

Tuusulanjärven eläinplankton vuosina 2016-2018

Pelagial zooplankton community in Lake Tuusulanjärvi

Kirsi Kuoppamäki



Tiivistelmä

Tuusulanjärven eläinplanktonbiomassa kasvoi tasaisesti ja lähes kaksinkertaistui vuodesta 2016 vuoteen 2018. Vallitseva ryhmä oli kasviplanktonia laiduntavat vesikirput, mutta vuonna 2018 myös Cyclopoida-hankajalkaisyriäisiä oli niin paljon, että niiden biomassa oli yhtä suuri kuin vesikirppujen biomassa. Vesikirppubiomassan muodostaa pääasiassa *Daphnia*-suvun kaksi lajia, mutta ajoittain pienestä koostaan huolimatta myös *Chydorus sphaericus* voi olla jopa toiseksi runsain vesikirppu. Tuusulanjärven erikoisuus on *Bosmina thersites* -vesikirppu, jolla on erittäin pitkät antennulat ja jolle kehittyy iän myötä korkea ”selkäyttyrä”. Tämän sykломorfoosi-ilmiön ansiosta yksilöt voivat olla miltei kaksi kertaa korkeampia suhteessa pituuteensa, mikä on keino koettaa välttää joutumasta *Leptodora kindtii* -petovesikirpun saaliiksi. Vesikirppuyhteisön yksilökoon vaihtelut antavat aiheen olettaa että tutkimusajanjakson aikana planktonia syövien kalojen saalistus oli voimakkainta vuonna 2017 ja kaikkina vuosina loppukesäisin.

Abstract

An increasing trend was seen in the total biomasses of zooplankton from 2016 to 2018 in Lake Tuusulanjärvi. The dominating group was cladocerans, but in 2018 also Cyclopoid copepods remarkably contributed to zooplankton biomass. Two *Daphnia* species formed the most of the cladoceran biomass, but occasionally also *Chydorus sphaericus* could be the second most abundant cladoceran despite of their small size. The special species in Lake Tuusulanjärvi zooplankton community was *Bosmina thersites* that shows heavy cyclomorphosis in antennule length and body height that gives them protection against the predation by *Leptodora kindtii*. The individual body size of the cladoceran community suggests that predation by planktivorous fish was heaviest in 2017 and always in late summer.

Johdanto

Ihmistoiminnan aiheuttama rehevöityminen on merkittävin vesiekosysteemien tilaa heikentävä häiriö, jota on yritetty saada hallintaan jo vuosikymmeniä paitsi vähentämällä ulkoista kuormitusta myös vaikuttamalla ravintoverkon rakenteeseen. Ravintoverkon rakenne ohjaa energian ja aineiden kiertoa ja vaikuttaa siten koko järviökosysteemin tilaan ja häiriöiden aiheuttamiin vasteisiin. Eläinplanktonilla on merkittävä strateginen asema järviökosysteemin ravintoverkossa perustuottajien ja petojen välissä. Tällaisena ”avainyhteisönä” sen perusteella voidaan kustannustehokkaasti tehdä päätelmiä järven ravinteikkuudesta, kalastosta ja ekologisesta tilasta (Jeppesen ym. 2011). Osana järven biogeokemiallisia kiertoja eläinplankton on merkityksellinen tekijä rehevöityneen järven kunnostuksessa ja motivaatio kalaston säätelyyn. Kun planktonia syöviä kaloja on vähän ja suurikokoiset laiduntajat vallitsevat eläinplanktoniyhteisössä, kasviplanktonin biomassa on ravinnetasoon nähden pienempi kuin jos vallitsevina ovat pienikokoinen äyriäisplankton ja rataseläimet (Mazumder 1994), jotka tyypillisesti runsastuvat planktonia syövien kalojen runsastuessa. Sama vaikutus on myös ravinteisuuden lisääntymisellä (Hietala ym. 2004, Vakkilainen ym. 2004; Hulot ym. 2014). *Daphnia*-suvun suurikokoiset vesikirput ovat tehokkaina laiduntajina ns. avainlajeja järviökosysteemissä, koska ne suodattavat suhteellisen valikoimattomasti monen kokoisia leviä (Gliwicz 2003). Eri eläinplanktonilajit varastoivat itseensä eri suhteessa ravinteita ja vaikuttavat myös käytettävissä olevien ravinteiden saatavuuden kautta kasviplanktoniin. *Daphnia*-vesikirput ovat avainlajeja tässäkin

Aineisto ja menetelmät

Vuosina 2016-2018 eläinplanktonnäytteet otettiin 6 metrin kokoomanäytteinä kahdesta syvänealueen näytepisteeltä 1 metrin pituisella Limnos-putkinoutimella (tilavuus 6.94 l) kolmen viikon välein kesäkuun puolivälistä elokuun puoliväliin. Vuonna 2017 näytteenotto aloitettiin poikkeuksellisesti jo 6.6., minkä jälkeen seuraava

merkityksessä, sillä ne varastoivat elimistöönsä huomattavan paljon fosforia suhteessa hiileen ja typpeen (Hessen ym. 2013). Suurikokoisista yksilöistä koostuva eläinplankton parantaa järviökosysteemin kykyä vastaanottaa ulkoisia häiriöitä, kuten ravinnekuormitusta (Walker & Salt 2006). Eläinplanktoniyhteisö toimii siis puskuroivana tekijänä. Sen rakenteessa tapahtuvat muutokset voivat ennustaa muitakin muutoksia koko järviökosysteemin tilassa (Pace ym. 2013). Eläinplanktonseuranta auttaa ymmärtämään ravintoverkon rakenteessa ja toiminnassa sekä järven tilassa tapahtuneita muutoksia ja siten arvioimaan myös kunnostustoimien kuten hoitokalastuksen vaikutuksia. Vesikirppujen yksilökoko on yksi keskeisimmistä mittareista, jonka avulla voidaan arvioida esimerkiksi planktonia syövien kalojen määrää ja tätä kautta kalakantojen säätelyn tehokkuutta.

