

Littoistenjärvi 2017 Eutrofisen järven fosforinsaostus AlCl_3 -käsittelyllä:

Heikkilä J., Sarvala J., Vepsäläinen M. & Wichmann A.

Littoistenjärvi

N 60° 27,289' E 22° 23,105' (~WGS84)

- 1,5 km², 3 Mm³, 1,7...1,8 viipymä
- (3)...4,5 km² valuma-alue
- Tietoja kerätty kauan
 - Varhaisimmat tiedot 1700-luvulla: erikoinen, hyvälaatuinen vesi saran ja veran valmistajille Turun verkamanufaktuurin tamppimylly 1738, myöhemmin Littoisten verkatehdas 1823, Barker-Littoinen Oy ja Kaukomarkkinat 1969 saakka)
 - Kulttuurihistoriallisesti arvokas ympäristökohde 1987
 - 1908-1913 tieteelliset mittaukset
 - 1971-1998 vesilaitoksen vedenlaatumittaukset
 - 1983-2013 Turun yliopiston seurantatiedot
 - 1998-neuvottelukunnan ja sittemmin hoitokunnan veden laadun, kasvi- ja eläinplanktonin, kasvillisuuden, pohjaeliöstön, kalaston ja linnuston seuranta
- Säilyketehdas, pesula, lentotukikohta, ice track racing, uimala, tanssilava, uimarannat, luistelu- ja hiihtoradat, leijalautailu, kalastus, surffaus, lintujen seuranta, ...

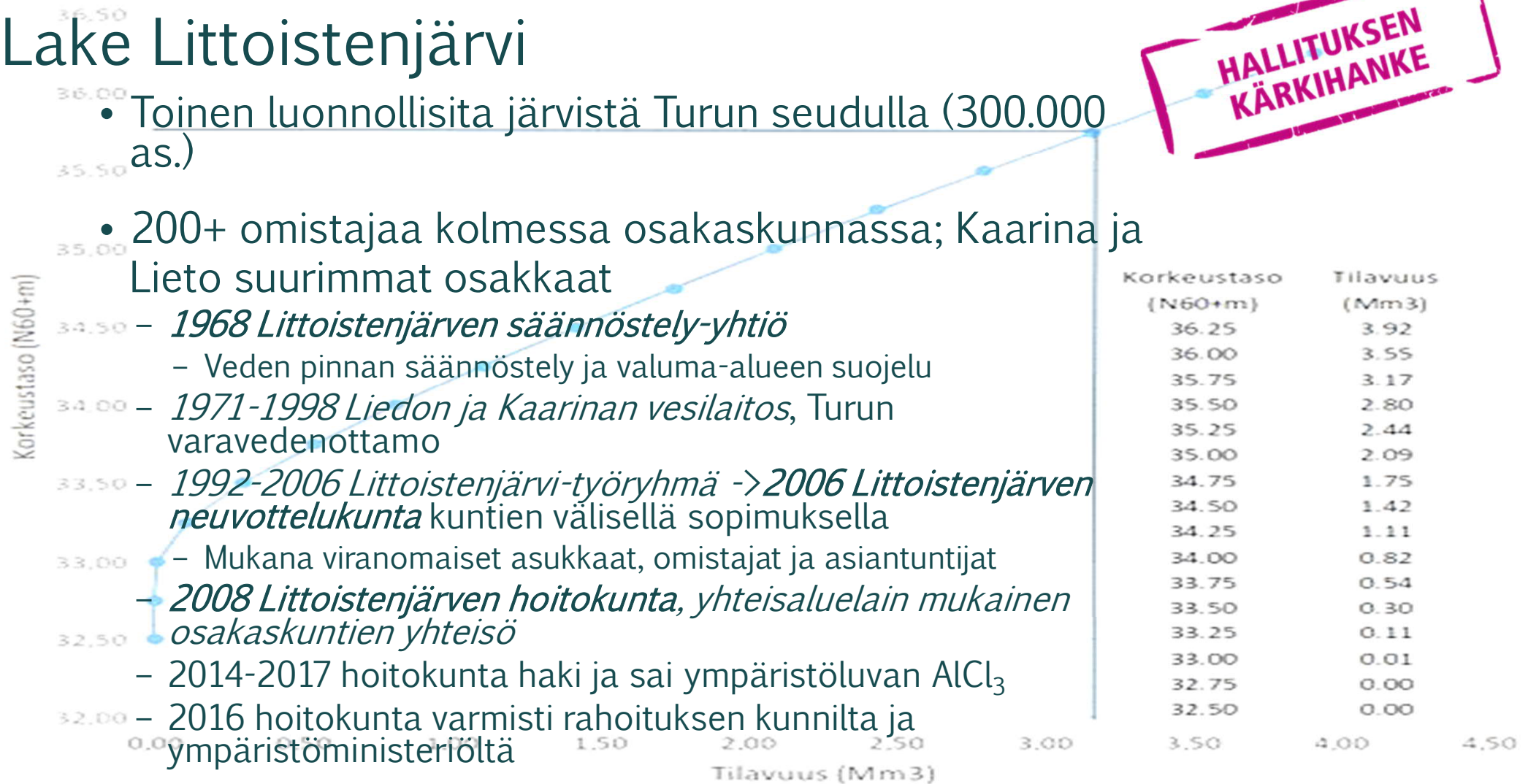
- T₀ eutrofinen -> oligotrofinen -1900 (?)
- 1986- eutrofinen/oligotrofinen vaihtelua, vesiruton (*elodea canadensis*) and karvalehdeden *ceratophyllum* kasvua, pH 5,5...11
- 1998-1999 happikato, jonka jälkeen *elodea* kato, runsastuva kasviplankton ja sisäinen fosforikuormitus
- ~2010 myrkylliset sinileväkukinnot, vähenevä eläin plankton, pH 6,5...10
- 2016 kaikkien aikojen huonoin vedenlaatu hoitotoimista huolimatta; vastoin EU Vesipuidedirektiiviä (2000/60/EC; 1299/2004 Laki vesien ja merenhoidon raja järjestämisestä)

Littoistenjärven tilavuuskäyrä

Lake Littoistenjärvi

- Toinen luonnollisista järvistä Turun seudulla (300.000 as.)
- 200+ omistajaa kolmessa osakaskunnassa; Kaarina ja Lieto suurimmat osakkaat
 - *1968 Littoistenjärven säännöstely-yhtiö*
 - Veden pinnan säännöstely ja valuma-alueen suojele
 - *1971-1998 Liedon ja Kaarinan vesilaitos*, Turun varavedenotto
 - *1992-2006 Littoistenjärvi-työryhmä -> 2006 Littoistenjärven neuvottelukunta* kuntien välisellä sopimuksella
 - Mukana viranomaiset asukkaat, omistajat ja asiantuntijat
 - *2008 Littoistenjärven hoitokunta, yhteisaluelain mukainen osakaskuntien yhteisö*
 - 2014-2017 hoitokunta haki ja sai ympäristöluvan $AlCl_3$
 - 2016 hoitokunta varmisti rahoituksen kunnilta ja ympäristöministeriöltä

**HALLITUKSEN
KÄRKIHANKE**



Putki Aurajokeen,
korjattu 2016

Pato,
korjattu
2016

Pellot
kosteikoksi
2009

Penkka,
korjattu 2016

Virtauskehitin
2007

Waterix
ilmastin 2012

Waterix
ilmastin 2012

Valumavesien
saostusallas,
ensiapu 2016

Toimen- piteitä

Valumavesien
saostusallas

Virtauske-
hitin 1987

Pohjapadon
korjaus 2017

- Piisamit tukkineet Aurajoki-putken
- Piisamit kaivaneet penkkaan reikiä, lenkkeilijät lapioineet ojan
- Tienpitäjät purkivat ojapadon
- Saostusaltaat täyttyväty ja vesi virtaa ohi sateilla ja keväällä
- ilmastimet vikaantuvat
- + moottoriajoneuvot järvellä kielletty 1981 + 10 hoitokalastusta

KEMIRA PAX XL-100, i.e., 30-40 % polyalumiinikloridi

(Taulukko: Kauko Anttila, Kemira Oyj)

Suunniteltu 2016:

- 40 mg/l, 200-280 t

• Tarkennettu suunnitelma 2017:

- 50-60 mg/l, 200-260 t

• Vesitilavuuden arvio:

- 3,65 MM³

• Toteutui

- 44 mg/l, 160 t (20%...40% reduction), 16t alumiinia (Anttila, 2018)

• pH

- Ennen käsittelyä ~7
- Tavoitehaarukka 6,0...6,3
- Toteutui +3d 5,5 (± 0,5)

LITTOISTEN SAOSTUSKOKEET 04.5.2017

KEMIRA OYJ / K. ANTILA

Näyte	Kemikaali	Annostus ml/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

