

Vastaanottaja

Lahti Aqua, Lahti Energia Oy

Asiakirjatyyppi

Raportti

Päivämäärä

18/01/2010

Viite

89101397

LAHTI AQUA, LAHTI ENERGIA OY VESIJÄRVEN TILA VUO- DEN 2008 HAVAINTO- JEN PERUSTEELLA

**LAHTI AQUA, LAHTI ENERGIA OY
VESIJÄRVEN TILA VUODEN 2008 HAVAINTOJEN
PERUSTEELLA**

Tarkastus
Päivämäärä **18/01/2010**
Laatija **Paula Jäntti**
Tarkastaja **Outi Salonen**
Hyväksyjä **Outi Salonen**
Kuvaus

Viite **89101397**

SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	1
2.	TARKKAILUOHJELMA JA TARKKAILUN TOTEUTUMINEN	2
2.1	Muut Vesijärven vedenlaatuun vaikuttavat toimet	2
2.2	Tulosten tulkinnasta	5
3.	KYMIJÄRVEN VOIMALAITOKSEN TOIMINTATIEDOT	6
4.	LAHTI AQUA OY:N HUUHTELU- JA LAIMENNUSVEDEN OTTO	6
5.	SÄÄ	8
6.	ENONSELÄN VEDENLAATU	9
6.1	Myllysaaren syvänteen hapettaminen	9
6.2	Yleinen vedenlaatu	9
6.3	Happitilanne	10
6.4	Ravinnepitoisuudet Enonselällä	11
6.4.1	Fosfori	11
6.4.2	Typpi	11
6.4.3	Kokonaisravintoesuhde	12
6.5	Enonselän levätuotanto ja rehevyys	12
6.5.1	Lankiluodon kasviplankton vuonna 2008	12
6.6	Lankiluodon kasviplankton vuonna 2007	12
6.7	Siikasalmi	13
7.	KOMONSELÄN VEDENLAATU	16
7.1	Komonселän levätuotanto ja rehevyys	16
7.1.1	Kasviplankton Pirttiniemessä vuonna 2008	16
8.	KOMONSELÄN VEDENLAATU	17
8.1	Komonселän levätuotanto ja rehevyys	17
8.1.1	Kasviplankton Pirttiniemessä vuonna 2008	18
8.2	Kasviplankton Pirttiniemessä vuonna 2007	18
8.3	Vaaniansalmi	19
9.	KAJAANSELÄN VEDENLAATU	19
9.1	Happitilanne ja sisäinen kuormitus	19
9.2	Ravinnepitoisuudet ja kokonaisravintoesuhde	19
9.3	Kajaanselän levätuotanto ja rehevyys	20
9.3.1	Kasviplankton Kajaanselällä vuonna 2008	20
9.4	Kasviplankton Kajaanselällä vuonna 2007	20
10.	PITKÄNAIKAVÄLIN TARKASTELU	21
11.	YHTEENVETO	23
12.	KIRJALLISUUS	25

KUVAT 6-15

LIITTEET

- Liite 1. Vesijärven velvoitetarkkailun analyysitulokset 2008.
 Liite 2. Kasviplanktonin lajisto ja biomassat vuonna 2008
 Liite 3. Kasviplanktonin lajisto ja biomassat vuonna 2007

JAKELU

Lahti Aqua Oy / Martti Lipponen (originaali + pdf)

Lahti Aqua Oy / Jouni Lillman, jouni.lillman@lahtiaqua.fi (1 kopio + pdf)

Lahti Energia Oy / Eeva Lillman, eeva.lillman@lahtienergia.fi (1 kopio + pdf)

Lahden seudun ympäristöpalvelut / Ismo Malin, ismo.malin@lahti.fi (1 kopio + pdf)

Hämeen elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus / kirjaamo.hame@ely-keskus.fi (1 kopio + pdf)

Suomen ympäristökeskus YT-yksikkö (1 kpl)

1. JOHDANTO

Tähän Vesijärvitarkkailun vuoden 2008 vuosiyhteenvetoon on koottu tulokset kahdesta velvoitetarkkailusta. Lahti Aqua Oy:llä on velvoite tarkkailla laimennusveden ottamisen vaikutusta, Lahti Energia Oy:llä (ennen 1.1.2004 Lahden Lämpövoima Oy) Kymijärven voimalaitoksen jäähdytys- ja jätevesien vaikutusta. Vuoden 2008 velvoitetarkkailun suorituksesta vastasi Ramboll Analytics Oy.

Lahti Aqua Oy:llä on jätevesien johtamislupa Porvoonjokeen (KHO 7.5.2004, taltio 1020 drno:t 3404, 3405 ja 3406/1/03), joka edellyttää myös laimennusveden johtamista Porvoonjokeen siten että Porvoonjoen taustavirtaama Ali-Juhakkalassa on aina vähintään 1 m³/s ilman Lahden kaupungin jätevesivirtaamaa. Lahti Aqua Oy:n laimennusveden oton tarkkailu perustuu Korkeimman hallinto-oikeuden 27.10.1986 antamalla päätöksellä n:o 4198 vahvistamaan Itä-Suomen vesioikeuden päätökseen n:o 13/Va II/86 (10.2.1986). Luvan saajan on tarkkailtava veden ottamisen vaikutusta Vesijärvessä ja Vääksynjoessa.

Lahti Energia Oy Kymijärven voimalaitoksen jäähdytys- ja jätevesien tarkkailu perustuu Itä-Suomen vesioikeuden 19.5.1989 antamaan päätökseen n:o 36/II/89. Itä-Suomen vesioikeuden 15.4.1999 antaman uuden päätöksen n:o 15/99/1 vaatimuksia ryhdyttiin toteuttamaan vuonna 2000. Päätöksessä on velvoite lisäseurannasta, mikäli lämpötilan nousu lauhduttimissa ylittää vuorokausikeskiarvona 12 °C tai nousunopeus tuntikeskiarvona 8 °C. Lisäseuranta käsittää purkuvesistön lämpötilan mittaukset ja biologisen seurannan (Lahden Tutkimuslaboratorio 2004). Vuonna 2008 seurantaa ei toteutettu, koska lämpötilan nousuja ei ollut.

Velvoitetarkkailuohjelmaan kuuluvat vuoden 2007 kasviplanktonnäytteiden tulokset esitetään tässä raportissa. Vuodesta 2007 alkaen kasviplankton on määritetty Suomen Ympäristökeskuksen biovolyymiarvoilla 1:1, kun aiemmin on käytetty lajikohtaista mittaamista.

Taulukko 1. Vesijärven ja sen osa-alueiden hydrologiset tiedot.

	Enon- selkä	Paime- lanlahti- Vähäselkä	Ko- mon- selkä	Laitia- lan- selkä	Kajaan- selkä	Vesi- järvi
Valuma-alue (km ²)	84	97	37	159	138	515
Pinta-ala (km ²)	26	6	12,5	21,5	44	109
Keskivirtaama (m ³ /s)	1,0	0,8	2,0	1,1	3,9	3,9
Keskitilavuus (10 ⁶ m ³)	176	17	50	120	300	663
Keskiviipymä (a)	5,6	0,7	0,8	3,5	2,4	5,4
Suurin syvyys (m)	33	14,5	10,5	18,5	42	42
Keskisyvyys (m)	6,8	2,8	4,0	5,6	6,8	6,0
Rantaviiva (km)	44	16	21	37	63	181*

*saarirantaa 31 km

2. TARKKAILUOHJELMA JA TARKKAILUN TOTEUTUMINEN

Vuoden 2008 näytteet otettiin Lahti Aqua Oy:n ja Lahti Energia Oy Kymijärven voimalaitoksen yhdistetyn vesistötarkkailuohjelman mukaisesti (Lahden kaupungin valvonta- ja tutkimuslaboratorio 1992, Lahden Tutkimuslaboratorio 2000). Havaintopaikkoja on 10 kpl (taulukko 2, kuva 1). Kemiallisten analyysien lisäksi (taulukko 3) Lankiluodon, Pirttiniemen ja Kajaanselän ns. runkopisteiltä otettiin kasviplanktonnäytteet kaksi kertaa näkösyvyyden kokoomana. Analyysitulokset ovat kokonaisuutena taulukoitu liitteeseen 1 ja niistä laskettuja keskiarvoja on taulukoissa 7-9 sivuilla 9-10. Näytteet on otettu limnosnoutimella 1 m, 5 m, 10 m, sekä vesipatsaan puolivälistä ja metri pohjan yläpuolelta. Näytteenoton yhteydessä havainnoitiin näkösyvyys sekä veden haju ja ulkonäkö.

Kasviplanktonmääritys muuttui vuonna 2007. Biomassan laskennassa on vuodesta 2007 alkaen käytetty Suomen ympäristökeskuksen julkaisemia biovolyymeja. Vesijärven kasviplanktonbiomassat ovat vertailtavissa muihin laskentoihin, missä käytetään samaa biovolyymitaulukkoa. Verrattaessa vuotta 2007 aiempia tuloksia nykyisiin, jäävät biomassat pienemmiksi erityisesti näytteissä, joissa on ollut paljon pienisoluisia piileviä (esim. *Stephanodiscus sp.*). Vastakkainen esimerkki on *Asterionella formosa*, jolle Vesijärvestä on mittaamalla saatu pienempi biovolyyymi kuin SYKEN taulukot antavat. Tällöin uusi laskentamenetelmä antaa isompia biomassoja (liitteet 2 ja 3).

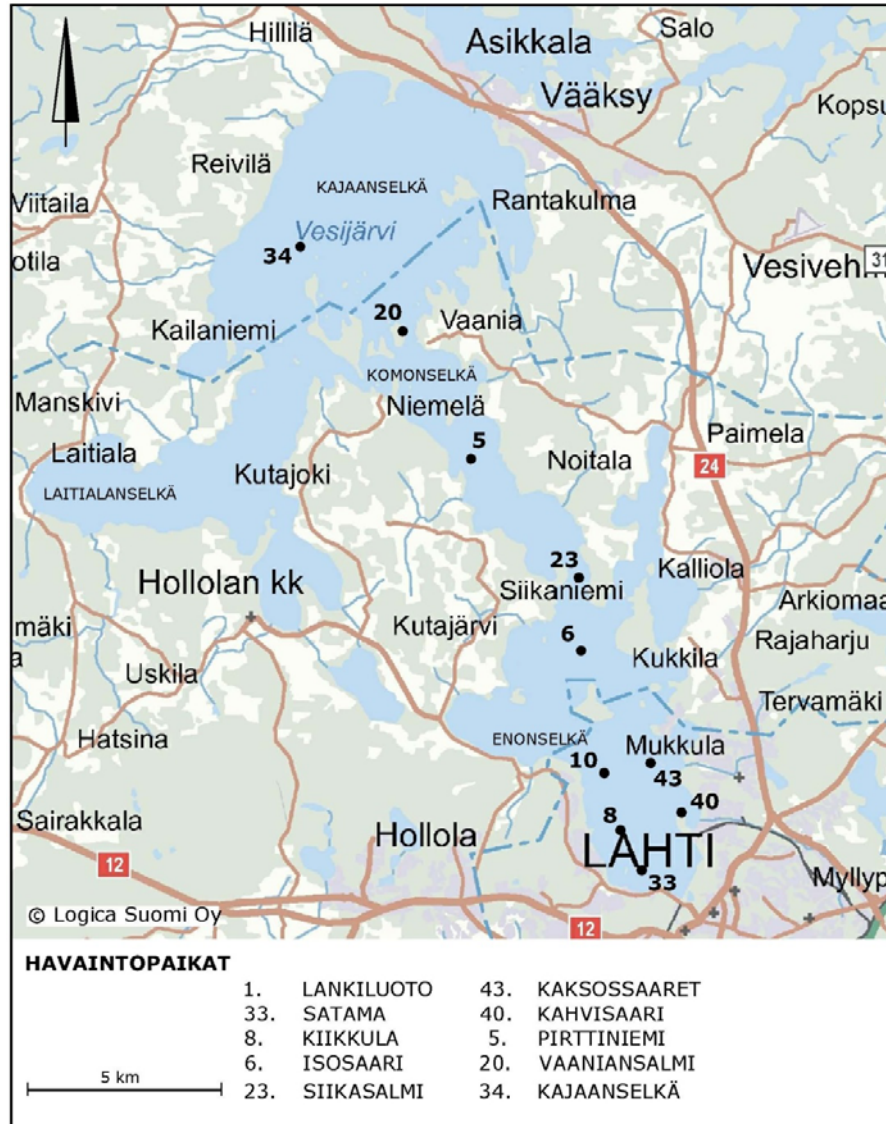
Lahti Energia Oy:n Kymijärven voimalaitoksen jäähdytysvesiä purettiin Joutjokeen ja edelleen Vesijärveen juhannukseen saakka ja myöhemmin syksyllä. Lämpötilaylityksiä ei ilmennyt, joten erillistä seurantaa ei tehty vuonna 2008. Heikon jääpeitteen takia tammikuun 2008 näytteenotto voitiin toteuttaa vasta 19. helmikuuta.

2.1 Muut Vesijärven vedenlaatuun vaikuttavat toimet

Vesijärven Enonselän tilaan vaikuttaa myös hapetus, joka aloitettiin joulukuussa 2007. Hapetuksesta vastaavat Vesijärvisäätiö ja Lahden seudun ympäristöpalvelut. Hapetin on ollut käynnissä Myllysaaren syvänteessä (Satama 33) seuraavina ajankohtina:

19.12.2007 - 22.4.2008,
9.6.2008 - 29.8.2008,
30.12.2008 - 29.4.2009,
25.5.2009 - 14.9.2009.

Satama 33:n vedenlaatutulokset käsitellään Enonselän yhteydessä kappa-leessa 6.1. Vesijärvellä tehdään myös hoitokalastusta sekä vesistö- ja valuma-aluekunnostusta.



Kuva 1. vesijärven vesistötarkkailujen havaintopaikat

Taulukko 2. Näytteenottoajankohdat havaintopaikoittain vuonna 2008. Lyhenteet viittaavat taulukon 3 analyysivalikoimaan: L=laaja, S=suppea, P=perusseuranta.

HAVAINTOPAIKKA	Tammi	Maalis	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Loka	Näyte- kertoja
ENONSELKÄ								
Lankiluoto 10	L	L	L S	L S L	S L	S L	L	12
Satama 33		P	P			P	P	4
Kiikkula 8		P	P			P	P	4
Isosaari 6		P	P			P	P	4
Siikasalmi 23		P	P			P	P	4
Kaksossaaret 43		P	S	S	S	S P		6
Kahvisaari 40		P	S	S	S	S P		6
KOMONSELKÄ								
Pirttiniemi 5	L	L	L	L	L	L	L	8
Vaaniensalmi 20		P	P			P	P	4
KAJAANSELKÄ								
Kajaanselkä 34	L	L	L	L	L	L	L	8

Taulukko 3. Vesijärvitarkkailun analyysivalikoima

Taulukko 3. Analyysivalikoimat Muuttuja	Perusanalyysi- valikoima, P	Runkopisteet, laaja analyysi- valikoima, L	Suppea analyysi- valikoima, S
happi	x	x	
sameus	x	x	
pH	x	x	
johtokyky	x	x	
kokonaisfos- TIFOSFORI	x	x	x
nitraattityppi		x	
nitriittityppi		x	
kokonaistyyppi	x		x
ammonium- rauta	x	x	
mangaani	x	x	
kloridi	x	x	
CODMn	x	x	
kiintoaine	# 1)	# 2)	
klorofylli-a		× 1 + kasvipl	x

1) kiintoaine: Kahvisaari ja Kaksossaarilta maalisk. ja elokuussa

2) kiintoaine: Lankiluotodosta maalisk. ja elokuussa

× 1) Runkopisteiltä klorofylli ja kasviplankton avovesikautena.

