

**PYHTÄÄN MERIALUEEN
KALANKASVATUSLAITOSTEN
VESISTÖTARKKAILU VUONNA 2007**

Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 174/2008

**fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu Anne Åkerberg
perifyton Janne Raunio**

ISSN 1458-8064

SISÄLLYS

	sivu
Osa I Fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu	
1 Johdanto	1
2 Aineisto ja menetelmät	1
3 Sääolot	2
4 Kalankasvatuslaitosten lisäkasvu ja ravinnekuormitus	4
5 Tulokset	7
5.1 Fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu	7
5.1.1 Lämpötila	8
5.1.2 Happitilanne	9
5.1.3 Sameus ja näkösyvyys	10
5.1.4 Fosfori ja typpi	10
5.2 Klorofylli	13
5.3 Veden hygieeninen laatu	15
6 Yhteenveto	16
Viitteet	17
Liitteet 1-6	
Osa II Perifyton	
1 Johdanto	1
2 Aineisto ja menetelmät	1
3 Tulokset	2
Piilevätutkimukset	2
Perifytonitutkimukset keinoalustamenetelmällä	5
4 Tulosten tarkastelu ja tarkkailun jatkaminen	7
Viitteet	8
Liite	

1 JOHDANTO

Kymijoen vesi ja ympäristö ry toteuttaa Pyhtään kalankasvatuslaitosten vesistövaikutusten yhteistarkkailua. Velvoitetarkkailu toteutetaan Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n vuonna 2005 laatiman ja Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen hyväksymän (kirje Dnro 0498Y0085-103, 1.6.2005) yhteistarkkailuohjelmanpäivityksen mukaisesti. Yhteistarkkailun tarkoituksena on täyttää seuraavien vesioikeuden/ympäristölupaviraston päätöksen varassa toimivien laitosten tarkkailuvelvoitteet:

Sandvikin Lohi C. Sjögren & Kumpp., Sandvikin laitos (ISVEO 12/99/1, 8.4.1999)

Sandvikin Lohi C. Sjögren & Kumpp., Honkaniemen laitos (ISVEO 13/99/1, 8.4.1999)

Kaakon Lohi Oy ja Timo Lindqvist, Girsvikin laitos (ISY 16/00/2, 12.4.2000)

Kaakon Lohi Oy ja Timo Lindqvist, Mossavikin laitos (ISVEO 29/97/1, 4.6.1997)

Kaakon Lohi Oy, Mallemuckenin laitos (Mallemucken Ky ISVEO 14/99/1, 8.4.1999)

Laitokset saivat uudet ympäristöluvat Itä-Suomen ympäristölupavirastolta maaliskuussa 2008.

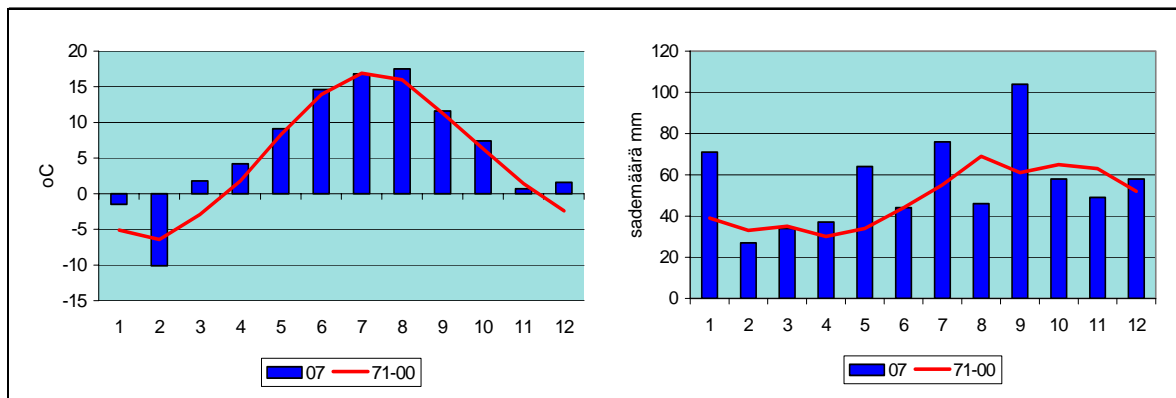
Laitoksista käytetään myöhemmin tekstissä seuraavia lyhennettyjä nimiä: Sandvik, Honkaniemi, Girsvik, Mossavik ja Mallemucken.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Kalankasvatuslaitosten vedenlaatus seurannan 2 havaintoasemaa (308 ja 316) on esitetty kartalla liitteessä 1 (koordinaatit liite 2). Vesinäytteet otettiin kolme kertaa tuotantokauden aikana: kesä- (5.6.2007), heinä- (25.7.) ja elokuussa (30.8.). Fysikaaliskemialliset määritykset, kasviplanktonin klorofylli-a sekä bakteerimääritykset tehtiin pääosin olemassa olevien SFS-standardien mukaan (liite 3). Analyysit teetettiin Ewica laboratoriot Oy:ssä (nyk. KCL Kymen Laboratorio Oy).

3 SÄÄOLOLOT

Tammikuu oli tavanomaista lämpimämpi ja erittäin runsassateinen (kuva 1, liite 4). Etelän suuret järvet saivat jääpeitteen vasta tammikuun lopulla eli poikkeuksellisen myöhään¹. Helmikuu oli selvästi tavanomaista kylmempi. Maaliskuu oli ennätysellisen lämmin. Kuukauden päättyessä maan eteläosa oli lumeton. Myös huhtikuu oli normaalia lämpimämpi, ja järvien jäät lähtivät ennätysellisen aikaisin. Jäiden lähdön jälkeen pintavedet lämpenivät nopeasti. Toukokuussa satoi runsaasti. Heinäkuussa satoi normaalia enemmän, kun taas elokuussa satoi normaalia vähemmän. Elokuun alkupuoli oli helteinen. Säteilysumma oli kesällä 2007 normaalilla tasolla; heinäkuussa hieman keskimääräistä pienempi ja elokuussa hieman normaalia suurempi (liite 4). Syyskuussa satoi runsaasti. Joulukuu oli selvästi normaalia lämpimämpi. Vuoden päättyessä lunta oli lähinnä maan pohjoisosissa, eikä läheskään kaikissa maan etelä- ja keskiosan järvissä ollut jääpeitettä. Koko vuoden keskilämpötila oli normaalia korkeampi ja sademäärä keskimääräistä suurempi.



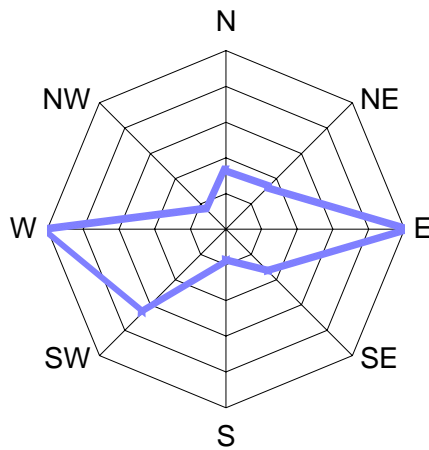
Kuva 1. Eri kuukausien sadesumma (mm) ja keskilämpötila (°C) vuonna 2007 Kotkan Kirkonmaalla ja vastaavat pitkän ajanjakson (1971-2000) keskiarvot Kotkassa (Rankki). Lähde: Ilmatieteen laitos.

Vallitseva tuulensuunta oli Kotkan Rankissa touko-syyskuussa lounas. Kovatuulisia päiviä (14 m/s tai enemmän) oli tammikuussa viisi, heinäkuussa yksi, marraskuussa kaksi ja joulukuussa kolme. Myrskypäiviä (21 m/s -) ei ollut. Kesäkuun näytteenottokertaa edeltävinä päivinä tuuli oli idästä ja lännestä (kuva 2). Heinäkuun näytteenottoa ennen tuuli itä-kaakko –suunnasta. Elokuun näytteenottokertaa edelsi länsi- ja luodetuulet. Kesäkuun näytteenoton aikaan tuuli oli noin 3 m/s, heinä- ja elokuussa 4,5 m/s.

Tuotantokauden aikana merivedenkorkeus pysytteli enimmäkseen keskivedenkorkeuden yläpuolella. Tuotantokaudella vedenkorkeus oli ylimmillään 31.7 (+69 cm) ja alimmillaan 1. & 16.6. (-20 cm). Kesäkuun näytteenottokerroilla vedenkorkeus oli keskivedenkorkeuden alapuolella, heinä- ja elokuussa yläpuolella (-13, +13 & +21 cm) (kuva 3).

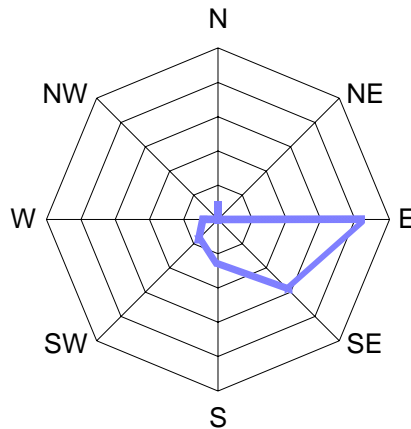
5.6.2007

3,2 m/s



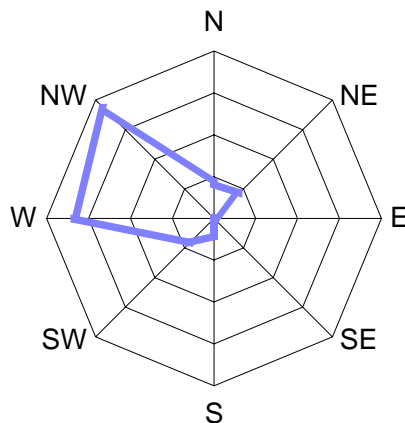
25.7.2007

4,6 m/s

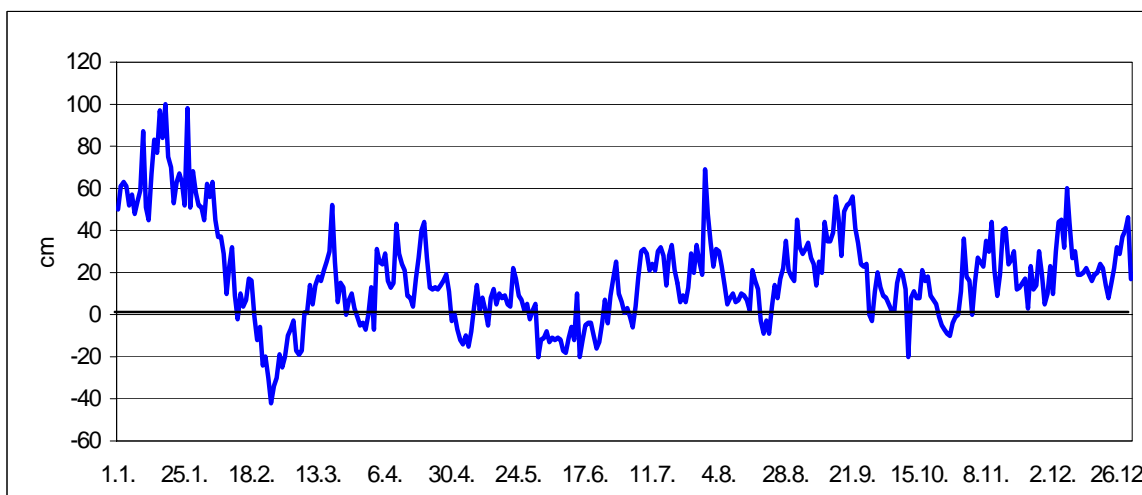


30.8.2007

4,5 m/s

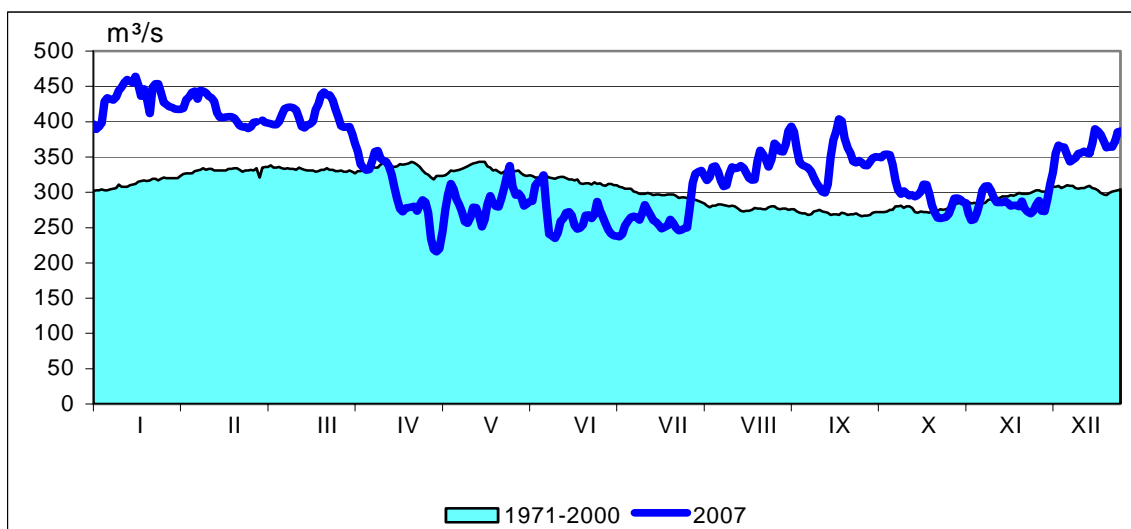


Kuva 2. Vallitsevat tuulensuunnat ja keskimääräinen tuulennopeus kullakin näytteenotokerralla. Aineistona on käytetty 3 vuorokauden takautuvia Kotka Rankin tietoja näytteenottohetkestä lukien. Lähde: Ilmatieteen laitos.