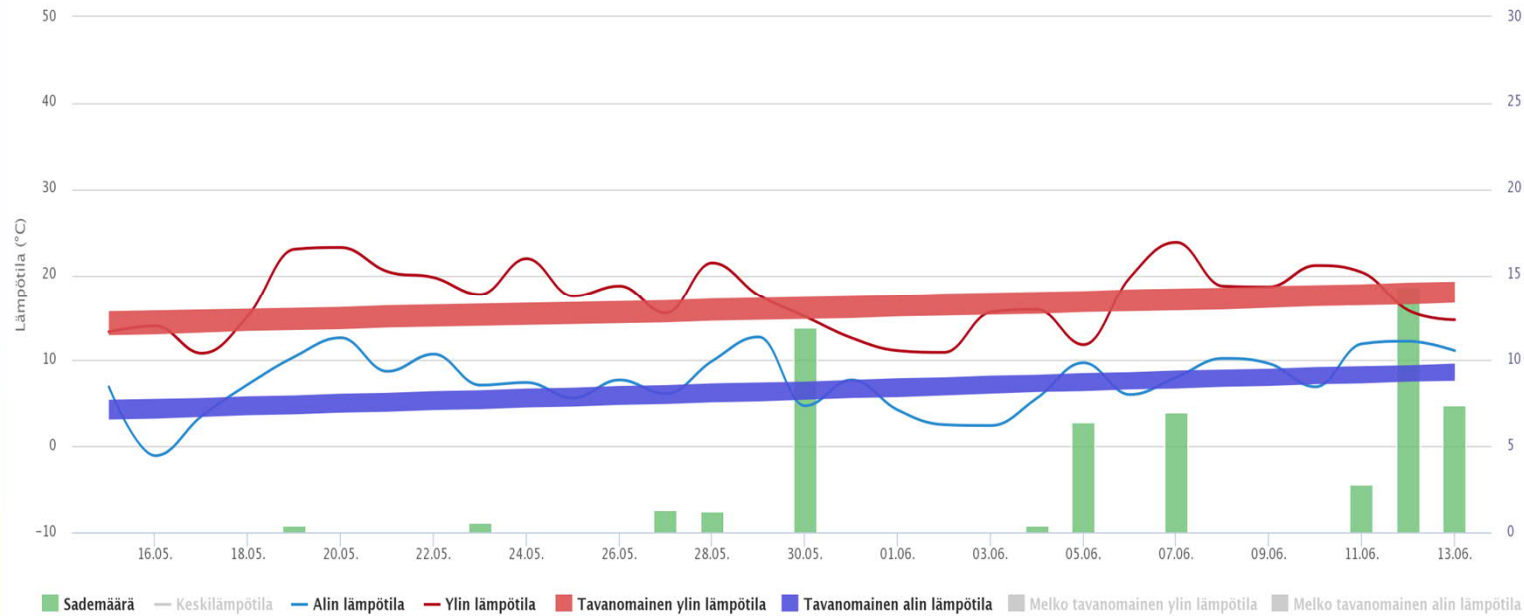
SEKOITUS 15 SEK

HÄMMENNYS 10 MIN

LASKEUTUS 20 MIN

HUOM! pH1 mitattu Hyvinkään Veden laboratorion mittarilla ja
ja pH2 mitattu Kemira Oyj:n kannettavalla mittarilla

Turku



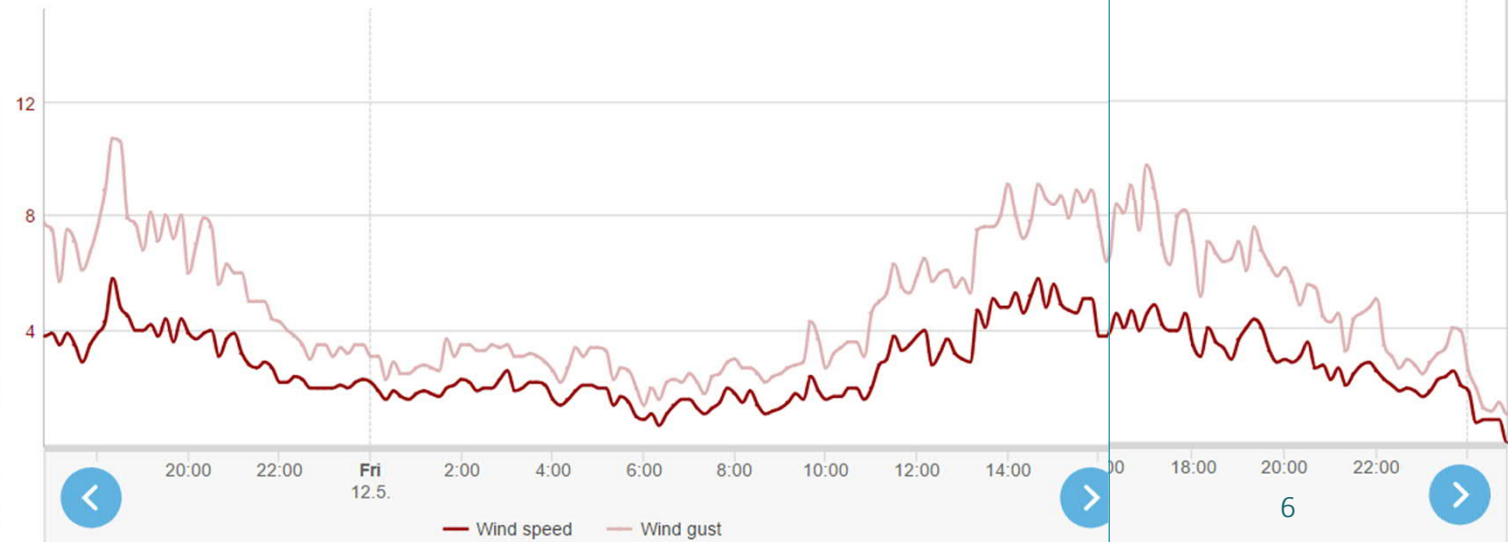
Sää Artukaisissa n aikana ja jälkeen

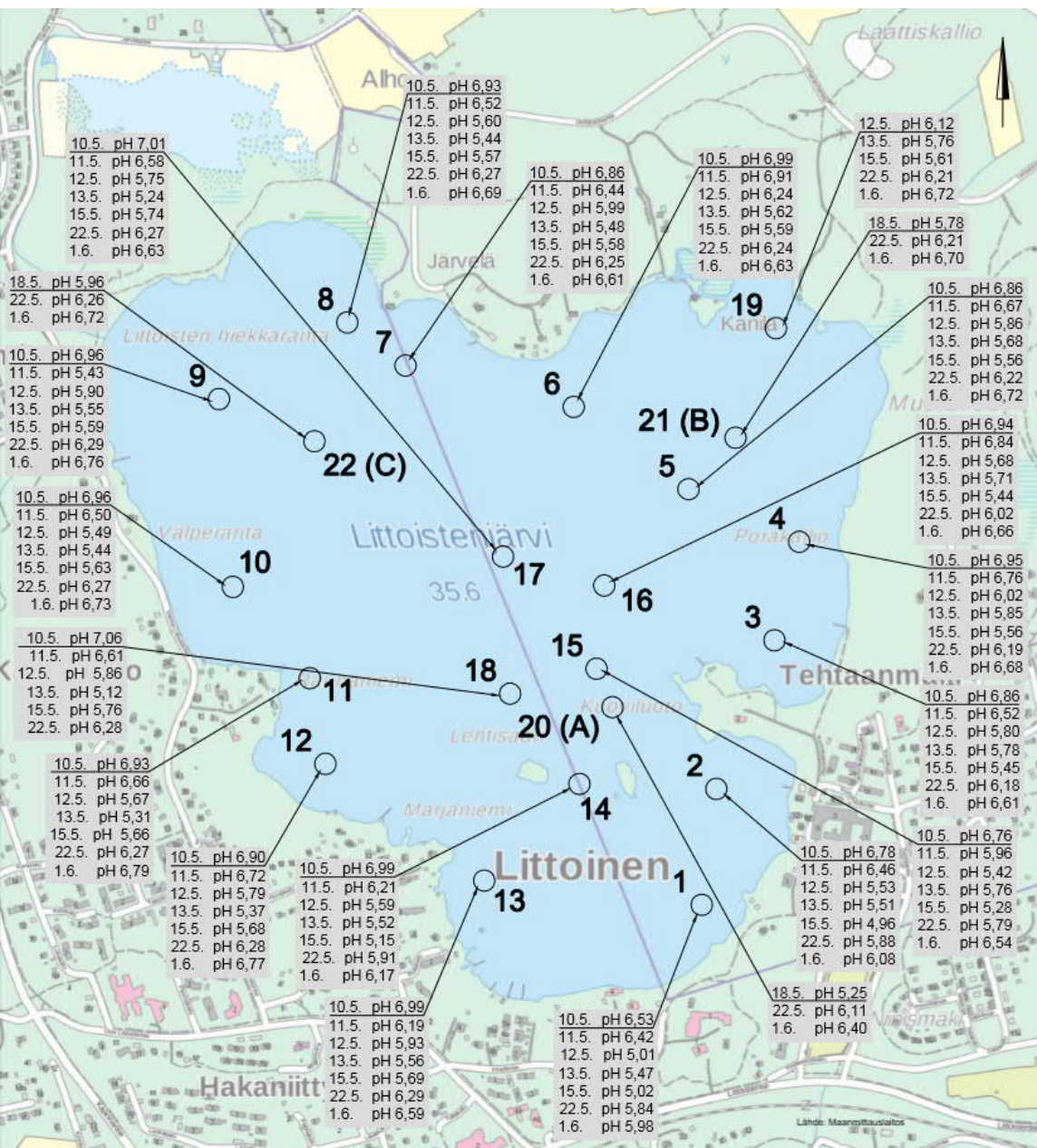
(Kaaviot: ilmatieteen laitos)

1010-1017 hPa, -3,0...+10 °C,

tuulet 0...10 m/s

Käsittely koleassa (2 -> 5 pv
varoaika), sitten lämpöaalto





pH:n tarkennettu seuranta

(Figure: Vahnen Environment Oy; Kuva: Janne Jaska Heino)

Ympäristöluvan mukainen kertakäsittely (36 h), ja rannikotuuli (0-4 m/s; 8-10 m/s puuskissa) ja virtaukset -> seos sekoittui epätasaisesti.

- Palautui 3 viikossa: pH_{6.6.2018} 6,8...7,0, kalakuolemat alkoivat muutaman päivän päästä ja jatkuivat toista viikkoa.



Kokonaisfosfori: loppuvuosi 2017

Näytepisteen kolmen syvyyden keskiarvoin

(Kuvio: Mukaellen Jouko Sarvala, 2016)

**HALLITUKSEN
KÄRKIHANKE**

Fosfori saostui

- Viimeiset 10 a: 40...160 $\mu\text{g/l}$
- 5 $\mu\text{g/l}$ (kokonaisP 15.5.2017) -> 10 $\mu\text{g/l}$ (kokonaisP 6.6.)...
- < 3 .. 8 $\mu\text{g/l}$ (liukoinenP 5.5 & 6.6.)
- < 3 $\mu\text{g/l}$ (fosfaattiP 6.6.)