2.2 Tulosten tulkinnasta

Raportissa käytetään seuraavia vesistön rehevyyttä ja tuotantotyyppettä kuvaavia luokitteluja. Viitteelliset raja-arvot eri tuotantotyypeille ja minimiravinnesuhte Forsberg ym. (1978) mukaan.

Viitteelliset raja-arvot	Kok.N µg/l	Kok.P µg/l	Klorofylli-a µg/l	Kasvipl. biomassa mg/m³
Oligotrofinen eli karu	300 - 1600	<15	<5	<1000
Mesotrofinen eli REHEVÄ	360 - 1400	15 - 25	5 - 10	1000 - 2500
Eutrofinen eli rehevä	400 - 6100	>25	>10	>2500

Typen ja fosforin suhdeluku on ns. kokonaisravinnesuhte, jonka avulla arvioidaan kumman pääravinteiden pitoisuus on ratkaiseva levien tuotannon kannalta. Kun suhdeluku on 10–17, on vesistö ns. yhteisrajoitteinen, jolloin kasviplanktonilla voi olla puutetta kummasta tahansa ravinteesta. Normaali tilanne suomalaisissa järvissä on fosforirajoitteisuus, jolloin suhdeluku on > 17. Tyyppistä on vajausta yleensä likavesien kuormittamisissa järvissä. Sinilevät hyötyvät typpirajoitteisuudesta.

Luokittelu on seuraava:

N/P suhde - minimiravinne
<10 typpi
10 - 17 typpi tai fosfori
>17 fosfori

Vesistön humuksisuutta osoittavia luokkia on kolme. Humuksisuutta mitataan väriluvun ja kemiallisen hapenkulutuksen avulla sekä havainnoimalla näkösyvyys valkolevyn avulla:

Humuksisuus (dystrofia)	Väriluku mgPt/l	Näkösyvyys m	CODMn mgO₂/l
Oligohumoosinen eli vähähumuksinen	<40	>4	<10
JYMOOSINEN	40-80	1,5-4	10-20
KINKERTAINEN HUMUSMÄÄRÄ			
Polyhumoosinen eli runsashumuksinen	>80	<1,5	>20

3. KYMIJÄRVEN VOIMALAITOKSEN TOIMINTATIEDOT

Vuonna 2008 Kymijärven voimalaitos tuotti kaukolämpöenergiaa 945 GWh ja sähköenergiaa 535 GWh, josta 26 GWh eli 5 % oli lauhde-energiaa. Polttoaineena käytettiin 195 kt kivihiiltä, 33 milj. m³ maakaasua ja 0,9 t dieselöljyä. Kaasutetun polttoaineen määrä oli 68 kt.

Öljynerotuskaivojen vedet, yhteensä noin 6 488 m³ johdettiin viivästysaltaiden kautta Joutjokeen. Öljypitoisuus oli neljällä mittauskerralla enimmillään 0,24 mg/l. Öljynerotuskaivojen vesimäärät ovat edellisvuosina olleet: 12 600 m³ vuonna 2007 ja 8 200 m³ vuonna 2006.

Vesijärvestä otettiin vuonna 2008 yhteensä 51,2 milj m³ jäähdytysvettä. Vesi johdettiin lauhduttimesta Joutjoen kautta takaisin Vesijärveen. Jäähdytysveden johtaminen päättyi 23.6 ja alkoi uudestaan 13.8.2008.

Koko vuoden ajalta lämpökuorma oli 405 TJ. Mikäli lämpökuorma olisi siirretty kerralla vesistöön, olisi se nostanut Enonselän lämpötilaa 0,5 °C ja koko Vesijärven lämpötilaa 0,1 °C (taulukko 4).

Lämpötilan nousu lauhduttimessa ei ylittänyt 12 astetta vuorokausikeskiarvona eikä nousunopeus ylittänyt 8 astetta tuntikeskiarvona vuonna 2008. Siksi erillistä tehostettua, lämpötilan ja klorofyllipitoisuuden seurantaa ei toteutettu.

Taulukko 4. Kymijärven voimalaitokselta vesistöön johdettu jäähdytysvesikuorma ja sen arvioitu vaikutus Vesijärvessä.

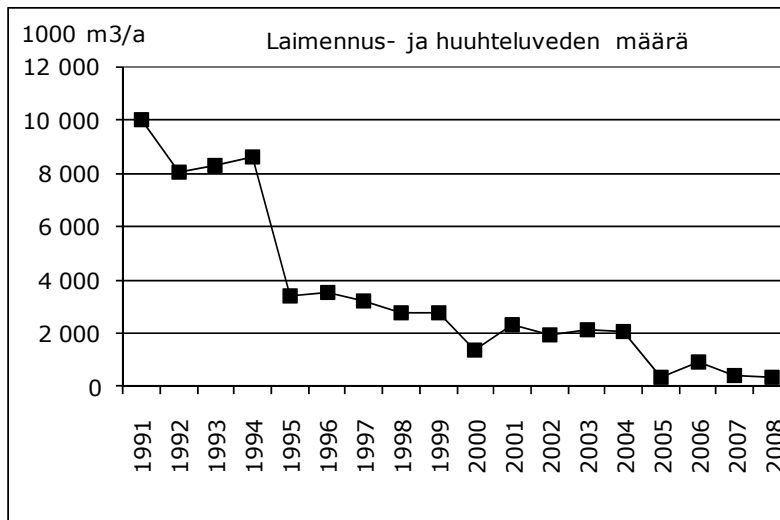
Vuosi	Jäähdytysvesimäärä, milj. m ³	Vesistöön johdettu energia, TJ	Enonselän lämpötilan nousu, °C	Koko Vesijärven lämpötilan nousu, °C
2001	68,7	2 072	2,8	0,7
2002	59,7	1 623	2,2	0,6
2003	84,4	2 877	3,9	1,0
2004	78,1	2 533	3,4	0,9
2005	52,2	508	0,7	0,2
2006	80,0	2 061	2,8	0,7
2007	68,3	1 117	1,5	0,4
2008	51,2	405	0,5	0,1

4. LAHTI AQUA OY:N HUUHTELU- JA LAIMENNUSVEDEN OTTO

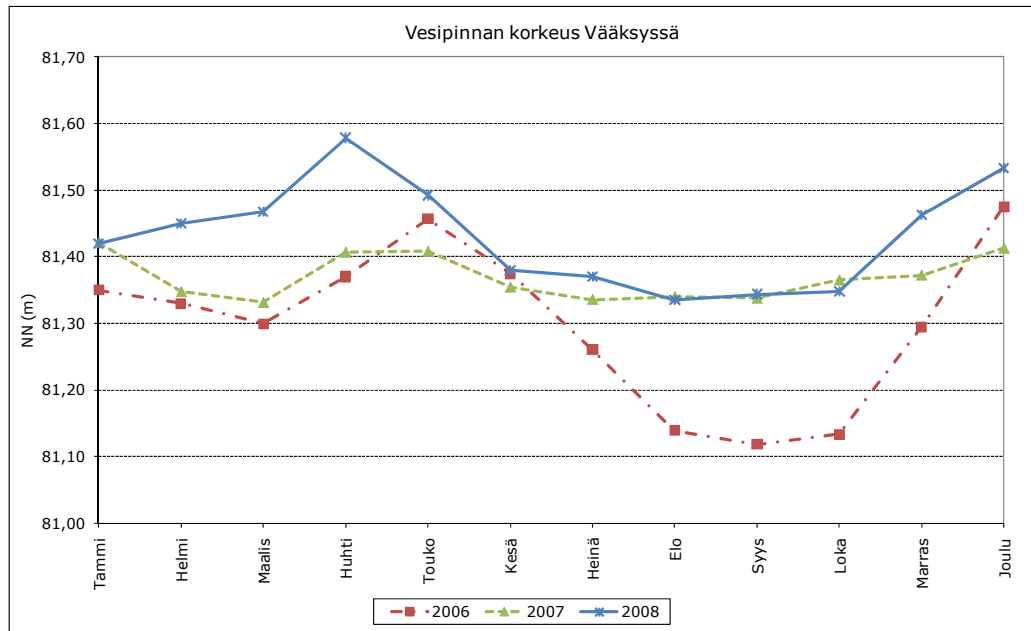
Lahti Aqua Oy otti vuonna 2008 Kariniemen purkutunnelin huuhteluun 324 057 m³ (v 2007: 391 346 m³) Vesijärvestä Porvoojokeen (taulukko 5). Johdetun veden määrä oli 0,05 % Vesijärven tilavuudesta ja vastasi 0,29 senttimetrin vesikerrosta järvestä. Laimennusvettä ei käytännössä ole viimevuosina tarvittu, koska Patomäen virtaama on luontaisesti ollut yli 1 m³/s.

Taulukko 5. Vesijärvestä Porvoonjokeen johdetut vesimäärät vuosina 1991–2008.

Vuosi	10 ³ m ³ /a
1991	10 030
1992	8 037
1993	8 299
1994	8 634
1995	3 426
1996	3 552
1997	3 235
1998	2 751
1999	2 789
2000	1 381
2001	2 340
2002	1 955
2003	2 160
2004	2 076
2005	375
2006	926
2007	391
2008	324



Tunnelin huuhteluveden tai laimennusveden otto ei vaikuta suoraan vedenkorkeuksiin, koska Vesijärveä säännöstellään Vääksynjoessa. Vesijärven vedenpinnan vaihtelut olivat pieniä 2008. Vääksyssä keskivesipinta oli 81,43 m (NN) (kuva 2).



Kuva 2. Vesijärven keskivedenpinnan korkeus Vääksyssä.

5. SÄÄ

Vuonna 2008 Enonselkä oli jääpeitteinen vain neljä kuukautta. Enonselkä jäätty ensimmäisen kerran 13.-14. joulukuuta 2007, mutta tuulet repivät vielä vuoden vaihteessa railoja selille ja vahva jääpeite saatiin vasta helmikuussa. Enonselkä sulii 21. huhtikuuta. Syksyllä 2008 jäätyminen tapahtui nopeasti joulujen välipäivinä. Voimakkaat lämpötilanvaihtelut repivät Enonselälle loppiaisena 2009 ison railon.

Talvi 2007–2008 oli erittäin leuto eikä vahvaa lumipeitettä muodostunut Lahden alueelle. Talven sateet tulivat enimmäkseen vetenä. Vähäinen lumipeite sulii pois jo maaliskuussa. Termisen talven pituus Helsinki-Vantaa lentokentällä oli vain 44 vuorokautta, kun normaalisti talven pituus on 137 vrk.

Kesän ja syksyn lämpötilat olivat jokseenkin normaaleja. Kesä-, elo- ja lokamarraskuu olivat normaalia sateisempia. Touko- ja syyskuu olivat poikkeuksellisen kuivia (taulukko 6).

Vuonna 2008 sademäärä Lahdessa oli 748 mm ja vuoden keskilämpötila 6,0 °C. Sademäärä oli 114 mm suurempi kuin vuosien 1971–2000 keskiarvo. Vastaavasti vuosi oli 1,9 °C normaalia lämpimämpi.

Taulukko 6. Kuukauden keskilämpötila ja kuukausisadanta Lahdessa vuosina 2007 - 2008 sekä vastaavat pitkän aikavälin keskiarvot.

Kuukausi	Lämpötila °C			Kuukausi	Sadanta mm		
	Laune 2007	Laune 2008	Laune 1971-2000		Laune 2007	Laune 2008	Laune 1971-2000
Tammi	-3,5	-1,4	-6,8	Tammi	49	70	44
Helmi	-12,1	-0,9	-7,3	Helmi	19	55	33
Maalis	1,9	-1,9	-2,9	Maalis	24	54	35
Huhti	4,8	5,6	2,8	Huhti	27	36	32
Touko	10,5	10,1	9,9	Touko	44	19	36
Kesä	14,8	13,8	14,6	Kesä	50	101	56
Heinä	16,7	16,2	16,6	Heinä	132	50	75
Elo	16,4	14,1	14,6	Elo	86	100	82
Syys	9,5	8,8	9,1	Syys	83	26	65
Loka	5,6	6,8	4,2	Loka	45	110	64
Marras	-0,7	1,1	-0,8	Marras	34	77	61
Joulu	0,9	-0,7	-4,8	Joulu	47	52	51
Keskiarvo	5,4	6,0	4,1	Yhteensä	641	748	634

6. ENONSELÄN VEDENLAATU

6.1 Myllysaaren syvänteen hapettaminen

Hapetin oli käynnissä Myllysaaren syvänteessä talvella ja kesällä 2008. Sattama 33:n havaintopaikka on hapettimen vaikutusalueella. Maaliskuussa pinnan happitilanne oli erinomainen ja pohjan hyvä. Happea oli pohjassa 11 mg/l ja kyllästysaste oli 79 %. Lievä rajapinta oli nähtävissä 10 m kohdalla. Alusvesi oli raudan ja mangaanin samentamaa ja ravinnepitoisempaa kuin päällysvesi.

Kevättäyskierron aikaan ilmeni hapen ylikyllästystä, pH:n ja COD_{Mn}-arvon nousua. Elokuussa alueen fosforipitoisuus oli 30 µg/l -tasolla ja typpipitoisuus noin 400 µg/l.

Touko-, elo- ja lokakuussa vesipatsas oli melko tasalaatuinen ja todetut pitoisuudet samaa tasoa kuin Kiikkulan syvänteen. Hapetin esti syvänteen kerrostumisen ja happikadon, joten sisäinen kuormitus estyi eivätkä alusveden typpi-, fosfori- rauta- ja mangaanipitoisuus nousseet.

6.2 Yleinen vedenlaatu

Enonselän happamuus oli keskimäärin pH 7,6 (taulukko 7, sivu 9). Kevättäyskierron aikaan pH-arvot olivat 7,5 - 7,9. Lievästi emäksisiä arvoja, pH 7,9, todettiin Enonselän alueella koko kesän ajan. Lokakuussa pH oli tasaisesti 7,6. Alkaliteetti oli Enonselällä noin 0,6 mmol/l. Kohonneita arvoja esiintyi alusvedessä kesäkerrostuneisuuden aikaan.

Enonselän väriluku oli noin 20 mgPt/l ja kemiallinen hapentarve (COD_{Mn}) alle 5 mg/l, mikä kuvaa vähähumuksista vesistöä. Kiintoainepitoisuudet olivat alle 5 mg/l, muutoin paitsi alusvedessä kesäkerrostuneisuuden aikaan. Mangaanin pitoisuudet päällysvedessä olivat 20 - 40 µg/l. Rautaa oli Kahvisaaren 1 m näytteissä keskimäärin 150 µg/l, kun keskimääräinen pitoisuus muualla oli noin 85 µg/l. Myös Isosaaressa raudan pitoisuus kohosi poikkeavasti muihin Enonselän pisteisiin nähden.

Kloridin ja sähkönjohtavuuden arvot olivat ranta-alueilla hieman selkivesiä korkeammat. Sähkönjohtavuuden arvot olivat Enonselällä 11- 14 mS/m. Korkein pitoisuus todettiin Kiikkulan syvänteestä maaliskuussa. Sähkönjohtavuuden nousu maaliskuussa selittyy osittain kloridipitoisuuden 1-2 mg/l suuruisella nousulla. Kiikkulan lisäksi myös Kahvisaassa kloridipitoisuus oli yli 10 mg/l. Enonselän kloridipitoisuuden keskiarvo oli 8,2 mg/l (taulukko 7, sivu 9).