Ekosysteemien aktiivisen kunnostuksen vaikutuksia on tärkeää tutkia, jotta saadaan empiiristä näyttöä onnistuneista ja vähemmän onnistuneista toimenpiteistä, joista voidaan arvioida mitkä keinot käytännössä osoittautuvat tehokkaimmiksi (Geist & Hawkins 2016).

Matalan (keskisyvyys 3.2 m) ja rehevöityneen Tuusulanjärven tilaa on koetettu parantaa mm. ahkeralla hoitokalastuksella (Malinen & Vinni 2014) ja eläinplanktonin vasteita tälle kunnostustoiminnalle on tutkittu aiemmin vuosina 1996–2009 (Rask & Lehtovaara 2009) ja 2015 (Ketola 2015). Tässä raportissa tarkastellaan eläinplanktoniyhteisön rakennetta, biomassoja ja yksilökokoja vuosina 2016-2018.

näytteenottokerta oli 4.7. eli neljän viikon kuluttua. Kokoomanäytteet suodatettiin 100 µm haavin läpi ja haaville jäänyt eläinplankton säilöttiin etanoliin. Laboratoriossa kahden näytepisteen näytteet yhdistettiin ja ositettiin laskentaa varten. Eläinten ja laskentaa haittaavan kasviplanktonin määrästä riippuen laskettiin useita osanäytteitä

käänteismikroskoopilla 100x tai 40x suurennoksella. *Leptodora kindtii* -petovesikirput laskettiin koko näytteestä. Jokaisesta näytteestä mitattiin runsaimpien vesikirppulajien 30 yksilöä ja muita lajeja niin monta yksilöä kuin niitä löydettiin. Harvalukuisia, suurikokoisia *Limnospira frontosa* -vesikirppuja laskettiin tavallisesti useammasta osanäytteestä kuin runsaslukuisempia vesikirppuja. Voimakkaasti sykломorfisesta *Bosmina thersites* -vesikirpusta mitattiin pituuden lisäksi korkeus. Hankajalkaisäyriäisiä mitattiin kolme yksilöä/kehitysvaihe (erikseen Calanoida ja Cyclopoida) sekä aikuisista hankajalkaista lajikohtaisesti kustakin 3 koirasta ja 3 naarasta. Runsaimpina esiintyvien vesikirppulajien pituudet. Lisäksi äyriäisistä laskettiin lajikohtaisesti lisääntymisvaiheessa olevien naarasyksilöiden lukumäärä ja munien/embryoiden määrä.

Äyriäiseläinplanktonin lajikohtaiset biomassat laskettiin hiilen pitoisuutena käyttäen pituus:hiilisisältö –regressioyhtälöitä, joissa huomioidaan myös mahdollisten munien ja embryoiden sisältämä hiili (Vasama & Kankaala 1990, Luokkanen 1995, Anja Lehtovaaran julkaisematon aineisto). Rataseläinten hiilisisältö saatiin kirjallisuudesta (Latja & Salonen 1978, Telesh ym. 1998).

Eri eläinplanktonryhmien keskikoko saatiin lajikohtaisia yksilömääriä painottaen laskemalla ns. tiheyspainotettu keskipituus. Lisäksi laskettiin erikseen lisääntymisvaiheessa olevien *Daphnia*-suvun vesikirppujen mediaanipituus.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Eläinplanktonin biomassa

