

RVI  
tunnat

HALLITUKSEN  
KÄRKIHANKE

# Littoistenjärvi 2017

## Eutrofisen järven fosforinsaostus $\text{AlCl}_3$ -käsittelyllä:

Heikkilä J., Sarvala J., Vepsäläinen M. & Wichmann A., 2019  
Turun kemistikerho ry  
Kemiaa kaikille

Suomalaisten Kemistien Seuran 100-vuotisjuhlavuosi  
Turun kaupunginkirjasto, 8.6.2019

# Littoistenjärvi N 60° 27,289' E 22° 23,105' (~WGS84)

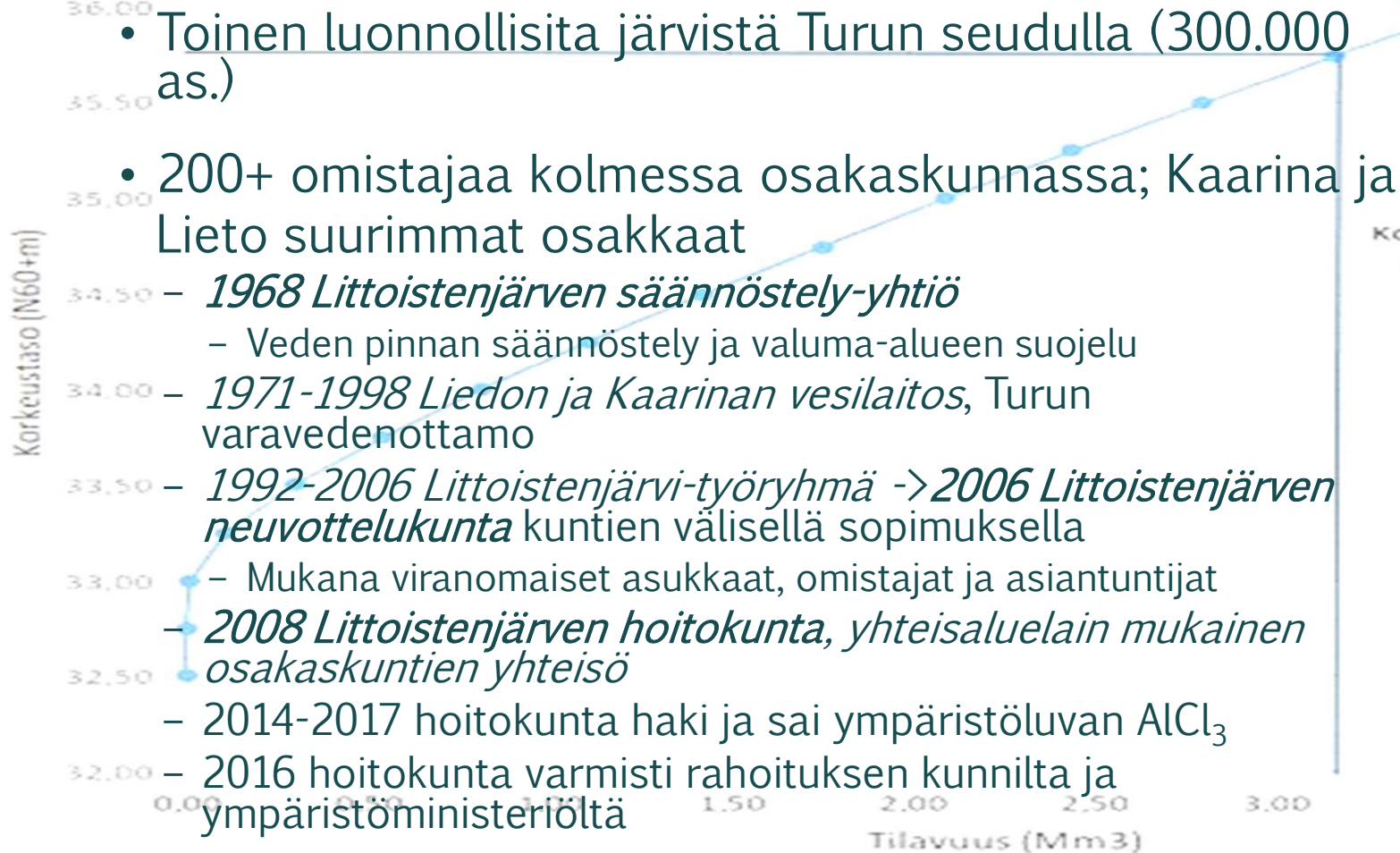
- 1,5 km<sup>2</sup>, 3 Mm<sup>3</sup>, 1,7...1,8 viipymä
- (3)...4,5 km<sup>2</sup> valuma-alue
- Tietoja kerätty kauan
  - Varhaisimmat tiedot 1700-luvulla: erikoinen, hyvälaatuinen vesisaran ja veran valmistajille Turun verkamanufaktuurin tammipimylly 1738, myöhemmin Littoisten verkatehdas 1823, Barker-Littoinen 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, ...

- T<sub>0</sub> 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 järjestämisestä)

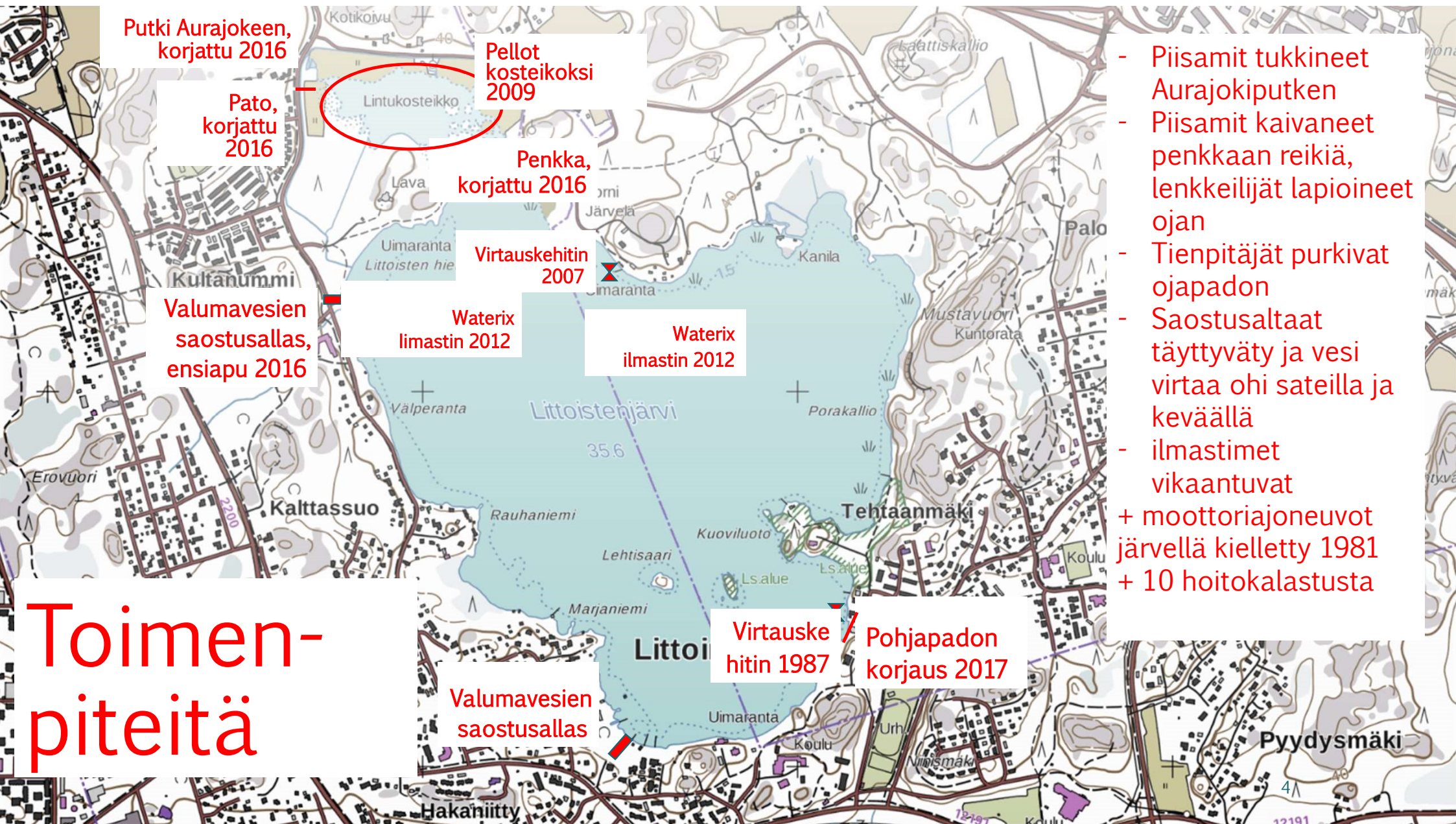
## Littoistenjärven tilavuuskäyrä

# Lake Littoistenjärvi

**HALLITUKSEN  
KÄRKIHANKE**



Korkeustaso (N60+m)	Tilavuus (Mm3)
36.25	3.92
36.00	3.55
35.75	3.17
35.50	2.80
35.25	2.44
35.00	2.09
34.75	1.75
34.50	1.42
34.25	1.11
34.00	0.82
33.75	0.54
33.50	0.30
33.25	0.11
33.00	0.01
32.75	0.00
32.50	0.00



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

# Toimenpiteitä

- Piisamit tukkineet Aurajokiputken
- 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

