

Littoistenjärven kokeileva tutkimuspohjainen hoito vuosien myötä muuttuvissa haasteissa

Jouko Sarvala
Turun yliopisto

Tutkimuksia ja kokemuksia rehevän järven hoidosta
Loppijärven ystävät ry
17.03.2018

Lounais-Suomessa Kaarinan ja Liedon rajalla sijaitseva Littoistenjärvi tuli viime vuonna tiedotusvälineistä tutuksi kautta Suomen, kun fosforin kemiallinen saostus teki järven vedestä vähäksi aikaa välimerellisen kirkasta. Mutta vesitutkijalle Littoistenjärvi on jo kauan ollut poikkeuksellisen kiinnostava kohde – järven ekosysteemi on 35 seurantavuoden aikana heilahdellut nopeasti ääritilasta toiseen.



Kuva: Jouko Sarvala 28.5.2002

Littoistenjärvi on ympäristön asukkaille hyvin tärkeä luonto- ja virkistyskohde, josta otettiin myös Kaarinan ja Liedon raakavesi 1971-1998. Melko urbaanista sijainnista huolimatta Littoistenjärvi vaikuttaa sopivasta kulmasta katsottuna lähes erämaajärveltä.

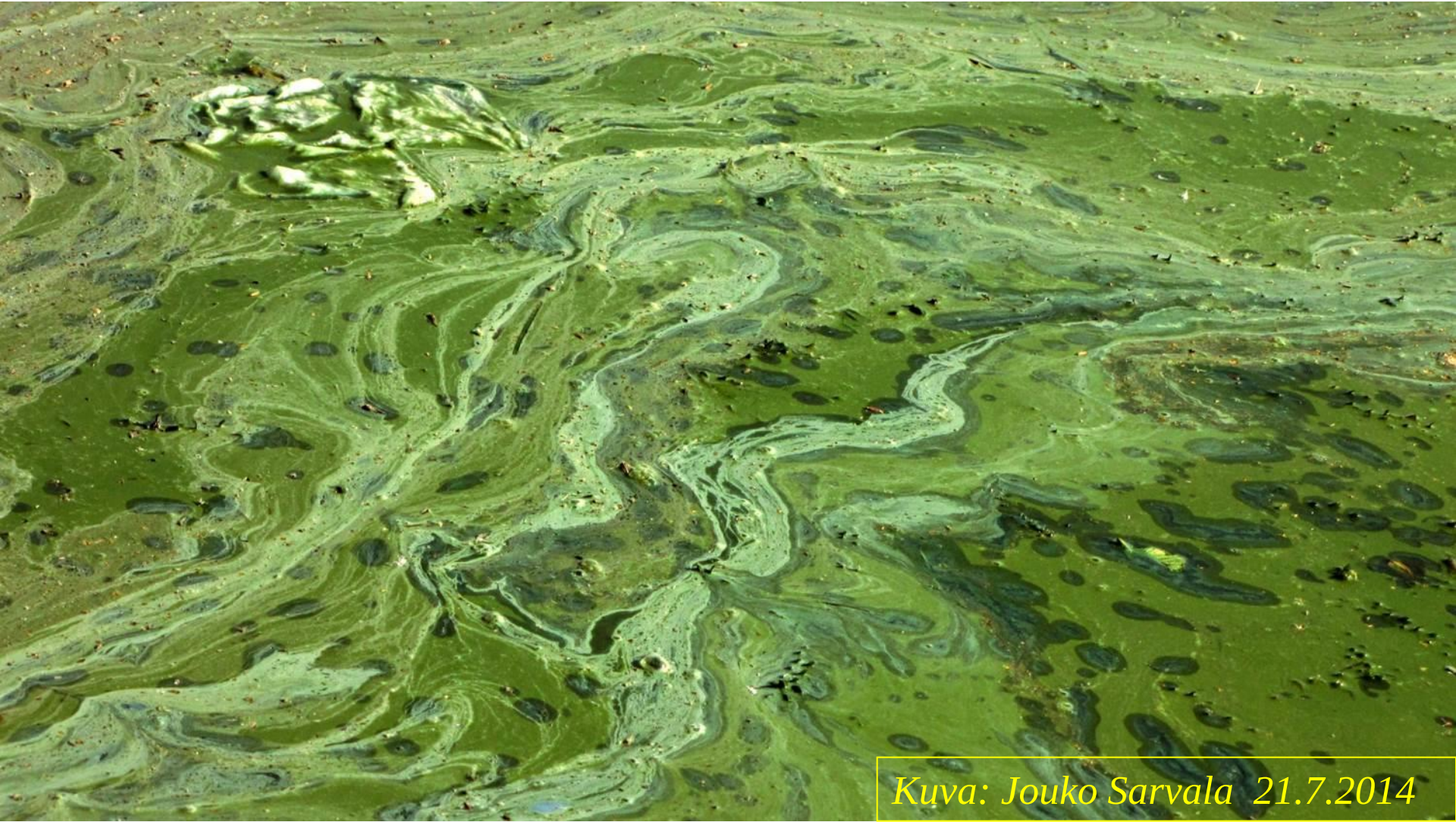
Vaan moni kakku päältä kaunis...



Kuva: Jouko Sarvala 24.7.2014

... silti silkkoa sisältä!

Ennen kirkasvetinen järvi alkoi 2010-luvulla näyttää tällaiselta joka kesä,
ja vaatimukset järven kunnostamiseksi voimistuivat



Kuva: Jouko Sarvala 21.7.2014



- Vuosikymmenien aikana Littoistenjärveä oli pyritty hoitamaan niin että sen käyttökelpoisuus vedenottovesistönä ja arvo virkistyskohteena säilyisivät. Tavoitteena oli siksi vähintään hyvä ekologinen tila, johon pääseminen osoittautui kuitenkin vaikeaksi.
- Järven hoito pohjautui tutkimustietoon. Päävastuu tutkimuksista oli vuoteen 2012 saakka johtamallani Turun yliopiston tutkijaryhmällä, ja hoidon suunnittelusta olen vastannut pääosin yksin.
- Ajan myötä hoidon haasteet vaihtuivat. Aluksi haittoja aiheuttivat ajoittaiset syanobakteerikukinnat ja kalakuolemat, myöhemmin seurasivat vesiruton massaesiintymät, happivajaus, särkikalojen liiallinen määrä ja ilmastonmuutos.
- Järven hoitokeinot valittiin ongelmien mukaan: veden ilmastus, uposkasvien poisto ja tehostettu kalastus, ja lopulta viimeisenä keinona fosforin kemiallinen saostus

- Kemiallisen käsittelyn varhaisvaiheet keväällä 2017 ovat tiedotusvälineiden kohuotsikoista tuttuja jokseenkin kaikille Suomessa ja laajemmaltikin
- Sen sijaan aikaisempaa kehitystä ei ole tähän mennessä esitelty täysimittaisesti julkisuudessa
- Tämänpäiväisen esitykseni aiheena onkin Littoistenjärven kehityksen ja hoidon koko historia, jossa fosforin kemiallinen saostus oli vain pitkän ja monivaiheisen prosessin toistaiseksi viimeisin etappi



Kuva: Jouko Sarvala 12.8.2015

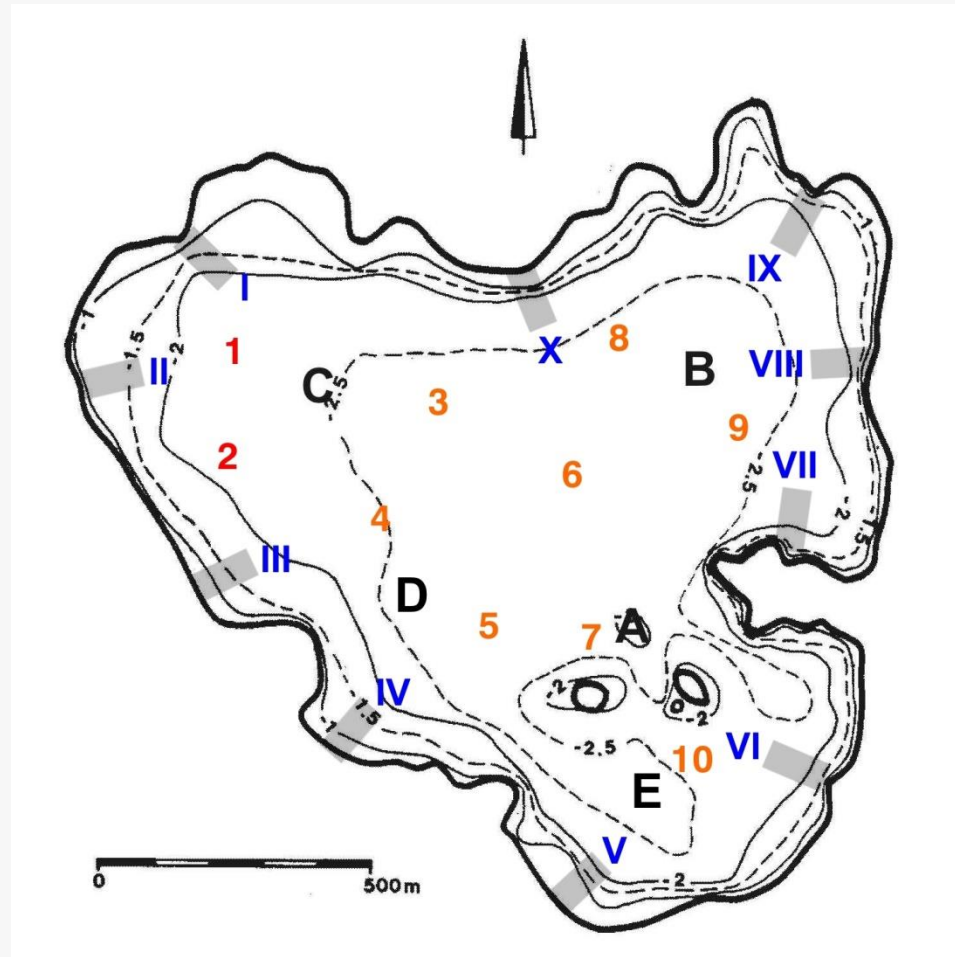
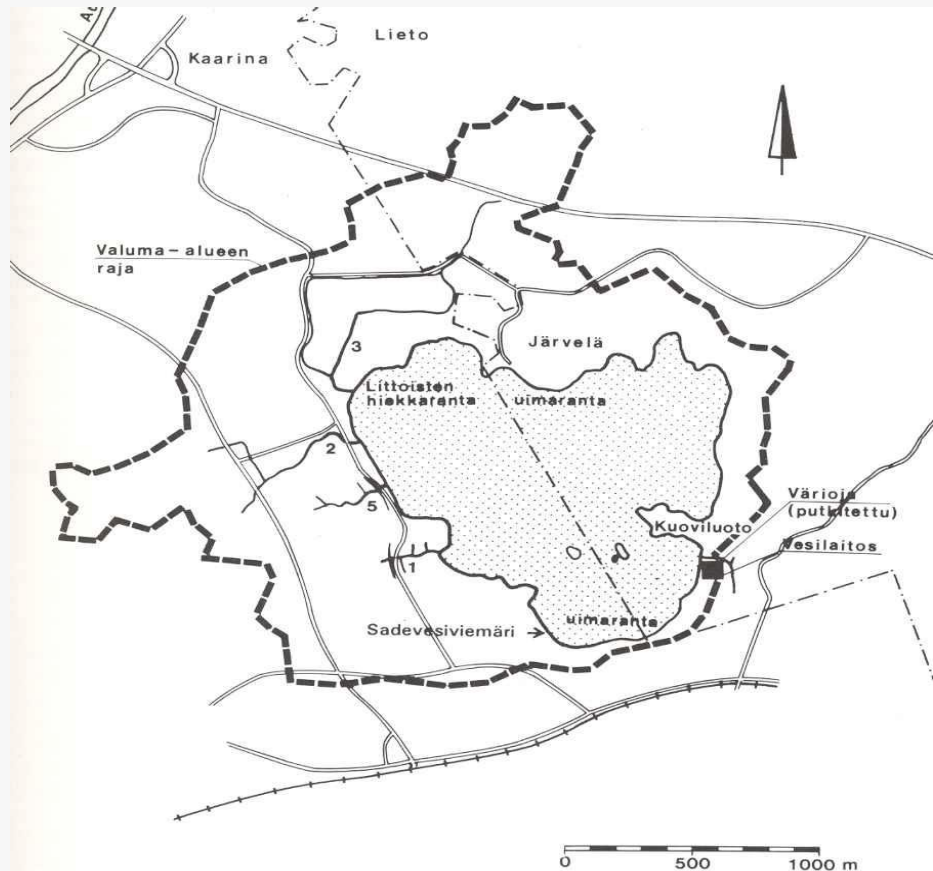


Kuva: Jouko Sarvala 12.8.2015

Littoistenjärvi on pieni ja matala: pinta-ala 1.5 km²,
keskisyvyys 2 m, suurin syvyys 3 m

Photo: Jouko Sarvala 11.5.2017

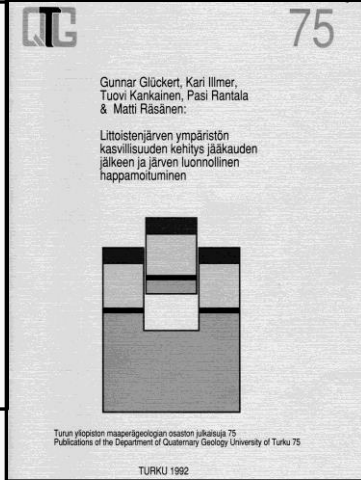
Valuma-alueen pinta-ala on noin 2x järven pinta-ala. Altaan muoto on yksinkertainen, suurin osa järvestä on 2-3 m syvää



Source: Sarvala & Perttula 1994, Sarvala 2005 and unpublished

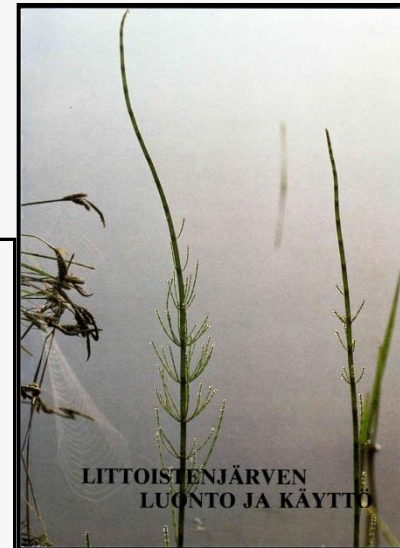
Littoistenjärvestä on tutkimustietoa pitkältä ajalta – järven tila oli kauan luonnostaan hyvä

Kurouduttuaan merestä 5600-5300 vuotta sitten Littoistenjärvi oli paleolimnologisen tutkimuksen mukaan aluksi rehevä, karuuntui sitten, ja rehevöityi uudelleen nykyaikaa lähestyttäessä. Veden hyvän laadun ansiosta luusuaan perustettiin vuonna 1740 vanutuslaitos → Littoisten verkatehdas



Littoistenjärvi oli rehevä myös 1908-1913, kun järvestä tehtiin ensimmäinen perusteellinen tutkimus - ajoittaisia sinileväkukintoja ja kalakuolemia esiintyi

Kun Littoistenjärvi oli Kaarinan raakavesilähde 1971-1998, sen veden kemiallista laatua seurattiin säännöllisesti. Järven ekosysteemin perusteellinen kartoitus Kaarinan-Piikkiön luonnonsuojeluyhdistyksen aloitteesta vuonna 1983 osoitti, että järven kunto oli yhä samanlainen kuin 1900-luvun alussa.



Ongelmat alkoivat 1980-luvulla, aiheuttajina aluksi uposkasvit, etenkin vesirutto

Uposlehtinen tulokaskasvi vesirutto (*Elodea canadensis*) oli ilmaantunut järveen jo 1960-luvulla, mutta vasta 1980-luvulla se alkoi kehittää massaesiintymiä aiheuttaen happivajetta jään alla talvella ja haitaten virkistyskäyttöä kesällä.

Vesirutto (*Elodea canadensis*)



Kuva Jouko Sarvala 2.6.2013
Kuusamo Pieni Porontimajärvi

Karvalehti
(*Ceratophyllum demersum*)

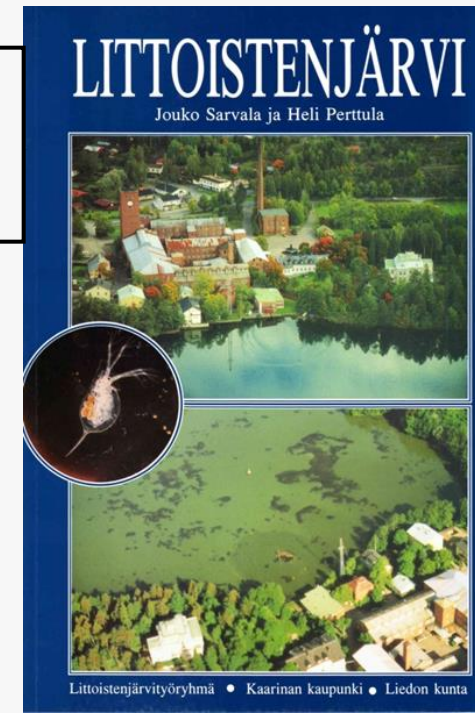


Kuva: Tuomo Kuitunen
www.luopioistenkasvisto.fi

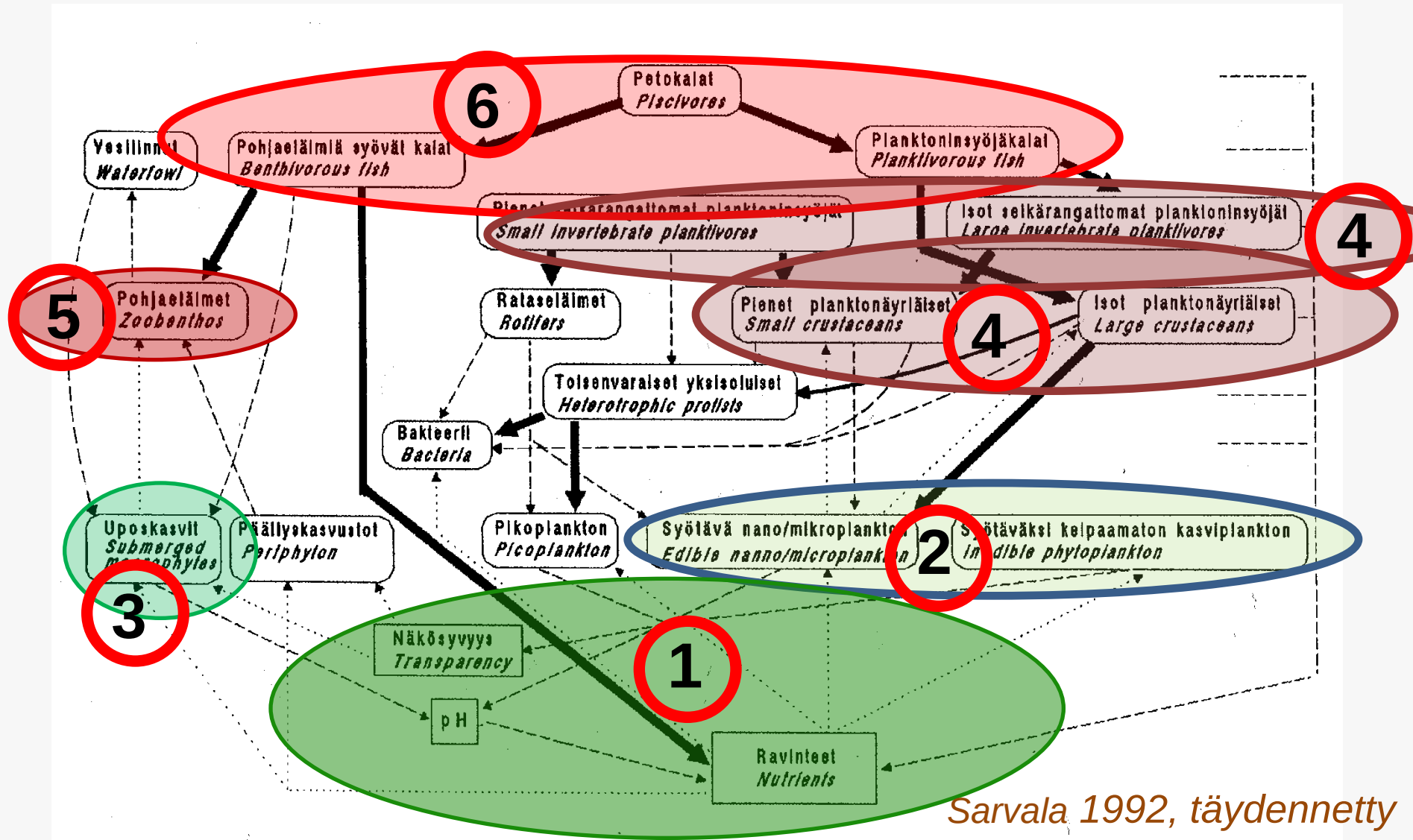
Vesirutto-ongelmista sai alkunsa Littoistenjärven intensiivinen ekologinen seuranta