Aluminium

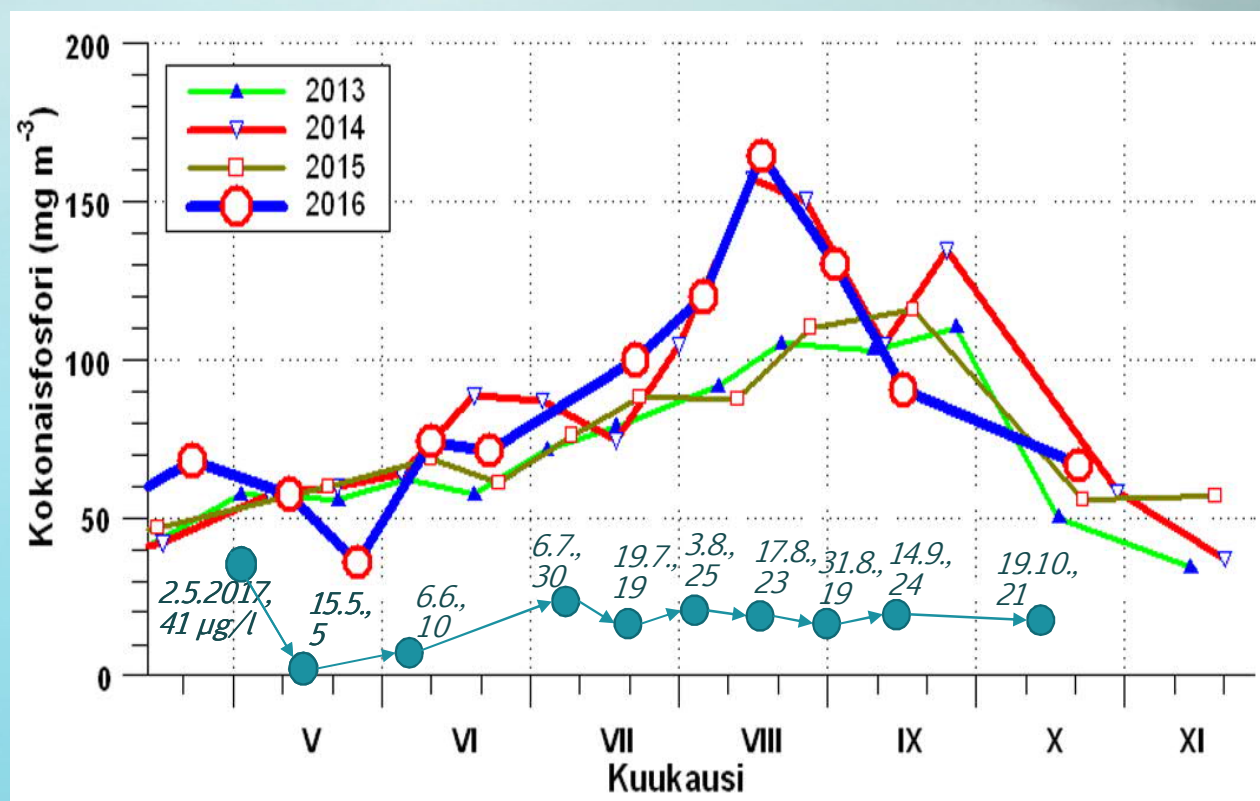
- Viimeiset 10 a keskimäärin 100 $\mu\text{g/l}$
- 630 $\mu\text{g/l}_{15.5.}$ -> 45 $\mu\text{g/l}_{6.6.}$
 - Max = 3x juomaveden suositusarvo; mutta alle suomalaisten happamien järvien,
 - Sen jälkeen alhaisimmat mittaustulokset kautta aikain

Alkaliniteetti

- Viimeiset 10 a: 0,4...0,6 mmol/l
- < 0,04 mmol/l_{15.5.} -> 0,13 mmol/l_{6.6.}

Alkuperäiset tulokset:

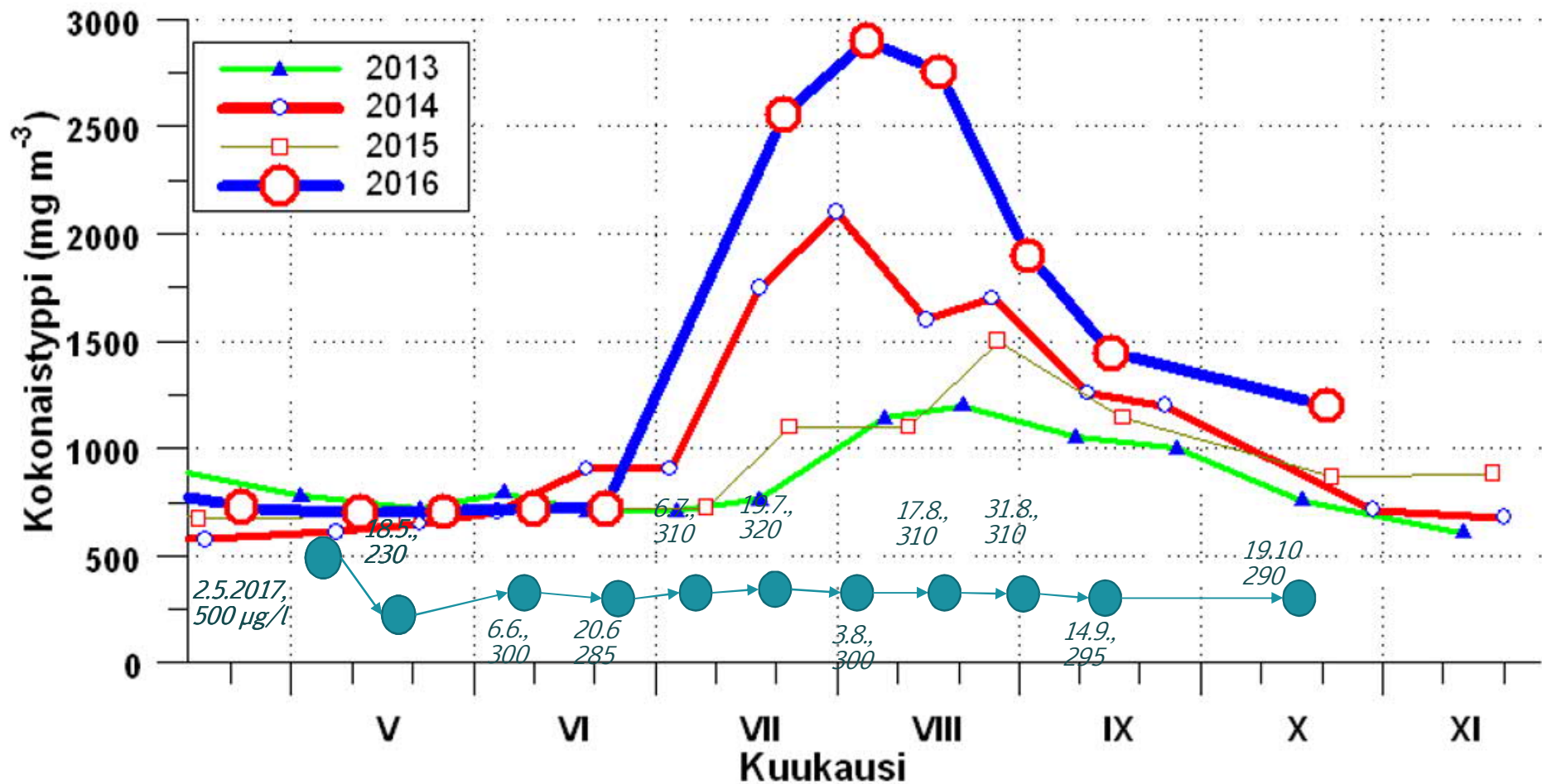
<http://www.littoistenjarvi.fi/tutkimustyo/>



Kokonaistyyppi: loppuvuosi 2017

Näytepisteen kolmen syvyyden keskiarvoin

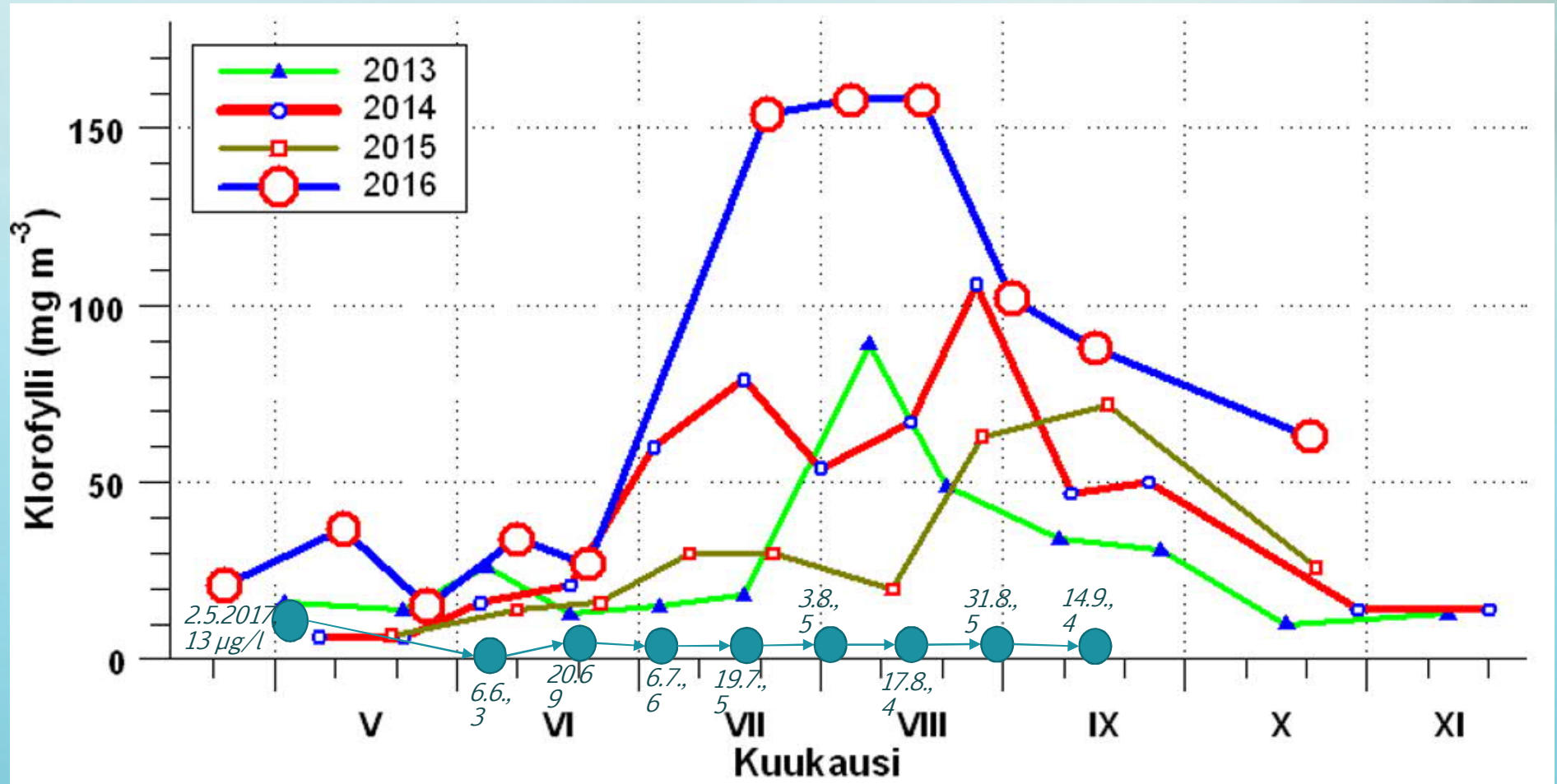
(Figure: adapted from Jouko Sarvala, 2016)