Kevättalvella 2008 syvänteiden hapettomuus nosti alusveden rauta- ja mangaanipitoisuuksia vain lievästi Satamassa ja Kiikkulassa. Lankiluodossa alusveden samentuminen ja värjäytyminen raudan ja mangaanin takia oli voimakasta. Loppukesällä Lankiluodon pohjanäytteestä mitattiin rautaa 2 000 µg/l ja mangaania 9 100 µg/l. Isosaassa raudan liukeneminen oli mangaania voimakkaampaa. Muissa Enonselän syvänteissä pitoisuudet olivat huomattavasti alhaisempia (taulukko 8, sivu 9).

Heikoimmillaan näkösyvyys oli Lankiluodossa kesäkuun alussa ja elokuun lopussa ja parhaimmillaan heinäkuun alussa ja lokakuussa. Näkösyvyys vaihteli 1,8 – 2,5 m.

6.3 Happitilanne

Vesijärven jäät olivat pitkään heikot alkuvuodesta 2008 ja tammikuulle suunniteltu näytteenotto toteutui vasta helmikuussa. Lankiluodossa happitilanne oli jo alkanut heiketä, kun 25 metrissä kyllästysaste oli 50 %. Maaliskuussa 25 metriä syvemmällä kyllästyneisyysaste laski alle 42 %:iin. Kiikkulan syvänteen hapen kyllästysaste oli maaliskuussa huono 21 %, mutta Isoaaren syvänteessä kohtalainen 50 %.

Huhti-toukokuun vaihteessa täyskierto sekoitti hapekasta vettä hyvin koko vesipatsaaseen ja voimakas levätuotanto lisäsi happipitoisuutta. Kyllästysaste oli pohjaa myöten 110 %.

Lämpötilakerrostuminen ja alusveden happitilanteen heikkeneminen alkoi jo toukokuussa. Kesäkuun alussa harppauskerroksen raja oli Lankiluodossa 10–15 m välillä ja hapen kyllästysaste pohjassa 48 %. Heinäkuussa alusveden hapen kyllästysaste laski alle 5 %:in.

Elokuun kovat tuulet kierrättivät päällysvettä ja Lankiluodossa 0-20 m vesikerros oli tasalämpöinen ja happikyllästys erinomainen 93 %. Pohjanläheisyydessä happea ei ollut (kyllästysaste 3 %) ja lämpötila oli noin 11 °C. Hapeton alusvesi haisi rikkivedylle. Kiikkulan ja Isoaaren syvänteissä happitilanne oli hyvä elokuun lopulla.

Syystäyskierron aikaa lokakuun puolivälissä vesipatsas oli 8-9 asteinen, happipitoisuus noin 11 mg/l ja kyllästysaste erinomainen 91–94 %.

6.4 Ravinnepitoisuudet Enonselällä

6.4.1 Fosfori

Keskimääräinen pintaveden fosforipitoisuus oli Enonselän ranta-alueella 30 - 35 µg/l ja selkävesillä 26 - 32 (taulukko 7, sivu 9). Yleensä Enonselän syvänteiden fosforipitoisuus on kohonnut huomattavasti pohjan hapettomuudesta johtuen, mutta vuonna 2008 sisäinen kuormitus oli vähäistä. Helmikuussa Enonselän syvänteiden pohjanläheisen vesikerroksen fosforipitoisuus vaihteli Sataman 29:stä Isosaaren 57:ään µg/l.

Heinäkuun lopulla Lankiluodon alusveden fosforipitoisuus oli 70 µg/l ja elokuussa 190 µg/l. Muissa syvänteissä vesipatsas oli elokuun lopulla jo hyvin sekoittunut ja fosforipitoisuudet olivat koko vesipatsaassa 30 - 35 µg/l. Syystäyskierron aikaan Enonselän fosforipitoisuus oli noin 30 µg/l ja fosfaattifosforin pitoisuus 10 µg/l.

Enonselän tilavuuspainotetun kokonaisfosforin pitoisuus oli vuonna 2008 maaliskuussa 26 µgP/l ja elokuussa 32 µgP/l.

Lankiluodossa epäorgaanisen fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista laski huomattavasti helmi-maaliskuussa. Helmikuussa sitä oli koko vesipatsaassa 75 - 80 % kokonaisfosforin määrästä, mutta maaliskuussa fosfaattifosforia oli vain alusvedessä samassa määrin. Päälysvedessä fosfaattifosforin osuus oli noin 30 %. Alkukesästä fosfaattifosforin osuus oli päälysvedessä noin 20 % ja loppukesästä noin 40 %. Pitoisuudet olivat 10 - 15 µg/l. Alusveden fosfaattifosforin pitoisuudet vaihtelivat välillä 40 - 160 µg/l ja osuus kokonaisfosforista oli 60 - 80 %.

6.4.2 Typpi

Enonselän 1m näytteiden vuosikeskiarvona alhaisin typpipitoisuus, 448 µg/l, mitattiin Kiikkulasta ja korkein Kaksossaarilta, 487 µg/l.

Talvella typpeä todettiin maaliskuussa eniten Isosaaren syvänteestä, 1 900 µg/l. Sataman, Kiikkulan ja Lankiluodon syvänteiden alusvedessä typpeä oli 700 - 800 µg/l (taulukko 9). Talvella tyypestä 40 - 60 % oli epäorgaanisena nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyypinä. Ammoniumtyypeä todettiin vain pohjanläheisyydessä, enimmillään Lankiluodossa 130 µg/l.

Toukokuussa täysikierron aikaan ja sen jälkeen Enonselän typpipitoisuudet olivat suurimmat Isosaareissa (630 µg/l) ja pienimmät Kahvisaareissa (480 µg/l).

Kokonaistypen tilavuuspainotettu pitoisuus Enonselällä oli talvella 555 µgN/l ja kesällä 390 µgN/l.

Kesäkerrostuneisuuden muodostuessa typen ja ammoniumtypen pitoisuudet syvänteissä kasvoivat. Lankiluodossa alusveden kokonaistypen pitoisuus nousi kesä-elokuussa 750:stä 1200:aan µg/l ja vastaavasti ammoniumtyypin pitoisuus 270:stä 790:een µg/l. Epäorgaanisen typen osuus vaihteli pinnan noin 5 %:sta pohjan 60 - 70 %:iin.

Isosaaresta todettiin elokuussa 2008 erittäin alhaisia typpipitoisuuksia: 200 - 300 µg/l. Siikasalmessa, Kahvisaareissa ja Kaksossaarilla pitoisuudet olivat 400 - 500 µg/l ja Sataman ja Kiikkulan pisteillä 300 - 400 µg/l, mikä on tavanomaisempi taso Enonselälle.

Syystäyskierron aikaan Enonselän typpipitoisuus noin 400 µg/l. Epäorgaanista typpeä (nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyppi) oli vähän, alle 10 µg/l.

6.4.3 Kokonaisravintenesuhde

Tuotantokauden aikainen typpipitoisuus Lankiluodossa pysyi vielä alle 500:n µg/l, mutta fosforipitoisuus nousi huomattavasti viime vuosiin verrattuna. Avovesiajan keskiarvo oli 34 µgP/l. Fosforipitoisuus kuvaa rehevää, eutrofista vesistöä. Typpi-fosfori -suhde, 15, oli myös alhaisempien todettujen joukossa. N/P -suhdeluvun perusteella alue on yhteisrajoitteinen, jolloin levätuotantoa voi rajoittaa joko typen tai fosforin saatavuus (taulukko 9). Heinä-elokuussa Enonselkä oli typpirajoitteinen (kuva 3, sivu 8).

6.5 Enonselän levätuotanto ja rehevyys

Kahvi- ja Kaksossaarilla klorofyllipitoisuus oli touko-kesäkuussa 9-11 µg/l ja heinä-elokuussa 12-20 µg/l. Keskimäärin näillä ranta-alueiden havaintopaikoilla klorofylli-a:n pitoisuus oli 8-9 µg/l. Kahvisaaren levätuotanto voimistui muita alueita suuremmaksi elokuussa (kuva 4).

Lankiluodon levätuotanto oli kesäkuun puolivälissä heikompaa kuin ranta-alueilla. Lankiluodossa kasvukauden klorofyllipitoisuudet olivat 5 - 18 µg/l (kuva 3). Maksimiarvo todettiin toukokuun alussa ja minimi kesäkuun puolivälissä. Loppukesän levämaksimi ajoittui elokuun puoliväliin. Koko Enonselän alueella keskimääräinen klorofylli-a:n pitoisuus oli 12,8 µg/l, mikä kuvaa rehevää, eutrofista vesistöä.

6.5.1 Lankiluodon kasviplankton vuonna 2008

Piilevien osuus toukokuun 2008 leväbiomassasta (5 500 mg/m³) oli 78 % (liitteet 2.1 ja 2.2). Valtalajia, *Asterionella formosa*, oli 66 %, jonka lisäksi esiintyi *Stephanodiscus* -piileviä. Panssarilevää *Gymnodium helveticum* oli 11 % biomassasta.

Kesäkuun alussa *Uroglena* sp. -kultalevää oli 29 % ja *Dinobryon sociale* -kultalevää 7 %. Kultalevien lisäksi nielu- ja panssarileviä oli noin 18 % kokonaisbiomassasta.

Kesä-heinäkuussa nielulevät runsastuivat piilevien rinnalla. Nielulevän, *Cryptomonas* sp., osuus oli 27 % biomassasta ja *A. formosa* ja *Cyclotella schumannii* -piilevien 30 %.

Heinäkuun lopulla yksin *Tabellaria flocculosa* -piilevän osuus biomassasta oli 61 %, mutta elokuun loppuun mennessä sen osuus oli pudonnut alle 8 %:in. Elokuussa piilevien ja nielulevien osuus oli 24 %, sinilevien 18 % sekä kultaja silmälevien osuus noin 10 %. Yleisin sinilevälaji oli *Woronichinia naegelian* ja jonkin verran esiintyi *Planktothrix agardhii* -lajeja. Kasviplanktonin biomassa oli tuotantokauden alhaisin, 950 mg/m³.

Lokakuuhun 2008 mennessä *Planktothrix agardhii* -laji oli saavuttanut 76 % osuuden levämassasta (4 000 mg/m³). Piileviä oli vain 10 %.

6.6 Lankiluodon kasviplankton vuonna 2007

Huhtikuussa 2007 piilevät olivat valtalaji ja myös panssarilevää esiintyi runsaasti (liitteet 3.1 ja 3.2). Piilevälajeista todettiin *Stephanodiscus parvusta* 38 % biomassasta ja *Asterionella formosaa* 7 %. Panssarilevää *Gymnodium helveticum* oli 16 % biomassasta.

Toukokuussa *A. formosa* ja *G. helveticum* esiintyivät vielä runsaina, mutta lajistoon oli tullut jo runsaasti erilaisia nieluleviä. Juhannuksen jälkeen piilevien *Cryptomonadales* ja *Cryptomonas* sp osuus oli lähes kolmannes levämassasta.

Heinäkuun lopussa piileviä oli 41 % biomassasta ja lajeista *Tabellaria* oli runsain. *Cryptomonas* -nielulevää oli vajaa 10 % biomassasta.

Elokuussa 2007 sinileviä oli 52 % biomassasta. Valtalajit olivat *Woronichinia karelica* ja *Anabaena sp 'twisted'*. Piileviä ja nieluleviä oli jonkin verran.

Lokakuussa Lankiluodossa vallitsivat jälleen piilevät. Selvä valtalaji oli *Rhizosolenia longiseta*, mutta myös *A. formosaa* oli runsaasti, 15 % biomassasta.

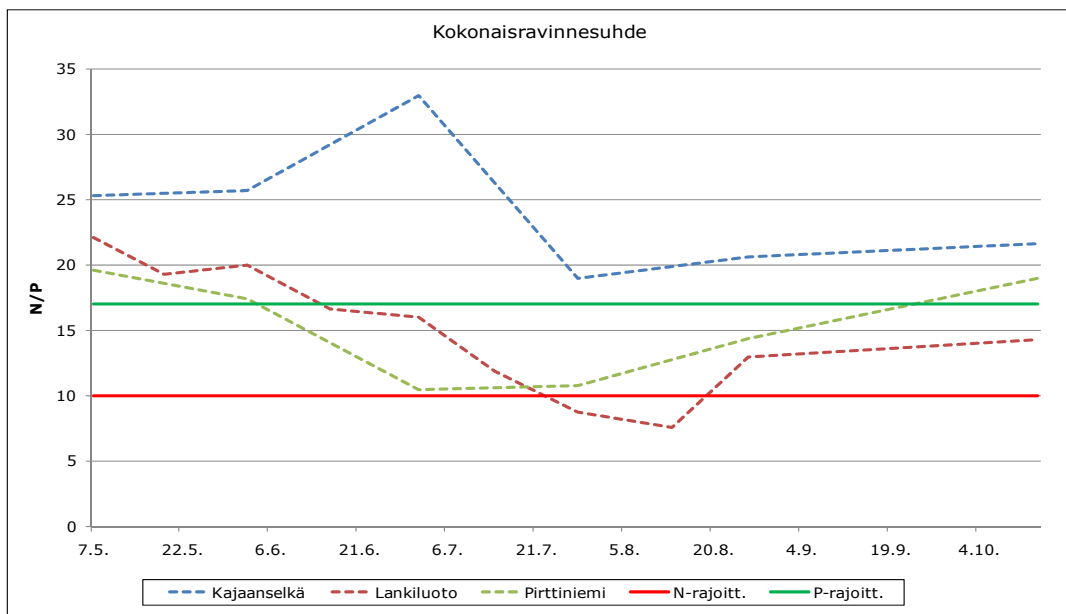
6.7 Siikasalmi

Siikasalmen vesi oli vuoden neljän havainnon keskiarvon perusteella hyvin samanlaista kuin Enonselän. Typen pitoisuuden keskiarvo, 438 µg/l, oli pienempi kuin Pirttiniemessä tai Enoselällä keskimäärin (taulukko 7, sivu 9). Fosforin keskimääräisen pitoisuuden, 22 µg/l, perusteella Siikasalmi oli rehevyytasoltaan selvästi mesotrofinen, keskirehevä.

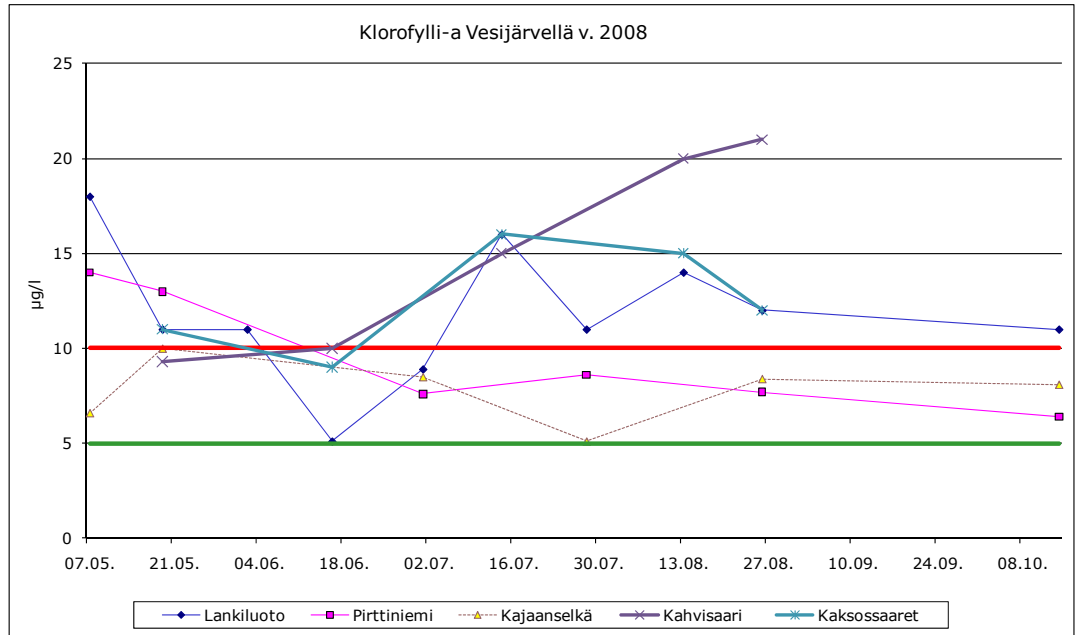
Maaliskuussa Siikasalmen typpipitoisuus oli 560 µg/l ja fosforipitoisuus keskimäärin 20 µg/l. Elokuussa typpeä oli alueella vähän, 320 µg/l pinnassa, mutta fosforia oli tavanomaisempi pitoisuus, 25 µg/l.