Kuva 3. Meriveden korkeus Haminan mareografilla vuonna 2007. Lähde: Merentutkimuslaitos.

Kymijoki on merkittävä kuormittaja Pyhtää-Kotka merialueella. Virtaamat olivat kesää lukuun ottamatta normaalia suurempia (kuva 4). Pienimmillään virtaamat olivat toukokuun alussa. Tarkkailuun osallistuvien kalankasvatuslaitosten alueella vaikuttaa lähinnä Kymijoen Pyhtään haara. Pyhtään haaran keskivirtaama oli vain 5,0 m³/s, alkuvuodesta vettä ei virrannut juuri lainkaan.

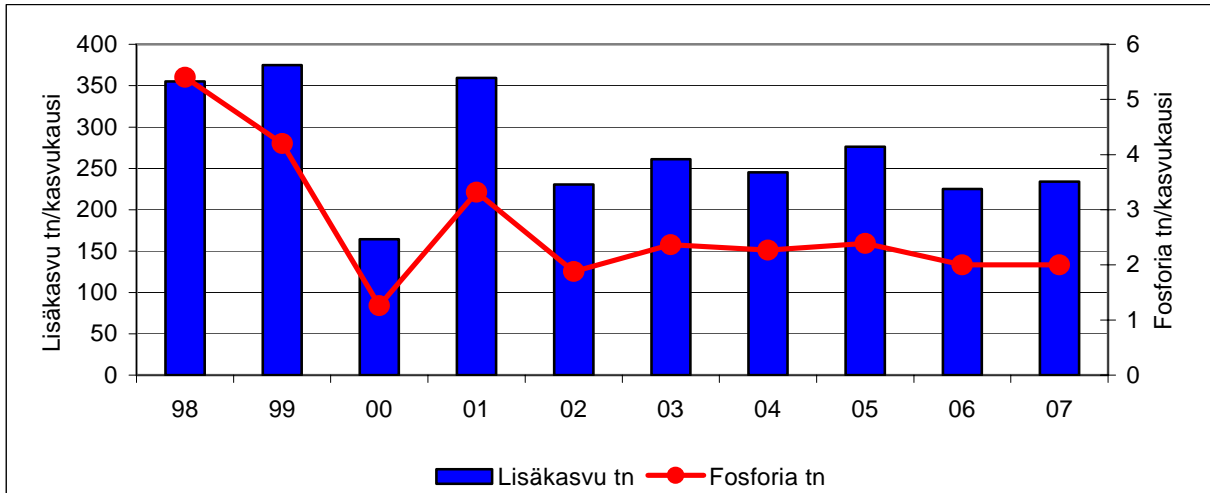


Kuva 4. Kymijoen virtaama (m³/s) Kuusankoskella vuonna 2007 sekä pitkällä aikavälillä (1971-2000). Lähde: Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä.

4 KALANKASVATUSLAITOSTEN LISÄKASVU JA RAVINNEKUORMITUS

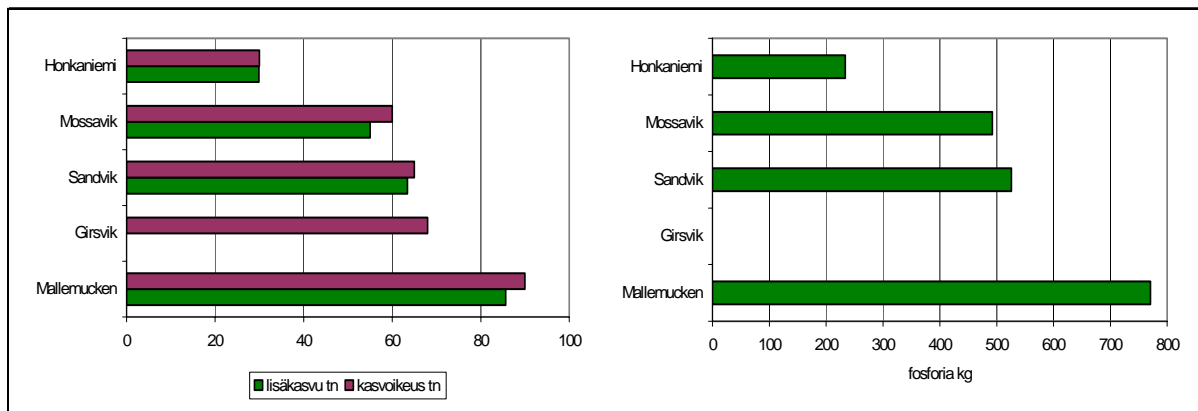
Lisäkasvuna ilmoitettuna kalaa tuotettiin Pyhtään merialueella vuonna 2007 yhteensä 234 tonnia, mikä on hieman enemmän kuin edellisenä vuonna (kuva 5, liite 5). Lisäkasvu on

viimeiset kuusi vuotta ollut kuitenkin melko samaa tasoa. Alueen kalankasvatuksen kokonaisfosforikuormitus oli 2 022 kg, joka on samaa tasoa kuin edellisenä vuonna (kuva 5, liite 5). Lisäkasvuna mitattuna Pyhtää-Kotka merialueen kalankasvatustoiminta on ollut suurimmillaan vuonna 1996. Sen sijaan toiminnasta aiheutuva fosforikuormitus on ollut voimakkainta kasvatuskaudella 1992. Fosforikuormitus suhteessa lisäkasvuun on ollut pienimmillään 2000 ja 2002. Laitosten yhteenlaskettu typpikuormitus vuonna 2007 oli puolestaan 16 tonnia. Typpikuormituksen kehitys on hyvin samankaltainen fosforikuormituksen kehityksen kanssa.



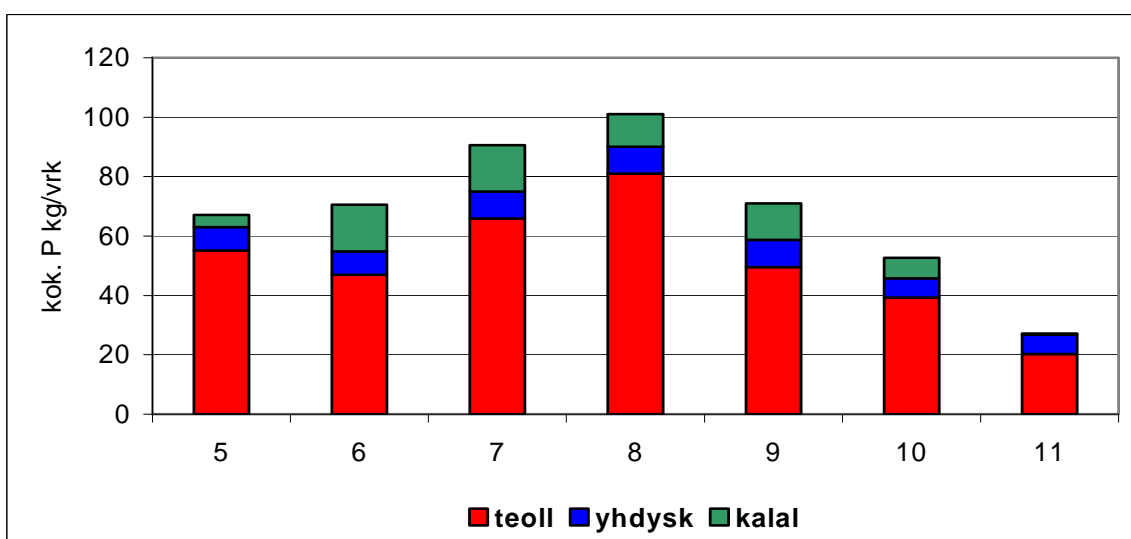
Kuva 5. Kalankasvatustilojen kokonaislisäkasvu (tn) ja fosforikuormitus (tn) Pyhtään merialueella viimeisen kymmenen vuoden aikana. Lähde: Kaakkois-Suomen ympäristökeskus (KAS).

Rehuna on vuodesta 2000 lähtien käytetty vain kuivarehua. Vuonna 2007 Girsvik ei kasvattanut lainkaan. Muut laitokset käyttivät kasvatusoikeudestaan 90-100 % (kuva 6, liite 5). Suurin laitos lisäkasvultaan vuonna 2007, kuten edellisinäkin vuosina, oli Mallemmucken, jolla oli myös suurin fosforikuormitus (kuva 6). Sandvikillä ja Mallemmuckenilla lisäkasvu oli nyt saman suuruinen kuin edellisenäkin vuonna. Honkaniemellä lisäkasvu oli kaksinkertainen edellisvuoteen verrattuna ja Mossavikilla hieman edellisvuotta suurempi. Honkaniemen ja Sandvikin laitoksilla hylkeet aiheuttivat hävikkiä.



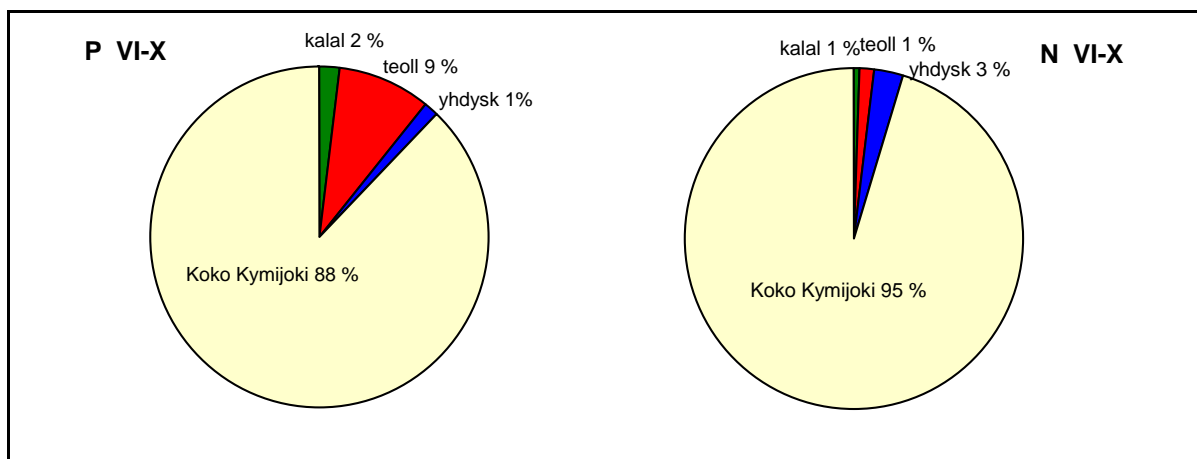
Kuva 6. Laitoskohtainen lisäkasvu (tn) ja kasvatusoikeus (tn) sekä fosforikuormitus (kg) vuonna 2007. Lähde: KAS

Kalanviljelyn osuus Pyhtää-Kotka merialueen pistemäisestä kuormituksesta oli tuotantokaudella 2007 vielä edellisvuottakin pienempi, ollen kesä-lokakuussa keskimäärin 16 % fosforin ja 12 % typen pistekuormituksesta (kuva 7). Kalankasvatuksen kuormitusosuus oli suurimmillaan kesä-heinäkuussa (22 % fosforin ja 16 % typen pistekuormituksesta).



Kuva 7. Pistekuormituksesta tuleva fosforikuormitus Pyhtää-Kotka merialueella kalankasvatustaitosten ruokintakauden (touko-marraskuu) aikana vuonna 2007.

Kalankasvatuksen osuus alueelle tulevasta kokonaiskuormituksesta vaihtelee laskentakriteerien perusteella. Alueen tärkein kuormittaja on Kymijoki ja sen mereen tuomaa kuormitusta on arvioitu ainevirtaamalaskelmin². Jos keskitytään kalankasvatuksen varsinaiseen tuotantokauteen (kesä-lokakuu), niin kalankasvatuksen osuus alueelle tulevasta kokonaiskuormituksesta (pistekuormitus + koko Kymijoki Ahvenkoskenhaarasta



Korkeakosken haaraan) oli vuonna 2007 2 % fosforista ja 1 % typestä (kuva 8). Prosenttiosuuksiin vaikuttavat kunakin vuonna ennen kaikkea Kymijoen virtaamat ja vastaavasti ainevirtaamat mereen. Kymijoen ainevirtaamat mereen olivat vuonna 2007 normaalia selvästi suurempia. Mikäli kokonaiskuormitukseen lasketaan Kymijoen haaroista kasvatusalueelle laskevat Pyhtään ja Koivukosken haarat, niin kalankasvatuksen prosenttiosuus fosforikuormituksesta oli kesä-lokakuussa 7 %. Kalankasvatuslaitokset sijaitsevat Pyhtään haaran edustalla. Tällä alueella kalankasvatuksen osuus onkin jo puolet fosforikuormituksesta, sillä muita pistekuormittajia alueella ei ole.

Kuva 8. Eri kuormitussektoreiden laskennallinen osuus kokonaisfosfori- ja typpekuormituksesta Pyhtää-Kotka merialueella kalankasvatuslaitosten varsinaisella tuotantokaudella (kesä-lokakuu) vuonna 2007. Mukana ovat alueen pistekuormitus ja Kymijoen tuoma kokonaiskuormitus.

5 TULOKSET

5.1 FYSIKAALIS-KEMIAALLINEN VEDENLAATU

Kalankasvatuslaitosten vesinäytteet otettiin 5.6., 25.7. ja 30.8.2007 (tulokset liite 6). Kalankasvatuslaitosten vedenlaadun seuranta-aseamista käytetään jatkossa lyhennettä KALA-asemat. Niiden lisäksi tulosten tarkastelussa on käytetty hyväksi lähimerialueen tuloksia Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen (KAS) intensiiviasemalta Kyvy-1 Pyhtään Suursalmen edustalla ja 355 Kotkan Vehkaluodon edustalla (kartta liite 1).