Klorofylli: loppuvuosi 2017

Näytepisteen kolmen syvyyden keskiarvoin

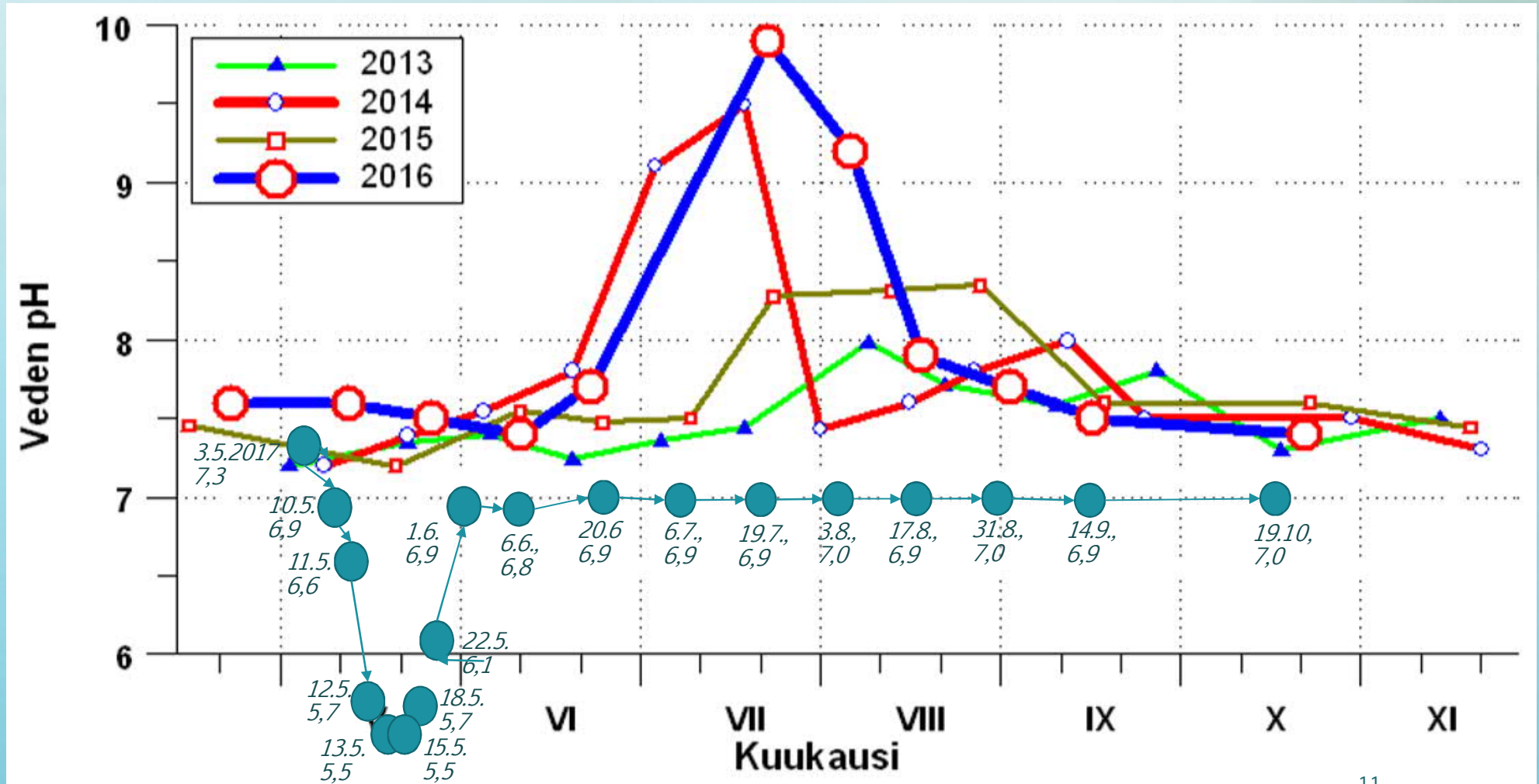
(Kuvio: Mukaellen Jouko Sarvala, 2016)



pH: loppuvuosi 2017:

Näytteiden keskiarvo

(Kuvio: mukaellen Jouko Sarvala, 2016)



Eliöstön muutokset

(Kuvat: Jukka Heikkilä)

- Kalat

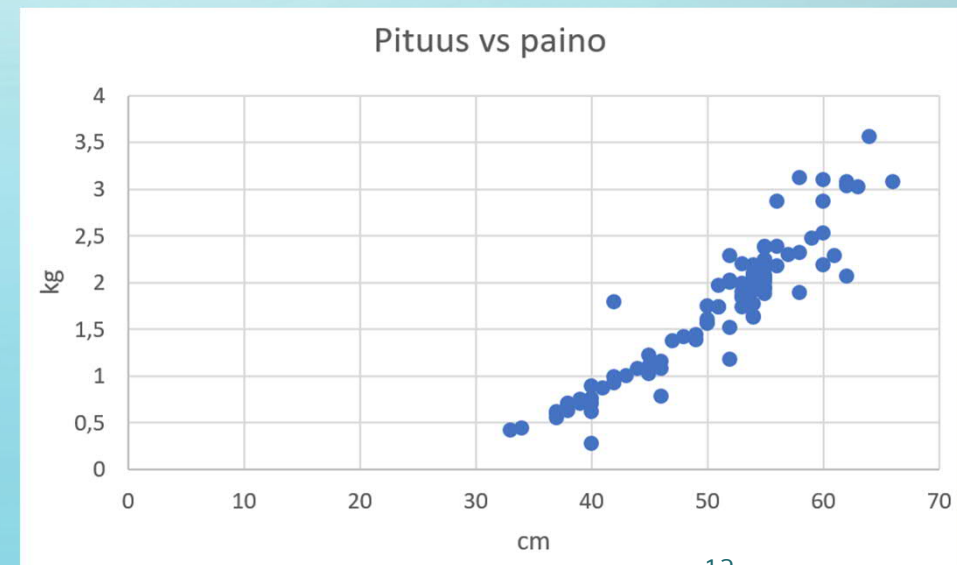
- Lahna (*Abramis brama*), 97 % kuolleista kaloista isoja lahnoja (8-18 years), 5 t poistettu (punnittu)
 - Sukelluskalastus 20, 19 osallistujaa, 230 kuollutta 100 elävää pyydystetty (ks statistiikka)
- Hauki (*Esox lucius*), yhteensä 20-30kpl (suurin 14kg)
- Särki (*Rutilus rutilus*), paljon kaiken ikäisiä – lokit söivät
- Ahven (*Perca fluviatilis*), joitakin
- Kiiski (*Gymnocephalus cernua*), joitakin
- Ruutana (*Carassius carassius*), 10 pyydystetty (suurin 2kg)

- Hyönteiset (havainnot)

- Päivänkorentojen (*ephemeroptera*) kuoriutumiset vähenivät, ja lisääntyivät syksyä kohti
- Surviaiset (*nematocera*, *chironomidae*), ei muutosta
- Vesiperhoset ei eroa (*trichoptera*)

- Simpukat

- Pikkujärvisimpukka (*Anodonta piscinalis*), kartoitus 24.-25.5.2017. Ei mainittavaa kuolleisuutta, mutta populaatio oli pienentynyt 1/5osaan 1980 luvun populaatiosta (suuntaa-antava)