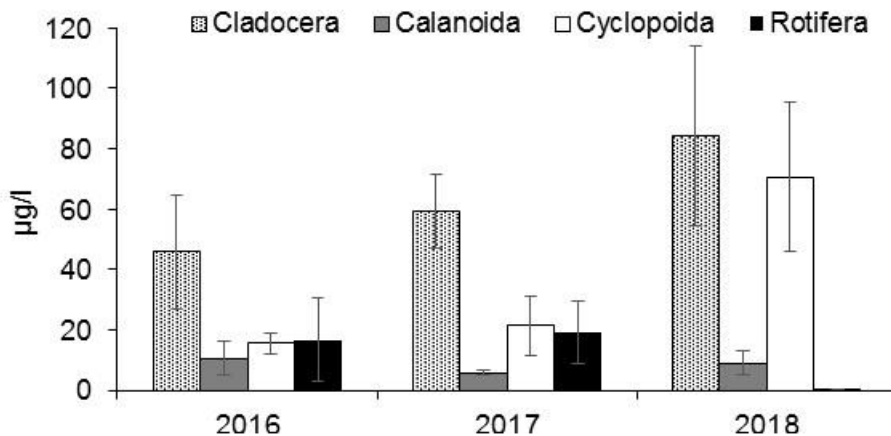
Tuusulanjärven eläinplanktonin kokonaisbiomassan kehitys oli nousujohteinen vuodesta 2016 (keskimäärin 90 µg/l) vuoteen 2017 (106 µg/l) ja 2018 (165 µg/l). Niinpä biomassat näinä kolmena vuonna kohosi lähelle tasoa, jolla ne olivat vuonna 2015 (208 µg/l; Ketola 2015). Eläinplanktonyhteisön vallitseva ryhmä on vesikirput, joiden keskimääräinen biomassa kasvoi tutkittujen vuosien kuluessa niin että se oli vuonna 2018 lähes kaksinkertainen (84 µg/l) verrattuna vuoteen 2016 (46 µg/l) (Kuva 1). Vuonna 2015 biomassa oli keskimäärin 107 µg/l (Ketola 2015), joten vuosien välinen vaihtelu on melkoista. Vuosituhannen taitteessa dokumentoituihin suuriin biomassoihin nähden (jopa yli 200 µg/l) (Rask & Lehtovaara 2009) vesikirppujen biomassat näyttävät kuitenkin pysyneen noin puolet pienemmällä tasolla. Vastaavanlainen vesikirppumäärien väheneminen on havaittu myös Lahden Vesijärvellä (Kuoppamäki 2018).

Calanoida-hankajalkaisäyriäisten biomassa oli vain 10-20 % vesikirppujen biomassasta ja sen muodosti käytännössä kokonaan kasviplanktonia laiduntava *Eudiaptomus gracilis*. Vain muutama *Heterocope appendiculata* -petoäyriäinen havaittiin alkukesällä 2017 ja 2018. Calanoida-biomassa on aiemminkin ollut Tuusulanjärvellä alhainen (Rask & Lehtovaara 2009, Ketola 2015). Cyclopoida-hankajalkaisäyriäisiä oli vuonna 2018 kolminkertaisesti enemmän kuin edeltävinä kahtena vuonna ja lähes yhtä paljon kuin vesikirppuja. Tämä Cyclopoida-biomassa oli kuitenkin suunnilleen sillä tasolla jolla se oli ollut vuonna 2015 (Ketola 2015) eli välissä olleina kahtena vuonna biomassat näyttävät olleen poikkeuksellisen alhaisia. Vuosina 2016-2017 rataseläinten biomassa oli samalla tasolla kuin Cyclopoida-hankajalkaisten, mutta vuonna 2018 rataseläimiä hädin tuskin löytyi eläinplanktonnäytteistä.

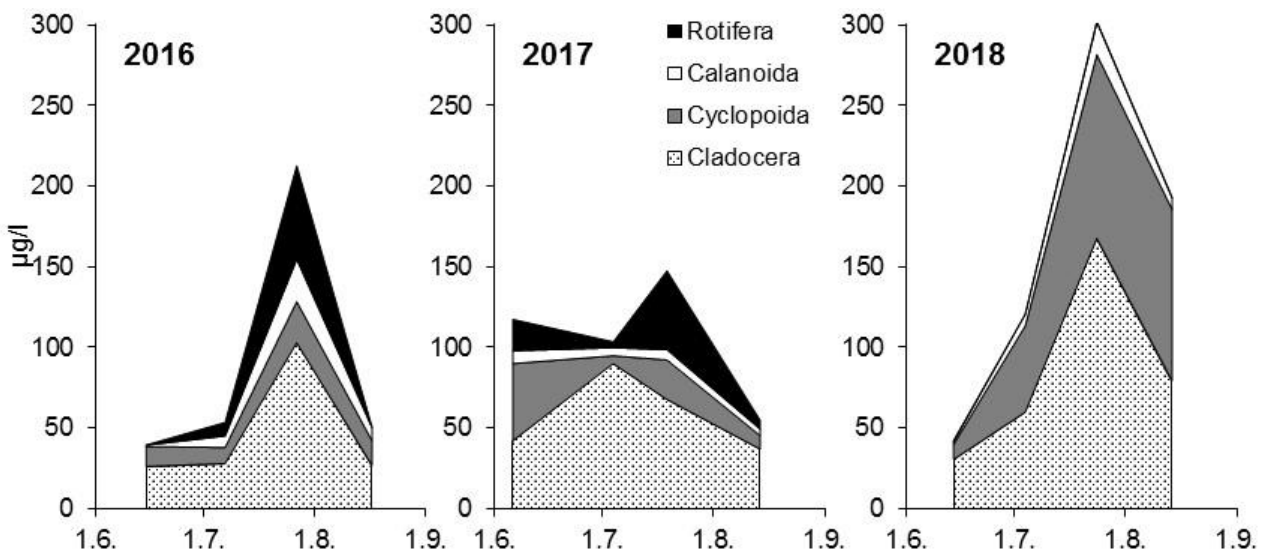
Eläinplanktonin biomassahuippu ajoittui aina loppukesään ja suurin hetkellinen kokonaisbiomassa

mitattiin vuonna 2018 (Kuva 2). Se muodostui vuosina 2016 ja 2018 enimmäkseen vesikirpuista, mutta vuonna 2017 myös rataseläimet näkyivät biomassassa, kun *Asplanchna priodonta* esiintyi runsaana (110 yks./l, 44 µg/l). Muita Tuusulanjärvessä runsaina havaittuja rataseläimiä

vuosina 2016 ja 2017 olivat *Conochilus unicornis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis* var. *tecta*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra major* ja useat *Trichocera*-suvun lajit. Vuonna 2018 runsain oli *K. longispina*, mutta enimmilläänkin sitä oli vain 2 yks./l eli 0.07 µg/l.