Seuraavassa pyritään tarkastelemaan sitä, poikkeako merialueen tila KALA-asemilla yleisestä Pyhtää-Kotka merialueen taustatasosta. Vertailua vaikeuttaa se, että KALA-asemien näytteenottoajankohdat eivät yleensä ole samat kuin merialueen intensiiviasemilla. Esim. ravinnepitoisuudet voivat vaihdella merialueella lyhyelläkin aikavälillä suuresti. Intensiiviasemien osalta on esitetty vedenlaadun kehitys koko tuotantokauden osalta, mutta mielenkiinnon kohteena ovat erityisesti ne tulokset, jotka on otettu mahdollisimman samaan aikaan kuin KALA-asemien näytteet. KALA-asemien

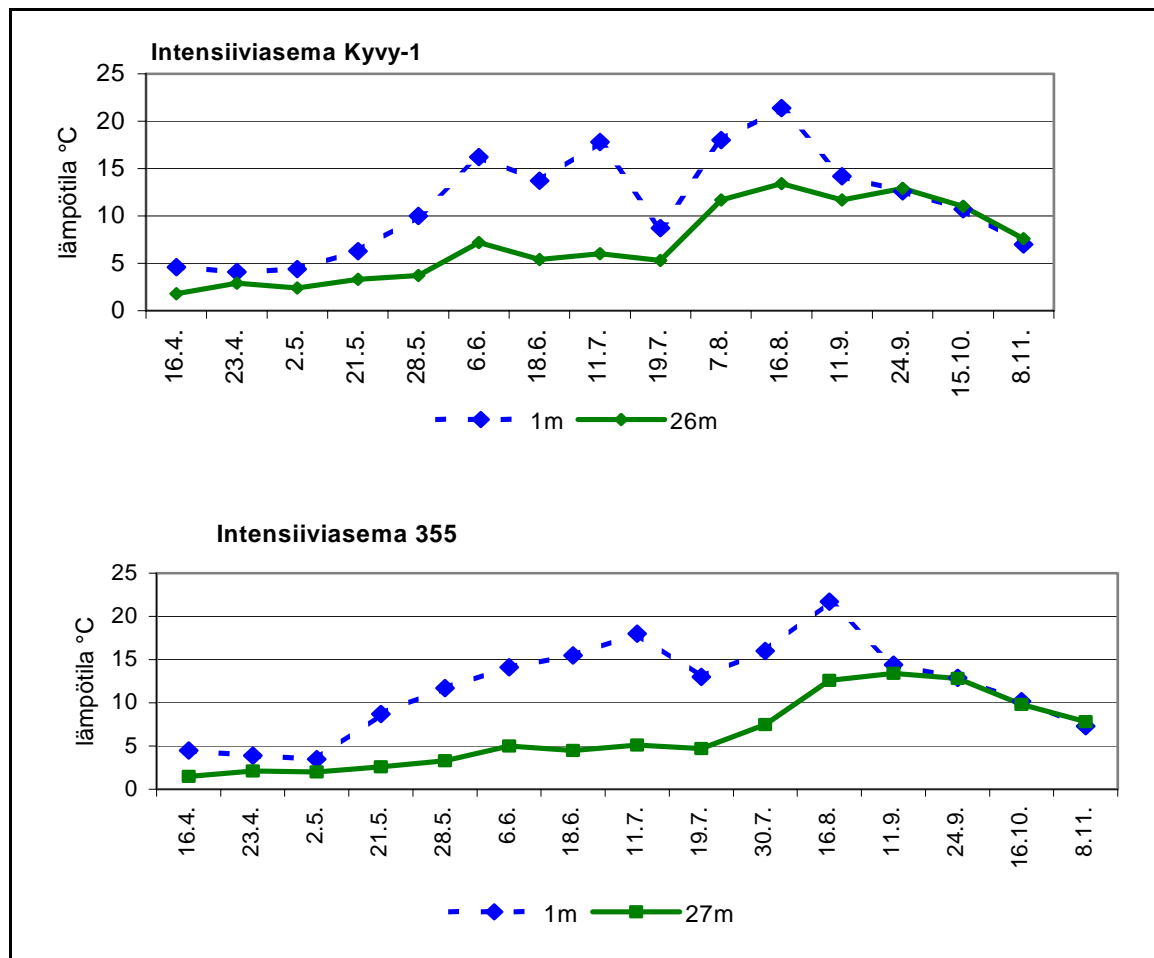
näytteenotto ajoittui vuonna 2007 siten, että asemien Kyvy-1 ja 355 näytteenottopäiviin oli eroa 1, 5-6 ja 12 päivää (taulukko 1).

Taulukko 1. Kalankasvatuslaitosten näyteasemien näytteenottoajankohdat kesällä 2007 ja vastaavat näytteenottoajankohdat intensiiviasemilla Kyvy-1 ja 355.

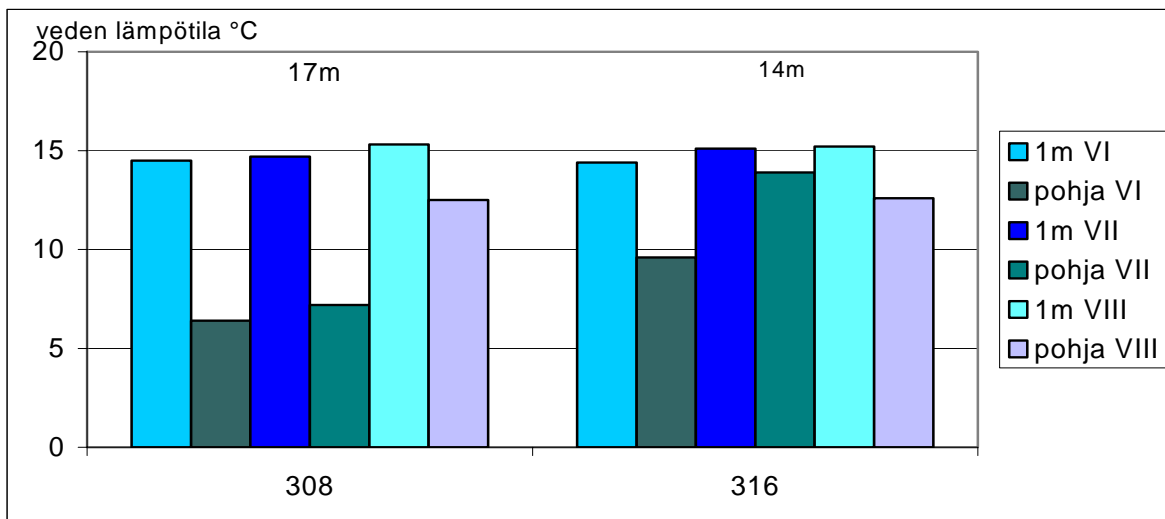
Kalankasvatuslaitokset	Kyvy-1 ja 355	
Kesäkuu	5.6.2007	6.6.2007
Heinäkuu	25.7.2007	19./30.7.2007
Elokuu	30.8.2007	11.9.2007

5.1.1 Lämpötila

Pintaveden lämpötila alkoi kohota toukokuun alussa, mutta laski heinäkuussa, jolloin vedet olivat normaalia viileämpiä. Tuolloin kerrostuneisuus oli jyrkimmillään. Lämpimintä vesi oli elokuun puolivälissä, lähes 22 °C (kuva 9). Pintaveden lämpötilat alkoivat laskea nopeasti elokuun loppupuolella ja lämpötilakerrostuneisuus purkautui syyskuun puolivälissä.



Kuva 9. Veden lämpötila (°C) intensiiviasemilla Kyvy-1 ja 355 huhti-marraskuussa 2007. Lähde: Hertta.

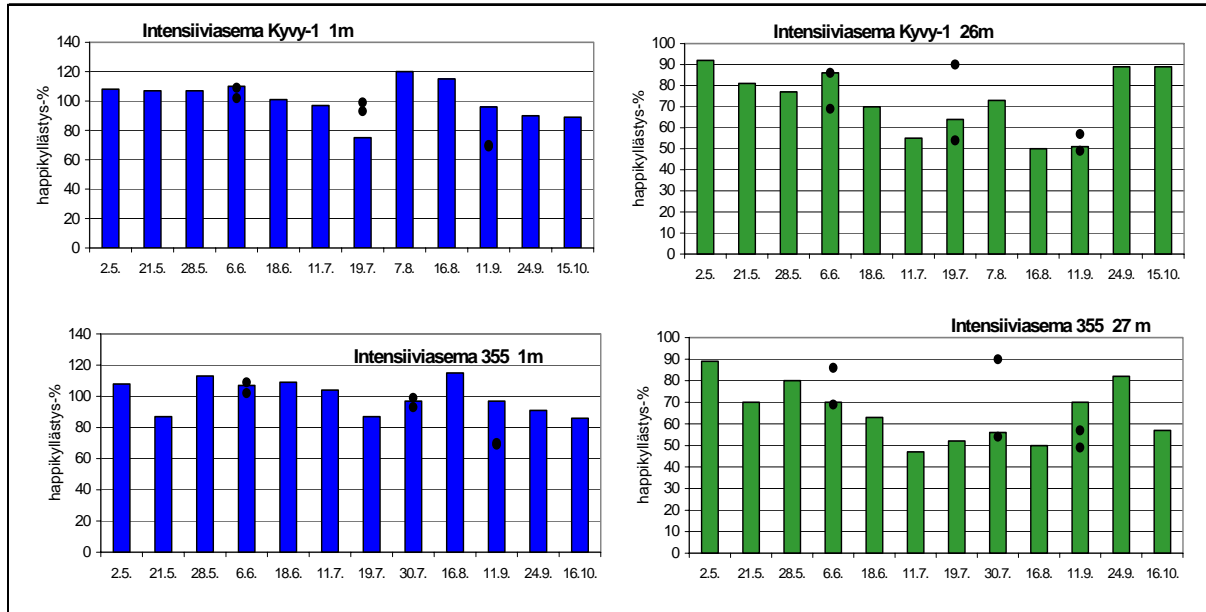


KALA-aseilla veden pintalämpötila oli kesäkuun alkupuolella noin 14,5 °C ja heinä- ja elokuun näytteenottokerroilla noin 15 °C (kuva 10). Pinnan ja pohjan lämpötilaero oli syvemmällä asemalla 308 noin 8 °C kesä- ja heinäkuussa (kuva 10). Asemalla 316 ero oli kesäkuussa 5 °C, mutta heinäkuussa vain asteen verran. Elokuussa alusvesi oli vajaat kolme astetta päällysvettä viileämpää molemmilla asemilla.

Kuva 10. Veden lämpötila KALA-aseilla päällysvedessä (1 m) ja pohjalla (pohja – 1 m) vuoden 2007 näytteenottokerroilla. Näyteasemien pohjan läheiset näytteenottosyvyydet on ilmoitettu kummankin aseman pylväiden yläpuolella.

5.1.2 Happitilanne

Pintaveden happitilanne oli KALA-aseilla kesä-heinäkuussa samaa tasoa kuin vertailuasemilla, mutta elokuussa huonompi (kuva 11). Alusveden happitilanne oli heinäkuussa asemalla 316 parempi kuin asemalla 308 ja vertailuasemilla. Hyvä happitilanne johtui siitä, että vesi oli lähes tasalämpöistä.

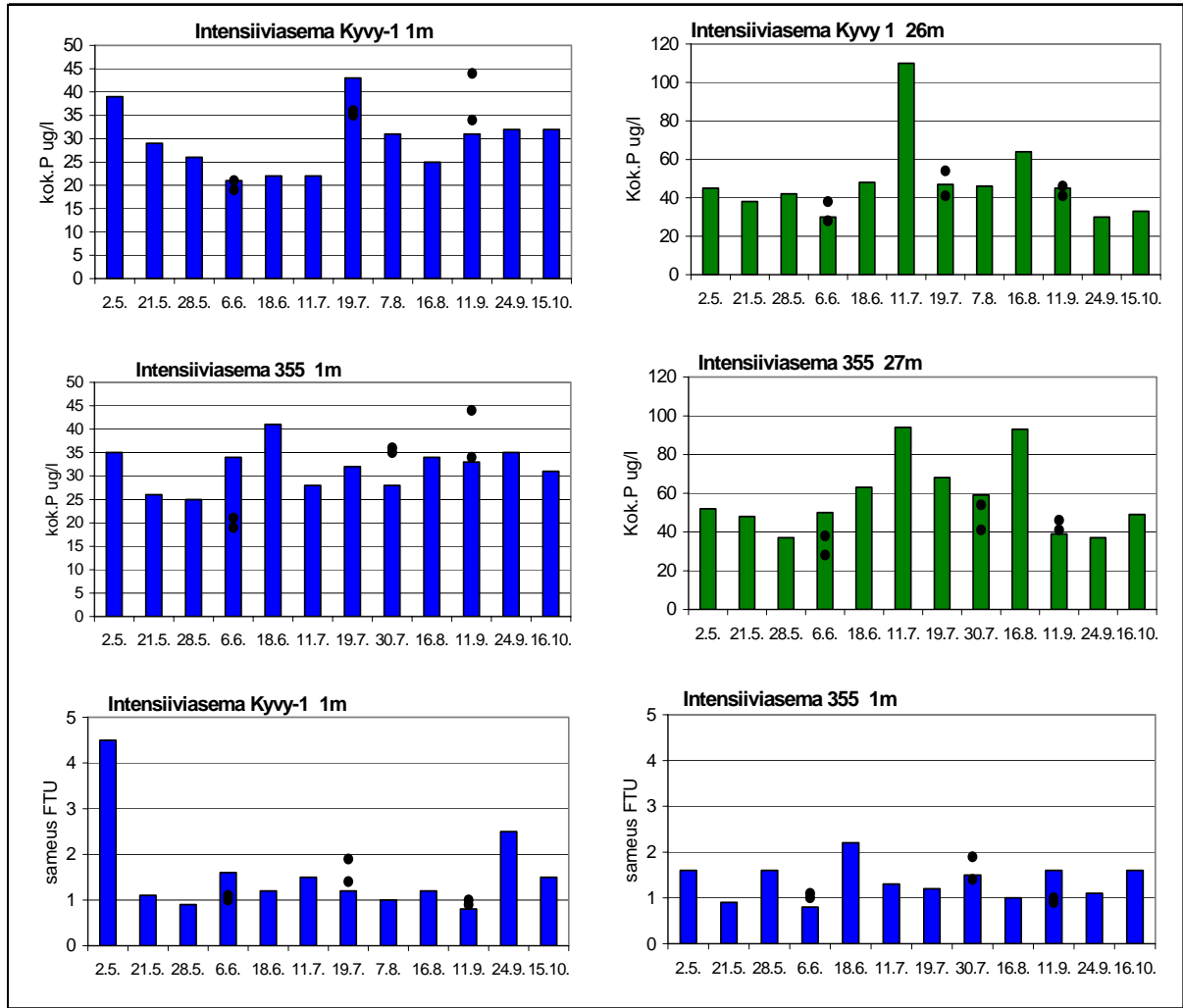


Kuva 11. Happikyllästysprosentti intensiivasemilla Kyvy-1 ja 355 (KAS) pinnalla (1m) ja pohjalla (26-27m) tuotantokauden 2007 aikana. Lisäksi kuvaan on merkitty KALA-asemien vastaavien ajankohtien tulokset mustilla ympyröillä. KALA-asemien näytteenottoajankohdat olivat 5.6., 25.7. ja 30.8.2007.