Ainoastaan talvella pohjassa happitilanne oli lievästi heikentynyt, kun hapen kyllästysaste oli 76 %. Sisäistä kuormitusta ei Siikasalmessa ollut todettavissa.

Sähkönjohtavuuden arvot olivat noin 12 mS/m ja pH vaihteli arvoissa 7,1–7,7. Siikasalmessa pH oli levätuotannon maksimin aikaan touko- ja elokuussa 7,6–7,7. Kevättäyskierron aikaan Siikasalmessa todettiin lievää hapen ylikyllästystä. Kloridipitoisuudet olivat keskimäärin 7,8 mg/l. Elokuussa rautaa oli enimmillään 160 µg/l ja humusta COD_{Mn}-arvona 5,7 mg/l. Syystäyskierron aikaan Siikasalmen veden laatu oli hyvin samanlainen kuin Isosaaressa ja Pirttiniemessä.



Kuva 3. Kokonaisravinnesuhde N/P Lankiluodon, Pirttiniemen ja Kajaanselän 1 m pitoisuuksien mukaan vuonna 2008. Suhdeluku <10 osoittaa typpirajoitettisuutta, 10 - 17 yhteisrajoitettisuutta ja >17 fosforirajoitettisuutta.



Kuva 4. Klorofylli-a -pitoisuudet Vesijärven havaintopaikoilla vuonna 2008. Karujen vesistöjen klorofyllipitoisuuden yläraja on 5 µg/l (oligotrofia). Vesistöt, joiden klorofyllipitoisuus on yli 10 µg/l, luokitellaan reheviksi (eutrofia).

Taulukko 7. Vesijärven havaintopaikkojen veden laatu 1 m näytteissä v. 2008. Havaintojen määrä (n) on koko vuodelta, mutta analyysivalikoima vaihtelee näytekertoittain.

Havaintopaikka v. 2008	n, kpl	Sa-meus	Väri-luku	pH	Johtokyky mS/m	Kiinto-aine mg/l	COD -Mn mg/l	Kloridi mg/l	Kok. typpi µg/l	Kok. fosfori µg/l	Man-gaani mg/l	Rau-ta mg/l
Kahvisaari	6	1,0	23	7,6	12,5	4,6	5,7	8,4	472	35	43	149
Kaksossaaret	6	2,1	20	7,6	12,1	3,1	6,0	7,7	487	30	26	84
Satama	4	3,1	19	7,7	12,2		5,7	8,2	458	26	19	85
Kiikkula	4	2,8	19	7,7	12,1		5,7	8,3	448	27	25	86
Lankiluoto	12	2,6	21	7,6	12,0	4,4	5,5	8,1	478	32	24	89
Isosaari	4	2,9	24	7,5	12,3		5,6	8,2	463	27	28	109
Siikasalmi	4	3,1	19	7,6	11,7		5,3	7,8	438	22	21	114
Pirttiniemi	8	3,3	21	7,6	11,5		5,3	7,5	450	27	23	127
Vaaniensalmi	4	1,6	16	7,6	10,9		4,7	6,8	370	16	23	92
Kajaanselkä	8	1,5	14	7,6	10,9		4,6	6,7	401	16	19	53

Taulukko 8. Talvi- ja kesäkerrostuneisuuden aikaisia pitoisuuksia Vesijärven syvänteissä vuonna 2008. Arvot ovat 1 m pohjan yläpuolelta.

	Kok. fosfori, µg/l	Fosfaatti-fosfori, µg/l	Kok. typpi, µg/l	Ammonium-typpi, µg/l	Nitraatti-typpi, µg/l	Mangaani, mg/l	Rauta, mg/l
Maaliskuu							
Kajaanselkä	110	96	950	550	150	3100	1200
Pirttiniemi	25	16	670	<10	350	29	280
Isosaari	57		1900			92	1500
Lankiluoto	40	28	790	130	350	1100	240
Kiikkula	44		680			200	140
Satama	29		560			24	130
Elokuu							
Kajaanselkä	26	22	630	96	310	1200	30
Pirttiniemi	22	8	350	<10	<10	33	220
Isosaari	35		270			100	380
Lankiluoto	190	160	1900	1400	<10	9100	2000
Kiikkula	30		320			37	140
Satama	33		370			38	190

Taulukko 9. Kasvukauden (avovesikauden) aikaiset tuotantotasoa kuvaavat keskiarvot Vesijärven kolmelle osa-alueelle vuosina 2002 - 2008.

Vuosi	Kok.N, µg/l	Kok.P, µg/l	N/P	Klorofylli-a, µg/l	Kasviplanktonin biomassa mg/m ³
Lankiluoto					
2002	544	26	21	17	2 770
2003	547	24	26	9,6	1 840
2004	537	27	20	12	3 360
2005	484	26	19	8,8	2 100
2006	440	23	19	10,2	2 550
2007	457	24	19	10,6	965
2008	464	34	15	11,8	2 680
Pirttiniemi					
2002	517	22	19	12,3	2 500
2003	465	19	23	8,5	1 940
2004	470	20	24	9,9	2 700
2005	430	23	19	7,0	2 080
2006	413	20	20	10,3	2 410
2007	378	20	19	9,5	986
2008	423	30	15	9,6	1 627
Kajaanselkä					
2002	404	14	30	4,3	840
2003	380	13	30	4,3	950
2004	397	14	29	6,7	1 080
2005	395	17	23	7,6	1 570
2006	338	15	23	5,9	1 100
2007	340	16	22	6,9	917
2008	400	17	24	7,8	1 432

Taulukossa fosfori ja typpi ovat 1 m:n arvoja klorofylli-a ja kasviplanktonbiomassa ovat kaksi kertaa näkösyvyyden kokoomanäytteitä. Vuodesta 2007 alkaen kasviplanktonin laskenta perustuu SYKE:n antamiin biolymeyhin.

7. KOMONSELÄN VEDENLAATU

Komonselän Pirttiniemessä vesipatsaan kerrostuminen lämpötilan suhteen oli heikkoa, mutta happitilanteen heikkenemistä oli todettavissa talvella ja lievästi myös elokuussa. Ravinteiden, raudan tai mangaanin vapautuminen sedimentistä oli vähäistä. Voimakkain kerrostuneisuuskausi oli maaliskuussa. Vesi sameni pohjaa kohti, samalla kun raudan ja mangaanin sekä typen- ja nitraattitypen pitoisuudet kasvoivat.

Talvella kokonaistypen pitoisuus oli 470 - 670 µg/l. Tyypestä lähes 50 % oli nitraattimuotoista. Kokonaisfosforia oli talvella noin 20 µg/l, josta alusvedessä yli puolet oli epäorgaanisena fosfaattifosforina. Kevättäyskierron aikaan epäorgaaniset ravinteet olivat jo tuottaviin leviin sitoutuneita ja kokonaisravinteiden pitoisuudet olivat laskeneet.

Touko-kesäkuussa vesipatsas oli hapen suhteen lievästi ylikyllästynyt ja happamuus lievästi emäksinen pH 7,8. Kevään piileväkukinta nosti osaltaan veden pH-lukua.

Pirttiniemen alue oli koko kesäajan melko samea, 3-8 FTU. Sameutta aiheuttivat levien ohella mm rauta ja mangaani. Rautaa oli kesällä 120 - 360 µg/l ja mangaania enimmillään 80 µg/l. Päällysveden mangaaniarvot jäivät talvella alle 5 µg/l. Veden värin ja kemiallisen hapenkulutuksen arvot osoittavat lievää humuosisuutta. Keskimääräiseltä vedenlaadultaan Komonselkä on hieman parempilaatuinen kuin Enonselkä, mutta selvästi huonompilaatuinen kuin Kajaonselkä (vrt taulukot 7-9).

7.1 Komonselän levätuotanto ja rehevyys

Avovesiajan keskimääräinen fosforipitoisuus oli 30 µg/l, joten Pirttiniemi ja Komonselkä voidaan luokitella reheväksi eli eutrofiseksi. Kokonaisravinesuhde (N/P) oli avovesikaudella 15, mikä kuvaa yhteisrajoittuneisuutta (taulukko 9, sivu 10). Typpirajoitettisuutta lähenevä tilanne oli heinäkuussa, kun suhdeluku oli lähes 10 (kuva 3).

Kasvukauden keskimääräinen klorofyllipitoisuus oli 9,6 µg/l. Levätuotannon maksimin aikaan toukokuussa klorofyllipitoisuus oli 14 µg/l. Levät myös lisäsivät veden emäksisyyttä. Kesän levätuotannon minimi ajoittui heinäkuun alkuun, jolloin klorofylli-a:n pitoisuus oli 7,6 µg/l (kuva 4).

Pirttiniemessä kokonaisfosforipitoisuus on viime vuosina laskenut 20 µg/l –tasolle, mistä vuonna 2008 todettu 30 µg/l poikkeaa huomattavasti ja osoittaa vedenlaadun heikkenemistä. Typen kesäaikainen pitoisuus laskee edelleen, mutta talviaikainen pitoisuus on noin 500 µg/l. Huonoin näkösyvyys, 2 m, oli Pirttiniemessä elokuussa.

7.1.1 Kasviplankton Pirttiniemessä vuonna 2008

Huhtikuussa 2008 piilevät olivat runsain leväryhmä Komonselällä (liite 2). Niiden 68 % biomassaosuudesta eniten oli *Asterionella formosaa*. Panssarileviä oli vain 17 % biomassasta ja levä oli *Gymnodinium helveticumia*. Kasviplanktonin kokonaisbiomassa oli 3 600 mg/m³.

Gymnodinium helveticum-panssarilevää oli vielä kesäkuussa 20 % leväbiomassasta, mutta valtalaji oli *Uroglena sp* kultalevä. Sen biomassasta oli 37 %. Muita kultaleviä olivat *Dinobryon sociale* ja *Asterionella formosa*.

Kesä-heinäkuussa 2008 *Tabellaria flocculosa* ja *Cyclotella schumannii* -piilevät olivat valtalajeja ja piilevien osuus oli 28 % biomassasta (880 mg/m³). Nieluleivistä esiintyi *Cryptomas* -lajeja. Heinäkuussa sinilevä oli 12 % biomassasta ja *Anabaena*-lajit olivat yleisempiä. Sinilevät eivät heinäkuussa 2008 saaneet valta-asemaa Komonselän leväyhteisössä vaikka kokonaisravinesuhde oli niiden kasvuille edullinen.

Heinäkuun lopulla *Tabellaria flocculosa* -piilevää oli 38 %, kun piilevien osuus koko levämassasta oli 42 %. Yleisiä olivat myös *Cryptomonas* -nielulevät.

Elokuussa *T. flocculosa* -piilevän biomassaosuus oli laskenut 26 %:iin, mutta muita piilevälajeja oli sitä runsaammin ja ryhmän osuus oli 48 % kokonaisbiomassasta.

Lokakuussa sinilevälajia, *Planktothrix agardhii*, oli 39 % leväbiomassasta. Sinilevien kokonaisbiomassa oli 43 % ja muita vähäisemmässä määrin tavattuja lajeja olivat *Woronichia naegeliana* ja *Oscillatoriales sp.* Piilevät olivat toinen runsas ryhmä, 36 %, ja yleisimmät todetut lajit olivat *Tabellaria flocculosa* ja *Asterionella formosa*.

8. KOMONSELÄN VEDENLAATU

Komonselän Pirttiniemessä vesipatsaan kerrostuminen lämpötilan suhteen oli heikkoa, mutta happitilanteen heikkenemistä oli todettavissa talvella ja lievästi myös elokuussa. Ravinteiden, raudan tai mangaanin vapautuminen sedimentistä oli vähäistä. Voimakkain kerrostuneisuuskausi oli maaliskuussa. Vesi sameni pohjaa kohti, samalla kun raudan ja mangaanin sekä typen- ja nitraattitypen pitoisuudet kasvoivat.

Talvella kokonaistypen pitoisuus oli 470 - 670 µg/l. Tyydestä lähes 50 % oli nitraattimuotoista. Kokonaisfosforia oli talvella noin 20 µg/l, josta alusvedessä yli puolet oli epäorgaanisena fosfaattifosforina. Kevättäyskierron aikaan epäorgaaniset ravinteet olivat jo tuottaviin leviin sitoutuneita ja kokonaisravinteiden pitoisuudet olivat laskeneet.

Touko-kesäkuussa vesipatsas oli hapen suhteen lievästi ylikyllästynyt ja happamuus lievästi emäksinen pH 7,8. Kevään piileväkukinta nosti osaltaan veden pH-lukua.

Pirttiniemen alue oli koko kesäajan melko samea, 3-8 FTU. Sameutta aiheuttivat levien ohella mm rauta ja mangaani. Rautaa oli kesällä 120 - 360 µg/l ja mangaania enimmillään 80 µg/l. Päällisveden mangaaniarvot jäivät talvella alle 5 µg/l. Veden värin ja kemiallisen hapenkulutuksen arvot osoittavat lievästi humuksisuutta. Keskimääräiseltä vedenlaadultaan Komonselkä on hieman parempilaatuinen kuin Enonselkä, mutta selvästi huonompilaatuinen kuin Kajaonselkä (vrt taulukot 7-9).

8.1 Komonselän levätuotanto ja rehevyys

Avovesiajan keskimääräinen fosforipitoisuus oli 30 µg/l, joten Pirttiniemi ja Komonselkä voidaan luokitella reheväksi eli eutrofiseksi. Kokonaisravinesuhde (N/P) oli avovesikaudella 15, mikä kuvaa yhteisrajoittuneisuutta (taulukko 9, sivu 10). Typpirajoitteisuutta lähenevä tilanne oli heinäkuussa, kun suhdeluku oli lähes 10 (kuva 3).

Kasvukauden keskimääräinen klorofyllipitoisuus oli 9,6 µg/l. Levätuotannon maksimin aikaan toukokuussa klorofyllipitoisuus oli 14 µg/l. Levät myös lisäsivät veden emäksisyyttä. Kesän levätuotannon minimi ajoittui heinäkuun alkuun, jolloin klorofylli-a:n pitoisuus oli 7,6 µg/l (kuva 4).

Pirttiniemessä kokonaisfosforipitoisuus on viime vuosina laskenut 20 µg/l -tasolle, mistä vuonna 2008 todettu 30 µg/l poikkeaa huomattavasti ja osoittaa vedenlaadun heikkenemistä. Typen kesäaikainen pitoisuus laskee edelleen, mutta talviaikainen pitoisuus on noin 500 µg/l. Huonoin näkösyvyys, 2 m, oli Pirttiniemessä elokuussa.

8.1.1 Kasviplankton Pirttiniemessä vuonna 2008

Huhtikuussa 2008 piilevät olivat runsain leväryhmä Komonselällä (liite 2). Niiden 68 % biomassaosuudesta eniten oli *Asterionella formosaa*. Panssarileviä oli vain 17 % biomassasta ja levä oli *Gymnodinium helveticumia*. Kasviplanktonin kokonaisbiomassa oli 3 600 mg/m³.

Gymnodinium helveticum-panssarilevää oli vielä kesäkuussa 20 % leväbiomassasta, mutta valtalaji oli *Uroglena sp* kultalevä. Sen biomassasta oli 37 %. Muita kultaleviä olivat *Dinobryon sociale* ja *Asterionella formosa*.