Kuva 1. Vesikirppujen (Cladocera), Calanoida- ja Cyclopoida-hankajalkaisäyriäisten sekä rataseläinten (Rotifera) biomassojen kasvukauden keskiarvot (\pm keskivirheet) Tuusulanjärvessä vuosina 2016-2018.



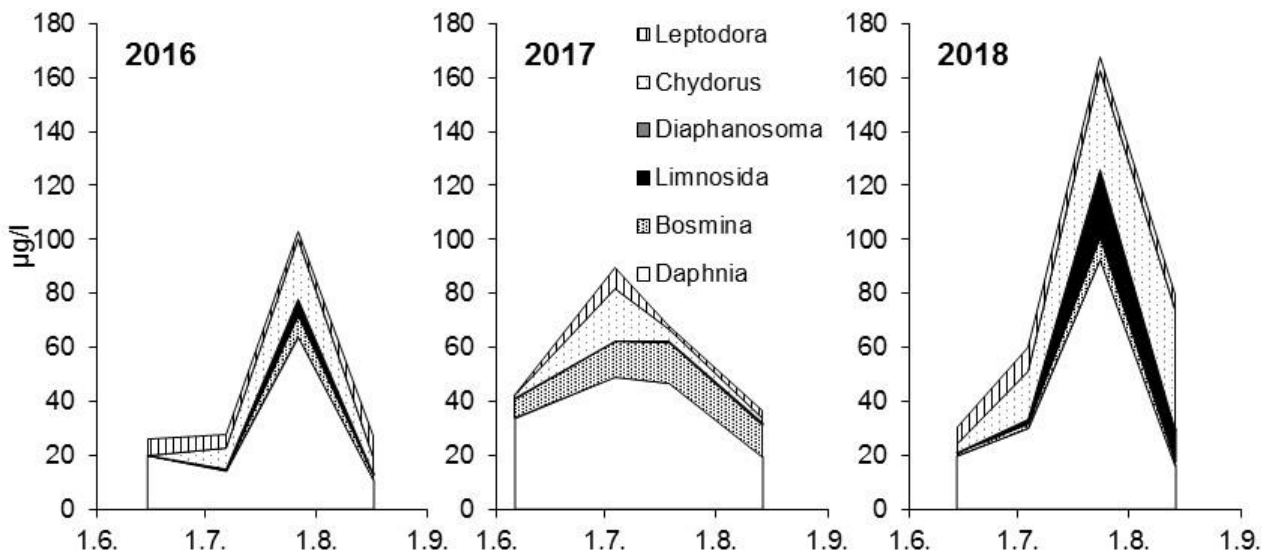
Kuva 2. Vesikirppujen (Cladocera), Calanoida- ja Cyclopoida-hankajalkaisäyriäisten sekä rataseläinten (Rotifera) biomassojen kasvukaudenaikainen kehitys Tuusulanjärvessä vuosina 2016-2018.

Vesikirppubiomassan muodosti pääasiassa *Daphnia*-suku, jota esiintyi varsin tasaisesti läpi kesän ja vuosina 2016 ja 2018 havaittiin selkeä maksimi heinäkuun lopulla (Kuva 3). Pienestä koostaan

huolimatta biomassaltaan toiseksi runsain vesikirppu oli *Chydorus sphaericus*. Suurikokoinen, jopa 1.5 mm pituiseksi kasvava *Limnospira frontosa* esiintyi yleensä harvalukuisena näytteissä mutta oli

loppukesällä 2018 aiempaa runsaampi (enimmillään 6 yks./l), mikä näkyy myös kohtalaisena biomassana (Kuva 3). *Bosmina*-vesikirppujen biomassana oli suurin vuonna 2017 ja niiden biomassa koostui käytännössä kokonaan *B. thersites* -lajista, jolla on erittäin pitkät antennulat. Kasvaessaan se muuttuu pituuttaan korkeammaksi, kun sille kehittyy korkea ”selkäkyttyrä”, joka saattaa joillain yksilöillä taipua

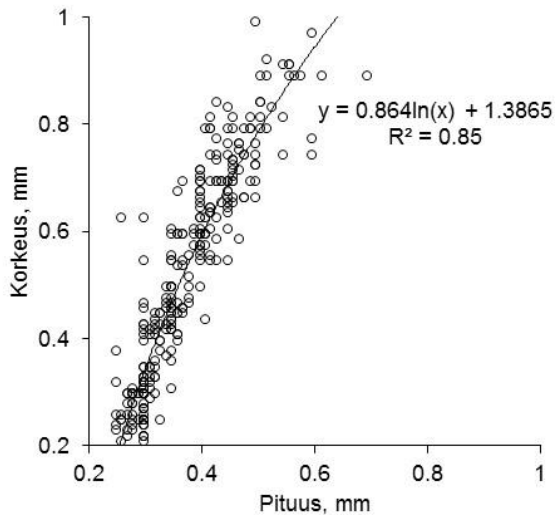
mutkalle. Kyttyrän ansiosta aikuiset yksilöt voivat olla lähes kaksi kertaa korkeampia suhteessa pituuteensa (Kuva 4). Koska lajin biomassa lasketaan pituuden perusteella käyttäen yhtälöä, joka on saatu *B. coregoni* -lajille, Tuusulanjärven *Bosmina*-biomassa on aliarvio todellisesta. *Bosmina longirostris* -lajia havaittiin vain satunnaisesti alkukesien näytteissä.