5.1.3 Sameus ja näkösyvyys

Päällysveden sameus ei lisääntynyt KALA-asemilla kesäkuusta elokuuhun. Sameusarvot olivat samaa tasoa kuin vertailuasemilla. KALA-asemien sameusarvot olivat noin 1- 2 FTU (kuva 12). KALA-asemien alusveden sameusarvot olivat hieman suurempia kuin päällysveden.

Sameuteen yhteydessä oleva veden näkösyvyys oli KALA-asemilla kesä-heinäkuussa noin 3 metriä ja elokuussa yli 4 metriä. Näkösyvyys oli elokuussa KALA-asemilla suurempi kuin vertailuasemilla.



Kuva 12. Kokonaisfosforipitoisuus päällys- ja alusvedessä ja sameus päällysvedessä intensiiviasemilla Kyvy-1 ja 355 tuotantokauden 2007 aikana. Merkinnät kts. kuva 11.

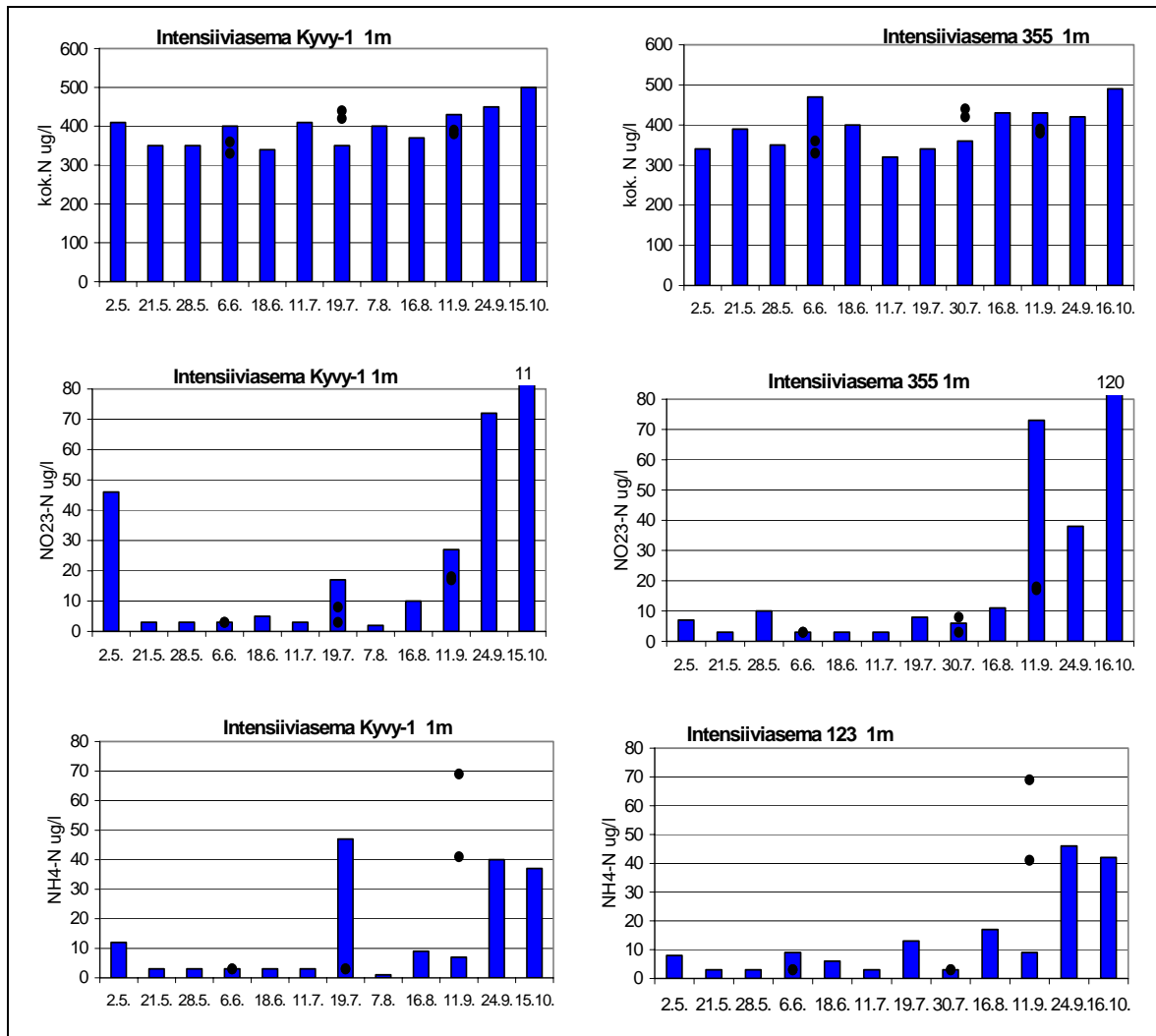
5.1.4 Fosfori ja typpi

KALA-asevilla päällysveden fosforipitoisuus nousi kesäkuusta elokuuhun, ja oli elokuussa hieman suurempi kuin vertailuasemilla (kuva 12). Alusvedessä oli tuotantokaudella enemmän fosforia kuin päällysvedessä sekä vertailu- että KALA-asevilla. KALA-asevilla pitoisuudet olivat samaa tasoa kuin vertailuasemilla.

Pintaveden fosfaattifosforipitoisuudet nousivat KALA-asevilla kesäkuusta elokuuhun. Elokuussa pitoisuudet olivat selvästi aiempaa korkeampia ja myös korkeampia kuin vertailuasemilla.

KALA-asemien pintaveden typpipitoisuudet olivat kesäkuussa noin 350, heinäkuussa 430 ja elokuussa 390 µg/l. Pitoisuudet olivat heinäkuussa hieman korkeampia kuin

vertailuasemilla (kuva 13). Alusveden pitoisuudet eivät suuresti eronneet pintaveden pitoisuuksista.



Kuva 13. Kokonaistyyppi-, nitriitti-nitraattityppi- ja ammoniumtyyppipitoisuus päällysvedessä intensiiviasemilla Kyvy-1 ja 355 (KAS) tuotantokauden 2007 aikana. Lisäksi kuvaan on merkitty KALA-asemien vastaavien ajankohtien tulokset mustilla ympyröillä. KALA-asemien näytteenottoajankohdat olivat 5.6., 25.7. ja 30.8.2007.

KALA- ja vertailuasemien pintavesien nitriitti-nitraattityyppipitoisuudet olivat kesäkuussa alle määrittäysrajan 5 µg/l. Pitoisuudet nousivat kesäkuulta elokuulle sekä KALA- että vertailuasemilla (kuva 13). KALA-asemien alusveden nitriitti-nitraattityyppipitoisuudet olivat kesäkuussa alle 5 µg/l ja elokuussa noin 40 µg/l.

Pintaveden ammoniumtyyppipitoisuudet olivat kesä-heinäkuussa KALA-asemilla alle määrittäysrajan 5 µg/l. Elokuussa pitoisuudet olivat KALA-asemilla normaalia suurempia, ja myös suurempia kuin vertailuasemilla: 41 ja 69 µg/l. KALA-asemien alusveden

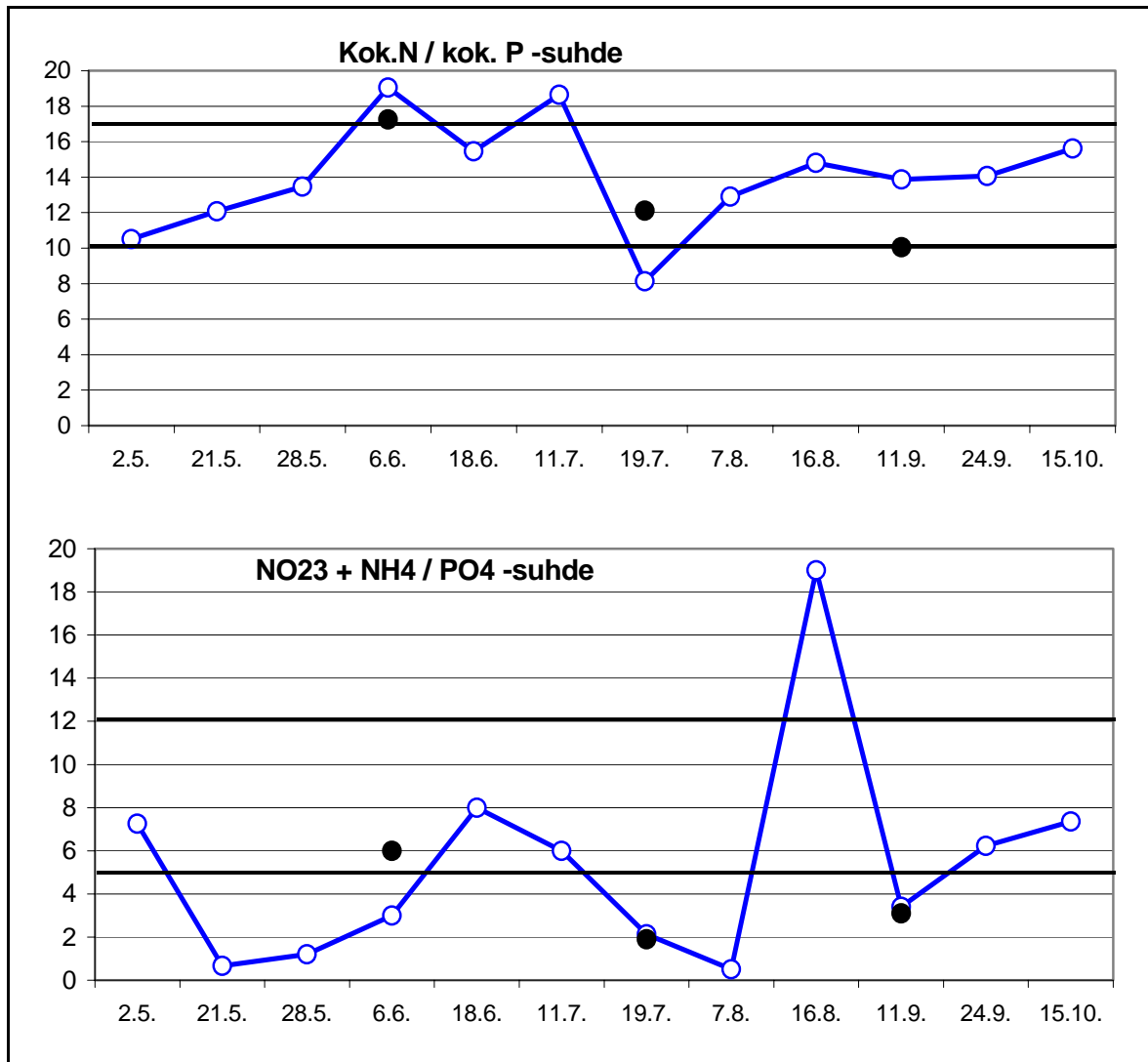
ammoniumtyppipitoisuus oli yleensä samaa tasoa kuin päällyksvedessä, paitsi heinäkuussa aseman 308 alusvedessä oli 54 µg/l, mutta päällyksvedessä alle määrittämissä rajoissa.

Pyhtää-Kotka merialueella päällyksveden typpi- ja fosforipitoisuuksiin vaikuttavat alueelle purkautuvan Kymijoen ravinnemäärät ja -pitoisuudet (etenkin typen osalta), meriveden sekoittumisen kautta alusvedestä tulevat ravinnelisyäkset, ravinteiden kuluminen perustuotantoon ja merialueen omasta pistekuormituksesta tulevat ravinteet. Pyhtää-Kotka merialueen ravinnetasoon vaikuttavat myös varsinainen Itämeri, läntinen Suomenlahti ja tietyissä oloissa myös Neva-Pietari -alue.

