



## Vesijärven vedenlaatu- ja planktontietojen päivitys ja raportointi

**Kirsi Vakkilainen, Mirva Nykänen, Tuukka Ryynänen, Perttu Tamminen, Jessica López Bellido, Harri Talvenmäki, Santeri Savolainen & Timo Kairesalo**

Helsingin yliopiston ympäristöekologian laitos haki 26.8.2008 Vesijärvi-säätiöltä 16 000 € (sis. alv 22 %) tukea Enonselän vedenlaatu- ja planktontietojen päivittämiseksi, analysoinnille ja raportoinnille (liitteenä rahoitushakemus). Kun tutkimuksen rahoitus selvisi vuoden 2009 alussa, työn toteuttajat olivat jo sitoutuneet muihin tehtäviin, joten analyysien aloittaminen ja siten myös muut työvaiheet siirtyivät aiottua myöhäisemmäksi.

Vesijärvisäätiö myönsi projektille 12 000 €, jonka toteutuma jakautui seuraavasti:

Tarvikkeet	1201,31
Palkat	7296,42
Henkilöstösivukulut	1610,15
Palvelut	261,62
Yleiskustannukset	1308,64
Arvonlisäverokulut	321,86
<b>Yhteensä</b>	<b>12000</b>

Analyysikustannukset, joihin sisältyi tarvikkeista, palkoista ja henkilöstösivukuluista kertyviä kustannuksia, olivat yhteensä 4254 € ja jakautuivat seuraavasti:

- Eläinplankton 24 näytettä, á 120 € > yhteensä 2880 €
- Klorofylli *a* 45 näytettä, á 8 € > yhteensä 360 €
- Kokonaisfosfori 35 näytettä, á 12 € > yhteensä 420 €
- Liuennut orgaaninen hiili 36 näytettä á 16,50 € > yhteensä 594 €

### TYÖN TOTEUTUS

Tutkimussuunnitelman (rahoitushakemuksen liite 1) mukaisesti vedenlaatu- ja planktontiedoissa olevia aukkokohtia ja tietoja päivitettiin vuosien 2002-2006 osalta. Tämän lisäksi analysoitiin Lankiluoto 10 -näytteenottopisteestä kerätyt kasviplanktonin määrää kuvaava klorofylli *a* -näytteet vuosilta 2007 ja 2008 sekä näytteet liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuuksista vuodelta 2008. Ruoriniemen edustalle asennetulla automaattiasemalla oli kesällä 2008 klorofylli *a* ja fykosyaniini (phycocyanin) -pigmenttien fluoresenssia mittaavat anturit, joista jälkimmäisen tuottamat tulokset saatiin suoraan syanobakteerien biomassaksi muunnettuna. Molempien anturien vertailuaineistoksi otettiin vesinäytteet kahden viikon välein laboratoriossa tutkittaviksi. Kaikki klorofylli-näytteet analysoitiin. Syanobakteerien biomassan vertailuaineistoksi otetuista kasviplanktonnäytteistä tehtiin kvalitatiivinen lajiston tarkastelu, minkä jälkeen näytteet varastoitettiin mahdollista myöhempää tarkempaa, kvantitatiivista analysointia varten.

Tämän tutkimuksen myötä saadut uudet plankton- ja vedenlaatutulokset liitettiin vanhempien aineistojen jatkoksi. Lisäksi aineistoa täydennettiin veloitettarkkailun tuottamilla tuloksilla.

Tutkimussuunnitelmasta poiketen tämän hankkeen rahoitusta käytettiin myös sedimenttitutkimuksen aiheuttamiin palkka- ja muihin kuluihin. Kevättalvella 2009 Enonsaaren syvänteestä oli otettava sediment-

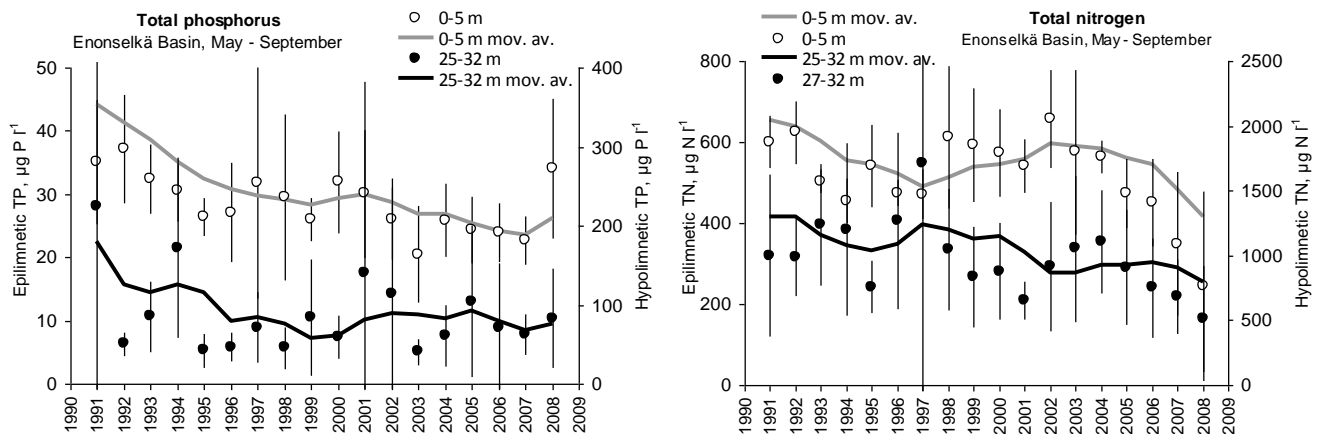


tinäyte ennakoimattomista, Enonselälle suunnitelluista toimenpiteistä johtuen. Sedimenttinäyte on säilötty pakastimeen odottamaan mahdollisia jatkotutkimuksia.

## TULOKSET

### Ravinteet

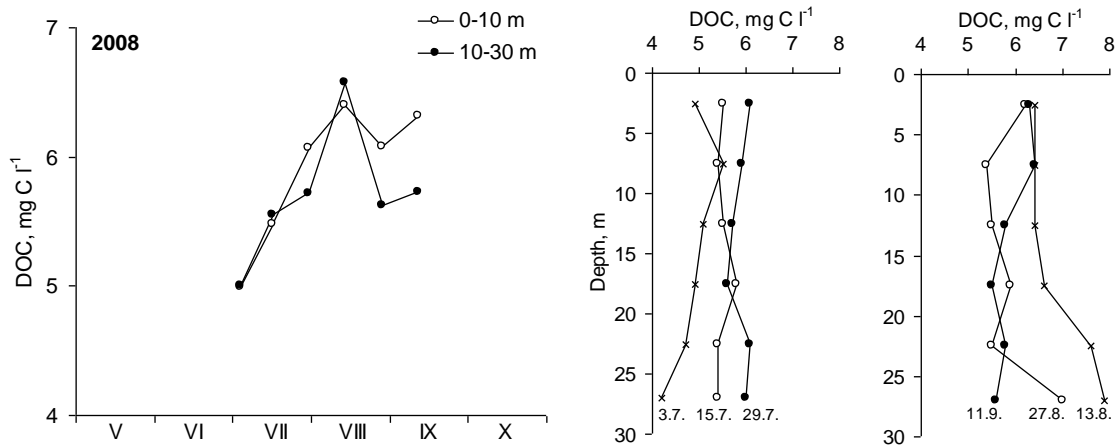
Vesijärven eläinplanktonia on seurattu vuodesta 1991 alkaen, jona aikana kokonaisravinteiden pitoisuuksissa on ollut yleisesti ottaen laskeva suuntaus (Kuva 1). Vuodet 1997-1998 näyttävät tosin olleen jonkinlainen käännekohta, jossa suotuisa kehitys taantui ja josta eteenpäin sekä fosforin että varsinkin pintaveden typpipitoisuudet lähtivät uudelleen kohoamaan. 2000-luvun puolivälin jälkeen kehitys näyttää kuitenkin olevan menossa parempaan suuntaan. Kehityksen taustalla lienee mm. maankäytön muutokset, varsinkin Enonselän ranta-alueiden voimakas rakentaminen.



**Kuva 1.** Vesijärven Enonselän kokonaisfosforin (vasemmalla) ja kokonaistypen (oikealla) pitoisuudet pinnanläheisessä (0-5 m; vasen y-akseli) ja pohjanläheisessä (25-32 m; oikea y-akseli) vesikerroksessa. Touko-syyskuun keskiarvot ja keskihajonnat vuosina 1991-2008 sekä viiden vuoden liukuva keskiarvo (kuvassa "mov. av." = moving average).

### Liuennut orgaaninen hiili

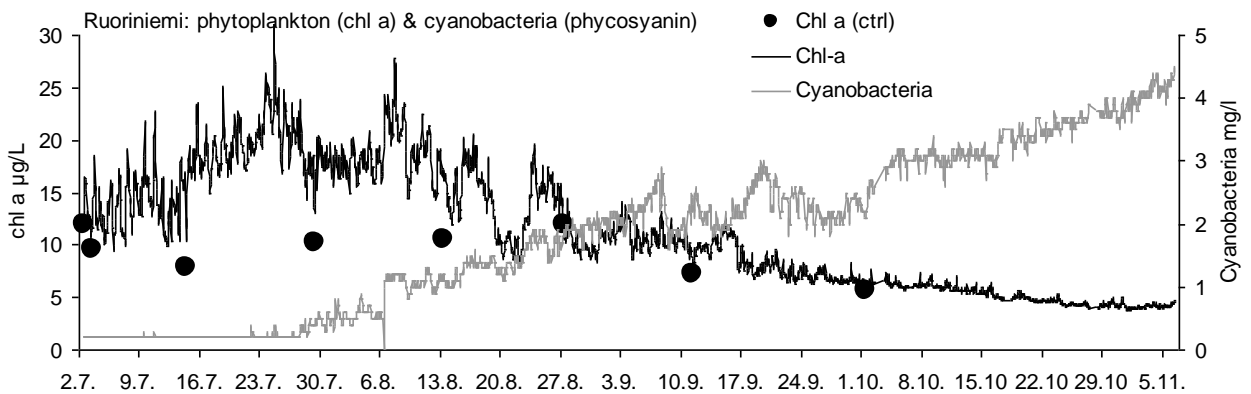
Vuonna 2008 Enonselän liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus (DOC, dissolved organic carbon) kohosi loppukesää kohden ja väheni syksyllä (Kuva 2). DOC-pitoisuuden syvyysuuntainen vaihtelu oli vähäistä. Yleensä se oli päällysvedessä hieman korkeampi kuin alusvedessä, joskin poikkeuksiakin oli, kuten 13.8.2008 (Kuva 2). Kirkasvetiseksi järveksi Vesijärven DOC-pitoisuus on varsin korkea. Orgaanisen hiilen jo valmiiksi suurehko määrä ja huuhtoutumisen mahdollinen lisääntyminen valuma-alueelta esim. ilmastonmuutoksen myötä sen voi aiheuttaa käytännön ongelmia järven hoidossa ja kunnostuksessa.



**Kuva 2.** Enonselän liuenteen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuuden tilavuuspainotettu pitoisuus päällyss- (0-10 m) ja alusvedessä (10-30 m) vuonna 2008 (kuva vasemmalla) sekä DOC-pitoisuuden syvyysuuntainen jakautuminen vuonna kuutena eri havaintoajankohtana vuonna 2008 (kaksi kuvaa oikealla).

### Ruoriniemen automaattiaseman seuranta

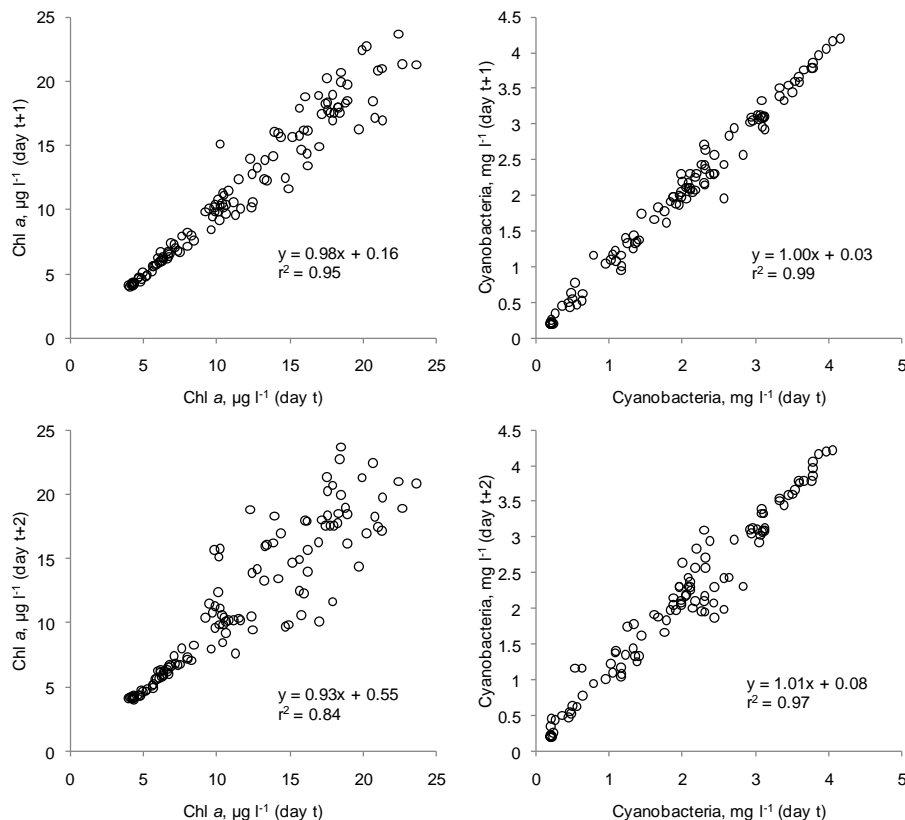
Ruoriniemen edustalla sijainneen automaattiaseman klorofylli *a* –pitoisuudet olivat säännönmukaisesti 1.5 ( $\pm 0.004$ , keskihajonta) kertaa korkeampia kuin vertailunäytteiden pitoisuudet. Ennen julkaisemista kannattaakin harkita aineiston muokkaamista korjauskertoimen avulla. Automaattiasema osoitti syanobakteerien alkavan runsastua heinä-elokuun vaihteesta alkaen ja jatkavan kasvuaan aina mittausjakson loppuun saakka (kuva 3). Planktonnäytteissä elokuun puoliväliin saakka piilevät olivat vallitseva leväryhmä ja syanobakteereita esiintyi vain satunnaisesti (enimmäkseen sukuja *Microcystis*, *Snowella* ja *Woronichinia*). 27.8. otetussa näytteessä syanobakteereita esiintyi lähes jokaisessa tutkitussa näkökentässä: *Snowella*- ja *Woronichinia*-kolonioita sekä 50-80  $\mu\text{m}$  pitkiä *Planktothrix agardhii* –rihmoja. 10.9. otetussa näytteessä *Planktothrix* oli entisestään runsastunut vallitsevaksi kasviplanktonitaksi. Ruoriniemen automaattiaseman tulokset vahvistivat sen, että syanobakteerien määrää ei voi arvioida pelkästään klorofylli *a* -pigmentin perusteella.



**Kuva 3.** Ruoriniemen automaattiaseman mittaamien leväpigmenttien pitoisuudet heinä-syyskuussa 2008: klorofylli *a* (= Chl *a*; musta viiva; vasen y-akseli) ja fykosyaniinin perusteella laskettu syanobakteerien biomassa (harmaa viiva; oikea y-akseli). Mustat pallot osoittavat vertailunäytteestä laboratoriossa mitatun klorofylli *a* -pigmentin pitoisuuden.



Ruoriniemen automaattiaseman klorofylli-aineiston vuorokausikeskiarvojen hajonta (keskimäärin 0.98) oli suurempaa kuin syanobakteerien biomassa-aineiston hajonta (0.09). Syanobakteeribiomassan kehittymisen automaattisen seurannan avulla näyttäisikin tämän aineiston perusteella olevan ennustettavampaa kuin koko kasviplanktonbiomassan kehittyminen klorofylli-pitoisuuden perusteella. Yhden vuorokauden päähän tehtävä klorofylli-ennuste on kohtuullisen luotettava, mutta jo kahden päivän päähän ulottuva ennuste heikkenee ja on sitä epävarmempaa mitä suurempia pitoisuudet ovat (kuva 4). Syanobakteerien biomassan ennustettavuuteen tässä vertaillulla aikavälillä ei ollut yhtä suurta vaikutusta. Tulosten tulkinnaissa täytyy kuitenkin huomata aineiston laatu: syanobakteerien biomassoissa oli koko havaintojakson ajan nouseva trendi, kun sen sijaan klorofylli aluksi nousi ja sen jälkeen laski.

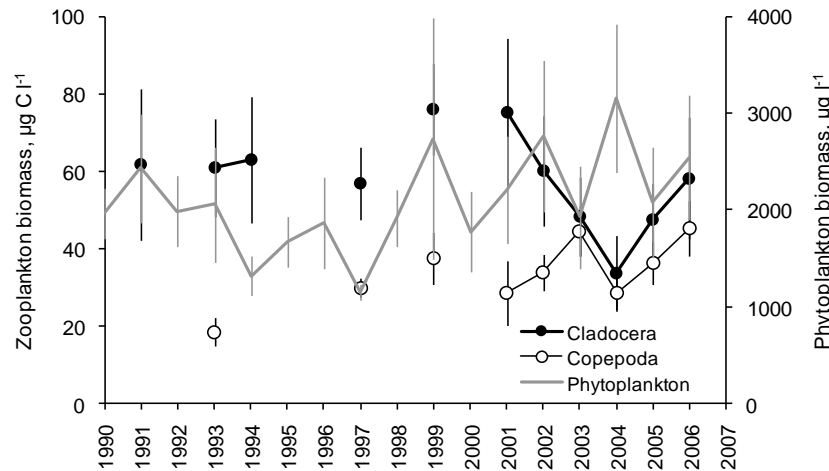


**Kuva 4.** Klorofylli a –pitoisuuden (vasemmalla) ja syanobakteerien biomassan (oikealla) ennustettavuus yhden päivän (yläkuvat) ja kahden päivän (alakovat) päähän.

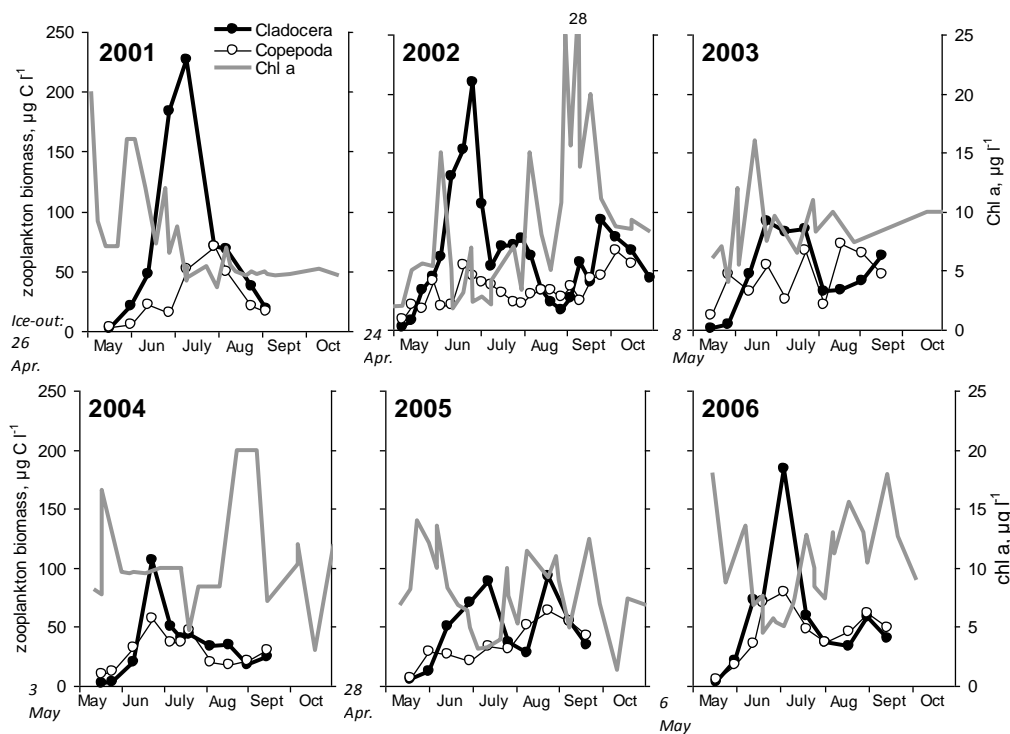
## Eläinplankton

Suodattamalla ravintonsa hankkivan, pääasiassa kasviplanktonia syövän eläinplanktonin biomassa väheni useana peräkkäisenä vuonna 2000-luvun alussa. Vuosina 2005-2006 sekä vesikirppujen että hankajal-kaisäyriäisten biomassat lähtivät jälleen kohoamaan ennätysellisen heikosta vuodesta 2004. Kasviplanktonbiomassa olikin korkea vuonna 2004 muihin vuosiin verrattuna (Kuva 5), mikä osoittaa, että eläinplanktonilla on ollut tärkeä rooli levien määrän säätelyssä Enonselällä.

Kuluneella vuosikymmenellä niin eläin- kuin kasviplanktoninkin biomassassa on ollut huomattavaa vuosien välistä vaihtelua. Kehityksen taustalla on mm. vesikirppujen biomassahuipun aleneminen ja osin myös lyhytaikaistuminen (kuva 6). Useana vuonna toistuttuaan tämä ilmiö näyttää heikentäneen Enonselän eläinplanktonin kykyä säädellä kasviplanktonin määrää.

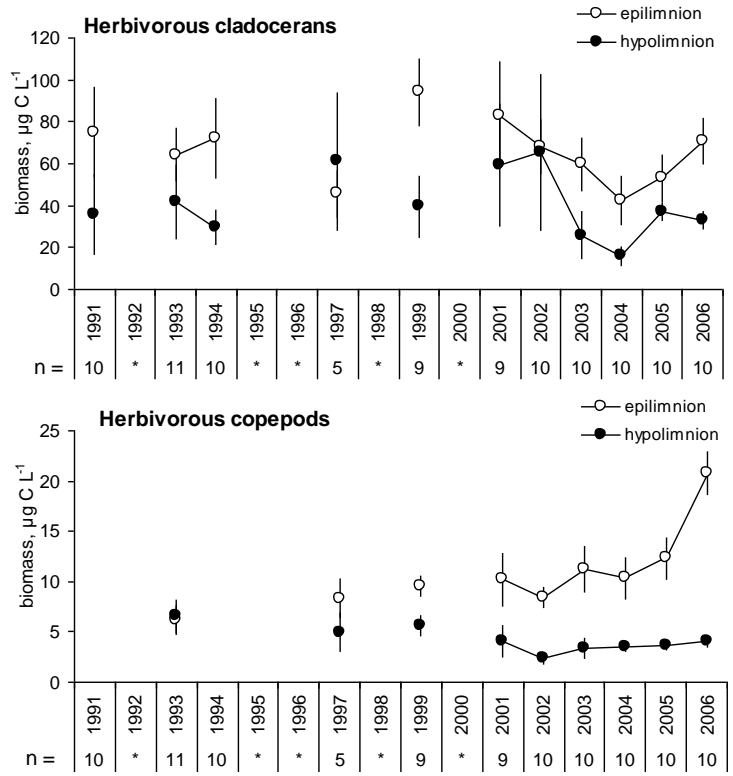


**Kuva 5.** Kasviplanktonia syövien vesikirppujen (Cladocera) ja hankajalkaisäyriäisten (Copepoda) tilavuuspainotettu biomassa sekä kasviplanktonin päällysveden biomassa (touko-syyskuun kesiarvo + keskiarvo) Lankiluoto 10 -näytepisteessä vuosina 1991-2006.



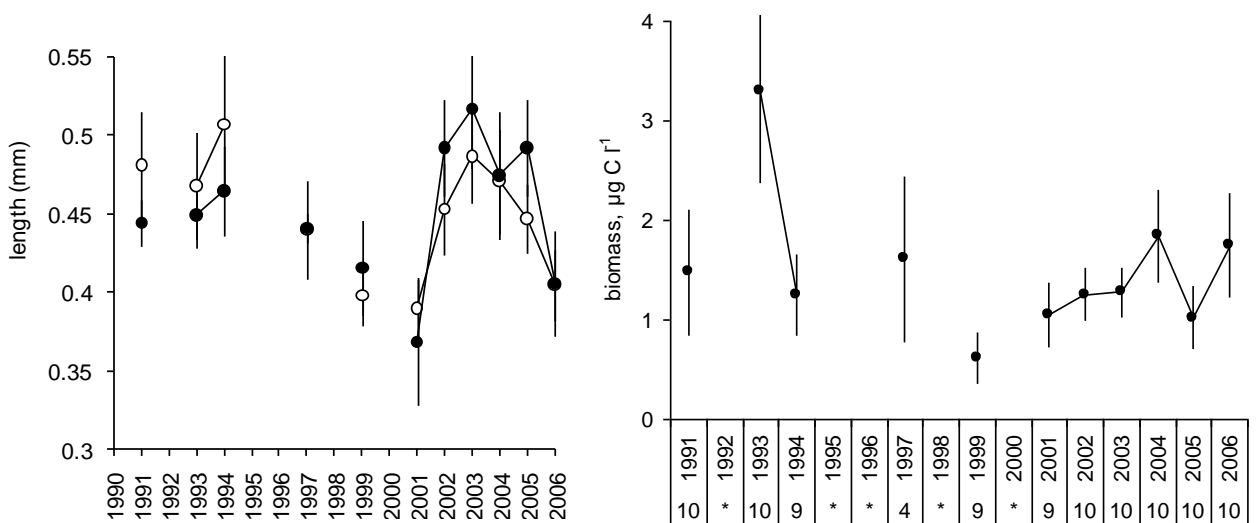
**Kuva 6.** Vesikirppujen (Cladocera) ja hankajalkaisäyriäisten (Copepoda) biomassa sekä kasviplanktonin määrää kuvastavan klorofylli a -pitoisuus (Chl a) Lankiluoto 10 -seurantapisteessä kasvukaudella vuosina 2001-2006. Huom! Eläinplanktonin biomassa vasemmalla y-akselilla, klorofylli-pitoisuus oikealla y-akselilla.

Vesikirppujen populaatiossa tapahtuneet heilahtelut ovat aiheuttaneet eläinplanktonin biomassassa havaitut vuosien väliset vaihtelut. Esimerkiksi vuoden 2004 notkahdus selittyy paljolti sillä, että kahden Enonselällä tavallisesti runsaana esiintyneen *Daphnia*-lajin (*D. cucullata* ja *D. cristata*) biomassa oli yhtäaikaisesti hyvin alhainen. Hankajalkaisäyriäisten biomassojen vuosien välinen vaihtelu on ollut vähäisempää kuin vesikirpuilla, joskin vuonna 2006 päällysvedessä esiintyi huomattavasti aiempaa korkeampia biomassoja (kuva 7). Yleisesti molempien eläinplanktonryhmien biomassat ovat olleet Enonselän päällysvedessä korkeampia kuin alusvedessä (kuva 7).



**Kuva 7.** Suodattavien vesikirppujen (yläkuva) ja hankajalkaisäyriäisten (alempi kuva) tilavuuspainotettu biomassa päällysvedessä (=epilimnion, 0-10 m) ja alusvedessä (=hypolimnion, 10-30 m) vuosina 1991-2006: touko-syyskuun keskiarvo ± keskiarvon keskiarvo, n = kunkin vuoden havaintojen lukumäärä. (\* = näytteitä ei ole analysoitu)

Vesikirppujen yksilökoko on ollut yleensä suurempi alus- kuin päällysvedessä, lukuunottamatta 1990-luvun alkuvuosi, jolloin tilanne oli päinvastainen (Kuva 8). Vesikirppujen koko heijastelee tehokkaasti kalojen eläinplanktoniin kohdistamaa saalistusta ja sitä kautta myös planktonleviin kohdistuva laidunnuspaineen muutoksia. Lisäksi suurikokoiset vesikirput kierrättävät heikommin ravinteita levien käyttöön kuin pienikokoiset vesikirput.



**Kuva 8.** Vesikirppujen tiheyspainotettu yksilökoko Enonselän päällysvedessä (0-10m; valkoiset pallot) ja alusvedessä (10-30 m; mustat pallot): touko-syyskuun keskiarvo ± keskiarvo vuosina 1991-2006.

**Kuva 9.** *Leptodora kindtii* –petovesikirpun tilavuuspainotettu biomassa Enonselällä: touko-syyskuun keskiarvo + keskiarvo vuosina 1991-2006.



1990-luvun eläinplanktonaineiston (joskin katkonaisen) perusteella vesikirppujen yksilökoko näytti vähitellen pienentyvän, erityisesti vuosikymmenen jälkipuoliskolla. Taustalla on ilmeisesti planktonsyöjäkalojen runsastuminen tehokalastuksen (1987-1993) päättymisen jälkeen. 1990-luvun lopulla hoitokalastuksessa ei monena vuonna päästy suunniteltuihin tavoitteisiin. Esim. nuottasaaliit jäivät tavoiteltua vähäisemmiksi useiden perättäisten heikkojen jäätälvien vuoksi.

Yksilökoon kasvu vuosina 2002-2005 johtunee yhtäältä kuoreen, Enonselän yhden tärkeimmän planktonsyöjäkalan kannan romahtamisesta, toisaalta vesikirppuja niinikään saalistavan petoäyriäisen *Leptodora kindtii* –vesikirpun biomassojen lisääntymisestä (kuva 9). Kalojen saalistuksella on vesikirppujen yksilökoko pienentävä vaikutus, selkärangattomien petojen saalistuksella puolestaan yksilökoko kasvattava vaikutus. Kuorekannat voimistuivat jälleen vuosina 2005-2006, mikä selittää vesikirppujen koon pienenevän, vaikka *Leptodora*-biomassassa ei tapahtunutkaan suuria muutoksia. Kalojen saalistus sääteleekin eläinplanktonia ilmeisesti voimakkaammin kuin *Leptodora* saalistus, mutta petojen yhteisvaikutus on todennäköisesti ollut Enonselällä havaittujen vesikirppujen voimakkaiden kannanvaihteluiden taustalla. Muista mahdollisista tekijöistä yksi tärkeimpiä on ravinnon saatavuudessa ja laadussa tapahtuneet muutokset.