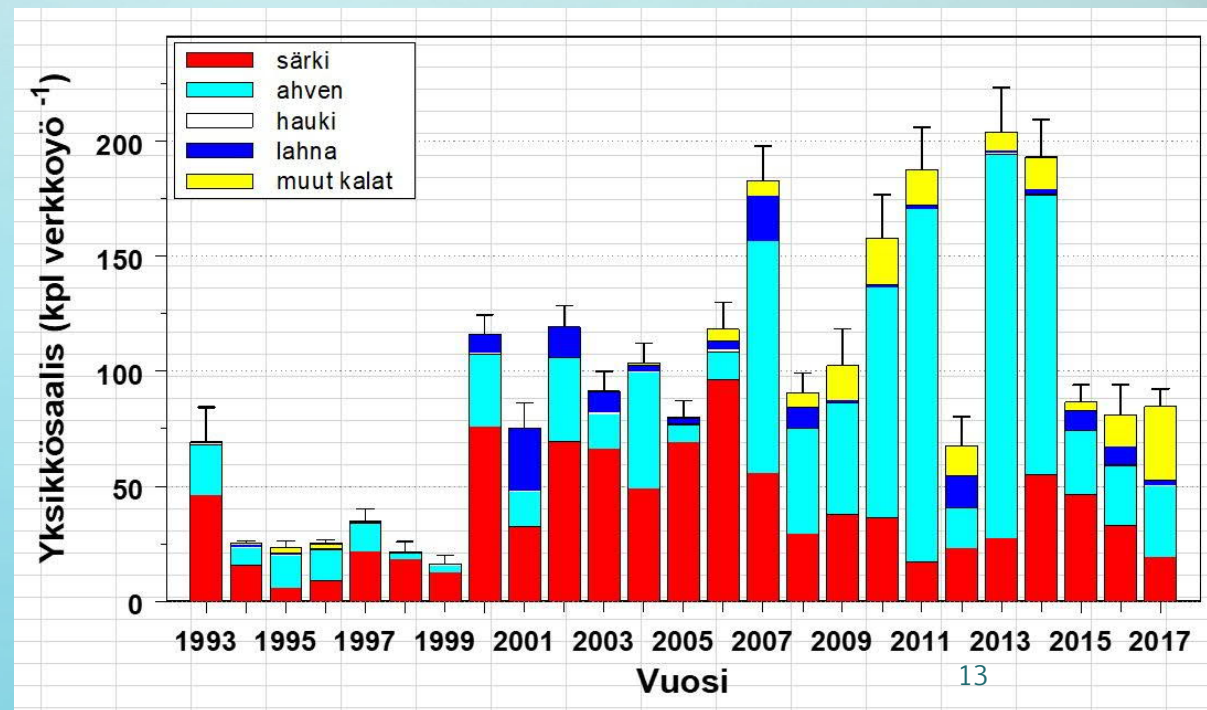


Vaikutus kalakantaan: ei merkitsevää eroa 2017

(kuvio: Jouko Sarvala; kuva Raimo Gratschew)

- 'Uusi' laji allikkosalakka (*Leucaspis delineatus*) koekalastuksissa (21 verkkoyötä 30.-1.9. & 14.-15.9.2017)
- Edelleen havaintoja suurista lahnoista - hoitokalastusvaihtoehtoja
 - harppuuna
 - tuulastus
 - pintanuottaus
- Kaksi vesihome-haukea (fungus), useita havaintoja lahnoissa ja särjissä

- Joki- ja täplärapu (*pacifastacus leniusculus* ja *astacus astacus*) havaittu 2017, ensikertaa kahdeksaan vuoteen.



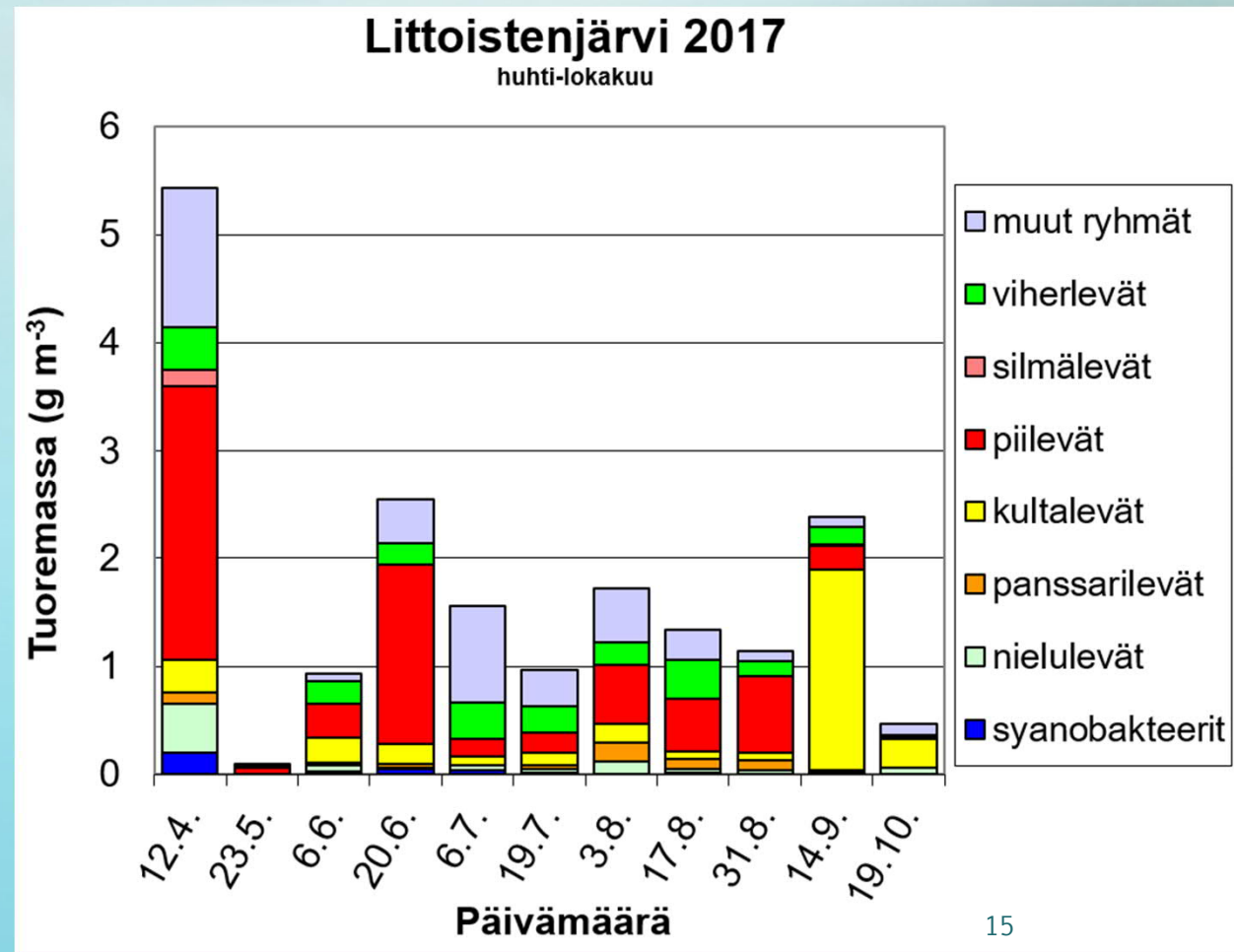
Pohjaeliöstö on 2017 edelleen rehevän järven lajisto, vyöhykeindekseillä tyydyttävästä hyvään

(kuvat: Jukka Heikkilä)

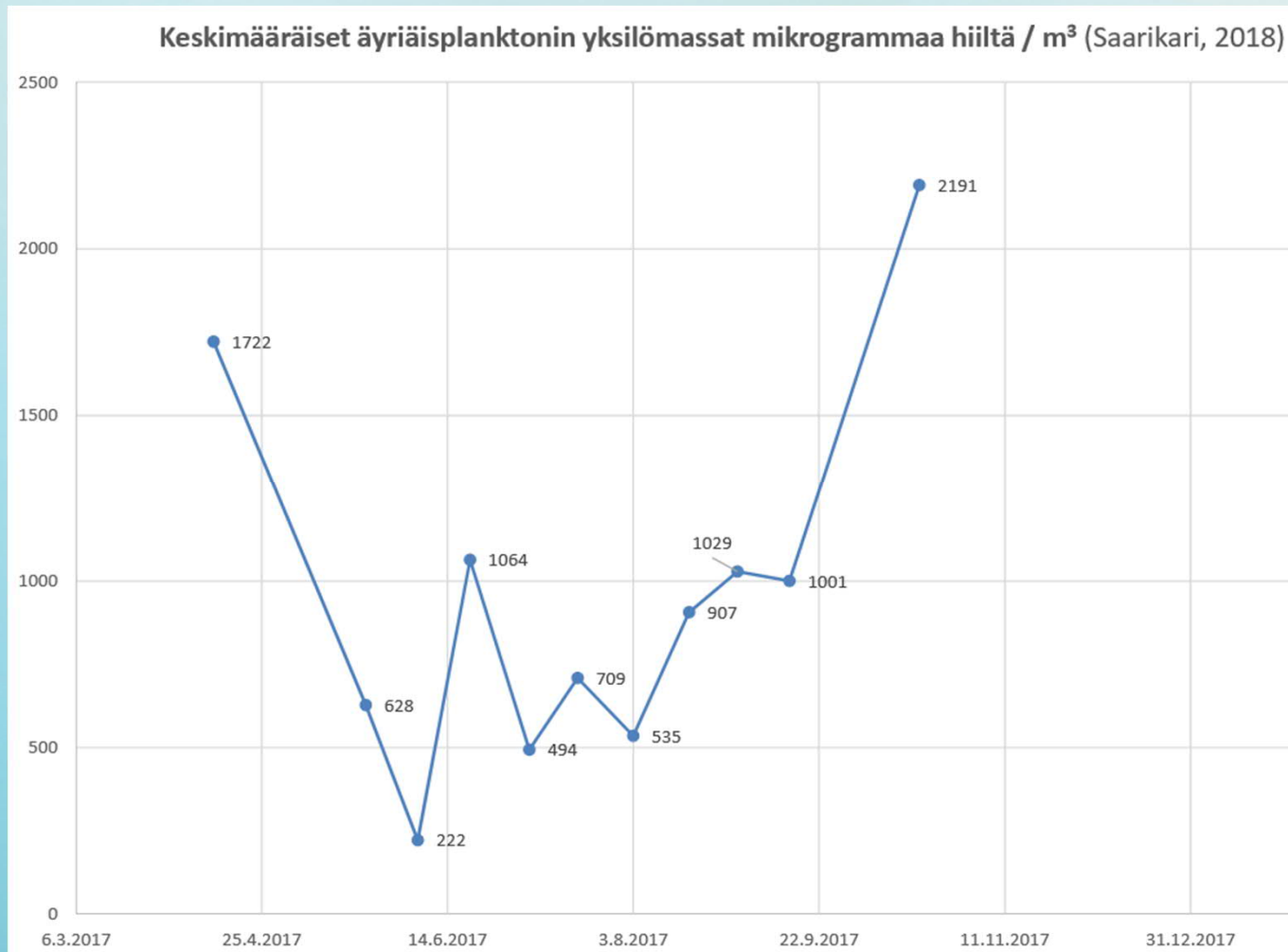


Kasviplankton toipui 4-6 viikossa

- Ei syanobakteerikukintoja
 - Ei havaittavissa – alle juomavesirajojen
- Levät muuttuvat karun järven kasvustoksi



Eläinplankton toipui 4-12 viikossa



- Lajisto muuttui kohti karun järven eliöstöä

Kasvillisuusmuutokset 2017 vähäisiä

- Näki kerätä kasveja
- Eräät karun vesistön kasvit levisivät
- Ei nopeita muutoksia, mutta elodean (*elodea canadensis*) kasvupotentiaali (N, P) normaalilla tasolla
 - 3-5 vuoden päästä täydessä kasvussa, elleivät esim. karvalehti (*myriophyllum alterniflorum*) ja muut lajit valtaa tilaa.



