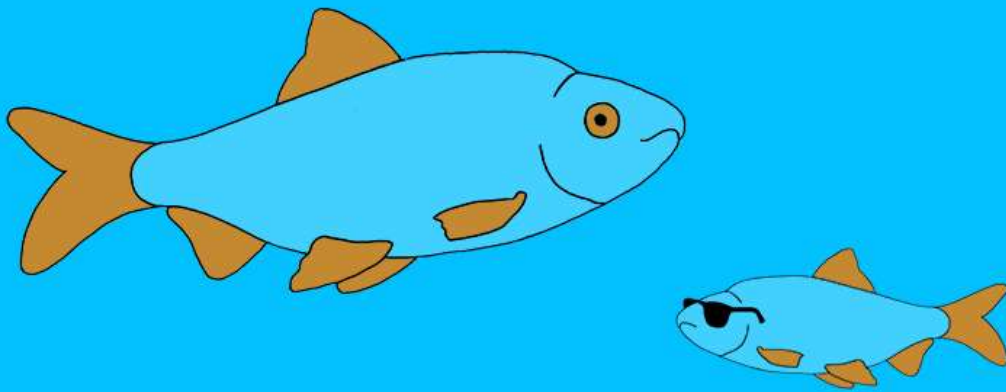


HALLITUKSEN
KÄRKIHANKE

LITTOISTENJÄRVI



Litsa 2017-2018

Projektin loppuraportti 1.0

26.3.2019

LITSA-KEM – Littoistenjärvi, OH350-S43200-03

Heikkilä, J., Laaksonen, R., Sarvala, J., Vepsäläinen, M., ja Wichmann, A.



Sisällys

LITTOISTENJÄRVEN KEMIALLINEN KÄSITTELY JA JÄLKIHOITO	3
1. Tiivistelmä.....	3
2. Hankkeen tausta ja tavoitteet	4
3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät	7
4. Kemiallisen käsittelyn toteutus	10
Kemikaali ja sen toiminta	11
Käsittelyolosuhteet ja käsittelyn seuranta	12
5. Hankkeen tulokset.....	16
Virkistyskäyttö	17
Muut sidosryhmät	18
6. Veden kemiallinen ja fysikaalinen laatu – havainnot	18
Fosfori- ja typpipitoisuuden muutokset	18
pH:n muutokset	20
Puskurikyky l. alkaliniteetti	21
Alumiinipitoisuus	21
Kloridipitoisuus	21
Väri, sameus, näkösyvyys, haju	21
Kasviplankton	22
Eläinplankton	23
Pohjaeläimet.....	24
Uposkasvit	24
Kalat.....	25
7. Muita huomioita ja analyysijä	27
Kalojen haitta-aineet	27
Sinilevät Littoistenjärvessä	28
Toistuvatko 1990-luvun vesiruttovuodet?	29
Muutoksia Littoistenjärven ympäristössä	33
Järven tilan kohenemisen ja lisääntyneen virkistyskäytön sivuvaikutuksia	34
Esille tulleita toiveita ja muita huomioita.....	34
8. Poikkeamat suunnitelmasta	36
pH tavoiterajan alitus	36
Kalakuolemat.....	37
Huoli simpukoista: 2017 simpukkakartoitus	38
Rapu.....	39

Epäily hulevesikuormituksesta: 2017-2019 hulevesikartoitus.....	39
Päävyöhykemenetelmän mukainen kasvillisuusarvio	40
Kasvillisuuden poistamatta jättäminen	40
Sedimenttianalyysin uusiminen.....	40
9. Viestinnän toteutuminen ja tulokset.....	41
10. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	42
11. Hankkeen talous ja kemiallisen käsittelyn kustannukset	46
12. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten.....	47
Yleisiä suosituksia	47
Suosituksia $AlCl_3$ -vesistökuunnostajalle	47
13. Johtopäätökset /Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista.....	49
Lähteet:.....	50

Etu- ja takakannen kuvat: Pekka Pihlaja, 2017; ©Littoistenjärven hoitokunta

LITTOISTENJÄRVEN KEMIALLINEN KÄSITTELY JA JÄLKIHOITO

1. Tiivistelmä

Littoistenjärvi on kärsinyt ylitsehuuasta tilasta, joka vastoin vesipuitelirektiivin ja vastaavan lain vaatimuksia¹ oli edelleen pahenemassa. Järven ekologinen tila oli massiivisine sinileväkukintoineen tyydyttävä tai huono, mikä heikensi erityisesti sen ekologista tilaa ja virkistyskäyttöä kesäaikaan. Hallituksen kärkihankkeessa toteutettu kemiallinen käsittely fosforin saostamiseksi ja pidättämiseksi paransi roimasti kesäisiä virkistyskäyttömahdollisuuksia ja muutti järven ekologisen tilan kohti hyvää tai erinomaista ja karumpaa tasapainotilaa. Sinileväkukintoja ei havaittu käsittelyn jälkeisinä kesinä 2017-2018.

Parannus saavutettiin ilman merkittäviä sivuvaikutuksia kasvillisuuteen, kasvi- ja eläinplanktoniin, pohjaeliöstöön, simpukoihin, kalastoon tai linnustoon. Suurin sivuvaikutus oli suurimpien kalojen, erityisesti lahnojen, tukehtuminen saostamisen yhteydessä. Sekin pystyttäisiin todennäköisesti välttämään useammalla pienempipitoisella alumiinikloridikäsittelyllä.

Ekosysteemin toipuminen oli odotetun nopeaa, kasviplankton palautui muutamassa viikossa, eläinplankton kahdessa kuukaudessa. Särkikaloissa ja muutamissa vaurioituneissa hauissa havaittiin vesihometta käsittelyä seuranneena syksynä normaalia enemmän, joka oli asiantuntijoiden mukaan todennäköisesti stressin ja saalistusvaurioiden seurausta. Kalasto ja pohjaeliöstö ovat rehevän järven tilassa, mutta muutoksessa karumpaan.

Kemiallinen saostus poisti vedestä fosforin ja muodosti fosforia pidättävän alumiinihydroksidikerroksen järven sedimentin päälle, joka näyttäisi ajan ja veden liikkeen myötä kristallisoituneen fosforiin sitoutuneena sedimenttiin. Vaikka tuuli liikuttikin saostuskerrosta erityisesti ensimmäisenä kesänä, lisääntynyt kasvillisuus, varsinkin vesirutto, ilmeisesti käytti vapautuneen fosforin ja pääsi myös ottamaan sitä sedimentistä.

Saostus vähensi sisäistä kuormitusta. Koska järvestä poistuvassa vedessä fosforia on niukasti, valuma-alueen fosfori kerryttää järven fosforivarantoa edelleen. Järviveden kemiallisen käsittelyn jälkeisen tilan säilyttämiseksi seurataan tarkasti muutoksia järven tilassa, jonka perusteella on harkittavissa seuraavat keinot:

1. Kasvillisuuden ja/tai kalaston poisto siinä määrin, että voidaan ylläpitää fosforivaranto ennallaan rehevöitymiskehityksen estämiseksi ilman saostusta.
2. Kasvillisuuden ja/tai kalaston massiivinen poisto, jolla voidaan vähentää fosforin määrää sedimentissä ja järvessä ilman saostusta.
3. Fosforin uudelleensaostus, joka parantaa tilanteen välittömästi ja varastoi kertyneen fosforin pohjaan järven ominaisuuksien määrittelemäksi ajaksi.

Itämeren kuormitus väheni Littoistenjärven kemiallisen käsittelyn seurauksena, kun järvestä lähtevän veden fosfori- ja typpipitoisuus laski. Saaristomeren Kuusistonsalmeen laskevassa Värjojassa veden ravinteikkaus on vähentynyt, mutta fosforia ja typpeä tulee kuitenkin runsaasti Littoistenjärven alapuoliselta valuma-alueelta.

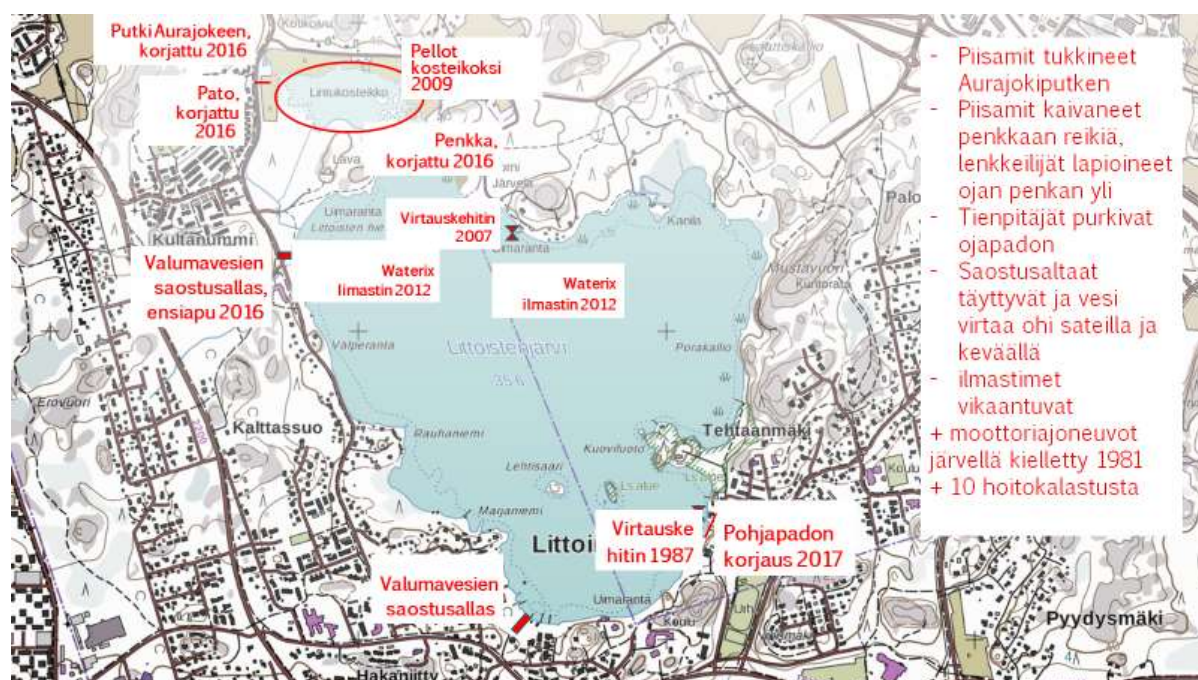
Raportissa esitämme myös käytännön suosituksia järven AlCl₃-käsittelyä harkitseville.

¹ Vesipuitelirektiivi (2000/60/EC) ja Laki vesien ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004

2. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Littoistenjärvi sijaitsee Littoisten taajaman läheisyydessä Kaarinan kaupungin ja Liedon kunnan alueella. Littoistenjärvi on noin 1,5 km² laajuinen matala järvi, jonka keskisyvyys on 2,2 m ja suurin syvyys noin 3m, tilavuus 3,25Mm³. Järveen tuleva vesi kertyy noin 3 km² alalta ja viipyy järvessä 1,8a. Järvestä vesi laskee Värjojan kautta Tuorlassa Saaristomereen Kuusistonsalmeen. Järveä on käytetty talousveden valmistuksen raakavetenä. Siksi järveä ympäröi suoja-alue² ja sen rannalla on käytöstä poistettu vesilaitos. Järvessä on kaksi saarta, ja sen rannoilla on useita luonnonsuojelu- ja virkistysalueita ja valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö, Verkatehdas. Järvi on ollut Littoisten taajaman kannalta historiallisesti monien tapahtumien näyttämönä ja luonut 'litsalaista' identiteettiä. Lisäksi se on yksi harvoista Turun seutukunnan 300.000 asukkaan luonnollisista järvistä. Järvellä on parisataa omistajaa, joista selvästi suurimmat ovat Kaarinan kaupunki ja Liedon kunta.

Littoistenjärven pääongelma 2000-luvulla oli massiivinen sisäinen kuormitus eli fosforin liukeneminen kesäisin pohjaliejusta veteen, joka johti samanaikaisesti ravinne- ja klorofyllipitoisuuksien nousuun ylirehevien järvien tasolle (Sarvala 2013, 2016). Hoitokeinoina on aiemmin käytetty haittakalaston poistoa ja ilmastusta talvisaikaan. Lisäksi ulkoista kuormitusta hallitaan laskeutusaltaiden ja Järvelän lintukosteikon avulla. Aiemmat toimet (Kuva 1.) eivät vaikuttaneet riittävästi järven tilaan, minkä seurauksena päädyttiin kemialliseen käsittelyyn. Muina toimenpiteinä harkittiin järven kuivattamista ja korkeita fosforipitoisuuksia sisältävän sedimentin ruoppaamista, mutta niiden kustannukset ja haitat arvoitiin monta kertaluokkaa kemiallista käsittelyä korkeammiksi.



Kuva 1. Valuma-alueella ja järvellä tehtyjä kunnostustoimia ennen kemiallista käsittelyä

² Littoistenjärven säännöstely-yhtiö on esittänyt vuonna 2019 suoja-alueen (Kuva 2.) poistamista tarpeettomana alkuperäisen tarkoituksen lakattua. Nykyinen lainsäädäntö korvaa suurimmalta osin aiemmat rajoitukset.

Turun yliopiston tutkijoiden, Kaarinan kaupungin ja Liedon kunnan sekä Littoistenjärven säännöstely-yhtiön pitkäaikaisen yhteistyön ansiosta Littoistenjärven ekologisesta tilasta on käytettävissä poikkeuksellisen monipuoliset seurantatiedot vuosikymmenien ajalta. Tutkimuksia koordinoi vuodesta 1992 alkaen Littoistenjärvi-työryhmä, jossa olivat edustettuina kunnat, ympäristöviranomaiset, paikalliset asukkaat ja tutkijat. Vuonna 2006 työryhmästä tuli kuntien virallinen yhteistoimintaorganisaatio, Littoistenjärven neuvottelukunta, johon tuli kolmen osakaskunnan järjestäytymisen jälkeen myös Littoistenjärven hoitokunnan edustus. Seurantatuloksista on laadittu muutaman vuoden välein perusteellisia yhteenvetoja. Niissä on tutkimustiedon pohjalta tehty ehdotuksia järven hoidosta (Rautanen ym. 1985, Sarvala & Perttula 1994, Sarvala 2005, 2013, 2016), yhtenä keinona esille nousi myös kemiallinen kunnostus.



Kuva 2. Littoistenjärven suoja-alue (vaalea katkoviiva) ja järven laskuojan, Värjojan, välialueen (82V403) valuma-alue (tumma katkoviiva, alue poikkeaa mielestämme virheellisesti suoja-alueesta). Tummanharmaat alueet ovat korkeampia, max 65m mpy, Littoistenjärven pinta N43+ 35,20–36,05 m. Lähde: V-S ELY-keskus, 2013, s. 46.

Osakaskuntien kokouksessa ja suurimpien omistajien (Kaarinan kaupunki ja Liedon kunta) kanssa käydyissä neuvotteluissa vuonna 2016 todettiin, että Littoistenjärven hoitokunta on toimivaltaisena paras toteuttamaan kemiallisen käsittelyn. Edellytykset kemialliselle käsittelylle paranivat järven tilan jatkaessa huonontumistaan: runsaat, säännölliset ja myrkylliset sinileväkukinnot lisääntyivät kesinä 2015 ja 2016. Littoistenjärvi oli noussut 2015 myös Varsinais-Suomen ja Satakunnan vesien- ja merenhoidon toimenpideohjelmaan (Westberg, 2015; Varsinais-Suomen ja Satakunnan vesien- ja merenhoidon yhteistyöryhmä, 2015).

Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta oli osakaskuntien päätöksestä hakenut Etelä- Suomen aluehallintoviraston ympäristöluvan kemialliseen käsittelyyn (11.9.2014 Dnro ESAVI/177/04.08/2013). Kemikaalikunnostuksia oli siihen mennessä maailmalla tehty satoja, Suomessakin joitakin kymmeniä. Littoistenjärven kunnostuksesta oli tulossa luokassaan suurin yksittäinen kemiallinen käsittely, pinta-alaltaan noin 3 kertaa kemiallisesti käsiteltyä Rymättylän Kirkkojärveä ja Riittiönjärveä suurempi ja vesitilavuudeltaan likipitään samanveroinen (Width, 2002; Lankinen, 2007).

Hankkeen päämääränä oli keväisen vedenlaadun säilyttäminen koko kesän ja syksyn ajan sekä parannetun ekologisen tilan säilyttäminen tulevina vuosina.

Hankkeen ensimmäisenä välittömänä tavoitteena oli toteuttaa johdetusti kemiallinen fosforin saostus ympäristöluvan ja suunnitelman mukaisesti siihen liittyvine kunnostustoimineen. Hanketta seurasi ja avusti hankkeelle perustettu monenkeskinen johtoryhmä (ks. organisaatio, taulukko alla) ympäristöluvan edellyttämässä ja hoitokunnan teettämässä toimenpiteiden mukaan täsmentyvässä aikataulussa.

Toisena välittömänä tavoitteena oli pitää asianosaiset ja muut sidosryhmät hankkeesta tietoisena (hankkeen toimijat ja yhteydenpito, Kuva 4.). Hankkeesta tiedotettiin yhteistyössä suurimpien omistajien (kuntien kanssa) infopistein ja infotilaisuuksin sekä seurataan näkyvyyttä sosiaalisessa mediassa ja verkkosivuston kävijämääriä. (katso luku 5. hankkeen viestintä, Kuva 29.)

Kolmas välitön tavoite oli selvittää kemiallisen käsittelyn jälkeisen tilan ylläpitoon soveltuvien menetelmien, tekniikoiden ja laitteiden käyttökelpoisuus Littoistenjärven. Uusien menetelmien ja tekniikoiden kehittämisessä järven sijainti lähellä asutusta antaa erinomaiset mahdollisuudet kokeiluihin ja niiden monipuoliseen mittaamiseen ja havainnointiin. Järven vedenlaadun paranemista seurataan minimissään käsittelyn ympäristöluvan edellyttämien säännöllisin mittauksin. Lisäksi Littoistenjärven ekologista tilaa havainnoidaan osana valtakunnallista sinileväseurantaa, reaaliaikaisin sinilevämittauksin (3 automaattista laitteistoa v. 2016) ja tieteellisin seurantatutkimuksin. Koska järven tila säilyi hankkeen aikana hyvänä, jälkiseurannassa keskityttiin järven tilan tarkkailuun (mm. hulevesi- ja sedimenttitutkimukset ja laajennetut pohjaeliöstön arvioit, vyöhykemenetelmän

ENSIMMÄINEN(?) OIKEUSJUTTU LITTOISTENJÄRVEN PILAAMISESTA

1910 perustettu Turun säilyketehtas O.y. A.b, Åbo konservfabrik siirrettiin Littoisiin 1919 paremman makean veden saannin vuoksi. Se sijaitsi ilmeisesti 1903 perustetun pesulaitoksen, sittemmin virvoitus- ja kaljatehtaan tiloissa Leporannassa Furuberg toimi työläisten asuntolana.

Säilyketehtas palkkasi lisää työntekijöitä 1922, ja tavoitteli toimittavansa yksin Herkkumauste-kalasäilykkeitä miljoona tölkkiä markkinoille vuonna 1925 (valikoimassa oli parikymmentä säilykettä, mm. Uutuustuotteet pääsiäis- ja jouluanjovikset v. 1926).

Tehdas myikin kesäisin "kalanjätteitä" huippuvuosina kananruuaksi ja lannoitteeksi, joten todennäköisesti Littoisissa on ennen vuoden 2017 lahnaruljanssiakin kala haissut. Kaarinan kaupungin Furubergin/Leporannan historiassa sanotaan tiloissa toimineen vihannessäilykelinjan 1927-1931, mutta viimeksi löytyneiden dokumenttien perusteella ainakin kalaa siellä purkitettiin. Kulminaatiopiste saavutettiin 1920-luvun loppua kohti mennessä: 1927 armeija tilasi Turun säilyketehtas Oy:ltä - ilmeisesti aiemmin mainitun tuotannon lisäksi -20% sianlihasäilykkeistään. Eikä siinä vielä kaikki, ilmeisesti entistä suurempi osuus SA:n tilauksista napsahti tilauskirjaan vuonna 1928, jolloin lihanleikkaajia värvättiin lehti-ilmoituksin töihin.

Kannoksi kaskeen tuli Littoisten Oy (=verkatehdas), joka haastoi Turun säilyketehtas Oy:n oikeuteen järviveden pilaamisesta. Oikeutta käytiin maaherran käskystä Liedossa ensin huhtikuussa ja sitten syyskäräjillä 1928. Lopputulosta ei vielä arkistoista löytynyt.

mukainen kasvillisuusarvio uusina) ja niissä käytettävien menetelmien parantamiseen. Ylläpitotoimille sen sijaan ei ollut tarvetta.

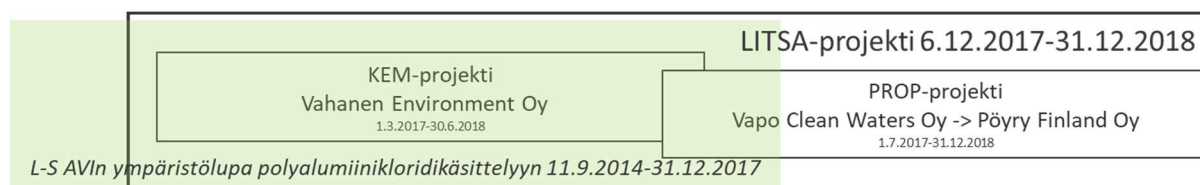
Järven virkistyskäyttömahdollisuuksien paranemista seurattiin järven virkistyskäyttäjien määrän muutoksista ja kävijäkyselyin. Koska ennen kemiallista käsittelyä järven kesäaikainen käyttö oli vähäistä, ja talviaikainen käyttö keskittynyt Järvelän avantouimalassa, parannus on helppo todentaa.

Ranta-asukkaiden ja kuntien (kaavoittajan) tavoitteet toteutuvat pitkällä ajalla. Hanketta aloitellessa tilanne oli seisahtunut, joten asutukseen ja tiestöön liittyviä muutoksia on lähiaikoina odotettavissa, todennettavissa ja niissä tulee ottaa huomioon järven kemiallisen käsittelyn jälkeinen parantunut tila ja luontoarvot, sillä järven ympäristössä pesii ja levähtää lisäksi useita luontodirektiivin erityisesti suojeltavia lajeja.