Vuonna 2007 Kymijoen ainevirtaamat olivat normaalia selvästi suurempia. Ainevirtaamat olivat suurimmillaan tammikuussa, jolloin satoi melko runsaasti ja osa sateesta tuli vetenä sekä myös virtaamat olivat suurimmillaan². Pienimmillään fosforivirtaamat olivat joulukuussa ja typpivirtaamat heinäkuussa. Kymijoen alaosan veden fosforipitoisuus oli kesäkaudella tasoa 20 µg/l ja typpipitoisuus tasoa 600 µg/l.

Mikäli kokonaisravinteiden typpi-fosfori -suhde on yli 17, fosfori on levien kasvua rajoittava tekijä, ja mikäli suhde on alle 10, on typpi kasvun minimitekijä³. Kokonaisravinteiden typpi-fosforisuhteen mukaan intensiiviasemalla Kyvy-1 ei useimmiten kumpikaan ravinne ollut rajoittavana (kuva 14). Kalankasvatuslaitosten kunkin näytteenotokerran keskiarvotuloksen perusteella kalankasvatuslaitosten lähialueella kokonaisravinnesuhde vastasi kesäkuussa aseman Kyvy-1 tilannetta, jolloin KALA-asemilla fosfori oli juuri ja juuri rajoittavana ravinteena. Heinä-elokuussa kumpikaan ravinne ei ollut rajoittava KALA-asemilla (kuva 14).

Mineraaliravinteiden osalta typpi-fosforisuhteen ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$ /liuenut fosfaattifosfori) ollessa yli 12 pidetään fosforia rajoittavana tekijänä. Mikäli suhde on alle 5, ovat lienneet typpiyhdisteet rajoittava tekijä³. Intensiiviasemalla Kyvy-1 tilanne vaihteli kesän aikana, mutta useimmiten typpi oli rajoittavana. KALA-asemilla kesäkuussa kummatkaan ravinteet eivät olleet rajoittavana, heinä- ja elokuussa typpiyhdisteet olivat rajoittavana (kuva 14). Suhdelukuja voi vääristää hieman se, että liukoisen fosforin arvona on käytetty tässä kokonaisfosfaattifosforia eikä leville käyttökelpoisinta liukoista fosfaattifosforia (liukoinen reaktiivinen fosfori, DRP). Suhdelukuja voi vääristää myös se, että pitoisuudet olivat usein alle määrittämissä rajoissa. Tällöin tuloksena on käytetty lukua 0,5 x määrittämissä rajoissa.

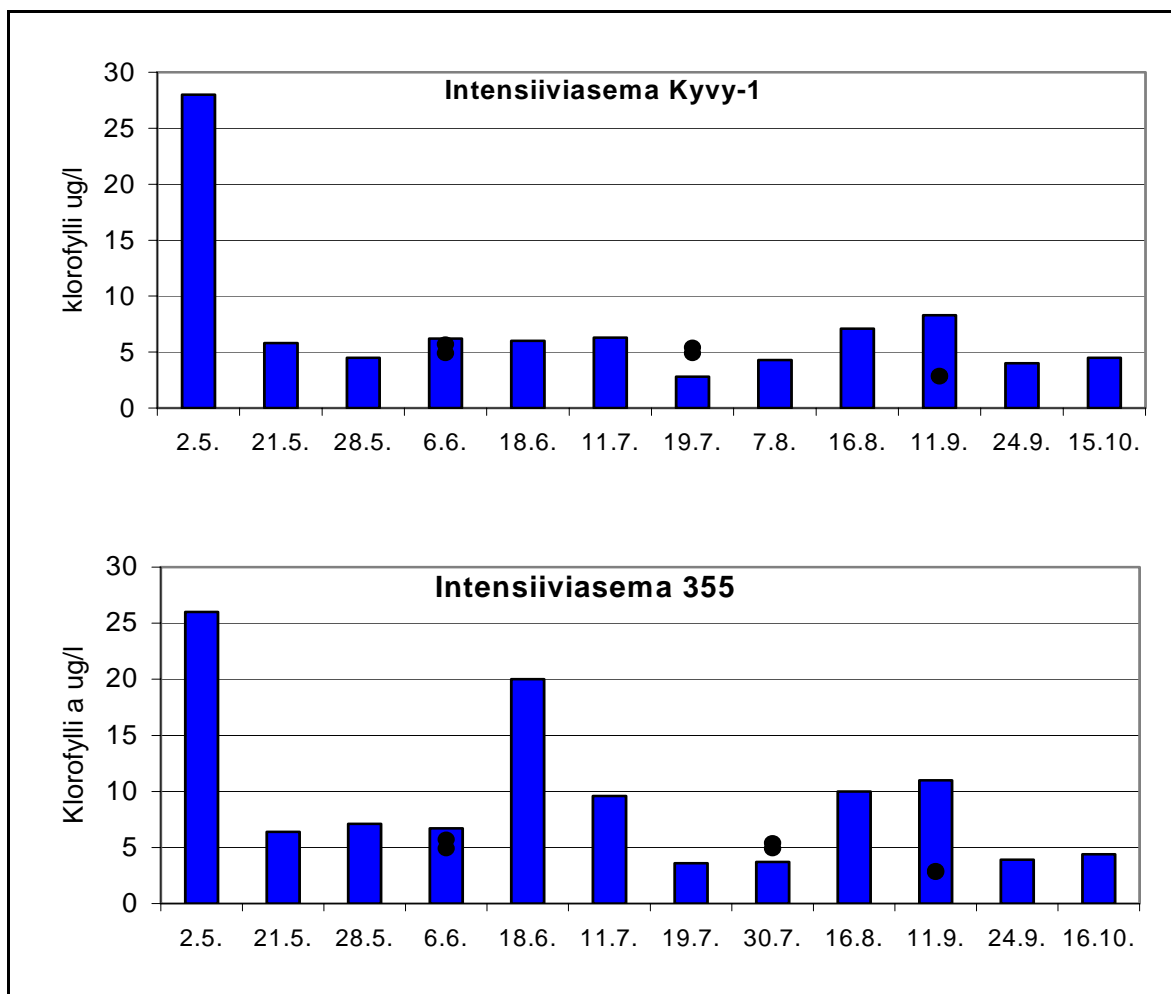


Kuva 14. Kokonaistypen ja -fosforin suhdeluku ja vastaavasti liukoisten typpi- (nitriitti, nitraatti ja ammonium) ja fosforiyhdisteiden (fosfaatti) suhdeluku vuonna 2007 intensiiviasemalla Kyvy-1. Kuvaan on myös merkitty mustina palloina vastaavat suhdeluvut KALA-asemilta kunkin näytteenottokerran keskiarvoina. KALA-asemien näytteenottoajankohdat olivat 5.6., 25.7. ja 30.8.2007.

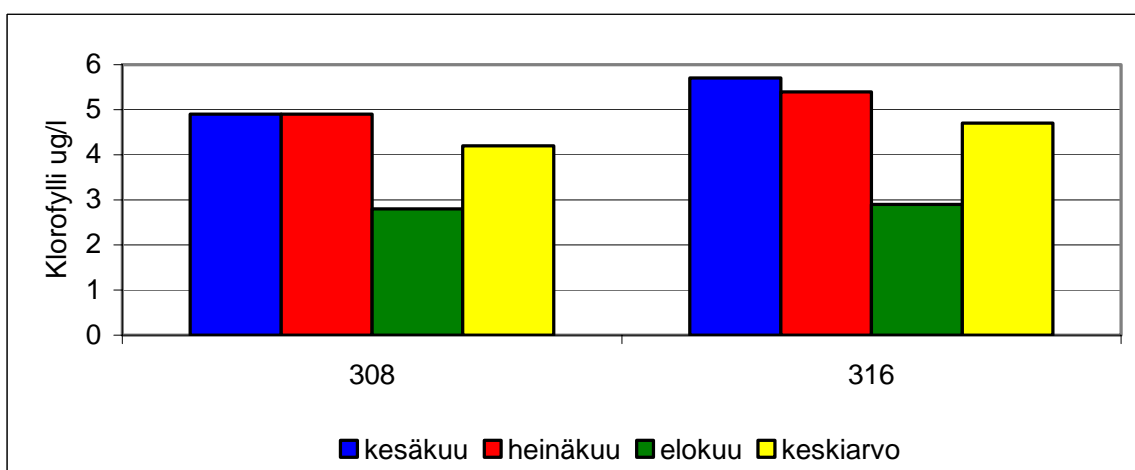
5.2 KLOROFYLLI

Klorofylli a -pitoisuus mittaa lehtivihreällisten, vapaassa vedessä elävien levien runsautta. Klorofyllinäytteet otettiin samalla kertaa samoilta 2 näyteasemalta kuin fysikaalis-kemialliset vesinäytteet (liite 1).

Aseman Kyvy-1 kaikkien kesä-elokuun klorofyllitulosten keskiarvo oli 5,5 µg/l ja intensiiviaseman 355 keskiarvo 8,9 µg/l. KALA-asemien tulokset eivät juuri eronneet taustatasosta, elokuussa tulokset olivat hieman vertailuasemia pienempiä (kuva 15). Pitoisuudet olivat hieman pienempiä kuin edellisvuosina, ja selvästi pienempiä kuin vuonna 2006. KALA-asemilla pitoisuudet olivat elokuussa pienempiä kuin kesä-heinäkuussa (kuva 16).



Kuva 15. Klorofylli a -pitoisuus (µg/l) intensiiviasemilla Kyvy-1 ja 355 tuotantokaudella 2007. Lisäksi kuvaan on merkitty KALA-asemien vastaavien ajankohtien tulokset mustilla ympyröillä. KALA-asemien näytteenottoajankohdat olivat 5.6., 25.7. ja 30.8.2007.



Kuva 16. Klorofylli a -pitoisuus (µg/l) KALA-asemilla kesä-, heinä- ja elokuun näytteenottokerroilla 2007 ja tulosten asemakohtainen keskiarvo.

Klorofyllipitoisuuden (tuotantokauden keskiarvo) perusteella vesialueet voidaan jakaa seuraaviin rehevyysluokkiin:

Rehevyysluokka	Klorofylli a µg/l
I Karu	alle 2
II Lievästi rehevä	2-5
III Rehevä	5-10
IV Hyvin rehevä	10- 25
V Erittäin rehevä	yli 25

Luokituksessa esitetyt klorofyllin raja-arvot perustuvat Heikki Pitkäsen väitöskirjassaan⁴ esittämiin Suomen rannikkovesien klorofyllipitoisuuksiin. Kesä-elokuun tulosten keskiarvon perusteella vertailuasemat kuuluvat luokkaan rehevä ja KALA-asetat ovat lievästi reheviä. Vertailuasemilla toukokuussa mitatut korkeat klorofyllipitoisuudet ovat seurausta merialueen keväisestä levämaksimista.

Pintaveden edellisvuosia korkeammat fosforipitoisuudet keväällä ja alkukesällä ennakoivat voimakkaita sinilevähaittoja Suomenlahdelle. Ensimmäiset sinilevähavainnot itäisellä Suomenlahdella tehtiin hieman tavanomaista aiemmin kesäkuun puolivälissä. Heinäkuun alussa sinilevää esiintyi tavanomaista runsaammin Kaakkois-Suomen rannikolla, mutta kun säät pysyivät koleina ja tuulisina niin sinilevää havaittiin heinäkuussa vain hajanaisina ja satunnaisina kukintoina. Elokuun alussa sinilevätilanne oli selvästi tavanomaista parempi. Laajoja levälauttoja havaittiin Pyhtää - Kotka - Hamina avomerialueella pääasiassa elokuun puolivälin hellejakson aikana. Levää ajautui myös rannikolle. Pintaveden lämmetessä lisääntyi myrkyllisen *Nodularia spumigena*-levän osuus myös itäisellä Suomenlahdella. Tuulet hajottivat pintalautat elokuun toisen viikon jälkeen, mutta levää oli veteen sekoittuneena syyskuun alkupäiviin asti⁵.

5.3 VEDEN HYGIEENINEN LAATU

Veden hygieeninen laatu kesällä 2007 oli KALA-asetilla hyvä. Ulosteperäisiä eli fekaalisia streptokokkeja esiintyi KALA-asetilla kesä-elokuun näytteenottokerroilla vain 0-1 kpl/100ml. Jotta vesi täyttää uimaveden laatuvaatimukset, fekaalisia streptokokkeja pitää olla alle 200 kpl/100 ml ja fekaalisia kolibakteereja alle 500 kpl/100 ml (Sosiaali- ja terveysministeriön päätös 41/99).

6 YHTEENVETO

Tässä julkaisussa on tarkasteltu Pyhtään merialueen viiden kalankasvatuslaitoksen vesistövaikutusten yhteistarkkailutulokset vuodelta 2007. Alueen kokonaistuotanto oli lisäkasvuna ilmoitettuna 234 tonnia, mikä on hieman enemmän kuin edellisenä vuonna. Vuonna 2007 Girsvik ei kasvattanut lainkaan. Muut laitokset käyttivät kasvatusoikeudestaan 90-100 %. Alueen kalankasvatuksen kokonaisfosforikuormitus oli 2 022 kg, joka on samaa tasoa kuin edellisenä vuonna. Kalanviljelyn osuus Pyhtää-Kotka merialueen pistemäisestä kuormituksesta oli tuotantokaudella 2007 vielä edellisvuottakin pienempi, ollen kesä-lokakuussa keskimäärin 16 % fosforin ja 12 % typen piste-kuormituksesta. Kalankasvatuksen kuormitusosuus oli suurimmillaan kesä-heinäkuussa (22 % fosforin ja 16 % typen pistekuormituksesta).