Levää – ei levää

(Kuvat: Jukka Heikkilä, video Vesa Ritvanen)

Ennen, elokuu 2015

Käsittelyn vaikutus, toukokuu 2017
(https://youtu.be/ow4ud1S_Hmg)



Levää – ei levää

(Kuvat: Janne Jaska Heino, video Kari Koskinen)

Ennen, toukokuu
2017

- Näkösyvyys 0,3m
- FNU 4,5...5,1



Jälkeen, toukokuu 2017

(<https://youtu.be/KqJzVrBqU8>),

Alkukesäkuu

- Näkösyvyys 1-3m,
- FNU 1,3...2,1



Done and to be done

- Post-treatment project unofficial kick-off on Wed 24.5., started at 1.7.2017.
 - Intensified measurement of water quality (22 parameters), mussels, and zoobenthos in 2017-2018
 - Regular aerial photos & videos coordinated with samples
 - All results of water quality, phytoplankton, vegetation, zoobenthos, mussels and fish in 2017 conducted and to be finalized in May 2018.
 - Test fishing continues 2017-2019 further spear, harpoon and trident fishing + netting of fry (small fish).
 - UTU Vehniäinen/Pettersson toxic cyanobacteria/algae follow-up continues.
 - Runoff water study under way (by Neuvottelukunta)
 - Motorway runoffs lead to direction Kärpijoki (Savi- & Aurajoki)
 - New basin in Järvelä
 - Filters and mineralization units to be installed in old and new basins
 - Sediment analysis – UTU non-responsive
- Aerators off in 2017-2018 (effect on oxygen under study)
- Contacting with Vesistökunnostusverkosto (water restoration network).

Some extras

- Elevated media interest in and coverage of Lake Littoistenjärvi and Littoinen village
- Huge increase in use:
 - Requires toilets, bins, parking & hygiene checks
- Some observations made possible by clear water:
 - The strong effect of wind in the lake basin
 - Fish are schooling and shoaling

<https://youtu.be/3i0PagxdchA>
- Further development of surface skimming devices

HALLITUKSEN KÄRKIHANKE

2017 vaikutukset:

- Ihmiset innostuivat vaikuttamaan
- Pidetään huolta järvestä ja sen ympäristöstä
- Ymmärrys lisääntyy
- Toimeliaisuus ja investoinnit lisääntyvät



LITSA-projektin talous 2016-2017, 2018 ei erityistä rahanmenoa, pyritään jatkamaan 2019 vuoden loppuun

- 34% valtionavustusosuusmaksimi



Kustannukset (sis ALV)

- 9k€ viranomaismaksut (2016)
- 119k€ käsittely
- 65k€ johtaminen, asiantuntijat, tiedotus, julkisuus
- 68k€ pakolliset ja lisätutkimukset
- 5k€ vapaaehtoistyö

Yhteensä 266k€

Varat 31.12.2017

- 26k€ saatavat ympäristöministeriöltä
- 9k€ kassa

Income

- 9k€ avustus viranomaismaksuihin (omarahoitus 2016)
- 200k€ Liedon ja Kaarinan avustus kunnostukseen (omarahoitus 2017)
- 63k€ Ympäristöministeriön valtion kärkihankeavustus

Yhteensä 272k€

– (Ei sisällä 29k€ Littoistenjärven neuvottelukunnan laskennallista omarahoitusta)

Vastattavaa 31.12.2017

- 35k€ Liedon ja Kaarinan avustuksesta jäljellä

The background of the slide is a photograph of a calm lake, likely Littoistenjärvi, surrounded by forested mountains. The scene is misty or foggy, with the mountains in the background appearing soft and out of focus. The water in the foreground is still, reflecting the surrounding landscape. In the top right corner, there is a red rectangular stamp with a distressed, ink-like texture. Inside the stamp, the words "HALLITUKSEN" and "KÄRKIHANKE" are written in a bold, sans-serif font, stacked vertically.

HALLITUKSEN
KÄRKIHANKE

Fosfori pohjaan, mutta miten kiertoon Littoistenjärvellä?:

Heikkilä J., Sarvala J., Vepsäläinen M. & Wichmann A.

HALLITUKSEN KÄRKIHANKE

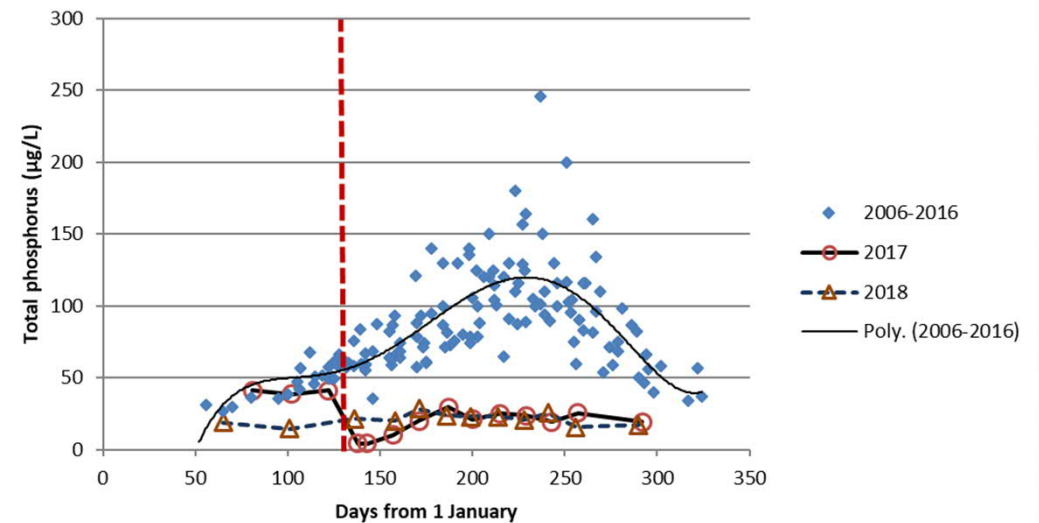
2017-2018 vedenlaatu (Sarvala, 2018)

Fosfori- ja typpi karun tai
karun-lievästi rehevän
tasolla.

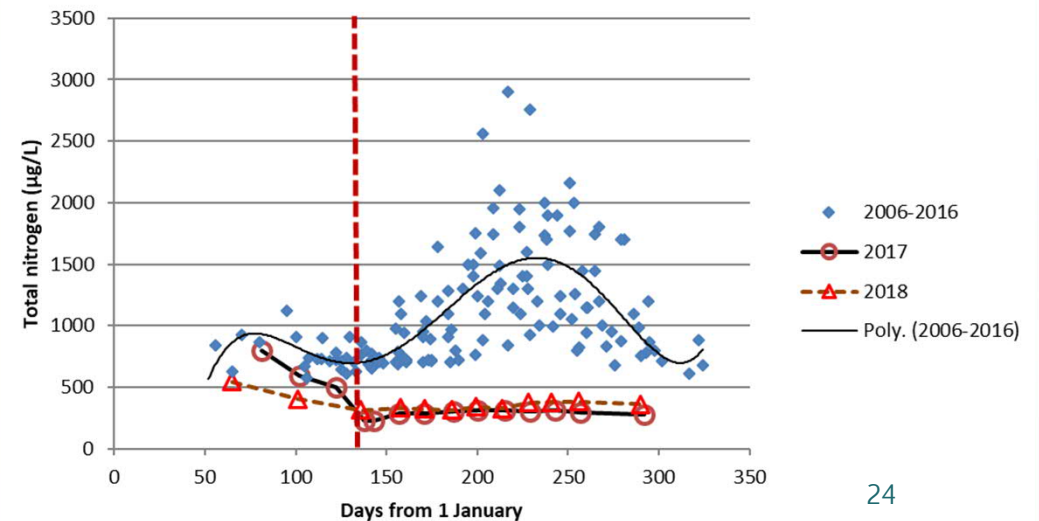
Alkaliniteetti palautunut
VIII/2018

Kloridit edelleen koholla
IX/2018
- Ilmeisesti estäisi
uusintakäsittelyn (?), mutta
sitä ei tarvita