- Seuranta alkoi uposkasvi- ja kasviplanktontutkimuksina vuonna 1986 ja laajeni myöhemmin ekosysteemin muihin osiin.
- Rahoittajana aluksi Littoistenjärven säännöstely-yhtiö, sittemmin kunnat
- Järven hoito sai tuekseen pysyvän organisaation:
Littoistenjärvityöryhmä perustettiin 1992 (2006 alkaen Littoistenjärven neuvottelukunta) - tehtävänä koordinoida tutkimusta ja järven hoitoa ja edistää tiedon kulkua paikallisten asukkaiden, viranomaisten ja tutkijoiden välillä

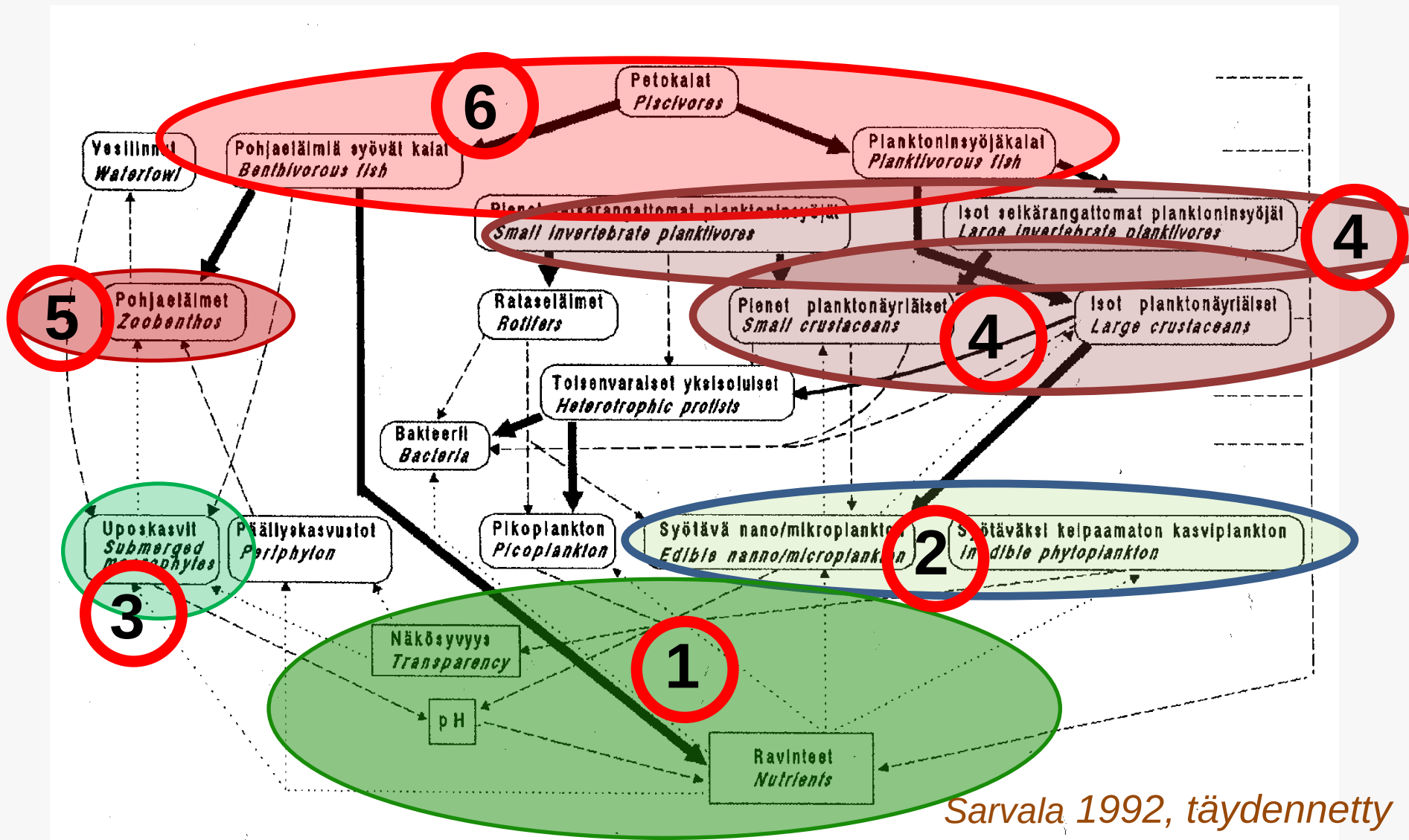
Littoistenjärvityöryhmän aloitteesta siihenastinen tieto järvestä koottiin kirjaksi (Sarvala & Perttula 1994).



Littoistenjärven ekologisen seurannan kohteet on valittu järviekosysteemin vuorovaikutusverkon osakkaista niin että seuranta kattaa keskeisimmät ekosysteemin osatekijät (perusseurannan kohteet numeroitu)



Vesinäytteet vesikemian (10 muuttujaa), kasviplanktonin ja eläinplanktonin määrittämiseksi 10-15 kertaa avovesikauden aikana, uposkasvien biomassamittaus ja koekalastukset vuosittain loppukesällä, pohjaeläintutkimus kerran kymmenessä vuodessa



Lisäksi on erikseen selvitetty mm. ulkoista kuormitusta (1993; uusi selvitys parhaillaan käynnissä) ja pohjaliejun kemiallisia ominaisuuksia (2012 ja 2015)

- Perusseuranta täydentää vuosina 2017-2019 kemiallisen käsittelyn ympäristöluvan edellyttämä velvoiteseuranta, johon kuuluu 13 lisämuuttujaa (lähinnä vesikemiaa)

Littoistenjärven ekologista seuranta on tehty Jo 35 vuotta (täydessä laajuudessaan 26 vuotta)

Seuranta on tuottanut paljon tietoa, jonka merkitys pitää tulkita ja muuntaa hoito-ohjeiksi.

Tämä on ollut minun tehtäväni.

Olen tehnyt tuloksista yhteenvetoja ja niiden perusteella ehdotuksia tarvittavasta hoidosta Littoistenjärven neuvottelukunnalle ja Kaarinan ympäristölautakunnalle (Sarvala 2005, 2013, 2016).

Lisäksi arvioin Littoistenjärven neuvottelukunnalle aina uusimpia seurantatuloksia sekä hoidon tarvetta ja mahdollisuuksia

Mitä seurantatulokset kertovat järven kehityksestä?

Luonnontilassa Littoistenjärvi oli hyväkuntoinen, vaikkakin rehevä

Seuraava vaihe oli uposkasvien valtakausi 1985-1999



Valokuva: Jouko Sarvala 2.7.1998

Vesiruton määrä vaihteli voimakkaasti 5-7 vuoden jaksoissa, ja kannan romahtaessa versoja ajautui tonneittain rannoille

Massaesiintymiä oli 1986-1987, 1991-1992 ja 1996-1998, ja kanta romahti 1987, 1992 ja 1999



Kuva: Jouko Sarvala 1998

Uposkasvivaiheelle oli luonteenomaista nopea heilahtelu ääritilojen välillä

Järven käytön kannalta pääongelmia olivat

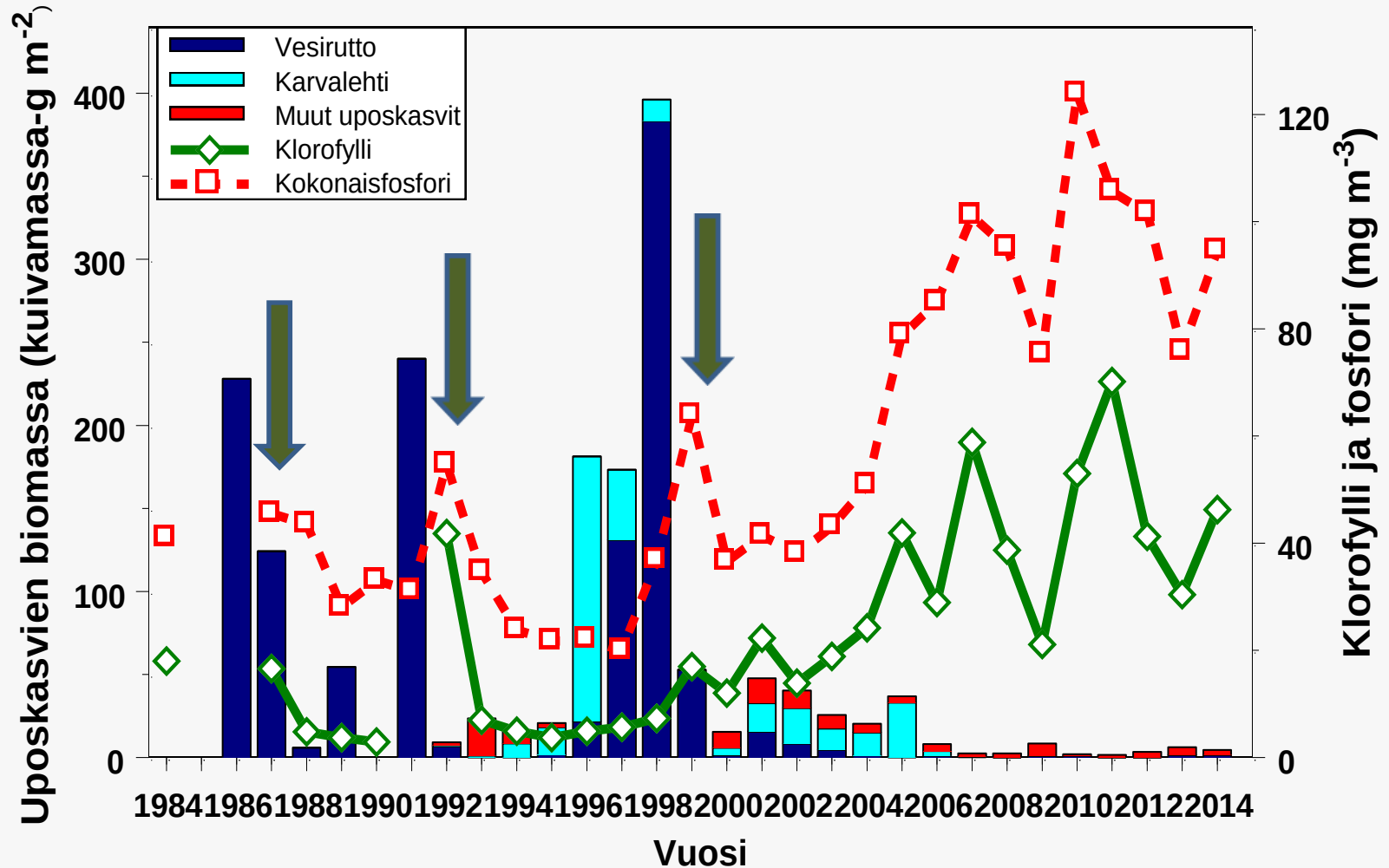
- ✓ happivaje jään alla
- ✓ pH:n nousu uposkasvien yhteyttämisen seurauksena
- ✓ fosforin liukeneminen pohjasta korkean pH:n takia
- ✓ syanobakteerikukinnat fosforitason nousun vuoksi
- ✓ virkistyskäytön vaikeutuminen ajoittain liiallisen kasvimassan takia

Hoitokeinoina kokeiltiin talvista ilmastusta ja uposkasvien mekaanista poistoa

- Järven ensimmäinen hoitotoimi oli talvinen ilmastus
- Aktiivisena talvehtiva vesirutto aiheutti happivajetta jään alla.
- Happikato vältettiin ilmastuksella, joka aloitettiin maaliskuussa 1987 yhdellä laitteella; myöhemmin asennettiin toinenkin laite
- Ilmastus oli vedenoton vuoksi välttämätöntä, mutta se helpotti vesiruton talvehtimista ja siten kärjisti uposkasviongelmaa.



Vesiruttokasvustojen huippuvuosina koko järvi oli käytännössä täynnä upokasveja ($>200 \text{ g/m}^2$). Kasvustojen romahtaessa 1987, 1992 ja 1999 veden fosforitaso oli yhden kesän ajan korkea ja veden laatu heikko. Välivuosina vesi oli kirkasta ja sen ravinnepitoisuudet alhaisia.

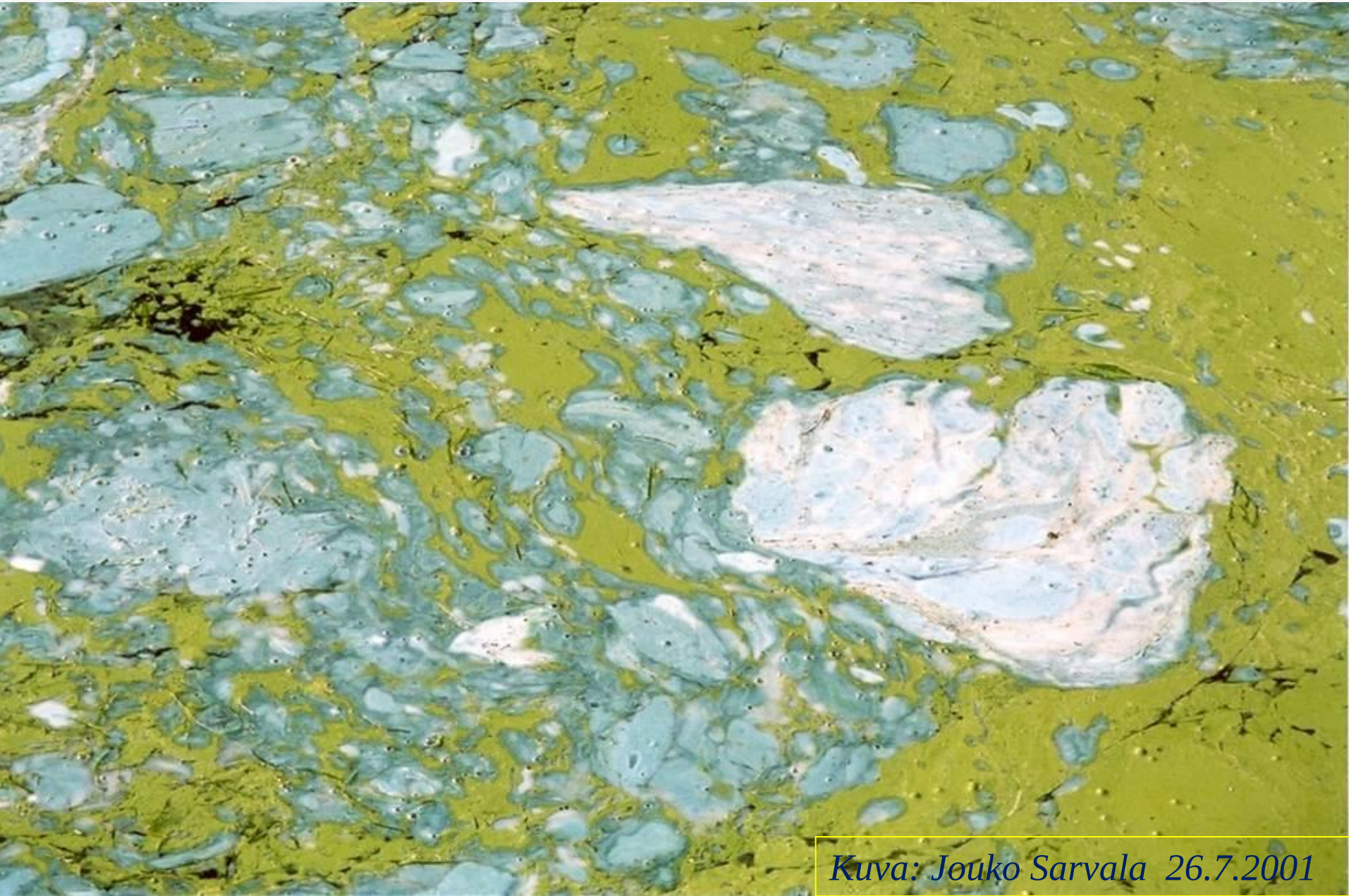


1980- ja 1990-luvuilla Littoistenjärvi oli siten vesiruton kannanvaihtelun tahdissa vuoroin kirkas ja hyväkuntoinen....



Kuva: Jouko Sarvala

...vuoroin samea ja rehevä, joskus jopa todellista leväpuuroa!



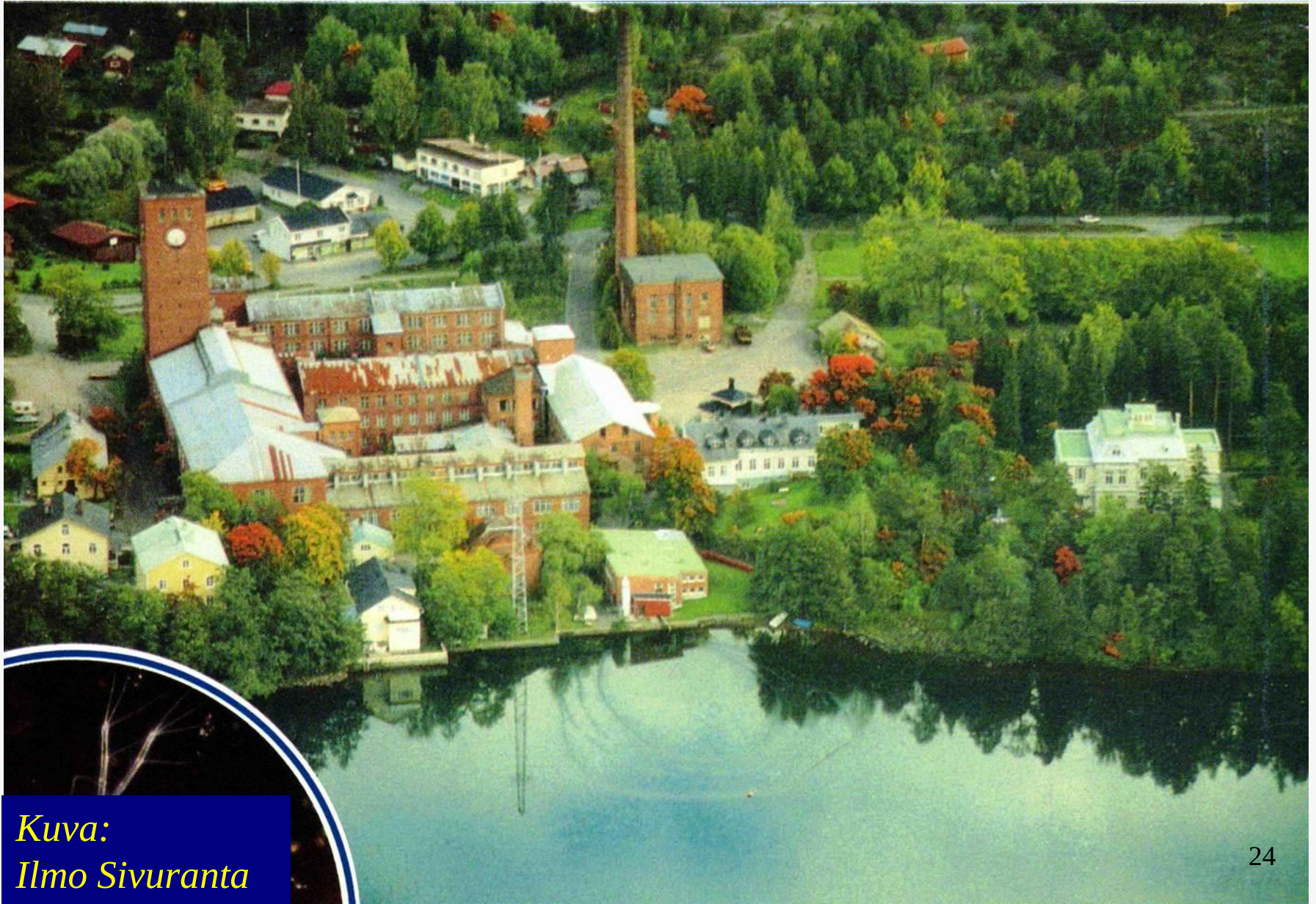
Kuva: Jouko Sarvala 26.7.2001

Muutokset olivat nopeita:
vesiruton toisen kannanromahduksen jälkeen kesällä 1992
järvi oli hyvin samea



*Kuva Littoistenjärven
säännöstely-yhtiö*

Mutta jo seuraavan talven jälkeen vesi oli kirkasta, näkyvyyttä oli pohjaan asti (2,5-3 m) melkein koko järvessä



*Kuva:
Ilmo Sivuranta*

Uposkasvien poistoa yritettiin

Kannanromahdusten
yhteydessä paikalliset
asukkaat keräsivät
kuolevaa vesiruttoa
kasoihin pois
kuljetettavaksi.

Myöhemmin
käytettiin varta
vasten uposkasvien
poistoon suunniteltua
keräävää
niittokonetta (RS
Harvester)

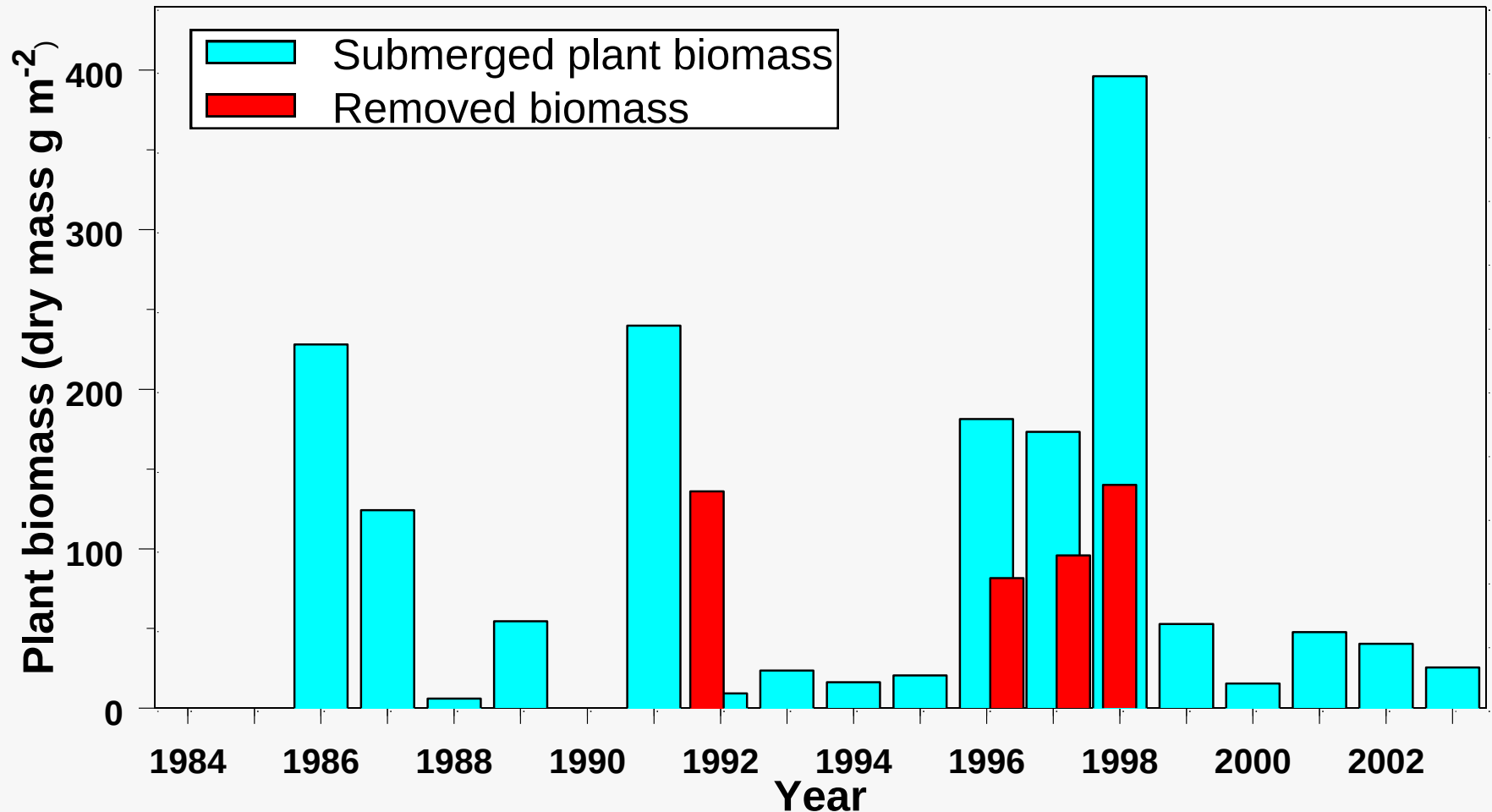


Kuva Reijo Talvitie 1992

1990-luvun puolivälin jälkeen (1996-1998) vesiruttoa poistettiin mekaanisesti 306-700 tonnia vuosittain. Tästä toiminnasta oli kuitenkin luovuttava, koska poisto kiihdytti jäljelle jäävien kasvien kasvua



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

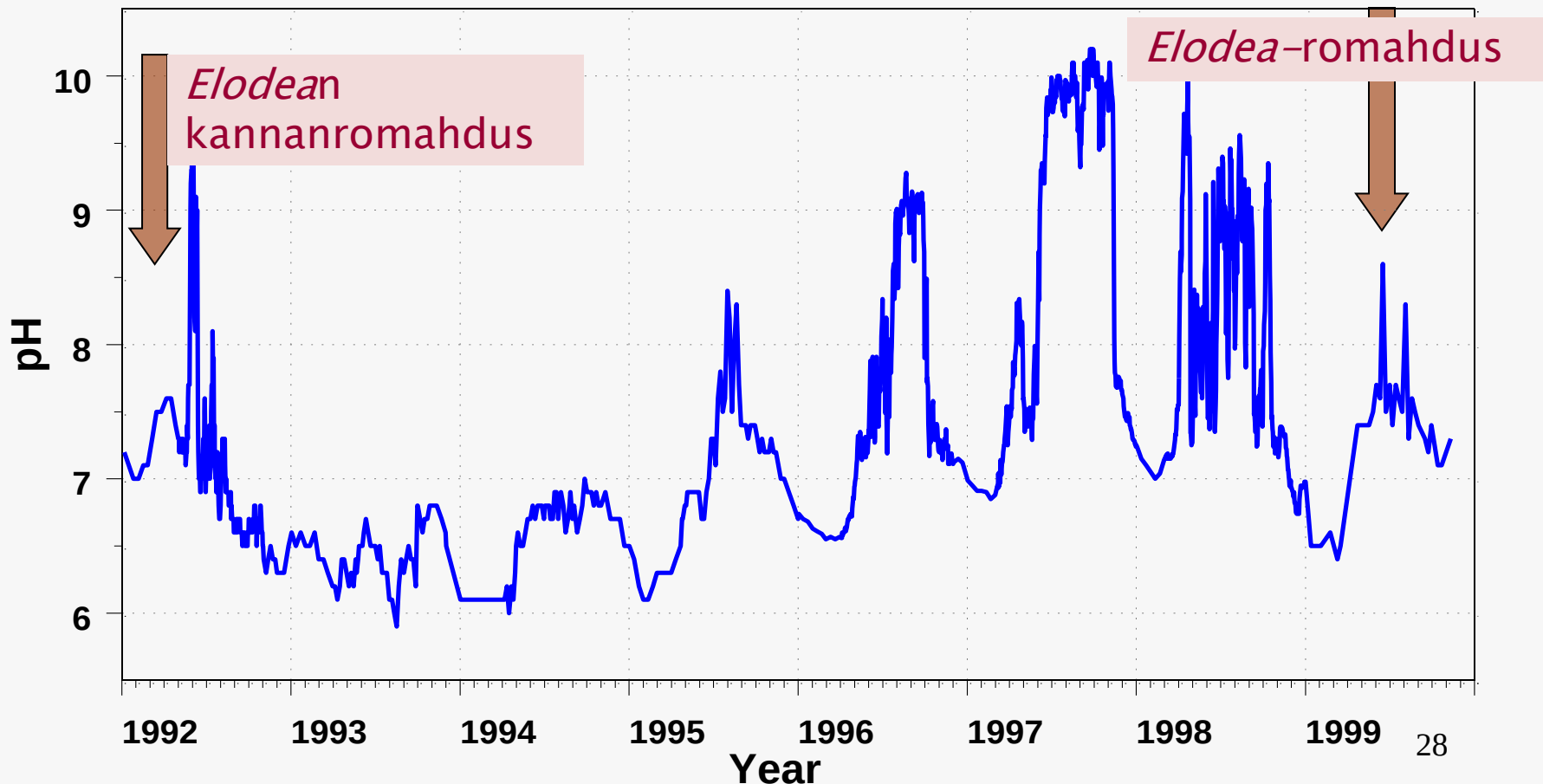


Uposkasvien yhteyttäminen nostaa veden pH:ta, ja vesiruton biomassan kehitys oli tunnistettavissa pH:n luonteenomaisista muutoksista.

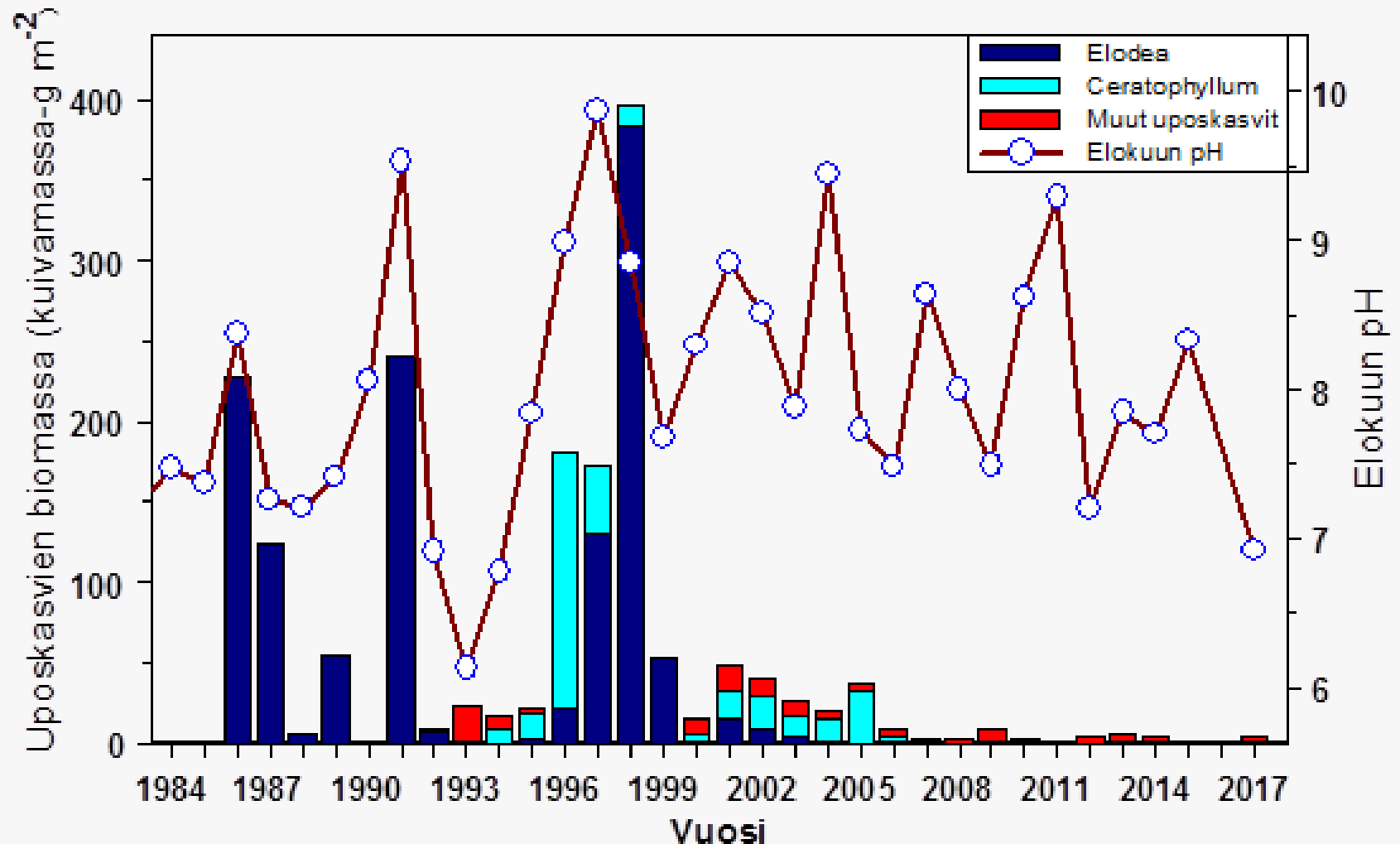
Vesilaitoksella pH kirjattiin joka aamu klo 8.

Kun uposkasveja oli vähän, pH pysyi alhaisena.

Uposkasvien lisääntyessä pH nousi vähitellen hyvin korkeaksi (jopa >10).



Jaksolla 1984-1999 elokuun pH kuvasi hyvin vesiruton kannanvaihtelun syklisyyttä. Tätä ennen ja sen jälkeen korkeat pH-arvot liittyivät leväkukintoihin.



Korkea pH vaikuttaa haitallisesti järven tilaan

- Tiheän kasvillisuuden joukossa on päivisin korkea pH ja happea ylikyllästeisyyteen saakka. Yöllä pH laskee ja happi saattaa kulua pohjan pinnasta loppuun, jolloin fosforia pääsee liukenemaan pohjasta veteen
- Voimakkaasti heilahtelevat ympäristöolot haittaavat monia eläimiä, etenkin äyriäisiä ja kaloja.
- Merkittävin haitta aiheutuu kuitenkin korkean pH:n vaikutuksesta fosforin vapautumiseen hapekkaissa oloissa - kun pH nousee yli yhdeksän, fosforia alkaa liueta pohjaliejusta, ja seurauksena voi olla syanobakteerikukintoja

Uposkasviongelmasta päästiin yllättäen 1999

Vedenoton päätyttyä joulukuussa 1998 molemmat ilmastimet rikkoutuivat. Toinen saatiin käyttöön lopputalvesta, mutta järveen ehti kehittyä lähes täysi happikato kevättalvella 1999.

Pääosa kasveista kuoli tässä happikadossa, ja myöhemmin vedenpinnan nousu ja veden sameus estivät vesiruttoa valtaamasta järven keskiosia

Vuosituhanen vaihteessa Littoistenjärven tilanne näytti varsin lupaavalta: uposkasvit olivat vähissä ja veden laatu kohtuullisen hyvä

Niinpä vuoden 2005 katsauksessa arvioin vielä, että mitään erityistä hoitoa ei tarvittaisi

Turun yliopiston Biologian laitoksen Julkaisuja n:o 24

Turku 2005



**Littoistenjärven ekologisen tilan kehitys ja
hoitovaihtoehdot**

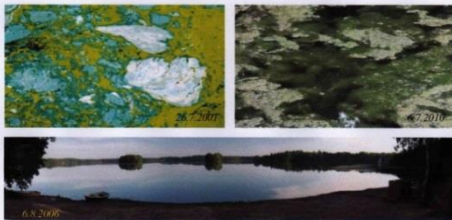
Jouko Sarvala

Toiveikkuus oli ennenaikaista

kuten vuosien 2013 ja 2016 yhteenvedot yli 30 vuoden seuranta-aineistosta sittemmin osoittivat



LITTOISTENJÄRVEN TILA JA KUNNOSTUSVAIHTOEHDOT 2012
Jouko Sarvala
Turun yliopiston biologian laitos, Ekologian osasto
2013-10-22



Littoistenjärven ekologinen tila 2015 ja toimenpiteet hyvän tilan saavuttamiseksi

Lausunto 24.5.2016

Jouko Sarvala, emeritusprofessori

Biologian laitos, Turun yliopisto

Niin kuin luonnon ekosysteemien kanssa usein käy, järvellä oli taas tarjota yllätyksiä

Vesiruton tilalle saatiin samea vesi ja jokavuotiset syanobakteerikukinnat

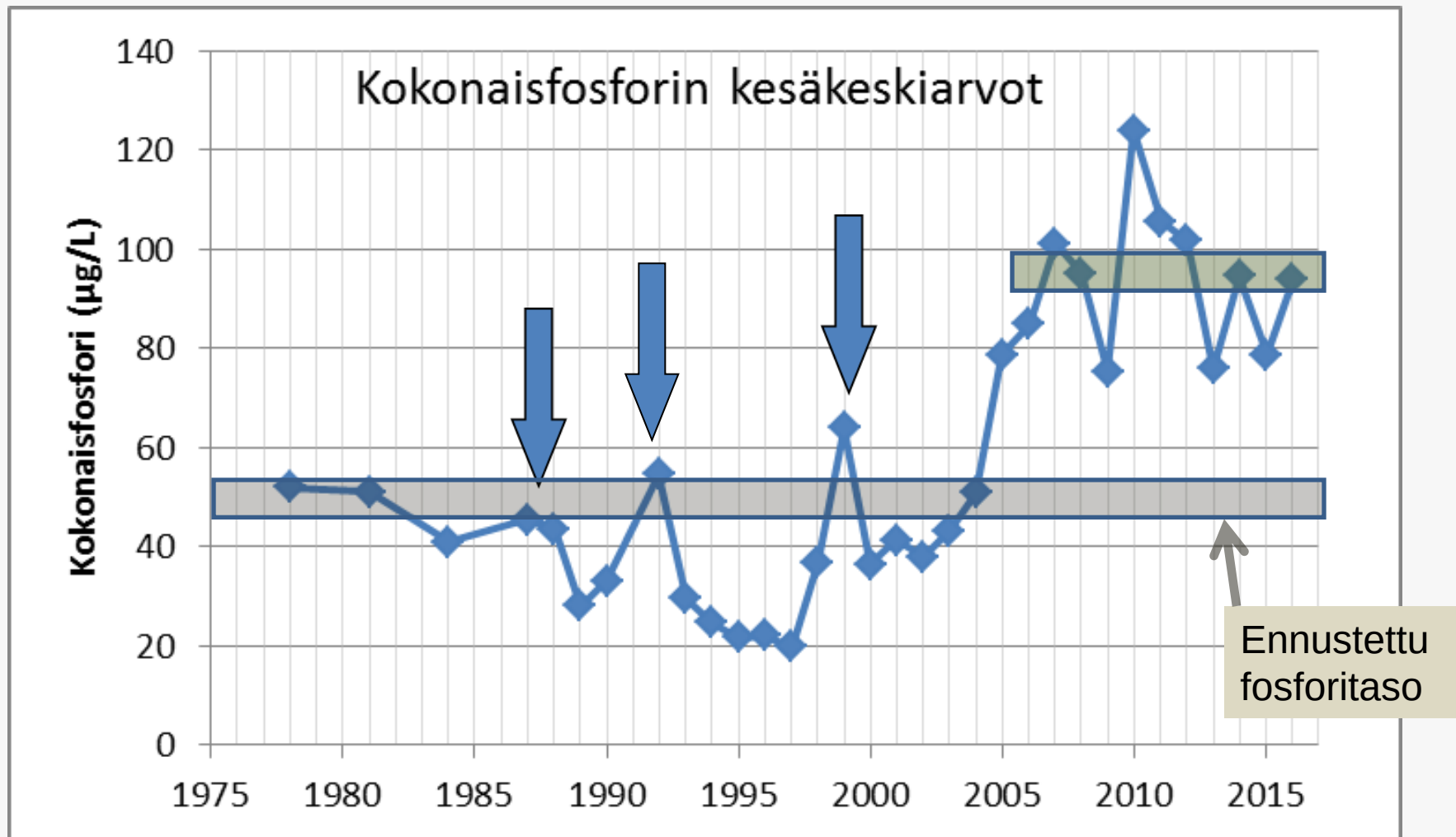
Uudeksi ongelmaksi tuli voimistunut sisäinen kuormitus

Muutaman välivuoden aikana järven kehityksessä siirryttiin seuraavaan vaiheeseen, jota luonnehtivat

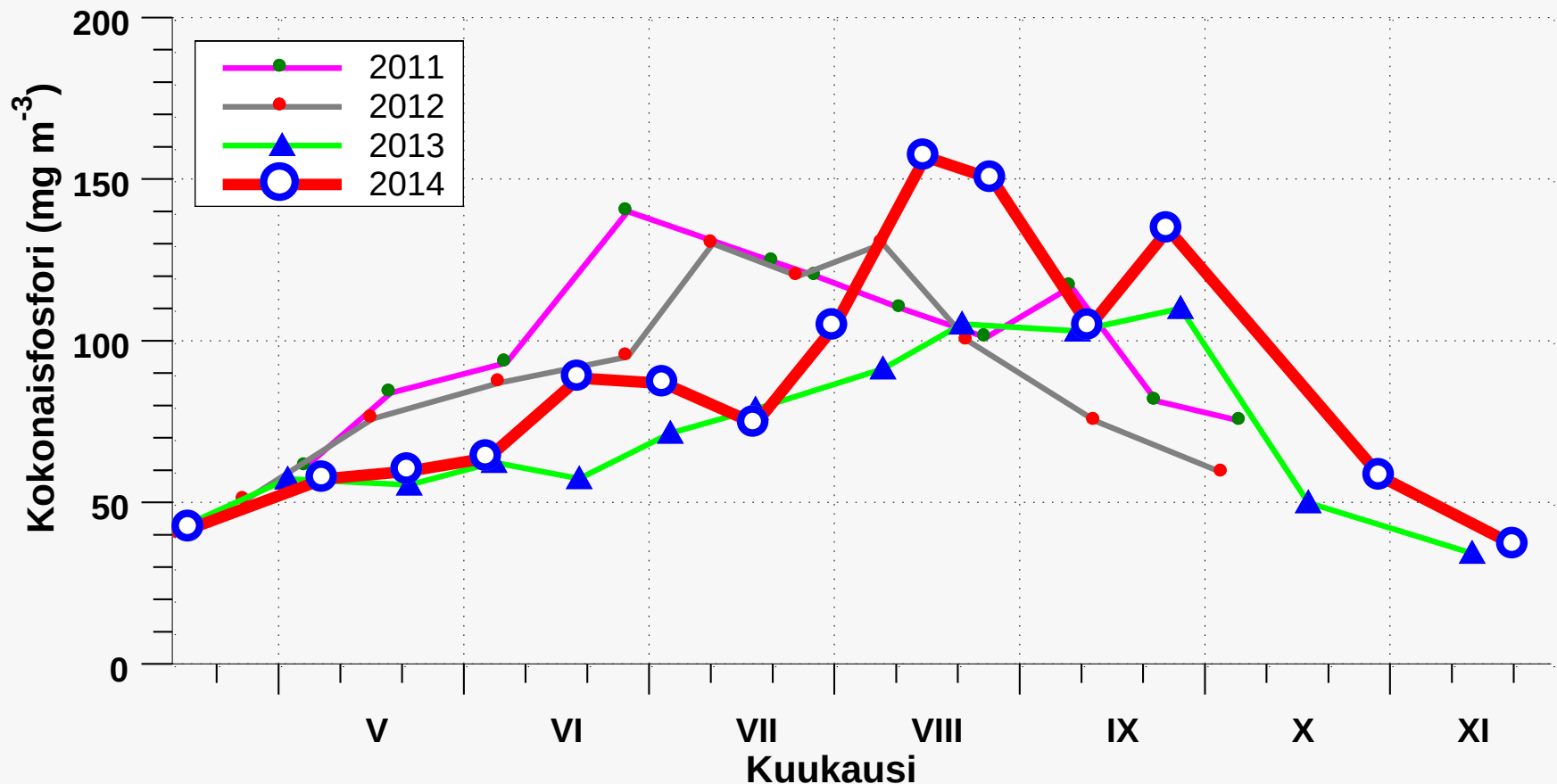
- ✓ voimakas sisäinen fosforikuormitus
- ✓ korkean fosforitason takia levämassojen samentama vesi
- ✓ osana levähaittoja jokakesäiset voimakkaat syanobakteerikukinnat
- ✓ joinakin vuosina myös ajelehtivia rihmamaisia viherleviä
- ✓ pikkukalavaltainen kalasto

Veden laatua Littoistenjärvessä säätelee fosforin saatavuus.

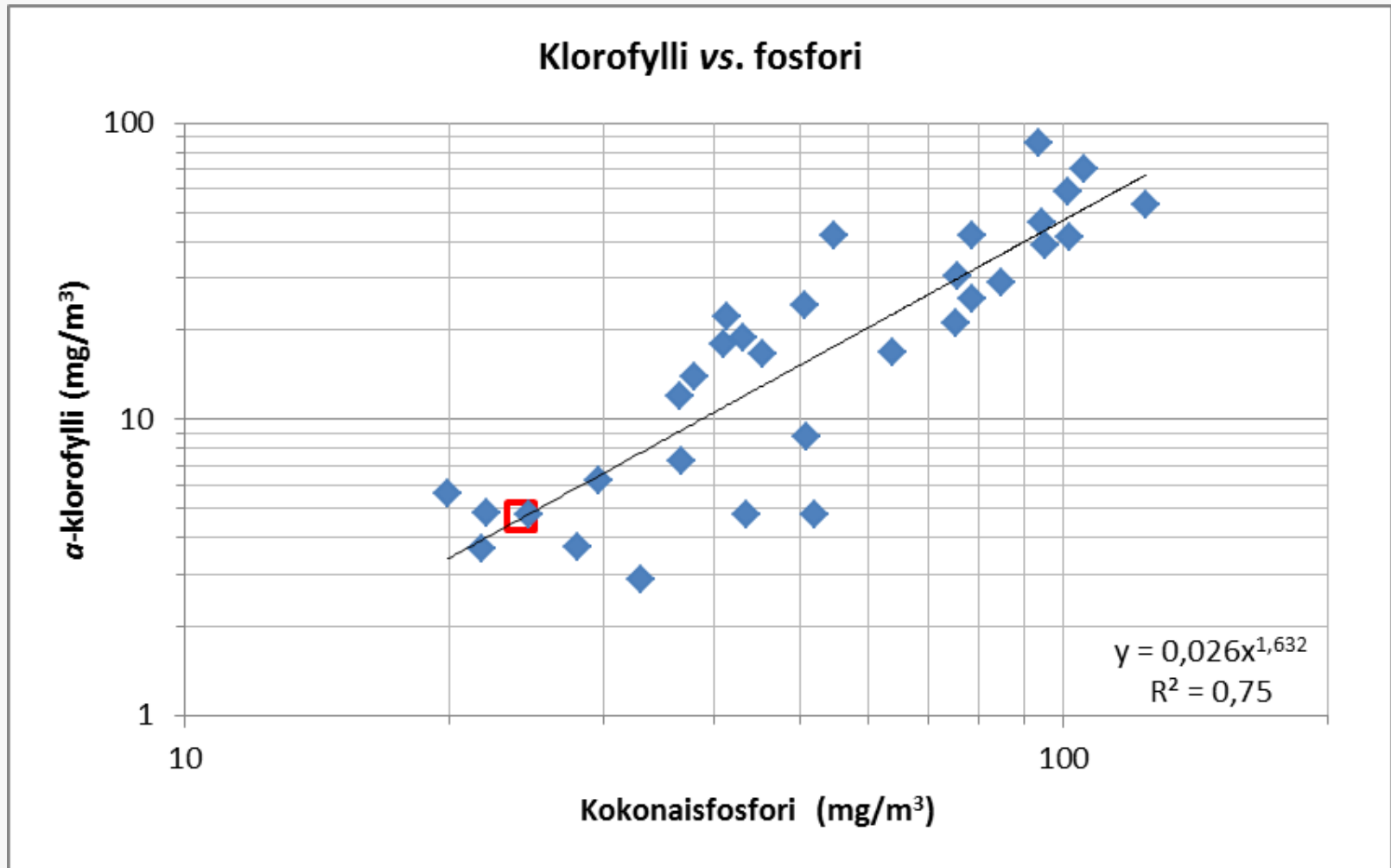
Fosforitaso pysyi pitkään kohtuullisena vesiruton romahdusvuosia ja happikatotalvea 1998-1999 lukuun ottamatta, mutta nousi uudelle tasolle vuosien 2003-2006 välillä.



Fosforitason nousu johtui **sisäisestä kuormituksesta**: fosforia liukeni kesän aikana pohjasta veteen. Varhaiskevään tilanne pysyi vuodesta toiseen lähes samana, mutta keski- ja loppukesään mennessä fosforitaso yleensä kolmin- tai nelinkertaistui.



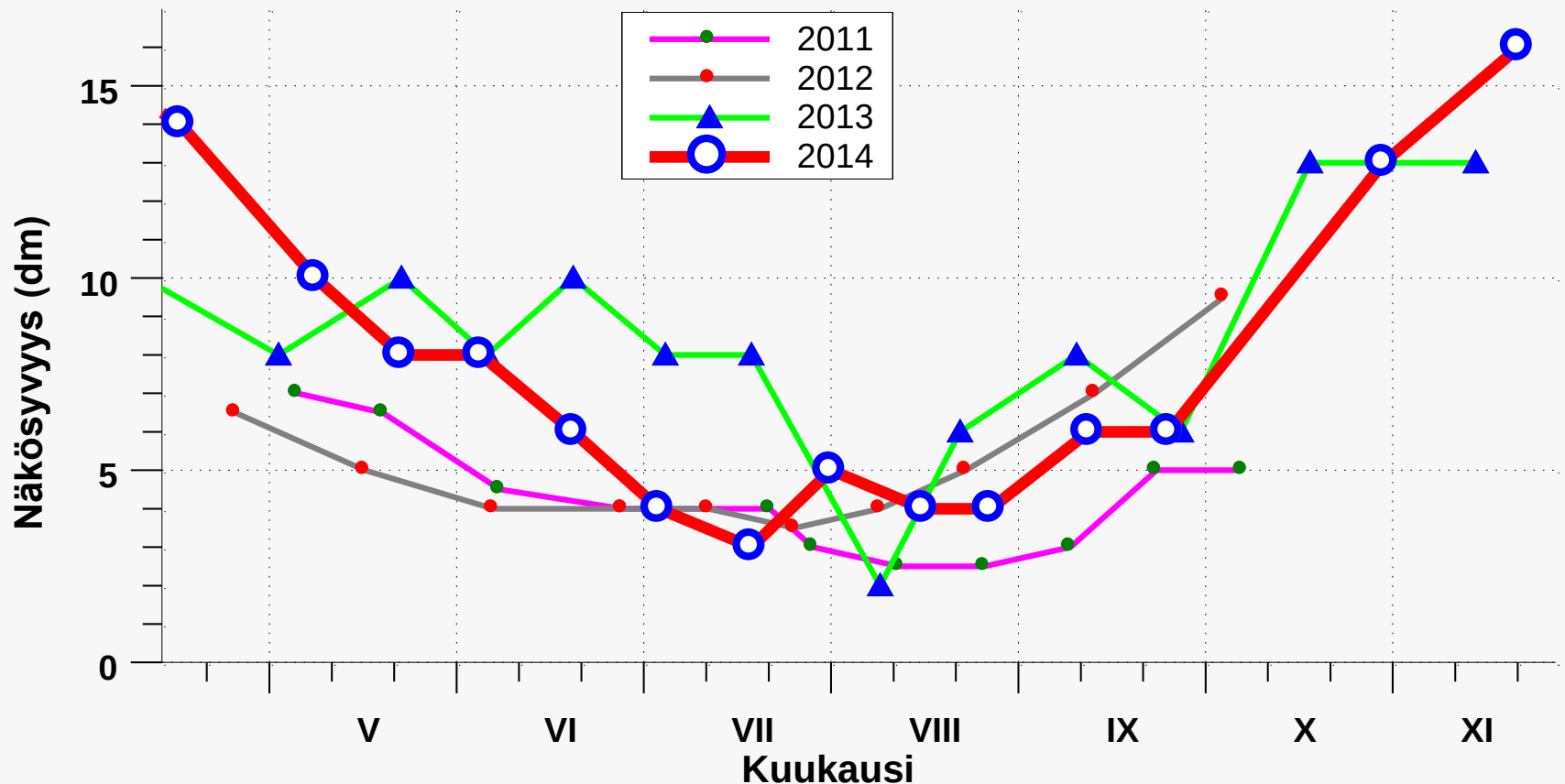
Kasviplanktonin biomassa ja sitä kuvaava klorofyllin määrä ovat Littoistenjärvessä tiiviisti sidoksissa fosforin pitoisuuteen



Hyvä veden laatu – klorofylli alle 8 µg/L – saavutetaan fosforitasolla 33 µg/L

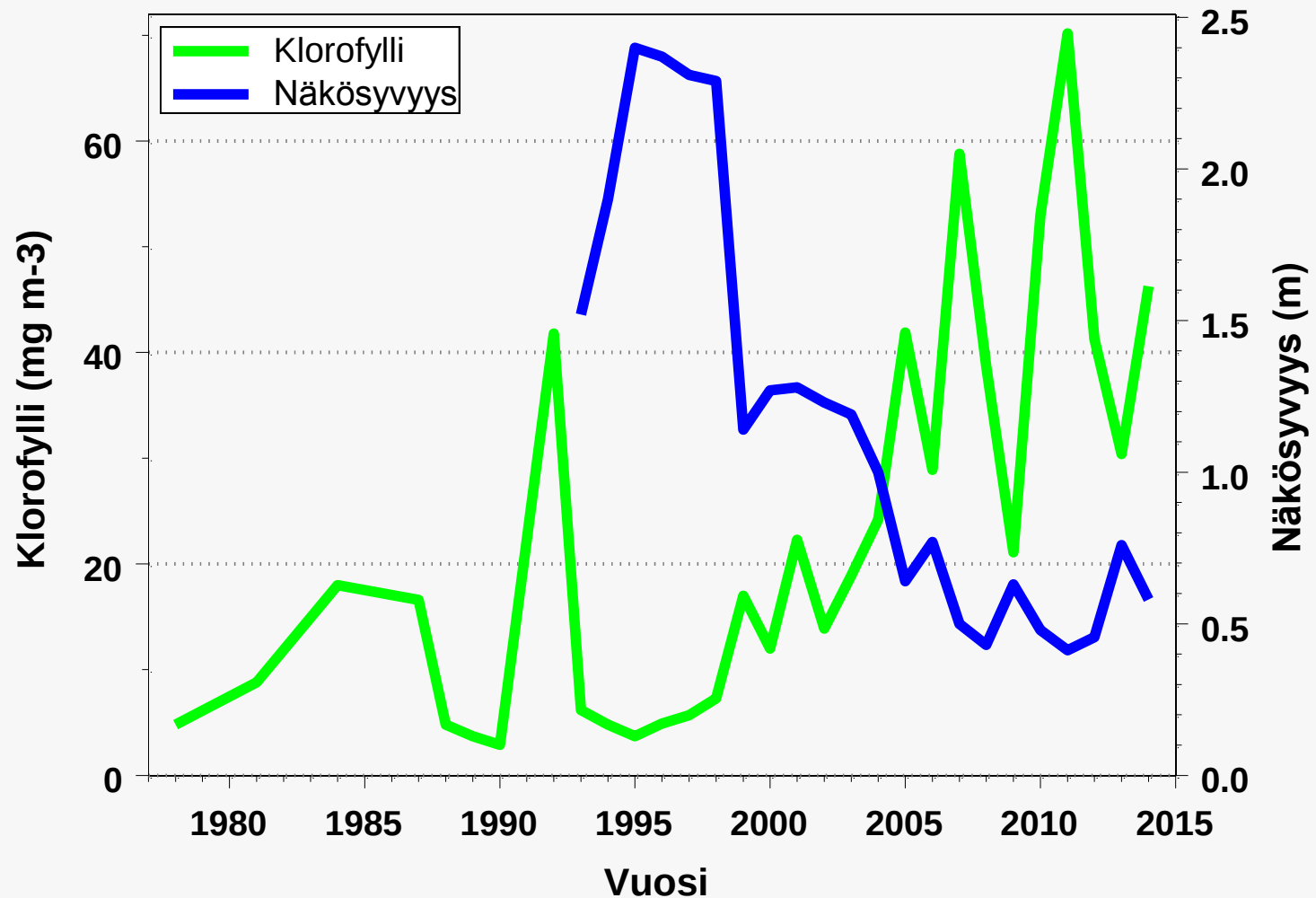
Niinpä klorofyllin vuodenaikaiskehitys noudatti pienellä viiveellä fosforitason muutoksia.

Näkösyvyys puolestaan on käänteisessä suhteessa klorofyllin määrään. Pienimmät arvot mitattiin loppukesällä, myöhään syksyllä ja varhain keväällä vesi oli melko kirkasta.

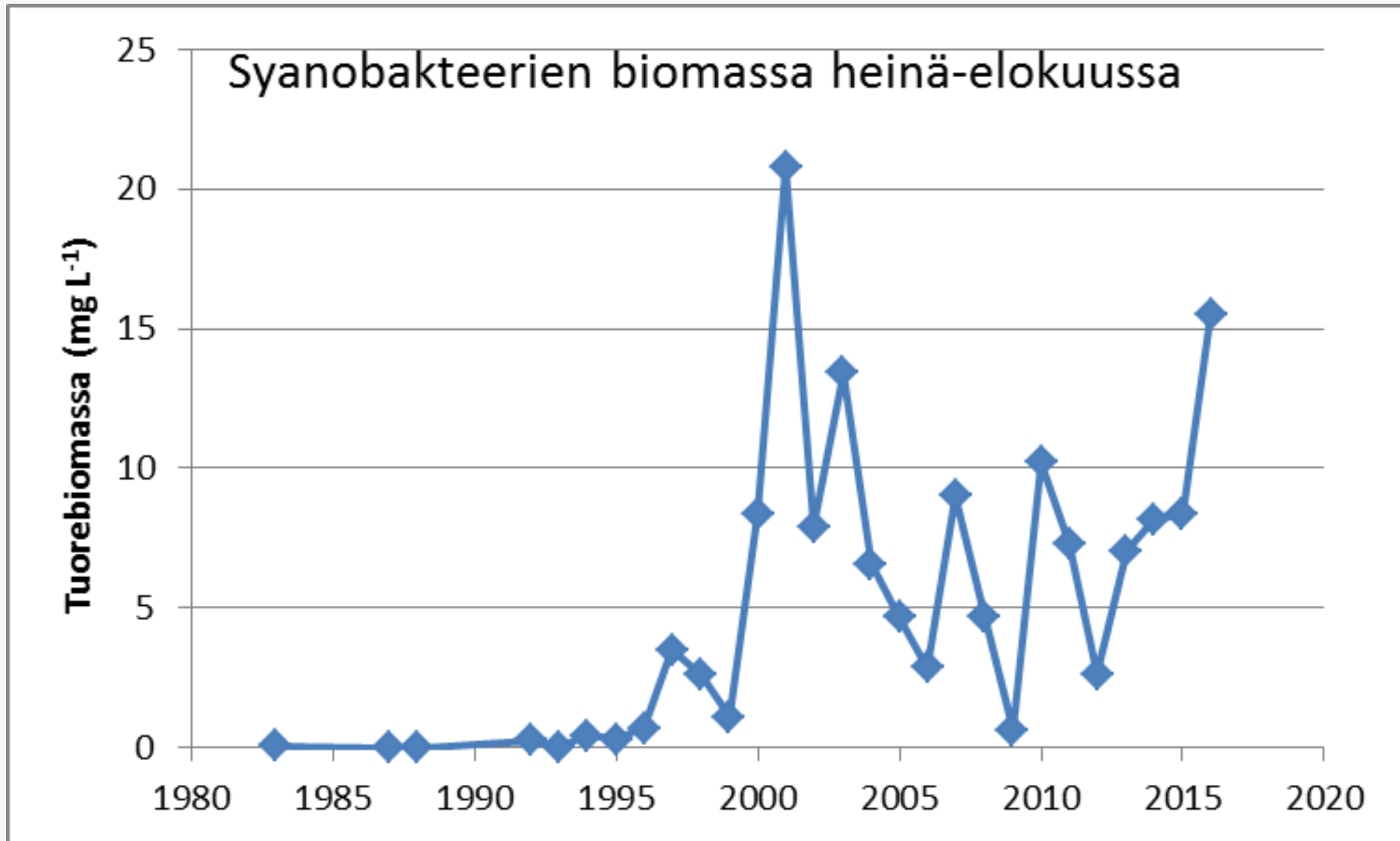


Muutokset veden laadussa voi nähdä paljain silmin: klorofyllin lisääntyessä näkösyvyys heikentyi 1990-luvun 2,5 metristä 0,5 m:n tasolle 2000-luvulla.

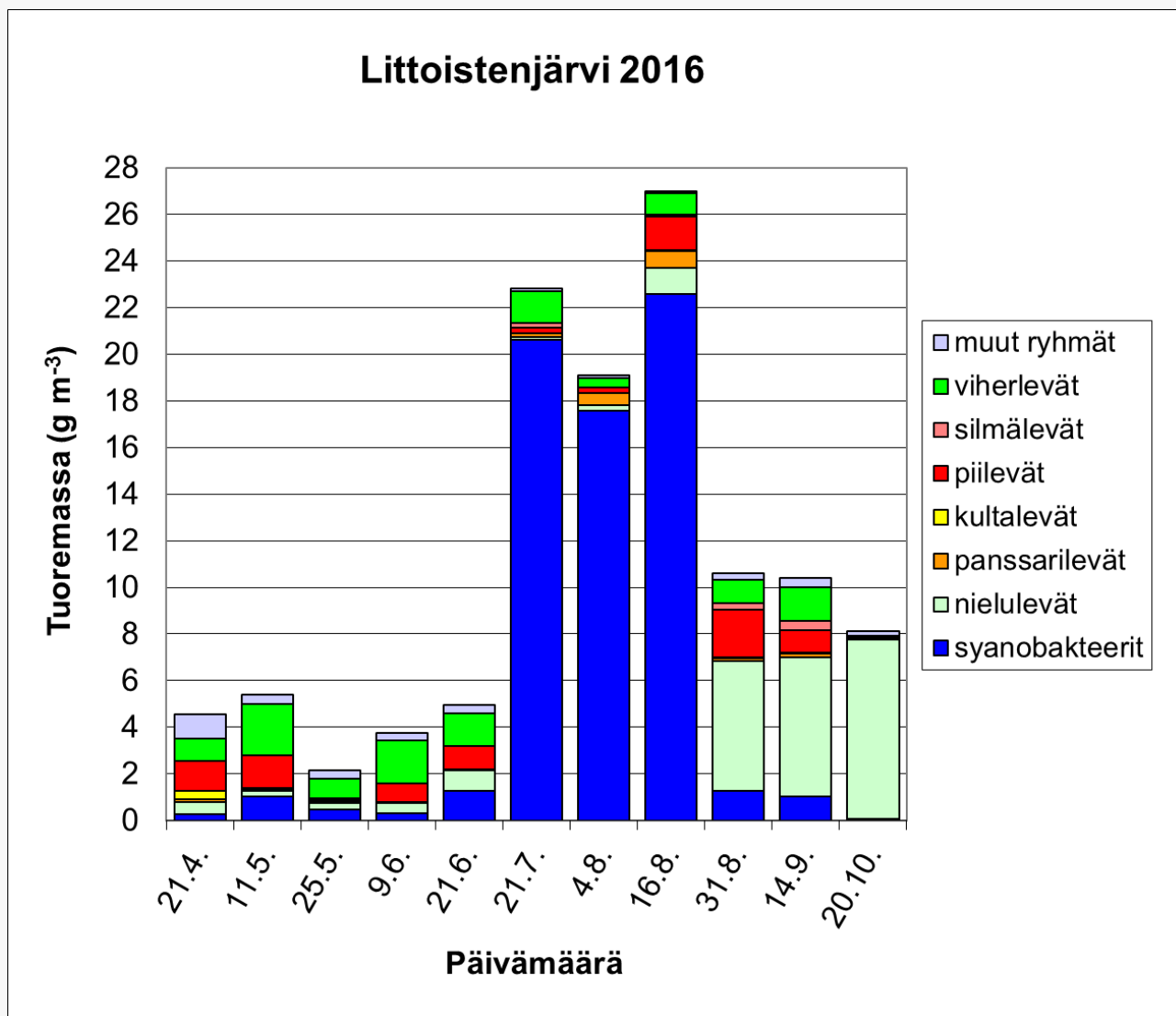
Klorofyllin nousu tapahtui vähitellen...



...mutta voimakkaat syanobakteerikukinnat alkoivat heti
vuodesta 2000



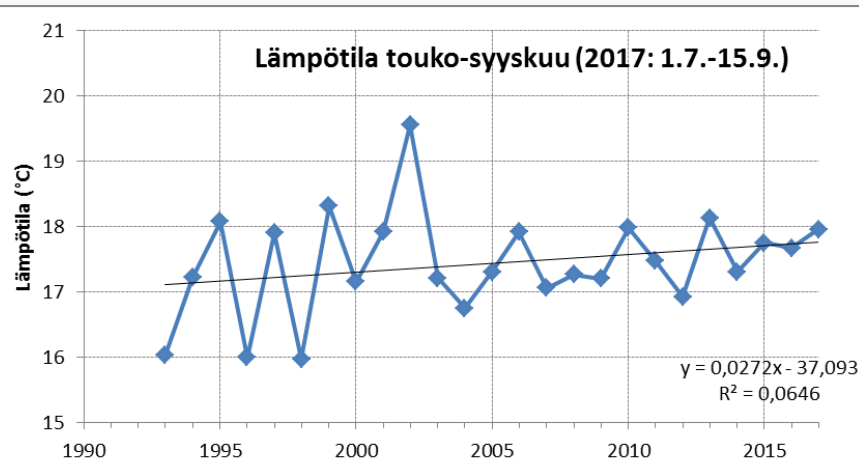
Tyypillisesti veden laatu heikkeni eniten juuri parhaana lomakautena heinä-elokuussa kuten tässä kesällä 2016



Miksi sisäinen kuormitus kohosi?

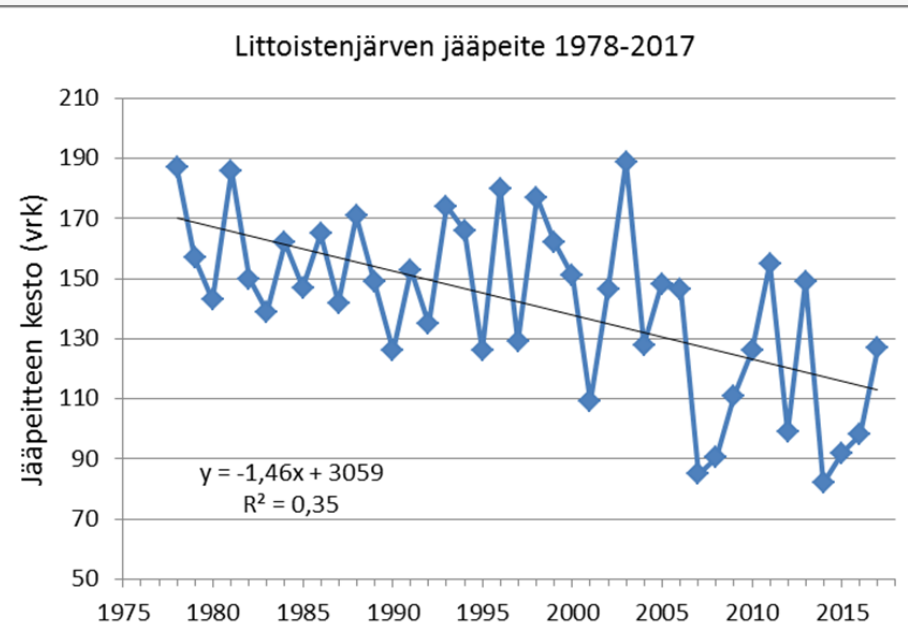
- Syitä ei täysin ymmärretä, sillä vuorovaikutukset ovat mutkikkaita
 - Ulkoinen ravinnekuormitus oli vain kohtuullinen eikä se ole ainakaan noussut viime vuosina
 - Kemialliset edellytykset fosforin pysymiselle pohjassa ovat hyvät, sillä sedimentissä on rautaa runsaasti ja rikkiä vähän (P-pitoisuus 1,5 mg/g, Fe:P massasuhte 24, S:Fe moolisuhte 0,13)
- Osatekijöitä olivat ainakin
 - Voimistuneet hellejaksot joinakin vuosina (ilmastonmuutos)
 - Kalastomuutokset (osaksi ilmastositonniaisia)
 - Eläinplanktonia syövät pikkukalat runsastuivat vuoden 1999 jälkeen
 - Pohjaeläimiä syövät kalat, etenkin lahna, runsastuivat samaan aikaan
 - Korkea pH (seurausta leväkukinnoista → itseään vahvistava kehä)
 - Uposkasvillisuuden pysyvä taantuminen 2000-luvulla
 - Talvisen happitilanteen heikkeneminen

Yhtenä taustatekijänä on ilmeisesti ilmastonmuutos, joka näkyy Littoistenjärven lämpötilakehityksessä



Kesälämpötilan nousu ($0,27^{\circ}\text{C}/10$ vuotta) ei tosin ole merkitsevä, mutta on linjassa muista järvistä mitatun kehityksen kanssa

Veden laadun kannalta myönteistä on se, että ilmastonmuutos kohottaa meillä eniten talven lämpötiloja: vuodesta 1978 vuoteen 2017 Littoistenjärven jäätalven kesto on lyhentynyt 57 vrk

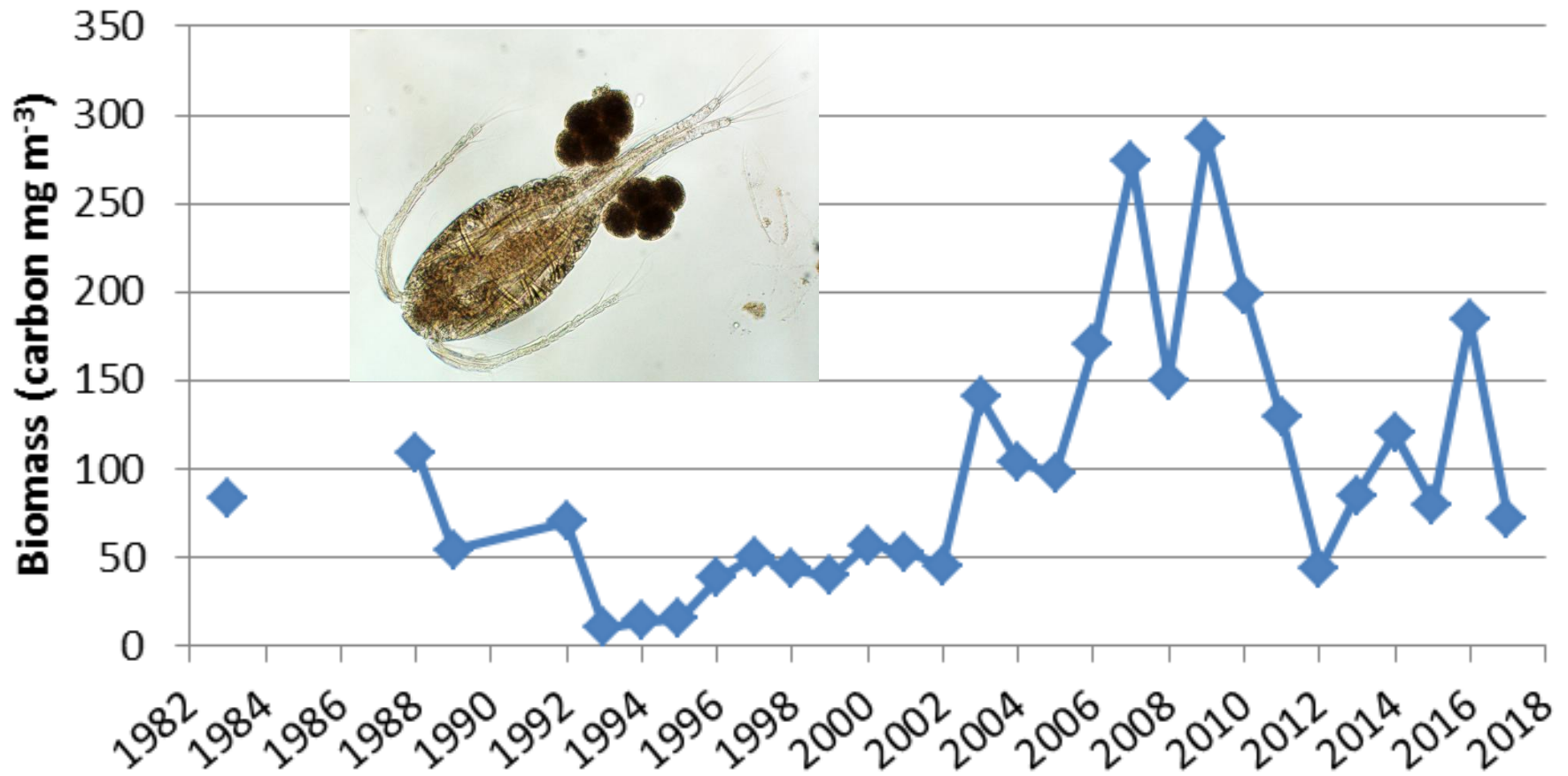


Lämpötilan nousu vaikuttaa usealla tavalla, mutta etenkin kalaston (sekä eläinplanktonia että pohjaeläimiä syövän) kautta

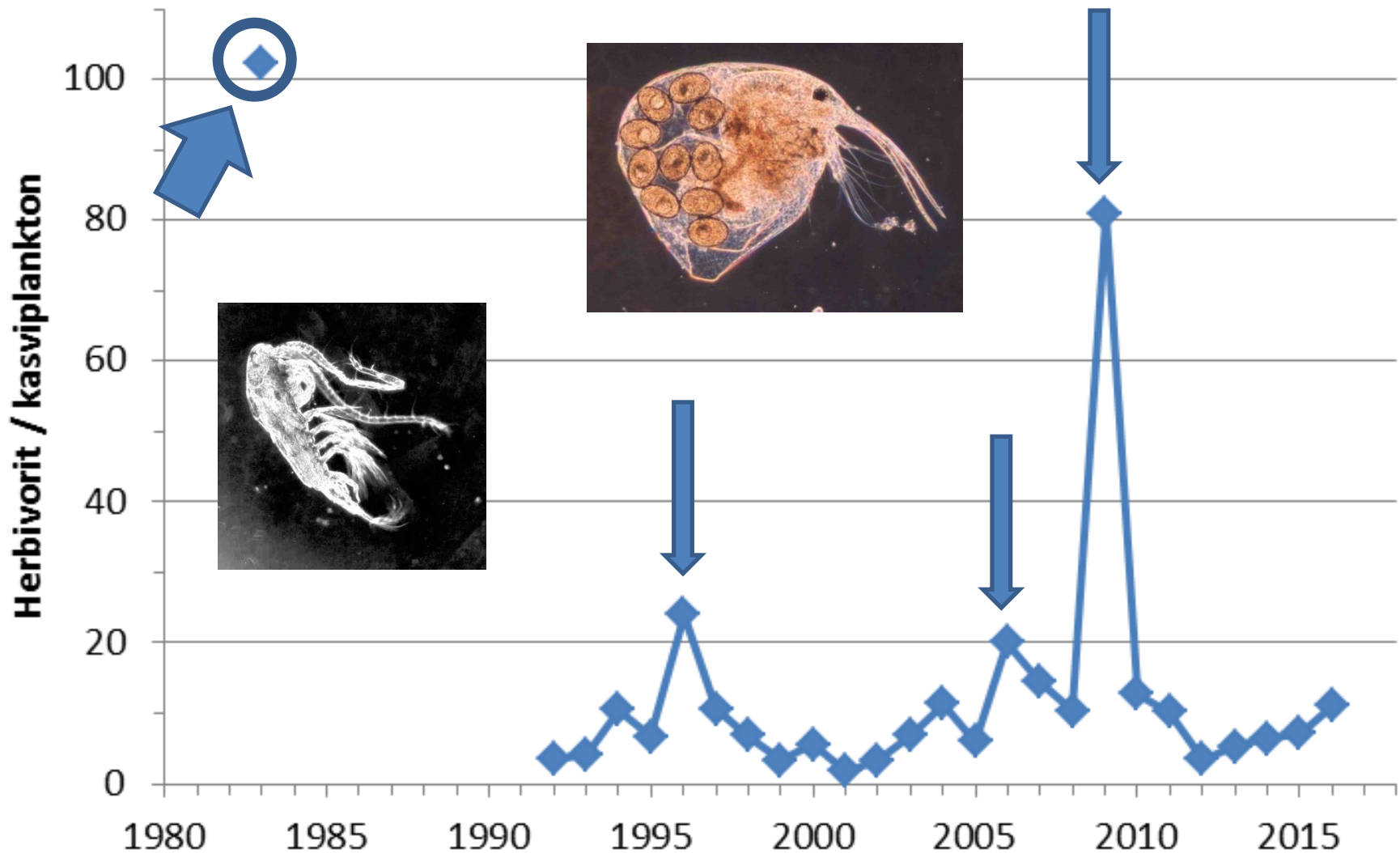
- Lämpiminä kesinä syntyi poikkeuksellisen vahvoja kevätkutuisten kalojen vuosiluokkia
- Järveen ilmaantui siten liikaa pieniä ahvenia, särkiä, kiiskiä ja lahnoja, jotka söivät eläinplanktonin kookkaat vesikirput vähiin
- Lisäksi kalojen ravinnontarve kasvaa lämpötilan noustessa, jolloin eläinplankton niukkenee entisestään
- Kuitenkin juuri korkeissa lämpötiloissa tarvittaisiin enemmän eläinplanktonia pitämään kasviplankton kurissa (lämpötilan nousu kiihdyttää enemmän kasviplanktonin kasvua kuin eläinplanktonin syöntinopeutta – etenkin syanobakteerit hyötyvät).
- Pohjaeläimiä syövät kalat pöllyttivät pohjaa ja edistivät fosforin siirtymistä pohjasta veteen
- Kalojen eritteet ja ulosteet lisäsivät myös sisäistä kuormitusta ja kohottivat veden fosforitasoa
- Kalojen niukentama eläinplankton ei pystynyt estämään syanobakteerien ja muiden levien lisääntymistä, joka johti kasviplanktonin massaesiintymiin

Planktonäyriäiset (etenkin kyklooppiäyriäiset) runsastuivat kyllä rehevöitymisen myötä...

Littoistenjärvi äyriäisplanktonin kokonaisbiomassa
kesällä (1.V.-15.IX.) 2000-2017

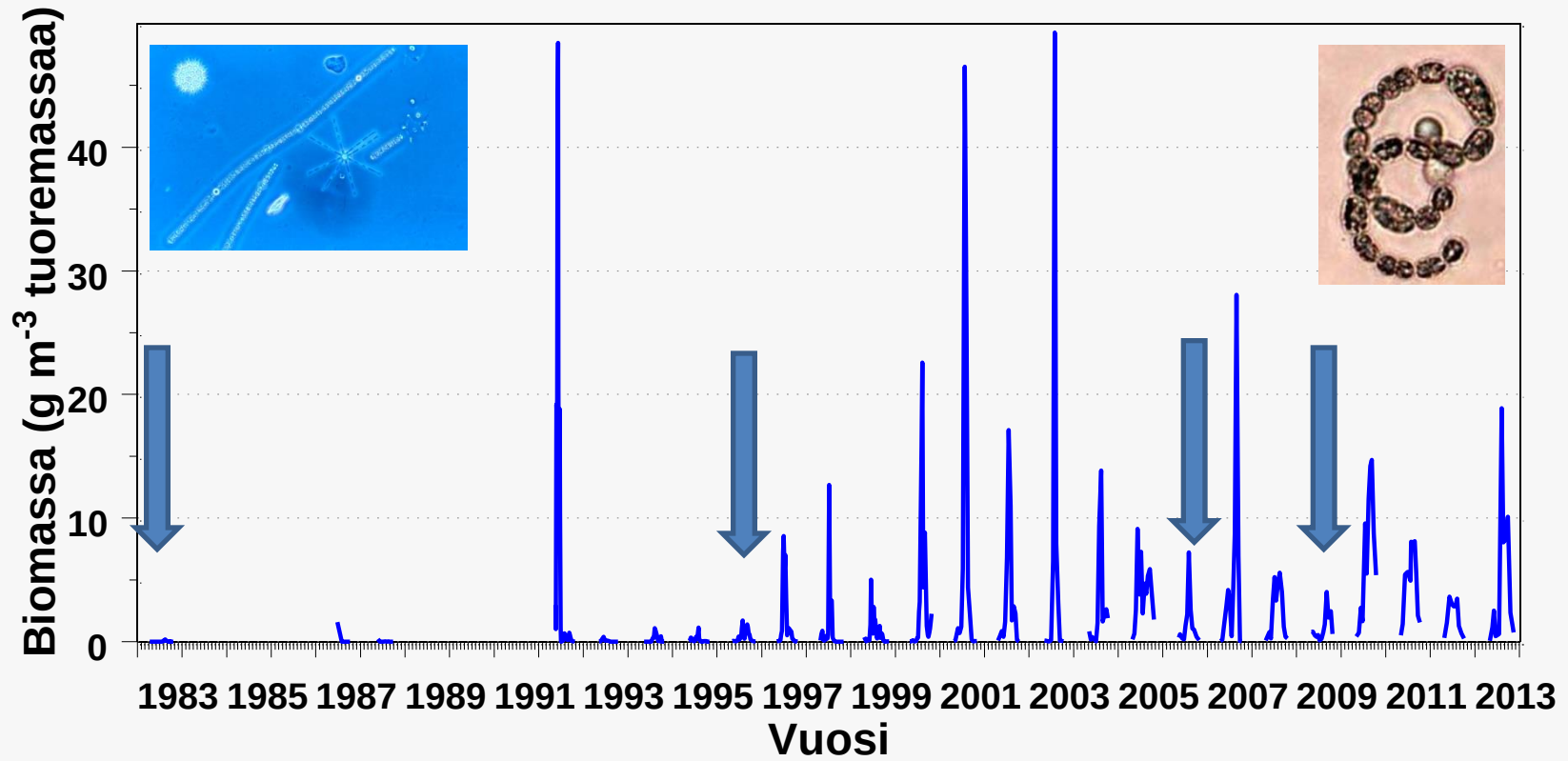


... mutta suhteessa kasviplanktoniin etenkin isoja levänsyöjiä oli järvessä 2000-luvulla aivan liian vähän.
Ero 1980-luvun alun tilanteeseen oli iso.

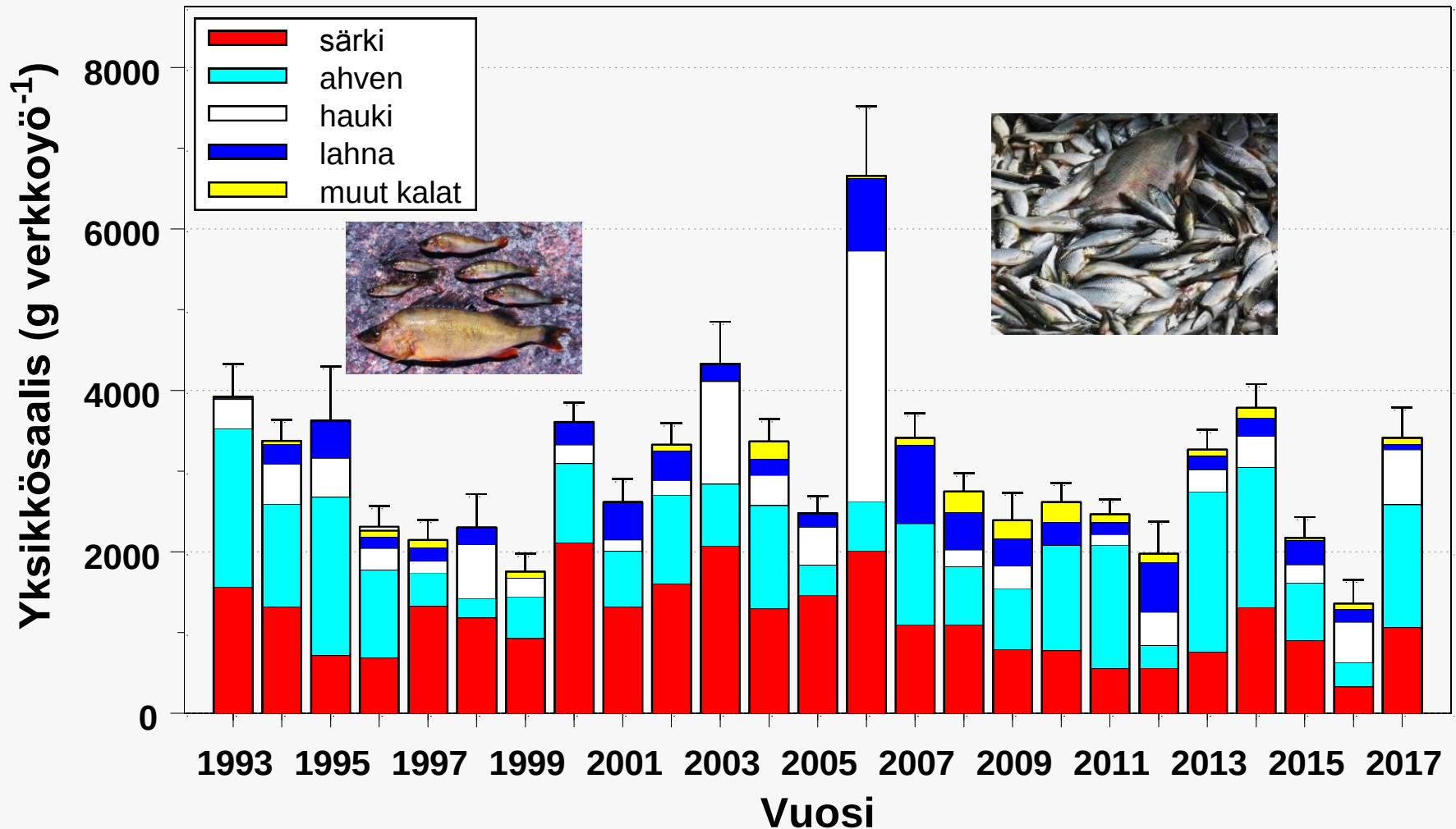


Syanobakteerien (sinilevien) määrä pysyi kyllä kurissa niinä harvoina vuosina, jolloin planktonäyriäisiä oli riittävästi. Laidunnusteho selittää kuitenkin vain osan syanobakteerien vaihtelusta.

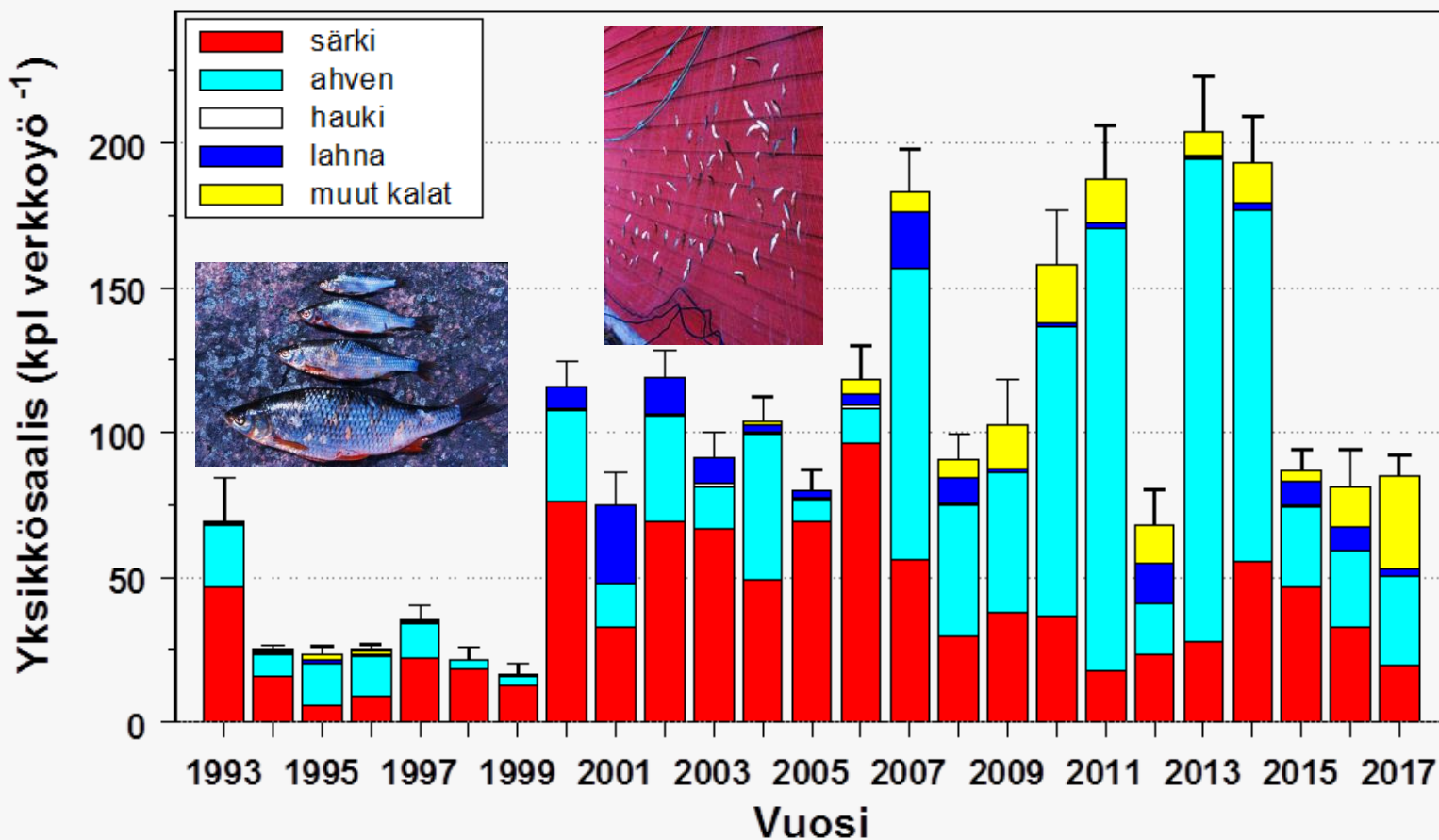
Syanobakteerien kokonaisbiomassa



Kalaston biomassassa ei näytä olleen isoja heilahduksia viime vuosina, ehkä lievää laskua 2000-luvulla, jolloin lahna ja etenkin särki, ehkä myös hauki, ovat vähentyneet koekalastusaliissa.



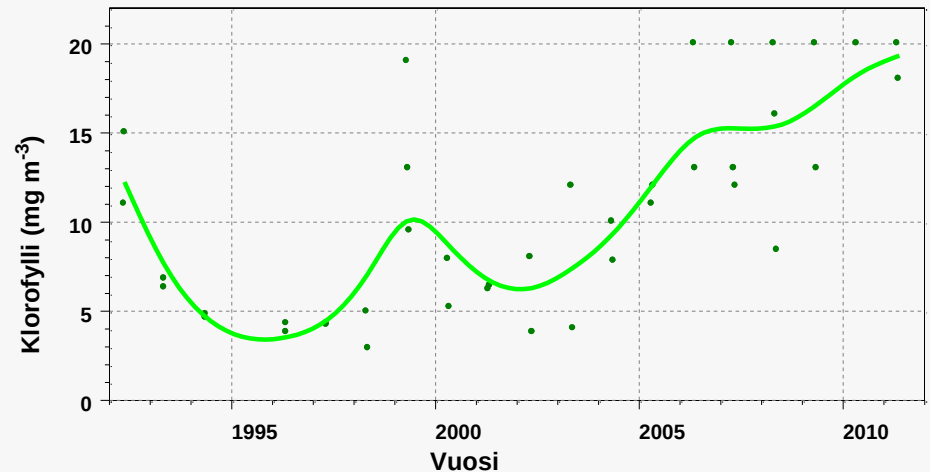
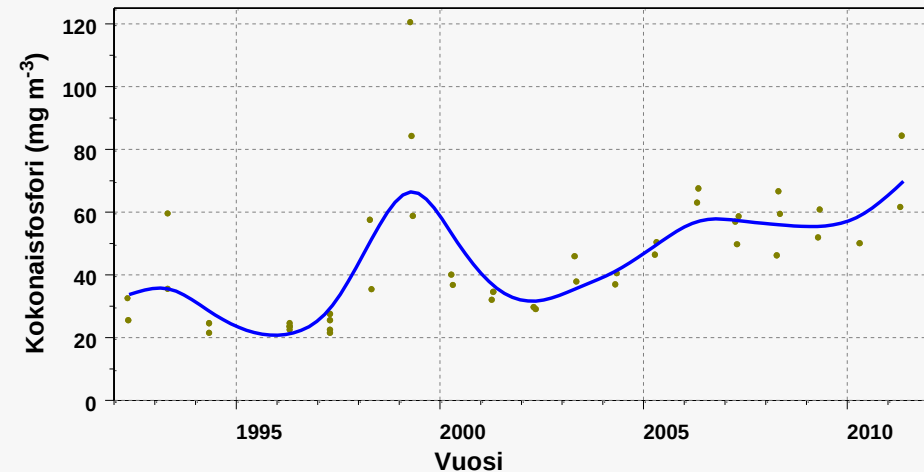
Mutta kalaston kokojakauma muuttui vuodesta 2000 alkaen hyppäyksellisesti - yksilömäärät kasvoivat kun saaliissa vallitseviksi tulivat pienet kalat. Erityisen paljon oli aluksi särkiä ja myöhemmin pikkuahvenia. Lahnan lisääntyminen käynnistyi happikatotalven 1999 jälkeen. Aivan viime vuosina kalatiheys näyttää laskeneen, mutta biomassat ovat yhä hyvin rehevän järven tasolla.



Talvisella happitilanteella voi olla myös merkitystä

Vaikka tilanne 2000-luvun alussa näytti hyvältä, myöhemmin kävi ilmi, että jääpeitteisenä kautena pohjan lähelle syntyi happivajetta, joka huononsi sedimentin kuntoa

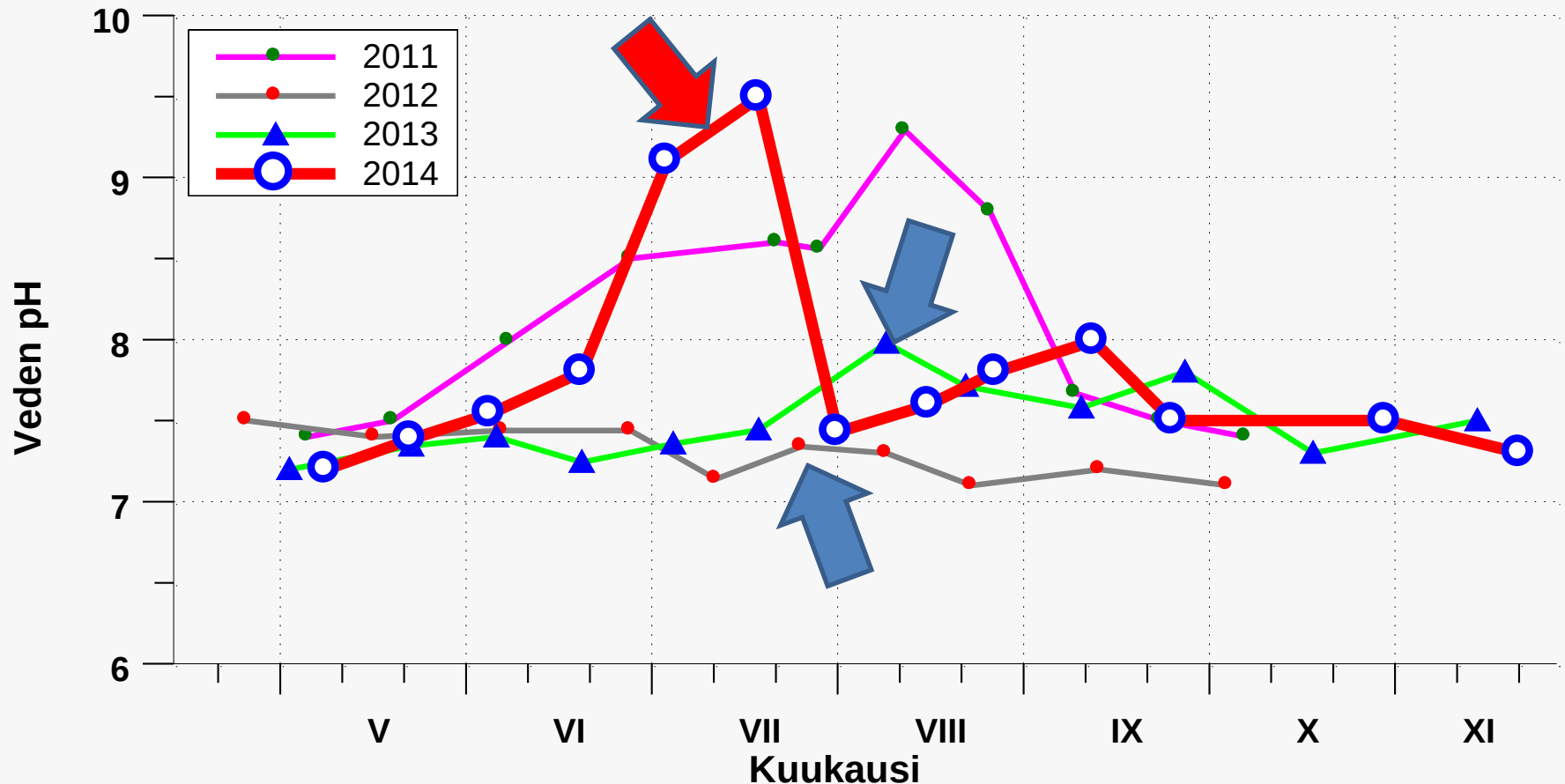
Talvesta 2002-2003 talveen 2012-2013 käytössä oli varsinaisten ilmastinlaitteiden sijasta vain kaksi virtauskehittintä. Tällä aikavälillä kevään fosforitaso kaksinkertaistui, ja klorofylli nousi vielä enemmän. Tämä osaltaan edesauttoi leväkukintojen syntyä.



Leväkukinnat – korkea pH – fosforin liukeneminen – itseään vahvistava kehä

- Kun järveen pääsi kehittymään keski- ja loppukesällä voimakkaita leväkukintoja, nämä nostivat veden pH:n niin korkealle (>pH 9), että fosfori lähti liukenemaan pohjaliejusta veteen
- Fosforitason nousu vahvisti entuudestaan syanobakteerien ja muiden levien massaesiintymiä, eli syntyi itseään vahvistava kehä
- Korkea lämpötila myös nopeutti hajotustoimintaa pohjaliejussa ja heikensi siten happioloja ja edisti fosforin liukenemista
- Kohonnut planktontuotanto lisäsi sedimentaatiota ja kasvatti pohjan pintakerroksen helposti liukenevan fosforin määrää, edistäen siten sisäistä kuormitusta – tässäkin oli itseään vahvistava kehä

Mutta syy-seuraus-suhteet ovat mutkikkaita. Eri tekijät voivat olla tärkeitä eri vuosina. Esimerkiksi 2012 ja 2013 fosforia liukeni pohjasta, vaikka veden pH pysyi melko alhaisena. Toisaalta 2014 fosforitaso laski heinäkuussa, vaikka pH oli hyvin korkea.



**Ekologisen teorian mukaan
matalien järvien ekosysteemillä on kaksi vaihtoehtoista
tasapainotilaa:**

- *kirkasvetinen uposkasvivaltainen*
- *samea kasviplanktonvaltainen*

Seurantatulosten perusteella on ilmeistä, että Littoistenjärvi on noin vuodesta 2006 alkaen asettunut kasviplanktonin vallitsemaan tasapainotilaan, jossa järven ekologinen tila on huono tai korkeintaan välttävä

- Sameassa vaiheessa sisäinen ravinnekuormitus pitää ravinnetason korkeana, ja sameus estää uposkasvien kasvua
- Uposkasvivaltaisessa vaiheessa uposkasvit puolestaan hillitsevät tehokkaasti kasviplanktonin runsastumista silloinkin, kun vedessä on ravinteita runsaasti
- Palautuminen sameasta kirkasvetiseksi ei tapahdu itsestään, vaan tarvitsee voimakkaan ulkopuolisen sysäyksen

Mitä oli tehtävissä?

Vertailin vaihtoehtoisia kunnostusmenetelmiä vuoden
2013 yhteenvedossa



Valokuva: Jouko Sarvala 2001

Mahdolliset apukeinot 1

- **Ulkoisen kuormituksen vähentäminen** on yleensä keskeisin keino rehevöitymisen torjunnassa, mutta Littoistenjärvessä ulkoinen kuormitus ei nykytasollaan aiheuta vedenlaatuongelmia; lisäksi Järvelän kosteikon perustaminen on jo vähentänyt fosforikuormitusta vähintään neljänneksellä
- **Ruoppaus, kuivatus tai vedenpinnan nosto** eivät tule eri syistä kysymykseen Littoistenjärvessä
- **Vesikasvien poisto** ei ole viime vuosina ollut ajankohtainen, ja toisaalta kohtuullinen uposkasvimäärä on tarpeen veden pitämiseksi kirkkaana. Ilmaversoisten vesikasvien vyöhyke puolestaan on tärkeä maalta tulevien ravinteiden suodatin.
- **Syanobakteerien sakkaus vetyperoksidilla** – uusi menetelmä, josta ei vielä kokemuksia. Hoitaa vain oireita, toistettava joka kesä.
- **Talvisella ilmastuksella** estetään pohjanläheisen veden happikato ja torjutaan siten fosforin liukenemista hapettomasta pohjaliejusta. Littoistenjärven seurantatulosten mukaan ilmastuksen tehostaminen voisi laskea veden fosforitasoa.

Mahdolliset apukeinot 2

- **Ravintoketjukurkennostus** eli planktonia ja pohjaeläimiä syövien kalojen vähentäminen on usein kustannustehokas keino parantaa veden laatua. Littoistenjärvessä oli tehty särkien paunettipyyntiä keväisin – saaliit melko vähäisiä, vaikutus olematon. Lahnan talvinuottoaus talvella 2009 kyllä paransi veden laatua vaikka saaliit jäivät silloinkin aika pieniksi. Kalastustekniikka on matalissa järvissä ongelma.
- **Fosforin kemiallinen saostaminen** pohjaan on nopein keino parantaa veden laatua
 - ✓ tavoitteena on saostaa vedessä vapaana oleva fosfori ja sitoa pohjaleijun pintakerroksen fosfori
 - ✓ Alumiinikloridin käytöstä fosforin saostamiseen on maailmalta kokemuksia yli sadasta järvestä; polyalumiinikloridina aine on Suomessa yleisesti käytetty juomaveden ja jätevesien puhdistuskemikaali

Mahdolliset apukeinot 3

Fosforin kemiallinen saostus, jatkoa

- ✓ Matalissa järvissä fosforin saostuksen vaikutus kestää keskimäärin lyhyemmän ajan kuin syvissä järvissä, mutta Littoistenjärven tapauksessa pieni valuma-alue ja siten pieni ulkoinen kuormitus vastaavasti pidentävät vaikutuksia – odotusarvo on vähintään kymmenen vuotta
- ✓ Käsittely voi myös heilauttaa ekosysteemin uuteen, uposkasvivaltaiseen tasapainotilaan, jossa veden laatu on pysyvästi tai ainakin useimpina vuosina hyvä. Aika ajoin uposkasveja voi olla haitaksi asti.
- ✓ Suurin uhka kemiallisen käsittelyn onnistumiselle on pohjaeläimiä syövien kalojen runsaus. Tämä on myös Littoistenjärven kohdalla suurin kysymysmerkki, erityisesti koska lupaehdoissa oli määritelty, että veden pH ei saanut käsittelyn aikana alittaa arvoa pH 6, joten kalat säilyivät pääosin hengissä.

Pitkäaikaisen ekologisen seurannan, kunnostusmenetelmien vertailun sekä muualla saatujen kokemusten perusteella esitin vuonna 2008 Littoistenjärvelle kolmivaiheisen kunnostusohjelman



Jouko Sarvala 20.12.2016

- *Pyritään vähentämään kalastoa, erityisesti lahnoja ja muita särkikaloja*
 - *Tehostetaan talvista ilmastusta*
- ja jos nämä keinot eivät auta
- *Saostetaan liika fosfori alumiinikloridilla*

Ulkoinen kuormitus tietysti pidetään edelleen kurissa

Vertailin näiden kolmen menetelmän hyviä ja huonoja puolia päätöksenteon tueksi

Tehostettu talvinen ilmastus

Hyvät puolet

- Luonnonmukainen menetelmä, joka parantaa ekosysteemin kykyä sietää kohonnutta levätuotantoa ja muuta orgaanista kuormitusta
- Kustannuksiltaan melko edullinen

Mahdolliset ongelmat

- Ei täyttä varmuutta tuloksesta, vaikka aikaisemmat kokemukset ovatkin olleet positiivisia
- Jatkettava joka talvi
- Hyvä talvinen happitilanne jouduttaa uposkasviongelman paluuta

Poistokalastus

Hyvät puolet

- Luonnonmukainen menetelmä
- Kustannuksiltaan edullinen
- Vesi kirkastuu todennäköisesti vain kohtuullisesti, jolloin uposkasvien liikakasvu ei olisi kovin suuri ongelma

Mahdolliset ongelmat

- Littoistenjärven kaltaisessa matalassa järvessä tehokas kalastus on vaikeaa, koska särkien syysparville ei ole selviä alueita
- Kalakannan koosta ja siten myös kalastustarpeesta ja kalaston vähentämisen hyödyistä on epävarmuutta
- Vaikka tehokalastus onnistuisi, ei ole täyttä varmuutta veden laadun paranemisesta
- Kalastusta jatkettava vuosittain tai ainakin muutaman vuoden välein

Fosforin kemiallinen saostus

Hyvät puolet

- Vaikutus on nopea – vesi kirkastuu käsittelypäivänä tai viimeistään muutamassa päivässä

Mahdolliset ongelmat

- Melko kallis menetelmä
- Vaikutuksen kesto epävarma
- Vedestä tulee niin kirkasta, että uposkasvit voivat runsastua liikaa
- Ajelehtivaa alumiinihydroksidisakkaa voi esiintyä
- Tarkka mitoitus on tarpeen, jos kalasto halutaan säästää; toisaalta jos kalasto jää ennalleen, sisäinen kuormitus voi jatkua
- Veden pH on pidettävä optimialueella myös siksi, että fosfori saostuisi tehokkaimmin ja että alumiini ei pääsisi liukenemaan takaisin veteen

Littoistenjärven kunnostus toteutettiin suunnitellusti

- Littoistenjärven kunnostuksille saatiin järven omistajista luonteva ja toimivaltainen toteuttaja, kun järven osakaskunnat järjestäytyivät vuonna 2008 ja perustivat yhteisen hoitokunnan
- Littoistenjärven hoitokunta päätti hakea ympäristölupaa fosforin kemialliselle saostukselle, ja lupa myönnettiin syyskuussa 2014
- Ympäristöluvan ehtona oli, että ennen kemiallista käsittelyä kokeillaan tehostetun ilmastuksen ja kalastuksen vaikutuksia kolmen vuoden ajan; AVI siis sisällytti lupaan kolmiportaisen kunnostusohjelman kaikki kolme vaihetta.
- Rahoitus kunnilta (200000 €) ja ympäristöministeriöstä (max. 175000 €, ”Hallituksen kärkihanke”)
- Hanketta hallinnoi Littoistenjärven hoitokunta, joka kilpailutti käytännön toteuttajat. Fosforinsaostusprojektin koordinoi Vahanen Environment Oy, kemikaalin levitti Ympäristö Ojansuut Oy, ja jälkihoitoprojektia johtaa Vapo Clean Waters Oy – tässä tähdätään saavutetun hyvän tilan säilyttämiseen.

Littoistenjärven kunnostus eteni vaiheittain ympäristöluvan mukaisesti

- Varsinaisen kunnostusohjelman ulkopuolella pidetään edelleen silmällä ulkoista kuormitusta. Littoistenjärven ulkoinen kuormitus on pieni ja se pieneni lisää, kun entiselle pellolle muodostetun lintukosteikon vedet ohjattiin toisaalle
- (1) Poistokalastus pauneteilla tai nuottaamalla ei tuottanut tavoiteltua tulosta, eikä todennäköisesti olisi onnistuessaankaan riittävästi vähentänyt fosforipitoisuutta
- (2) Talvista ilmastusta tehostettiin 2012-2015, ja fosforitaso kyllä laski, mutta vain vähän, ja järvi jäi ylireheväksi

Tehostettu ilmastus alensi Littoistenjärven veden fosfori- ja klorofyllipitoisuuksia noin 20 %.

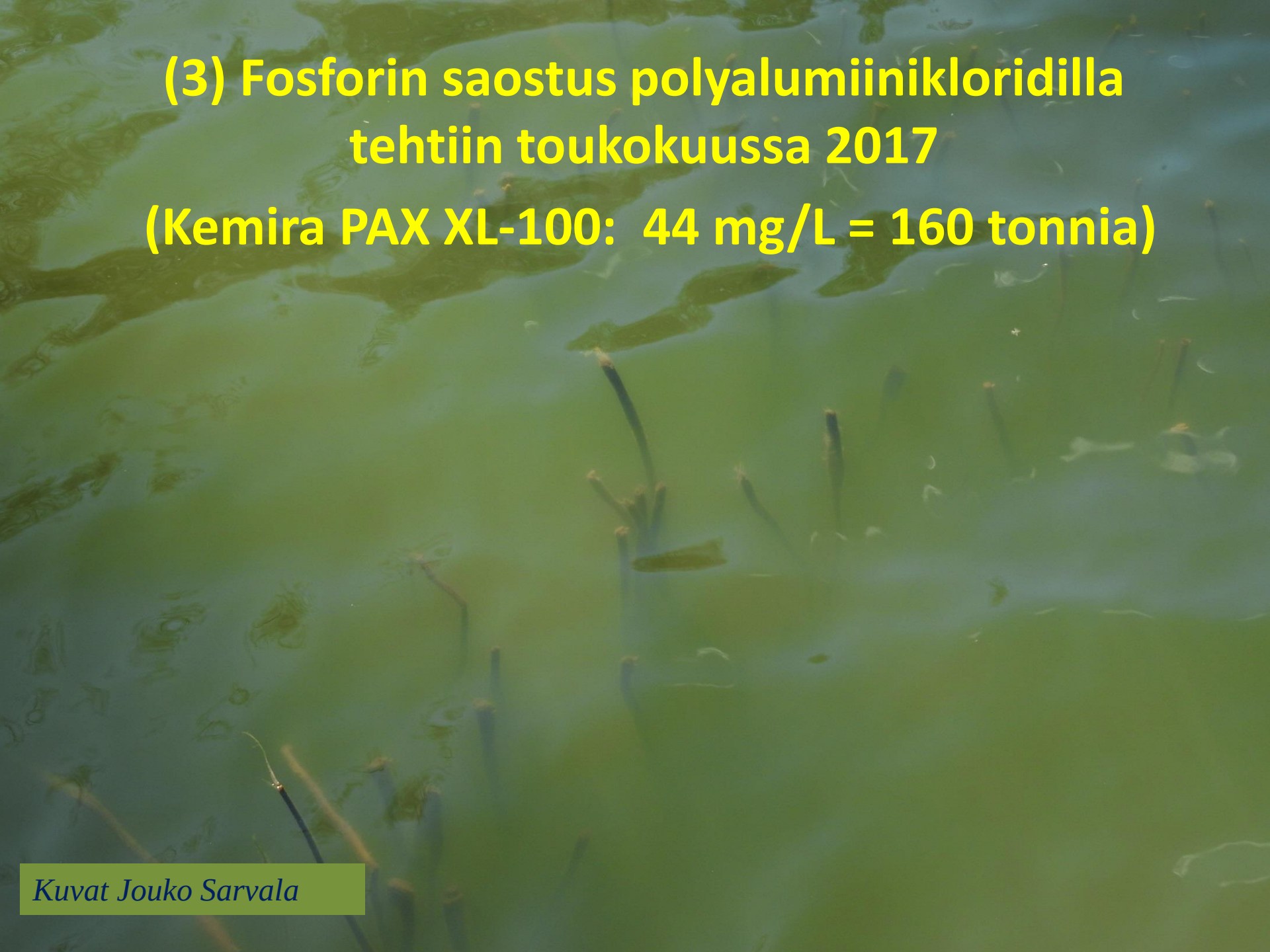
Vuosijaksolla 2006-2012 oli käytössä vain virtauskehittimiä, jaksolla 2013-2015 käytettiin kahta Waterix-ilmastuslaitetta.

2006-2012, vain touko-
lokakuu

	Keskiarvo	Keskihajonta
Kokonaisfosfori (µg/L)	92,7	36,0
Klorofylli (µg/L)	41,1	28,5

2013-2015, vain touko-
lokakuu

	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo % edellisen jakson keskiarvosta
Kokonaisfosfori (µg/L)	76,8	31,6	82,9
Klorofylli (µg/L)	32,8	26,4	79,8



**(3) Fosforin saostus polyalumiinikloridilla
tehtiin toukokuussa 2017
(Kemira PAX XL-100: 44 mg/L = 160 tonnia)**

Littoistenjärvi 4.5.2017

Kaislanvarsia Kuoviluodon takaa laiturilta

Ja kuinkas sitten kävikään?

Kuvat Jouko Sarvala

An underwater photograph showing a dense thicket of cut reeds or grasses. The stalks are dark green and brown, standing vertically in shallow water. The water is clear, and the bottom is visible with some green algae or sediment. The lighting is natural, coming from above, creating some reflections on the water surface.

Sama paikka kuin edellä
12.5.2017

Kirkasta tuli !

Kuvat Jouko Sarvala

Fosforin kemiallinen saostus toimi Littoistenjärvessä odotetusti. Syksyllä 2017, puoli vuotta käsittelyn jälkeen, järven tila oli hyvä. Järven uutta tilaa voi havainnollistaa diagrammeilla, jotka kuvaavat keskeisten vedenlaatutekijöiden muuttumista kesän mittaan.

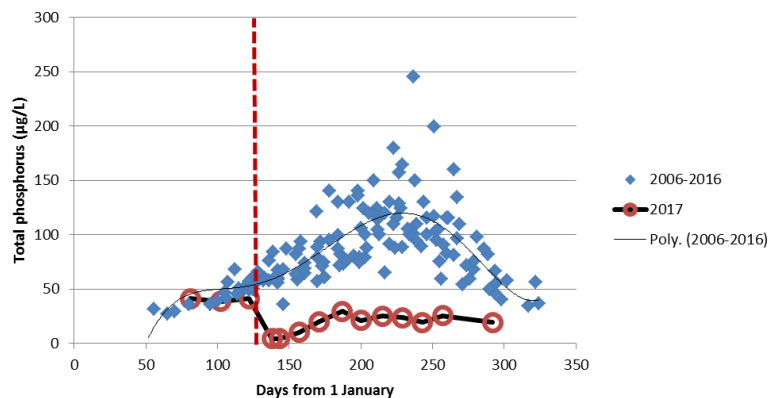


Kuvat Jouko Sarvala 2017-X

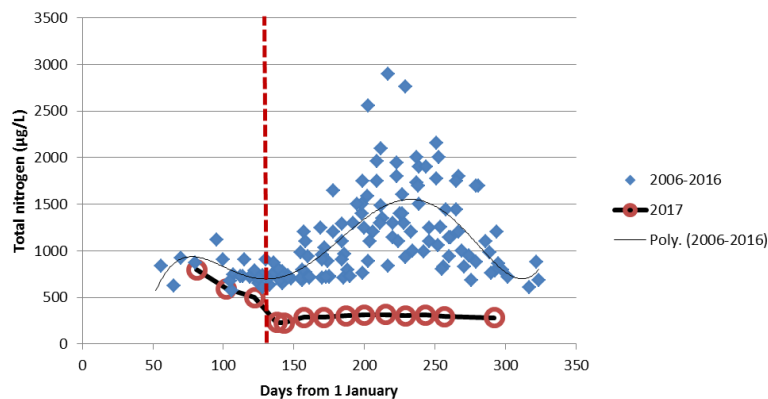
Littoistenjärven vedenlaadun kesäinen kehitys ennen ja jälkeen alumiinikäsittelyn

Näissä kuvissa vertailujaksona on 11 fosforinsaostusta edeltävää vuotta. Muutos on jyrkkä! Järven tila on pysynyt vakaana heinäkuun alusta 2017 lähtien; klorofyllissä on vieläpä pientä parannusta.

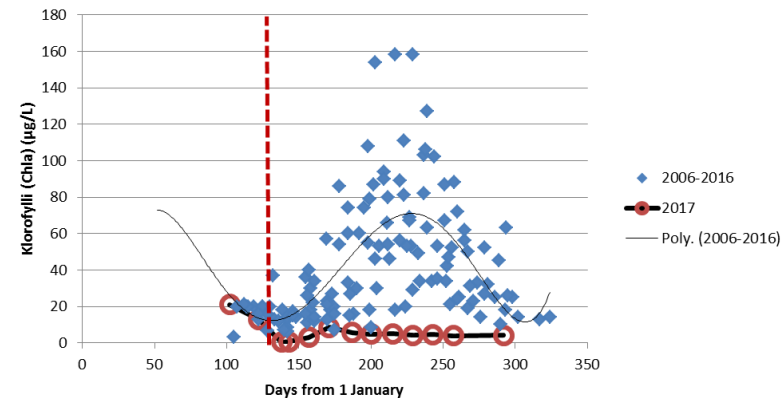
Kokonaisfosfori (TP) 2006-2017



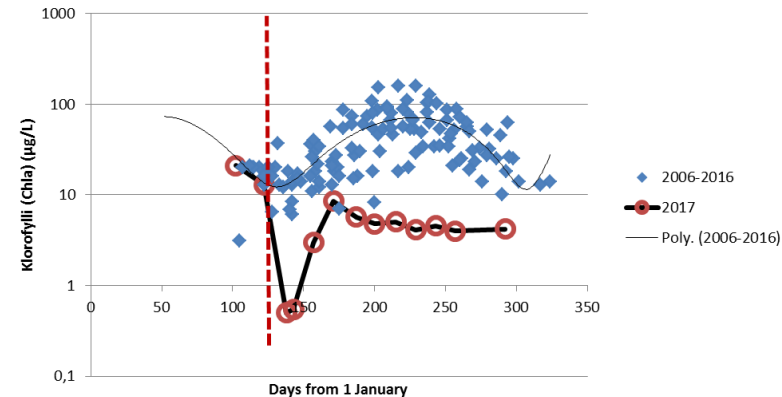
Kokonaistyppi (TN) 2006-2017



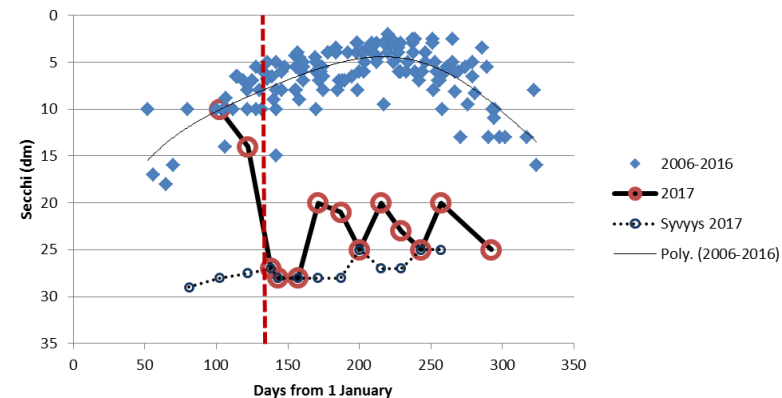
Klorofylli (Chla) 2006-2017



Klorofylli (Chla) 2006-2017

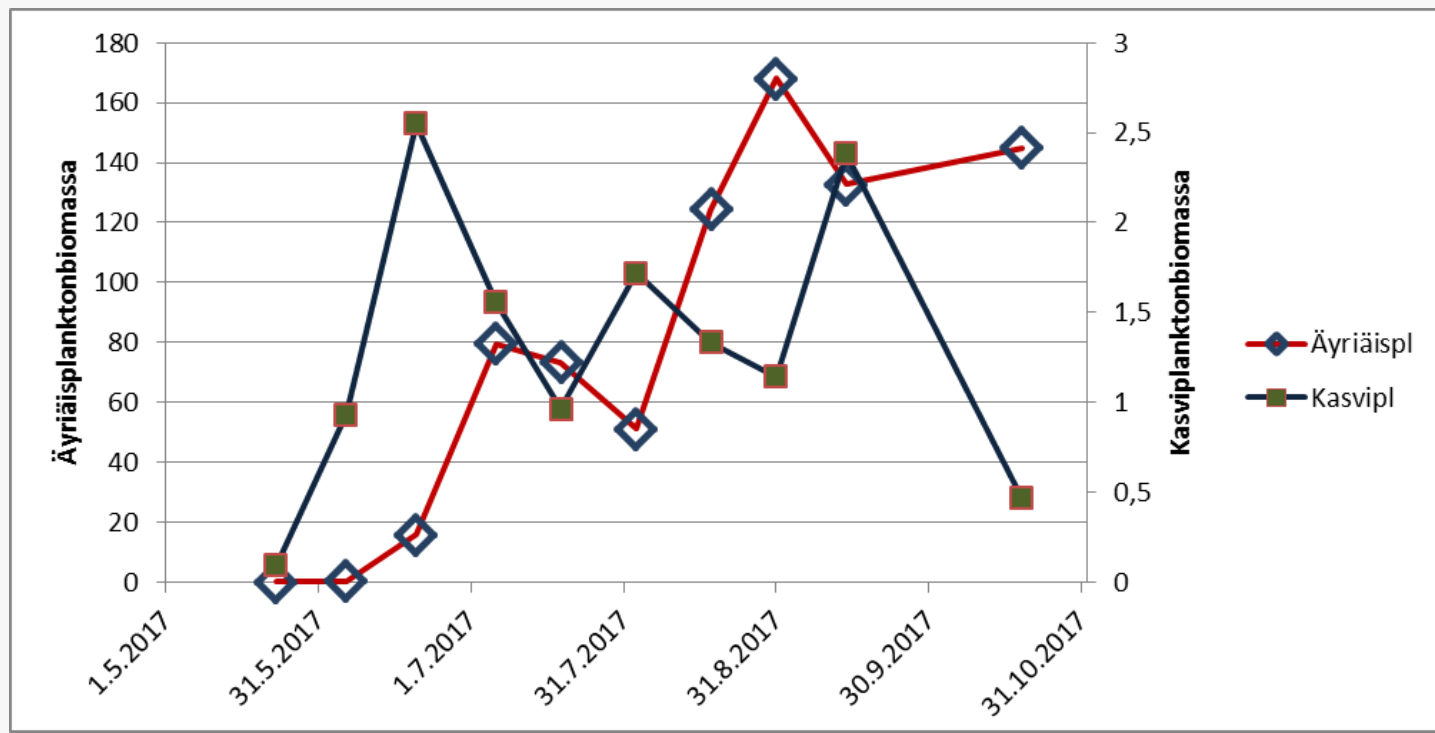


Näkösyyvyys (Secchi) 2006-2017

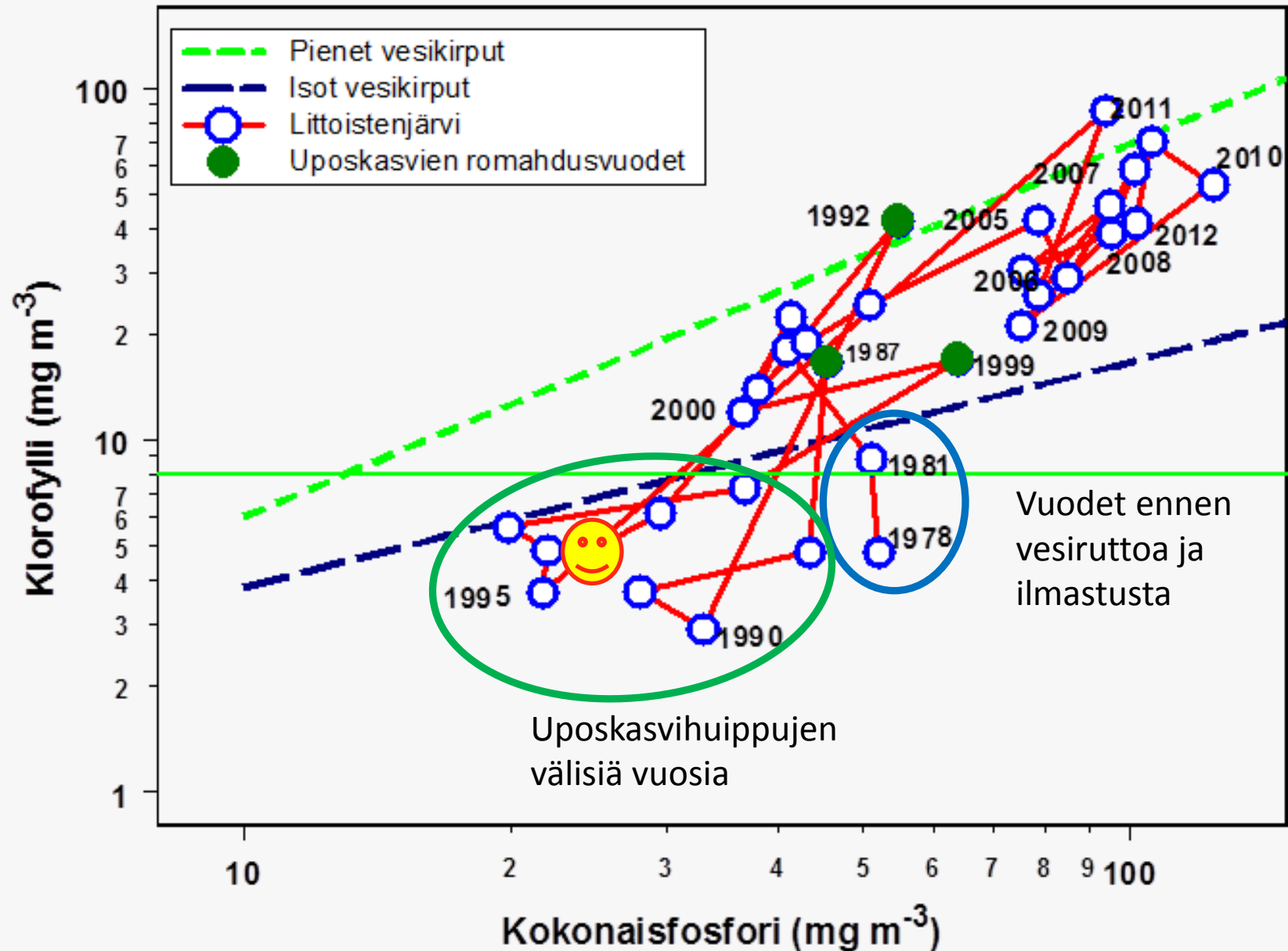


ELÄINPLANKTONILLA (ja siis myös kaloilla) ON MERKITYSTÄ

- Touko-kesäkuussa 2017 kasviplankton elpyi nopeammin kuin eläinplankton, mikä johti veden lievään samenessuun kesäkuussa
- Kun eläinplanktonyhteisö palautui heinäkuun alusta alkaen, kasviplanktonin määrä väheni kahdella kolmanneksella eikä se myöhemminkään enää ylittänyt kesäkuun tasoa
- Koko kesän kasviplanktonin biomassa oli käänteisessä suhteessa sekä koko äyriäisplanktonin että herbivorien biomassaan
- Eläinplankton siis mitä ilmeisimmin rajoitti kasviplanktonin määrää.



Myös klorofyllitason suhde fosforipitoisuuteen loppukesällä 2017
 (😊) vastasi kirkasta vettä ylläpitävää ravintoverkkoa



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). Koekalastusten mukaan kalasto säilyi muuten ennallaan. Pieniä särkiä oli edellisvuosia vähemmän, mikä voi kuitenkin johtua pelkästään koleasta alkukesästä.

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.

Kesän 2017 seurantatulokset osaltaan vahvistavat käsitystä kalaston merkityksestä veden laadun määräytymisessä myös silloin kun ravinnetaso on alhainen. Nyt 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.

Uposkasvit

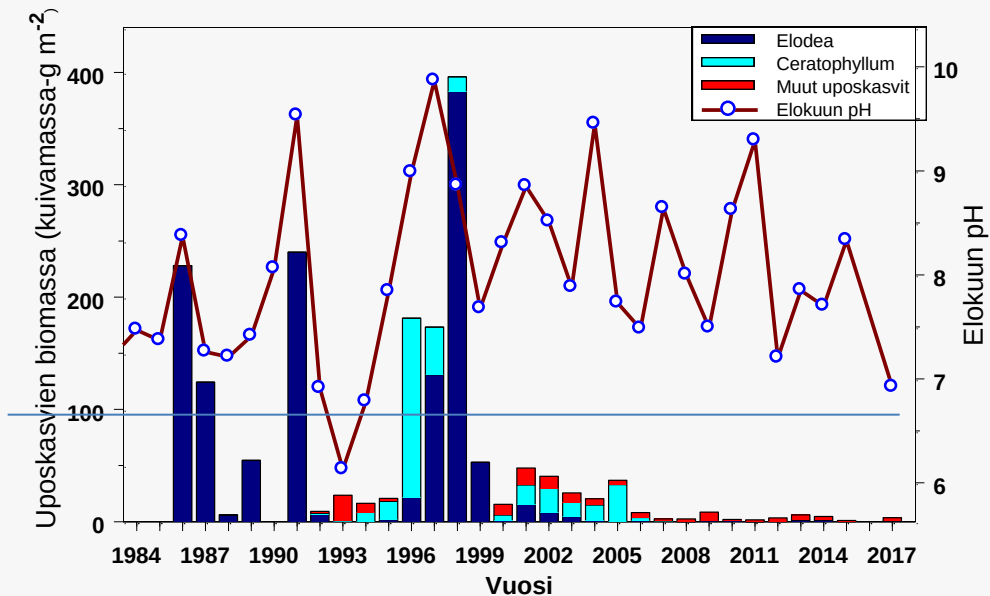
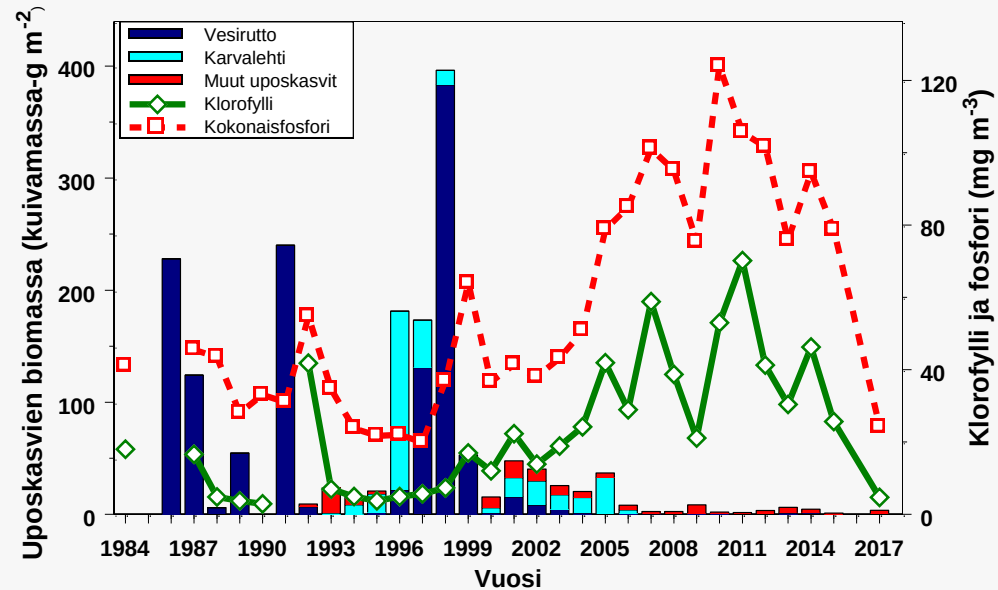
Kalojen ohella uposkasvien määrä on Littoistenjärven jatkokehityksen kannalta ratkaisevaa

Veden kirkastumisesta huolimatta uposkasvien biomassa pysyi kesällä 2017 yhtä alhaisena kuin kymmenenä edellisenä vuotena

Veden laatu oli samaa luokkaa kuin vesiruton massaesiintymien välisinä vuosina 1990-luvulla.

Nähtäväksi jää, missä laajuudessa uposkasvit lähtevät runsastumaan

Toistaiseksi Littoistenjärvi on paremmassa kunnossa kuin osattiin odottaa



A scenic view of Littoistenjärven lake. The water is calm and reflects the surrounding forest. The shoreline is covered with dense trees, some of which are showing autumn colors. A small wooden bridge or walkway is visible on the right side of the lake. The sky is clear and blue.

**Vaikka Littoistenjärven uuden
kirkkauden pysyvyys selviää vasta
tulevien vuosien aikana, jo kesällä 2017
nähtiin miten valtavasti kunnostus
kohotti Littoistenjärven virkistysarvoa**

Kiitokset rahoittajille ja yhteistyökumppaneille 35
seurantavuoden ajalta!