Veden laatua seurattiin kahdella kalankasvatuslaitosten seuranta-asemalla kolme kertaa tuotantokauden aikana; vesinäytteet haettiin kesä-, heinä- ja elokuussa. Seuranta-asemat sijaitsevat syvänteessä 500-1200 metrin päässä laitoksesta; seuranta-asemien vedenlaatu ei niinkään kerro kalankasvatuksen vaikutuksista aivan laitoksen lähiympäristössä vaan vedenlaadun muuttumisesta pidemmällä aikavälillä laitosten lähivesialueilla. Kalankasvatuksen vesistövaikutuksia arvioitiin tarkastelemalla laitostasemien vedenlaatua suhteessa Pyhtää-Kotka merialueen yleiseen tilaan. Merialueen taustatason kuvaajina käytettiin Pyhtää-Kotka merialueen intensiiviasemien samanaikaisia vedenlaatutuloksia.

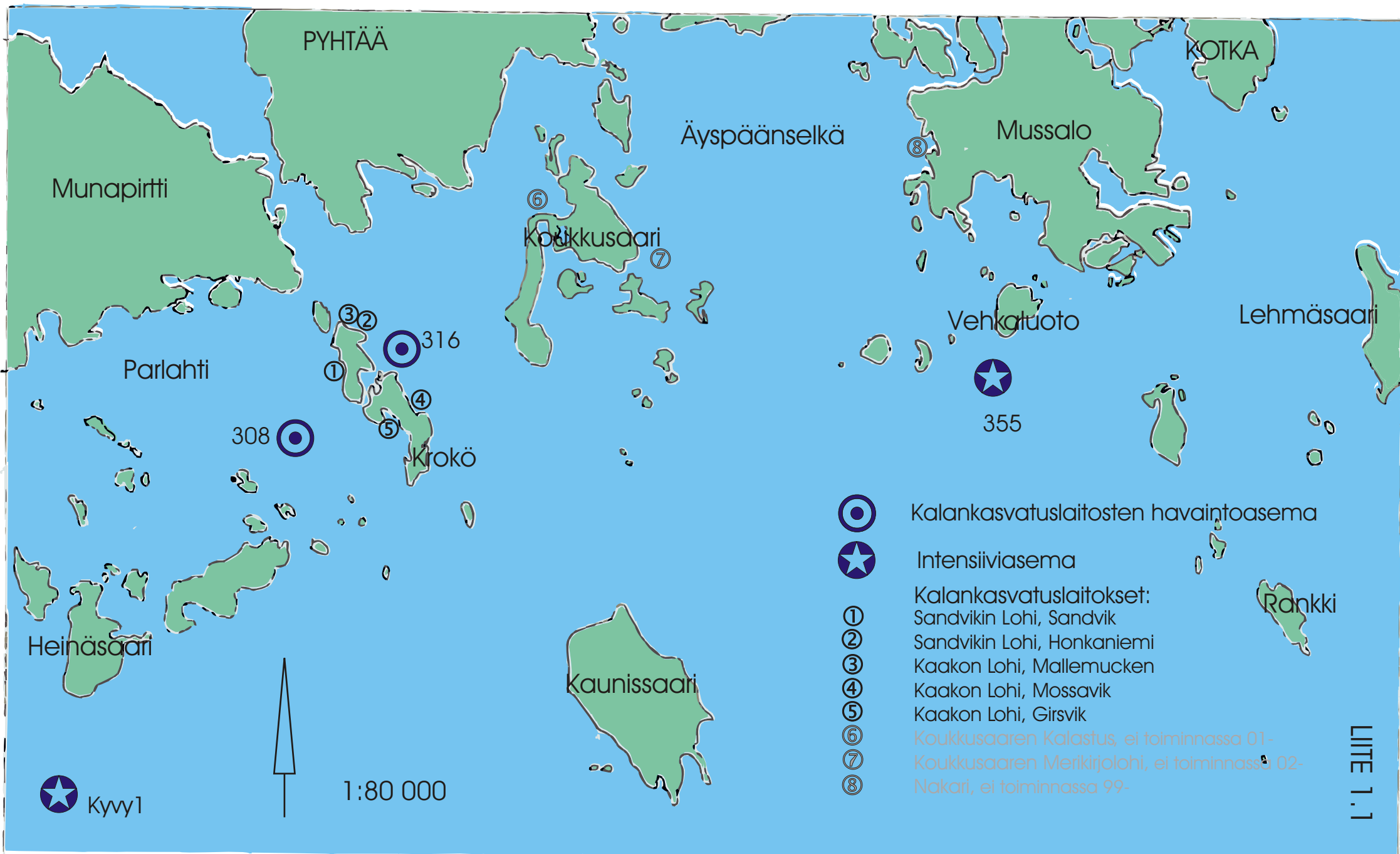
Pintaveden happitilanne oli KALA-asemilla elokuussa huonompi kuin vertailuasemilla, mutta näkösyvyys suurempi kuin vertailuasemilla. KALA-asemilla päällysveden fosfori- ja fosfaattifosforipitoisuudet nousivat kesäkuusta elokuuhun, ja olivat elokuussa hieman suurempia kuin vertailuasemilla. Elokuussa KALA-asemien fosfaattifosforipitoisuudet olivat selvästi aiempaa korkeampia. KALA-asemien pintaveden typpipitoisuudet olivat heinäkuussa hieman korkeampia kuin vertailuasemilla. Pintaveden ammoniumtyppipitoisuudet olivat elokuussa KALA-asemilla normaalia suurempia. Sameusarvot olivat samaa tasoa kuin vertailuasemilla. KALA-asemien klorofyllitulokset eivät juuri eronneet taustatasosta, elokuussa tulokset olivat hieman vertailuasemia pienempiä. Pitoisuudet olivat hieman pienempiä kuin edellisvuosina, ja selvästi pienempiä kuin vuonna 2006. Kesä-elokuun tulosten keskiarvon perusteella vertailuasemat kuuluvat luokkaan rehevä ja KALA-asemat ovat lievästi reheviä. Veden hygieeninen laatu kesällä 2007 oli KALA-asemilla hyvä.

VIITTEET

- ¹ Suomen ympäristökeskus 2007. Vesitilannekatsaukset. Ympäristöhallinnon www-sivut, www.ymparisto.fi > Ympäristön tila > Pintavedet > Ajankohtainen vesi- ja lumitilanne > Kuukausittaiset vesitilannekatsaukset
- ² Åkerberg, A. & Raunio, J. 2008. Kymijoen alaosan vedenlaadun yhteistarkkailu vuonna 2007. – Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 173/2008, 28 s + 10 s + liitteet.
- ³ Forsberg, C., Ryding, S.-O., Claesson, A. & Forsberg, A. 1978. Water chemical analyses and/or algal assay? – Sewage effluent and polluted lake water studies.- Mitt. Int. Ver. Limnol. 21: 352-363.
- ⁴ Pitkänen, H. 1994. Eutrophication of the Finnish coastal Waters: Origin, fate and effects of riverine nutrient fluxes. – Publications of the Water and Environment Research Institute, no 18.
- ⁵ Kaakkois-Suomen ympäristökeskus 2007. Leväkatsaukset 2007. www.ymparisto.fi > Kaakkois-Suomi > Ympäristön tila > Pintavedet > Leväseuranta

LIITTEET

- 1 Kalankasvatuslaitokset ja vedenlaadun seuranta-asetat Pyhtää-Kotka –
merialueella
- 2 Tutkimusasemien koordinaatit
- 3 Määritysmenetelmät
- 4 Säätila Kotkan (Kirkonmaa) säähavaintoasemalla vuonna 2007
- 5 Kalankasvatuslaitosten kuormitustiedot
- 6 Vedenlaatutulokset



Kalankasvatuslaitokset ja vedenlaadun seuranta-asetat Pyhtää-Kotka merialueella

Vedenlaadun seuranta-asetat ja koordinaatit

Havaintopaikka	Vesistötarkkailu	Koordinaatit
308	Kalalaitokset Sandvik & Girsvik	669825-348142
316	Kalalaitokset Mallemucken, Honkaniemi & Mossavik	669960-348300
355	Kaakkois-Suomen ympäristökeskus	669934-349315
Kyvy 1	Kaakkois-Suomen ympäristökeskus	669255-347755

Perifytonseuranta-asetat ja koordinaatit

Keinoalusta-asetat (kokonaissyvyys, m)		Piileväasetat	
1	670000-347840 (10)	1	6701626-3482211
2	669962-347870 (11)	2	6699647-3485191
3	669908-347910 (13)	3	6700387-3481801
5	669946-348120 (16)	4	6698697-3483413
6	669937-348180 (14)	5	6699323-3481906
7	669936-348194 (14)	6	6698105-3483277
8	670006-348238 (15)	7	6699847-3478701
9	669996-348258 (15)	8	6696951-3482565
10	669976-348268 (16)		
13	669800-348280 (11)		
14	669826-348300 (10)		
15	669886-348354 (14)		
18	669882-348378 (15)		
20	669858-348396 (16)		
40	669844-348306 (9)		

Käytetyt määrittymenetelmät
Ewica laboratoriot Oy

Määrittys	Yksikkö	PARNCC-koodi	SFS-standardi/ menetelmä
Lämpötila	°C	T_WM	
Happipitoisuus	mg/l	O2_DTB	SFS 3040
Sameus	FTU	TBY_SNT	SFS-EN 27027
Sähkönjohtokyky	mS/m	CTY_25L	SFS-EN 27888s.
pH		PH_L25	SFS 3021
Kokonaistyyppi (merivesi)	µg/l	NTOT_NCA	SFS 3031
Nitriitti+nitraattityppi	µg/l	NO23N_NA	SFS-EN ISO 13395
Ammoniumtyppi	µg/l	NH4N_NS	SFS 3032
Kokonaisfosfori	µg/l	PTOT_NS	SFS 3026
Fosfaattifosfori	µg/l	PO4P_NS	SFS 3025
Fekaaliset streptokokit	kpl/100ml	FS35_F2K	SFS-EN ISO 7899-2
Klorofylli-a	µg/l	CP_E	SFS 5772

Klorofylli otetaan kokoomanäytteenä näkösyvyyden mukaan seuraavasti:

0,2,4,6,8 ja 10:n näytteistä,	jos näkösyvyys vähintään 4,1 m
0,2,4,6 ja 8 m:n näytteistä,	jos näkösyvyys 3,1-4 m
0,2,4 ja 6 m:n näytteistä,	jos näkösyvyys 2,1-3 m
0,1,2,3 ja 4 m:n näytteistä,	jos näkösyvyys 1,1-2,0 m
0, 0,5, 1, 1,5 ja 2 m:n näytteistä,	jos näkösyvyys alle 1,0 m

LIITE 4

Säätila Kotkassa vuosina 2007 (Kirkonmaa) ja 1971-00 (Rankki)
(Ilmatieteen laitos)

Kuukausi	Keskilämpötila, °C Kotka		Sademäärä, mm Kotka		Kok.säteily MJ/m ² Helsinki-Vantaa	
	2007	1971-00	2007	1971-00	2007	1971-00
Tammi	-1,5	-5,1	71	39		
Helmi	-10,1	-6,4	27	33		
Maalis	1,8	-2,9	34	35		
Huhti	4,2	1,8	37	30		
Touko	9,1	8,3	64	34	558	582
Kesä	14,6	13,9	44	44	663	620
Heinä	16,8	16,9	76	55	548	601
Elo	17,5	16	46	69	496	446
Syys	11,6	11,3	104	61	248	252
Loka	7,4	6,3	58	65		
Marras	0,7	1,4	49	63		
Joulu	1,6	-2,4	58	52		
x / Σ	6,1	4,9	668	580	2513	2501

Pyhtään edustan merialueen kalankasvatus: laitospöhtainen lisäkasvu, rehunkäyttö, ravinnekuormitus ja kasvatusoikeus vuonna 2007.

(Lähde: Kaakkois-Suomen ympäristökeskus)

Vuosi 2007 Laitos	Lisäkasvu tn	Rehunkäyttö tn Kuivarehu	Ravinnekuormitus kg		Kasvatusoikeus tn
			Fosfori	Typpi	
Sandvikin laitos	63,4	77,9	526	4 102	65
Honkaniemen laitos	29,9	35,3	234	1 827	30
Mallemucken	85,6	111	771	5 993	90
Mossavikin laitos	55,0	71,3	492	3 830	60
Girsvikin laitos	0	0	0	0	68
Yhteensä	234	295	2 022	15 752	313

Kalalaitokset (KALA93)

Pvm.	Hav.paikka Syvyys (m)	lt oC	Happi mg/l	Happi %	Sameus FTU	Sähkönj mS/m	pH	Nitot µg/l	NO23 µg/l	NH4-N µg/l	Kok.P µg/l	PO4-P µg/l	Fek.str /100ml	Klorof. µg/l	
5.6.2007	KALA93 / 308 Suomeni Krokö 308	Kok.syv. 18,0 m; Näk.syv. 2,9 m; Klo 10:10; Näytt.ottaja al; levä 1; Ilm.lt. 22 C-ast; Pilv. 0/8; Tuulinop. 5 m/s; Tuulsuunt. E;													
	1	14,5	10,2	102	1,1	712	8,4	360	<5	<5	21	<2	0		
	5	12,7	10,7	103		735									
	10	10,0	9,4	86		783									
	17	6,4	8,3	69	1,6	826	7,7	390	<5	<5	38	15		4,9	
	0-6														
5.6.2007	KALA93 / 316 Suomeni Krokö 316	Kok.syv. 16,0 m; Näk.syv. 3,0 m; Klo 09:30; Näytt.ottaja al; levä 1; Ilm.lt. 22 C-ast; Pilv. 0/8; Tuulinop. 5 m/s; Tuulsuunt. E;													
	1	14,4	10,9	109	1,0	702	8,3	330	<5	<5	19	<2	0		
	5	12,1	10,6	101		737									
	14	9,6	9,5	86	1,9	787	8,2	360	<5	6	28	9		5,7	
	0-6														
25.7.2007	KALA93 / 308 Suomeni Krokö 308	Kok.syv. 18,3 m; Näk.syv. 2,9 m; Klo 14:00; Näytt.ottaja JMä; levä 1; Ilm.lt. 20 C-ast; Pilv. 8/8; Tuulinop. 3 m/s; Tuulsuunt. E;													
	1	14,7	9,2	93	1,4	813	8,1	440	8	<5	36	5	1		
	5	14,4	9,1	92		814									
	10	12,2	8,6	83		839									
	17	7,2	6,3	54	1,4	904	7,5	460	57	56	54	41		4,9	
	0-6														
25.7.2007	KALA93 / 316 Suomeni Krokö 316	Kok.syv. 16,0 m; Näk.syv. 3,0 m; Klo 13:15; Näytt.ottaja JMä; levä 1; Ilm.lt. 20 C-ast; Pilv. 8/8; Tuulinop. 5 m/s; Tuulsuunt. E;													
	1	15,1	9,7	99	1,9	817	8,2	420	<5	<5	35	4	0		
	5	15,1	9,6	98		814									
	14	13,9	9,0	90	3,7	828	7,9	440	5	<5	41	12		5,4	
	0-6														