TotalP 2006-2018



TotalN 2006-2018

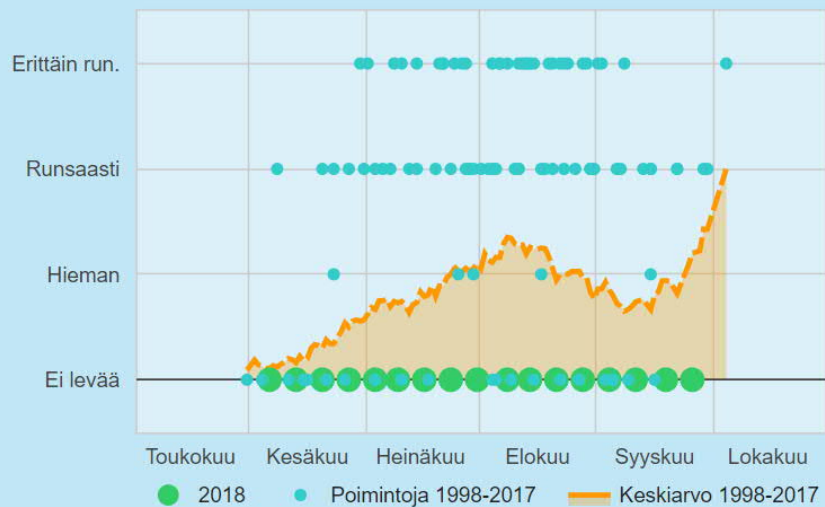


HALLITUKSEN KÄRKIHANKE

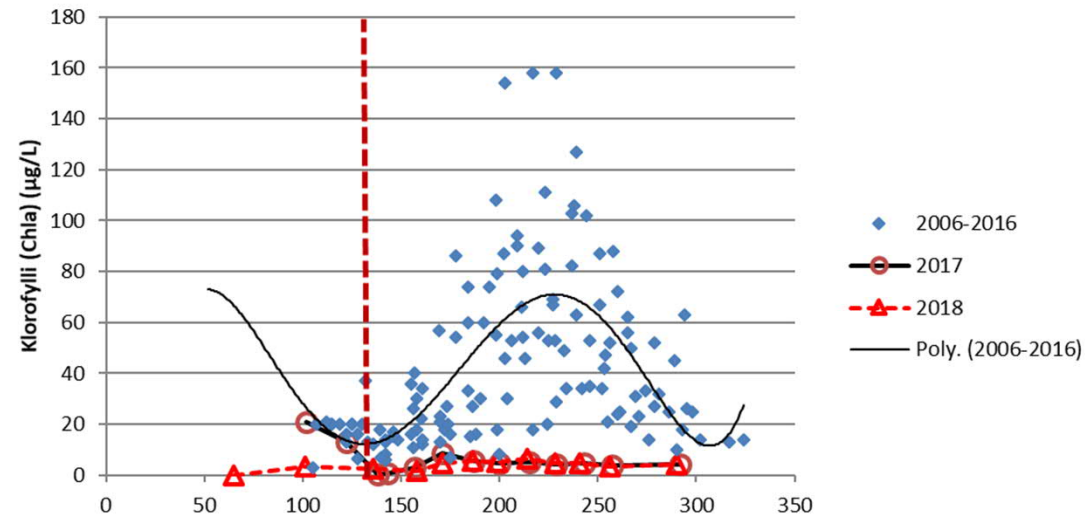
2017-2018 vedenlaatu (Sarvala, 2018; Järviwiki, 2018 valtakunnallinen leväseuranta)

Klorofylliä tai
syanobakteeria ei juurikaan
esiinny. Vesi on kirkasta,
väritöntä ja hajutonta.

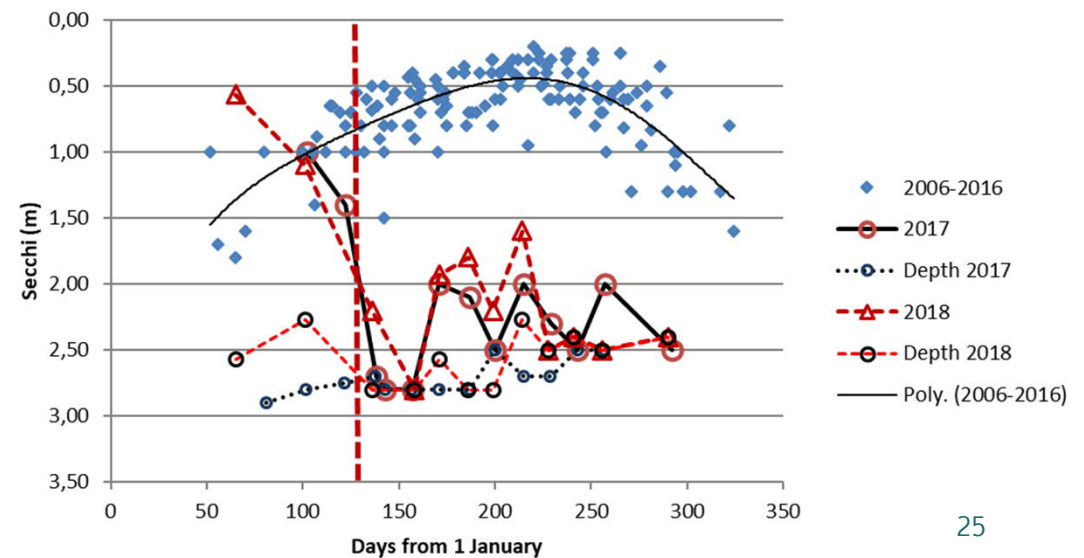
Levätilanne



Chlorophyll a 2006-2018

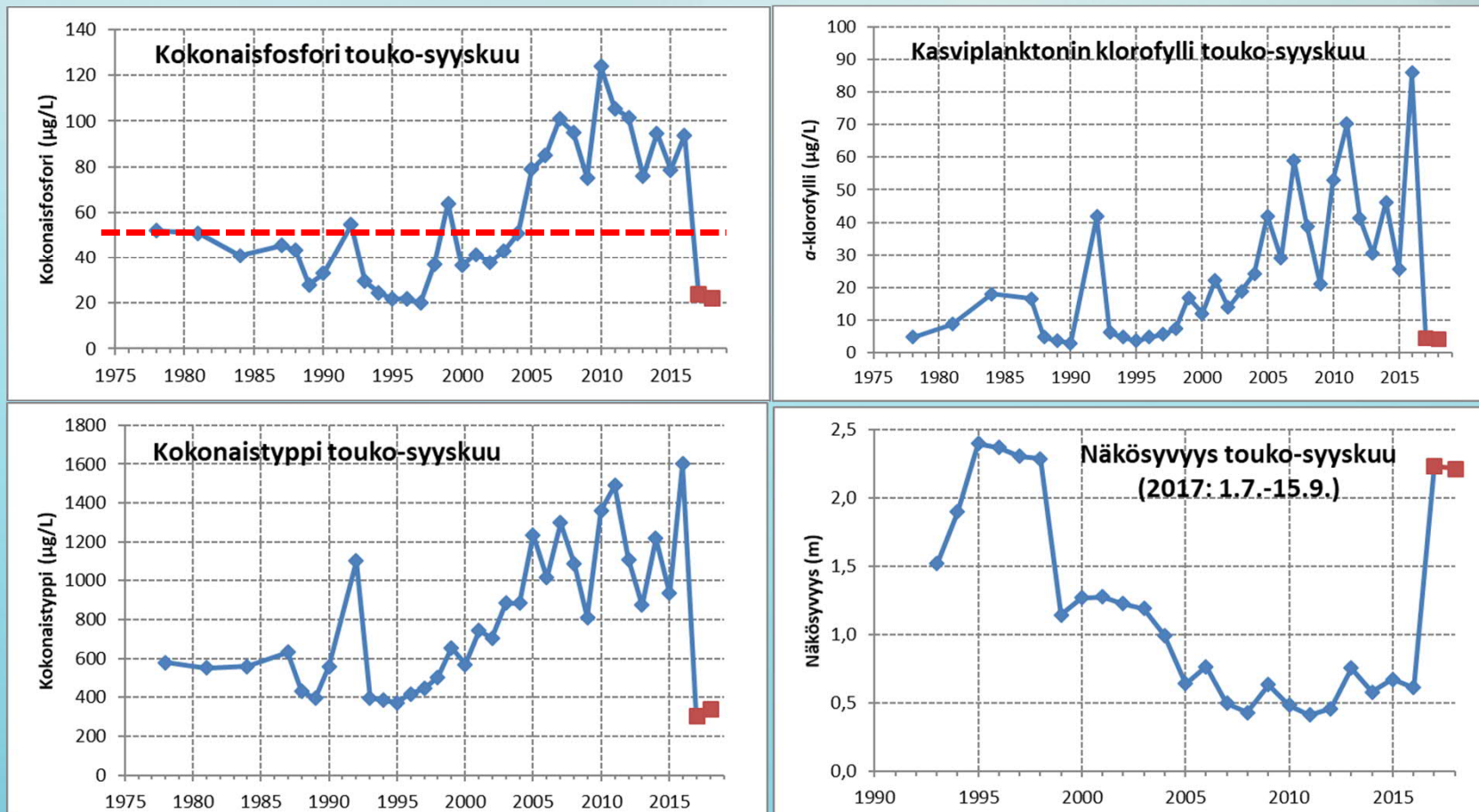


Transparency (Secchi) 2006-2018



Littoistenjärven vedenlaadun kehitys 1978-2018 (Sarvala, 2018) fosfori, typpi, klorofylli, näkösyvyys, touko-syyskuun keskiarvot

(katkoviiva osoittaa järvioltaan ominaisuuksista ennustetun fosforitason)
Käsittelyn jälkeen klorofylli oli karun, fosfori lievästi rehevän järven tasolla.
Näkösyvyys vakiintui 2-2,5 metriin, osan aikaa pohjaan saakka kuten 1990-luvulla.



2017-2018 (all photos)

Kuuma, aurinkoinen kesä
ja vesi matalalla:

- uposkasvit leviävät paljaalle pohjalle ja kasvavat
- Ei kalakuolemia, rapuja ja simpukoita menehtyi jonkin verran
- Järvisyyhy tulitakaisin – limakotiloita näkyi toukokuussa
- Enterokokki-hälytys heinäkuun lopulla – satoja uimareita päivittäin
- Kalasto ennallaan syksyllä 2018
- Päävyöhykementelmän mukainen arvio kasvillisuudesta on *hyvä*