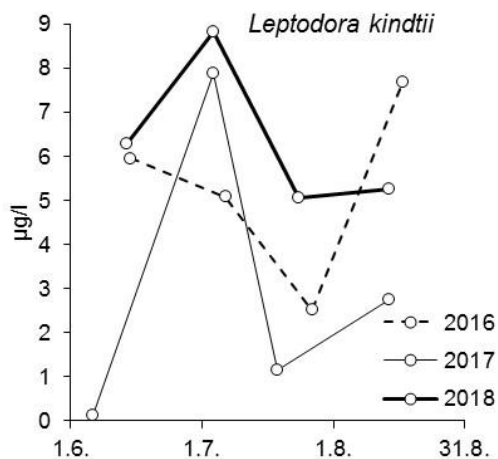
Kuva 3. Vesikirppujen biomassojen kasvukaudenaikainen kehitys Tuusulanjärvässä vuosina 2016-2018.

B. thersites on nykytiedon valossa nuorin *Bosmina*-laji ja kehittynyt *B. coregonista B. gibban* kautta, joka myös kehittää kasvaessaan selkäkyttyrän ja pitkät antennulat (Bledzki & Rybak 2016). Tällainen syklomorfoosi on todennäköisesti keino puolustautua pienikokoisia vesikirppuja syövän *Leptodora kindtii* -petovesikirpun (jopa >10 mm pitkä) saalistukselta. Onkin havaittu, että tämän morfotyypin kehittyminen osuu ajallisesti yksiin *Leptodoran* kuoriutumisen kanssa (Bledzki &

Rybak 2016). *Leptodora*-biomassa oli Tuusulanjärvässä vähäinen suhteessa kasviplanktonia laiduntavien vesikirppujen biomassaan (Kuva 3), mutta niitä oli kuitenkin kaikkina kolmena vuonna tasaisesti läpi koko kesän, lukuun ottamatta alkukesää 2017, jolloin niitä oli hyvin vähän, joskin näytteenotto alkoi aiemmin kuin muina vuosina (Kuva 5). Kaikkina vuosina näytteissä havaittiin myös vähäisiä määriä *Leptodoran* 1 mm mittaisia metanauplius-toukkia.



Kuva 4. *Bosmina thersites* -vesikirpun yksilöiden korkeuden suhde pituuteen Tuusulanjärvessä vuosien 2016-2018 aineiston perusteella (n = 289) ja sille sovitettu yhtälö, jolla oli paras selityssaste, sekä valokuva 14.8.2017 otetusta näytteestä ja siinä olleista sykломorfisista *B. thersites* -yksilöistä.



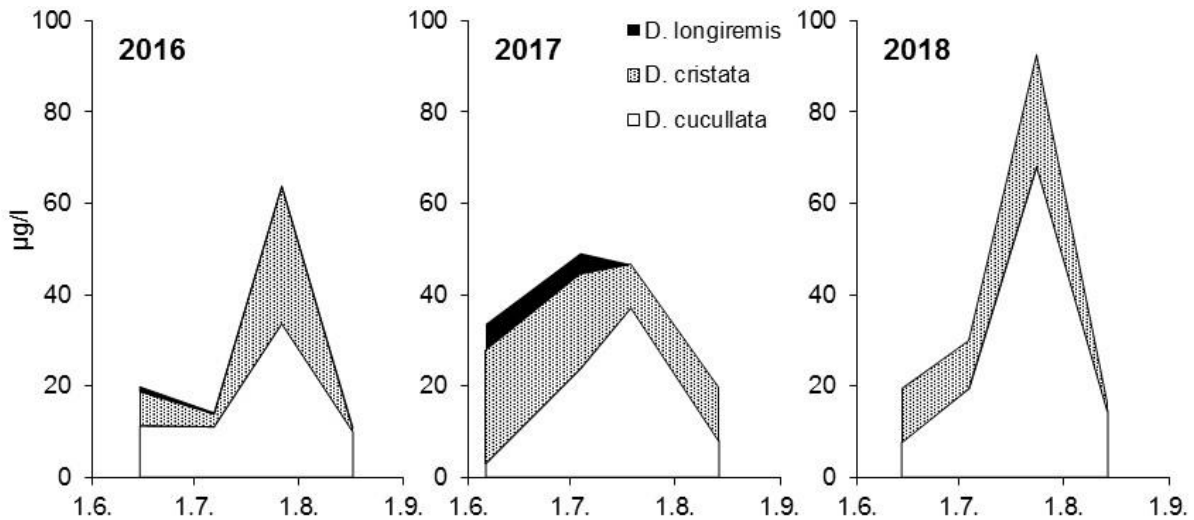
Kuva 6.

Leptodora kindtii -petovesikirpun biomassojen kasvukaudenaikainen kehitys Tuusulanjärvessä vuosina 2016-2018.



Daphnia-suvun runsain laji Tuusulanjärvessä oli *D. cucullata*, jonka biomassahuippu oli heinäkuun lopulla, ja toiseksi runsain oli *D. cristata*, jota esiintyi yleensä tasaisesti läpi koko kesän. *D. cucullata* kasvaa hieman suuremmaksi (max 1.3 mm) kuin *D. cristata* (max 1.0 mm), mutta molempien lajien populaatioiden mediaanipituuksien keskiarvo oli kuitenkin sama, noin 0.6 mm. *D. longiremis* esiintyi vähälukuisena (enimmillään 4.5 yks./l) alkukesällä 2017 mutta oli

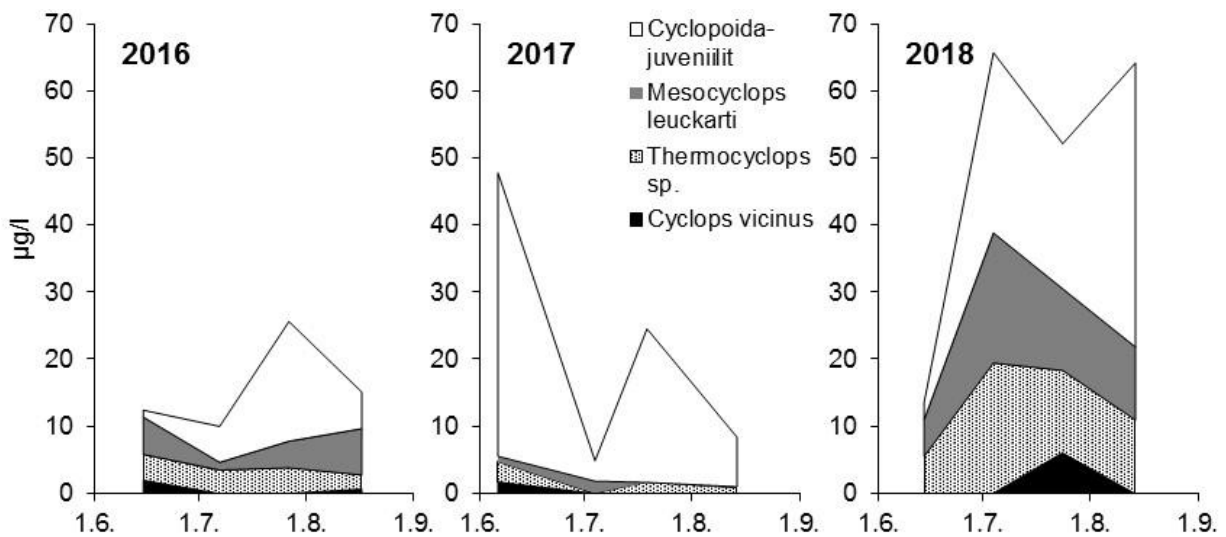
lähes kateissa kahtena muuna vuonna (Kuva 6). Kaikkina kolmena vuonna viimeisen näytteenoton aikaan elokuun puolivälissä *Daphnia*-vesikirppujen biomassat olivat voimakkaassa laskusuunnassa (Kuva 6), mikä voi johtua kalojen, etenkin kesänvanhojen kalanpoikasten saalistuksen voimistumisesta ja/tai vesikirppujen ravinnonottoa haittaavien koloniaalisten kasviplanktonlajien, kuten sinilevien runsastumisesta.



Kuva 6. *Daphnia*-suvun vesikirppujen biomassojen kasvukaudenaikainen kehitys Tuusulanjärvessä vuosina 2016-2018.

Tuusulanjärven ulapalla tavatuista kolmesta Cyclopoida-lajista suurimman aikuisvaiheen biomassan saavuttivat *Thermocyclops* sp. (todennäköisesti *T. oithonoides*) ja *Mesocyclops leuckarti* (Kuva 7). *Cyclops vicinus*, jonka aikuiset naarasyksilöt saavuttivat jopa 1.7 mm yksilökoon,

olivat hyvin harvalukuisia (enimmillään 0.6 yks./l loppukesällä 2018), joten suuresta koostaan huolimatta niiden biomassa oli vaatimaton verrattuna muihin Cyclopoida-lajeihin. Juveniileja eli toukkavaiheita esiintyi yleensä runsaasti läpi koko kesän, etenkin vuosina 2017 ja 2018.

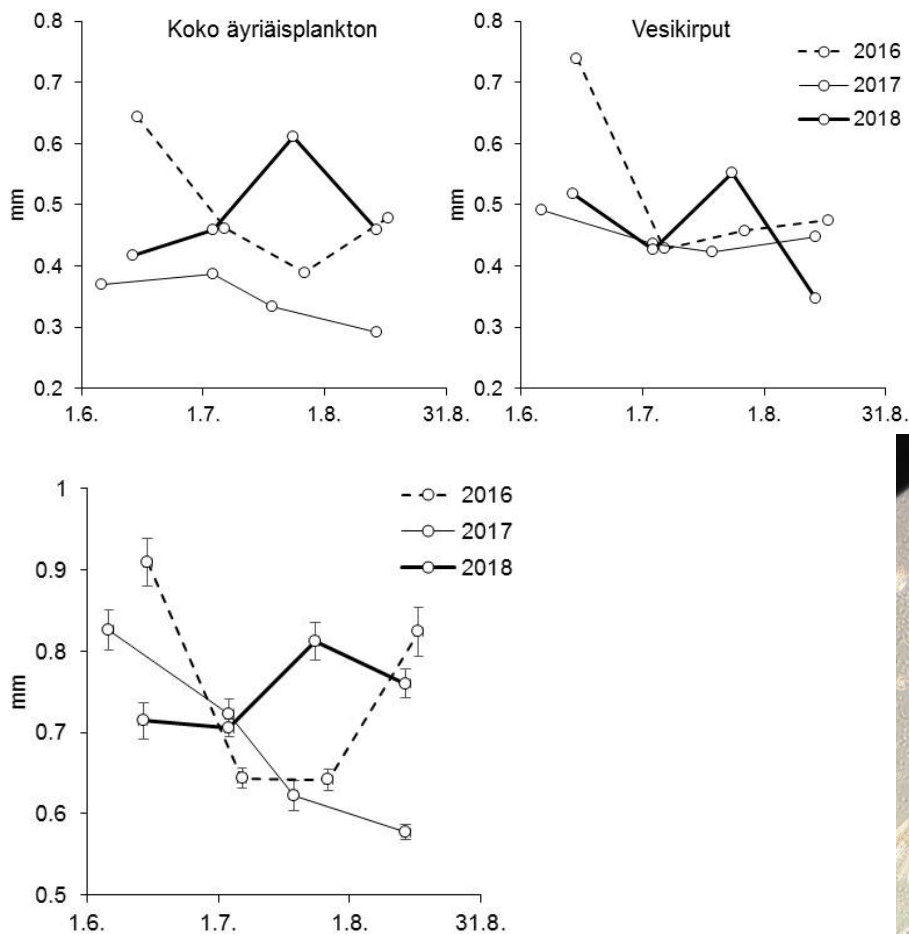


Kuva 6. Cyclopoida-hankajalkaisyriäisten biomassojen kasvukaudenaikainen kehitys Tuusulanjärvessä vuosina 2016-2018.

Äyriäisplanktonin yksilökoko

Koko planktonäyriäisyhteisön tiheyspainotettu yksilökoko pysyi vuonna 2017 pienenä läpi koko kesän, kun muina vuosina se vaihteli enemmän kasvukauden mittaan (Kuva 7). Vuonna 2016 alkukesän varsin suuri yksilökoko pieneni loppukesää kohden, mitä selitti varsinkin vesikirppuyhteisön yksilöiden pieneneminen. Myös elokuussa 2018 vesikirput olivat hyvin pieniä verrattuna muihin ajankohtiin, koska pyöreä pienikokoinen (max 0.35 mm) *Chydorus sphaericus* esiintyi tuolloin erityisen runsaana (Kuva 3). Tämä laji on ollut Tuusulanjärvellä aiemminkin runsas (Rask & Lehtovaara 2009). Se kykenee elämään syanobakteerikukintojen seassa, minkä vuoksi sen runsastuminen ulapan planktonissa on liitetty järven tuottavuuden kasvuun (Donner ym. 1978). Myös kalojen saalistus voi olla osasy *Chydorus*- ja

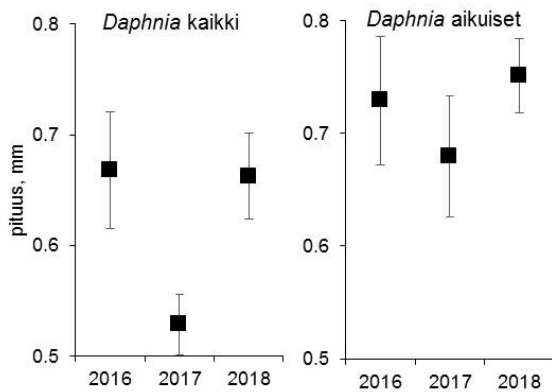
muiden pienten vesikirppujen runsastumiselle, kun kalat saalistavat suurikokoiset vesikirput vähiin, jolloin kilpailuetu siirtyy pienemmille. Vuoden 2018 helteisenä loppukesänä kalojen saalistus ei ilmeisesti kuitenkaan ollut kovin voimakasta, koska aikuiset *Daphnia*-vesikirput olivat varsin hyväkokoisia, kuten olivat myös loppukesällä 2016 (Kuva 8). Vuonna 2017 *Daphnia*-yksilökoko pieneni läpi koko kesän, mikä voi viitata planktonia syövien kalojen runsastumiseen. Aikuisilla vesikirpuilla tarkoitetaan tässä lisääntymisvaiheessa olevia, munia, embryoita tai kestromunia kantavia vesikirppuja. Niiden yksilökoon on havaittu esimerkiksi Lahden Vesijärvellä seurailevan vahvasti planktonia syövien kalojen, etenkin kuoreen runsauden vaihteluita (Anttila ym. 2013, Kuoppamäki 2018).



Kuva 7. Vasemmalla koko äyriäisplanktonin ja oikealla vesikirppujen tiheyspainotetun yksilöpituuden kasvukaudenaikainen kehitys Tuusulanjärvessä vuosina 2016-2018.