Kalalaitokset (KALA93)

Pvm.	Hav.paikka Syvyys (m)	lt oC	Happi mg/l	Happi %	Sameus FTU	Sähkönj mS/m	pH	Nitot µg/l	NO23 µg/l	NH4-N µg/l	Kok.P µg/l	PO4-P µg/l	Fek.str /100ml	Klorof. µg/l	
30.8.2007	KALA93 / 308	Suomeni Krokö 308	Kok.syv. 17,6 m; Näk.syv. 4,2 m; Klo 09:15; Näytt.ottaja al; levä 1; Ilm.lt. 8 C-ast; Pilv. 2 /8; Tuulhop. 4 m/s; Tuulsuunt. W;												
	1	15,3	6,8	70	1,0	763	7,7	380	17	69	44	29	0		
	5	15,3	7,3	75		762									
	10	15,2	7,1	73		768									
	17	12,5	5,1	49	1,9	871	7,5	380	41	64	46	34		2,8	
	0-10														
30.8.2007	KALA93 / 316	Suomeni Krokö 316	Kok.syv. 17,0 m; Näk.syv. 4,9 m; Klo 09:40; Näytt.ottaja al; levä 1; Ilm.lt. 8 C-ast; Pilv. 2 /8; Tuulhop. 4 m/s; Tuulsuunt. W;												
	1	15,2	6,8	69	0,9	770	7,7	390	18	41	34	18	1		
	5	14,9	6,4	65		790									
	14	12,6	5,9	57	1,4	878	7,5	410	38	54	41	30		2,9	
	0-10														

1 JOHDANTO

Pyhtään edustan merialueen kalankasvatuslaitosten vesistöä rehevöittävästä vaikutuksesta on tutkittu aikaisemmin vesianalyysien sekä pohjaeläimistön ja keinoalustoilta määritetyn perifytonin (päälyyslevät) runsauden avulla. Keinoalustamenetelmä on kuitenkin melko työläs ja kallis. Lisäksi telineitä on usein kadonnut inkuboinnin aikana. Uudessa tarkkailuohjelmassa keinoalustamenetelmän rinnalle tuotiin ns. piilevämenetelmä ja samalla keinoalustamenetelmän inkubointijaksoja vähennettiin kolmesta yhteen. Piilevät on todettu useissa tutkimuksissa herkeiksi veden laadun indikaattoreiksi ja nopean elinkiertonsa vuoksi ne reagoivat nopeasti muuttuviin olosuhteisiin (mm. Whitton ym. 1991, Prygiel & Coste 1993, Whitton & Rott 1996, Prygiel ym. 1999, Eloranta 1995, Eloranta & Andersson 1998, Eloranta 1999, Eloranta & Soininen 2002).

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Piilevänäytteitä haettiin kahdeksalta näytepisteeltä heinäkuussa 2007. Näytepisteistä neljä sijaitsee kalankasvatuslaitosten välittömässä läheisyydessä ja loput neljä ulompana (kuva 1, liite 1). Näytteenotossa ja näytteiden käsittelyssä noudatettiin menetelmästandardin (SFS-EN 13946:2003) ohjeita. Piilevien määrittämisessä käytettiin apuna Krammerin ja Lange-Bertalotin (1986-1991) määrittämissoppeita. Näytepisteiden vedenlaadun arvioinnissa hyödynnettiin TDI-indeksiä (Kelly & Whitton 1995). TDI heijastelee lähinnä vesistön trofiatasoa ja siten soveltuu kalalaitosten rehevyydentarkkailuun. Indeksien on todettu soveltuvan hyvin vesistö tarkkailuihin niin Suomessa kuin muuallakin Euroopassa (mm. Kelly ym. 1995, Eloranta & Anderson 1998). Piileväindeksit on kuitenkin suunniteltu käytettäväksi makeissa vesissä ja niistä saattaa puuttua murtovesille tyypillisiä lajeja. Indeksiarvoja ja niihin perustuvia vedenlaadun luokituksia tulee siten pitää viitteellisinä. Indeksikohtaiset vedenlaadun raja-arvot on niin ikään määritetty virtavesiaineistoihin perustuen (Eloranta ym. 2007), joten esitetty vedenlaadun luokitus on tämän aineiston suhteen vain viitteellinen. Näytepisteiden vedenlaatua tarkasteltiin myös ns. ekologisten jakaumien avulla (Van Dam ym. 1994). Näissä luokituksissa piilevälajit on jaettu mm. eri rehevyytensä ja suolapitoisuutta ilmentäviin luokkiin. Tilastollisina menetelminä aineiston käsittelyssä käytettiin NMS-ordinaatioanalyysiä ja MRPP-testiä, joilla tutkittiin näytepisteiden yhteisökoostumusten eroja.

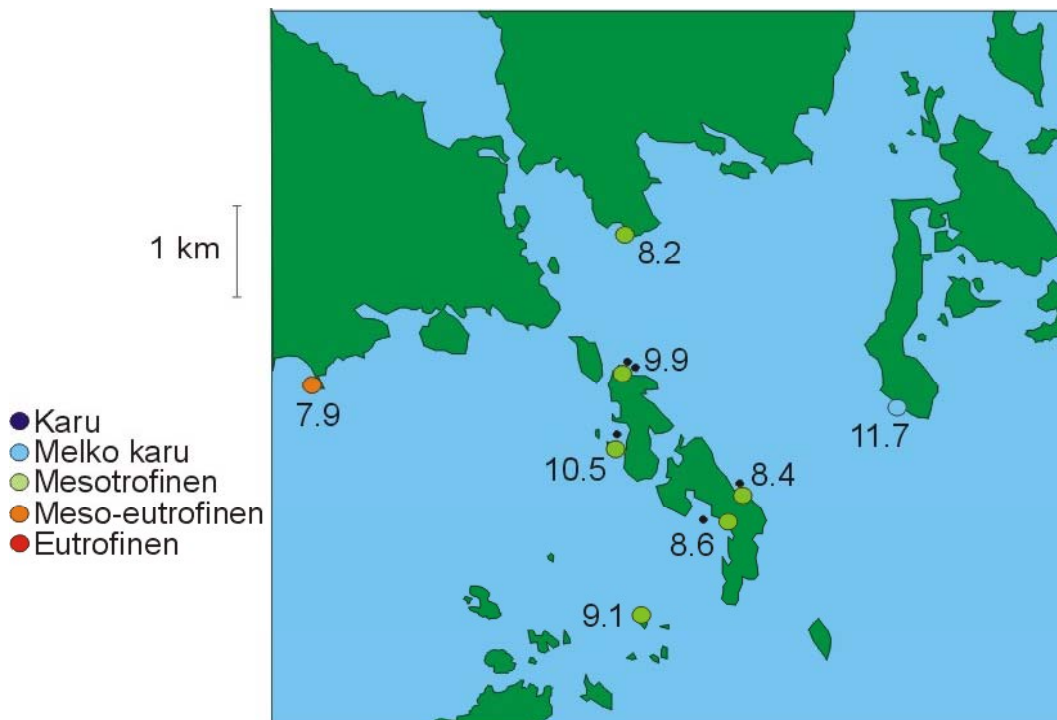
Piileväanalyysien tuloksia verrattiin perifytonlevyjen avulla saatuihin tuloksiin (Mäkelä ym. 1992). Perifytonlevyjä inkuboitiin 15 näytepisteellä kahden viikon ajan 0.5 m:n syvyydellä. Kullakin näytepisteellä oli yksi teline, johon oli kiinnitettynä kolme levyä. Näytepisteet on sijoitettu niin, että yksi linja koostui kolmesta näytepisteestä. Yksi linja (pisteet 1-3) on vertailulinjana kuormitettujen alueiden linjoille, joita on kaikkiaan neljä. Näytepisteiden rehevyyden arviointia varten kunkin linjan havaintojen keskiarvoja verrattiin vertailulinjan (pisteet 1-3) pitkän aikavälin 1994-2005 tulosten keskiarvoon. Kunkin kuormitetun linjan

rehevyyden arvioitiin jakamalla vertailuarvo linjojen havaituilla arvoilla. Saadut veden laadun arvot jaettiin viiteen luokkaan: ei eroa vertailuarvoon = 1-0.8, lievä ero = 0.8-0.6, kohtalainen ero = 0.6-0.4, selvä ero = 0.4-0.2 ja huomattava ero = 0.2-0. Näytelinjojen välisiä eroja klorofylli-a -määrissä tarkasteltiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA). Perifytontarkkailun aikasarjaa 1994-2007 analysoitiin regressioanalyysin avulla.

3 TULOKSET

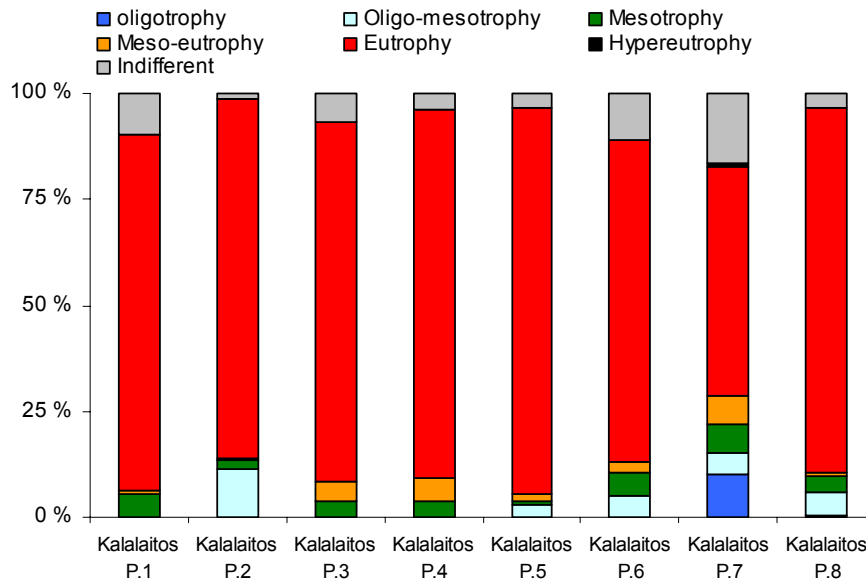
Piilevätutkimukset

TDI-piileväindeksin perusteella näytepisteiden vedenlaatu vaihteli oligo-mesotrofisesta meso-eutrofiseen (kuva 1). Tosin pisteen 7 indeksiarvo (7,9) oli mesotrofisen ja meso-eutrofisen vedenlaatualueiden rajalla. Kalalaitosten läheisyydessä indeksiarvot eivät siten juuri erottuneet muista näytepisteistä. Sen sijaan näytepisteellä 2 indeksiarvo oli korkeampi (11,7) kuin muilla näytepisteillä, ilmentäen karumpaa vedenlaatua.



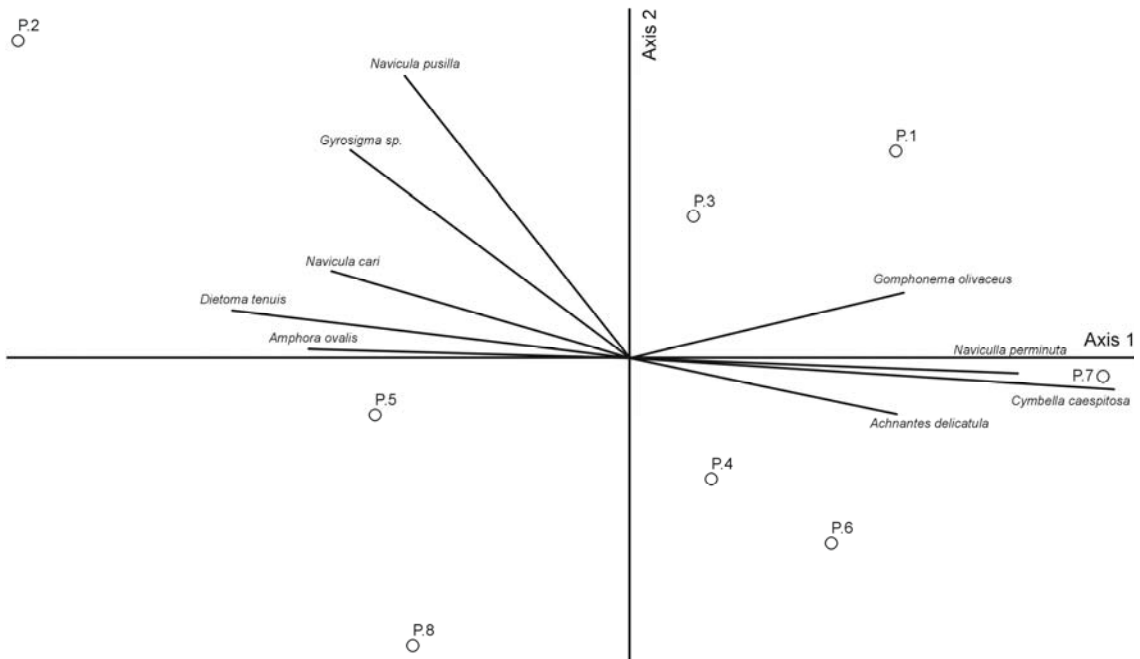
Kuva 1. Kalalaitosten näytteenottopisteiden viitteellinen tila-arvio TDI-indeksin perusteella (TDI/20, eli käänteinen indeksasteikko). Indeksien raja-arvot jokivesille ovat: oligotrofia > 14, oligo-mesotrofia 11-14, mesotrofia 8-11, meso-eutrofia 5-8 ja eutrofia < 5.