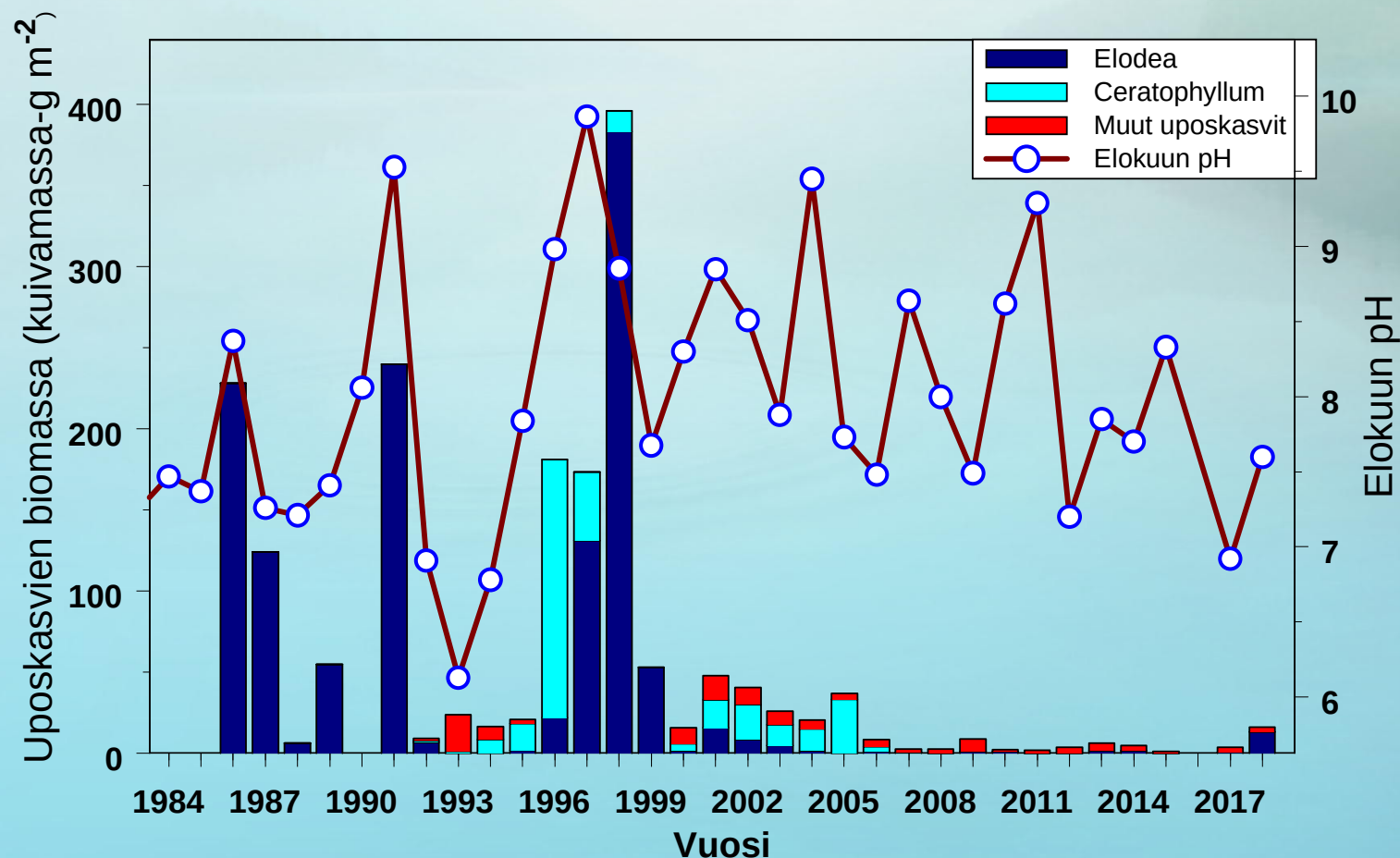


1984-2018

uposkasvit (Sarvala, 2018)

Vesiruton kokonaisbiomassa järven rantavyöhykkeellä oli syksyn alussa $0,2 \times 1500000 \text{ m}^2 \times 47 \text{ g/m}^2 = 14200 \text{ kuiva-kg}$, ulapalla oli lisäksi 5060 kg , yhteensä koko järvessä 19260 kg (arvio)

- Elodean ei tiedetty/uskottu ottavan ravinteita ALOH-kerroksen läpi. Nyt siitä voi olla aika varma, ainakin Litsalla
- Kokonaisbiomassa voi vielä 20-30 kertaistua, jos ja kun elodea saa pohjasta ravinteita.
- Kysymys: *olisiko mahdollista saada elodean/kasvuston ja kalaston poistolla fosfori vähenemään Litsasta?*



Ei näin (vasemmalla c.f., Sarvala, 2015), vaan vähitellen (myrskyn irrottamaa ja tuulen tuomaa pohjakasvillisuutta Ristikallion rannalla 27.9.2018, pääosin elodeaa, jota poistettiin 40m³ (kuva: Antti Puhakka))

1990-luvun puolivälin jälkeen vesiruttoa poistettiin mekaanisesti 306-700 tonnia vuosittain. Tästä toiminnasta oli kuitenkin luovuttava, koska poisto kiihdytti jäljelle jäävien kasvien kasvua



Valokuvat: Jouko Sarvala 2.7.1998

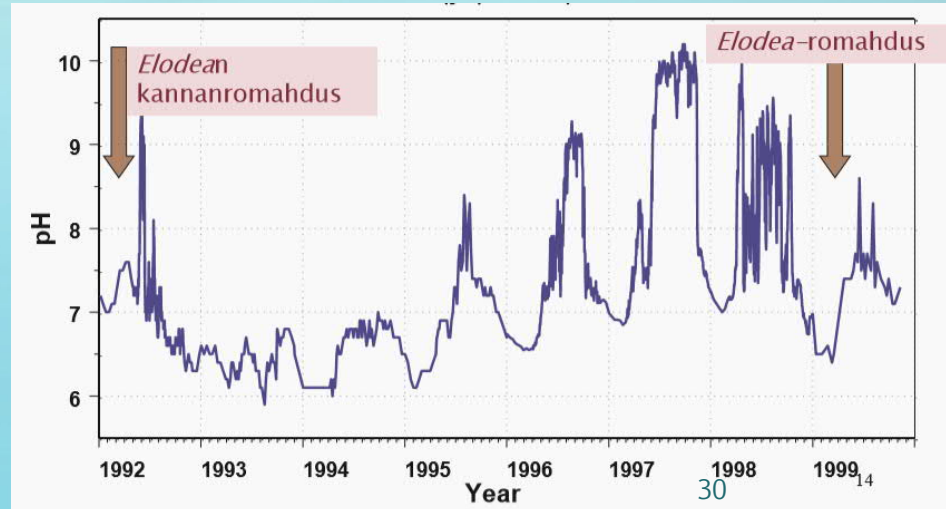
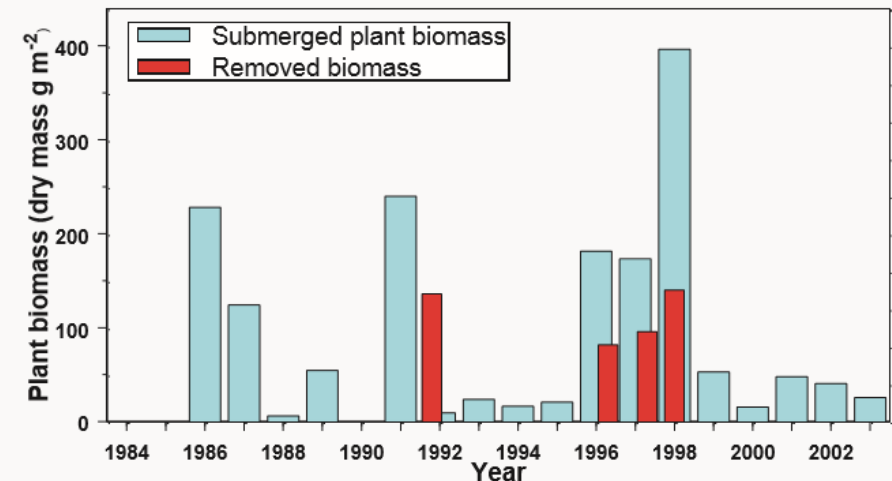


..sillä vesiruttoa ei järvestä kokonaan saa pois (c.f. Sarvala, 2015)

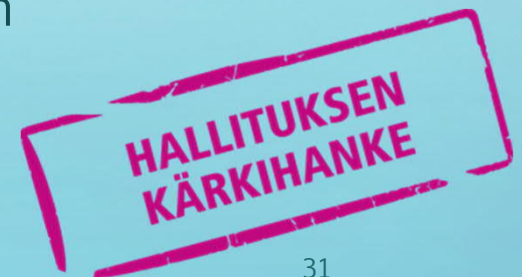
- Massiivinen poisto vain kiihdyttää kasvua ja sotkee 5...7 a syklin
 - Ilmeisesti vesirutto sitoo heti vapautuvan fosforin (pH:n nousu), joka on syanobakteerin niukka ravinne
- Poistamatta jättäminen aiheuttaa puolestaan hypoksian tai paikoin anoksian
- Toisaalta elodea sitoo hanakasti fosforia (Karjalainen et al., 2017) ja on otollinen kerättävä.

Vesirutto on pienempi paha kuin myrkyllinen syanobakteeri

Edes >50 %:n poisto ei estänyt vesiruttoa runsastumasta kannan nousuvaiheessa – kiihtynyt kasvu kompensoi poistot jo saman kesän aikana



- Oikeampi kysymys: *Paljonko pitäisi poistaa, että fosforitase pysyy ennallaan tai pienenee?*
- *Erityiskysymys Litsalla: Miten poistaa häiriitsemättä leijuvaa sedimenttiä ('höttö') ja sotkematta fosforia pidättävää kerrosta?*
 - 1) Selvitetään sedimentin fosforitilanne
 - tehty edellisen kerran 1990-l ja 2012, mutta tilanne muuttunut saostuksen takia (analyysit Ruotsissa)
 - Häiritsemätön näytteenotto (hötön leijumisen vuoksi)
 - 2) Seurataan talvella happitilannetta ja hapetetaan tarvittaessa
 - 3) Lasketaan fosforitase
 - Sedimenttistä tunnistettavat fosforifraktiot
 - Valuma-alueelta tuleva huuhtouma (3/4 mittausta tehty)
 - Laiduntamisen vähentävä vaikutus (alustavia laskelmia)
 - Tasapainotilanne – vain lisäys poistetaan
 - Vähenevä fosfori – poistetaan lisäystä enemmän
- 3) Varaudutaan elodean poistoon
 - Kesällä kaikissa tapauksissa uimarannoilta
 - Syksyllä riippuen tuloksista ja kasvusta
- 4) Raportoidaan menetelmät ja tulokset



<http://www.littoistenjarvi.fi>
(Drawings: Pekka Pihlaja, ©Littoistenjärven hoitokunta)



LITTOISTENJÄRVI
Littoistenjärven osakaskunnat



Kaarina

VAHANEN

CLEAN  WATERS



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment