat poikkeuksellisesti olleet hyvin runsaita joulukuulle asti. Myös valtakunnallisesti taantuneen, pohjaeläinravintoa käyttävän tukkasotkan määrät olivat syksyllä 2020 jopa yli 200 yks., kun ne aikaisemmin ovat olleet kymmeniä ja lajia on havaittu jopa yli 100 yks myös joulukuussa (M.

& J. Heikkilä, Tiira-tietokanta). Sekä nokikana että tukkasotka on luokiteltu Suomessa erittäin uhanalaisiksi lajeiksi (EN; Lehtikoinen ym. 2019). Vastaavia muutoksia havaittiin vuosina 2017–2019 Kangasalan Kirkkojärvellä. Syysmuutolla levähtävien nokikanojen määrä kasvoi, kun Kirkkojärven pääaltaalle levittäytyi vesirutto, tukka- ja punasotkien määrä kääntyi nousuun, kun järveä oli kaksi vuotta hoitokalastettu (Sammalkorpi ym. 2020). Tukkasotkan määrän kasvu Littoistenjärvessä kuvastaa todennäköisesti niiden ravintonaan käyttämien selkärangattomien eläinten määrän kasvua. Vesiruttokasvuston tarjoaman pieneliöstön määrä on todennäköisesti kasvanut eikä sotkien runsastumiseen välttämättä liity kalastossa tapahtunutta muutosta.

5. Hoitokalastuksen toteutussuositukset

Hoitokalastuksen jatkotoimien ensimmäisenä toimenpiteenä on särkien ojapyyntiin liittyen aloitettu syksyllä 2020 ojiin tilan ja toimenpidetarpeen kartoitus. Veden pinta oli elo – lokakuussa hyvin matalalla, eikä ojiin ollut parveutumisen mahdollistavaa esteetöntä kulkua. Rullakadun kosteikon ja sen poistouoman syventäminen voidaan toteuttaa hoitokunnan toimesta talvella 2020/21. Muurikinkadun kosteikon osalta olisi tarve vaihtaa Muurikinkadun kosteikon poistoputki suurempaan tai samanlaiseen avoyhteyteen kuin Rullakadun kosteikon poistouoma ja perata poistouomaa ja sen edustaa. Uimarannan ojasta tulisi selvittää mahdollisuudet avata kulkuyhteyttä myös alkusyksyn matalalla veden korkeudella.

Todennäköisin vaihtoehto on se, että hoitokalastusta päästään täysimääräisesti toteuttamaan keväällä 2021 rysä- tai/ja katiska-/paunetikalastuksella. Tällöin suositus hoitokalastukselle on kaksivaiheinen:

- 1) Noin kuukauden kestoinen kalastus keväällä
 - 4-5 isorysällä, enimmäkseen pohjoispuoliskolla Järvelän ja Kanilan välillä
tai
 - Noin 20-30 tiheäsilmäisellä hoitokalastuskatiskalla, täydennettynä pauneteilla
 - Lisäksi molemmissa vaihtoehdoissa myös katiskapyyntikokeilu Rullakadun kosteikon uomassa tai/ja edustalla sekä uimarannan tai/ja Muurikinkadun edustalla, jos uomien saavutettavuutta on parannettu.
- 2) Syksyllä ojiin nousevien särkikalajien pyyntikokeilu Rullakadun kosteikosta ja olosuhteiden salliessa myös Muurikinkadun kosteikosta ja uimarannan ojasta

Hoitokalastuksen toteutuksen seurannassa kirjataan päivittäin merkittävien saaliiden kokonaispaino, lajikohtaiset painot ja yksilömäärät ja mitataan valtalajin/-lajien pituusjakautuma vähintään 50 yksilöstä. Sekä saaliin lajikohtaisen painon että lukumäärän määrittämällä pystyy seuraamaan lajien keskipainon kehittymistä. Hoitokalastuksen jatkuvuuden ja tulevien vuosien pyyntien ennakkoinnin kannalta on tärkeää kirjata pyyntipaikat ja mitata pyyntijaksoilla lämpötila, näkösyvyys ja vedenpinnan korkeus ja pyyntipäivien sääolosuhteet (Koljonen ym. 2020, taulukko 5).

Kesän koekalastus on tärkeä hoitokalastuksen ohjauskeino ja vaikuttavuuden arviointimenetelmä. Koeverkkojen alustava lukumäärä- ja yksikkösaaliiden tiedot on hyvä toimittaa hoitokunnalle pian koekalastuksien kenttätöiden päättymisen jälkeen. Niiden perusteella voi tarkemmin arvioida syksyn hoitokalastuksien jatkamisen tarvetta. Muu hoitokalastuksen vaikuttavuuden arviointi mahdollistuu nykyisen vedenlaatu- ja planktonseurannan ja koekalastusraportin puitteissa (Sarvala 2020).

Littoistenjärven kunnostushankkeen tulokset ja kokemukset ovat olleet valtakunnallisesti ja kansainvälisesti erittäin merkittäviä. Onnistuneiden toimenpiteiden suunnittelu ja vaikuttavuuden arviointi ovat tukeutuneet pitkäjänteiseen, systemaattiseen ja ekologisesti kattavaan seurantatutkimukseen, jossa vesienhoidon luokittelussa käytettyjen muuttujien lisäksi on seurattu myös eläinplanktonia. Järvikunnostuksen hyvien käytäntöjen ja kokemusten karttuminen kannalta olisi ensiarvoisen tärkeää, että systemaattinen seuranta jatkuu aukottomasti myös alkaneella vuosikymmenellä hoitotoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutuksien arvioimiseksi. Kunnostuksen jälkeen tavallisten ja uhanalaisten vesilintujen määrissä ja lajistossa havaittujen merkittävien muutosten perusteella olisi perusteltua liittää jatkuva systemaattinen vesilintuseuranta osaksi järven tilan seurantaa, vaikka vesilinnut eivät vesienhoidossa ole vesien ekologisen luokittelun kriteeri.

Littoistenjärven hoitokalastuksen tarve ja toteutustapa jatkossa arvioidaan vuosina 2021 ja 2022 saatavien kokemusten sekä kalaston ja järven tilan seurannan perusteella.

Taulukko 4. Suositus hoitokalastuksen toteutukselle vuosina 2021-2022.

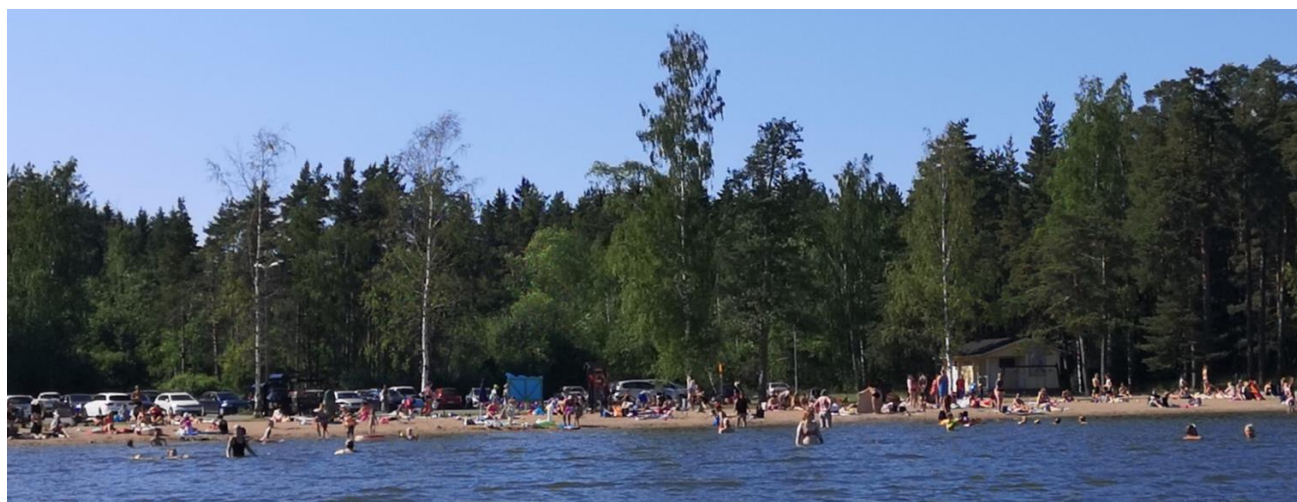
2020	2021	2022
Seuranta ja särkikalajien pyyntiedellytyksien arviointi Rullakadun kosteikossa järven jäätymiseen saakka.	*Parannetaan talvella Rullakadun ja Muurikinkadun kosteikkoon ja uimarannan ojan saavutettavuutta. *Isorysä- tai katiska- ja paunettipyynti keväällä *Pyyntivalmius ojissa ja niiden edustalla särjen kutuaikaan ja erityisesti syksyllä.	Jatketaan järvellä tehtävää kalastusta isorysillä tai katiskoilla/pauneteilla sekä syksyn ojapyyntiä. Arvioidaan jatkotoimenpiteiden tarve vuosien 2021 ja 2022 saaliiden ja seurantatietojen perusteella.

Taulukko 5. Hoitokalastushankkeen toteutuksen ja vaikutusten seurannan ohjeisto (Koljonen ym. 2020).

Toimenpide	Toteutuksen seuranta	Vaikutusten seuranta
Vedenlaadun parantaminen (valuma-alueen vesiensuojelua täydentävät toimenpiteet järvessä)		
Hoitokalastus (tehokalastus kunnostusvaiheessa, hoitokalastus ylläpitovaiheessa)	Kalastuksen pyyntiponnistus (menetelmä), saaliin määrä ja koostumus, valtalajien kokojakautuma ja keskipaino, pyyntipaikat, poistettu fosfori- ja typpimäärä. Kalastuksen aikana lämpötila, näkösyvyys, vedenpinnan korkeus.	Saaliin määrän ja yksikkösaaliin kehitys lajeittain, koeverkkokalastus, vedenlaatu (näkösyvyys, klorofylli-a, ravinteet, lämpötila, pH ja happi). Kasvi- ja eläinplankton lajisto ja biomassa (lähinnä tutkimushankkeet).

6. Yhteenveto

Littoistenjärven hoitokalastuksen alustava saalistavoite vuosille 2021 ja 2022 on noin 50 kg/ha/v, noin 7000 kg/v. Suositeltavat pyyntimenetelmät ovat keväällä noin kuukauden mittainen kalastus 4-5 isorysillä tai 20-30 katiskalla. Hoitokalastuksen toinen keskeinen menetelmä on syksyinen ojapyynti, joka tunnetaan tärkeänä, kustannustehokkaana ja nuoria särkikalajia valikoivana pyyntikeinona. Se edellyttää kosteikoiden ja ojien saavutettavuuden parantamista uomia syventämällä ja raivaamalla. Hoitokalastuksen saalis ja ympäristöolosuhteet kirjataan valtakunnallisten ohjeistojen mukaisesti. Kalastuksen vaikuttavuutta arvioidaan saaliskirjanpidon sekä koekalastuksen ja Littoistenjärven limnologian ja vesilintujen seurannan tiedoilla. Hyvin toteutettu hoitokalastus poistaa ravinteita nykyistä ulkoista tai sisäistä kuormitusta vastaavia määriä, jotka kuitenkin ovat pieniä sedimentin tai suuren vesiruttobiomassan sisältämään ravinnemäärään verrattuna. Särkikalajien valikoiva hoitokalastus on yksi keino ylläpitää Littoistenjärven kunnostuksen tuloksia, hyvää virkistyskäyttöarvoa ja ekologisesti tärkeää petoahvenkantaa.



7. Lähdeviitteet

- Alaja, H. 2017. Littoistenjärven kalataloudellinen velvoitetarkkailu vuonna 2017. Nab Labs. Tutkimusraportti 214 / 2017.
- Alaja, H. 2020. Littoistenjärven kalataloudellinen velvoitetarkkailu vuonna 2019. Eurofins Ahma Oy. Projekti 90608/02/19.
- Alaja, H. 2020. Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloustarkkailu vuonna 2020. [Linkki](#).
- Anttonen, T. 2018. Tonneja ojasta. Esitys Rokuanjärven särkien ojapyyntä. Vesistökunnostusverkosto. https://www.youtube.com/watch?v=hArr7JlvdzY&list=PLaNHxh80_8ZqDRaILQxqFVMbluOHxAbbWd&index=5
- Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., ym. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012. 144 s. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi_ja_meri/Pintavesien_tila/Pintavesien_luokittelu.
- Backx, J.J.G.M. and Grimm, M.P., 1994. Mass removal of fish from Lake Wolderwijd, The Netherlands. Part II: Implementation phase. In: LG. Cowx (Editor). Rehabilitation of Freshwater Fisheries. Fishing News Books, Oxford, pp. 401–414.
- Borcherding, J., M.Bauerfeld, D. Hintzen & D.Neumann, 2002. Lateral migrations of fishes between floodplain lakes and their drainage channels at the Lower Rhine: diel and seasonal aspects. Journal of Fish Biology 61: 1154–1170.
- Byström, P., Persson, L., & Wahlström, E. 1998. Competing Predators and Prey: Juvenile Bottlenecks in Whole-Lake Experiments. Ecology, 79: 2153–2167. doi:10.2307/176718
- Eurofins Ahma Oy 2019. Littoistenjärven hoitokunta. Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloustarkkailu vuonna 2018. Projekti 90608 / 01 / 2019. 18.2.2019. 19 sivua ja 3 liitesivua.
- Hautala, A. 2020. Hoitokalastuksen menetelmät. Helmi-ohjelma. [Lintuvesien hoitokalastuskoulutus 1.4.2020](#).
- Heermann, L. & Borcherding, J. 2006. Winter short-distance migration of juvenile fish between two floodplain water bodies of the Lower River Rhine. Ecology of Freshwater Fish 15: 161–168.
- Heikkilä, M. & Heikkilä, J. 2020. Havaintoja Littoistenjärven linnuista talvella 2019/20. Tiira-tietokanta.
- Helminen, H. & J. Sarvala, 1997. Responses of Lake Pyhäjärvi (SW Finland) to variable recruitment of the major planktivorous fish, vendace (*Coregonus albula*). Can. J. Fish. aquat. Sci. 54: 32–40.
- Holmroos J., & Jantunen M. 2017. Littoistenjärven ojavesien näytteenotto ja virtaamamittaus - tulokset 15.11.2017 toteutetusta tutkimuskerrasta. Raportti, Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys.
- Holmroos J., & Jantunen M. 2019. Littoistenjärven oja- ja hulevesien näytteenotto ja virtaamamittaus - tulokset 10.-11.12.2018 toteutetulta havaintokierrokselta. Raportti, Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys.
- Jeppesen E. & Sammalkorpi, I. 2002. Lakes. Julkaisussa: Perrow, Martin R. & Davy, Anthony J. (ed.) 2002. Handbook of ecological restoration. Vol. 2: Restoration in practice. Cambridge University Press 2002. Pp. 297–321.
- Jepsen, N. & Berg, S. 2002. The use of winter refuges by roach tagged with miniature radio transmitters. Hydrobiologia 483: 167–173.
- Jurajda, P., Adamek, Z., Janac, M. ym, 2016. Use of multiple fish-removal methods during biomanipulation of a drinking water reservoir. – Evaluation of the first two years. Fisheries Research 173: 101–108.

Koljonen, S., Sammalkorpi, I., Vilmi, A. & Hellsten, S. 2020. Vesistökunnostusten seurantojen toteuttaminen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13/2020.

Kotakorpi, M. 2017. Kymijärven kalasto vuonna 2016. Raportti. Lahden ympäristöpalvelut. 21 s.

Kotakorpi, M. 2020. Sähköpostiviesti 26.10.2020.

Lehikoinen, A., Jukarainen, A., Mikkola-Roos, M., Below, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Rusanen, P., Sirkiä, P., Tiainen, J. & Valkama, J. 2019: Linnut. – Teoksessa: Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U.-M. (toim.), Suomen lajien uhanalaisuus. Punainen kirja 2019: 560–570. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. ISBN 978-952-11-4974-0.

Liljendahl, A. & Köngäs, P. 2020. Littoistenjärven vesistötarkkailun yhteenveto 2017-2020. Raportti Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunnalle. ENV 1839.

Mattila, J. 2020. Alustavia tuloksia Kirkkojärven ojapyyneistä. Helmi-hanke. Pirkanmaan ELY-keskus.

Mills, E.L. & Forney, J.L. 1983. Impact on *Daphnia pulex* of Predation by Young Yellow Perch in Oneida Lake, New York. Trans. Am. Fish. Soc. 112: 154–161.

Moss, B., Madgwick, J. & Phillips, G. 1996. A guide to the restoration of nutrient-enriched shallow lakes. Broads Authority. ISBN 0-948119-29-2.

Olin, M. & Ruuhijärvi, J. 2002. Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset. Vuosiraportti 2001. Riista- ja kalareportteja nro 262. 136 s.

Paulaharju, S. 1939. Sompio kalamiehenä. Sivut 133-167. Sompio. 2. painos. WSOY 1979.

Pedusaar, T., I. Sammalkorpi, A. Hautala & A. Järvalt 2008. Biomanipulating the drinking water reservoir of Estonia's capital city: Prospects for success. Lakes & Reservoirs: Research and Management 13: 289-300.

Persson L. 1986. Effects of reduced interspecific competition on resource utilization in perch (*Perca fluviatilis*). Ecology 67:355–364.

Ruuhijärvi, J., Rask, M., Vesala, S. ym. 2010. Recovery of the fish community and changes in the lower trophic levels in a eutrophic lake after a winter kill of fish. Hydrobiologia 646: 145-158.

Sammalkorpi, I. 2000. Särkikalojen tehokalastukset Tuusulanjärvellä 1997-1999. Olin ja Rask (toim.): Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukunnostuksen kalatutkimuksia vuosina 1996-1999. Kala- ja Riistaraportteja nro 184.

Sammalkorpi, I., Hautala, A. & Rintamäki, P. 2020. Hoitokalastusta lintujärvellä. Linnut-vuosikirja 2019: 134–137.

Sarvala, J. 2005. Littoistenjärven ekologisen tilan kehitys ja hoitovaihtoehdot. Turun yliopiston biologian laitoksen julkaisuja. ISSN 0357-5373.

Sarvala, J. 2016. Littoistenjärven ekologinen tila 2015 ja toimenpiteet sen hyvän tilan saavuttamiseksi. Lausunto 24.5.2016. 19 s. Turun yliopisto, biologian laitos.

Sarvala, J. 2018. Littoistenjärven seuranta- ja kunnostushistoria: vesirutosta hoitokalastukseen ja kemikaalikäsittelyyn. Seminaari järvikunnostusten vaikuttavuudesta. Suomen ympäristökeskus 29.11.2018.

Sarvala, J. 2020. Littoistenjärven ekologinen tila 2020. Litsaistus-projektin ohjausryhmä 23.11.2020. Esitys, 18 s.

Sarvala, J., Helminen, H. & Heikkilä, J. 2020. Invasive submerged macrophytes complicate management of a

shallow boreal lake: a 42-year history of monitoring and restoration attempts in Littoistenjärvi, SW Finland. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04318-7>.

Scheffer M., Hosper S. H., Meijer M-L., Moss B. ja Jeppesen E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution*. 8, 8: 275–278.

Scheffer M., Portielje, R. & Zambrano, L. 2003. Fish facilitate wave resuspension of sediment. *Limnol. Oceanogr.* 48: 1920–1926.

Skov, C., Hansen, J.H., Baktoft, H., Brodersen, J., Brönmark, C. ym. 2019. Biomanipulating streams: a supplementary tool in lake restoration. *Hydrobiologia*, 10.1007/s10750-018-3832-4.

VARELY 2019. [Pintavesien ekologinen tila - Varsinais-Suomi ja Satakunta](#). Varsinais-Suomen ELY-keskus 25.9.2019. Vøllestad, L. & Abee-Lund. J. 1987. Reproductive biology of stream-spawning roach *Rutilus rutilus*. *Environmental Biology of Fishes* 18: 219–227.

Vuorio, K., Järvinen, M. & Kotamäki, N. 2020. Phosphorus thresholds for bloom-forming cyanobacterial taxa in boreal lakes. *Hydrobiologia* 847, 4389–4400. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04161-5>

Westermarck, A. 2019: Hauki-istutus kunnostusmenetelmänä. – [Hauki-hankkeen loppuraportti 2017–2019](#). – Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Tampere.

Liite 1. Littoistenjärven hulevesitarkkailun näytepisteet, virtaama ja veden laatu 17.11.2017 (taulukko: Holmroos & Jantunen 2017). Muuttuja sarakkeittain: Q=virtaama, Sameus=optisesti mitattu sameus, Ka.=suodattimelta punnittu kiintoainekeskitys vedessä, TP=kokonaisfosfori, ug/l=pitoisuus vedessä, g/d= fosforikuormitus grammaa päivässä, d%=osuus mitatusta päivittäisestä fosforikuormituksesta ja kg/v=arvioitu fosforin kokonaiskuormitus vuodessa. Huomaa sameuden ja fosforipitoisuuden kaksinkertaistuminen ja kiintoainepitoisuuden moninkertaistuminen Rullaojan altaassa, joka oli täynnä särkiä.

Oja		Qm3/d		Sameus FNU	Ka. GF/C mg/l	TP ug/l	TP g/d	TP/d%	TP kg/v
1 Järvelä	Ojauoma	253	7 %	26	3,2	80	20	12 %	7,4
2 Kosteikon N-puoli	Ojauoma	355	10 %	21	3,1	57	20	12 %	7,4
3 Eräkadun pää	Hulevesiputki	257	7 %	9	2,4	20	5	3 %	1,9
4 Menninkäisenkadun pää	Tierumpu/hulevesi	294	8 %	9	1,1	25	7	4 %	2,7
5 Uimarannan parkkipaikka	Ojauoma	539	15 %	12	2,6	34	18	11 %	6,7
6 Muurinkadun pää IN	Ojauoma			17	4,7	49	0	0 %	0,0
7 Muurinkadun pää OUT	Poistoputki	1250	35 %	18	3,8	51	64	39 %	23,3
8 Vanha Littoistentie putki 1	Tienali putki	13	0 %	23	7,5	31	0	0 %	0,1
9 Vanha Littoistentie putki 2	Tienali putki	112	3 %	0,5	1	8	1	1 %	0,3
10 Vanha Littoistentie putki 3	Tienali putki	0							
11 Punttikadun N-puoli, ranta	Ojauoma	281	8 %	11	1,6	33	9	6 %	3,4
12 Lapakadun eteläpuoli	Hulevesiputki	20	1 %	8	1	20	0	0 %	0,1
13 Rullakadun S-puoli IN	Hulevesiputki			15	1	59	0	0 %	0,0
14 Rullakadun S-puoli OUT	Uoma	140	4 %	31	39	120	17	10 %	6,1
15 Tehtaanmäki	Hulevesi	51	1 %		2,5	16	1	0 %	0,3