Kesä-heinäkuussa 2008 *Tabellaria flocculosa* ja *Cyclotella schumannii* -piilevät olivat valtalajeja ja piilevien osuus oli 28 % biomassasta (880 mg/m³). Nielulevistä esiintyi *Cryptomas* -lajeja. Heinäkuussa sinilevää oli 12 % biomassasta ja *Anabaena*-lajit olivat yleisempiä. Sinilevät eivät heinäkuussa 2008 saaneet valta-asemaa Komonselän leväyhteisössä vaikka kokonaisravinnesuhte oli niiden kasvulle edullinen.

Heinäkuun lopulla *Tabellaria flocculosa* -piilevää oli 38 %, kun piilevien osuus koko levämassasta oli 42 %. Yleisiä olivat myös *Cryptomonas* -nielulevät.

Elokuussa *T. flocculosa* -piilevän biomassaosuus oli laskenut 26 %:iin, mutta muita piilevälajeja oli sitä runsaammin ja ryhmän osuus oli 48 % kokonaisbiomassasta.

Lokakuussa sinilevälajia, *Planktothrix agardhii*, oli 39 % leväbiomassasta. Sinilevien kokonaisbiomassa oli 43 % ja muita vähäisemmässä määrin tavattuja lajeja olivat *Woronichia naegeliana* ja *Oscillatoriales sp*. Piilevät olivat toinen runsas ryhmä, 36 %, ja yleisimmät todetut lajit olivat *Tabellaria flocculosa* ja *Asterionella formosa*.

8.2 Kasviplankton Pirttiniemessä vuonna 2007

Huhtikuussa 2007 *Stephanodiscus parvus* ja *Asterionella formosa* olivat yleisimmät piilevälajit Komonselällä. Piilevien biomassaosuus oli 36 %. Panssarileviä oli lähes yhtä paljon, 31 % biomassasta. *Gymnodinium helveticum* ja *Peridinium cf cinctum* olivat yleisimmät lajit.

Toukokuun lopulla panssari-, kulta- ja piileviä oli kutakin 22–26 % biomassasta. Panssarilevää, *G. helveticum*, oli 21 % biomassasta, *Dinobryon* -kultaleviä 20 % ja *Stephanodiscus alpinus* sekä *Asterionella formosa* -piilevälajeja yhteensä 17 %.

Kesäkuun lopulla Komonselkä oli nielulevävaltainen (50 %) ja *Cryptomonadales* ja *Cryptomonas sp* olivat valtalajit. Niitä esiintyi vielä noin 10 % osuudella heinäkuun lopulla. Silloin kuitenkin piilevien osuus oli kasvanut kolmannekseen levämäärästä. *Tabellaria flocculosa* -piilevän osuus biomassasta oli 18 %.

Elokuussa *T. flocculosan* kanssa esiintyi *Aulacoseira sp* piilevää ja niiden biomassasta osuus oli 29 %. Piilevien biomassaosuus oli yhteensä 44 %. Sinilevien osuus Komonselän biomassasta oli suurin, 23 %, elokuussa. Valtalaji oli *Woronichia sp*, mutta myös *Anabaena* ja *Microcystis* -lajeja esiintyi.

Lokakuussa puolet leväbiomassasta oli piilevää ja yksinomaan *Asterionella formosa*-lajeja. Sinilevää, *Planktothrix agardhii* -lajeja oli 8 % biomassasta (liite 3.)

8.3 Vaaniansalmi

Vaaniansalmessa vesi oli kirkasta ja väritöntä maalisi- ja lokakuulla 2008. Touko- ja kesäkuussa suurempi humus-, rauta- ja mangaanimäärä lisäsivät veden väriä. Alkaliteetti, happamuus, kloridipitoisuus tai sähkönjohtavuus eivät vuoden aikana liiemmin muuttuneet. Kevättäyskierron aikaan ravinnepitoisuudet olivat hieman muita tarkkailukertoja korkeampia. Hapen ylikyllästys saattoi johtua täyskierrosta tai voimakkaasta levätuotannosta.

9. KAJAANSELÄN VEDENLAATU

Kajaanselän väriluku oli pinnassa 10–15 mgPt/l, mikä kuvaa kirkasta vettä. Pohjasta mitatut lievää ruskeutta osoittavat väriluvut 20–30 mgPt/l johtuvat mm humuksesta, sekä rauta- ja mangaaniflokeista, joita muodostuu hapettomuuden seurauksena. Sameus nousi pohjassa kerrostuneisuuskausina yli jopa 6-9 FTU -yksikköön. Talvella 2008 päällysvesi oli kirkasta, alle 1 FTU. Keskipäällä päällysveden samentuminen johtui kasviplanktonista.

Sähkönjohtavuuden arvot olivat tasaisesti 11–12 mS/m ja alkaliteetti noin 0,55 mmol/l. Pitoisuudet kuvasivat hyvälaatuisia järvivettä. Kajaanselän pH-arvo nousi keskipäällä pH 7,9:ään. Lievä emäksisyys johtui levätuotannosta.

9.1 Happitilanne ja sisäinen kuormitus

Helmikuun 19. päivänä Kajaanselän syvänteessä alusveden happitilanne heikkeni selvästi 35 m syvemällä. Pohjassa kyllästysaste oli 28 %. Maaliskuussa pohja oli hapeton. Toukokuun täyskierron aikaan vesipatsas ylikyllästyi (110 %). Lämpötilakerrostuminen alkoi jo kesäkuussa ja sen myötä alusveden happitilanne heikkeni. Heinäkuun 1. päivä 20 m syvemällä kyllästysaste laski noin 50 %:iin ja kuun lopulla kyllästysaste oli alle 15 %. Elokuussa harppauskerros 15 - 20 m välillä oli voimakas ja 20 m alapuolella happea oli alle 1 mg/l. Lokakuun näytekierroksella 14. päivä, veden lämpötila oli 9,6 astetta ja happitilanne hyvä.

Sisäinen kuormitus oli voimakkainta maaliskuussa, jolloin pohjan fosforipitoisuus oli 110 µg/l ja fosfaattifosforin pitoisuus 96 µg/l. Typeä oli 950 µg/l, mistä 15 % oli nitraattimuotoista ja 60 % ammoniummuotoista.

Alusvesi oli jo tammikuussa värjäytynyttä ja sameaa ja pH-muutos päällysveteen nähden oli selvä. Myös alkaliteetti nousi pohjaa kohti. Suurin mitattu mangaanipitoisuus oli 3 100 µg/l ja rautapitoisuus 1 200 µg/l (taulukko 8).

Kajaanselän syvänteessä oli heinä-elokuun vaihteeseen asti hieman happea, mikä esti fosforin liukenemisen sedimentistä. Pintaan verrattuna fosforia oli loppukesällä vain 10 µg/l enemmän pohjassa kuin pinnassa ja typpipitoisuus kaksinkertaistui (taulukko 9). Typpi oli valtaosin nitraattina. Kesällä alusvedessä oli enimmillään helppoliukoista mangaania 1 200 µg/l ja vaikeammin liukenevaa rautaa noin 210 µg/l. Harppauskerroksen alapuolella happamuus oli 0,5 pH-yksikön verran voimakkaampaa kuin päällysvedessä.

9.2 Ravinnepitoisuudet ja kokonaisravinnesuhte

Kajaanselän 1 m fosforipitoisuus oli keskimäärin 16 µg/l ja typpipitoisuus 400 µg/l vuosikeskiarvona (taulukko 9). Pitoisuudet eivät ratkaisevasti poikenneet avovesikauden keskiarvoista. Fosforia ja fosfaattifosforia oli jo helmikuussa pohjassa runsaasti ja pitoisuus nousi vielä maaliskuulle. Fosfaattifosforin osuus kokonaisfosforista oli enimmillään liki 90 % kokonaisfosforin määrästä. Epäorgaanista typeä oli talvella noin puolet kokonaisravinnepitoisuudesta.

Päällysveden (1m) kokonaistypen ja –fosforin ns. minimiravannesuhde oli Kajaanselällä vuosikeskiarvona 24 (taulukko 9). Vesialue oli ns. fosforirajoitteinen, jolloin fosfori on tuotantoa rajoittava ravinne. Suurimmillaan N/P suhdeluku, 32, oli kesä-heinäkuun vaihteessa, jolloin tyypeä oli runsaasti suhteessa fosforiin nähden (kuva 3).

Kajaanselällä tilavuuspainotetun kokonaisfosforin pitoisuus oli maaliskuussa 18 µgP/l ja elokuussa 17 µgP/l vastaavasti kokonaistypen tilavuuspainotettu pitoisuus oli talvella 410 µgN/l ja kesällä 355 µgN/l.

Keväällä epäorgaaniset ravinteet sitoutuivat nopeasti tuottaviin leviin ja pitoisuudet vedessä laskivat. Kesäkaudella päällysveden epäorgaanisten ravinteiden pitoisuudet olivat siten pieniä.

9.3 Kajaanselän levätuotanto ja rehevyys

Levätuotannon voimakkuutta kuvaavan klorofylli-a:n maksimipitoisuudet, noin 10 µg/l, todettiin toukokuussa (kuva 4). Keskikesällä klorofyllin määrä oli karuhkolla vesistölle tyypillisellä 5 µg/l –tasolla. Klorofylli-a:n keskiarvo oli 7,8 µg/l. Fosfori- ja klorofyllipitoisuuden perusteella Kajaanselkä oli lievästi rehevä (mesotrofinen).

9.3.1 Kasviplankton Kajaanselällä vuonna 2008

Kajaanselällä oli koko avovesikauden 2008 runsaasti piilevää. Kultalevää oli runsaimmin kesäkuun alussa ja nielulevää heinä-elokuussa. Sinilevän biomassat Kajaanselällä olivat pieniä, enimmilläänkin alle 8 % kokonaisbiomassasta.

Toukokuussa yleisin piilevä Kajaanselällä oli *Asterionella formosa*, 61 % biomassasta (2 200 mg/m³). Piilevien biomassaosuus oli 67 %. Kultalevistä yleisin oli *Gymnodinium helveticum* ja panssarilevistä *Synyra sp.*

Kesäkuussa *A. formosan* osuus biomassasta oli laskenut 36 %:iin, mutta piilevät olivat edelleen suurin leväryhmä. Kultalevien biomassaosuus oli 38 % ja yleisin laji *Uroglena sp.*

Kesä-heinäkuussa 2008 Kajaanselällä *Tabellaria flocculosa* ja *Cyclotella schumannii* –piilevät olivat valtalajeja. Piilevien osuus oli 26 % biomassasta. Nielulevää *Cryptomonas sp* oli lähes 30 %, mutta muiden nielulevälajien osuudet olivat erittäin pieniä.

Heinäkuussa nielulevien biomassaosuus oli 33 % ja tilanne oli sama kuin kesä-heinäkuun vaihteessa. *Cryptomonas sp*:n lisäksi ei muita suuressa määrin tavattuja lajeja ollut, mm. *Rhodomonas lacustricse*n osuus jäin 6 %:iin. Kultra- ja piileviä oli kumpaakin noin 15 % biomassasta. Kasviplanktonin kokonaisbiomassa oli heinäkuun lopulla minimissään, 480 mg/m³, samoin kuin klorofyllipitoisuutena mitattu levätuotanto.

Elokuussa piileviä oli kolmannes ja nieluleviä neljännes Kajaanselän levistä. *Tabellaria flocculosa*-piilevä ja *Cryptomonas sp* -nielulevä olivat yleisimmät.

Lokakuussa piilevistä *Aulacoseira islandica*, *Fragilaria crotonensis* ja *Asterionella formosa* olivat yleisimmät lajit. Piileviä oli 64 % biomassasta. Nielulevistä esiintyi eniten *Cryptomonas sp* –lajia ja panssarilevistä *Gymnodinium helveticum* –lajia.

9.4 Kasviplankton Kajaanselällä vuonna 2007

Huhtikuussa yleisin piilevä Kajaanselällä oli *Stephanodiscus parvus*, 34 % biomassasta. Muita noin 15 % osuudella tavattuja lajeja olivat *Asterionella formosa* ja *A. islandica*. Panssarilevä *Gymnodinium helveticum*ia oli lähes viidennes levämassasta.

Toukokuussa yleisin piilevä Kajaanselällä oli *Asterionella formosa*, 21 % biomassasta. Piileviä oli kolmannes levistä. Panssarilevä *Gymnodinium helveticumia* oli vielä 13 % ja panssarilevien osuus oli 24 % kokonaisbiomassasta. Kultalevä esiintyi myös runsaana Kajaanselällä.

Kesäkuun lopulla nielulevien biomassassa osuus oli 74 %. Valtalaji oli *Cryptomonas sp.* Heinäkuussa nielulevien osuus oli pudonnut 21 %:iin ja *Cryptomonas sp.* oli runsain nieluleväalaji. Heinäkuussa kultaleviä oli 28 % biomassasta ja vallitsevina lajeina olivat *Mallomonas caudata* ja *M. akrokomos*.

Elokuussa sinileviä ja piileviä oli Kajaanselällä yhtä paljon, noin 25 % biomassasta. Selvää valtalajia ei kummassakaan ryhmässä ollut, vaan todettujen lajien biomassassa jäivät alle 10 %:in. Piilevistä todettiin *Tabellaria flocculosa* ja *Acanthoceras zachariasii*. Sinilevälajeja olivat *Woronichia naegeliiana* ja *W. karelica*.

Lokakuussa Kajaanselän leväbiomassasta 86 % oli piilevää. *Asterionella formosan* osuus oli 73 % ja *Stephanodiscus alpinuksen* 8 % (liite 3).

10. PITKÄNAIKAVÄLIN TARKASTELU

Vesijärven syvänteiden happitilanne on ollut heikko talvi- ja kesäkerrostuneisuuskausina Lankiluodossa ja Kajaanselällä (kuva 6). Pirttiniemen alue on melko matala, 8-9 m, joten vahvan kerrostuneisuuden syntyminen on harvinaista, joten happikatokaan ei ilmene yhtä voimakkaana kuin muilla tarkkailualueilla (kuva 7). Joulukuussa 2007 Myllysaaren syvänteessä (Satama 33) alkanut hapetus vaikuttaa alueen vedenlaatuun. Aiemmin 13 metrin syvänteessä todettiin happikatoa ja voimakasta sisäistä kuormitusta eli ravinteiden vapautumista sedimentistä (kuva 8). Vuoden 2008 mittausten perusteella kerrostuneisuutta ei Myllysaaren syvänteessä syntynyt, joten myös sisäinen kuormitus estyi. Kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) nousu viittaa pohjasedimentin liettymiseen (kuva 8) Enonselällä kesäkerrostuneisuuden muodostumisen on todettu alkavan jopa toukokuun lopulla.

Enonselän kaupungin puoleisissa osissa rantarakentaminen ja suhteellisen vilkas veneliikenne vaikuttavat veden laatuun. Huuhtoumien merkitys korostuu päällystetyn maa-alan lisääntyessä, erityisesti, kun pitkien kuivuusjaksojen jälkeen tulee rankkasateita. Teivaan satamasta Mukkulaan ulottuvalla vyöhykkeellä ei ole luonnontilaista rantakasvillisuusvyöhykettä, jolla olisi merkittävä ravinteita sitova vaikutus. Toinen Enonselän vedenlaatuun vaikuttava tekijä ovat järveen purkautuvat pohjavedet. Enonselän havaintopaikoista Kahvisaaresta on todettu usein poikkeavia pitoisuuksia: havaintopaikan veden laatuun vaikuttavat veneliikenne, huuhtoumat lähivaluma-alueelta ja Joutjoen varrelta sekä jäähdytysvesien virtaus ja lämpötila.

Enonselän ravinne- ja klorofyllipitoisuudet ovat laskeneet huomattavasti 1980-luvun tasosta (kuvat 9 ja 10). Pitoisuudet olivat alimmillaan 1990-luvulla. Vuosikymmenen puolivälissä näkösyvyys Lankiluodossa oli parhaimmillaan yli kolme metriä ja keskimääräinen klorofyllipitoisuus alle 10 µg/l. 2000-luvulle tultaessa ravinnepitoisuuksissa ilmeni pientä nousua ja vuodenaikaisvaihtelu kasvoi. Klorofyllin keskimääräinen pitoisuus nousi 10 µg/l -pitoisuustasolle. Kasviplanktonin biomassa nousi samaan aikaan keskirehevän vesistön tasolta rehevyyttä kuvaavalle tasolle (kuva 11). Vuosituhannen ensimmäinen voimakas sinileväkukinta oli elokuussa 2002.

Tilavuuspainotetun fosforin – ja typen avovesikauden aikaiset pitoisuudet ovat olleet korkeimmat vuosina 2002 ja 2006 (kuvat 12 ja 13). Fosforin tilavuuspainotteinen pitoisuus Enonselällä on vuodesta 2004 lähtien ollut talvella alle 30 µg/l, mutta elokuinen pitoisuus on vaihdellut voimakkaammin. Tilavuuspainotettu typpipitoisuus oli talvella 2008 edellisvuotta alhaisempi, ja elokuussa laskeva trendi loppukesän tilavuuspainotetun typen pitoisuudessa jatkui.

Lankiluodon päällysveden fosforipitoisuus laski koko 2000- luvun, mutta vuonna 2008 avovesikauden keskipitoisuus oli huomattavan korkea, rehevää vesistöä kuvaava 34 µg/l. 2000-luvulla typpipitoisuus on laskenut voimakkaasti ja kokonaisravinnesuhte on muuttunut typpirajoitteisuuden suuntaan. Enonselkä voi keskikesällä olla typpirajoitteinen, mikä esimerkiksi vuosina 2007 ja 2008 johti loppukesällä ja syksyllä sinilevien runsastumiseen. Sinilevä kykenee sitomaan veteen ilmasta liuenutta molekulääristä tyyppiä, jolloin typen vajuus suhteessa fosforiin antaa sille kilpailuedun. Rehevöityminen näkyy myös levätuotantoa kuvaavan klorofylli-a:n pitoisuuden nousuna. Kahvisaareissa levätuotanto alkaa muuta Vesijärveä heikompana, mutta kun tuotanto muilla alueilla elokuussa jo hiipuu, jatkuu kasvu Kahvisaaren alueella vielä voimallisena.

Pirttiniemessä ravinnepitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelu on vähentynyt huomattavasti. Fosforin pitoisuustaso on nykyisin kesällä ja talvella 20–30 µg/l, kun vielä 1980-luvun lopulla fosforia oli talvella noin 15 µg/l ja kesällä jopa 40 µg/l. Vuoden 2008 poikkeavan korkea kokonaisfosforin pitoisuus, 30 µg/l, selittyi heinä-elokuussa mitatuilla normaalia suuremmilla pitoisuuksilla. Mahdollisesti fosforipitoisuuden nousu johtui kuivan kauden jälkeisten sateiden aiheuttamista huuhtoumista.

Elokuussa 2008 kokonaistypen pitoisuus oli ensimmäistä kertaa alle 400 µg/l ja typen loppukesän pitoisuustrendi on viime vuosina ollut voimakkaasti laskeva. Talviset typen pitoisuusvaihtelut ovat edelleen melko voimakkaita. Näkösyvyys on heikentynyt 1,5 m tasolle, kun parhaimmillaan 1990-luvun puolivälissä näkösyvyyttä oli jopa 3 m (kuva 14). Pirttiniemessä kasviplanktonin biomassa on kasvanut samansuuntaisesti kuin Lankiluodossa (kuva 11). Komonselän alue on tuotantotyyppiltään keskirehevä. Levälajistossa piilevät ovat vallitsevia. Nielu- ja panssarileviä esiintyy satunnaisemmin ja sinilevien massaesiintymät ovat harvinaisia.

Kajaanselällä on fosforipitoisuudessa tapahtunut samanlainen vuodenaikaisvaihtelun kaventuminen kuin Pirttiniemessäkin (kuva 15). Maalis- ja elokuun keskimääräinen päällysveden fosforipitoisuus on nykyisin 15 µg/l, mikä kuvaa karua / lievästi rehevää vesistöä (kuvat 12 ja 13). Myös tilavuuspainotettu fosforipitoisuus osoittaa samanlaista kehitystrendiä. Typen pitoisuus oli Kajaanselällä pitkään noin 400 µg/l. Vuodesta 2006 lähtien loppukesän pitoisuus on ollut 300 µg/l, mutta talviaikainen pitoisuus vaihtelee enemmän niin päällysvesipitoisuutena kuin tilavuuspainotettunakin. Levätuotanto on 2000-luvulla hienoisesti noussut (kuvat 10 ja 11). Keskimääräinen klorofyllipitoisuus on vielä alle 10 µg/l ja kasviplanktonin biomassa noin 1500 mg/m³, joten näiden muuttujien mukaan Kajaanselkä on tuotantotasoltaan keskirehevä. Fosfori on selvästi alueella tuotantoa rajoittava ravinne, joten sinilevien esiintymiset eivät ole todennäköisiä. Sinileväesiintymät ovatkin jääneet satunnaisiksi ja pieniksi. Levälajisto onkin koostunut enimmäkseen keväällä ja syksyllä piilevistä, ja keskikesällä nielulevistä. Piilevistä *Asterionella formosa* on ollut valtalaji.

Kasviplanktonin biomassa laskentatapa muuttui vuonna 2007, joten aiemmat biomassat eivät ole täysin vertailukelpoisia nykyisiin nähden. Nyt biomassa on laskettu yleisiä SYKE:n taulukkoarvoja käyttäen. Lajikohtaista mitaamista käytetään vain poikkeavissa tilanteissa, kun yksilöiden koko eroaa huomattavasti taulukoiden antamista biovolyymeista. Vesijärven kasviplanktonbiomassat ovat verrattavissa muihin kohteisiin, missä samoja biovolyymiarvoja käytetään. Vuoden 2008 kasviplanktonbiomassat olivat kaikilla tutkimusalueilla vuotta 2007 isompia. Alhaisimmat biomassat todettiin keski-kesällä ja suurimmat keväällä tai syksyllä (liitteet 2 ja 3).

11. YHTEENVETO

Talvi 2008 oli leuto ja jäät sulivat huhtikuun lopulla. Vesijärvi jäätyn joulun 2008 välipäivinä kireiden pakkasten vallitessa.

Vesijärvestä juoksutettu Kariniemen purkutunnelin huuhteluvesimäärä on pienentynyt. Vuonna 2008 vettä johdettiin Porvoonjokeen 0,32 milj. m³, mikä oli noin 0,05 % Vesijärven tilavuudesta ja vastasi 0,29 senttimetrin vesikerrosta järvestä.

Kymijärven voimalaitos otti Vesijärvestä 51,2 milj. m³ jäähditysvedtä. Jos koko lämpöenergia (405 TJ) olisi johdettu kerralla Enonselälle, sen lämpötila olisi noussut 0,5 °C. Tehostettua lämpötilaseurantaa ei vuonna 2008 toteutettu, koska lämpötilaylityksiä ei ollut.

Huomattavaa vuoden 2008 tuloksissa oli elokuisten typpipitoisuuksien alenemisen jatkuminen ja fosforipitoisuuksien poikkeuksellisen voimakas nousu. Tyypeä poistuu vesistöstä muun muassa hoitokalastuksen saaliissa. Myös ilmaperäisen typpilaskeuman pieneneminen vaikuttaa vesistöjen typen pitoisuuksiin. Fosforipitoisuuden nousua selittäviä tekijöitä ovat huuhtoumafosfori sekä fosforin kumpuaminen pohjasedimentistä. Myös rantavyöhyke voi olla vesistön fosforilähde.

Vuonna 2008 pH-arvot vaihtelivat Lankiluodossa välillä 6,9 – 7,9 eikä edellisten vuosien kaltaisia, voimakkaasta levätuotannosta johtuvia, yli pH 8:n olevia arvoja todettu. Veden puskuriteetti eli hapon vastustamiskyky oli hyvä. Enonselän väriluku ja kemiallisen hapenkulutuksen määrä kuvaavat vähähumuksista vesistöä. COD_{Mn}-arvojen ja kiintoaineen pitoisuuden nousut ajoittuvat rankkasateisiin sekä levätuotannon huippuihin. Sameinta vesi oli kevättäyskierron aikaan sekä elo-lokakuussa. Keväällä lumien sulamisvesien vaikutus näkyy pitkään Enonselällä ja Komonselällä niiden roskaisuutena.

Lämpötilakerrostuneisuus Enonselällä alkoi muodostua jo toukokuussa, mutta alusveden hapettomuus ei kuitenkaan ollut yhtä voimakasta kuin edellisvuosina. Elokuussa tuulet olivat jo alkaneet sekoittaa vesipatsasta. Sisäinen kuormitus oli edellisvuosien tasolla.

Fosforipitoisuuden nousu selittää osaltaan Enonselän klorofylli-a:n pitoisuuden kasvua vuonna 2008. Nyt todetut a-klorofyllin maksimi ja keskiarvo olivat vuosituhannen vaihteen tasoa. Typpi-fosforisuhteen muuttuminen typpirajoitteiseksi antoi kilpailuedun sinileville, jotka kykenevät hyödyntämään ilmakehän tyypeä. Sinilevien biomassat ovatkin nousseet loppukesällä. Lokakuussa *Planktothrix agardhii* -lajia oli lähes 80 % leväbiomassasta.

Enonselän keskimääräinen levätuotantoa kuvaava a-klorofyllin pitoisuus, kasviplanktonin biomassa ja keskimääräinen fosforipitoisuus kuvaavat rehevää, eutrofista, vesistöä. Kokonaisuutena Enonselän tila ei viimevuosina ole muuttunut. Hapettamisella pyritään kerrostuneisuuskauden lyhentämiseen loppukesällä ja vähentämään siten sisäistä ravinnekuormitusta.

Pirttiniemi Komonselällä on keskirehevä ja lievästi humuksinen vesialue. Myös rauta värjää vettä ruskeammaksi kuin Enonselällä. Näkösyvyys oli keskimäärin 2,4 m, mikä oli selvästi parempi kuin vuonna 2007, mutta ei läheläkään 1990-luvun parhaita aikoja. Alueen rehevöitymisestä ja ekosysteemin epätasapainoa osoittavat alkukesän yli 10 µg/l klorofyllipitoisuudet. Ravinnepitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelun vähenemisen syynä on toisaalta ravinnepitoisuuksien yleinen lasku, mutta myös lähivaluma-alueella tehdyt vesiensuojelutoimet. Vuoden 2008 tarkkailutulosten perusteella Lankiluodolta Pirttiniemeen siirryttäessä typpipitoisuus aleni 9 % ja fosforipitoisuus 12 %.

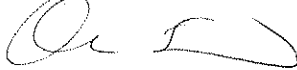
Komonselän kasviplanktonissa vallitsivat piilevät niin kevään kuin syksyn leväyhteisöissä. Sinilevää on ollut mainittavasti loppuvuoden näytteissä. Komonselällä oli melko monipuolinen levälajisto, jossa oli paljon samankaltaisuutta Kajaanselän kanssa.

Kajaanselällä happikato ja sisäinen kuormitus ovat muita alueita lievempiä. Kajaanselällä vesi on kirkkaampaa ja vähähumuksisempaa kuin Komonselällä tai Enonselällä. Alueen johtokyvyn arvot sekä kloridin, mangaanin ja raudan pitoisuudet ovat muita alueita alhaisempia. Kajaanselän kasviplanktonissa ovat piilevät vallitsevia. Kasviplanktonin biomassan ja levätuotannon vaihtelu on Kajaanselällä vähäisempää kuin muilla alueilla. Tuotantoa rajoittava minimiravinne on selkeästi fosfori. Komonselältä Kajaanselälle siirryttäessä fosforipitoisuus aleni 43 % ja typpipitoisuus 6 %.

Kajaanselkä on ollut tuotantotasoltaan karu, oligotrofinen, mutta viimevuosina keskimääräinen fosfori- ja klorofyllipitoisuus sekä kasviplanktonin biomassa on kohonnut keskirehevän vesistön tasolle. Kajaanselkä on siten hitaasti rehevöitymässä.

Lahdessa 18. päivänä tammikuuta 2010

RAMBOLL ANALYTICS OY



Outi Salonen
toimitusjohtaja



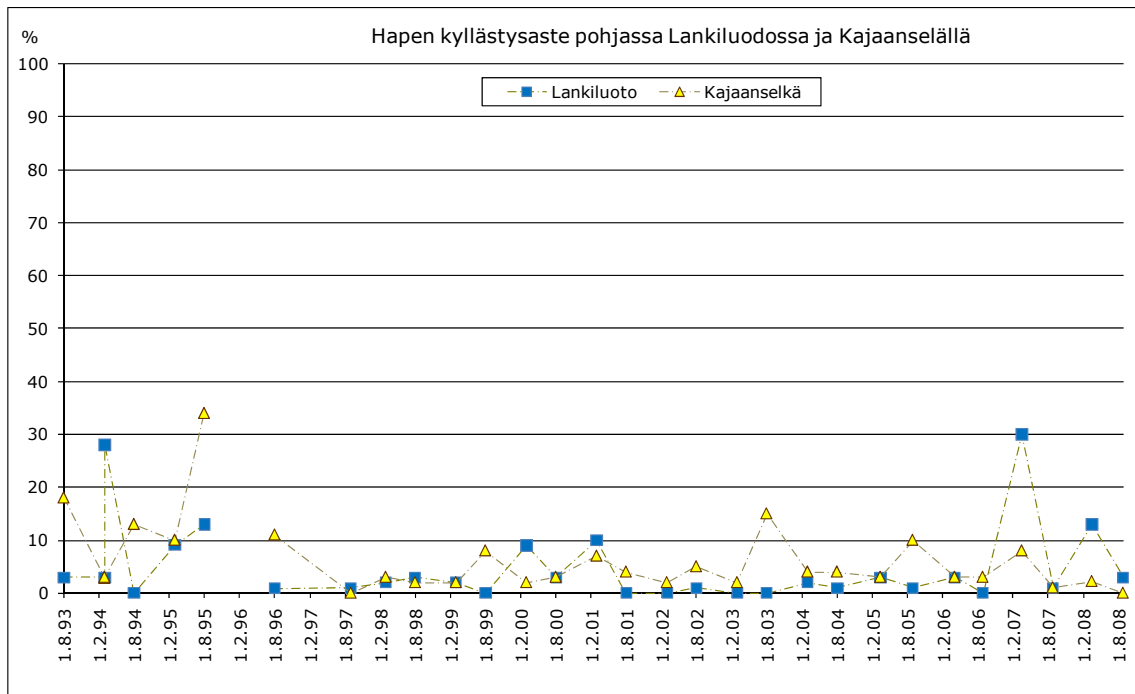
Paula Jäntti
limnologi

12. KIRJALLISUUS

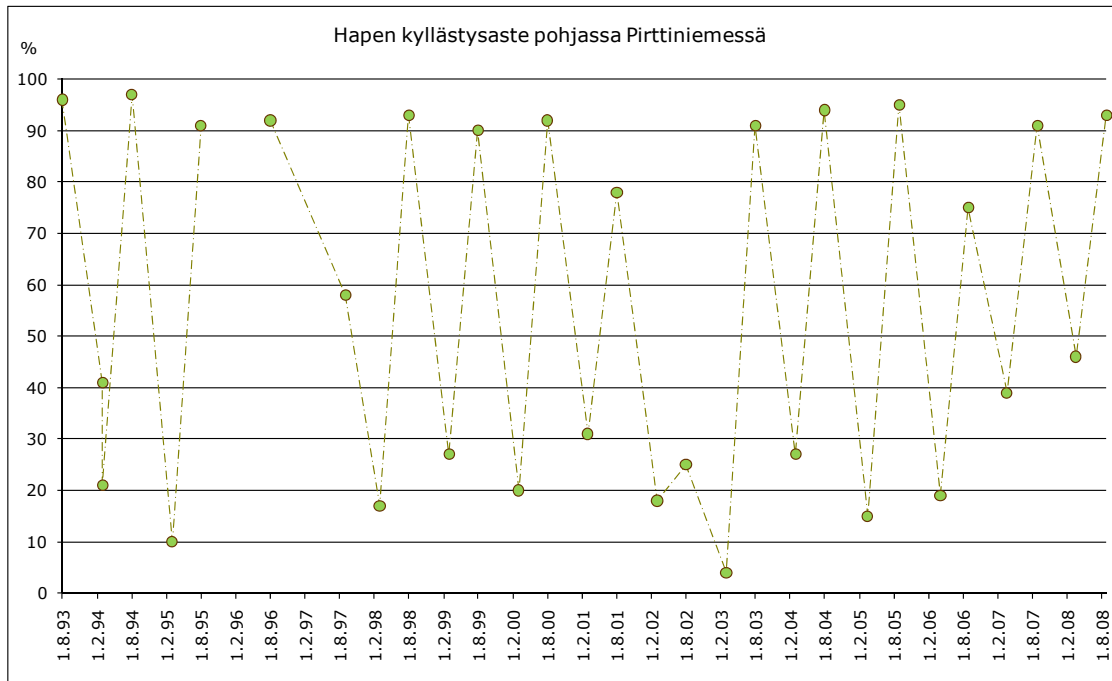
Lahden Tutkimuslaboratorio 2000: Laimennusveden oton ja lahden Lämpövoima Oy:n Kymijärven voimalaitoksen jäähdytys ja jätevesien yhdistetty vesistötarkkailuohjelma. –Moniste 17 s. LV Lahti Vesi Oy, Lahden Lämpövoima Oy.