Valumavesien saostusallas

Virtauskehitin 1987

Pohjapadon korjaus 2017

# 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 MM<sup>3</sup>

## • Toteutui

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

## • pH

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

### LITTOISTEN SAOSTUSKOKEET 04.5.2017 KEMIRA OYJ / K. ANTTILA

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

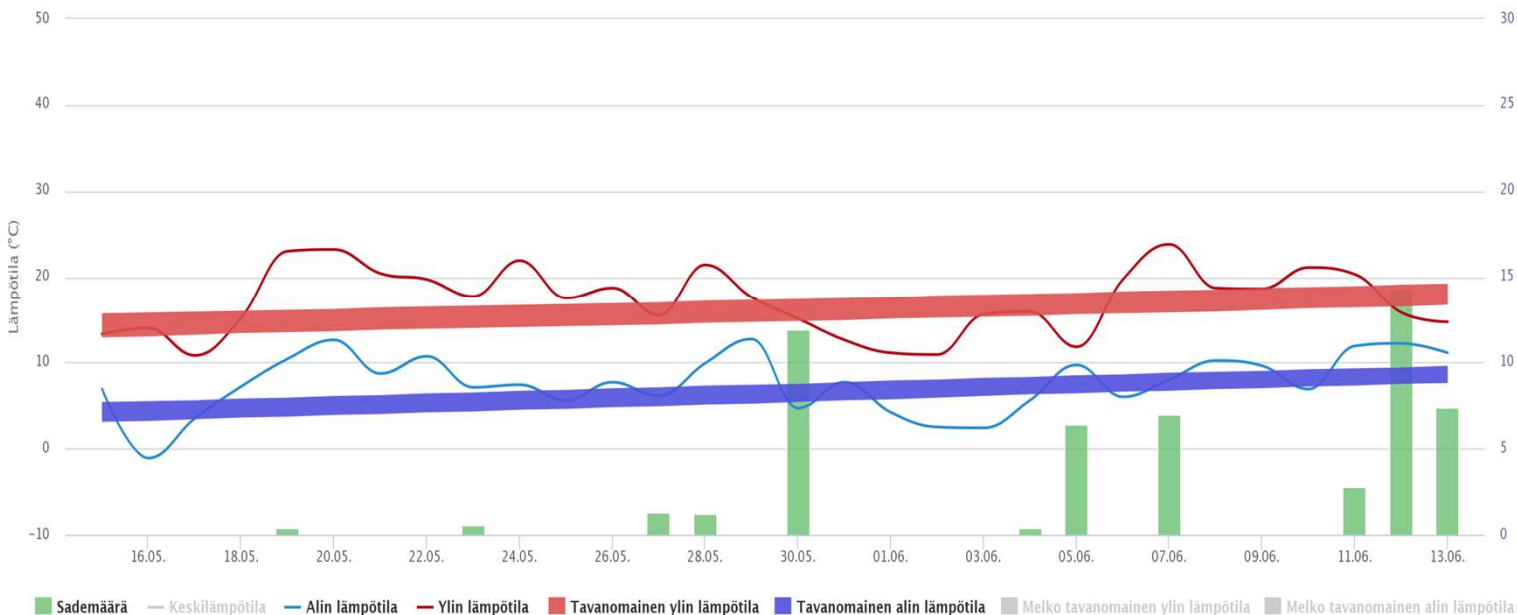
**SEKOITUS 15 SEK**

**HÄMMENNYS 10 MIN**

**LASKEUTUS 20 MIN**

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

# Turku



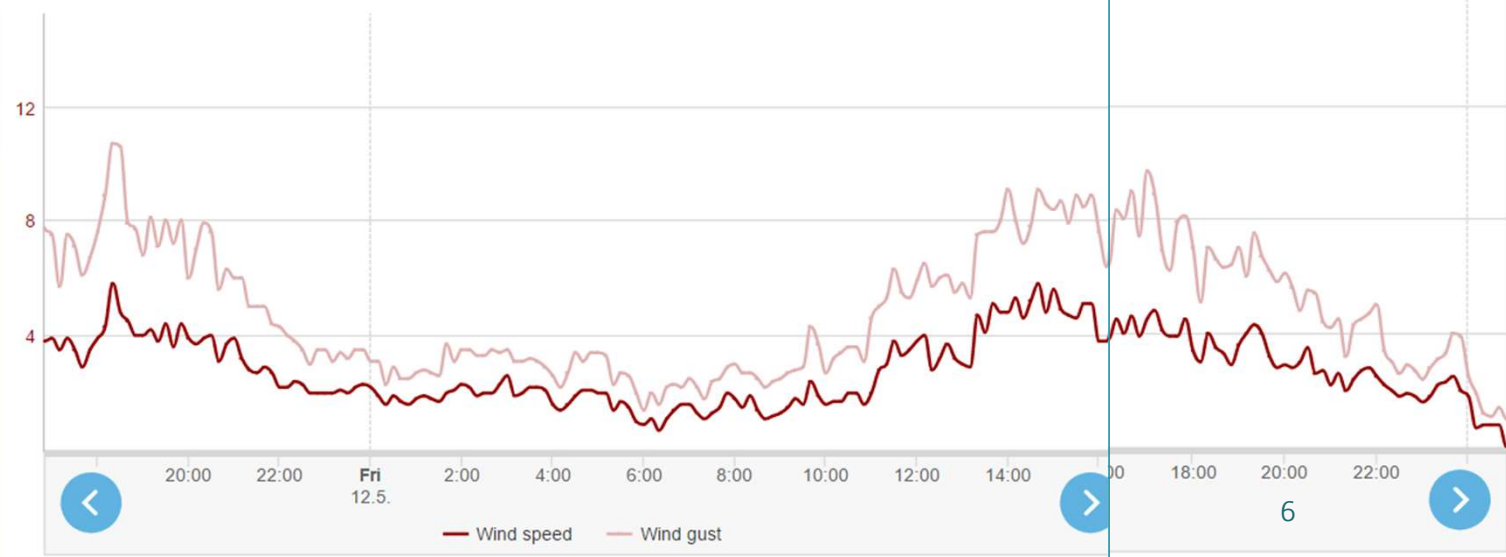
# Sää Artukaisissa n aikana ja jälkeen

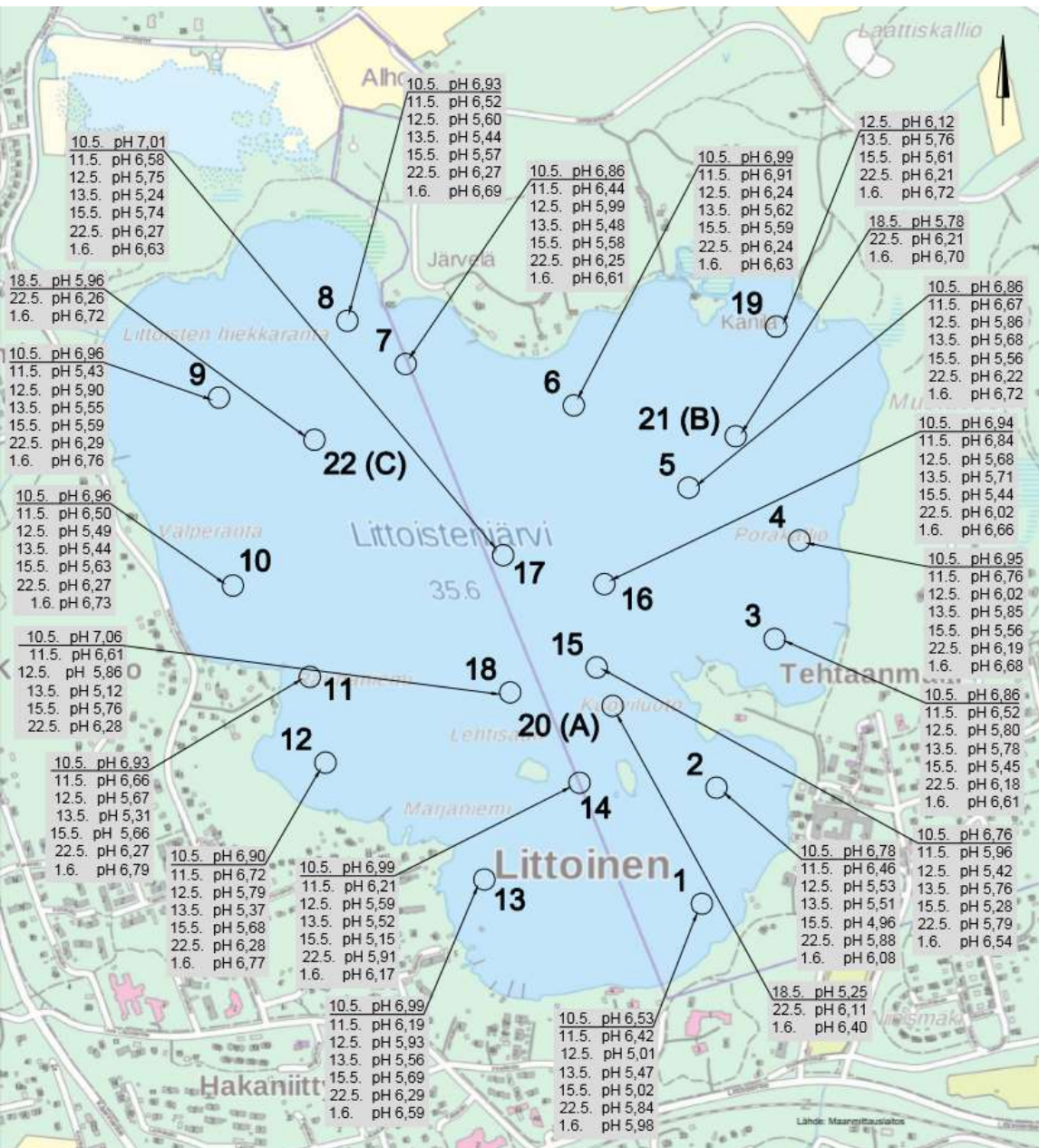
(Kaaviot: ilmatieteen laitos)

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: Vahanen Environment Oy; Kuva: Janne Jaska Heino)

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

- Palautui 3 viikossa: pH<sub>6.6.2018</sub> 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 µg/l
- 5 µg/l (kokonaisP 15.5.2017) -> 10 µg/l (kokonaisP 6.6.)...
- < 3 .. 8 µg/l (liukoinenP 5.5 & 6.6.)
- < 3 µg/l (fosfaattiP 6.6)

### Aluminium

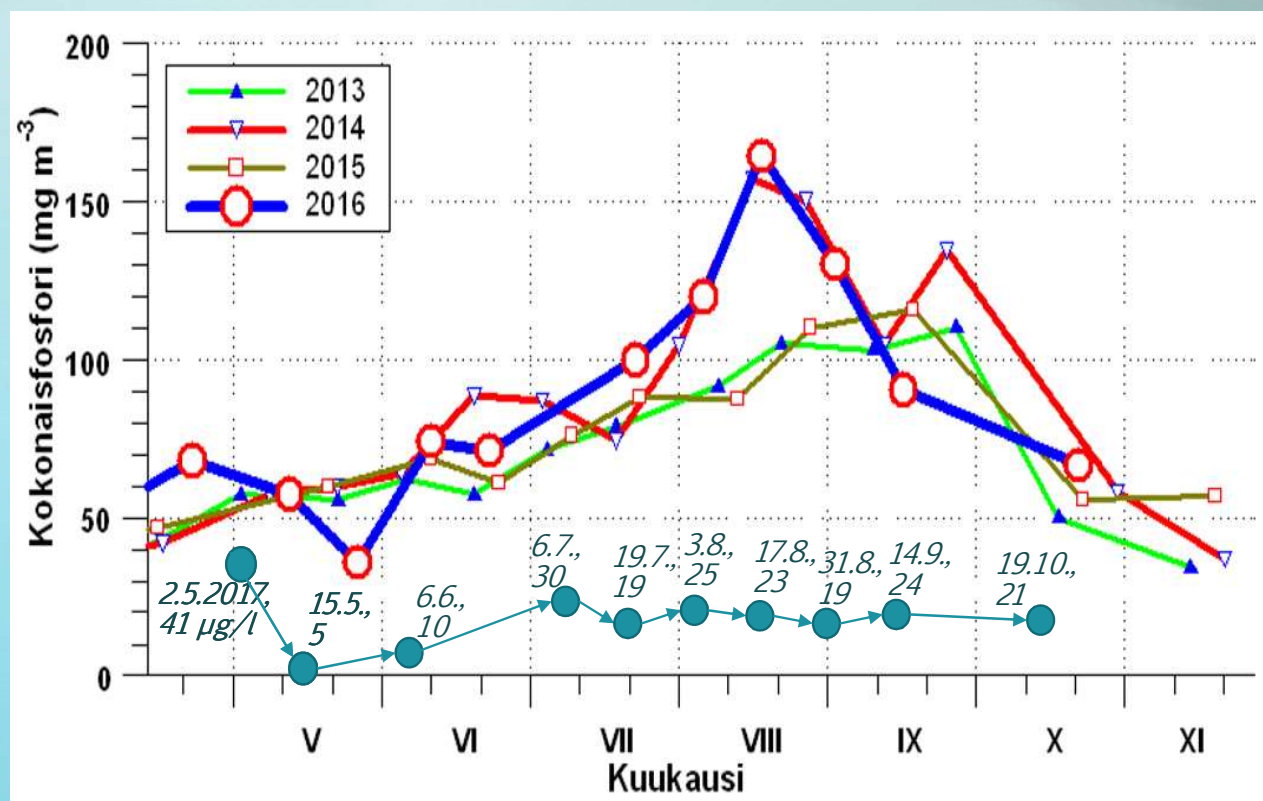
- Viimeiset 10 a keskimäärin 100 µg/l
- 630 µg/l<sub>15.5.</sub> -> 45 µg/l<sub>6.6.</sub>
  - Max = 3x juomaveden suositusarvo; mutta alle suomalaisten happamien järvien,
  - Sen jälkeen alhaisimmat mittaustulokset kautta aikain

### Alkaliniteetti

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

Alkuperäiset tulokset:

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

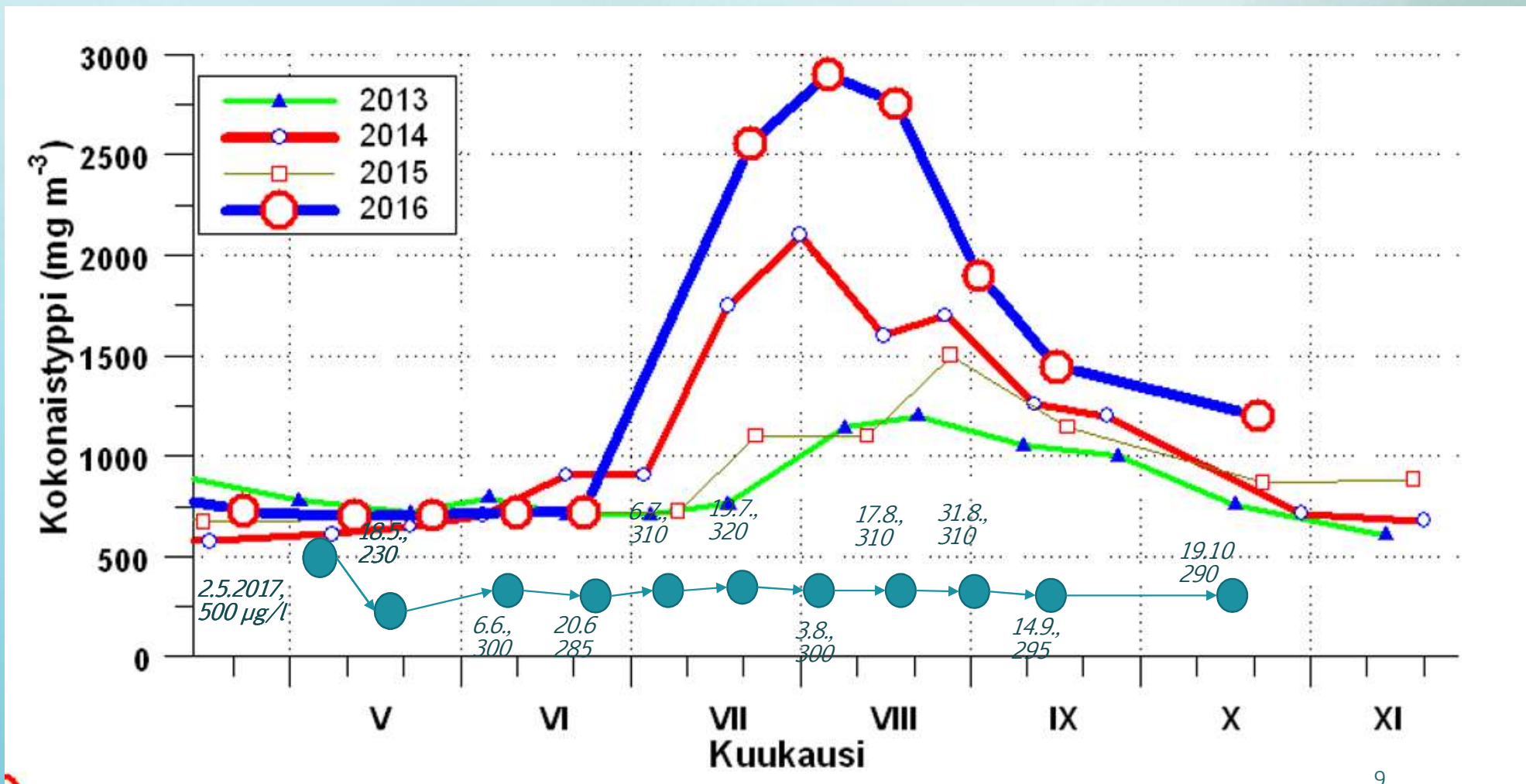




# Kokonaistyyppi: loppuvuosi 2017

## Näytepisteen kolmen syvyyden keskiarvoin

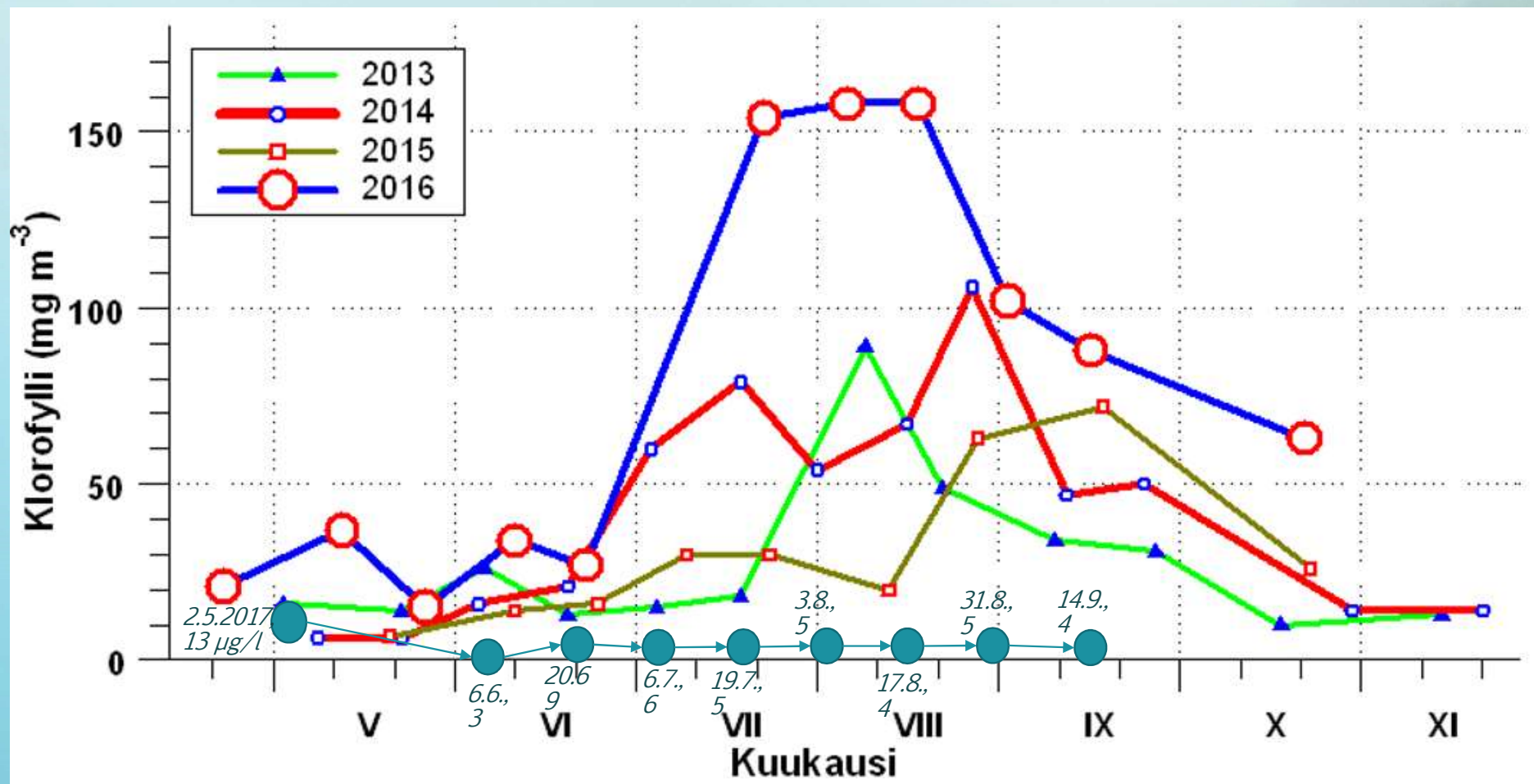
(Figure: adapted from Jouko Sarvala, 2016)



# Klorofylli: loppuvuosi 2017

## Näytepisteen kolmen syvyyden keskiarvoin

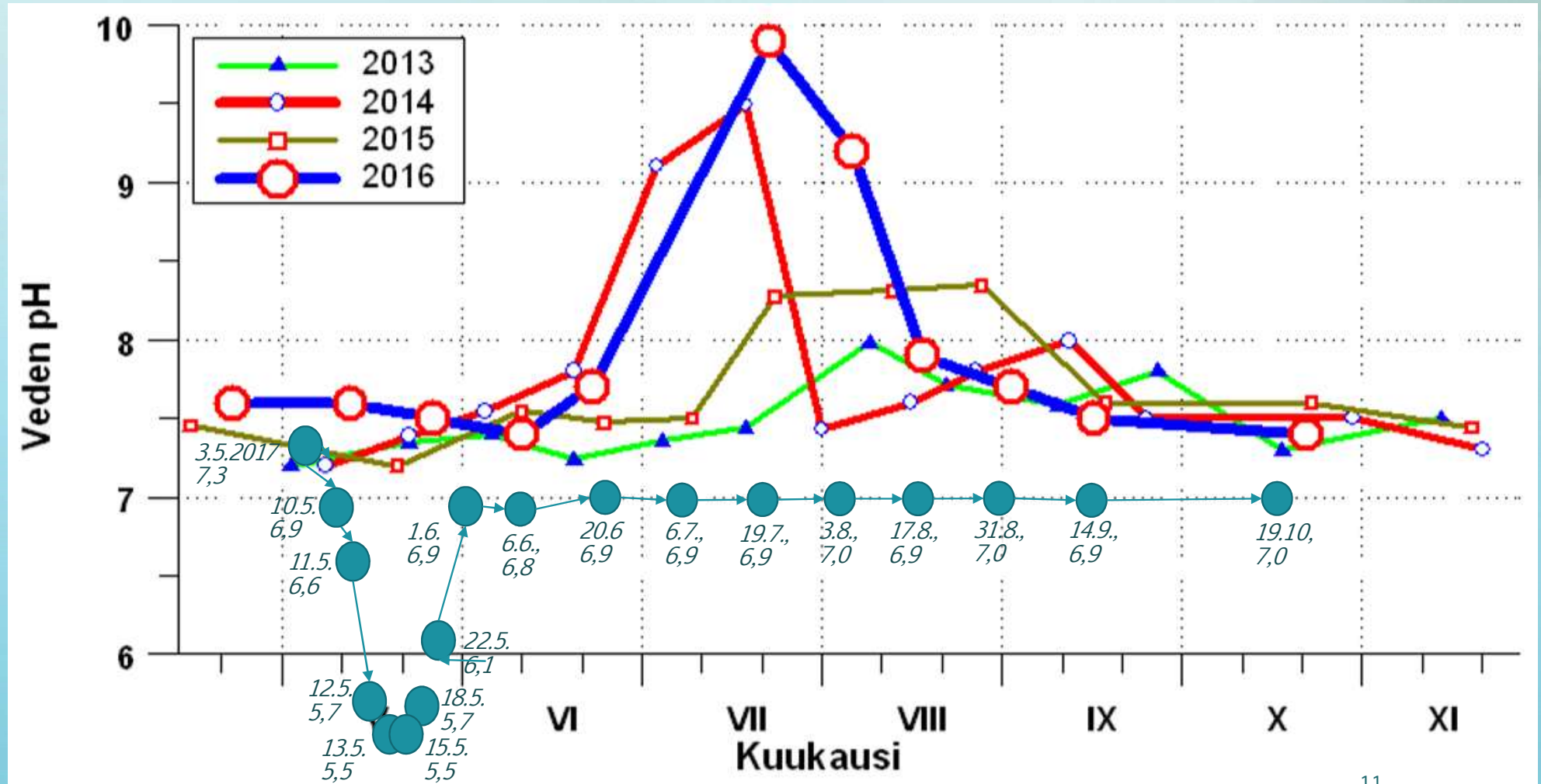
(Kuvio: Mukaellen Jouko Sarvala, 2016)



# pH: loppuvuosi 2017:

## Näytteiden keskiarvo

(Kuvio: mukaellen Jouko Sarvala, 2016)



# Eliöstön muutokset

(Kuvat: Jukka Heikkilä)

## • Kalat

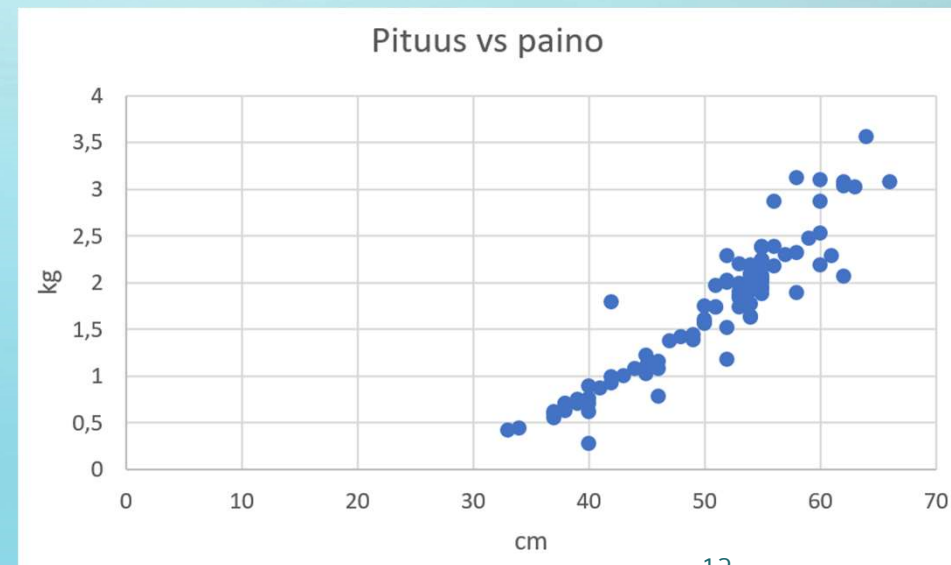
- Lahna (*Abramis brama*), 97 % kuolleista kaloista isoja lahnoja (8-18 years), 5 t poistettu (punnittu)
  - Sukelluskalastus 20, 19 osallistujaa., 230 kuollutta 100 elävää pyydystetty (ks statistiikka)
- Hauki (*Esox lucius*), yhteensä 20-30kpl (suurin 14kg)
- Särki (*Rutilus rutilus*), paljon kaiken 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)

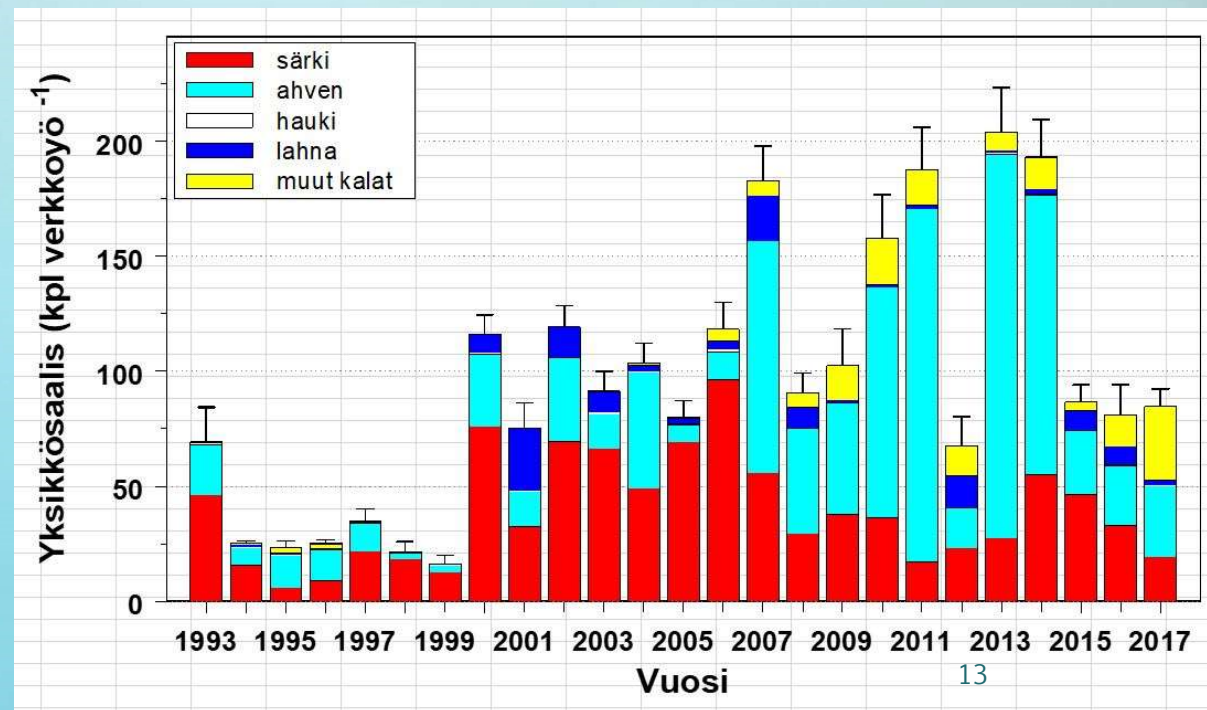


# Vaikutus kalakantaan: ei merkitsevää eroa 2017

(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.



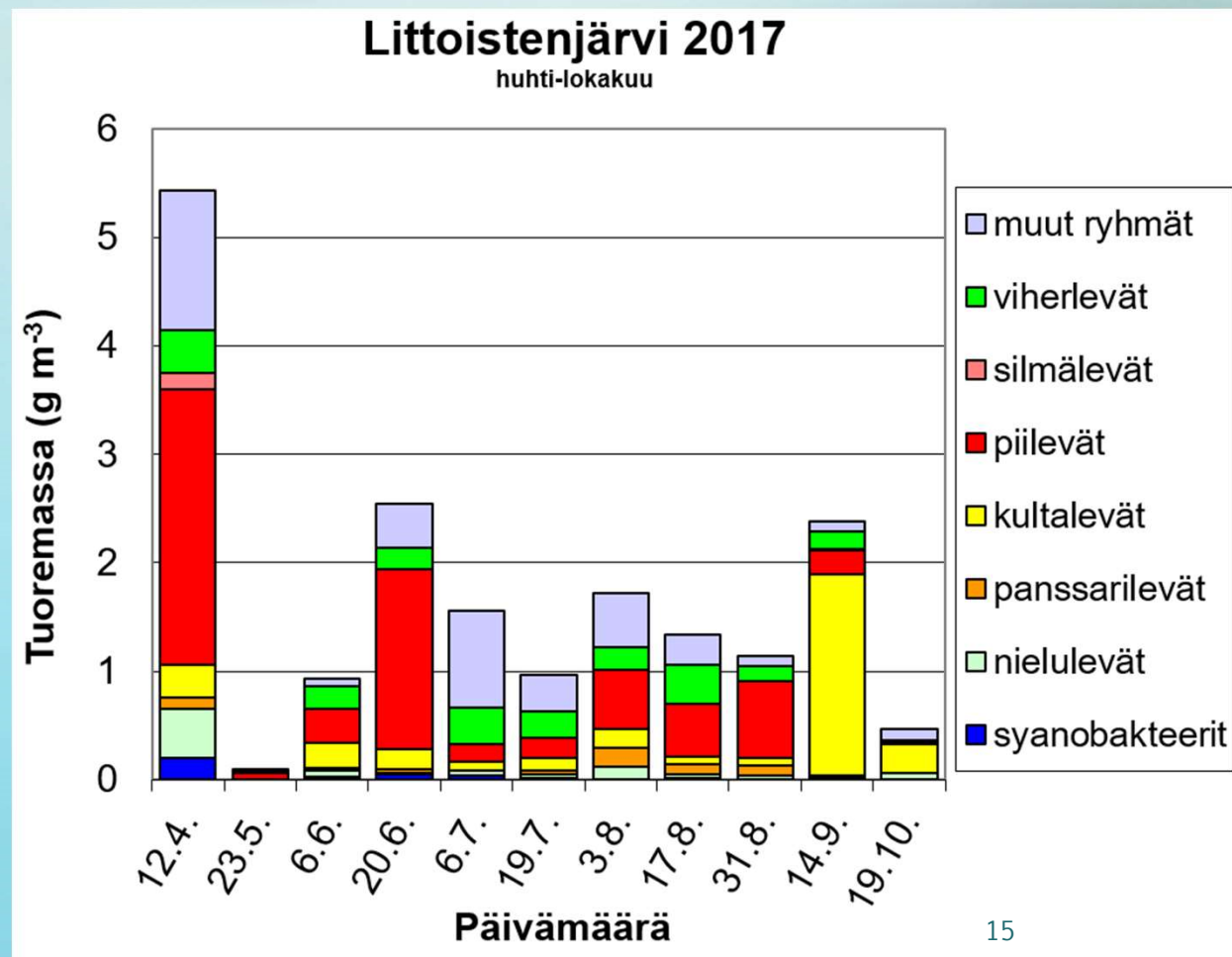
# Pohjaeliöstö on 2017 edelleen rehevän järven lajisto, vyöhykeindekseillä tyydyttävästä hyvään

(kuvat: Jukka Heikkilä)

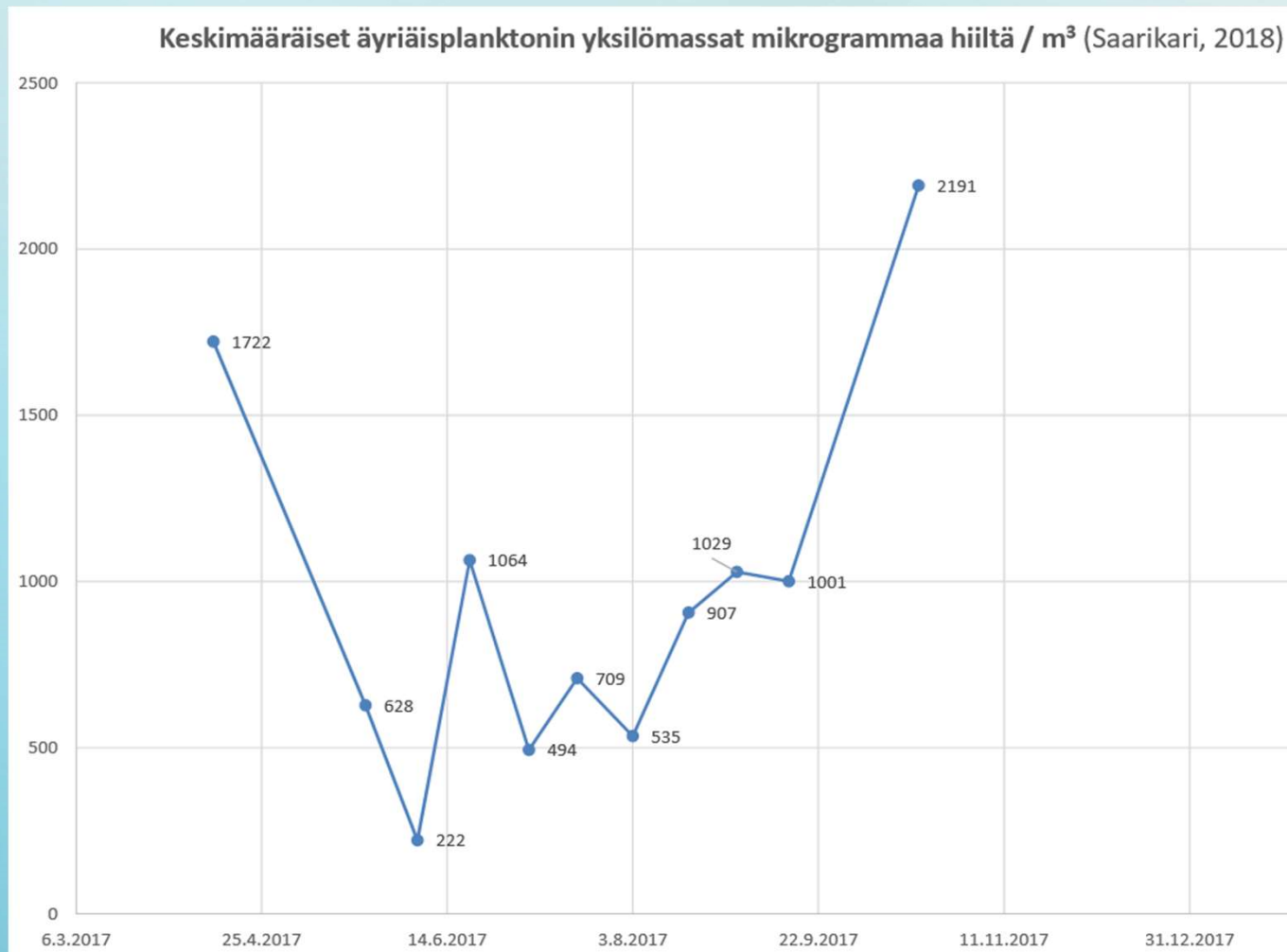


# Kasviplankton toipui 4-6 viikossa

- 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.



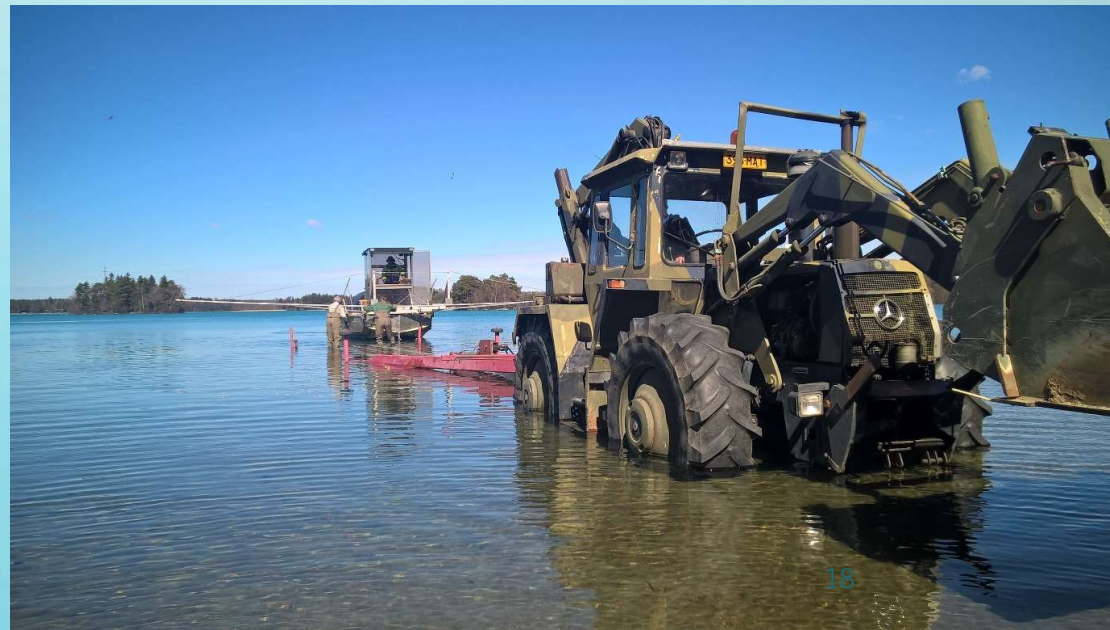
# Levää – ei levää

(Kuvat: Jukka Heikkilä, video Vesa Ritvanen)

Ennen, elokuu 2015



Käsittelyn vaikutus, toukokuu 2017  
([https://youtu.be/ow4ud1S\\_Hmg](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 inofficial 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

HALLITUKSEN  
KÄRKIHANKE

# Fosfori pohjaan, mutta miten kiertoon Littoistenjärvellä?:

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

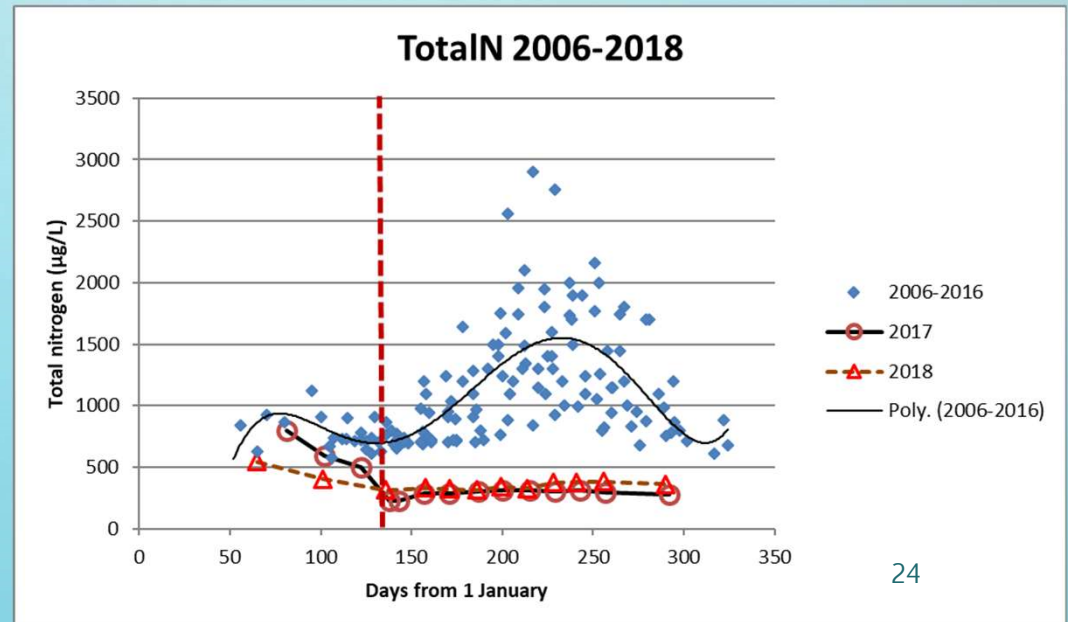
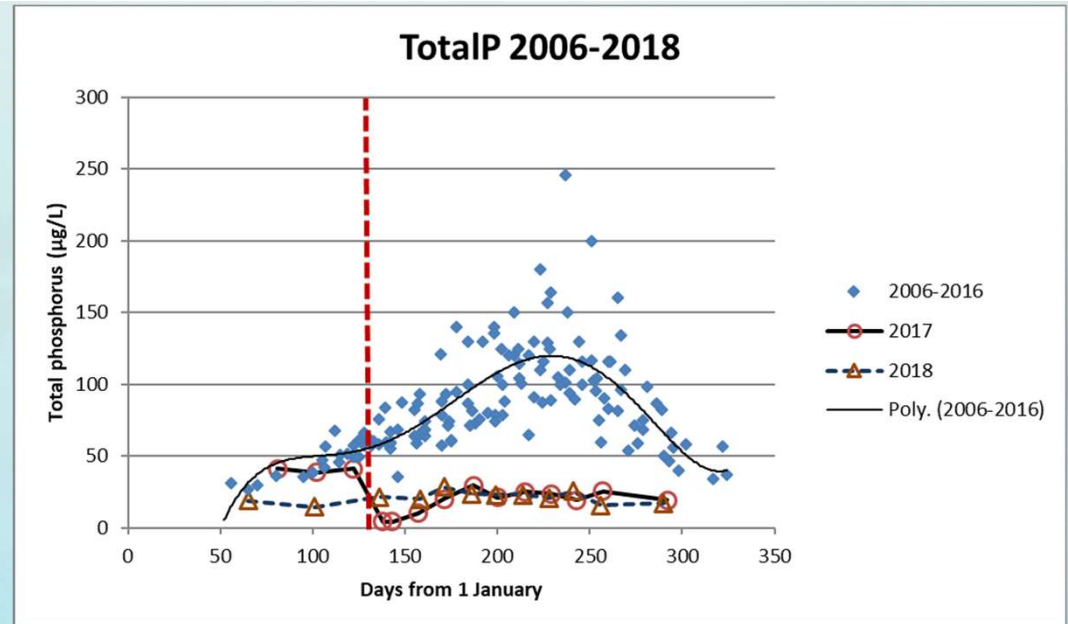
HALLITUKSEN  
KÄRKIHANKE

## 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





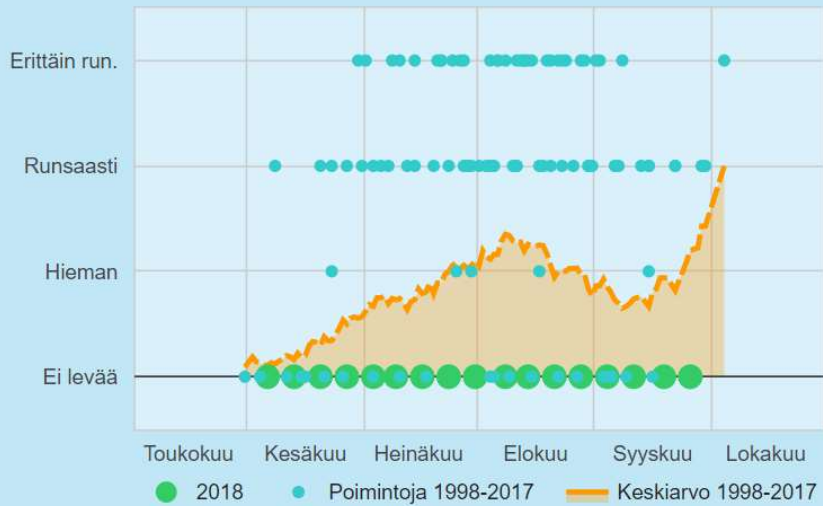
**HALLITUKSEN  
KÄRKIHANKE**

# 2017-2018 vedenlaatu

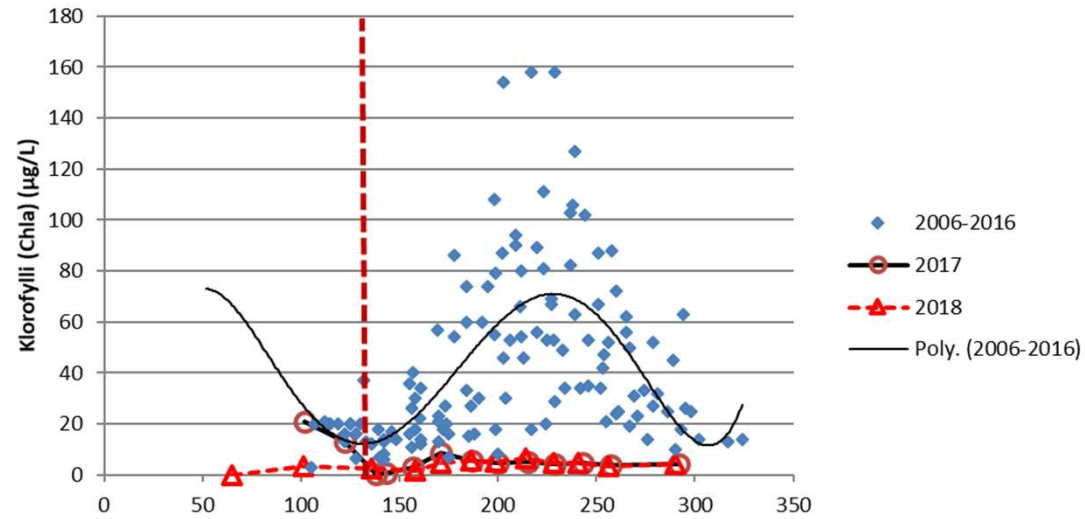
(Sarvala, 2018;  
Järviwiki, 2018 valtakunnallinen  
leväseuranta)

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

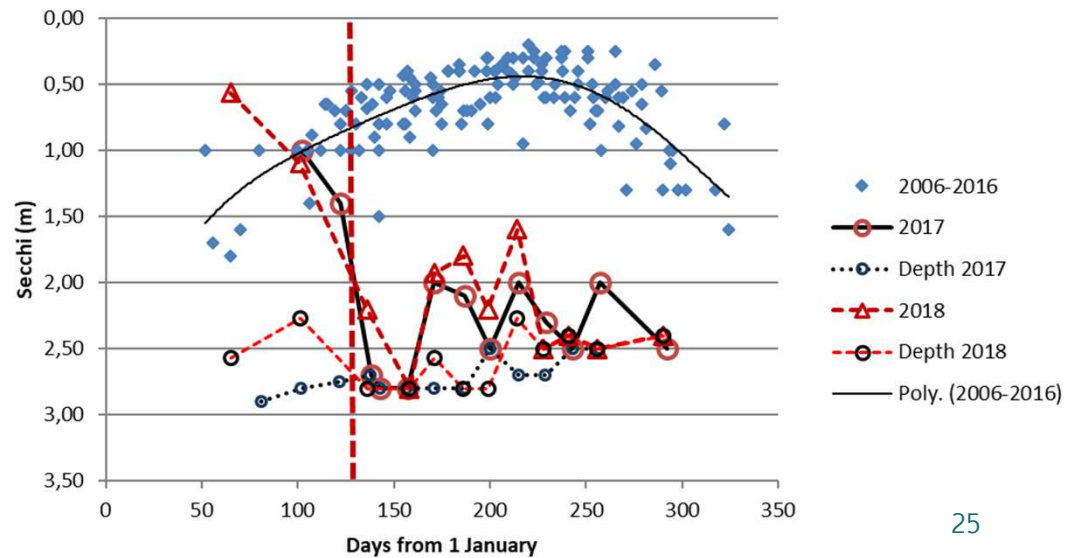
## Levätilanne



## Chlorophyll $\alpha$ 2006-2018

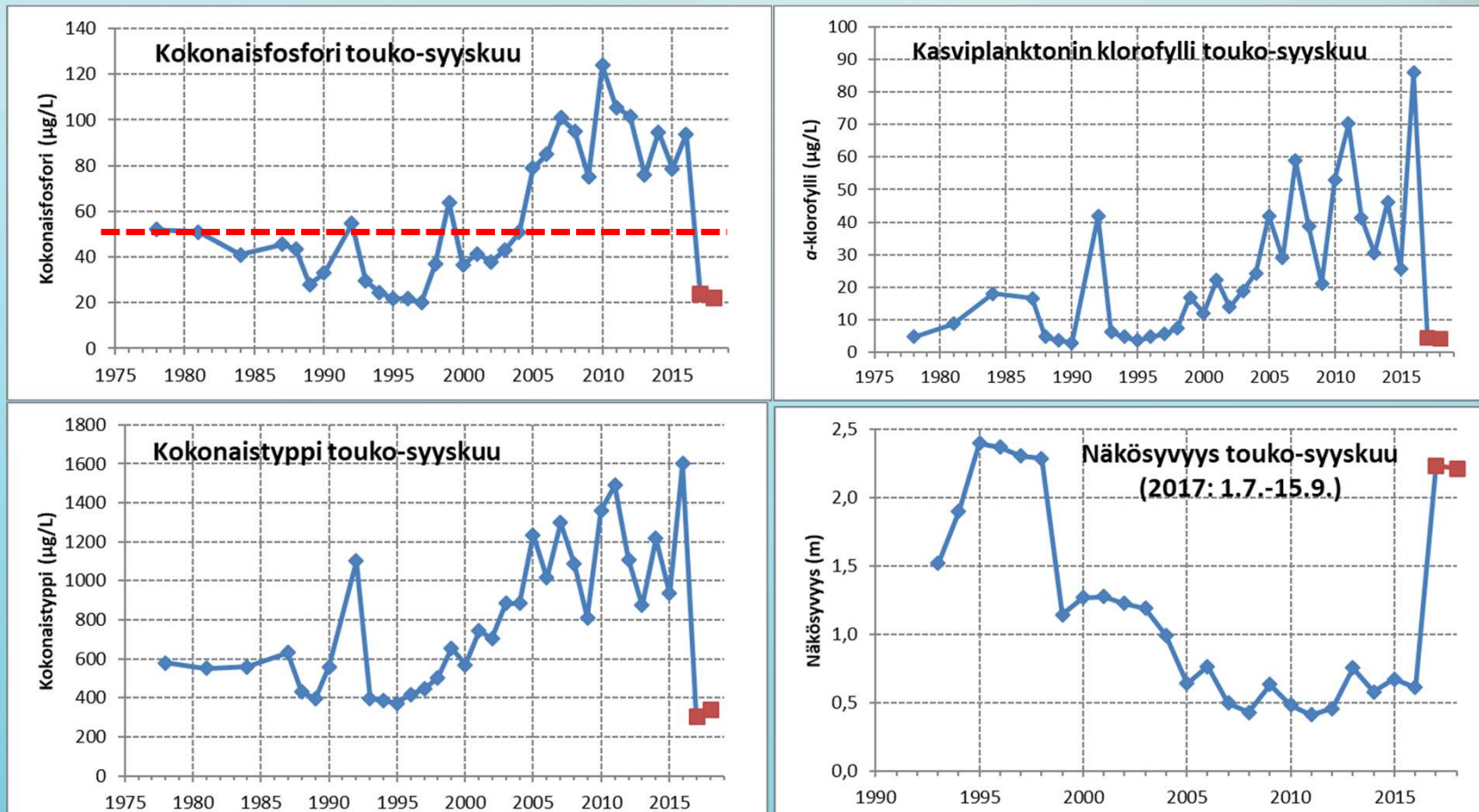


## Transparency (Secchi) 2006-2018



# 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:

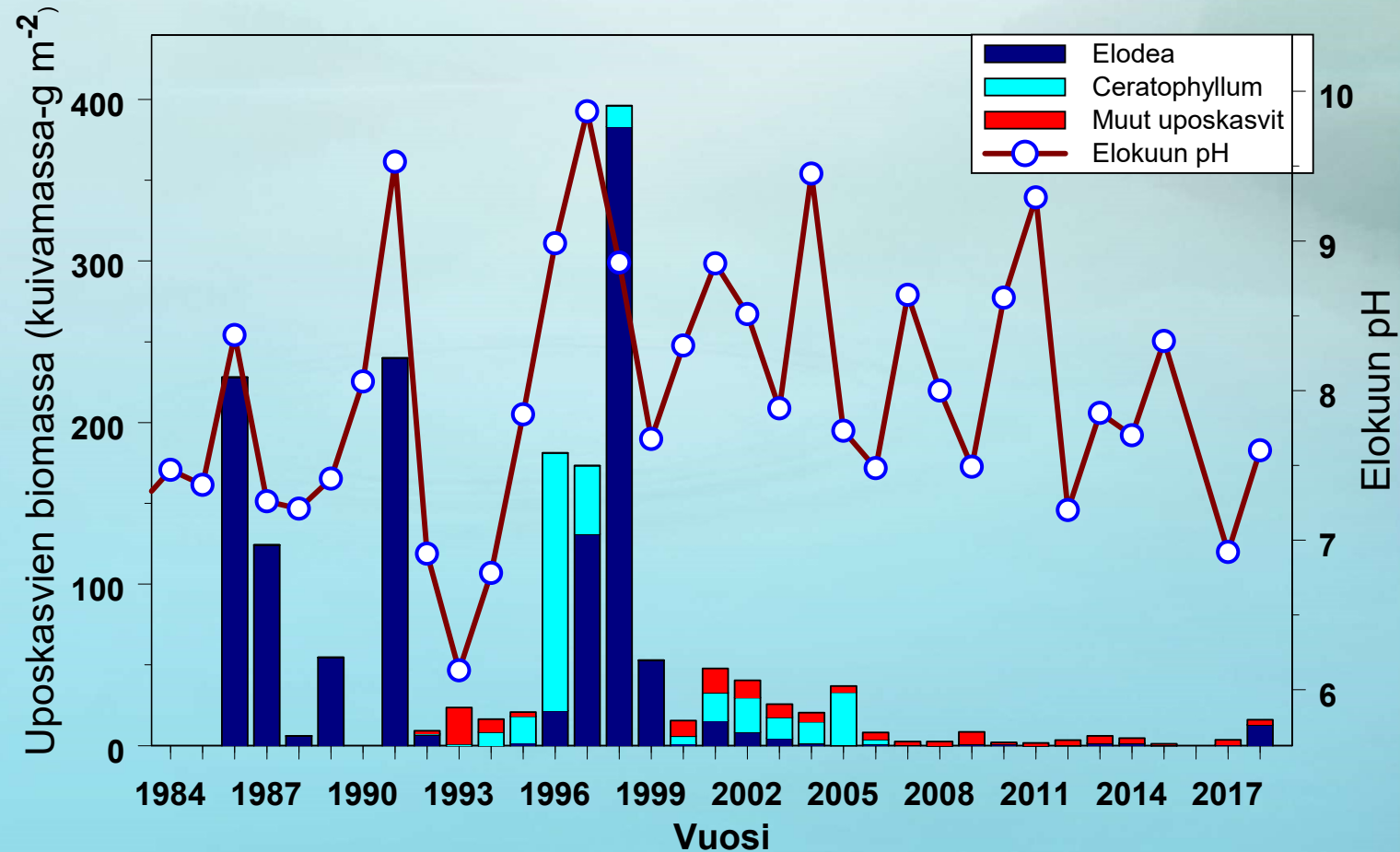
- uposkasvit leviävät paljaalle pohjalle ja kasvavat
- Ei kalakuolemia, rapuja ja simpukoita menehtyi jonkin verran
- Järvisyyhy tulitakaisin – limakotiloita näkyi toukokuussa
- Enterokokki-hälytys heinäkuun lopulla – satoja uimareita päivittäin
- Kalasto ennallaan syksyllä 2018
- Päävyöhykementelmän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



# 1984-2018 uposkasvit (Sarvala, 2018)

Vesiruton kokonaisbiomassa järven rantavyöhykkeellä oli syksyn alussa  $0,2 \times 1500000 \text{ m}^2 \times 47 \text{ g/m}^2 = 14200$  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 40m<sup>3</sup> (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

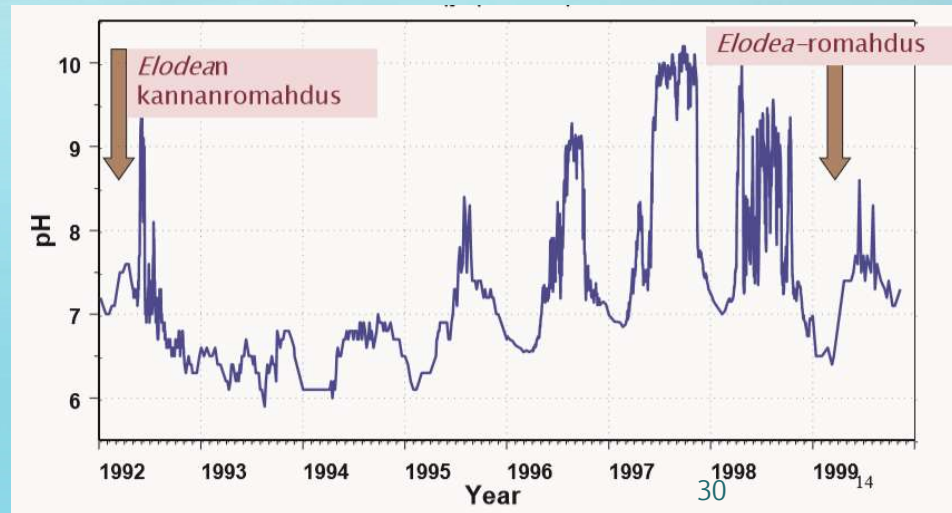
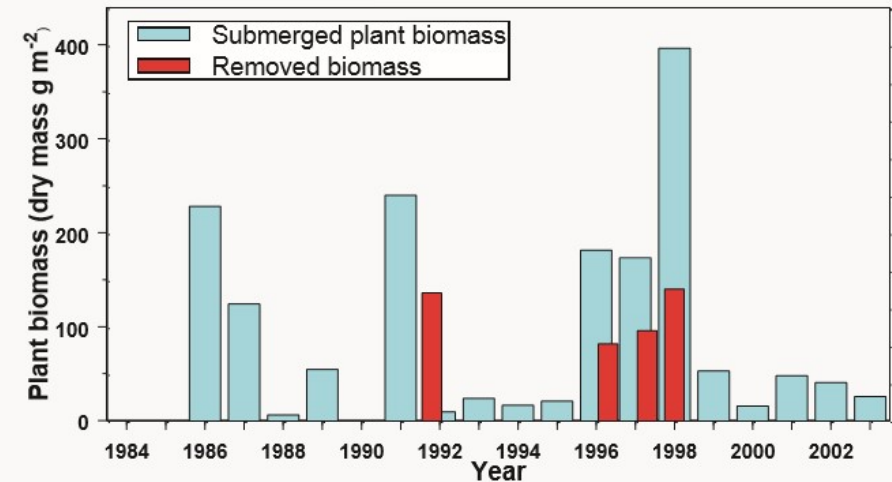


# ..sillä vesiruttoa ei järvestä kokonaan saa pois (c.f. Sarvala, 2015)

- 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?*
- *Eriyiskysymys 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



# Teoriaa ja laskentaa

(Sarvala, 2018)

Kemiran PAX XL100 sisältää alumiinia 9,3 % (+-0,3 %) ja kloridia 21 % (+- 1,0 %). Littoistenjärvellä käytetty määrä, 160 tonnia, sisälsi siis 14880 kg alumiinia. Olettaen järven vesitilavuudeksi keskivedenkorkeutta vastaava 3250000 m<sup>3</sup>, lisätty alumiini teoriassa vastaisi pitoisuutta 4,58 mg/L (4578 µg/L). Alumiinin nopea poistuminen vesifaasista johti kuitenkin siihen, että maksimaalinen Al-pitoisuus vedessä jäi noin kahdeskymmenesosaan teoreettisesta.

Jos lisätty alumiini jää sedimentin yläpuolelle viiden senttimetrin kerrokseen, tästä koituva pitoisuuden lisäys on teoreettisesti laskettavissa. Viiden sentin kerroksen tilavuus = 0,05 m \* 1475000 m<sup>2</sup> = 73750 m<sup>3</sup>. Tästä saadaan alumiinipitoisuuden lisäykseksi 14880 (kg) / 73750 (m<sup>3</sup>) = 0,2018 kg/m<sup>3</sup> eli 0,202 g/L eli 0,202 mg/cm<sup>3</sup> = 202 µg/cm<sup>3</sup>.

Järvisedimenttien alumiinipitoisuuksista on huonosti tietoja. Pyykösjärven pintasedimentissä on alumiinia noin 10 g/kg kuiva-ainesta. Littoistenjärven pohjan pintakerroksessa on kuiva-ainetta keskimäärin noin 92,9 mg/cm<sup>3</sup>. Tästä arvioituna alumiinia voisi olla 920 µg/cm<sup>3</sup>.

Fosforin kemiallisesta saostuksesta koituva alumiinin lisäys pintasedimentissä voi siten olla havaittavissa, ainakin jos se on keskittynyt vielä ohuempaan pintakerrokseen

**HALLITUKSEN  
KÄRKIHANKE**



1985–92 Turun yliopiston maantieteen ja geologian laitos (Glückert et al 1992, kuva), kasvillisuuden kehitys ja happamoituminen

- 0-330 cm jääsorminäytteenotin ja mäntäkaira

2012 Turun yliopiston maantieteen ja geologian laitos (Varjo 2012).

- 0-20 cm, limnos-noudin, ravinteiden kerrostumat

2015 Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy teki sedimentin rauta- ja rikkipitoisuuksista erillisselvityksen vuonna (kemiallisen saostusta varten).

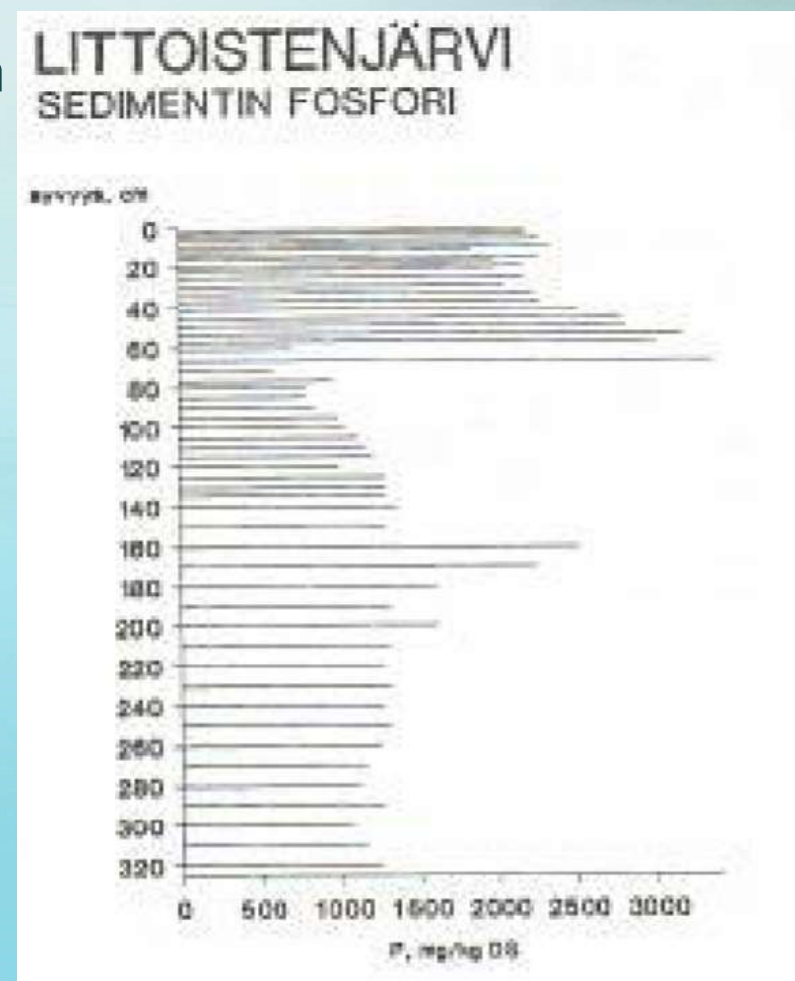
- 0-6 cm, kajak-noudin

2019 Littoistenjärven hoitokunta, neuvottelukunta, L-S vesistöpaneeraus oy ja Sveriges Lantbruksuniversitet i Uppsala (Wichmann, 2019)

- 0-30 cm, sukeltaen, niemistö-noudin

<https://d.docs.live.net/11b5652dfb36fa1f/LittoistenjarvenHoitokunta/Sedimenttitutkimus/littoinen%20pohja.mp4>

## Littoistenjärven sedimenttitutkimukset



# Fosforifraktiot

(Wichmann, 2019)

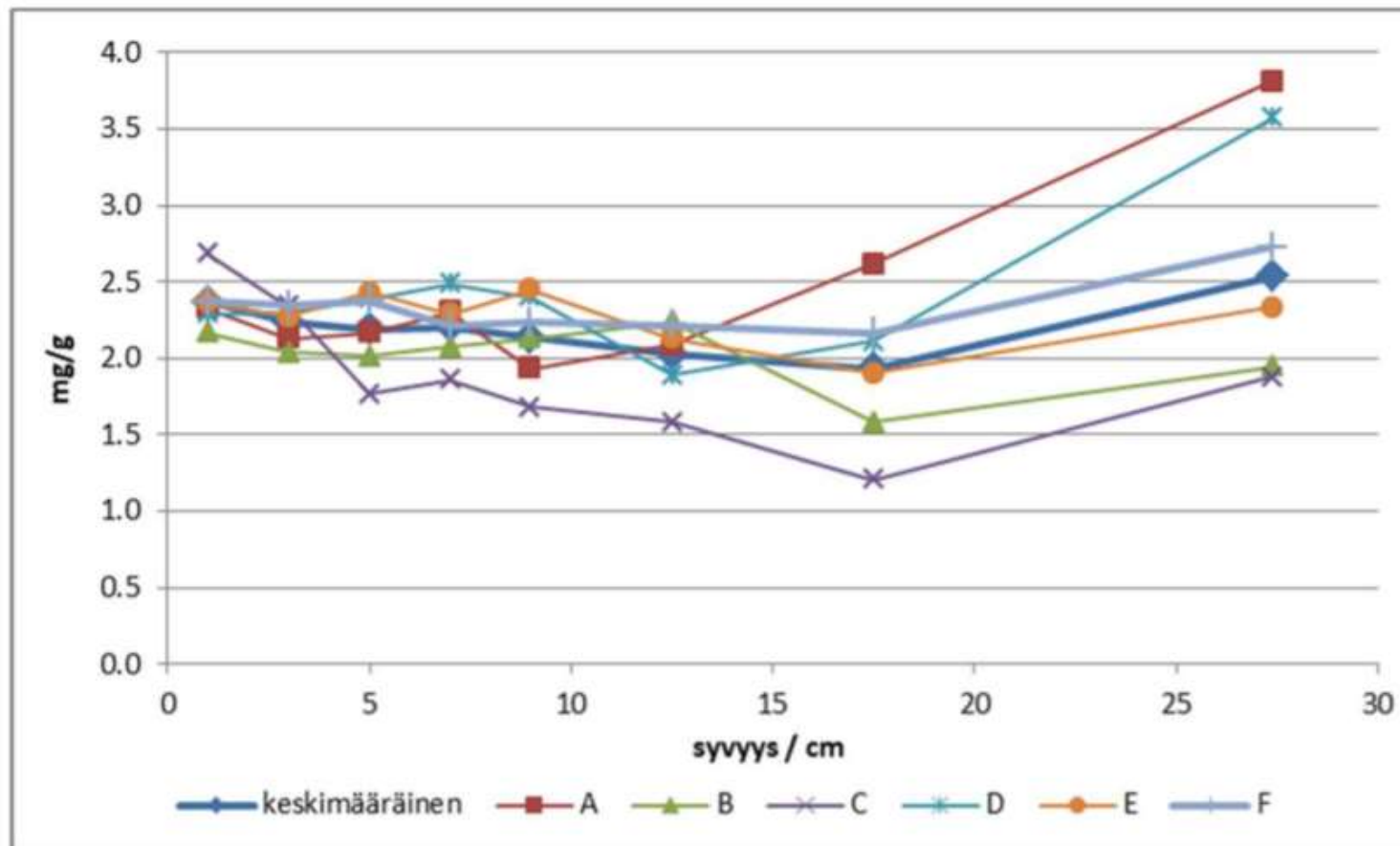
Sedimentin huokosvedessä oleva ja sedimenttiin heikosti adsorboitunut **helposti liukeneva fosfori** on myös helposti saatavilla kasvien käyttöön.

Rautaan ja alumiiniin sitoutunut fosfori (Fe-P ja Al-P) on huomattavasti pysyvämpää, ja voi vapautua ainoastaan sedimentin olosuhteiden muuttuessa.

- **Fe-P** voi vapautua, mikäli pohjasedimentti esim. rehevöitymisen seurauksen joutuisi hapettomaksi. Tällöin rauta pelkistyy kahdenarvoiseksi raudaksi, joka on vesiliukoista kaikissa hapettomissa olosuhteissa.
- **Alumiiniin sitoutunut fosfori** voi mahdollisesti vapautua, mikäli pohjan läheisyydessä veden pH nousisi yli 8,5. Tällaiset olosuhteet saattavat muodostua esim. uposkasvien massaesiintymien yhteydessä, jolloin voimakkaan yhteyttämisen tuloksena veden pH saattaa olla mikroympäristössä hyvin emäksinen.
- **Kalsiumiin sitoutunut fosfori (Ca-P)** esiintyy pääasiassa apatiittina, joka on erittäin pysyvää.
- **Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosfori (Org.-P)** voi olla pysyvää tai helposti vapautuvaa riippuen orgaanisen aineksen hajoamista. *Pitkällä hajonneeseen orgaaniseen ainekseen, kuten humusaineisiin, sitoutunut fosfori on pysyvämmässä muodossa kuin pieneliöiden ravinnoksi kelpaavaan ainekseen sitoutunut fosfori.*

# Kokonaisfosfori

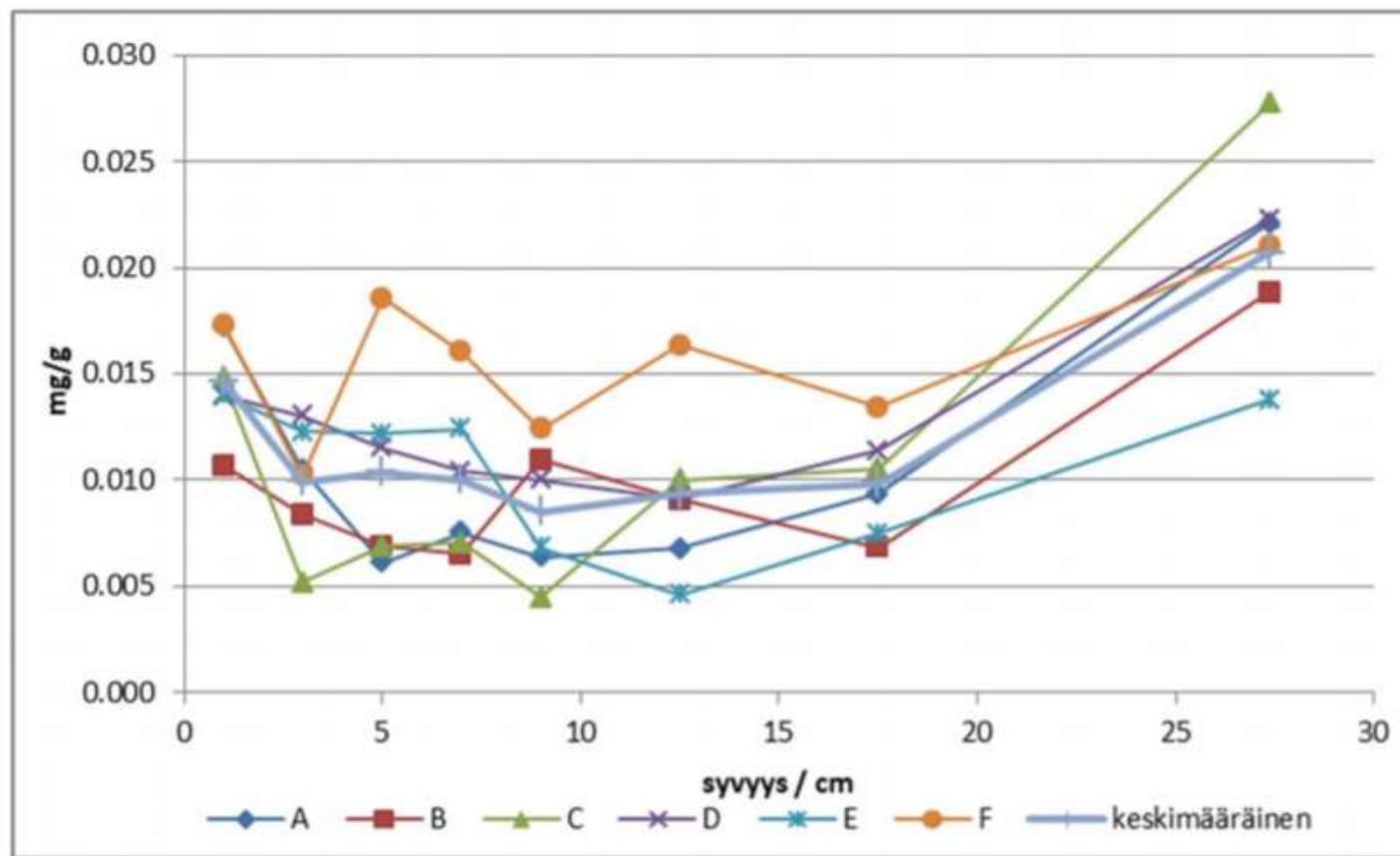
(Wichmann, 2019)



**Kuva 3 Sedimentin kokonaisfosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen kokonaispitoisuus.**

# Helppoliukoinen fosfori < 1% fosforista

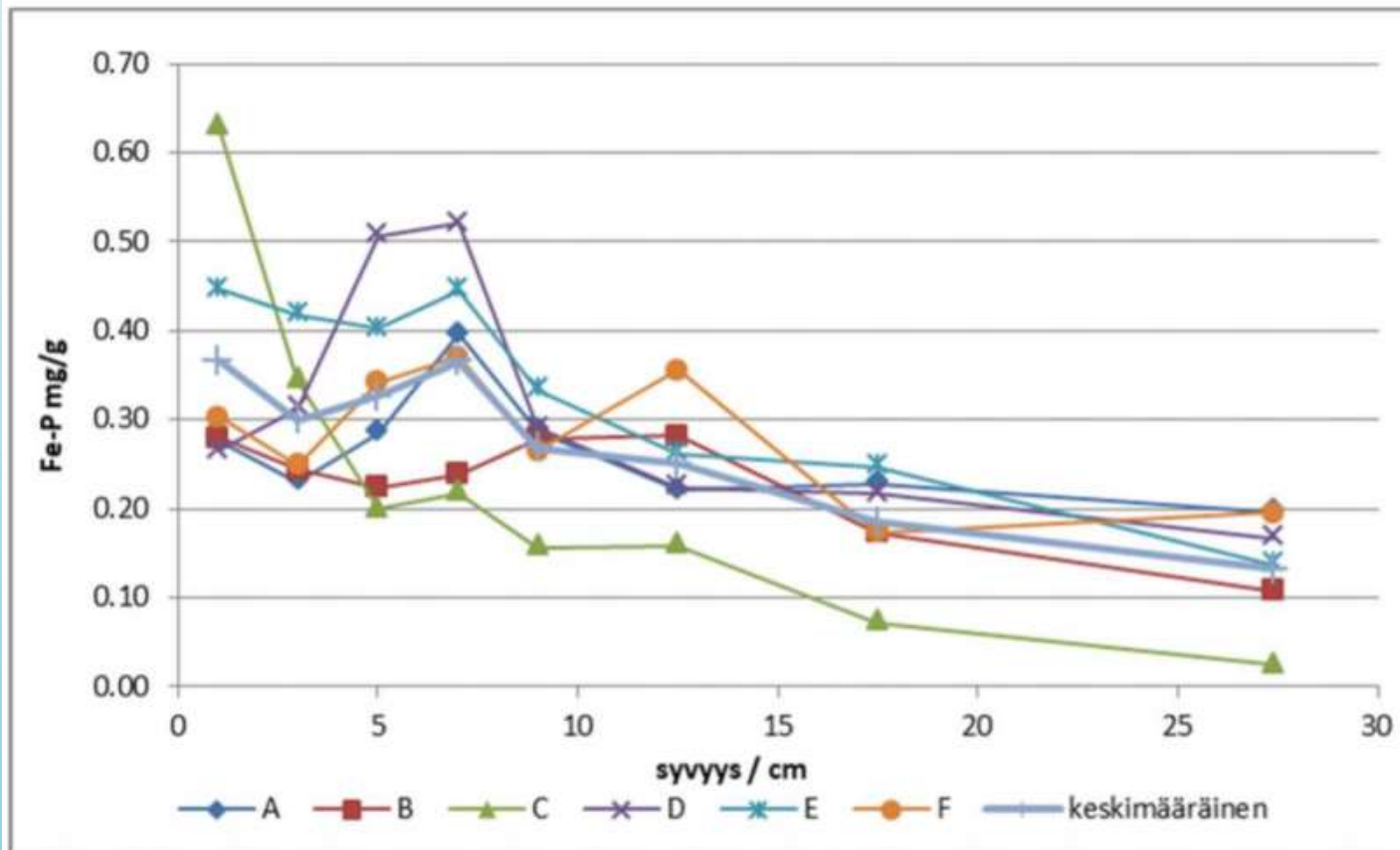
(Wichmann, 2019)



**Kuva 4 Helppoliukoisen fosforin määrä sedimentissä näytopisteissä A-F sekä keskimääräinen helppoliukoisen fosforin pitoisuus.**

# Fe-P n. 14%

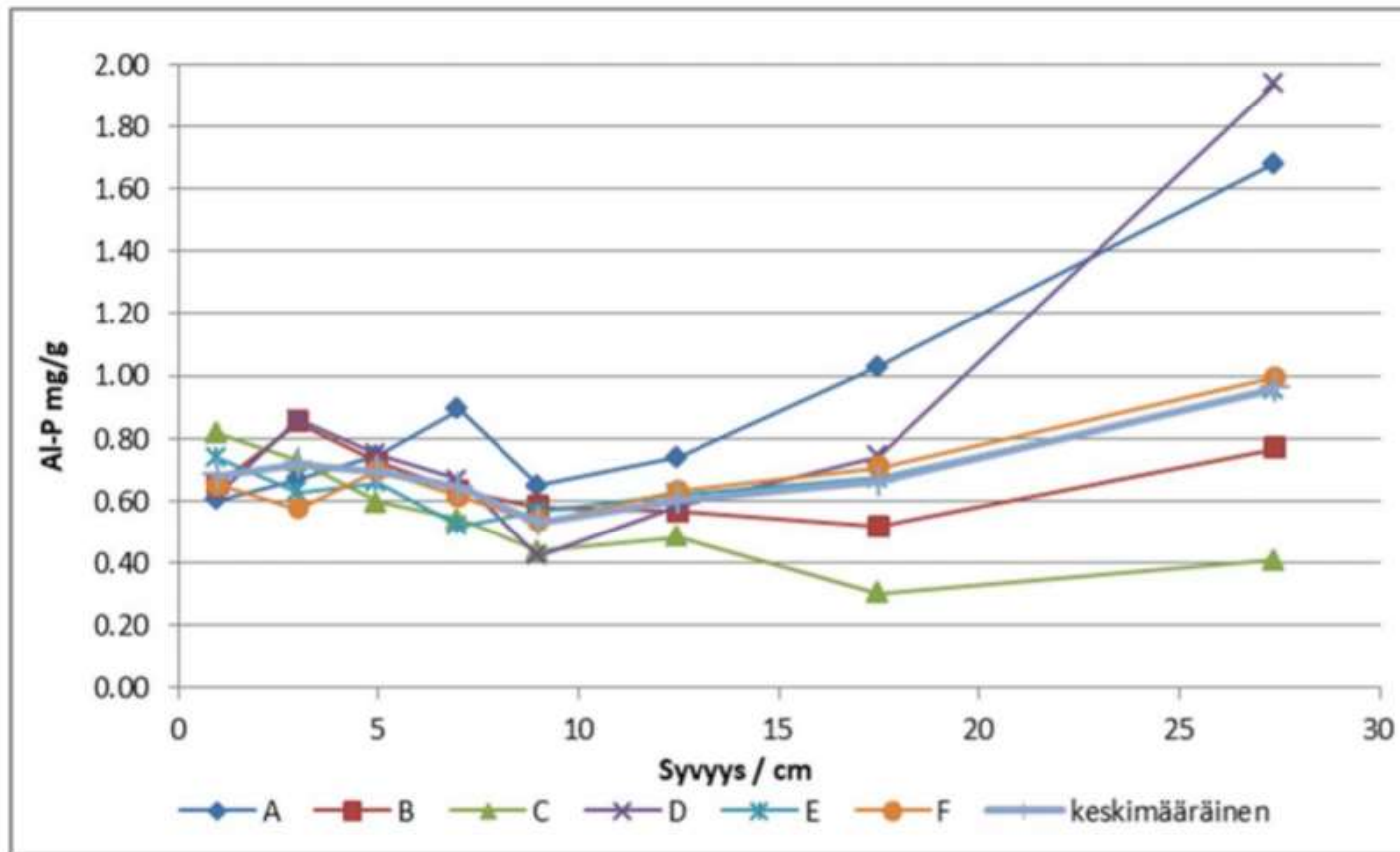
(Wichmann, 2019)



Kuva 5 Rautaan sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen rautaan sitoutuneen fosforin määrä.

# Al-P n. 1/3

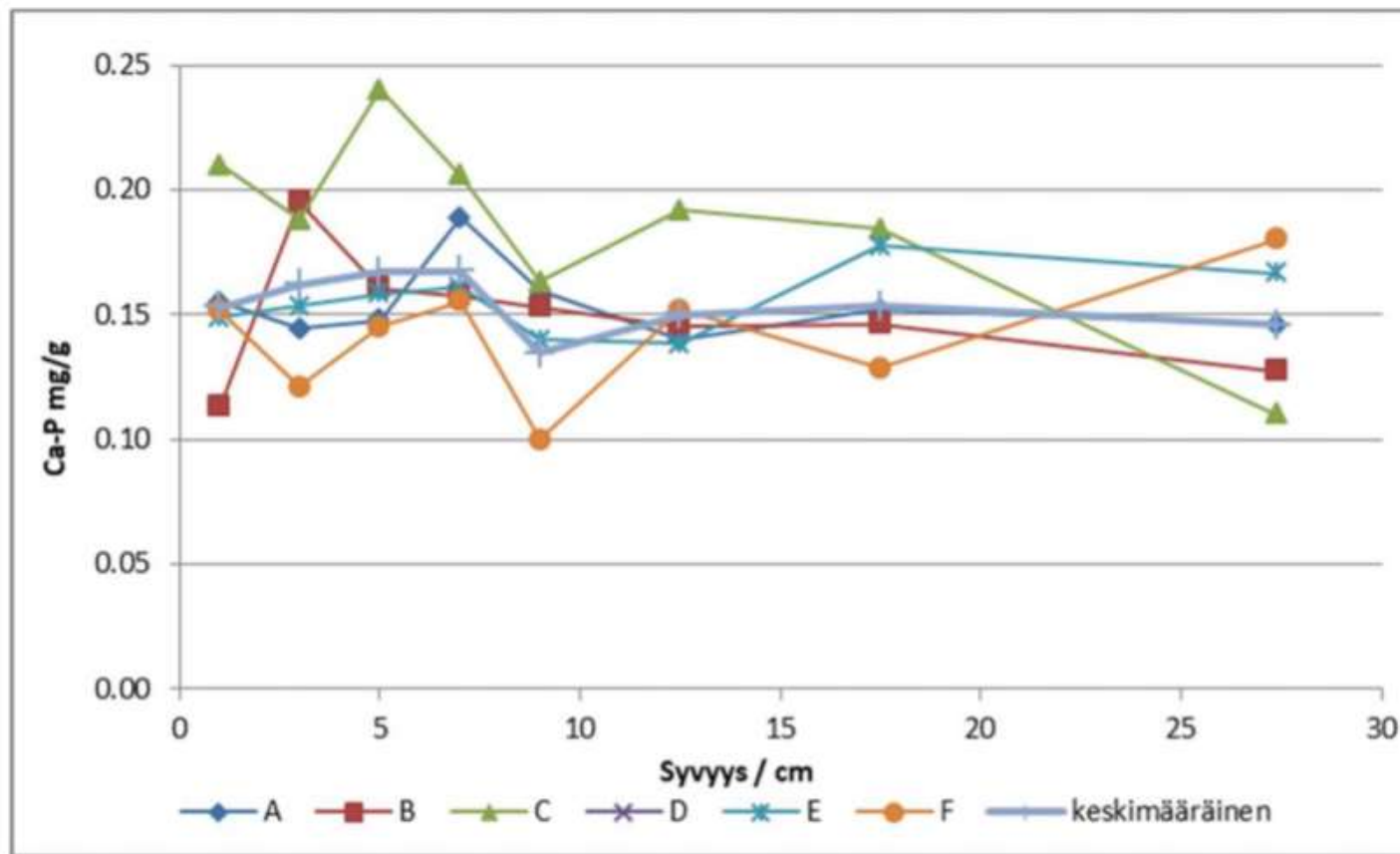
(Wichmann, 2019)



Kuva 6 Alumiiniin sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen alumiiniin sitoutuneen fosforin määrä.

# Ca-P n. 8%

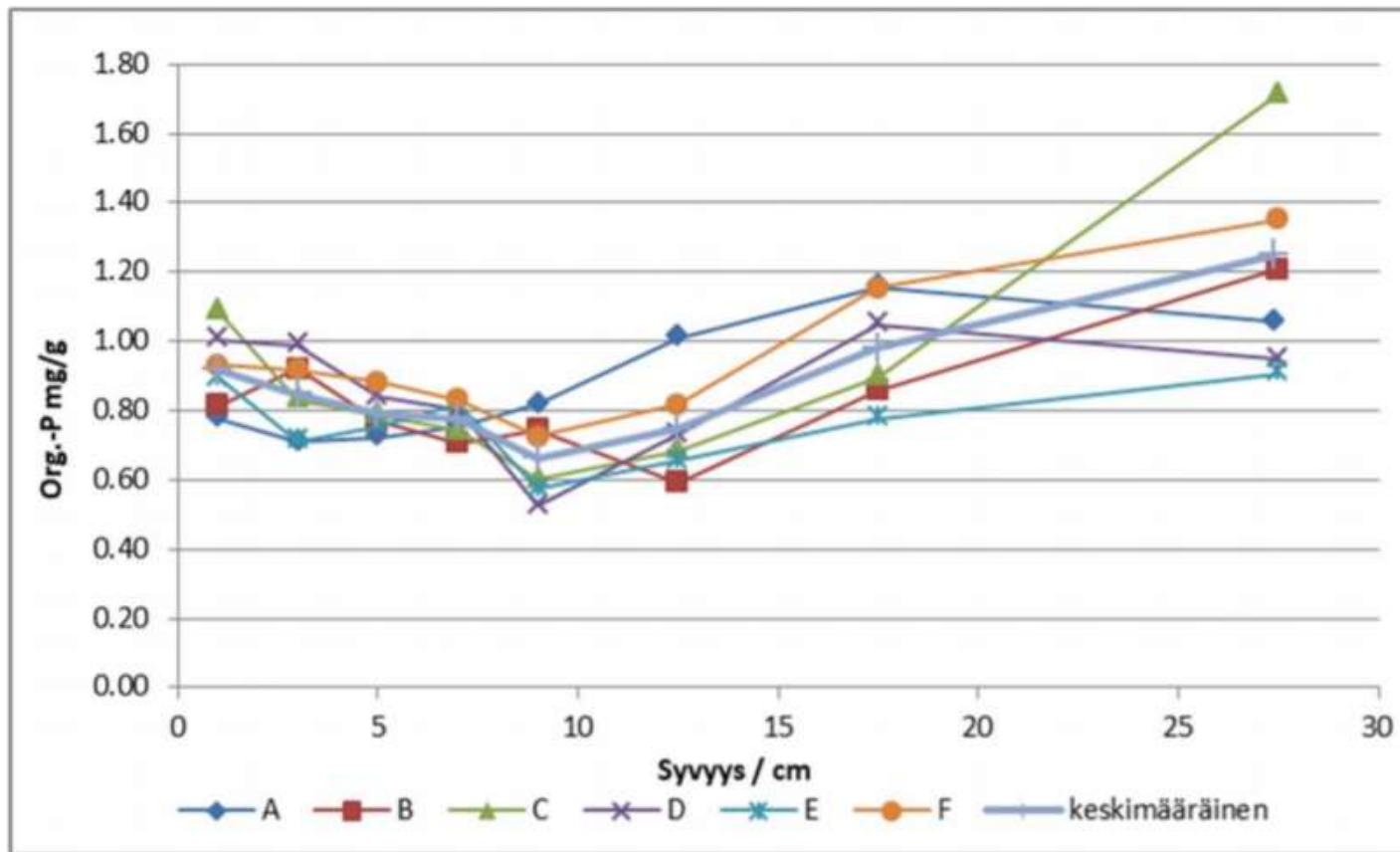
(Wichmann, 2019)



**Kuva 7 Kalsiumiin sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytenpisteissä A-F sekä keskimääräinen kalsiumiin sitoutuneen fosforin määrä.**

# Org-P n. 50%

(Wichmann, 2019)

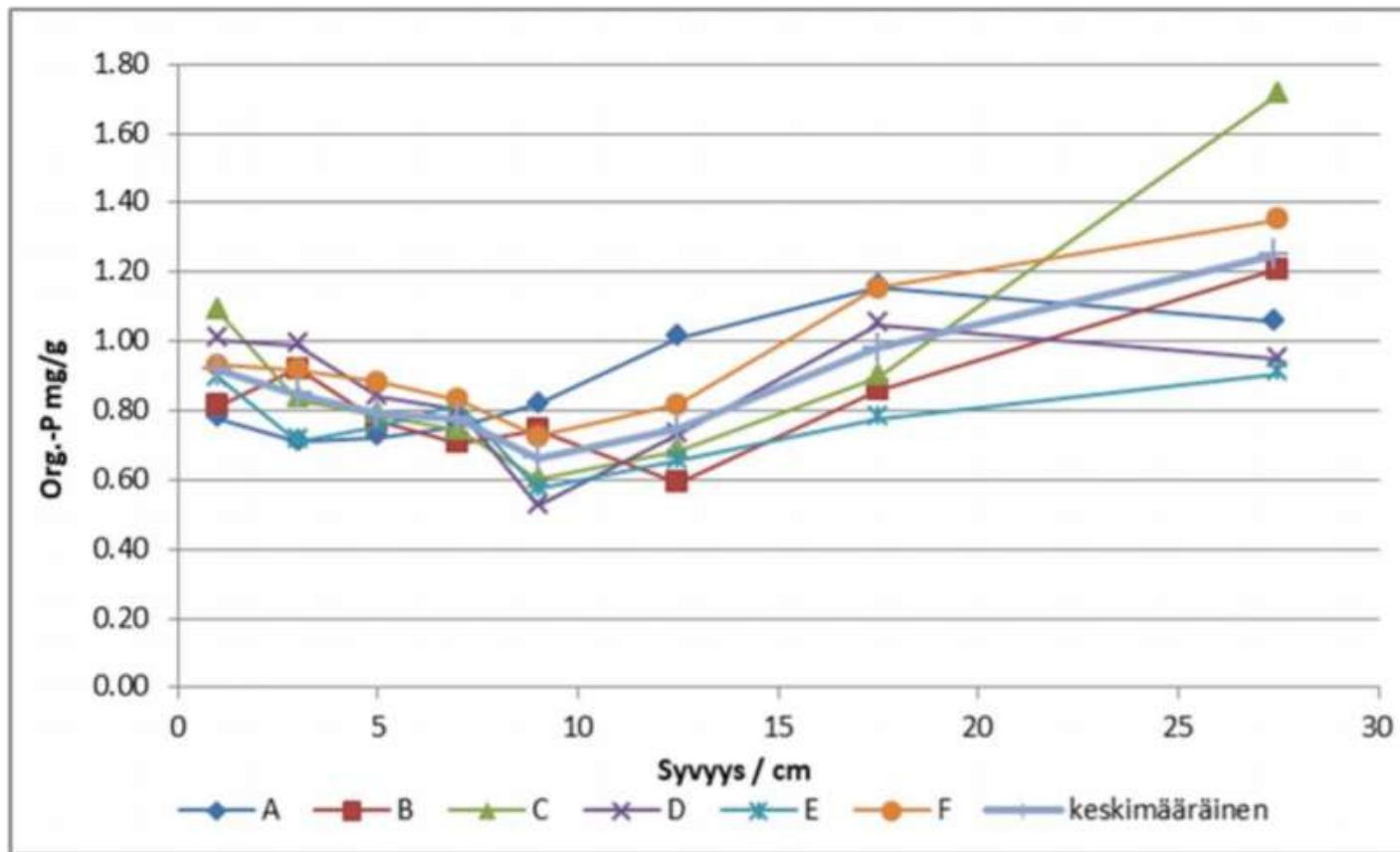


Kuva 8 Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen orgaaniseen ainekseen sitoutuneen fosforin määrä.



# Org-P n. 50%

(Wichmann, 2019)



**Kuva 8** Orgaaniseen ainekseen sitoutunut fosforipitoisuus syvyyden funktiona näytepisteissä A-F sekä keskimääräinen orgaaniseen ainekseen sitoutuneen fosforin määrä.

# Vertailu

(Varjo, 2019; Wichmann, 2019)

JH1

**Taulukko 4 Vuosien 2012 ja 2018 sedimenttitutkimusten eri fosforifraktioiden keskimääräiset pitoisuudet syvyyksittäin.**

Syvyys / cm	NH <sub>4</sub> Cl-P mg/g		NaOH-P mg/g		HCl-P mg/g		Residuaali-P mg/g		Tot-P <sub>sed.</sub> mg/g	
	2012	2018	2012	2018	2012	2018	2012	2018	2012	2018
0-2	0.057	0.015	0.64	1.0	0.35	0.15	1.4	0.92	2.4	2.4
2-4	0.029	0.010	0.64	1.0	0.21	0.16	1.4	0.85	2.2	2.2
4-6	0.019	0.010	0.40	1.0	0.28	0.17	1.2	0.79	1.9	2.2
6-8	0.017	0.010	0.44	1.0	0.40	0.17	1.2	0.78	2.1	2.2
8-10	0.010	0.009	0.36	0.80	0.42	0.13	1.1	0.66	1.9	2.1
10-15	0.021	0.009	0.49	0.85	0.18	0.15	0.91	0.75	1.6	2.0
15-20	0.011	0.010	0.24	0.85	0.31	0.15	0.97	0.98	1.5	1.9
25-30		0.021		1.1		0.15		1.2		2.5

**Dia 42**

---

**JH1**

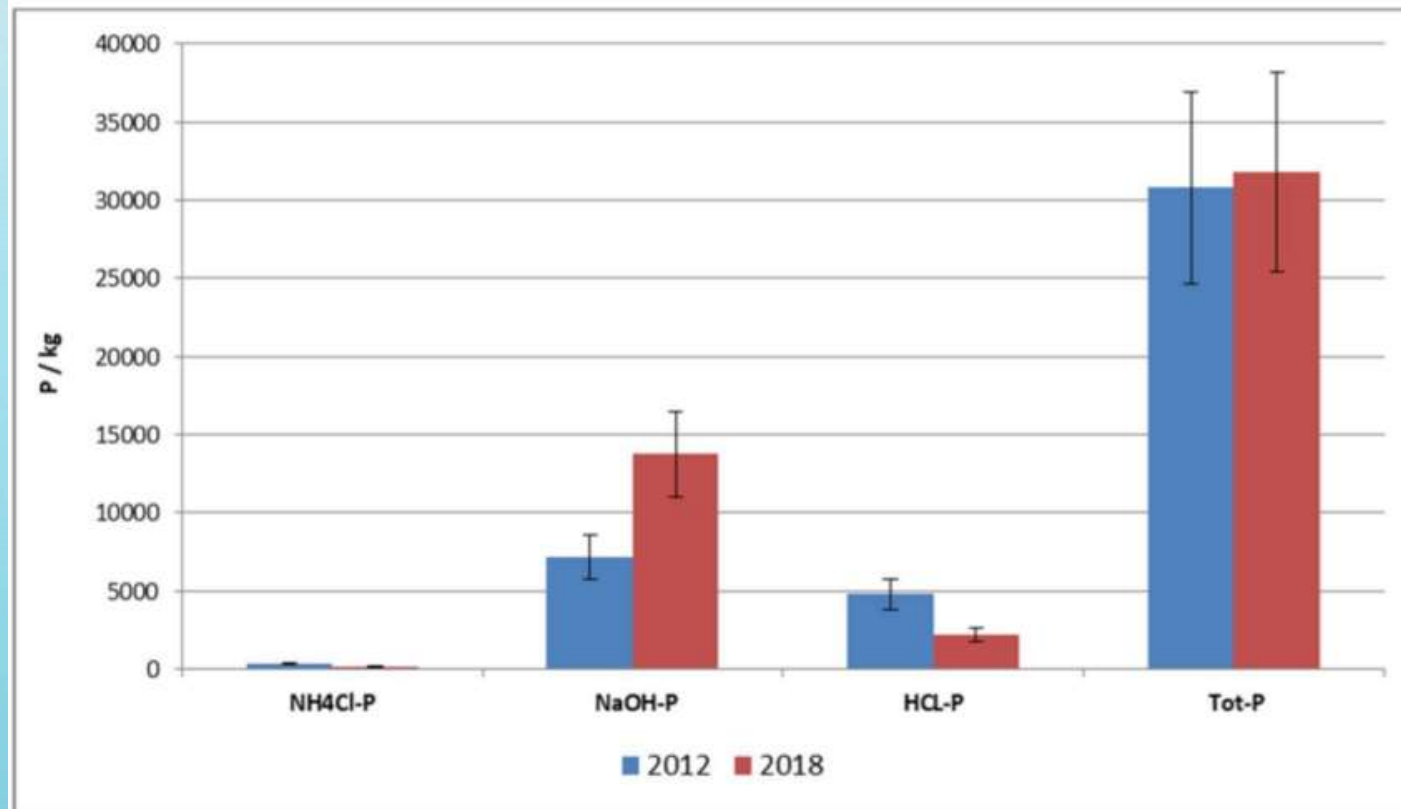
Jukka Heikkilä; 8.6.2019

# Tulos

(Wichmann, 2019)

## Fosforin määrä sedimentissä

Sedimenttitutkimuksen perusteella sedimentin pinnimmaisesta 10 cm:n fosforivaranto on n. 32 000 kg, analyysimenetelmän epävarmuuteen perustuva vaihteluväli 25 000–38 000 kg. Tästä helppoliukoista fosfori on n. 150 kg (120–180 kg), rautaan sitoutunutta fosforia 4600 kg (3700–5500 kg) ja alumiiniin sitoutunutta n. 9200 kg (7300–11000 kg) (Kuva 10). Sedimentin fosforivaranto on samaa luokkaa aiemman arvion kanssa (Sarvala 2005)



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



LITTOISTENJÄRVI  
Littoistenjärven osakaskunnat