Kuva 8. Aikuisten *Daphnia*-vesikirppujen yksilökoon (keskiarvo \pm keskivirhe) kasvukaudenaikainen kehitys vuosina 2016-2018. Oikealla valokuva 15.6.2016 otetusta näytteestä ja siinä olleesta *Daphnia cucullata* -yksilöstä, jolla on sikiökammiossaan huomattavan paljon munia.



Kuva 7. Vasemmalla koko *Daphnia*-populaation ja oikealla aikuisten *Daphnia*-vesikirppujen yksilöpituuden kasvukauden keskiarvo (\pm keskivirhe) Tuusulanjärvessä vuosina 2016-2018.

Daphnia-vesikirppujen keskimääräinen yksilökoko on aiempina vuosina ollut n. 0.6 mm (Rask & Lehtovaara 2009, Ketola 2015). Vuosina 2016 ja 2018 kaikkien *Daphnia*-yksilöiden koko oli hieman tätä suurempi ja vuonna 2017 puolestaan pienempi, mikä jälleen viittaa siihen että vuonna 2017 kalojen saalistus on ollut voimakkaampaa kuin kahtena muuna vuonna. Sama notkahdus näkyy myös kun tarkastellaan vain aikuisten yksilöiden pituuksien

perusteella laskettua vuosikeskiarvoa. *Leptodora*-petovesikirppun yksilökoko oli niinkään vuonna 2017 pienempi (keskimäärin 2.8 mm) kuin kahtena muuna vuonna (4.0-4.5 mm). *Leptodora* on kaloille mieluinen ravintokohde (Malinen ym. 2014), joten tämänkin vuoksi voidaan olettaa, että planktonia syöviä kaloja oli enemmän 2017 kuin kahtena muuna vuonna.

Kirjallisuus

- Anttila, Ketola, Kuoppamäki & Kairesalo 2013. Identification of a biomanipulation-driven regime shift in Lake Vesijärvi: implications for lake management. *Freshw. Biol.* 58: 1494-1502.
- Bledzki & Rybak 2016. *Freshwater crustacean zooplankton of Europe*. Springer.
- Donner et al. 1978. Biostratigraphy and radiocarbon dating of the Holocene lake sediments of Työtjärvi and the peats in the adjoining bog Varrassuo west of lahti in southern Finland. *Ann. Bot. Fennici* 15: 258-280.
- Geist & Hawkins 2016. Habitat recovery and restoration in aquatic ecosystems: current progress and future challenges. *Aquatic Conserv.* 26: 942-962.
- Gliwicz 2003. Between hazards of starvation and risk of predation: the ecology of offshore animals. *Excellence in Ecology 12*, International Ecology Institute, 379 s.
- Hessen, Elser, Sterner & Urabe 2013. Ecological stoichiometry: an elementary approach using basic principles. *Limnol. Oceanogr.* 58: 2219-2236.
- Hietala, Vakkilainen & Kairesalo 2004. Community resistance and change to nutrient enrichment and fish manipulation in a vegetated lake littoral. *Freshw. Biol.* 49: 1525-1537.
- Hulot, Lacroix & Loreau 2014. Differential responses of size-based functional groups to bottom-up and top-down perturbations in pelagic food webs: a meta-analysis. *Oikos* 123: 1291-1300.
- Jeppesen et al. 2011. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676: 279-297.
- Ketola 2015. Tuusulanjärven eläinplanktonitutkimus vuonna 2015. Tutkimusraportti 15 s.
- Kuoppamäki 2018. Vesijärven Enonselän ulappa-alueen eläinplanktonitutkimus. Tutkimusraportti 24 s.
- Latja & Salonen 1978. Carbon analysis for the determination of individual biomasses of planktonic animals. *Verh. Int. Verein. Limnol* 20: 2556-2560.
- Luokkanen 1995. Vesikirppuyhteisön lajisto, biomassa ja tuotanto Vesijärven Enonselällä. Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskuksen raportteja ja selvityksiä 25, 53 s.
- Malinen, Vinni, Ruuhijärvi & Ala-Opas 2014. Vesijärven Enonselän ravintoverkko-tutkimuksen kalatutkimukset vuosina 2009-2013. Tutkimusraportti 27 s.
- Mazumder 1994. Phosphorus-chlorophyll relationships under contrasting herbivory and thermal stratification: predictions and patterns. *Can. J. Aquat. Sci.* 51: 390-400.
- Pace, Carpenter, Johnson & Kurtzweil 2013. Zooplankton provide early warnings of regime shift in a whole lake manipulation. *Limnol. Oceanogr.* 58: 525-532.
- Rask & Lehtovaara 2009. Tuusulanjärven eläinplanktonitutkimus vuonna 2009. Tutkimusraportti. 7 s.
- Telesh, Rahkola & Viljanen 1998. Carbon content of some freshwater rotifers. *Hydrobiologia*, 387/388: 355-360.
- Walke & Salt 2006. *Resilience thinking. Sustaining Ecosystems and people in a changing world*. Island Press, 174 s.
- Vakkilainen et al. 2004. Response of zooplankton to nutrient enrichment and fish in shallow lakes: a pan-European mesocosm experiment. *Freshw. Biol.* 49: 1619-1632.
- Vasama & Kankaala 1990. Carbon-length regressions of planktonic crustaceans in Lake Ala-Kitka (NE Finland). *Aqua Fennica*, 20: 95-102.