Lahden Tutkimuslaboratorio 2004: Muutosehdotus Vesijärven tarkkailuohjelmaan 14.6.2004. –Lahti Energia Oy. – Moniste 2 s. + liitteet.

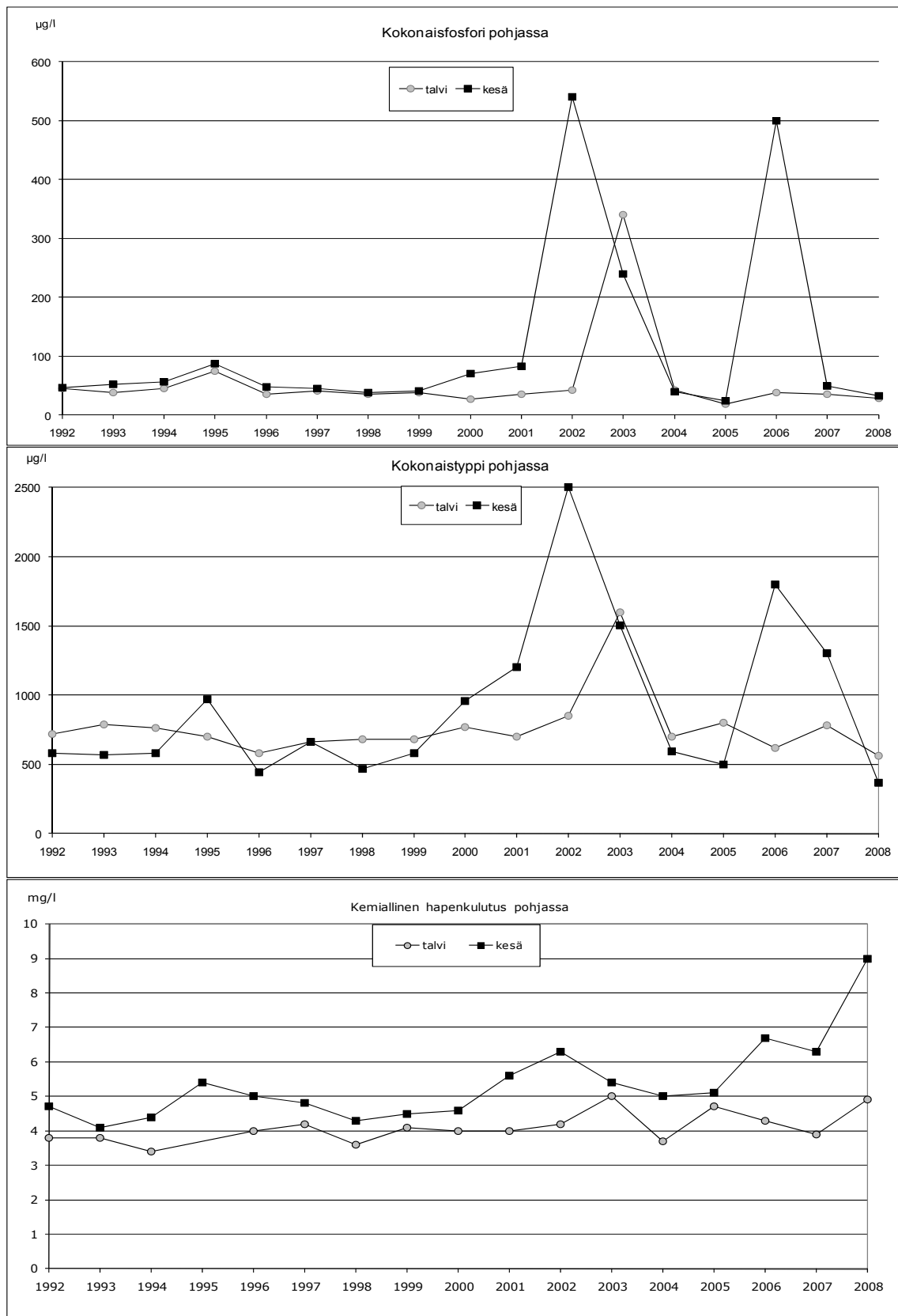
Valvontatutkimusohjelma Lahden pohjavesien määrästä ja laadusta sekä talousveden- ja verkostoveden laadusta ajalle 1.1.2006–31.12.2012. –Moniste 17 s. + liitteet. LV Lahti Vesi, Lahden kaupungin tekninen ja ympäristötoimiala, valvonta- ja ympäristökeskus, Lahden Tiede- ja yrityspuisto Oy, Tutkimuslaboratorio



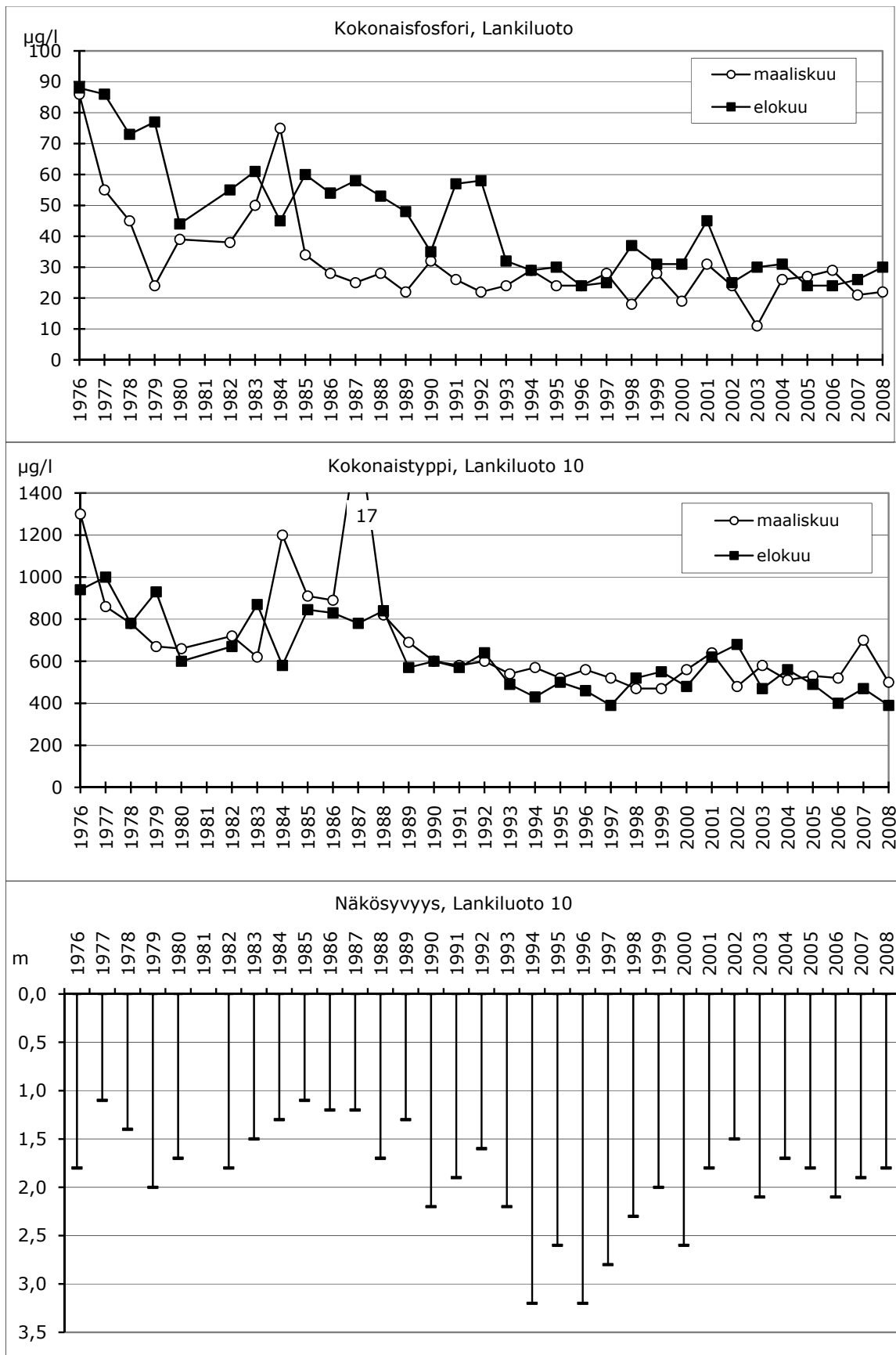
Kuva 6. Hapen kyllästysaste pohjassa talvi- ja kesäkerrostuneisuuskausina (maalis- ja elokuu) Lankiluodon ja Kajaanselän havaintopaikoilla vuosina 1993-2008.



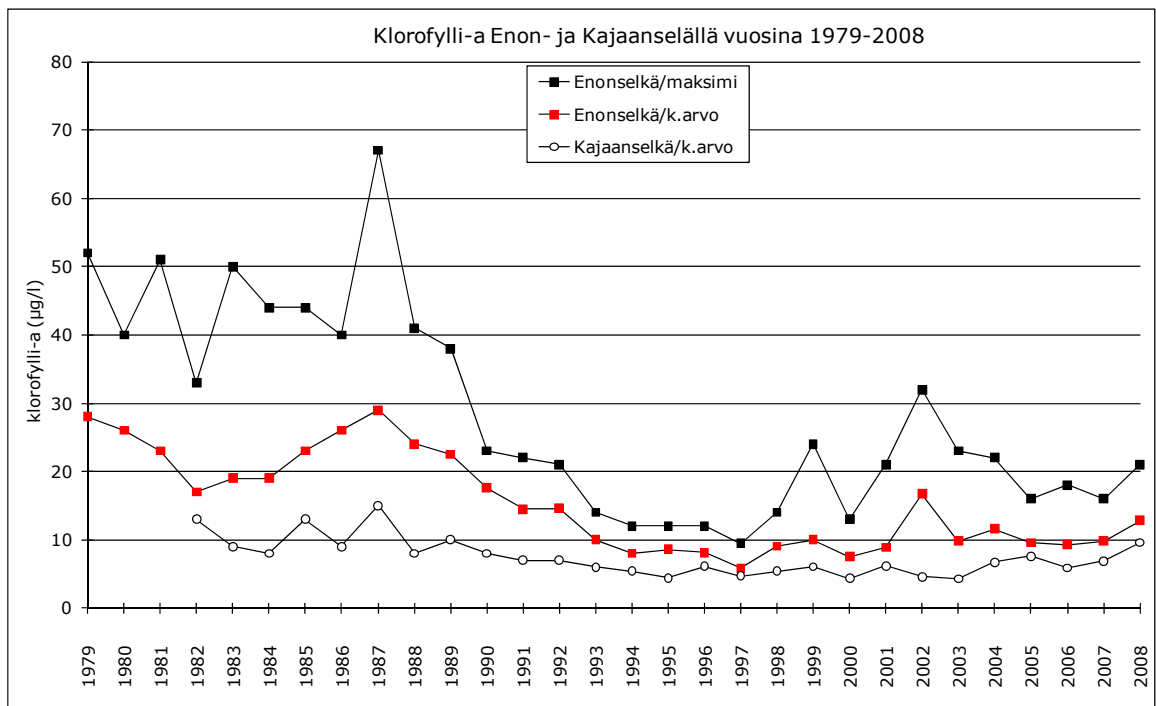
Kuva 7. Hapen kyllästysaste pohjassa talvi- ja kesäkerrostuneisuuskausina (maalis- ja elokuu) Komonselän Pirttiniemen havaintopaikalla vuosina 1993-2008.



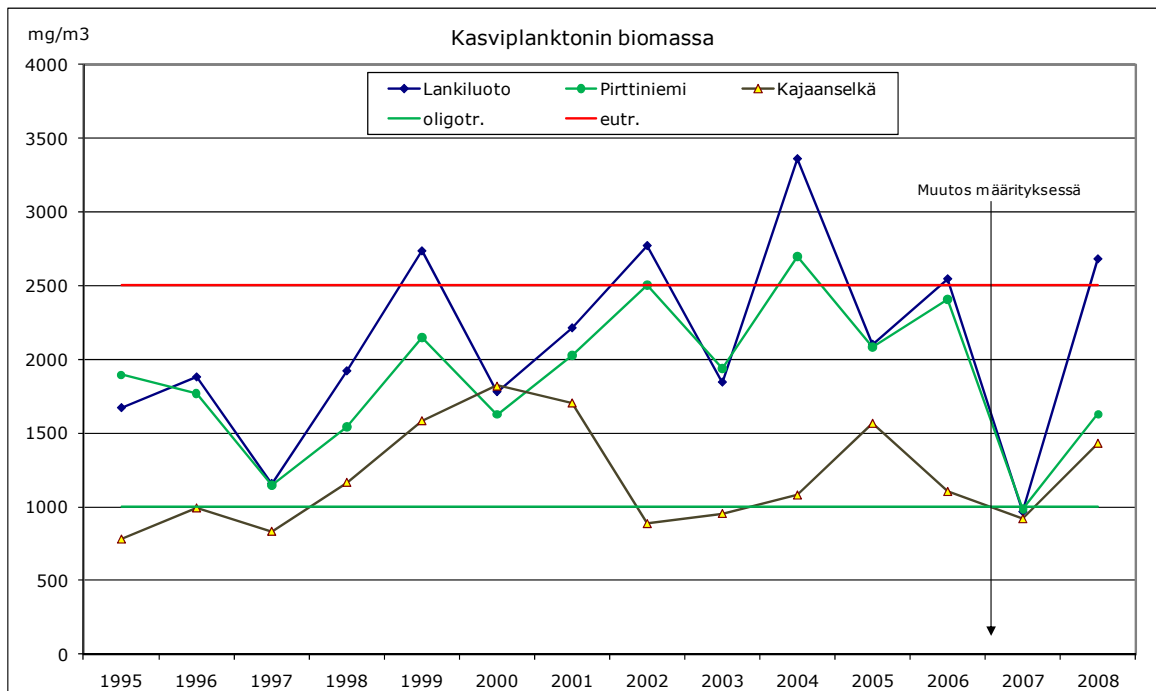
Kuva 8. Kokonaisfosforin, -typen ja kemiallisen hapenkulutuksen pitoisuus talvi- ja kesäkerrostu-
neisuuskausina Satama 33:lla 1 m pohjan yläpuolella vuosina 1992–2008.



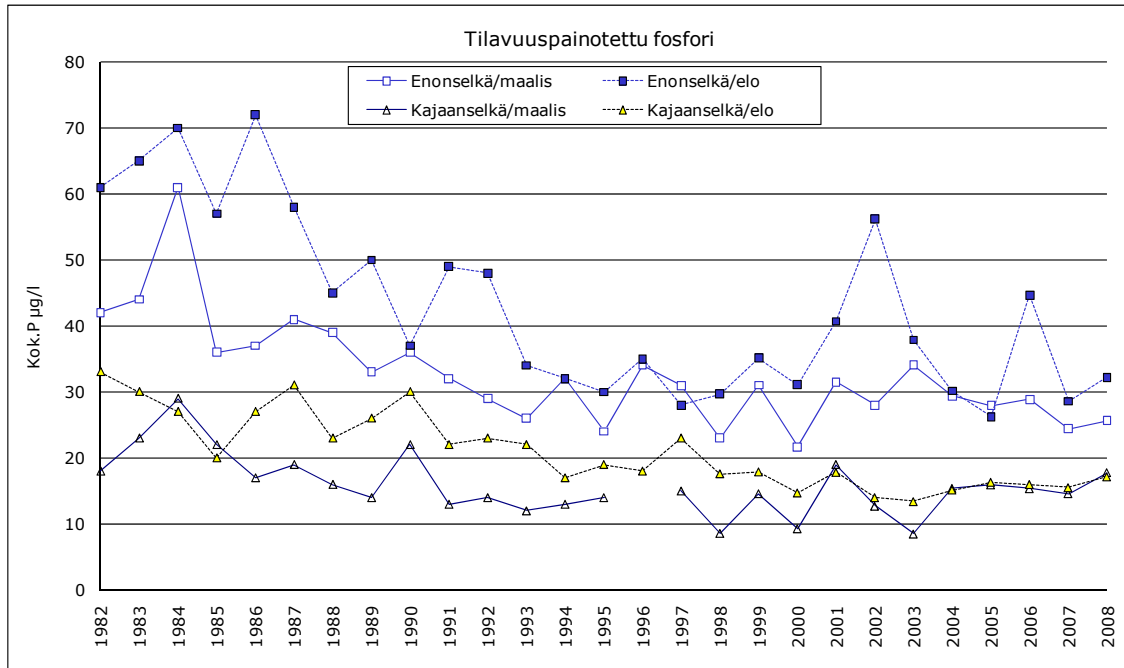
Kuva 9. Lankiluodon 1 m näytteiden fosfori- ja typpipitoisuudet maalisi- ja elokuussa sekä näkösyyvyys elokuussa vuosina 1976–2008.



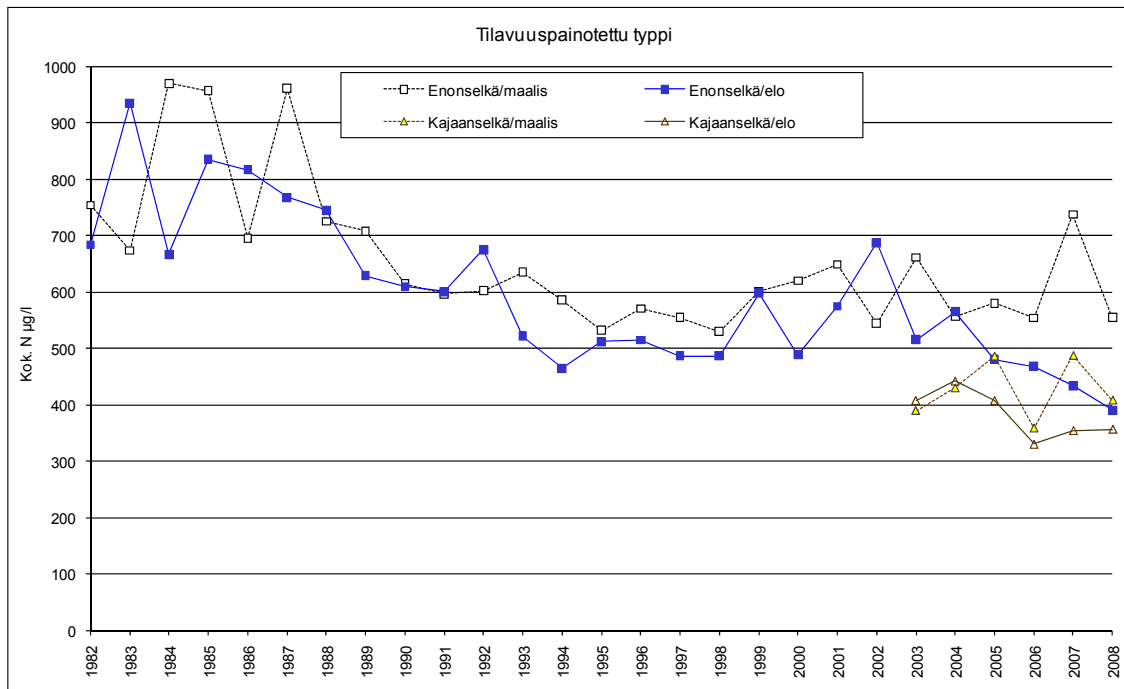
Kuva 10. Klorofylli-a Enon- ja Kajaanselällä vuosina 1979–2008.



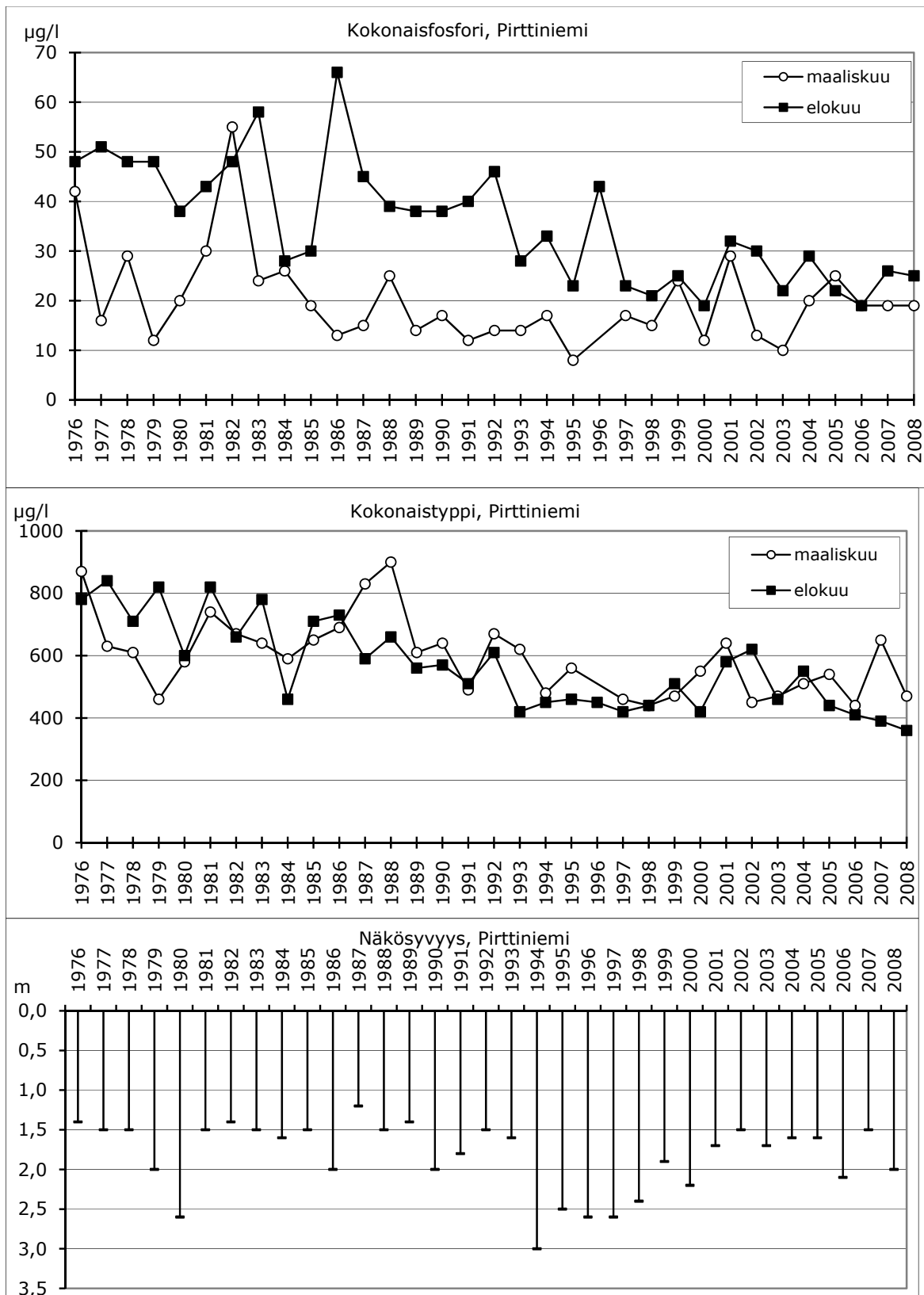
Kuva 11. Kasviplanktonin biomassa, mg/m^3 , vuosina 1995-2008. Oligotrofian yläraja $1000 \text{ mg}/\text{m}^3$ ja eutrofian alaraja $2500 \text{ mg}/\text{m}^3$.



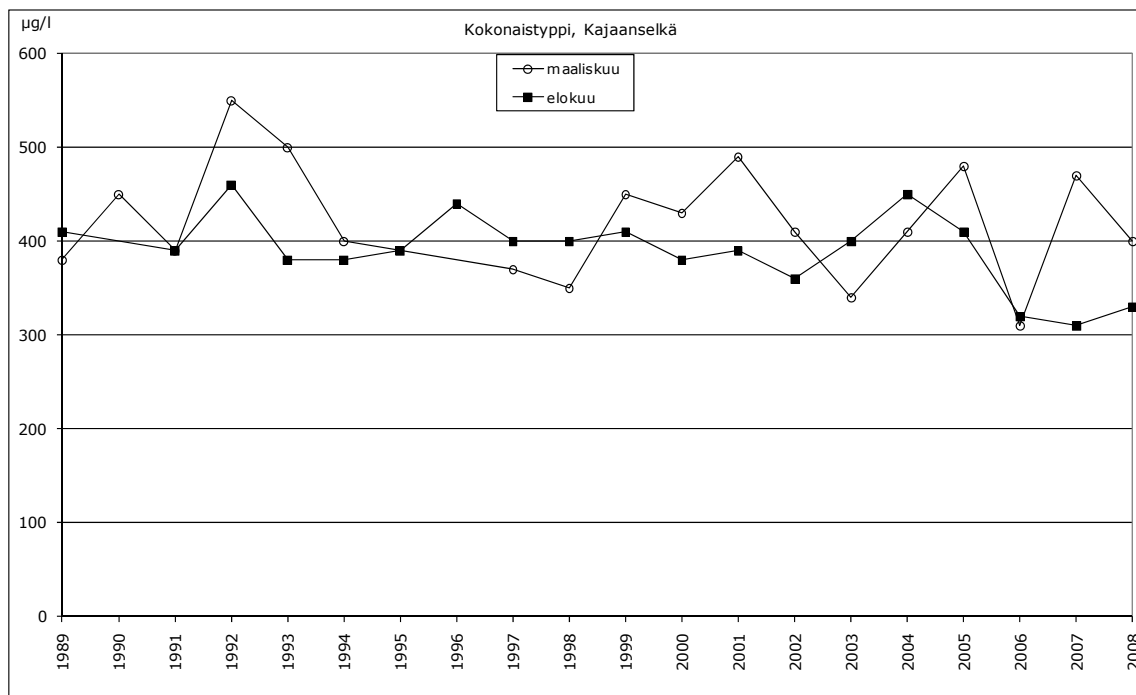
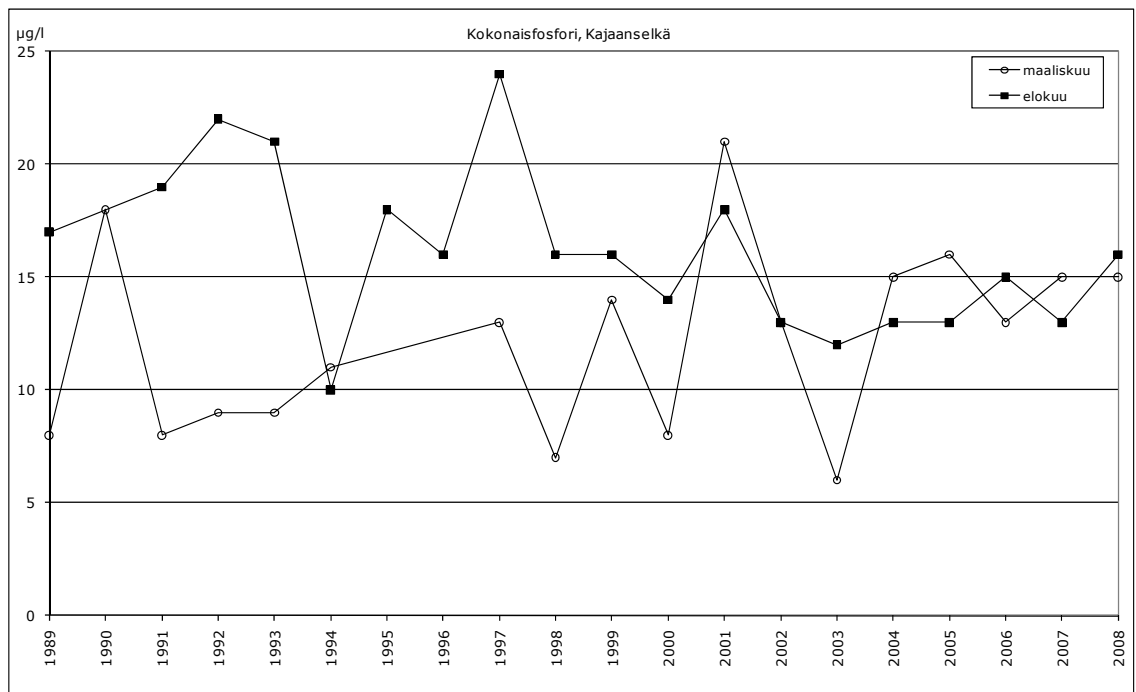
Kuva 12. Tilavuuspainotettu kokonaisfosforin pitoisuus Enon- ja Kajaanselällä maalisi- ja elokuusi- sa vuosina 1982–2008.



Kuva 13. Tilavuuspainotettu kokonaistypen pitoisuus Enonselällä maalisi- ja elokuusi- sa vuosina 1982–2008.



Kuva 14. Komonselän Pirttiniemen 1 m näytteiden fosfori- ja typpipitoisuudet maaliskuu- ja elokuussa sekä näkösyyvyys elokuussa vuosina 1976–2008.



Kuva 15. Kajaanselän syvänteen fosfori- ja typpipitoisuudet 1 m näytteissä maaliskuu- ja elokuussa vuosina 1989–2008