3. Hankkeen osapuolet ja menetelmät

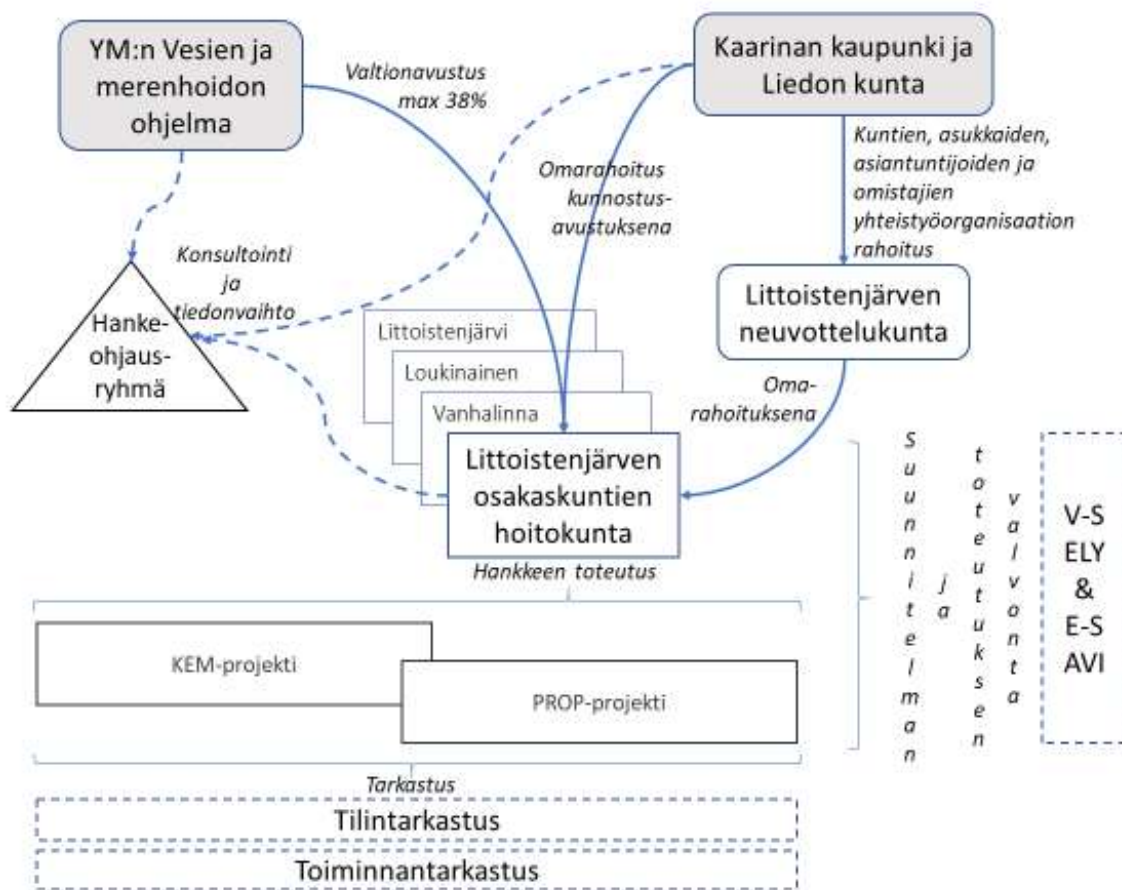
Koska Littoistenjärven hoitokunnalle myönnetty ympäristölupa oli voimassa vuoden 2017 loppuun, hankkeen johtamiseen haettiin vuonna 2016 rahoitusta useammasta lähteestä. Kahden hylätyn hakemuksen jälkeen YM:stä myönnettiin 38%:n valtionavustus Vesien- ja merenhoidon ohjelmasta, Hallituksen kärkihankkeena. Siihen mennessä myös Kaarinan kaupunki ja Liedon kunta olivat päättäneet lähteä rahoittamaan kemiallista käsittelyä, edellyttäen, että hoitokunta ottaa hankkeen johtaakseen ja johtamiseen saadaan muuta rahoitusta. Aquaen Oy oli hankkeen alussa aktiivisesti mukana kehittämässä ja kokeilemassa pintaveden suodatukseen perustuvaa tekniikkaa. Laiteet harkittiin otettavaksi käyttöön laskeutusaltaissa, mutta työ on kesken.

Hanke eriytettiin hoitokunnan varsinaisesta toiminnasta ja jaettiin kahteen osaan:



Kuva 3. Litsa-hanke

Hankkeen vastuullisena toimijana oli siis Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta, joka haki hankkeelle käytännön toteuttajaksi kunnostus- ja jälkiseurantahankkeelle konsultin ja pyysi ministeriötä nimittämään ohjausryhmän. Hankkeen hallinnointi, vastuut sekä rahoituksen että sen valvonnan pääpiirteet ilmenevät kuvasta 4.



Kuva 4. Litsa-hankkeen hallinnointi, rahoitus ja valvonta.

Kuvan 4. rooleissa toimivat hankkeen aikana seuraavat henkilöt:

	Rooli	Organisaatio
Asko Sydänoja	Ylitarkastaja, ELY- keskuksen vastuuvälvoja	Varsinais-Suomen ELY- keskus
Mika Sivil	Kalastusbiologi, ELY-keskuksen valvoja	Varsinais-Suomen ELY- keskus
Jenni Jäänheimo	Kärkihankeprojektipäällikkö, hankkeen valvoja	Ympäristöministeriö
Antton Keto	Neuvotteleva virkamies, Ympäristöministeriön nimeämän valvojan varahenkilö	Ympäristöministeriö
Ilkka Sammalkorpi	Vanhempi tutkija, Ympäristöministeriön nimeämän valvojan varahenkilö	Suomen ympäristökeskus
Heikki Elomaa	Erikoisasiantuntija, ohjausryhmän jäsen	Varsinais-Suomen ELY-keskuksen ympäristönsuojeluyksikkö
Ari Sallmén	Vesitalousasiantuntija, Elomaan varajäsen	Varsinais-Suomen ELY-keskuksen ympäristönsuojeluyksiköstä
Jukka Heikkilä	Projektin vastuullinen johtaja, ohjausryhmän puheenjohtaja	Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta, puheenjohtaja
Hannu Hausen	Ohjausryhmän varapuheenjohtaja, Heikkilän varajäsen	Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta, varapuheenjohtaja
Milja Vepsäläinen	Suunnittelupäällikkö, LITSA KEM-hankkeen vastaava projektipäällikkö, ohjausryhmän sihteeri (31.7.2017 saakka).	Vahanen Environment Oy
Paula Wuokko	Projektipäällikkö, Vepsäläisen varahenkilö (31.7.2017 saakka)	Vahanen Environment Oy

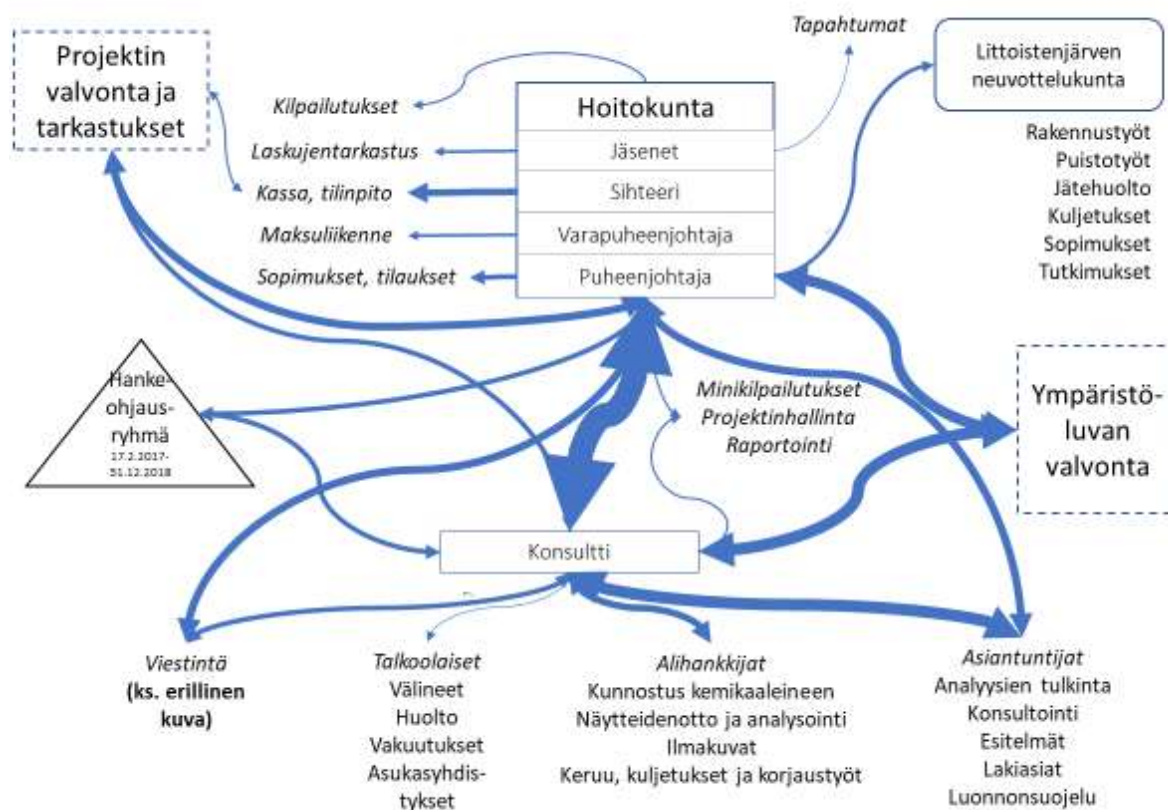
Anneli Wichmann	Hydrogeokemisti, LITSA PROP-hankkeen vastaava projektipäällikkö, ohjausryhmän sihteeri (1.8.2017 alkaen)	Vapo Clean Waters Oy (31.7.2018 saakka), Pöyry Finland Oy (1.8.2018 alkaen),
Merja Pulkkanen	Eritysasiantuntija, Wichmannin varahenkilö (1.8.2017 alkaen)	Vapo Clean Waters Oy
Jouko Sarvala	Emeritusprofessori, ohjausryhmän jäsen	Turun yliopisto
Jyrki Lappi	Tekninen johtaja, ohjausryhmän jäsen 1.3.2018 saakka	Kaarinan kaupunki
Jyrki Haapasaari	Tekninen johtaja, ohjausryhmän jäsen 1.6.2018 alkaen	Kaarinan kaupunki
Ossi Vesalainen	Viheraluepäällikkö, Lapin varahenkilö ja Haapasaaren sijainen	Kaarinan kaupunki
Tanja Hämäläinen	Kaarinan kaupungin yhteyshenkilö	Kaarinan kaupunki, Littoistenjärven hoitokunnan jäsen
Erkko Välimäki	Suunnitteluinsinööri, ohjausryhmän jäsen	Liedon kunta
Päivi Paavilainen	Ympäristösuunnittelija, Välimäen varajäsen	Liedon kunta
Veijo Ojansuu	Urakoitsijan vastuuhenkilö	Ympäristö Ojansuut Oy
Littoistenjärven neuvottelukunta	pj. Olli-Pekka Sysinoro	
Littoistenjärven säännöstely-yhtiö	pj. Ari Blomroos	
Vesistökunnostusverkosto	https://www.ymparisto.fi/vesistokunnostusverkosto	Ympäristöministeriö

Alla olevasta kuvasta (Kuva 5.) näkyy yhteydenpidon laajuus osapuolten välillä. Se myös osoittaa selvästi konsultin keskeisen roolin ja laajan asiantuntijaverkoston tarpeen LITSA:n kaltaisessa hankkeessa.

Myös hankkeen hallinnointi vaatii erityisiä järjestelyjä:

Valtionavustusten tilinpitovaatimusten vuoksi kirjanpito (ja tilintarkastus) tuli järjestää hoitokunnan normaalitoiminnasta poiketen, samaten kilpailutukset. Littoistenjärvellä vastuut ja valtuudet jaettiin siten, että puheenjohtaja vastasi sitoumusten tekemisestä, laskujen ja sitoumusten tarkastus oli toisella henkilöllä, maksuliikenne kolmannella ja kirjanpito neljännellä. Työnjako ja valtuudet jouduttiin todistamaan myös pankissa, ennen kuin maksuliikenne saatiin toimimaan.

Koska hoitokunta ei ole arvonnäkövelvollinen, eikä sellaiseksi ole aikunut ryhtyä, avustuksissa tämä pystyttiin ottamaan huomioon. Hoitokunta ei myöskään palkannut ketään, vaan osti toimet palveluina tai niin sanotuilta kevytyrittäjiltä.



Kuva 5. Hankkeen toimijat ja yhteydenpito. Kahden vuoden aikana konsulttien ja puheenjohtajan välillä on lähetetty noin 1700 sähköpostiviestiä ja niissä toistatuhatta liitetiedostoa. Lisäksi tulevat tilastoimattomat teksti- ja pikaviestit sekä puhelut.

4. Kemiallisen käsittelyn toteutus

Käsittelyssä noudatettiin 11.9.2014 Etelä-Suomen aluehallintoviraston ympäristövastualueen päätöksen 149/2014/2 lupaehtojen mukaista Littoistenjärven osakaskuntien kokouksen hyväksymää kunnostussuunnitelmaa ENV890 29.6.2016, jota päivitettiin versioon 1.7.2016 ympäristöluvan edellyttämän vesistötarkkailun muutoksin ja lisäyksin sekä kalataloudellisen tarkkailun edellyttämin tarkennuksin toistamiseen vielä keväällä 2017.

Luvassa määriteltiin kertakäsittelyssä käytettävä kemikaali, polyalumiinikloridi PAX XL-100, ja määrättiin käsittely tehtäväksi joko keväällä tai syksyllä. Käsittelyajaksi valikoitui kevät ensisijaisesti pelivarauksen, vakaampien sääolosuhteiden vuoksi ja koska kasvukauden lopulla runsaimmillaan olevan kasvillisuuden ja eliöstön epäiltiin kärsivän käsittelystä enemmän kuin keväällä. Liedon kunnan ympäristötarkastajan ja Kaarinan ympäristölautakunnan huomautukset ja oikaisuvaatimukset tulivat hylätyksi Etelä-Suomen aluehallintoviraston ympäristövastualueen päätöksiin.

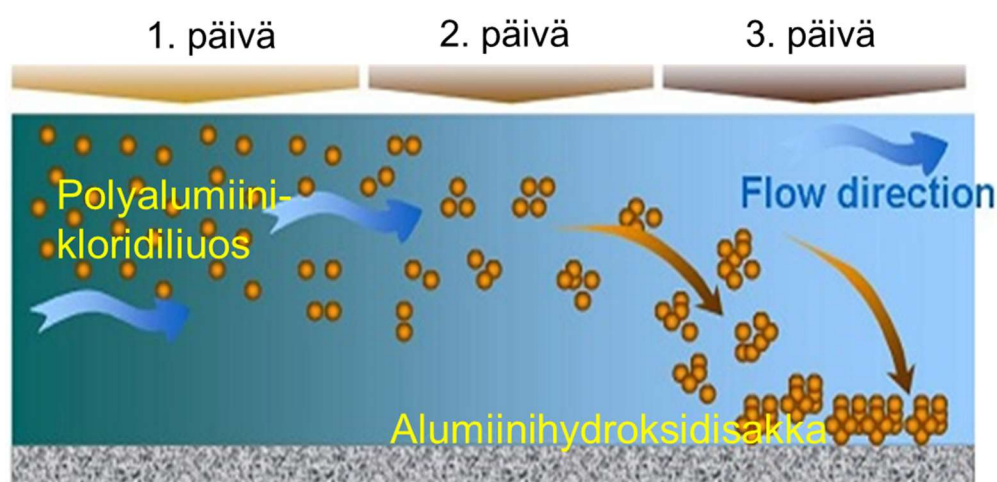
Hankkeesta pidettiin julkista päiväkirjaa hoitokunnan sivuilla (<http://www.littoistenjarvi.fi/>), jonne kirjattiin todennetut tapahtumat. Yksityiskohtaiset tutkimustulokset ovat saatavilla niin ikään sivustolta (<http://www.littoistenjarvi.fi/tutkimustyo/>), suunnitelmat, viranomaispäätökset, -luvat ja kiellot puolestaan sivulla <http://www.littoistenjarvi.fi/jarven-hoitosuunnitelmat/>.

Kemikaali ja sen toiminta

Littoistenjärvellä käytettiin menetelmänä fosforin kemiallista saostusta. Saostus sopii järville, joiden rehevyystaso on merkittävän korkea, järven teoreettinen viipymä suhteellisen pitkä ja järven pinta-ala sekä vesitilavuus riittävän pieniä. Myös ulkoisen kuormituksen tulee olla melko pientä.

Littoistenjärvellä käytettiin liuosmuotoista polyalumiinikloridia kauppanimeltään PAX-XL100 (valmistaja Kemira Oyj). Polyalumiinikloridi on viime vuosina osoittautunut parhaiten soveltuvaksi kemikaaliksi järvien kemiallisessa saostuksessa.

Kuvassa 6. on esitetty kemikaalin toimintaperiaate.



Kuva 6. Kemiallisen käsittelyn toimintaperiaate.

Kemikaalin annostus määritettiin näytteenotolla (2.5.2017) ja laboratoriokokeilla. Käyttömäärä suhteutettiin Littoistenjärven ennen käsittelyä (25.4.2017) mitattuun vedenpinnankorkeuteen (+36.35, N2000) ja vesitilavuuteen noin 3,627 Mm³. Vedenpinnankorkeutta pidettiin säännöstelyn ylärajalla ennen kemiallista käsittelyä ja sen aikana, jotta saostettava vesipatsas olisi mahdollisimman syvä ja alueelta mahdollisesti alapuolisiin vesistöihin kulkeutuvan kemikaalin määrä olisi mahdollisimman vähäinen. Tavoiteltu veden pH käsittelyn jälkeen oli noin 6,0–6,3. Kemikaalin annostelussa otettiin huomioon järven merkittävästi ajankohdan mukaan vaihtelevat olosuhteet (pH, alkaliniteetti ja fosforipitoisuus). Kemikaalin lopullinen käyttömäärä oli 160 t eli 44 mg/l, mikä on huomattavasti vähemmän kuin alustavasti arvioitu määrä (200-280 t ja 50-60 mg/l). Käyttömäärää vähensi mm. 2.5.2017 mitattu vuodenaikaan nähden kohtalaisen alhainen pH ja alkaliniteetti.

Kemikaalin käyttömäärän määrittämissä tulokset on esitetty taulukossa 1 ja laboratorion analyysilomake liitteessä.

Taulukko 1. Kemikaalin käyttömäärän määrittämissä tulokset (Kemira Oyj, 4.5.2017).

Näyte	Kemikaali	Annostus µl/l	Annostus mg/l	pH1	pH2	Sameus
0	PAX-XL100	0	0	7,1	7,1	samea ja väriä
1	"	29	40	6	6,2	kirkkain
2	"	43	60	5,5	5,6	kirkas
3	"	58	80	5	5	kirkas ja vähän väriä

Käsittelyolosuhteet ja käsittelyn seuranta

Ennen kemiallisen käsittelyn aloitusta tehtiin valmistelevia töitä. Työmaatukikohtana toimineelle järven etelärannalle Kaarinan kunnan omistamaan Furubergiin rakennettiin väliaikainen laituri kemikaalin lastausta varten. Kemikaalin levitykseen käytetyt alukset laskettiin vesille muutamaa päivää ennen levityksen aloitusta. Ennen käsittelyn aloitusta otettiin myös näytteitä ja mitattiin veden pH.

Kemikaalin levitys toteutettiin aamun 11.5 ja iltapäivän 12.5.2017 välillä. Kemikaalia levitettiin ympäristöluvan määritysten mukaisesti yhtäjaksoisesti noin 36 tuntia. Kemiallisen käsittelyn toteutukseen keväällä vaikutti mm. se, että vedessä on vähemmän fosforia kuin muulloin avovesikaudella eikä leväkukintoja vielä esiinny. Keväällä asukkaiden osallistaminen talkoisiin oli helpompaa kuin syksyllä ja levitys voitiin tehdä pidemmän valoisin jakson aikana. Tuuliolosuhteet ovat keväällä edullisemmat kuin syksyisin ja syksyllä järven jäätyminen olisi voinut estää käsittelyn. Tarkka toteutusajankohta päätettiin mm. sääolosuhteiden perusteella (tuuliolot ja lämpötila).



Kuva 7. Vasemmalla väliaikainen laituri ja isompi levitysalus. Oikealla pieni alus. Kuvat: Vahanen Oy

Pienempää alusta käytettiin alueilla, joilla vesisyvyys oli 0,5-1 m ja suurempaa alusta tätä syvemmillä vesialueilla. Karikot tiedusteltiin ja niiden sijainnit muunnettiin WGS84 koordinaateista ETRS-TM35FIN -koordinaatistoon ja toimitettiin urakoitsijalle. Urakoitsija löysi järvestä yhden merkitsemättömän karikon, joka sittemmin on lisätty karikoiden luetteloon. Kemikaalin levitys toteutettiin mahdollisimman tasaisesti ottaen huomioon annostelunopeus, veneen nopeus ja vesisyvyys. Työn aikana urakoitsija seurasi järven happamuutta pintavedestä koko kemikaalin levityksen ajan. Kemikaalin levityksessä huomioitiin Turun lintutieteellisen yhdistyksen edustajan karttaan merkitsemät lintujen pesimisalueet, joiden lähelle ei menty käsiteltäessä; samoin kartettiin järven pohjoispään viitasammakon kutualuetta.

Levitys sujui suunnitellusti kahdella aluksella. Järveen levitettiin viisi rekka-autollista Kemiran PAX-XL100 -liuosta. Käytetty liuosmäärä oli huomattavasti pienempi ja laimeampi (160t ja 44mg/l) kuin suunniteltu (200-280t ja 50-60mg/l). Määrää pienennettiin ennen levitystä pH:n ja varsinkin alkaliniteetin alaisuuden vuoksi. Veden lämpötila oli käsittelyn aikana noin 10°C. Saostusreaktio olisi ollut nopeampi korkeammassa lämpötilassa, mutta tällöin myös fosforin tasot olisivat luultavasti olleet korkeammat.

Järven pH:ta ja lämpötilaa seurattiin 18-22 näytepisteestä 0,5 m syvyydvälein koko vesipatsaasta ennen kemikaalin levityksen aloitusta, sen aikana ja jälkeen (10.5.- 1.6.2017). Seurannasta sovittiin valvonnasta vastanneen viranomaisen kanssa. Ympäristöluvan mukaiset vesinäytteet otettiin kolmelta näyteasemalta ja kahdelta syvyydeltä 1,0-1,5 m ja 2,0-2,5 m. Lisäksi yksi näytteenottopiste oli Väröjassa radan eteläpuolella.

Taulukossa (Taulukko 2) on esitetty kemiallisen käsittely päävaiheiden aikajana ja vaikutusten päämittarit (pH, alumiinipitoisuus, alkaliniteetti ja kokonaisfosfori).

Taulukko 2. Käsittelynaikainen seuranta

Vko	Toimenpiteet	Mittarit
vko 18	Intensiivistä tiedotusta, luvanmukainen näytteenottokierros, urakoitsija tekee valmistelevia töitä mm. väliaikainen laituri kemikaalin lastausta varten	
vko 19	pH-mittaus (10.5.), kemikaalin levityksen toteutus 11.-12.5., talkoot: tiedotusta, ranta-alueiden siivousta ja kalojen keräystä 12.5. alkaen. Liikkumiskiello järvellä alkaa (11.5.).	- ennen levitystä pH 6,5-7,1 (10.5.) - levityksen aikana pH 5,4-6,9, paljon alueellisia eroja (11.5.) - levityksen loppuvaihe pH 5,0-6,1 (12.5.) - levityksen loputtua pH 5,1-5,9 (13.5.)
vko 20	pH-mittauksia jatketaan valvojan viranomaisen kehoituksesta, luvanmukainen vesinäytteenottokierros, kuolleiden kalojen keruuta jatketaan, särkikalojen harppuunakalastusta. Alhaisesta pH:sta ja koholla olevista Al-pitoisuuksista huolimatta järvi todettiin valvojan kanssa uintikelpoiseksi, liikkumiskiellot poistetaan (15.5.). Valtava mediajulkisuus, paljon ihmisiä rannoilla, vesi äärimäisen kirkasta.	pH 5,0-5,8 (15.5.) Kokonaisfosfori 4-7 µg/l Alkaliniteetti <0,04-0,06 mmol/l Alumiini 320-830 µg/l
vko 21	pH-mittauksia jatketaan, kalojen keruuta jatketaan, simpukkatutkimus.	pH 5,8-6,3 (22.5.) (18.5.): P kok. < 5 µg/l Alkaliniteetti 0,06-0,07 mmol/l
vko 22	pH-mittauksia jatketaan, kalojen poistamista, näkösyvyys palautumassa normaalimmaksi.	pH saavuttanut tavoitetason 6,0-6,8 (1.6.), aktiivinen seuranta lopetetaan.
vko 23	Saostusprosessi on päättynyt. Kokonaisfosfori edelleen alhainen, alumiinipitoisuus alhainen, alkaliniteetti palautumassa. Kasviplankton elpymässä, eläinplanktonia havaittu yhtä sukua.	(6.6.) pH 6,8-7,0 Kokonaisfosfori 8-12 µg/l Alkaliniteetti, 0,12-0,14 mmol Alumiini 29-88 µg/l

Taulukko 3. Ennen ja jälkeen kemiallisen käsittelyn (Kuvat: Vahanen, 2017; Indigovisio, 2017 & 2018)



Luvan mukainen näytteenotto (2.5.), mitattu näkösyvyys noin 1,4-1,5 m.



Kemikaalin levitys on aloitettu (11.5.).



Kemikaalin levityksen toinen päivä (12.5.2017) vesi kirkastunut huomattavasti. Näkösyvyys pohjaan saakka lähes kaikilla alueilla.



Kemikaalin levityksen päättymisen jälkeinen päivä ja vesi on kirkastunut huomattavasti (13.5.2017). Pohjassa näkyy valkoista flokkia.



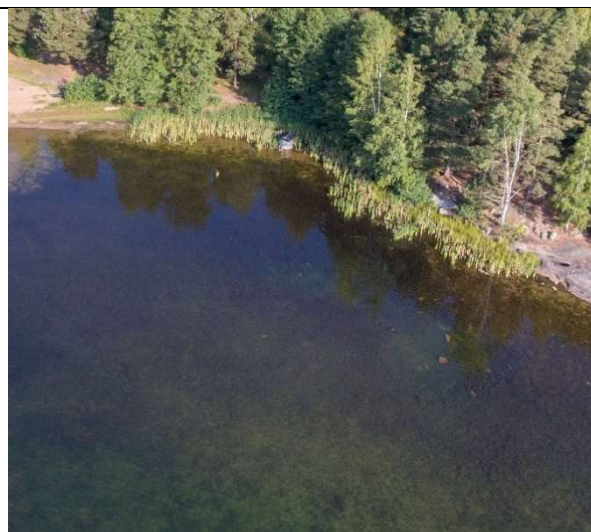
Käsittelystä on kulunut noin viikko, näkösyvyys pohjaan saakka koko järven alueella ja vaakanäkyvyys arviolta kymmeniä metrejä (18.5.2017).



Käsittelystä on kulunut noin 3 viikkoa ja vesi samentunut normaalimpaan tilaan (1.6.2017), näkösyvyys edelleen hyvällä tasolla, noin 2-3 m.



AquaEN Oy:n prototyyppi suodatinlaitteisto Littoistenjärvessä 4.9.2016. Kuva: Vesa Ritvanen/Indigovisio Oy.



Sama paikka elokuussa 2018. Kuva: Vesa Ritvanen/Indigovisio Oy

Heti kemikaalin levityksen alettua aloitettiin kalakuolemien seuranta. Ensimmäiset kalakuolemat havaittiin 12.5. ja kalojen kerääminen aloitettiin välittömästi. Kemiallisen käsittelyn jälkeen järjestetyissä (12.5.2017) talkoissa kerättiin pois kuolleita kaloja ja siistittiin järven ranta-alueita. Kalojen keräystä jatkettiin vapaaehtoisvoimin vielä 31.5.2017 saakka, mihin asti hoitokunta ylläpiti säännöllisesti tyhjennettyjä kalaroskiksia järven ympärillä. Kirkastuneessa vedessä särkikaloja poistettiin myös harppuunakalastamalla. Kalat, yhteensä 4 940 kg, toimitettiin L&T:lle Topinojan jätekeskukseen. Talkoolaiset keräsivät pääasiassa iltaisin ja varsinkin viikonloppuisin, mikä aiheutti välivarastointiongelmia jätekeskuksen ollessa auki vain arkisin. Kuvassa 23. on esitetty järvestä poistettuja suuria lahnoja, joiden tyypillinen pituus oli 40-50 cm ja suurimmat yli 70 cm.

Huolimatta julkisuudessaakin olleista valokuvista, vain muutamia haukia kuoli käsittelyn vaikutuksesta. Tämä johtuu siitä, että hauet ja ahvenet kestävät särkikaloja paremmin alhaisia pH-arvoja. Kuolleiden kalojen joukossa oli myös joitain ruutanoita, särkiä ja ahvenia.

LITSA-PROP -seurantahankkeeseen siirryttiin kesällä 2017 ja se jatkui vuoden 2018 loppuun. Sen aikana seurattiin järven tilan kehitystä. Tila on pysynyt erinomaisena tai hyvänä, mutta erityishuomiota on kiinnitetty

1. järvessä kovilla tuulilla vellovaan sakkaan (pohjassa ensimmäisenä vuotena ns. höttöä. Sakkaa ilmeni toisena kesänä kovissa myräköissä, mutta sedimenttianalyysin perusteella sakka näyttäisi sekoittuneen pohjasedimenttiin vuoden 2018 aikana.
2. kasvillisuuden nopeaan runsastumiseen hellekesänä 2018, erityisesti vesiruton (*Elodea canadensis*) leviämiseen loppukesällä, joka osoittaa, että vesirutto kykeni ottamaan fosforia sedimentistä, kun sitä oli vedessä hyvin vähän.

Edellisten vuoksi hanketta on laajennettu Littoistenjärven neuvottelukunnan kanssa hulevesitutkimuksella ja sedimenttianalyysillä. Hulevesitutkimuksella pystytään selvittämään järven valuma-alueelta kertyvän fosforin määrä. Sedimenttianalyysillä puolestaan päästään arvioimaan alumiinin kanssa sedimenttiin sitoutunut fosfori ja varmentamaan aiempien sedimenttitutkimusten tulokset.

5. Hankkeen tulokset

Kemiallisen käsittelyn tavoitteena oli sitoa vesifaasin ja sedimentin fosfori liukenemattomaan muotoon, vähentää leväkukintojen määrää järvessä, parantaa järven virkistyskäyttöä, sekä nostaa vesistön tila vesidirektiivin edellyttämälle hyvälle tasolle. Tulosten perusteella käsittelyn vaikutukset talveen 2019 mennessä ovat olleet suunnitellun mukaiset ja odotetut.

Luonto toipui kemiallisesta käsittelystä nopeasti. Järven ekologinen tila on kohentunut lähes kaikilla mittareilla eikä myrkyllisiä sinileväkukintoja havaittu kesinä 2017 ja 2018.

Kunnostamisen velvoittama vedenlaadun ja kalaston tarkkailu antaa jo sinänsä hyvän kuvan vedenlaadusta. Littoistenjärvellä sitä täydentää säännönmukainen vedenlaadun, kasvillisuuden ja planktonin sekä pohjaeläinten tarkkailu. Käsittelyn vaikutus järven ekologiseen tilaan on ollut ilahduttavan myönteinen: päävyöhykemenetelmällä arvioitu kasvillisuuden tila on alustavan arvion mukaan vertailujärvien joukossa hyvä. Muut indikaattorit osoittavat, että yksittäiset tilaa kuvaavat muuttujat erinomaisesta huonoon, mutta ollen keskimäärin vähintään hyvä vesipuitedirektiivin kriteereillä arvioituna.

Taulukko 4. Littoistenjärven ekologinen tila kevään 2017 kemiallisen käsittelyn jälkeen eri muuttujien mukaan (mittaukset sekä 2017 että 2018, tai vain 2017)).

Avovesialueen planktonsysteemi	
Kokonaisfosfori	hyvä
Kokonaistyyppi	erinomainen
Klorofylli	erinomainen
Kasviplanktonbiomassa	hyvä
Syanobakteerien osuus	erinomainen
Eläinplankton	ei käytössä WFD:ssä (hyvä)
Kalasto ja pohjaeläimet	
Kalabiomassa	huono
Kalatiheys	välttävä
Särkikalaosuus	erinomainen
Petokalaosuus	erinomainen
Pohjaeläinbiomassa ulappa (ei WFD-kriteeri)	2017: erittäin rehevä 2018: rehevä
Pohjaeläinindeksit ulappa (ei WFD-kriteeri)	2017: erittäin rehevä 2018: rehevä
Pohjaeläinindeksit, litoraali	
- TT = tyyppiominaisten taksonien osuus	2017: hyvä/tyyydyttävä (TT/PMA-indeksit)
- PMA = Prosenttinen mallinkaltaisuus	2018: hyvä/tyyydyttävä (TT/PMA-indeksit)

Kirjoittajat ovat luokitelleet kriteerit ympäristöhallinnon ohjeistusta soveltamalla (Aroviita ym., 2012). Ympäristöhallinto määrittelee mittaustulosten perusteella Littoistenjärven ekologisen tilan vuoden 2019 aikana.

Valuma-alueelta tulee vähäisessä määrin, mutta jatkuvasti järveen edelleen ravinteita, joten pysyvämpää ratkaisua järven fosforitaseen kurissa pitämiseen tarvitaan jatkossakin. Periaatteessa Itämerelle haitallisten ravinteiden kuormitus väheni, kun järvestä lähtevässä vedessä on hyvin niukasti ravinteita, mutta samalla havaittiin, että järven alapuoliselta laskuojan valuma-alueelta ravinteita valuu Variojan/Myllyjojan kautta edelleen todennäköisesti Kuusistonsalmeen (eli Itämereen) asti.

Virkistyskäyttö

Saostus toimi oletetusti ravinteiden sitomisessa pohjaan ja paransi järven virkistyskäyttöä. Kesäaikaan järvellä kävi 50-1000 ihmistä päivässä uimassa ajalla toukokuun puolivälistä syyskuulle (varovaisestikin arvioiden kymmeniä tuhansia uintikertoja kesässä), ja Järvelä on ilmoittanut 1500 viikoittaista kävijää vuoden ympäri (TS 14.2.2019). Ranta- ja lähiseudun asukkaat, erityisesti lapsiperheet, ovat löytäneet järven omakseen. Järvi lämpenee matalana nopeasti ja soveltuu hyvin uimiseen, uimarantoja lisättiin neljään. Järvelässä pukuhuoneita ollaan laajentamassa 2018-2019. Uimarantojen saniteettitiloja ja palveluita lisättiin heti keväällä 2017. Lisäksi Kaarinan kaupunki on kunnostanut Ristikallion koulun rannan viralliseksi uimarannaksi. Roska-astioita on lisätty ja rantahiekkaa lisätty ja vaihdettu. 2017 ja 2018 leväkukintoja ei järvessä esiintynyt, vaikka aiempina vuosina niitä oli etenkin heinä-elokuussa. Aktiivisuus järven kunnossapitämiseksi on käsittelyn seurauksena lisääntynyt huomattavasti ja keskusteluiden perusteella alueen asukkaiden yhteisöllisyys on parantunut. Ranta- asukkaat osallistuivat aktiivisesti kuolleiden kalojen keräämiseen ja myöhemminkin talkoissa rantojen siivoamiseen roskista ja sinne ajautuneesta kasvillisuudesta.



Kuva 8. Littoistenjärven hiekkaranta toukokuussa 2018. Kuva: Jukka Heikkilä

Luontoharrastajien piirissä Littoistenjärvi on tunnettu hyvänä lintujärvenä muuttoaikoina. Syystalvella 2017-2018 talvella nähtiin normaalien lajien lisäksi allihaahkaparvi, järvellä viipyileviä alleja, 2018-2019 kasvillisuuden lisääntyneenä satamäärin laulujoutsenia ja pääasiassa kanadanhanhia. Kesällä myös kuningaskalastaja piipahti järvellä. Naurulokkikolonia on edelleen kalliosaarella. Isokoskeloiden määrä on selvästi vähentynyt. Petokalat verottavat vesilintujen poikasia.

Kalastajien määrä on jonkin verran vähentynyt, mutta talven 2018-2019 hyvät pilkkiahvensaalit tullevat lisäämään kalastajien määrää.

Kuntoilijat ja vesiurheilijat (melojat, suppaajat) ja näille palveluita tarjoavat yritykset ja yhteisöt ovat lisääntyneet. Järvellä näkee melontaseurueita, melonnan ja surfauksen harjoittelijoita. Ajoneuvoon kytketty vinssikäyttöinen n.s. Spede-linko on myös nähty järvellä hupitoimissa.

Muut sidosryhmät

Littoistenjärvi on myös turkulaisten suosiossa: lähiseudun asukkaat ja eritoten Varissuon asukkaat ovat ottaneet järven omakseen suosittuna piknik- ja kalastuskohteena alkukesällä. Kemiallisen käsittelyn jälkeen kesällä järvellä on ollut kuhina ja riesaa on ollut luvattomista nuotioista – erityisesti rutikuivana kesänä 2018.

Järven rannalla on suosittu tanssilava (3 tapahtumaa/viikossa kesäkautena), joka järven puhdistamisen myötä lisännyt tapahtumia 4-5 kertaan viikossa. Pysäköintialueista on vilkkaimpina iltoina pulaa.

Tutkijoiden katkeamaton aikasarja-aineisto Littoistenjärven tilasta 1990-luvulta jatkuu, ensimmäiset tutkimukset on julkaistu vuonna 1913 ja kemiallisen käsittelyn yhteydessä on pystytty laajentamaan ja parantamaan aineistojen vertailukelpoisuutta muihin järviin.

6. Veden kemiallinen ja fysikaalinen laatu – havainnot

Kemiallisen käsittelyn vaikutuksia seurattiin seuraavilla tavoilla:

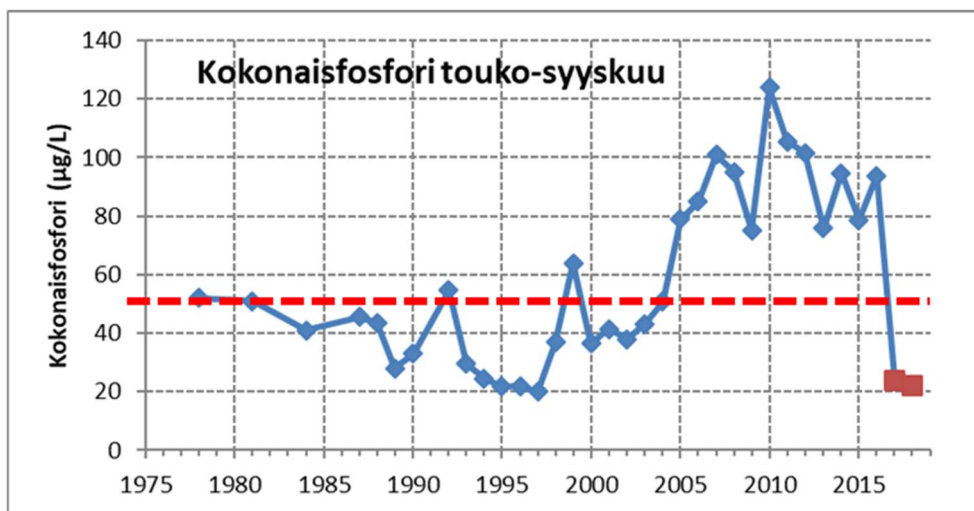
- Velvoitetarkkailut sekä niitä täydentävä laajempi Littoistenjärven neuvottelukunnan pitkäaikainen perusseuranta: veden laatu, kasvi- ja eläinplankton sekä kalasto.
- Kasvillisuuskartoitukset: Littoistenjärven aikasarjamittaukset ja päävyöhykemenetelmän vertailukartoitus 2018 ELY:n toiveesta
- Pohjaeläimet (ylimääräisiä tutkimuksia tehty useita, jotta nähdään eliöstön muutos)
- Sedimenttitutkimukset uusitaan, jotta nähdään, minne alumiini on sitoutunut sedimentissä kahden kesän jälkeen.
- Hulevesiä kartoitetaan 2017-2019, jotta saadaan tieto järven fosforitaseen karttumisen laskemiseksi. Se toimii myös VEMALA-vertailutietona ja jatkotoimenpiteiden suunnittelun lähtökohtana yhdessä sedimenttitutkimuksen kanssa.

Vertailujaksolla 2006-2016 ennen kemiallista käsittelyä veden ravinnepitoisuudet nousivat loppukesään mennessä huikean korkeiksi. Käsittelyn myötä järven tila muuttui ja pysyi sen jälkeen vakaana heinäkuun alusta 2017 lähtien syksyyn 2018 saakka. Muutos aikaisempaan oli merkittävä.

Seuraavissa luvuissa Littoistenjärven kemiallisen käsittelyn jälkeistä tilaa 2017-2018 suhteutetaan järven aikaisempaan historiaan vertaamalla keskeisimpien vedenlaatumuuttujien touko-syyskuun keskiarvojen kehitystä koko 40 vuoden seurantahistorian 1978-2018 aikana.

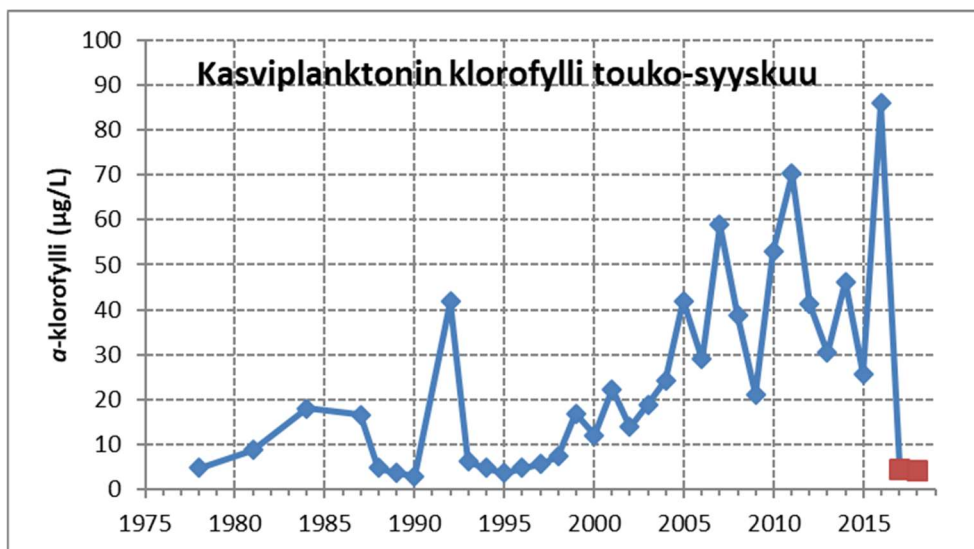
Fosfori- ja typpipitoisuuden muutokset

Vuosina 2006-2016 Littoistenjärven veden elokuinen fosforipitoisuus oli tyypillisesti tasolla 80-150 µg/l nousten pahimmillaan jopa tasoon 250 µg/l. Loppukesän typpipitoisuus oli alimmillaan 900 µg/l ja korkeimmillaan yli 2 900 µg/l. Klorofyllipitoisuus oli tasolla 20–100 µg/l, ajoittain jopa 160 µg/l syanobakteerien loppukesäisten massaesiintymien vuoksi. Kemiallisen käsittelyn ansiosta vuosina 2017 ja 2018 kesänaikaista ravinteiden ja klorofyllin nousua ei ollut lainkaan, ja fosforipitoisuus vaihteli 20 µg/l:n molemmin puolin, typpipitoisuus oli 300 µg/l:n luokkaa, ja klorofyllitaso yleensä alle 5 µg/l.

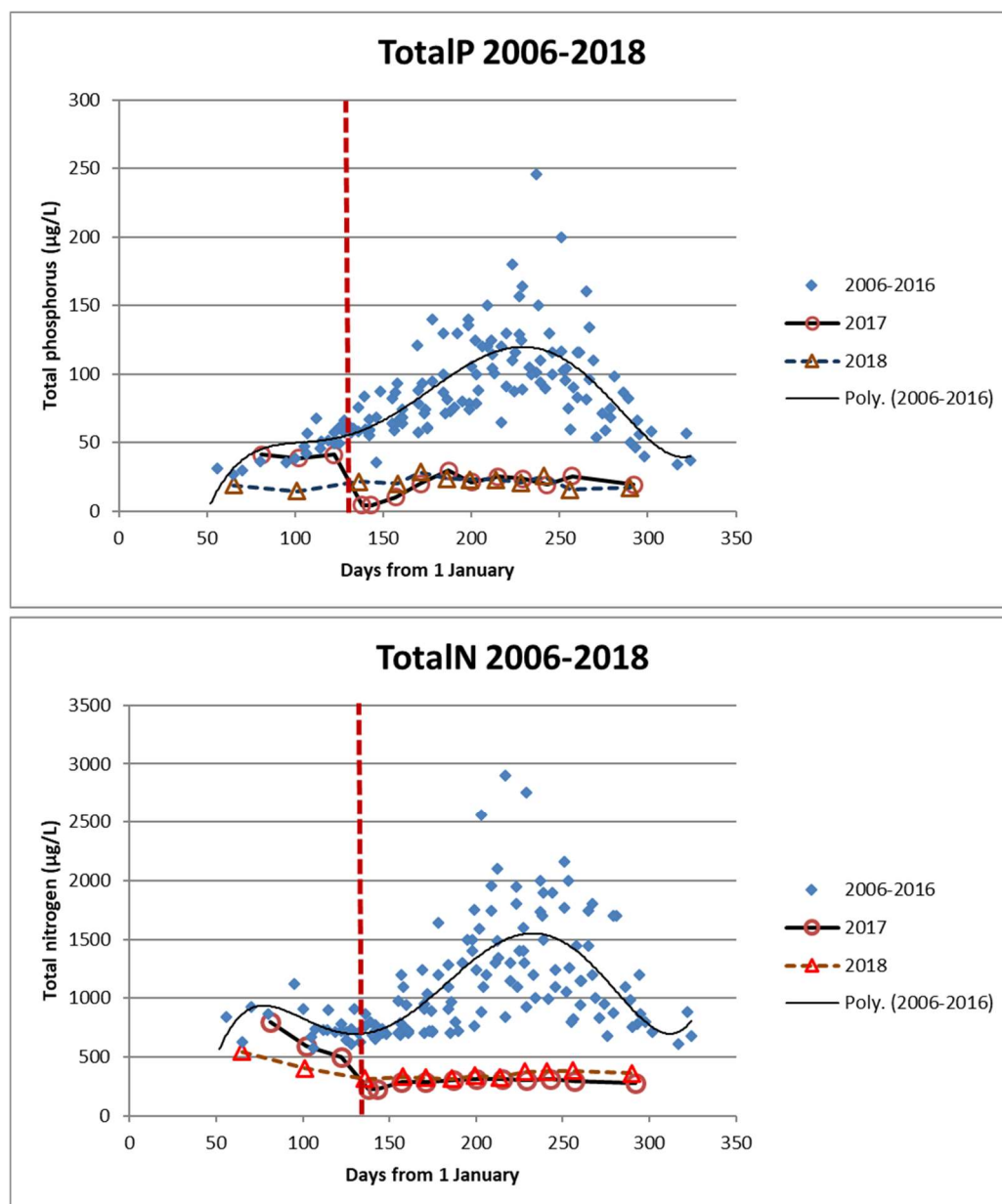


Kuva 9. Vedenlaatumittarin vuosikeskiarvon muutos 1978-2018, punaiset neliöt käsittelyn jälkeen. Katkoviiva osoittaa Litoistenjärven ominaisuuksien perusteella ennustetun kokonaisfosforin tason, (Sarvala, 2018)

Kokonaisfosforin pitoisuus vastasi 2000-luvun alkuun saakka järvioltaan ominaisuuksista ennustettua tasoa; itse asiassa 1990-luvulla taso oli laskusuunnassa vesiruttokasvustojen romahdusvuosia lukuun ottamatta. Vuoteen 2006 mennessä fosforitaso hyppäsi korkeammalle, ylirehevälle tasolle ja jäi sinne heilahtelemaan. Kemiallisen käsittelyn jälkeen fosforitaso laski jyrkästi ja asettui lievästi rehevän järven tasolle. Kokonaistypen ja klorofyllin kehitys seurasi fosforia, mutta käsittelyn jälkeen klorofyllilukemat vastasivat karun järven tasoa. Syanobakteerikukintoja ei tänä aikana havaittu.



Kuva 10. Vedenlaatumittarin vuosikeskiarvon muutos 1978-2018 (Sarvala, 2018)



Kuva 11. Kokonaisfosforin ja -typen määrä 2006-2018, pystykatkoviiva kemiallisen käsittelyn ajankohta v. 2017 (Sarvala, 2018)

pH:n muutokset

Veden pH vaihteli ennen kemialliseen käsittelyyn ryhtymistä voimakkaasti nousten loppukesällä varsin korkeaksi, jopa lähes kymmeneen (Sarvala, 2016b). Yhdeksänä vuotena kahdestatoista veden pH oli niin korkea, että fosforin vapautuminen pohjasta oli todennäköistä. Kalakuolemien rajoittamiseksi alumiinikäsittelyn ympäristöluvassa määriteltiin veden pH-tavoitteeksi kemiallisen käsittelyn ajaksi 6,0-6,3. Tavoiterajat alitettiin noin viikon ajan, ja paikoin virinneen tuulen sekoittavan vaikutuksen takia pH oli muutamassa kohdassa jopa alle 5 (ks. Kuva 22., s. 36 **Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**).

Tavoitetaso saavutettiin noin viikossa (18.5.2017) ja neljännestä viikosta (6.6.2017) alkaen pH oli noin seitsemän, jolla tasolla se pysyi koko kesän 2017. Kesällä 2018 pH nousi syksyä kohti uposkasvillisuuden runsastuessa. Korkein pH-lukema, 8,4, mitattiin syyskuussa 2018.

Puskurikyky l. alkaliniteetti

Littoistenjärven veden luontainen puskurikyky (alkaliniteetti) oli 1960-1990-luvuilla keskimäärin $0,22 \pm 0,02$ mmol/l, mutta koko vaihteluväli eri vuosina ja vuodenaikoina oli kuitenkin 0,11-0,36 mmol/l. Toukokuussa 2017 juuri ennen käsittelyä mitattiin mittaushistorian toiseksi korkein kesäaikainen arvo (0,32 mmol/l). Tämä kertonee happamoittavan laskeuman vähentymisestä. Heti käsittelyn jälkeen alkaliniteetti oli vain 0,06 mmol/l, josta se nousi $\pm$ tasaisesti niin että marraskuussa 2018 oltiin jo lähellä käsittelyä edeltänyttä tasoa. Tämä ylitettiin helmikuun 2019 mittauksissa, jolloin jääpeitteisen Littoistenjärven alkaliniteetti oli 0,34-0,36 mmol/l, lukuun ottamatta yhden tutkimuspisteen pohjanläheisiä syvyyksiä, joissa esiintyi selvää happivajausta ja alkaliniteetti oli korkea (0,47-0,51 mmol/l).

Alumiinipitoisuus

Polyalumiinikloridin sisältämien alumiinin ja kloridin pitoisuuksia järvessä seurattiin myös. Ennen käsittelyä, jaksolla 1984-1990, veden kokonaisalumiinipitoisuus Littoistenjärvessä oli keskimäärin 101 $\mu\text{g/l}$ ($n=5$; Etelä-Suomen pikkujärvissä tyypillinen taso on ~ 80 $\mu\text{g/l}$). Kemiallisen käsittelyn aikana Al-pitoisuus nousi hetkellisesti yli 200 $\mu\text{g/l}$:n (320-830 $\mu\text{g/l}$), mutta laski nopeasti alhaisemmaksi kuin ennen käsittelyä. Marraskuussa 2018 pitoisuus oli jo alle 30 $\mu\text{g/l}$ ja yhä loivassa laskussa. ”Kadonnut” alumiini on sekoittunut pohjasedimenttiin fosforiin sitoutuneena. Veden Al-pitoisuus järvessä on käänteisessä suhteessa pH:n tasoon. Kun pH ~ 7 , tyypillinen Al-pitoisuus ~ 35 $\mu\text{g/l}$.

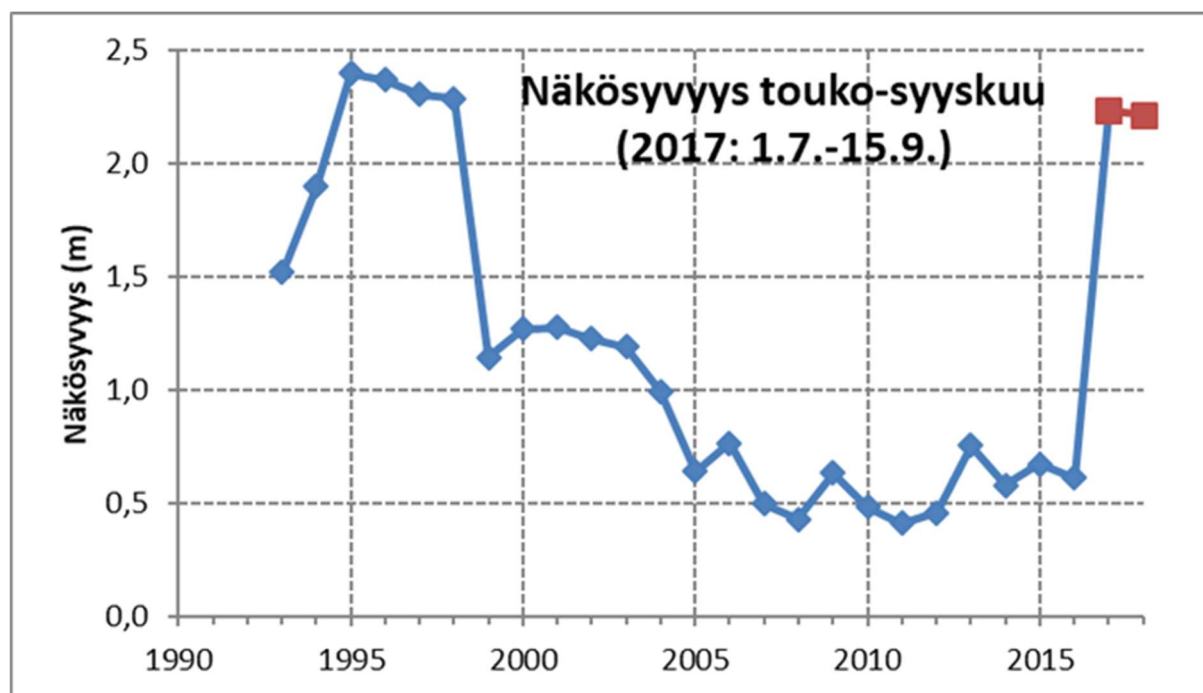
Kloridipitoisuus

Veden kloridipitoisuuden kehitys poikkesi odotuksista. 1960-luvulta kevääseen 2017 kloridipitoisuus oli noin 10 mg/l (korkeampi kuin Suomen pikkujärvissä, joissa on keskimäärin: 1,9 mg/l). Alumiinikloridikäsittelyn aikana taso kaksinkertaistui, mutta yllättäen nousu jatkui ja korkein arvo 24 mg/l mitattiin vasta 19.7.2017. Tämän jälkeen pitoisuus alkoi laskea, mutta odotettua hitaammin. Kloridi ei vedessä juuri osallistu ainekiertoihin, ja siksi sen pitoisuuden pitäisi laskea entiselle tasolleen siinä tahdissa kuin vesi vaihtuu järvessä. Teoreettinen veden viipymäaika Littoistenjärvessä on 1,8 vuotta, joten kloridipitoisuuden olisi pitänyt olla lähellä luontaista tasoa jo marraskuussa 2018. Kesä 2017 oli melko sateinen, kesä 2018 kuiva. Silti kloridipitoisuuden laskunopeudessa ei näy eroa. Syksyllä 2018 osoittautui, että Littoistenjärven kloridipitoisuus oli likimain sama kuin järveen laskevien ojien veden keskimääräinen kloridipitoisuus. Tilannetta tarkkaillaan vielä yhdessä hulevesiseurannassa ja vuoden 2018 velvoitetarkkailussa.

Väri, sameus, näkösyvyys, haju

Kemiallisen käsittelyn jälkeen Littoistenjärven veden värilukemat ovat pysyneet poikkeuksellisen alhaisina. Sameus kertoo periaatteessa kasviplanktonin määrästä, mutta Littoistenjärvessä sameusarvot ovat vaihdelleet pitkälti tuulisuuden mukaan.

Näkösyvyys oli 1990-luvulla suuren osan kesästä yli 2,5 m eli pohjaan saakka järven syvimmässäkin kohdassa. Heikoimmillaan näkösyvyys oli 2006-2016 alle puoli metriä. Käsittelyn jälkeen näkösyvyys vakiintui 2-2,5 metriin, osan aikaa pohjaan saakka kuten 1990-luvulla.

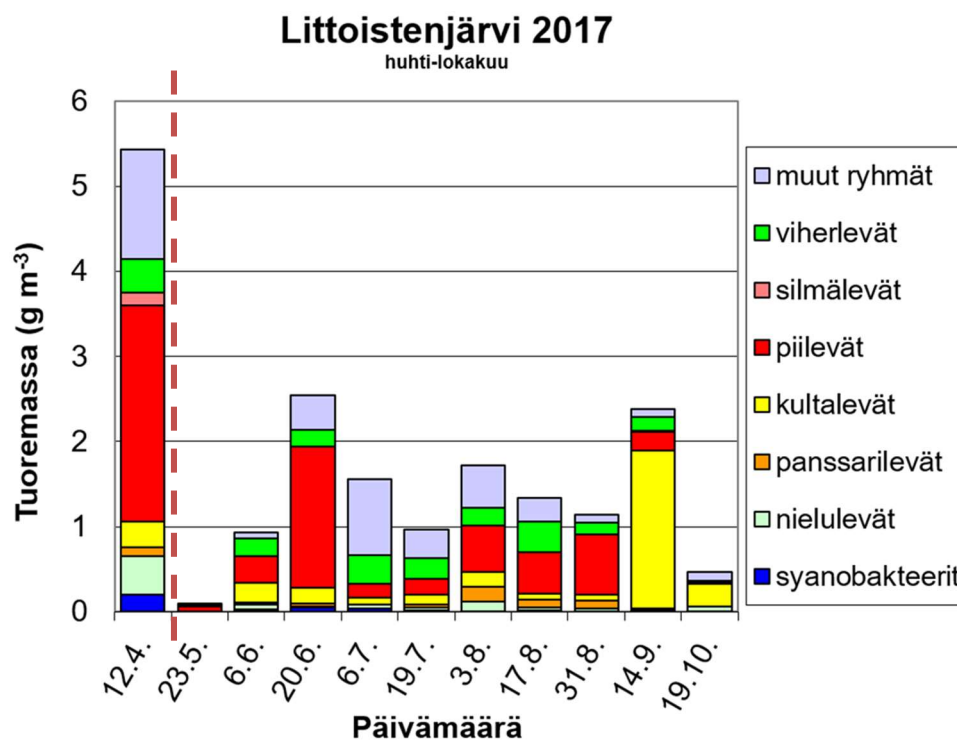


Kuva 12. Vedenlaatumittarin vuosikeskiarvon muutos 1992-2017 (Sarvala, 2018).

Vesi on ollut kemiallisen kunnostuksen jälkeisellä tarkkailujaksolla hajutonta.

Kasviplankton

Ennen kemiallista käsittelyä vuosina 1999-2016 Littoistenjärven kasviplankton oli sinilevävaltainen ja sen biomassa oli korkea, 6-12 mg/l, vastaten huonoa ekologista tilaa. Voimakkaat sinileväkukinnat olivat jokavuotisia. Myös jo varhain keväällä 2017 ennen kemiallista käsittelyä kasviplanktonbiomassa oli lähes 6 mg/l. Alumiinikloridikäsittelyn jälkeen 11.5.2017 kasviplankton lähes hävisi 3-4 viikoksi, mutta jo kesäkuun alussa sen määrä vastasi uutta, alentunutta ravinnetasoa, ja lajisto oli palautunut normaaliksi. Valtaryhmiä olivat piilevät, viherlevät ja syksyllä kultalevät. Sinileviä oli kesällä 2017 hyvin vähän, noin yksi prosentti kasviplanktonin kokonaisbiomassasta (melkein yksinomaan kesäkuussa). Littoistenjärven keskimääräinen kasviplanktonbiomassa käsittelyn jälkeen (23.5.-15.9. 2017) oli noin 1,4 mg/l, eli se edusti tilaluokkaa ”hyvä” tässä järviyypissä (luokkaraja <1,6 mg/l, Aroviita ym. 2012). Yhtä hyvälle tasolle päästiin edellisen kerran neljänä uposkasvivaltaisena 1990-luvun vuotena sekä 1983. Kesän 2018 kasviplanktonin lajistotuloksia ei vielä ole käytettävissä, mutta klorofyllimittausten perusteella kasviplanktonin määrä oli samanlainen kuin kesällä 2017. Sinilevämyrkyjä ei tavattu mitattavia määriä kumpanakaan vuonna (Vehniäinen 2017; 2018).



Kuva 13. Kasviplanktonin määrä ja lajiryhmät Littoistenjärvellä 12.4.-19.10.2017. Pystykatkoviiva kemiallisen käsittelyn ajankohta.

Eläinplankton

Ennen kemiallista käsittelyä äyriäisplankton oli runsasta alkukesästä mutta hyvin niukkaa keski- ja loppukesällä. Äyriäisbiomassa oli lähes kaikkina vuosina liian alhainen kasviplanktonin määrään verrattuna, niin että eläinplankton ei kyennyt rajoittamaan kasviplanktonia. Kemiallinen käsittely toukokuussa 2017 tappoi kaikki äyriäiset vedestä, mutta pohjan kestonunista ja horrostavista kehitysvaiheista yhteisö palautui noin kahdeksassa viikossa, ja loppukesällä ja syksyllä äyriäisplanktonia oli suhteellisen runsaasti. Keväällä ja syksyllä 2018 äyriäisplanktonia oli kohtuullisen runsaasti, mutta keskikesällä biomassa oli hyvin pieni, ilmeisesti planktonia syövien (pikku-)kalojen runsauden takia. Etenkin suuret levänsyöjävesikirpuit olivat vähissä.



Kuva 14. Äyriäisplanktonin yksilömassa 12.4.2017-17.10.2018. Pystykatkoviiva kemiallisen käsittelyn ajankohta.

Pohjaeläimet

Littoistenjärven pohjaeläimistö oli 1980-luvulla poikkeuksellisen runsas, mutta taantui 1990-luvulla ja 2000-luvun alkuvuosina (Sarvala 2013). Alumiinikloridikäsittelyn jälkeen pohjaeläintiheys nousi taas 1980-luvun alkupuolen tasolle (Saarikari 2018). Pohjaeläinbiomassan kehitys oli samantyyppinen. Alumiinikloridikäsittelyllä ei nähtävästi ollut välitöntä vaikutusta Littoistenjärven pohjaeläimistöön 2017, joka koostuu suurimmaksi osaksi hyönteistoukista. Isoilla surviaissääskilajeilla voi olla Littoistenjärvestä kaksikin sukupolvea kesässä, mikä selittää nopeaa toipumista.

Syksyinä 2017 ja 2018 pohjaeläintiheys oli korkeampi kuin ennen käsittelyä. Pohjaeläinbiomassa oli korkea 2017, mutta pieneni kolmannekseen 2018. Lajisto oli syksyyn 2018 mennessä selkeästi monipuolistunut. Ulan pohjaeläimistön määrän ja koostumuksen perusteella Littoistenjärvi oli syksyllä 2017 erittäin rehevä, mutta 2018 enää rehevä.

Syksyllä 2017 ja 2018 tutkittiin myös rantavyöhykkeen pohjaeläimistöä, jota käytetään vesipuitedirektiivin mukaiseen järven ekologisen tilan arviointiin. Kahdella eri mittarilla Littoistenjärven ekologinen tila oli kumpanakin vuonna hyvä (TT) tai tyydyttävä (PMA)

Uposkasvit

1980- ja 1990-luvuilla vesirutto (*Elodea canadensis*) kasvoi Littoistenjärvestä 5-7 vuoden sykleissä. Huippuvuosia 1986, 1991 ja 1998 seurasi kasvustojen romahdus seuraavana vuonna. Kasvustojen romahduskesinä ravinnetasot nousivat korkeiksi ja vesi oli sameaa kasviplanktonin massaesiintymien vuoksi. Huippuvuosina vesiruton yhteyttäminen nosti pH:n hyvin korkealle, yli kymmenen, mikä johti fosforin liukenemiseen pohjasta ja sinileväkukintoihin. Poistoyritykset sotkivat kasvusyklin ja vesirutto oli aina nopean kasvun vaiheessa. Poistamatta jättäminen aiheutti puolestaan happivajetta ja paikoittain happikadon.

Uposkasvien esiintyminen 2000-luvulla oli niukkaa, mutta kun vesi kirkastui kemiallisen käsittelyn jälkeen, uposkasvit lähtivät voimakkaaseen kasvuun. Littoistenjärvi on vähitellen siirtymässä kohti uposkasvivaltaista vaihetta. Uposkasvien liiallinen runsastuminen on nyt kunnostuksen suurin uhka – ja mahdollisuus. Kesällä 2017 uposkasvien biomassa oli yhtä alhainen kuin kymmenenä edellisenä vuotena, mutta vesiruton runsastuminen alkoi kesällä 2018 etenkin 0,8-1,5 m:n syvyyssvyöhykkeellä. Myös ruskoärviää (*Myriophyllum alterniflorum*) oli paikoin paljon. Koko järvelle laskettu keskimääräinen biomassa oli kuitenkin vielä kohtuullinen ja kaukana 1990-luvun massaesiintymävuosista. Niinpä veden pH oli kesällä 2017 luonnontilaisella tasolla, ja syyskesän 2018 nousukin oli vielä maltillista, syyskuuta lukuun ottamatta. Veden laatu oli kumpanakin kesänä hyvä tai erinomainen, niin kuin vesiruton massaesiintymien välisinä vuosina 1990-luvulla. Karujen vesien lajeja (nuottaruoho (*Lobelia dortmanna*), raani (*Plantago uniflora*)) löytyi taas vuosien tauon jälkeen. Toisaalta myös tulokaslajista lammikista (*Nymphoides peltata*) saatiin yksi uusi havainto, vaikka se oli saatu häviämään ensimmäiseltä kasvupaikaltaan. Vesiruton vaikutus veden laatuun tulevana vuosina jää nähtäväksi. Toistaiseksi Littoistenjärvi on paremmassa kunnossa kuin osattiin odottaa.

Runsastunut kasvillisuus on houkutellut Littoistenjärvelle syksyllä huomattavia määriä kanadanhanhia, kyhmy- ja laulujoutsenia sekä pienempiä kasveja syöviä vesilintuja. Alustavien laskelmien mukaan nämä linnut voivat syksyn aikana vähentää uposkasveja merkittävästi. Kulutus kohdistuu kasvukauden loppuun, jolloin kasvukompensaatiota ei valon niukkuuden takia enää tapahdu (syksy on siksi muunkin vesiruton poiston kannalta paras aika). Näin myös kasvimassan hapenkulutus talven jääpeitteisenä kautena pienenee. Syöty kasvimassa päätynee suurimmalta osalta järven pohjaan hanhien ulosteina, joista voi liueta ravinteita veteen. Syksyn 2018 mittauksissa ei kuitenkaan näy tällaista vaikutusta. Kuten kirjallisuudessakin on esitetty (Marklund ym. 2002),

vesiruton massaesiintymävaiheessa lintujen merkitys jää marginaaliseksi, mutta kannan nousuvaihetta lintujen laidunnus voi hidastaa.

Vesiruton kasvupotentiaalianalyysin mukaan kasvun edellytykset ovat olemassa, joten kasvien juuristo pystyy saostuksen jälkeenkin ottamaan ravinteita sedimentistä. Mutta ei niin paljon huonoa, ettei jotain hyvääkin – vaikka vesirutto nostaa paikallisesti pH:ta, joka vapauttaa fosforia, kasvi sitoo heti vapautuvan fosforin ja rajoittaa siten sinilevien käytössä olevia ravinteita.

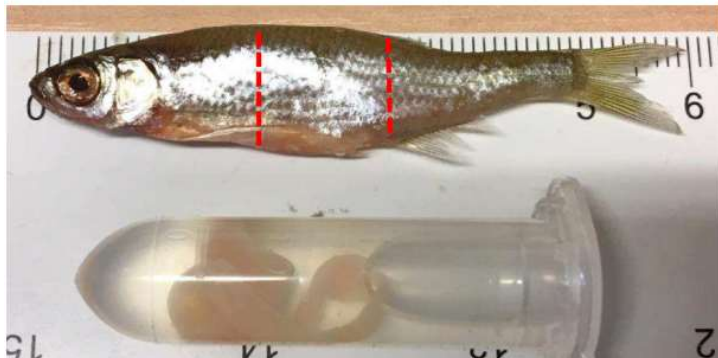
Vesirutto myös sitoo runsaahkosti fosforia (Karjalainen et al., 2017) ja on otollinen kerättävä, joten hoitokunta harkitsee vakavasti fosforitaseen ylläpitämistä kasvillisuutta ja kalastoa harkiten poistamalla. Ennen sedimentti- ja valuma-alueen hulevesitutkimusten tuloksia toimiin ei kuitenkaan ryhdytä vaan ainoastaan virkistyskäytön edellyttämät alueet pidetään kasvillisuudesta vapaana.

Kalat

Veden pH:n tilapäinen lasku suunniteltua alemmas (jopa alle pH 5) johti siihen, että kemikaalikäsittelyssä kuoli ja kerättiin pois merkittävä määrä (4940 kg eli noin 2000 kpl) isoja, pääasiassa 1-4-kiloisia lahnoja (33 kg/ha). Loppukesän 2017 koekalastusten mukaan kalasto säilyi muuten ennallaan, eikä tilanne näytä muuttuneen myöskään vuonna 2018 koekalastuksista saatujen ennakkotietojen mukaan. Syksyllä 2017 pieniä särkiä oli edellisvuosia vähemmän, mikä voi kuitenkin johtua pelkästään koleasta alkukesästä. Yllättäen koekalastuksissa löydettiin järvestä myös Allikkosalakka (*Leucaspis delineatus*) ja esiintymiselle saatiin vahvistus (Eurofins Ahma, 2019, Kuva 15).

Kaloilla vatsa- ja selkäevän etureunat hyvin kaukana toisistaan, esim. särjellä ne on samassa tasossa.

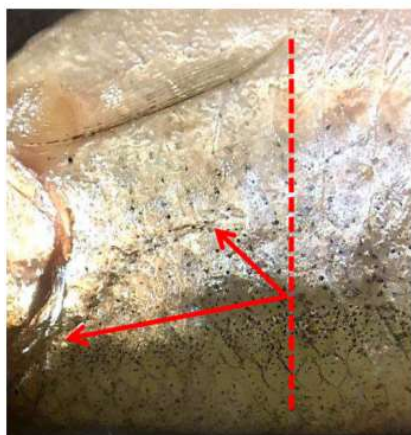
Suuri osa pyydetyistä yksilöistä oli heisimadon tmv. loisimia, mikä vaikutti merkittävästi kalojen ulkoasuun. Alla olevassa kuvassa olevalta yksilöltä loinen poistettu (koeputkessa).



Suu ylöspäin kaartuva, kellertävät silmät



Lyhyt kylkiviiva, ulottui enintään rintaevän kärjen tasalle



Tutkituilla yksilöillä peräevän ruotoluku 11 – 14 , mm. salakalla 17 - 22



Kuva 15. Littoistenjärvestä pyydetty allikkosalakka ja tuntomerkit. Kuva: Eurofins Ahma 2019.

Isojen lahnojen määrä järvessä väheni siis kemikaalikäsittelyssä olennaisesti. Silti järveen jäi vielä todennäköisesti satoja tai ehkä jopa tuhansia kiloja vastaavanlaisia lahnoja – tähän viittaa se, että syksyllä 2017 saatiin yhdellä riimuverkolla neljä keskimäärin 2,5-kiloista lahnaa.

Kuolleiden isojen lahnojen paljous viittaa siihen, että Littoistenjärven kalamäärä on sittenkin suurempi kuin epäonnistuneista talvinuottausyrityksistä voisi päätellä. Siksi järven jatkohoitona on suositeltavaa jatkaa tehostettua kalastusta. Erityisesti lahnakanta olisi saatava pysymään pienenä. Vuonna 2018 koekalastus osoitti petokalavaltaisuuden olevan mainio ja sen ehkä rajoittavan allikkosalakkakannan vahvistumista – erityisesti ahvenia on paljon.



Kuva 16. Ahvenia Järvelän uimaportaissa 2017. Kuva: Mikko Rantanen, Saaristomeren sukeltajat ry

7. Muita huomioita ja analyyskejä

Kalojen haitta-aineet

Kemiallisen käsittelyn yhteydessä tarjoutui otollinen mahdollisuus selvittää haitta-aineiden kerääntyminen kalojen kudoksiin – tietoa voidaan myöhemmin käyttää vertailukohtana käsittelyn jälkeiseen kertymään. Siksi käsittelyn jälkeen 24.5.2017 Littoistenjärven kahdesta naaraslahnasta otettiin kudospäätteenä, jotka yhdistettiin. Toinen lahnoista oli noin 7-8 -vuotias ja toinen noin 10- 11 -vuotias. Näytteet päätettiin ottaa lahnoista, vaikka vertailudataa on paremmin noin 12 cm pituisista ahvenista. Lahnoista analysoidut haitta-aineet ja niiden pitoisuudet on esitetty alla (Taulukko 5).

Taulukko 5. Lahnojen vierasaineet

Pistetunnus	Yksikkö	Lahna Littoistenjärvi	
Näytteenotto pvm		24.5.	
		tuorepainossa	kuivapainossa
Elohopea, Hg	mg/kg	0,039	
PCDD/PCDF	pg/g	0,34	
Dioksiininkaltaiset PCB-yhdisteet	pg/g	0,39	
PCDD/PCDFien ja dioksiinin kaltaisten PCB-yhdisteiden summa	pg/g	0,73	
Indikaattori PCB	ng/g	6,0	
PBDE summa (15 kongeneeria)	ng/g	0,15	

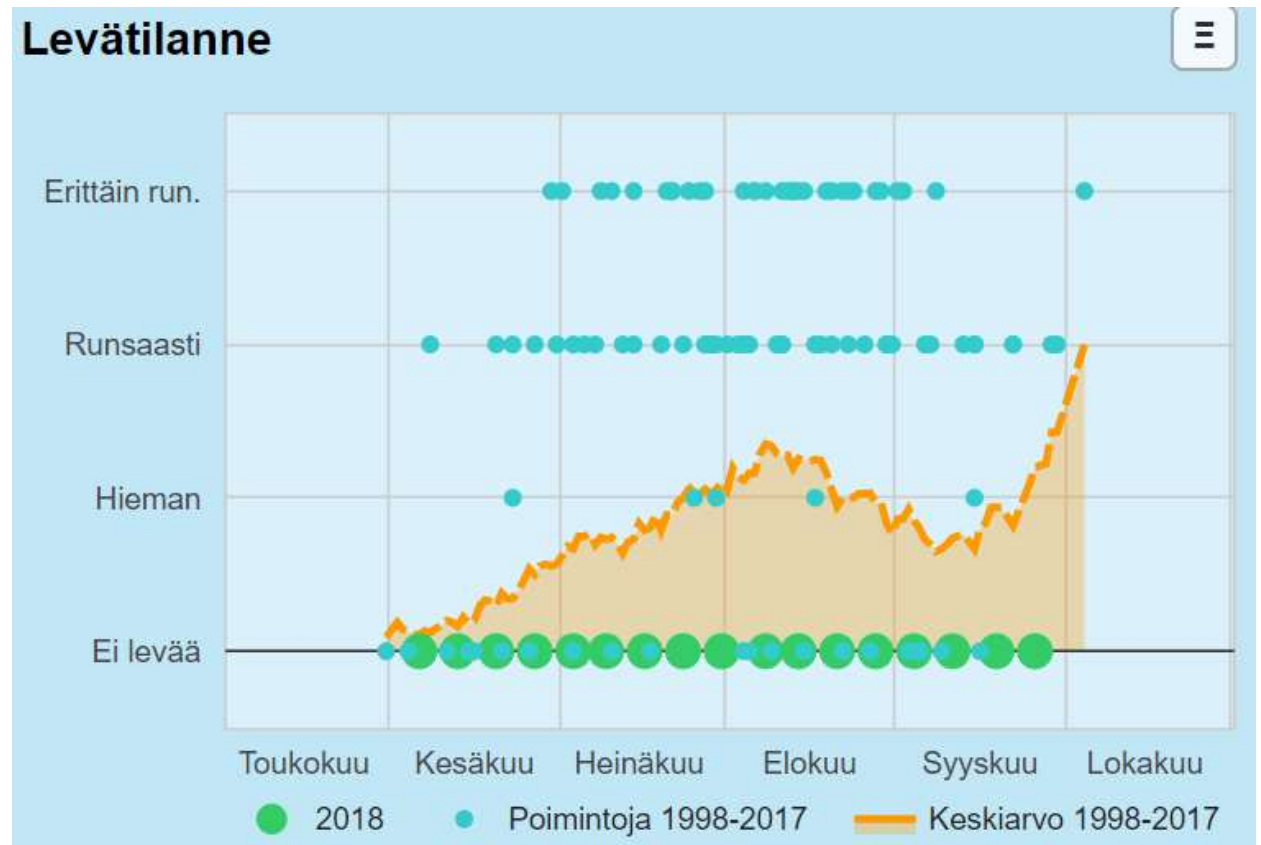
PFAS yhdisteet (Perfluoroalkyyli-yhdisteet):		tuorepainossa	kuivapainossa
PFDA	ng/g	0,097	0,36
PFUnA	ng/g	0,10	0,38
PFOS	ng/g	1,2	4,5

PFAS- yhdisteistä on esitetty vain ne, joiden pitoisuus ylitti laboratorion määrittämisraajat. Tulosten perusteella vierasaineita esiintyy hyvin maltillisesti, pitoisuudet ovat enimmäkseen alle 10% raja-arvoista, esim. dioksiinit 1259/2011 EC-asetuksen ylärajasta, ja elohopea 1881/2006 EC-asetuksen rajasta. Laboratorion analyysilomakkeet ja mittauspöytäkirjat raja-arvoineen ovat hoitokunnan verkkosivuilla.

Sinilevät Littoistenjärvessä

Kaikissa vesissä esiintyy syanobakteereita eli sinileviä. Karuissa vesissä ne ovat harmittomia, mutta rehevissä vesissä ne voivat muodostaa massaesiintymiä, joita pintaan nousseina kutsutaan leväkukinnoiksi. Yli puolet leväkukinnoista on voimakkaan myrkyllisiä. Suomessa ei ihmisille ole aiheutunut vakavia myrkytyksiä, mutta syanobakteereja sisältävässä vedessä uimisesta voi tulla ihottumaa, päänsärkyä, iho-oireita, oksennusta, ripulia ja kuumetta. Ennen käsittelyä Littoistenjärvellä leväkukintojen aikaan liikkuneet ovat raportoineet hoitokunnalle silmä-, kurkku- ja korvaärsytyksestä sinileväkukintojen lähellä ja etovasta hajusta sinileväkukintojen loppuvaiheissa. Myrkylliset kukinnat eivät ole ennustettavissa, vaan ne kehittyvät olosuhteista riippuen muutamissa tunneissa tai päivissä, jos fosfaattifosforia on liuenneena veteen. Järvivedestä otetussa huolellisesti puhdistetussa juomavedessä ei sinilevämyrkyä ole merkittäviä määriä. Koska toksiinit eivät tuhoudu keittämälläkään sinileväkukintojen läheltä otetun veden käyttöä juomavetenä ja etenkin löylyvetenä tulee välttää (Kankaanpää, 2011).

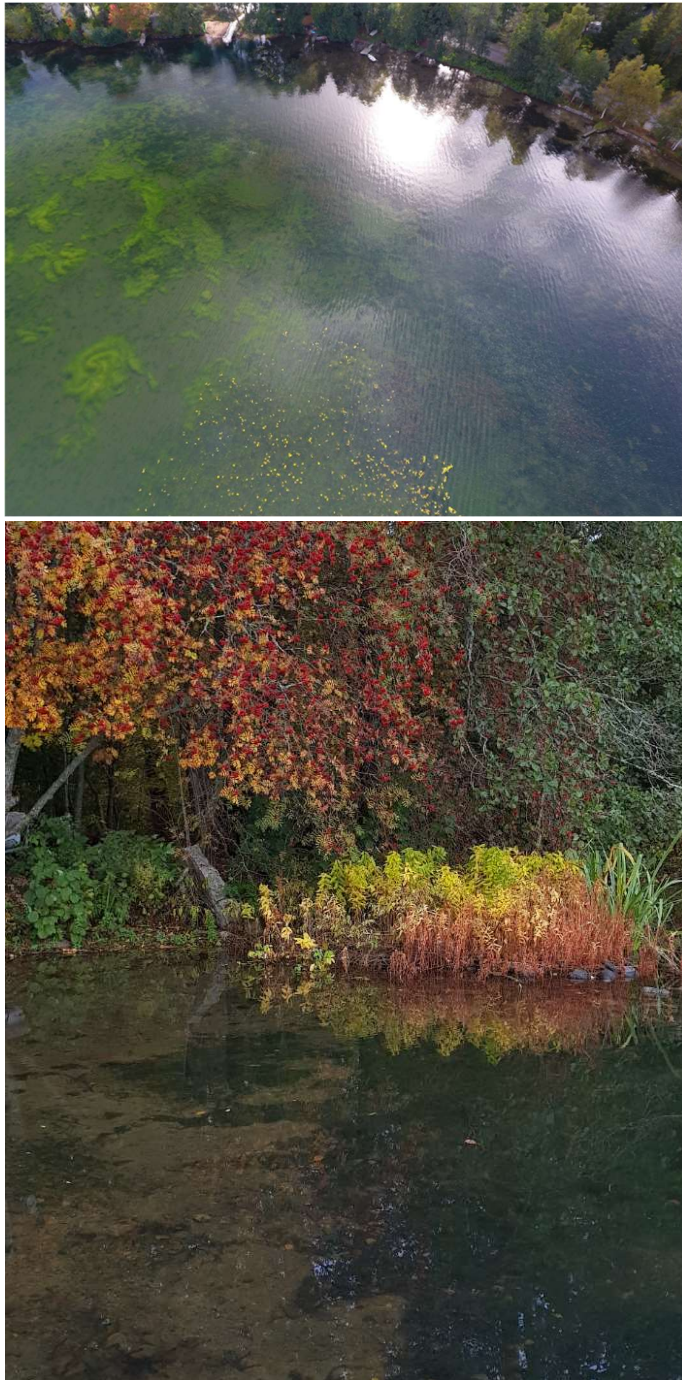
Myrkyt voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään, maksamyrkyihin ja hermomyrkyihin. Littoistenjärvessä sinilevistä olivat selvänä valtaryhmänä *Anabaena*-lajit, ja jonkin verran esiintyi myös *Microcystis*-lajeja. TY:n ja Åbo Akademin näytteistä Littoistenjärvessä havaittiin useampia kertaluokkia juomaveden raja-arvot ylittäviä pitoisuuksia makean veden maksamyrkyä 2010-luvulla, joten mittauksissa (Vehniäinen, 2017; 2018) käytettiin MC-LR -määrittämisstandardia (Rapala & Lahti, 2010). Kemiallisen käsittelyn jälkeen myrkyllisiä leväkukintoja ei esiintynyt lainkaan vuonna 2017. Vuonna 2018 sinileviä oli joissakin mittauksissa havaittavissa – lähinnä *Anabaena*, mutta määrät jäivät vielä selvästi alle juomavesirajan (Vehniäinen, 2018) ja olivat havaittavissa ainoastaan mittauslaittein.



Kuva 17. Valtakunnallisen leväseurannan havaintopaikka Littoistenjärvi (82V043.1.001). Poimintoja ja keskiarvo 1998-2017. Vuoden 2018 (kuvassa) ja vuoden 2017 havainnot olivat identtiset.

Toistuvatko 1990-luvun vesiruttovuodet?

Vuonna 2017 uposkasvien puuttuessa vähäisen veteen liuenneen fosforin käyttivät ilmeisesti kulta- ja rihmalevät, jotka muodostivat näyttäviä kasvustoja paljaan pohjan yläpuolelle (kiehkurat, Kuva 18), sekä pohjan lähellä runsaana esiintynyt nukkamainen matala leväkerros. Vesirutto terhakoitui syksyä kohti, ja kasvillisuuskartoituksessa sitä kerättiin näytteitä varten.



Kuva 18. Pinnanalaisia kelluvia leväkasvustoja ja pohjanläheistä leväkasvustoa, mahdollisesti ahdinpalleroa (Aegagropila linnaei)

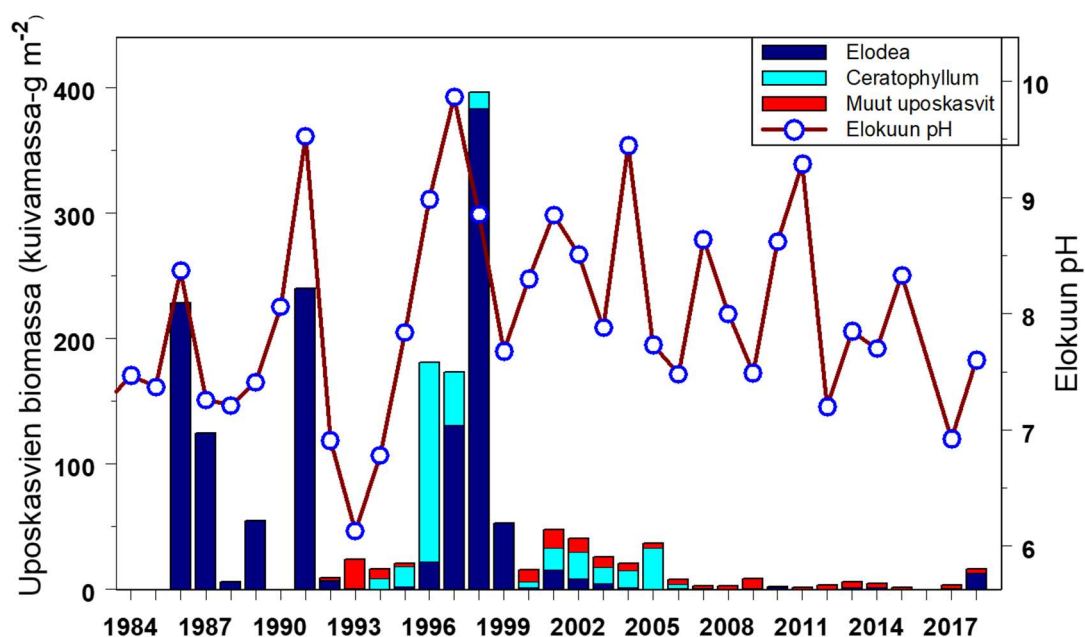
Kuuma kesä 2018 lisäsi kasvillisuutta järvessä merkittävästi. Koska laajat pohjan alueet olivat vuosien kesäsamean veden jäljeltä vähäkasvuisia, vesirutto levisi paljaille alueille suuressa määrin järven eteläisellä selällä, luoteessa ja koillisessa, jossa kevään 2018 ruoppaus ilmeisesti muokkasi olosuhteita valtaajalle otolliseksi. Vesiruton kasvupotentiaali oli normaali sekä 2017 että 2018 (se todettiin mittaamalla eripuolta järveä otetun vesiruton typpi- ja fosforipitoisuudet). Tästä voitiin päätellä, että vesirutto saa fosforia pohjasedimentistä. Myös pH lähti nousuun vesiruttokasvuston yleistyttyä odotetusti ja korkea pH (> 8,5) puolestaan vapauttaa fosforia sekä raudasta että alumiinista, mutta näin korkeaksi pH ei noussut myöskään vuonna 2018. Liukoista fosforia ei esiintynyt koko kesänä, vaan ilmeisesti lisääntynyt kasvusto käytti sen välittömästi.

Syysmyräköissä kasvillisuutta ajautui runsaasti rannoille ja sitä talkoolaiset ja ranta-asukkaat keräsivät pois kuljetettavaksi (Kuva 19.) Kaarinan kaupunki järjesti kuljetukset kasvijätteen keräyspaikalle Lakariin.



Kuva 19. Myrskyn irrottamaa pohjakasvillisuutta kerättiin rannoilta noin 40m³ syyskuussa 2018. (Kuva Antti Puhakka)

Paljonko vesiruttoa sitten oli? Mainituilla alueilla kasvillisuus oli hyvinkin tiheää ja ulottui lähes pintaan asti, josta vesilinnut – sadat hanhet ja joutsenet – sitä laidunsivat. Kasvillisuuskartoitusta tehneiden sukeltajien ja hoitokunnan arvioiden mukaan noin kolmanneksella järven alasta esiintyi vesiruttoa. Vertailukelpoinen kasvillisuuskartoitus osoitti, että vesiruton biomassa elokuussa 2018 oli noin 5-10% vuoden 1998 maksimista (Kuva 20). Kasvunvaraa siis on vielä ja se riippuu suuresti siitä, miten vesirutto talvehtii. Talvella 2018-2019 happikatoa esiintyi pohjan tuntumassa eteläosassa järveä, mutta pintaveden happitilanne oli hyvä läpi talven ja alkoi osoittaa ylisaturoitumisen merkkejä jääkannen alla maaliskuussa, joka viittaisi kasvun olevan käynnistymässä.



Kuva 20. Uposkasvillisuuden määrän ja elokuun pH:n yhteys 1984-2018 (Sarvala, 2018). Elodea = vesirutto, Ceratophyllum = karvalehdet.

Littoistenjärvellä vesiruttoa poistettiin laajassa mitassa 1990-luvulla, mutta poistotoimenpiteet eivät tuottaneet toivottua tulosta (Sarvala 2005, Kuva 21). Silloisten kokemusten perusteella vesiruton poistoa kerralla koko järvestä ei kannata yrittää, sillä kasvillisuus lisääntyy poistoa enemmän. Rajatuilla alueilla, kuten uimarantojen edustoilla, poisto on mielekästä. Tietoa vesiruton korjuun soveltuvuudesta fosforin määrän vähentämiseksi sedimentistä (Karjalainen ym., 2017) voisi arvioida ja kokeilla rajatusti Littoistenjärvellä.

Koko järven tilan kehityksessä avainasemassaa on kasvillisuuden talvehtiminen, jota kannattaa seurata. Jäänalaisen happitilanteen säätelyllä on ehkä mahdollista hillitä vesiruton massaesiintymiä.



Kuva 21. 1990-luvun puolivälin jälkeen vesiruttoa poistettiin mekaanisesti 306-700 tonnia vuosittain. Tästä toiminnasta oli kuitenkin luovuttava, koska poisto kiihdytti jäljelle jäävien kasvien kasvua (Sarvala, 2018; valokuvat Jouko Sarvala 2.7.1998).

Muutoksia Littoistenjärven ympäristössä

Kaavoitusaktiivisuus lisääntyi ja pian rakentaminen järven rannalla lisääntyy. Hoitokunta on pyytänyt ottamaan huomioon hyvän suojelun taso rakennusaikana ja noudattamaan tiukasti kaavamääräyksiä.

Littoistenjärven säännöstely-yhtiö ryhtyi toimiin pitkään puhutun Littoistenjärven vedenottamon suoja-alueen purkamiseksi tarpeettomana. Samalla selvitettiin nykyisen lainsäädännön ja määräysten antama suoja Littoistenjärven parantuneen tilan säilyttämiseksi. Vedenottamo ei ole enää käytössä; Avantin teollisuusalueen rakentaminen ja Turun ohitustien nelikaistaistus ovat meneillään suoja-alueella, mutta niissä on otettu huomioon Littoistenjärven suojeleminen. Hoitokunta ilmoitti kantanaan, että suoja-alue voidaan poistaa, mutta että samalla suojelun hyvä taso pitää ottaa huomioon järven koko valuma-alueella.

Entinen L-S kalastusalue muuttui Lounais-Suomen - Salonseudun kalatalousalueeksi vuoden 2019 alussa. Littoistenjärven edustaja on hallituksessa 2019 alkaen.

Järven tilan kohenemisen ja lisääntyneen virkistyskäytön sivuvaikutuksia

Järven tilan kohentuminen innoitti ranta-asukkaita hoitamaan rantoja ja rantanäkymiä. Rantapuustoa harvennettiin ja rantoja siistittiin. Järven ja eliöstön ja joskus naapureiden kannalta nämä eivät olleet pelkästään hyviä muutoksia.

Luoteisrannalla kaadettiin suuria vedenpäällä riippuvia leppiä ja hopeapajuja, koillisrannalla lepät poistettiin mökkirannasta, kunnan LUO-kaava-alueella raivattiin aluspuustoa ja myös suurempia puita kaadettiin, joita kuljettiin moottoriajoneuvolla maastossa. Rannasta tuli altis eroosiolle, risukko valtaa rantapenkan ja rantaveden eliöstö jää useammaksi tunniksi ilman varjoa. Rantapuuston kyky pidättää fosforia pienenee. Maiseman nopea muutos puustoa harventamalla aiheutti myös tutkintapyyntöihin johtaneita naapurikärhämiä, kun puita kaadettiin rajan tuntumasta tai vesijätöltä ilmoittamatta. Rantapuusto on myös luontodirektiivin liitteessä mainittujen uhanalaisten lajien (mm. lepakoiden ja rapujen) lisääntymis- ja levähdysaluetta, jossa tulee noudattaa erityisen korkeaa suojelun tasoa. Tässä kohden tavoiteltu tasapaino virkistyskäytön ja luontoarvojen välillä järkkäyi. Kaava-alueella puunkaato on luvanvaraista ja tästä tiedotettiin hoitokunnan sivuilla.

Ruoppaukset. Pohjoisrannalla ruopattiin vappuna 2018, epäillään muutetun rantaviivaa ja ruoppaava kaivinkone työskenteli suoja-alueella järvessä. Pohjoisin lahti oli sen seurauksena täynnä liejua - ja syksyllä vesiruttoa, joka on ärhäkimpänä tulokkaana ensimmäisenä valtaamassa paljastunutta pohjaa. Asiaan perehtynyt lakiasiantoinen suositteli asian viemistä viranomaistutkintaan – se on vireillä.

Suureksi karanneet avannot aiheuttivat vaaranuhkaa ja vaaratilanteita, joihin poliisi ja pelastuslaitos puuttuivat. Hoitokunta, neuvottelukunta ja ELY-keskus sopivat säännöistä: pienet (< 3m x 5m) avannot merkittävä kalastuslain mukaisesti, sitä suuremmat talviuintipaikoista annettujen määräysten mukaisesti. Hoitokunta tiedotti säännöistä sivuillaan ja suoraan asianosaisille ja valvovalle viranomaiselle.

Hiihtoladuille ja -luisteluladuille sovittiin minimietäisyys ranta-asutuksesta, paikasta riippuen 30-50m, joista informoitiin ylläpitäjiä suoraan ja ilmoitettiin hoitokunnan sivuilla.

Uimarannan puomin takaiselle parkkipaikalle jäi silloin tällöin järvellä yöllä viihtyneitä. Toiminta ei ollut puomitettujen mieleen, eivätkä merkinnät ihan prikulleen tieliikennelain mukaisia. Uusi käytäntö keskusteltiin Littoinen Cityssä, otettiin käyttöön ja tiedotettiin.

Esille tulleita toiveita ja muita huomioita

Littoistenjärvellä moottorikäyttöisillä kulkuneuvoilla liikkuminen on kielletty kesät talvet, välttämätöntä liikkumista lukuun ottamatta Turun ja Porin lääninhallituksen päätöksen mukaisesti (Nro 81, dnro 7247 33 97 Ys Kaa, 28.9.1981). Sähköperämoottoreiden käyttöä toivottiin sallittavaksi järvellä. Mielipiteet jakautuivat selvästi puolesta ja vastaan. Hoitokunnassa, neuvottelukunnassa ja Littoinen City -ryhmässä käytyjen keskustelujen perusteella hoitokunta ei ryhdy päätöksen purkuun. Järvellä voi muuten liikkua luonnollisesti.

Samaan aikaan toivottiin autojen jäärataharjoittelumahdollisuutta Littoistenjärvelle – onhan järvellä ajettu kilpaa hevosilla, autoilla ja moottoripyörillä (mm. Jarno Saarinen) ja talvisodan aikaan järvellä oli lentotukikohta. Järven jääaika on noista ajoista lyhentynyt kuitenkin kymmeniä päiviä ja vaikka suorat päästöt ajoneuvoista vesistöihin ovat nekin vähentyneet, hoitokunnassa ja neuvottelukunnassa asiaan ei lopultakaan innostuttu: Paimiossa on kunnan ajoharjoittelurata, muut jäällä liikkujat olisivat moottoriajoneuvojen seassa ja viime vuosien jääolot ovat olleet arvaamattomat. Jälkimmäisiä kävivät

uhmaamassa hiekkarannan bimmeriklopit, jotka nolosti juutuivat hiihtoladulle. Poliisi hinautti pelastuslaitoksella ajoneuvon pois jäältä pientä maksua vastaan. Etelärannalla paikallisten tuntemat mopoautoilijat hämmästyivät itsekin, kun saivat jäällä kinnerinsä sutaisemaan. Asia hoidettiin paheksumalla Turun Sanomissa ja SoMessa. Perustelut keskusteltiin ja selitettiin Littoinen City -ryhmässä ja niihin on nyt tyytyminen.

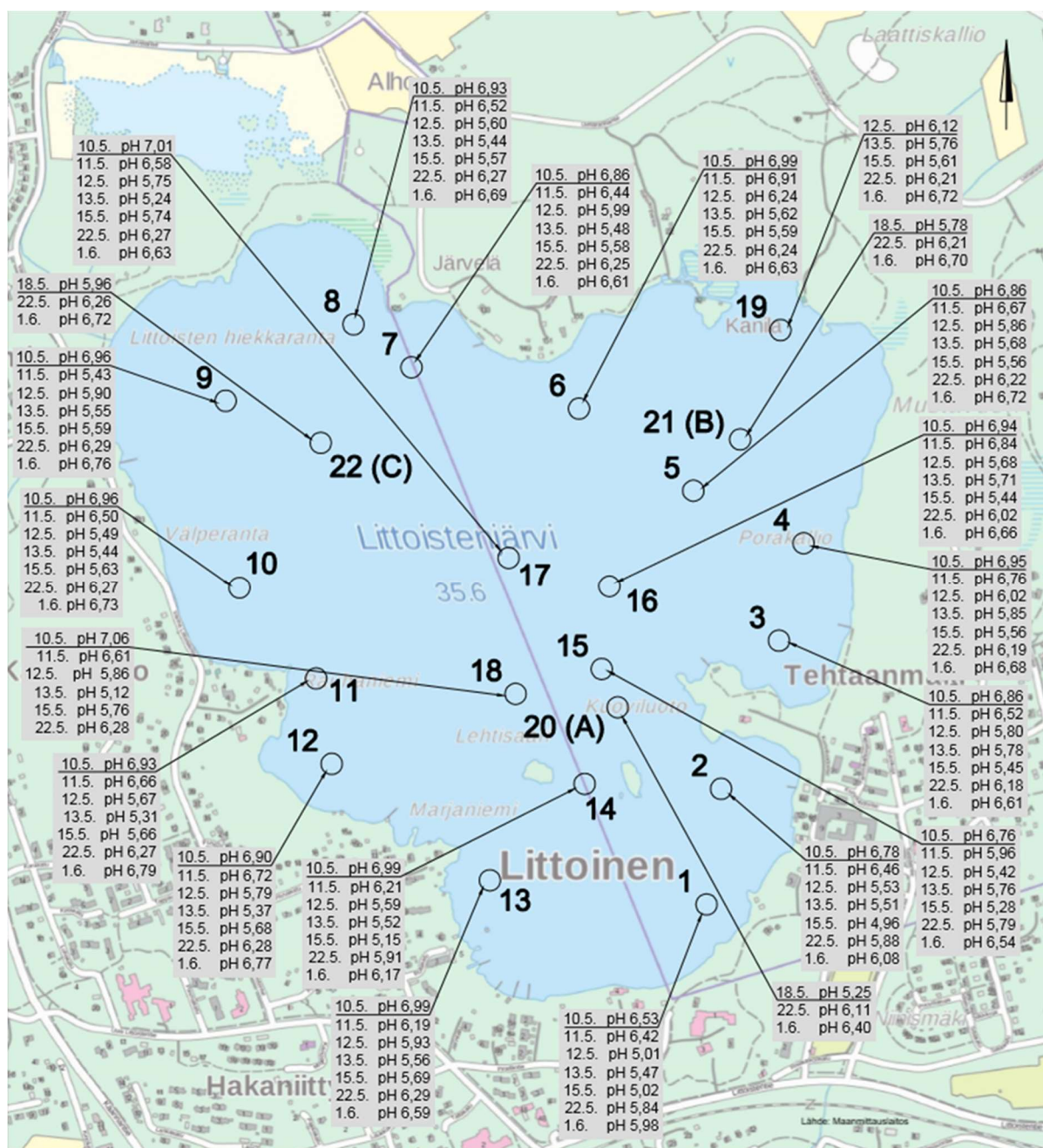
Eläimille toivottiin uittopaikkoja ja vähän suurempaa etäisyyttä uimarantoihin. Koirien uimapaikat kunnat pystyivät järjestämään, mutta valitettavasti hevosille uimapaikkoja ei ole toistaiseksi pystytty järjestämään. Asiasta tiedotettiin sekä maastossa että hoitokunnan sivuilla, eivätkä kaikki siltikään malttaneet olla ottamatta koiriaan uimarannoille – lieneekö sillä ollut osuutta keskikesän enterobakteerien esiintymiseen.

Järven kirkastuminen innosti kuvauskopterien lennättäjiä Litsalle. Se, että Littoistenjärvi on Turun lentoaseman lähialuetta, jolla ylin lennätyskorkeus on 50m ilman lennonjohdon lupaa, tuli monelle yllätyksenä. Asiasta tiedotettiin Littoinen City -facebook -ryhmässä ja suositeltiin DroneInfo-sovelluksen käyttöä. Jotkut ranta-asiakkaat raportoivat myös tulleen pihallaan häirityksi, mutta tapaukset loppuivat SoMe-kohuun.

8. Poikkeamat suunnitelmasta

pH tavoiterajan alitus

Littoistenjärven pH oli keväällä 2017 ja kemikaalin levityksen aikaan tavanomaista alhaisempi, mikä aiheutti rajoitteita ja haasteita kemikaalin annosteluun ja käyttömäärään. Ympäristöluvassa on asetettu järven käsittelyn jälkeiseksi pH:ksi 6,0–6,3. Veden pH laski käsittelyn aikana paikoittain tavoiteltua alemmas ja tavoiteltu pH-haarukka (0,3 yksikköä) osoittautui käytännössä liian kapeaksi, todellisen haarukan ollessa lähellä yhtä yksikköä (alimmillaan pH 5,5 ±0,5 yksikköä). Tuuli haittasi kemikaalin tasaista levitystä ajoittain, minkä vuoksi kemikaalia kertyi tuulen alapuolelle enemmän ja



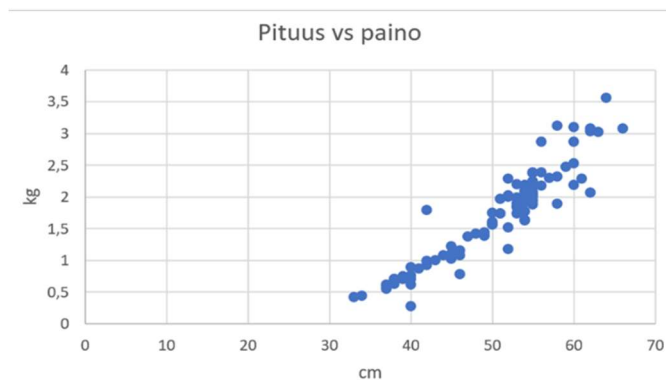
Kuva 22. Velvoite ja ylimääräiset vedenlaadun pH-mittaukset kemiallisen käsittelyn jälkeen toukokuussa 2017. pH:n kehitystä seurattiin valvojan kehotuksesta tiheystesti.

pH laski järven luoteis- ja kaakkoisosissa suunniteltua alemmas. Ennen kemikaalikäsittelyä ELY-keskuksen valvoja Askö Sydänoja edellytti hoitokunnan seuraavan pH:n tehostetusti ja tarkkailevan kemiallisen reaktion päättymistä ylimääräisin mittauksin. Näin havaittiin alueellinen vaihtelu ja voitiin

hyvin todentaa pH:n nousu noin 3 viikon kuluessa kemiallisen käsittelyn jälkeen tavoitetasolle. pH pysyi vakaasti 7:ssä vuoden ajan kesään 2018 saakka, jolloin kasvillisuuden ja erityisesti vesiruton lisääntyminen nosti sen enimmillään aina 8,5pH saakka.

Kalakuolemat

Käsittelyyn käytetty polyalumiinikloridi voi saostua kalojen kiduksissa ja aiheuttaa tukehtumisen. Kalakuolemia voi aiheutua myös pH:n muutoksesta, kun pH laskee alle 5,5. Kalakuolemia oli siis odotettavissa, mutta käsittelyn seurauksena kuolleet kalat poikkesivat odotetusta ja niitä oli arvioitua enemmän – hoitokalastus ei ollut tepsinyt kymmenkunta vuotta sitten syntyneisiin lahnipopulaatioihin. Peräti 97% kerätystä biomassasta oli 10–20 vuotiaita suuria lahnoja. Järven kalalajeista nämä kestävät heikoimmin alhaista pH:ta. Muut kalalajit selvisivät käsittelystä hyvin. Sukelluskalastamalla hoitokalastettujen ja kerättyjen lahnojen keskimääräinen koko ja ikä esitetty ohessa (Kuva 23).



Kuva 23. Sukeltajien keräämien lahnojen kokojakauma (Kuvat: Jukka Heikkilä)

Järven tilan kannalta oli edullista, että suuret lahnat saatiin pois järvestä ennen kutua. Oletuksena oli, että käsittelyn seurauksena kuolee lähinnä pikkukaloja, mutta pikkukalojen massakuolemia ei havaittu. Suuria lahnoja on yritetty poistaa aiemmin tehokalastuksella, mutta tulokset ovat olleet heikkoja. Yhtenä mahdollisena syynä on, että parveutumista ei ole tapahtunut matalassa ja sameassa järvessä, eikä kaloja siksi ole saatu poistettua nuotalla. Verkkopyynnissä verkkojen silmäkoko on ollut liian pieni. Suurien lahnojen kuolemisen arvioidaan vaikuttavan positiivisesti järven tilaan, vaikkakin kalojen kuolemat eivät olleet toivottuja tai tavoiteltuja. Lahnat pöyhivät pohjaa vapauttaen ravinteita ja kiintoainesta sedimentistä. Kalojen poistoa tehokalastuksella suunnitellaan jatkettavaksi, sillä suuria lahnoja arvioidaan olevan järvessä vielä runsaasti. ELY-keskus

on myöntänyt hoitokunnalle määräaikaisen harppuuna-, keihäs-, atrainkalastukseen poikkeusluvan myös kutuajaksi.

Kemiallisen käsittelyn seurauksena kuolleiden kalojen määrä oli noin kaksinkertainen arvioituun verrattuna – myös Rymättylän Kirkkojärvellä kuoli runsaasti (7500kg) suuria lahnoja vuoden 2002 alumiinikloridikäsittelyssä, vaikka sitäkin oli nuotattu (Width, 2002). Litsalla käsittelyn seurauksena kalat kävivät hitaaksi ja niitä oli helppo pyytää haavimalla tai sukeltamalla kirkkaasta vedestä. Kuolleita kaloja poistettiin Littoistenjärvestä lähes 5 tonnia. Ympäristöluvan päätösesityksessä kaloja arvioitiin käsittelyn seurauksena kuolevan noin 2,5 tonnia. Lahnojen lisäksi poistettiin tai kuoli haukia, särkiä ja ruutanoita sekä yksittäisiä ahvenia.



Kuva 24. Vesihmetta hauessa syksyllä 2017. Kuva: Jukka Heikkilä

Syksyllä 2017 tavattiin vesihomeisia kaloja. Ensimmäiset vaurioituneet kalat, n.s. Zombie-hauet löysi J.-P. Juuso, jonka hoitokunta värväsi toimittamaan sairaat kalat hoitokunnalle. Myös sukelluskalastajat ja tuulastajat auttoivat vaurioituneiden kalojen etsimisessä. Paikalliset avustivat kalojen logistiikassa EVIRAn ja Åbo Akademin laboratorioihin, joiden analyysit paljastivat kaloissa esiintyvän paitsi ulkoisia vaurioita, myös (normaaleja) loisia. Vielä keväällä 2018 havaittiin ulkoisista vaurioista alkaneita vesihomeisia haukia, mutta muita havaintoja vuodelta 2018 ei hoitokunnan tietoon tullut.



Kuva 25. Littoistenjärven zombie-mutanttihaukimeemi. Kuva: Sanna Varjanne

Huoli simpukoista: 2017 simpukkakartoitus

Järvellä 24.-25.5.2017 tehdyn simpukkatutkimuksen perusteella järven pikkujärvisimpukkakannalle ei näytä aiheutuneen merkittävästi vahinkoja. Varsinais-Suomen vesistö saneeraus Oy:n simpukkatutkimuksen tulosten mukaan Littoistenjärvessä on arviolta noin 300.000 pikkujärvisimpukkaa (tulos on saatu 16 sukelluslinjan perusteella).



Kuva 26. Pikkujärvisimplukoita linjalta 15 (Kuva: Rami Laaksonen)

Kemiallinen käsittely ei näyttäisi aiheuttaneen simplukkakuolemia, vaan kanta on pienentynyt vuosien saatossa. Edellisellä arviointikerralla 1988 simplukoita arvioitiin yhden sukelluslinjan perusteella olleen noin 1 500 000 kpl, mutta silloiseen arvioon on pienen otoksen takia suhtauduttava varauksella. Nyt tehdyssä tutkimuksessa löydettiin myös pieniä 20 mm:n simplukoita, joten pikkujärvisimplukan lisääntyminen on

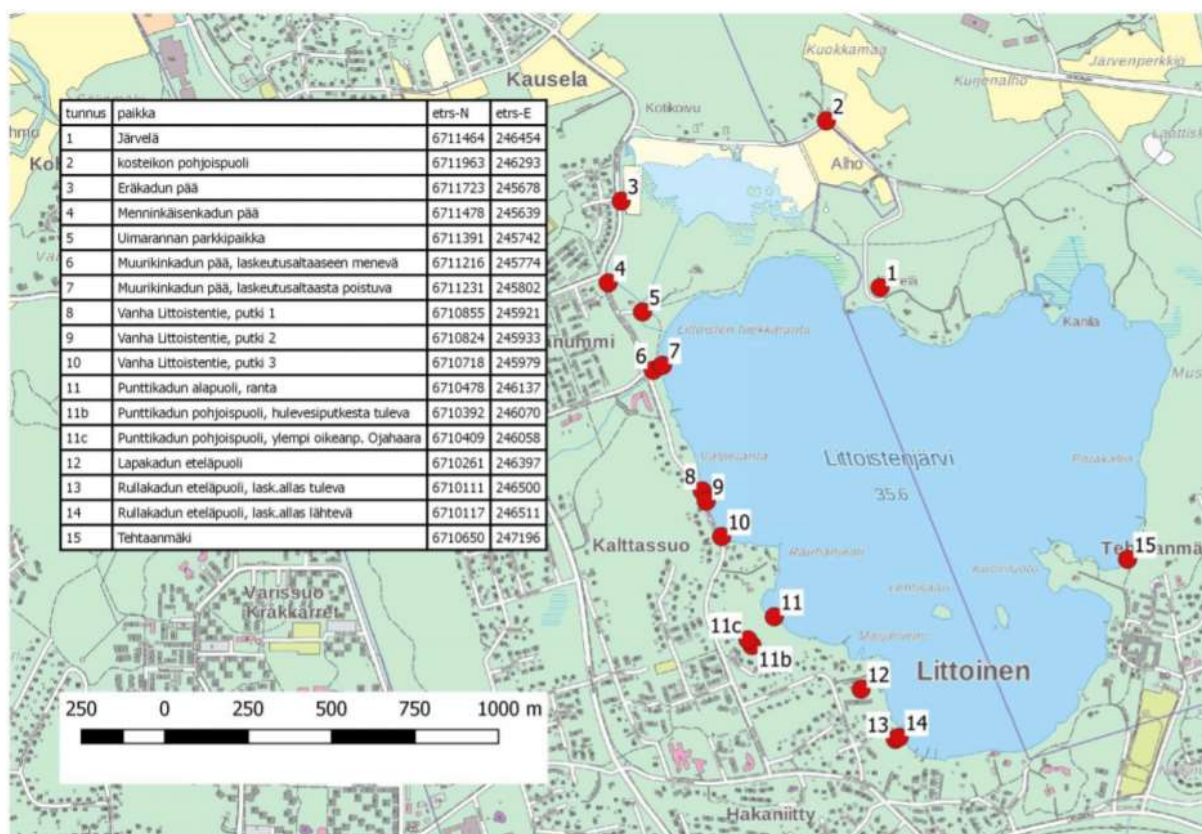
onnistunut myös viime vuosina. Simplukoita havaittiin runsaasti myös hellekesänä 2018, kuten myös limakotiloita – ja järvisyyhyä.

Rapu

Järvestä tavattiin sekä joki- että täplärapua hengissä kemiallista käsittelyä seuraavana syksynä. Kesäkuumalla 2018 löytyi rantavedestä ilmeisesti hapenpuutteeseen menehtynyt sininen savipohjalla elänyt kookas täplärapu. Ruton aiheuttamia merkkejä tai kuolinoireita ei ollut näkyvissä, mutta tutkimuksiin rapua ei saatu lähetettyä.

Epäily hulevesikuormituksesta: 2017-2019 hulevesikartoitus

Littoistenjärven neuvottelukunta aloitti hulevesitutkimukset syksyllä 2017 Littoistenjärven johtavissa uomissa.



Kuva 1. Havaintopaikkakartta.

Karttopohja: Maanmittauslaitoksen avoimet aineistot 12/2017.

Kuva 27. Hulevesien näytteenottoaikat (Holmroos & Jantunen, 2017).

Näytteet ottaa Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdistys neljästi ja ne analysoidaan L-SVYT Oy:n laboratoriossa. Ensimmäisessä raportissa huomattiin, että runsaan sadannan seurauksena näytteet olivat laimeahkoja. Fosforia ei ollut valumavesissä ongelmaksi asti, mutta yhdessä kohdassa valumavedessä oli jätevesivuotoon viittaava pitoisuus kolibakteereita – Kaarinan kaupunki selvitti, ettei vuotoja pitäisi olla. Eteläiseen hulevesialtaaseen oli kertynyt suuria määriä pikkukaloja samean valumaveden suojiin ja altaasta lähtevässä vedessä oli enterokokkibakteereita. Toisessa mittauksessa keväällä 2018 hulevesien fosfori- ja typpipitoisuudet ovat päätulo-øjissa korkeita. Ylittääkö järveen valuva fosforin sedimentin sitomiskyvyn jää arvioitavaksi sedimenttianalyysin perusteella. Kolmas mittaus alkutalvesta 2018 osoitti, että epäily järveen liukkaudentorjunnan myötä valuvasta myös kloridista pitää paikkansa. Ilmeisesti myös Järvellään johtavan hiekkatien suolaamisella on oma osansa.

Hulevesialtaista lähtevä vesi oli ravinteikkaampaa kuin sinne tuleva, mikä lienee merkki altaiden kunnostustarpeesta. Hulevesialtaiden kunnostamisessa toimenpiteet ovat: altaan ruoppaus, suodatinlaitteiston asentaminen, altaan muuttaminen vihersuodatusaltaaksi.

Päävyöhykemenetelmän mukainen kasvillisuusarvio

ELY-keskuksen toivomuksesta kasvillisuusvyöhykkeet mitattiin ensimmäistä kertaa päävyöhykemenetelmän mukaisesti syksyllä 2018. Erilliseen mittaamiseen päädyttiin L-S Vesistöseuraamisen sukeltajien kanssa, kun todettiin, että Littoistenjärven aiempien kasvillisuuskartoitusten tulosten muuttaminen päävyöhykemenetelmän mukaiseksi ei onnistu luotettavasti. Päävyöhyke menetelmän mukaisella menetelmällä viiden verrokkijärven ryhmässä Littoistenjärven kasvillisuus sijoittuu luokkaan hyvä.

Kasvillisuuden poistamatta jättäminen

Ympäristöluvassa edellytetään lisääntyneen vesikasvillisuuden poistoa. Aiempien kokemusten perusteella vesiruton massiivinen niitto aiheutti entistä massiivisemmän vesiruttokasvuston. Projektin ohjausryhmän, neuvottelukunnan ja SYKE:n asiantuntijoiden keskusteluissa päädyttiin esittämään ELY-keskuksen valvojalle, ettei suurimittaiseen poistoon ryhdytä, vaan syksyllä 2018 rannoille ajautunut kasvillisuus kerätään ja käsitellään viherjätteenä Lakarin maankaatopaikalla. Kuljetukset järjesti Kaarinan kaupunki koko järven ranta-alueella.

Jatkossa on päätetty pitää uimaranta-alueet puhtaana kasvillisuudesta, mutta muuten odotetaan sedimenttianalyysin ja hulevesitutkimusten tuloksia ennen laajempaa kasvillisuuden poistoa. Se vaatii uuden ympäristöluvan hakemisen.

Sedimenttianalyysin uusiminen

Näytteet kerättiin 13.12.2018 juuri ennen järven toista jäätymistä ja lähetettiin analysoitavaksi Ruotsiin Uppsalan Lantbruksuniversitetiin, jossa on mahdollista fraktioida sekä rautaan että alumiiniin sitoutunut fosfori. Tulokset saapuivat maaliskuussa 2019. Alustava tarkastelu osoittaa, että rautaan ja alumiiniin sitoutuneen fosforin määrä oli vuoteen 2012 ja etenkin vuoteen 2015 verrattuna enemmän kuin kaksinkertaistunut sedimentin ylimmissä 20 cm:ssä, ja lisäys näyttää tulleen nimenomaan alumiiniin sitoutuneena fosforina. Alumiinin sitoma fosfori näyttää jakautuneen varsin tasaisesti huomattavan paksuun sedimenttikerrokseen. Tämä on kemiallisen käsittelyn kestävyys kannalta hyvä asia.

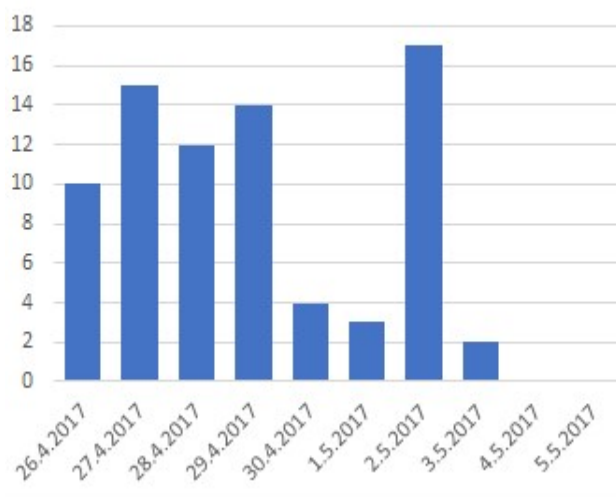
9. Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Viestinnässä edettiin aluksi ELY-keskuksen hyväksymän viestintäsuunnitelman mukaisesti. Tiedotuksen ensisijaisena kohteena olivat littoislaiset ja lähiseutukunnan asukkaat, joille järjestettiin yleisötilaisuudet huhtikuussa ennen kemiallista käsittelyä. Tiedotustilaisuuksien määrää lisättiin, kun kemiallisen käsittelyn vastustajat alkoivat kerätä adressia ja masinoida sosiaalisessa mediassa kampanjaa käsittelyn estämiseksi – hoitokunnan mielestä osin asiattomin perustein. Hoitokunnan selvitysten mukaan adressiin osallistuivat lähes yksinomaan muualla asuvat. Asiantuntijoiden panos oli korvaamattoman arvokas virheiden oikaisemisessa ja tiedottamisessa.

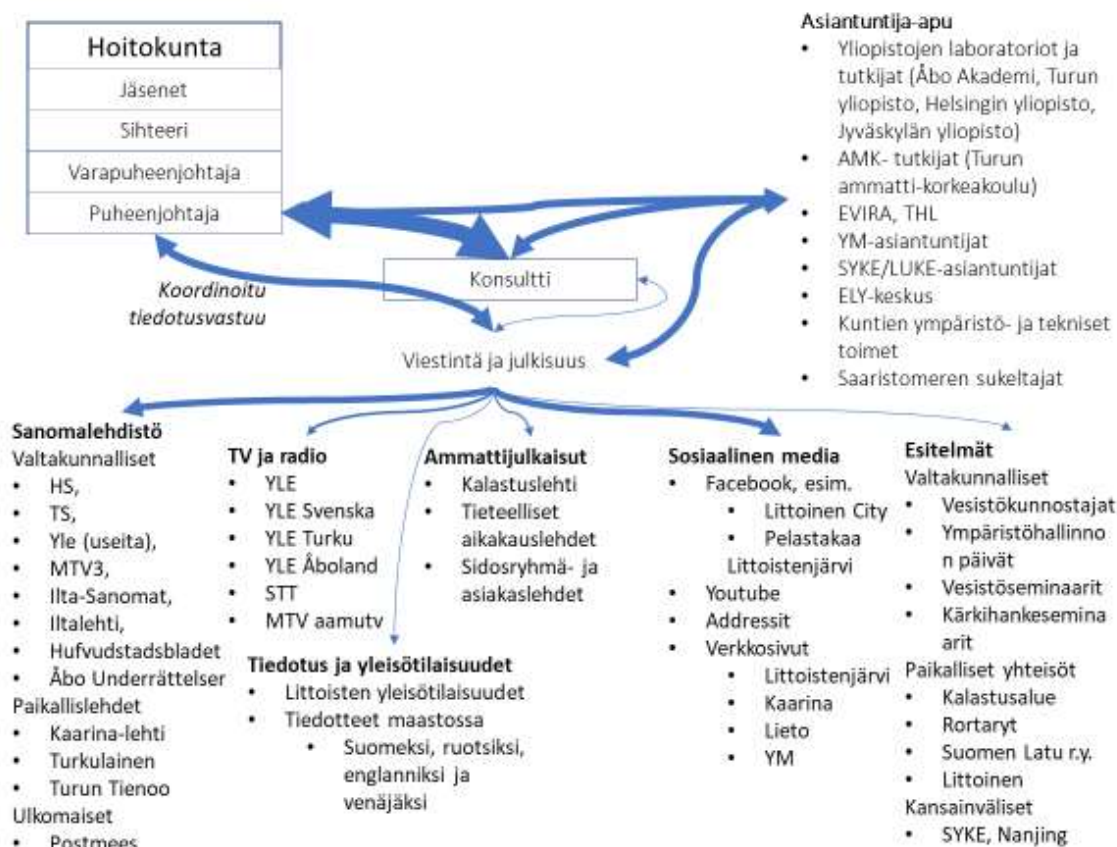
Littoistenjärvi oli Helsingin sanomien toiseksi eniten luettu uutinen vuonna 2017. Paikallista lehdistöä houkuteltiin aluksi mukaan, mutta 'Littoistenjärven ihme', 'zombie-hauet', 'littoistaminen' ja 'Littoisten paratiisi', 'Vuoden avantouintikohde' -otsikot pitivät järven lehdistössä ja eetterissä esillä käsittelyn jälkeen koko Suomessa.

Lisätiedotuskanaviksi oli jo aiemmin valittu verkkosivusto ja sen lisäksi asiasta alettiin tiedottaa samoihin aikoihin perustetussa Littoinen City facebook-ryhmässä, jonkin verran myös twitterissä. Tiedotusvastuut sovittiin siten, että vain hoitokunnan puheenjohtaja ja projektipäällikkö kommentoivat julkisuudessa. Alla olevassa kuvassa (Kuva 29.) on kuvattu viestinnän kanavat ja viestinnän määrä osapuolten välillä.

Kunnostuksen vastustajat kirjelmöivät ja keräsivät adressia kemiallista käsittelyä vastaan. Ero oli myös filosofinen: jokainen tila on luonnollinen, eikä siihen sovi puuttua. Hoitokunnan ja ranta-asukkaiden näkemyksessä vallitsi ajatus siitä, että järven tilaa on parannettava, kun huono tila on seurausta ihmisen toimista. Vastustuksesta tuli 90% muualta Suomesta - alle kymmenen prosenttia adressin allekirjoittaneista tuli Littoistenjärven liepeiltä Liedosta ja Kaarinasta. Allekirjoitukset lisääntyivät yön tunteina. Oheisesta kuvasta näkyy, että Turun Sanomien jutun (TS, 2016) jälkeen adressin allekirjoitukset hiipuivat. Hoitokunnan tulkitsemana 10% TS:n kommentoijista oli huolehtijoiden kannalla, selvä enemmistö kemiallisen käsittelyn kannalla.



Kuva 28. Addressit.com kunnostuksen vastustajien määrän kehitys ja hiipuminen.



Kuva 29. Viestintä hankkeessa 2016-2018.

Viestintäsuunnitelmaa ei siis pystytty noudattamaan, sillä viestintä onnistui yli odotusten. Se myös kuormitti huomattavasti odotettua enemmän.

10. Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Kemiallisella käsittelyllä saavutettiin kaikki keskeisimmät tavoitteet. Ne ovat myös säilyneet kahden ensimmäisen vuoden aikana. Tavoitteet konkretisoituivat virkistyskäytön kasvuna. Ekosysteemi toipui nopeasti kohti karumpaa ja parempaa ekologista tilaa. Järven viimeisintä rehevöitymistä edeltäneet ominaispiirteet ovat palautuneet, myös runsas pohjakasvillisuus. Alun vähäisenkin kemiallisen käsittelyn vastarinta on liudentunut ja käsittelyn hyväksyntä on lisääntynyt.

Tulosten pysyvyyden kannalta on oleellista jatkaa järven tilan seuranta. Seurantojen jatkuvuuden on turvannut tähän saakka kuntien yhteinen rahoitus Littoistenjärven neuvottelukunnalle. Hoitokunta ei pysty yksin oman toimensa organisaationa ottamaan seurantoja tai laajempia kunnostustoimia hoitaakseen. Seurantoihin tullaan jatkossakin tarvitsemaan pysyvää rahoitusta ja kunnostustoimiin projektirahoitusta. Hoitokunnan ja neuvottelukunnan yhteistyö on kriittistä järven tilan säilyttämisessä, joten organisatorisesti niiden yhdistämistä voisi harkita. Koska hoitokunta on yhteisluvelain määräämä toimivaltainen elin, siihen voisi yhdistää neuvottelukunnan, joka taas pystyy toimimaan järven ranta- ja valuma-alueilla.

Järveä on ympäröinyt suoja-alue, jolla suojeltiin järveä talousveden raakavesilähteenä. Tarkoitus on poistunut jo toistakymmentä vuotta sitten ja siksi järven suoja-alueella ollaan purkamassa. Ympäristölainsäädäntö on kehittynyt niin, että järven parantunutta ekologista tilaa voidaan suojella

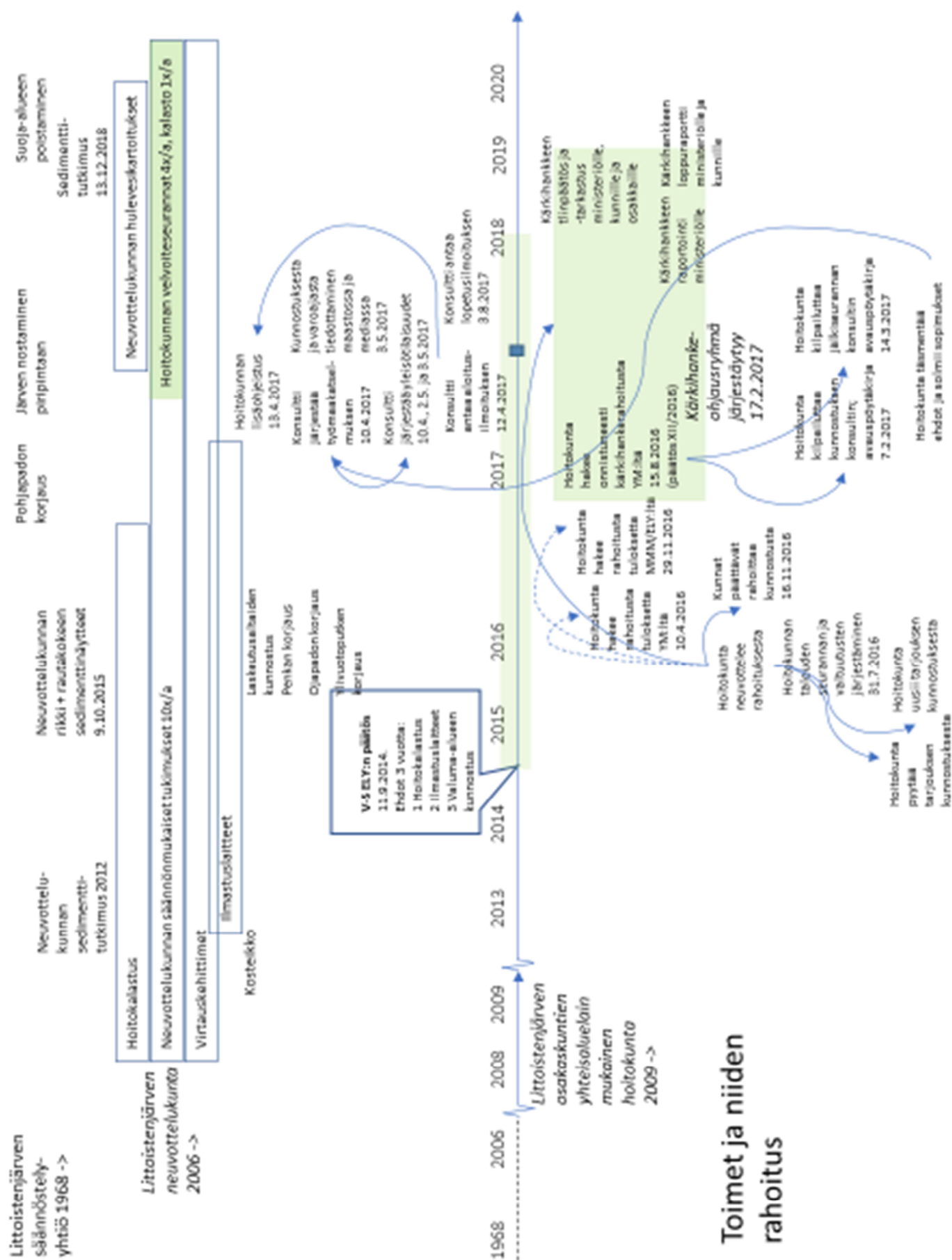
nykyisten säännösten nojalla varsin hyvin ilman suoja-alueettakin. Yhtenä poikkeuksena ovat kuitenkin ruoppaukset, joiden luvanvaraisuuden valvonta on vaikeaa – ruoppaajan ei ole välttämättä kuultava vesialueen omistajaa, eivätkä ruoppauksen ehdot tule hoitokunnan tietoon. Ruoppausilmoituksissa tulisi aina kuulla vesialueen omistajaa ja julkistaa ruoppausten ehdot valvontaa varten.

Valuma-alueen maankäytön rajoituksista tulee tiedottaa sitkeästi ja perustellen haitallisten valumien, eroosion ja luontodirektiivin suojaamien lajien kannalta. Siltikään se ei saavuta kaikkia ja vahinkoja voi sattua. Kemiallisen käsittelyn luvankäsittelyaikaan sattui myös ympäristöviranomaisten toiminnan uudelleenorganisointi, josta aiheutui tietokatkoja, väärinymmärryksiä ja tietämättömyyttä lupaprosesseissa enimmäkseen viranomaisten välillä, mutta myös hoitokunnalle. (ks. Luvat ja seuranta, s. 44)

Littoistenjärvellä on kokeiltu mitä moninaisimpia kunnostuskeinoja ennen kemiallista käsittelyä, mutta sisäisen kuormituksen vallitessa niistä saatu apu on ollut osittaista. Vaihtoehtoiset koko järven tilaan vaikuttavat keinot, kuten kuivatus ja ruoppaus/imuruoppaus, ovat joko ekologisesti kestäättömiä ja/tai useampaa kertaluokkaa kalliimpia. Ne eivät myöskään sovellu järven tilan säilyttämiseen, vaan ovat kertaluonteisia toimia, ja tähän mennessä Littoistenjärven osakkaat ovat niitä päättäneet välttää viimeiseen asti. Kuivatukselle ja ruoppaukselle tuskin heruisi ympäristölupiakaan.

Luvat ja seuranta





11. Hankkeen talous ja kemiallisen käsittelyn kustannukset

Kustannukset: Littoistenjärven kunnostuksen suorat kustannukset ovat noin 1k€/hehtaari. Luvat ovat kertaluonteisia viranomaisen valvonta- ja lupamaksuja, ja niiden kustannukset ovat toimenpidekohtaisia.

Littoistenjärvellä arvioimme kemiallisen käsittelyn hehtaarikohtaisen minimikustannuksen käsittelyineen, lupineen ja seurantoineen asettuvan hintahaarukkaan 1000-1500€/ha vapaaehtoisvoimin toteutettuna. Veden syvyydellä ei ole suurta merkitystä käsittelykustannuksissa, mutta sillä on merkitystä varsinkin seurannassa, sillä näytteitä tulee ottaa eri syvyyksistä veden kerrostumisen vuoksi. Littoistenjärvessä otettiin velvoitetarkkailussa kolmesta pisteestä kahdesta syvyydestä ja laskuojasta yhdestä syvyydestä yhteensä 7 näytettä ja niistä (osa aistinvaraisia) laboratorioanalyysit yli kahdestakymmenestä parametristä. Omarahoituksella jatkettiin seurantatutkimuksia ja niitä täydennettiin hankkeen valvojan kanssa sovituin mittauksin hankerahoituksella.

Se, että Littoistenjärven hankkeen kustannukset olivat yli kaksinkertaiset suoriin kunnostuskustannuksiin nähden, on seurausta tarkasta ja kattavasta seurannasta, runsaasta huomiosta ja asutuksen keskellä toimimisen vaatimasta huolellisesta suunnittelusta, koordinaatiosta, tiedottamisesta ja raportoinnista (ks. Toimet ja niiden rahoitus, s. 45).

Kemiallisen käsittelyn kustannukset ovat pitkässä katsantokannassa pieni lisä järven kunnostukseen käytettyihin varoihin ja resursseihin. Valuma-alueella ja järvellä on tehty vuosikautia työtä, joiden ansiosta kemialliseen käsittelyyn voitiin huolellisen harkinnan ja valmistelun myötä ryhtyä.

Taulukko 6. Kemiallisen käsittelyn ja kunnostuskustannukset pääpiirteissään 2017-2018.

LITSA-hanke ml. valmistelevat luvat ja päätökset	€, sis. alv 24%	€/ha	Osuus
Kemikaalikäsittely (ml. valmistelevat ja päättävät toimet)	125.000	833	30,9%
Luvat	10.000	67	2,5%
Velvoitetarkkailut	24.000	160	5,9%
Koekalastukset	9.000	60	2,2%
Talkookulut (mm. kalojen keruu, rantojen siivous, järvitapahtumat)	12.000	80	3,0%
Hankkeen johtaminen ja konsulttien työ	90.000	600	22,2%
Matkakulut	1.000	7	0,3%
Viestintä, tapahtumat ja esitelmät	5.000	33	1,2%
Asiantuntijat/alihankinta, lisätutkimuksia	50.000	333	12,4%
Neuvottelukunnan seurantatutkimukset, hulevesitutkimukset, sedimentti tutkimukset ja muut kunnostustoimet 2017...2018.	75.000	500	18,5%
Sekalaisia kuluja (rahtia, pakkausmateriaalia, vakuutuksia, hankekohtaiset lisäkulut)	4.000	27	1,0%
Yhteensä	405.000		~100%

12. Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Yleisiä suosituksia

Yhteydenpitoa kaikkien osapuolten välillä ei voi liiaksi korostaa ainakaan Littoistenjärven kaltaisessa hankkeessa – se on kriittistä.

Valtionavustuksen ohjeistuksessa on tiukkoja aikarajoja ja vaateita, joiden noudattaminen on jokseenkin mahdotonta: Esim. hyväksytty tilinpäätös tulee olla tehtynä, ennen kuin itse projekti ja vastuullisen tilikausi päättyy ja kaikki kulut on käsitelty ja hyväksytty. Puolivuotta lisääikaa lopulliseen dokumentaatioon auttaisi oikeasti.

Suosituksia $AlCl_3$ -vesistökuunnostajalle

Tunne vesistösi ja tuo se ilmi hakemuksessa ja viestinnässä. Tärkeätä on etenkin se, että tutkijat ja käytännön toteuttajat sekä paikalliset ovat tiiviissä yhteistyössä, jotta uusi tutkimustieto ja havainnot tulevat viiveettä ja oikealla tavalla käyttöön. Suomessa uranuurtajia ovat Littoistenjärven toimijoiden ohella olleet Pyhäjärven suojelurahasto ja Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö, joka otti mallia Pyhäjärven menettelytavoista. Näissä kaikissa kunnostustoimet perustuvat tutkimustietoon, tai ainakin niiden vaikutuksia tutkitaan asiallisesti.

Vesistöistä on lisäksi usein tehty *valuma-aluekaskelmat, joista saa tiedot vesistön ravinnekuormituksesta*³. Littoistenjärvestä ei sitä ollut tehty, mutta hulevesien ja valumavesien kuormitus oli selvitetty aiemmin koeluonteisesti (Sarvala & Perttula 1994, Sarvala 2005; Holmroos & Jantunen, 2015) ja päätettiin selvittää hankkeen aikana hulevesikartoituksin (Holmroos & Jantunen 2017, 2018, 2019).

Polyalumiinikloridin käytön tiedetään pääsääntöisesti toimivan huonommin humuspitoisessa vesistössä kuin vähähumuksisessa Littoistenjärvessä. Fosforin saostamiseksi joudutaan käyttämään suurempia kemikaalimääriä, jolloin myös kustannukset ovat suuremmat, suotuisat vaikutukset epävarmemmat ja ei-toivottuja sivuvaikutuksia todennäköisesti enemmän kuin Littoistenjärvellä.

Vain omistaja(t) ovat toimivaltaisia. Yleensä yhteisen vesialueen omistajat ovat järjestäytyneet osakaskunnaksi tai osakaskunniksi⁴, joiden osakkaat kokoontuvat vain kerran vuodessa päättämään asioista. Päätökset tehdään yksinkertaisella paikalla olevien osuuksien määräenemmistöllä, kuitenkin niin, että suurimpienkin omistajien päätösvalta on korkeintaan 30%. Osakaskuntien vuosikokousrytmin ymmärtäminen on tärkeää, sillä muuten päätöksenteko viivästyy, vaikka käytössä olisikin ketterämpi tapaa hallinnoida hanketta. Maanmittauslaitoksen aloitteesta Littoistenjärven osakaskunnat olivat perustaneet hoitokunnan, joka hoitaa osakaskuntien juoksevia asioita: se voi osakaskuntien valtuuttamana toteuttaa käsittelyn. Hoitokunta voi luonnollisesti kuulla asiantuntijoita pitkin matkaa kunnostusta valmistellessaan ja toteuttaessaan sekä toimia myös rahoituksen hakijana, koska se on virallisesti ELY-keskuksen rekisteröimä yhteisö.

³https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_mallinnus_ja_arviointijarjestelma_VEMALA

⁴ Osakaskunnan järjestäytyminen edellyttää, että sillä on AVI:n hyväksymät säännöt. Vaihtoehto hoitokunnalle on, että osakaskunnat nimeävät edustajiston. Asiasta on säädetty tarkemmin Yhteisalueissa (1989/758): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1989/19890758>

Tarvitset luvat ja suunnitelmat. Polyalumiinikloridiliuoksen lisäksi on muitakin käyttökelpoisia aineita, joskin ne ovat kalliimpia tai koekäytössä.

Lupa. Lupakäsittelyssä viranomaisen pitää kuulla asianosaisia ja kuulutus aika on tyypillisesti 30-60 vrk. Kuulemisessa annettuihin huomautuksiin tulee antaa vastine (jos luvanhakija katso sen aiheelliseksi), jonka viranomaiset ottavat lakien, asetusten ja harkintansa mukaan huomioon ennen päätöstä. Lupapäätös on voimassa tietyn viranomaisen päättämän ajan ja siihen kirjataan ehtoja. Luvan vanheneminen tarkoittaa uutta lupahakuprosessia. Lupapäätöksestä voi aina tehdä huomautuksen 30 vrk ajan ylemmälle viranomaiselle tai oikeusistuimeen (esim. Littoistenjärven tapauksessa Etelä-Suomen aluehallintovirastoon ja Vaasan hallinto-oikeuteen). Littoistenjärven käsittelyyn liittyvät hakemiset, kuulemiset ja huomautukset näkyvät kuvasta (ks. Luvat ja seuranta, s. 44).

Kunnostussuunnitelma on parasta teettää asiantuntijoilla, esim. vesiensuojeluyhdistykset tarjoavat apuaan asiassa. Littoistenjärven hoitokunta mielellään jakaa tietämystään sivuillaan ja vastaa kyselyihin, mutta ei ole asiantuntija muiden vesistöjen kunnostuksen ja varsinkaan kemiallisen käsittelyn suunnittelussa. Sen sijaan kokemuksia on noin 50:stä kohteesta saatavilla Suomesta esimerkiksi Vesistö-kunnostusverkoston kautta – ja ulkomailtakin sadoista kohteista (Spears et al., 2017). Suunnittelussa on hyvä kuulla myös tutkijoita ja asiantuntijoita, sillä käsittelyistä on kertynyt kokemusta aivan viime vuosinakin⁵. Suunnitelman tulee toteuttaa luvan ehdot käytännössä ja suunnitelmassa pysymistä tulee valvomaan virkamies virkavastuulla.

Luvanhaltija on vastuussa virheistä ja lupaehtojen noudattamisesta ja korvausvelvollinen asianosaisille aiheuttamastaan vahingosta.

Varaudu siis ajan kanssa vastaamaan huomautuksiin ja valituksiin.

Tiedottaminen, osallistuminen paikallisten keskusteluun on ensiarvoisen tärkeää. Siinä on oltava nopea ja ripeä, aikaa on vain tunteja – uutinen ei ole SoMe-aikakaudella uutinen enää muutaman tunnin jälkeen. Esimerkiksi Litsan zombie-haukikaustin ollessa kuumimmillaan, hoitokunnan puheenjohtaja oli yhteydessä hauen kalastaneeseen J.-P. Juusoon klo 01:40 ja seuraavana aamuna klo 9:40 lehdistö oli noudettua zombie-haukea vastassa Järvelän laiturissa (Lehtinen, 2017). Selkeä, faktoihin perustuvat tiedottaminen suoraan askarruttaviin kysymyksiin toimii parhaiten – käytä asiantuntijoita apuna⁶.

Käsittelyyn kuuluvat seuraavat vaiheet.

- Työmaakatselmus⁷
- Tiedotustilaisuudet⁸
- Aloitusilmoitus⁹
- Varomerkinnät maastossa ja netissä riittävän monella kielellä¹⁰

⁵ <http://www.littoistenjarvi.fi/usein-kysytyt-kysymykset-ja-vastaukset-littoistenjarven-kemikaalikäsittelysta/>

⁶ <http://www.littoistenjarvi.fi/usein-kysytyt-kysymykset-ja-vastaukset-littoistenjarven-kemikaalikäsittelysta/>

⁷ <http://www.littoistenjarvi.fi/kunnostustyon-katselmointi-10-4-2017-littoisissa/>

⁸ <http://www.littoistenjarvi.fi/yleisotilaisuuksia-littoistenjarven-kunnostamisesta/>

⁹ http://www.littoistenjarvi.fi/wp-content/uploads/2013/06/Aloitusilmoitus_Littoistenj%C3%A4rven-kunnostus_ENV1107_12.4.2017.pdf

¹⁰ <http://www.littoistenjarvi.fi/kunnostusremediation%d1%80%d0%b5%d0%b0%d0%b1%d0%b8%d0%bb%d0%b8%d1%82%d0%b0%d1%86%d0%b8%d1%8f-10-12-5-2017/>

- Päivystys käsittelyn aikana ja jälkeen
- Lopetusilmoitus¹¹

Olet velvollinen viemään seurantatulokset viranomaisten ympäristörekistereihin.

Näytteitä ei voi ottaa kuka tahansa, vaan se vaatii sertifioitua näytteenottajat.

Jos saat valtionavustusta tai julkista rahaa hankkeen toteuttamiseen, niin:

- Vain osa kustannuksista on valtionavustustukikelpoisia, joka tarkoittaa sitä, että julkista rahaa saa käyttää ehdoissa mainittuihin, rajoitettuihin kohteisiin. Julkisen rahoituksen osuus riippuu myös oman rahoituksen määrästä, Litsassa korkeintaan 38% hankkeen kokonaiskustannuksista. Avustusta sai käyttää hankkeen johtamiseen, jonka erillisrahoitus oli puolestaan kuntien avustuksen ehto.
- Joudut siis joka tapauksessa rahoittamaan suurimman osan itse muualta kuin valtionavustuksesta.
- Suuremmat hankinnat pitää kilpailuttaa, jos niihin käytetään vähänkään julkista rahaa.
- Joudut raportoimaan hankkeen tulokset ja varojen käytön tarkalleen ohjeiden mukaan.
- Yhteisalueen valtuudet ja nimenkirjoitusoikeudet pitää olla sekä rekistereissä että osoitettavissa pöytäkirjoista mm. pankkien ja sopimuspuolten varalta. Pankit vaativat lisäksi henkilökohtaisen tunnistautumisen, jotta maksuliikenne alkaa sujua.
- Tarvitset Katso-tunnisteet tilinpäätösten jouhevaa hoitamista varten.
- Sinun tulee pitää huolellisesti kirjaa taloudesta ja tarkastuttaa tilinpäätöksen ohjeiden mukaan vähintään hankkeen lopuksi. Litsassa kuntien avustuksen käytön sai raportoida kuten valtionavustuksenkin, mikä helpotti seurantaa.

13. Johtopäätökset /Yhteenveto hankkeesta ja päätuloksista

Kemiallinen saostus poisti vedestä fosforin ja muodosti fosforia pidättävän valkoisen, sittemmin ruskeanharmaan ja leijuvan alumiinihydroksidikerroksen järven höttöisen sedimentin päälle. Tuuli liikutti saostuskerrosta erityisesti ensimmäisenä kesänä. Sitoutuneen alumiinin kristallisoituessa se alkoi sekoittua fosforiin sitoutuneena sedimenttiin. Vedenlaatu ja järven ekologinen kunto kohenivat reippaasti, ja sinileväkukinnoista päästiin kokonaan eroon kesinä 2017 ja 2018. Kesäaikainen käyttö kasvoi jopa odotuksia enemmän ja järven saama huomio kaikkine käänteineen oli ympäristökasvatusta parhaimmillaan. Kylä kääntyi taas järveen päin ja otti sen omakseen – ympäristö siistittiin ja virkistyskäyttö lisääntyi.

Kasvillisuus alkoi muuttua karumman järven kasvustoksi. Kasvusto valtasi aiemmin autioituneen syvemmän veden pohjan kuumana kesänä 2018. Kohtuullinen kasvillisuus on hyvästä, mutta vuosien myötä etenkin vesiruttokasvustolla on taipumus tihentyä liiaksi, jolloin se samalla nostaa veden pH:n neutraalista emäksiseksi. Tämän seurauksena myös alumiiniin sitoutunut fosfori saattaa vapautua kesäkaudella. Tätä ei kuitenkaan havaittu Littoistenjärvellä kahden käsittelyä seuranneen kasvukauden aikana. Lisääntynyt kasvillisuus, varsinkin vesirutto ilmeisesti pääsi ottamaan fosforia suoraan sedimentistä, mutta mahdollisesti myös vedestä pH:n noustessa kasvuston lisääntymisen seurauksena. Seuraavina vuosina tämä aiheuttanee päänvaivaa ja työtä, mutta saattaa olla avuksi fosforitaseen ylläpitämisessä. Kasvukauden jälkeen kasvillisuus talvehtiessaan (tai kuollessaan)

¹¹ http://www.littoistenjarvi.fi/wp-content/uploads/2013/06/ENV1107_Lopetustiedote_Littoistenj%C3%A4rvi_kunnostus_3.8.2017.pdf

käyttää hapen pohjan tuntumasta, jolloin rautaan sitoutunut fosfori pääsee vapautumaan ja liukenee veteen. Ensimmäisenä talvena kasvillisuutta oli niukasti, mutta toisena talvena happivajetta esiintyi tiheän kasvillisuuden alueella, liuennutta fosforia ei kuitenkaan velvoite tarkkailun helmikuun 2019 mittauksessa havaittu.

Saostus siis vähensi ratkaisevasti sisäistä kuormitusta. Koska järvestä poistuvassa vedessä fosforia on niukasti, valuma-alueen fosfori kerryttää järven fosforivarantoa edelleen. Järviveden kemiallisen käsittelyn jälkeisen tilan säilyttämiseksi on käytettävissä seuraavat keinot:

- Kasvillisuuden ja kalaston poisto siinä määrin, että voidaan ylläpitää fosforivaranto ennallaan rehevöitymiskehityksen estämiseksi ilman saostusta.
- Kasvillisuuden ja kalaston massiivinen poisto, jolla voidaan vähentää fosforin määrää sedimentissä ja järvessä ilman saostusta.
- Fosforin uudelleensaostus, joka parantaa tilanteen välittömästi ja varastoi kertyneen fosforin pohjaan järven ominaisuuksien määrittelemäksi ajaksi.

Lähteet:

Aroviita J, Hellsten S, Jyväsjärvi J, Järvenpää L, Järvinen M, Karjalainen SM, Kauppila P, Keto A, Kuoppala M, Manni K, Mannio J, Mitikka S, Olin M, Perus J, Pilke A, Rask M, Riihimäki J, Ruuskanen A, Siimes K, Sutela T, Vehanen T & Vuori K-M (2012). Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012-2013 - päivitettyt arviointiperusteet ja niiden soveltaminen.

Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012. 144 s. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. ISBN 978-952-11-4114-0 (pdf), ISSN 1796-1653 (verkkajulkaisu; www.ymparisto.fi/julkaisut)

Eurofins Ahma Oy, (2019). Littoistenjärven hoitokunta. Littoistenjärven kemikaalikunnostuksen kalataloustarkkailu vuonna 2018. Projekti 90608 / 01 / 2019. 18.2.2019. 19 sivua ja 3 liitesivua.

Holmroos J., & Jantunen M., (2015). Littoistenjärven pohjoispuoliselta Järvelän kosteikolta lähtevän veden sekä Littoistenjärveen laskevien kahden ojan vedenlaatututkimus 11.6.2015.

Holmroos J., & Jantunen M., (2017). Littoistenjärven ojavesien näytteenotto ja virtaamamittaus - tulokset 15.11.2017 toteutetusta tutkimuskerrasta. 12.12.2017.

Holmroos J., & Jantunen M., (2018). Littoistenjärven oja- ja hulevesien näytteenotto ja virtaamamittaus - tulokset 18.4.2018 toteutetulta havaintokierrokselta. 14.5.2018.

Holmroos J., & Jantunen M., (2019). Littoistenjärven oja- ja hulevesien näytteenotto ja virtaamamittaus - tulokset 10.-11.12.2018 toteutetulta havaintokierrokselta. 3.1.2019.

Kankaanpää H., (2011). Haitalliset levät ja terveys. Duodecim lääketieteellinen aikakauskirja 127(13):1335-40.

Karjalainen S.M., Välimaa A-L., Hellsten S., Virtanen E., (2017). Vesiruton hyötykäyttö biotaloudessa – järvien riesasta raaka-aineeksi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 18/2017. SSN: 1796-1726, ISBN: 978-952-11-4844-6. <http://hdl.handle.net/10138/218283>.

Keskitalo S., (2019). Littoistenjärvellä sijaitsee Suomen paras talviuintipaikka – katso kuvagalleria Villa Järvelästä, Turun Sanomat, 14.2.2019, 12:38.

<https://www.ts.fi/lukemisto/4481513/Littoistenjarvella+sijaitsee+Suomen+paras+talviuintipaikka++k+atso+kuvagalleria+Villa+Jarvelasta>

Lehtinen T., (2017). Littoistenjärven paiseisia haukia on todennäköisesti vaivannut vesihome – löydön jälkeen järvelle mennyt sukeltaja ei törmännyt kuin terveisiin kaloihin. Näyttää epätodennäköiseltä, että puhdistuskemikaalilla olisi yhteys kalakuolemiin. Täysi varmuus saadaan kuitenkin vasta Eviran tutkimuksen jälkeen. 28.9.2017. <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005386459.html>

Rapala J., Lahti K. (2010). Syanobakteerit ja niiden tuottamat toksiniit. *Vesitalous* 4/2010, sivut 20-25.

Rautanen H, Sarvala J, Gustafsson E, Isotalo I, Laine U & Sainio J., (1985) Littoistenjärven luonto ja käyttö. Kaarinan-Piikkiön luonnonsuojeluyhdistys. 64 s. ISBN 951-99609-9-6.

Räisänen R., (2015). Littoistenjärven sedimenttitutkimus lokakuussa 2015. Rikki+rautakokeen sedimenttinäytteet 9.10.2015. Tulosraportti nro 276-15-8087.

Rönneberg O., (2017). Klart vatten efter grundligt arbete. *Hufvudstadsbladet*, 16.6.2017. <https://www.hbl.fi/artikel/klart-vatten-efter-grundligt-arbete-2/>

Sarvala J., (2005) Littoistenjärven ekologisen tilan kehitys ja hoitovaihtoehdot. Turun yliopiston Biologian laitoksen Julkaisuja 24: 1–56. ISSN 0357-5373.

Sarvala J., (2013) Littoistenjärven tila ja kunnostusvaihtoehdot 2012. Julkaisematon raportti. Turun yliopisto, Biologian laitos, Ekologian osasto. Turku. 44 s.

Sarvala J., (2016) Littoistenjärven ekologinen tila 2015 ja toimenpiteet hyvän tilan saavuttamiseksi. Lausunto 24.5.2016. Kaarinan kaupungin ympäristölautakunta. 16 s.

Sarvala J. & Perttula H., (1994) Littoistenjärvi. Littoistenjärviyöryhmä, Kaarinan kaupunki, Liedon kunta. Kaarina 1994. ISBN 951-97062-0-8. 78 sivua (+ 2 liitesivua).

Bryan M. Spears, Martyn N. Futter, Erik Jeppesen, Brian J. Huser, Stephen Ives, Thomas A. Davidson, Rita Adrian, David G. Angeler, Sarah J. Burthe, Laurence Carvalho, Francis Daunt, Alena S. Gsell, Dag O. Hessen, Annette B. G. Janssen, Eleanor B. Mackay, Linda May, Heather Moorhouse, Saara Olsen, Martin Sørensgaard, Helen Woods & Stephen J. Thackeray (2017). Ecological resilience in lakes and the conjunction fallacy. *Nature Ecology & Evolution* 1, 1616–1624 (2017). doi:10.1038/s41559-017-0333-1

Särkkä J., (1996). Järvet ja ympäristö: Limnologian perusteet. Gaudeamus. 157 sivua.

Lankinen J., (2007). Riittiönjärvi sai puhdistavan kemikaalilylyn. *Turun Sanomat*, 7.6.2007. <https://www.ts.fi/uutiset/kotimaa/1074206199/Riittionjarvi+sai+puhdistavan+kemikaalilylyn>

TS Turun Sanomat, (2017). Littoistenjärvellä vastustetaan kemikaalikuuria. 3.5.2017 <https://www.ts.fi/uutiset/paikalliset/3496338/Littoistenjarvella+vastustetaan+kemikaalikuuria>

Varjo E. (2012). Littoistenjärven sedimenttitutkimus. Turun yliopiston maantieteen ja geologian laitos – geologian osasto – maaperägeologia. 15.8.2012, 8 sivua (+ 2

liitesivua). <http://www.littoistenjarvi.fi/wp-content/uploads/2013/06/Littoistenj%C3%A4rven-sedimenttiraportti-2012.pdf>

Vehniäinen M., (2017). Littoistenjärven seuranta sinilevämyrkköjen suhteen. 17.6.2017.

Vehniäinen M., (2018). Littoistenjärven seuranta sinilevämyrkköjen (hepatotoksiinit) suhteen. 11.10.2018

Vahnen Environment Oy, (2017). Kemikaalikunnostus: Littoistenjärvi. Littoistenjärven osakaskuntien hoitokunta, ENV1107, 15.9.2017. 22 sivua + 42 liitesivua.

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, (2013). MT 2200 Kaarinantien kääntö. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Elokuu 2013. Kopijyvä, Espoo. 73 sivua (+20 liitesivua).

Varsinais-Suomen ja Satakunnan vesien- ja merenhoidon yhteistyöryhmä, (2015). Muistio, 8.9.2015.

Wahlberg A., (1913) Bidrag till kännedommen om Littois-träsk med särskild hänsyn till dess plankton. Acta Soc. Fauna Flora Fennica 38: 1-201.

Westberg V (toim.) (2015) Vesien tila hyväksi yhdessä. Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosiksi 2016-2021. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 101/2015. 247 s.

Width T., (2002). Suomen surkein järvi kirkastui alumiinikloridikäsittelyllä. Rymättylän Kirkkojärvi pääsi eroon fosforista ja kaloista. Helsingin Sanomat, 5.7.2002.

Ilta-lehti, (2018). Muistatko kemiallisesti puhdistetun Littoistenjärven, joka muuttui turkoosiksi ja josta huhuttiin nousevan zombikaloja? Se on nyt suosittu uimapaikka - tutkija välyyttää samaa käsittelyä Töölönlahdelle 28.05.2018 klo 17:05 Kuvanveistäjä kertoi Helsingin Sanomissa saaneensa aiheen teokseensa "Littoistenjärven tuhosta". Järvellä menee kuitenkin paremmin kuin pitkään aikaan. <https://www.iltalehti.fi/kotimaa/a/201805282200974203>



VAHANEN

CLEAN WATERS

Kaarina

LIETO

LITTOISTENJÄRVI
Littoistenjärven osakaskunnat