Piileväaineiston ekologisten jakaumien perusteella kaikkien näytepisteiden valtarehjän muodostivat rehevää veden laatua eli eutrofiaa ilmentävät lajit (kuva 2). Näin ollen myös ekologisten jakaumien perusteella erot näytepisteiden välillä olivat melko pieniä. Näytepisteillä 2 ja 7 oli kuitenkin eniten vähäravinteisempaa veden laatua ilmentäviä piileviä.



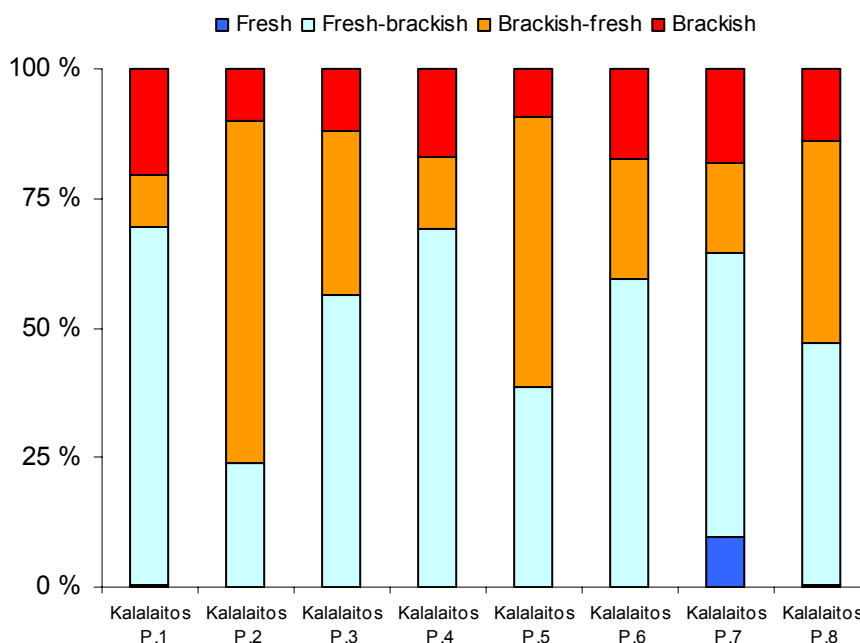
Kuva 2. Piilevänäytteiden ekologiset jakaumat trofiatason mukaan tarkasteltuna. Kaikkien näytepisteiden valtaryhmän muodostivat rehevää veden laatua eli eutrofiaa ilmentävät lajit.

TDI-indeksiin ja ekologiseen jakaumaan verrattuna näytepisteiden piilevâyhteisöissä oli kuitenkin NMS-ordinaatioanalyysillä tarkasteltuna melko selviä eroja (kuva 3). Vertailupisteiden 7 ja 8 sekä 1 ja 2 piilevâyhteisöissä oli yllättäen melko suuria eroja eivätkä nämä näyttäneet muodostavan kalalaitosten lähialueiden pisteistä erottuvaa yhtenäistä ryhmää. Tilastollisen testin perusteella kuormituksen lähialueiden ja vertailupisteiden välinen ero piilevâyhteisöissä ei myöskään ollut tilastollisesti merkitsevä (MRPP: $p = 0.35$). Osaltaan tämä johtui siitä, että vertailupisteiden yhteisöjen erot olivat melko selvät. Uloimpien vertailupisteiden 2 ja 8 näytteissä oli yhtäläisyyksiä ja vastaavasti rannikon vertailupisteiden aineistossa oli niin ikään yhtäläisyyksiä. Vaikutusalueen pisteet (pisteet 3-6) sijoittuivat näiden havaintojen välimaastoon. Näytepisteillä yleisenä esiintyviä lajeja olivat mm. *Diatoma tenuis*, *Fragilaria fasciculata*, *F. construens*, *Epithemia sorex*, *Rhoicosphenia abbreviata*, sekä *Nitzschia*, *Navicula* ja *Achnantes* –sukujen lajit.



Kuva 3. Piilevien näytepisteiden NMS-ordinaatio. Mustat viivat osoittavat näytepisteiltä havaittuja lajeja, joiden esiintyminen painottui voimakkaasti tiettyihin näytepisteisiin.

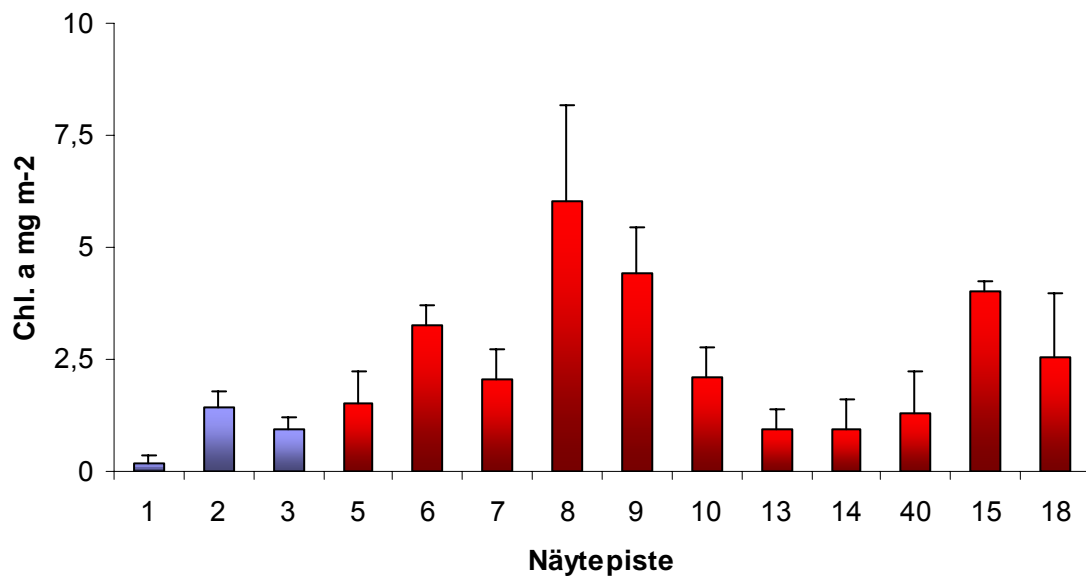
Piilevâyhteisöjen avulla tarkasteltiin myös näytepisteiden veden suolapitoisuutta. Pyhtään merialueen piilevâyhteiden lajisto ilmensi pääosin lievää murtovesivaikutteisuutta (kuva 4). Verrattuna ordinaatioanalyysiin myös suolapitoisuuteen perustuvan ekologisen luokituksen perusteella näytepisteiden 2, 5 ja 8 aineisto erottui murtoveden lajiston suuremmalla osuudella. Vastaavasti rannikon pisteillä 1 ja 7 makeanveden lajisto oli selvemmin vallitsevana.



Kuva 4. Piilevâyhteiden ekologiset jakaumat suolapitoisuuden suhteen. Näytepisteiden 2, 5 ja 8 aineisto erottui murtoveden lajiston suuremmalla osuudella.

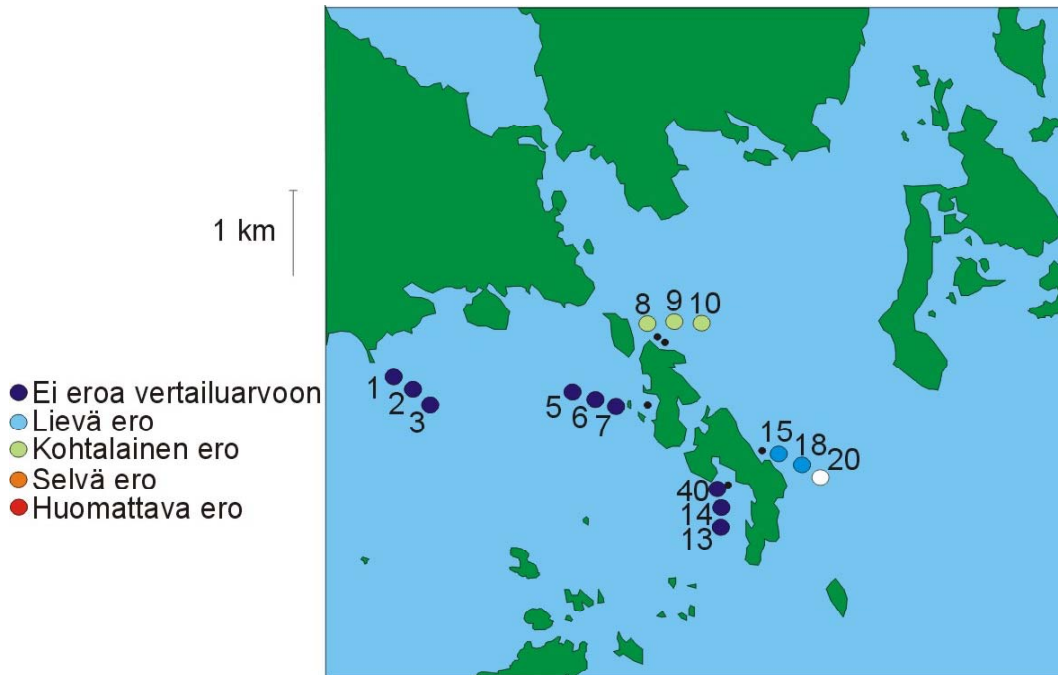
Perifytontutkimukset keinoalustamenetelmällä

Keinoalustamenetelmän perusteella erot kalalaitosten näytepisteiden rehevyydessä olivat huomattavat. Korkeimmat klorofylli a –määrät mitattiin näytepisteiden 8 ja 9 levyiltä, noin 6 ja 4.4 mg chl. a m² (kuva 5). Näytepisteen 20 levyt hävisivät inkuboinnin aikana. Vertailulinjan pisteiden 1-3 keskimääräiset levämäärät olivat sen sijaan välillä 0.18-1.45 mg chl. a m². Varianssianalyysin perusteella erot näytelinjojen levämäärissä olivat myös tilastollisesti merkitsevät (F = 10.9, p < 0.0001). Parittaisten vertailujen perusteella tosin vain linjojen 3 (pisteet 8-10) ja 5 (pisteet 15 ja 18) tulokset erosivat vertailulinjan arvoista tilastollisesti merkitsevästi (p < 0.05). Näin ollen kalalaitoksilla näyttäisi perifytontutkimusten valossa olevan merkittäviä rehevöittäviä vaikutuksia vain Krokön itä- ja pohjoispuolella.



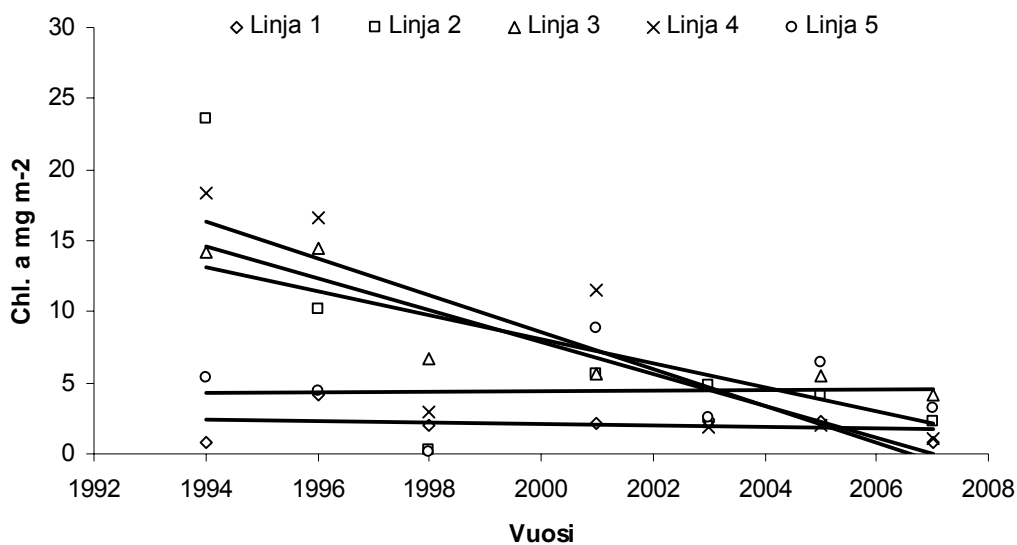
Kuva 5. Kalalaitosten perifytonpisteiden keskimääräiset klorofylli a –määrät vuonna 2007 sekä tulosten keskihajonnat. Vertailupisteet on merkitty sinisin ja kuormituksen lähialueet punaisin pylväin. Korkeimmat klorofylli a –määrät mitattiin näytepisteen 8 ja 9 levyiltä.

Perifytonlevyjen perusteella tehdyn rehevyyssarvion mukaan levälinjojen rehevyys ei eronnut Krokön länsipuolisilla linjoilla (linjat 1, 2 ja 4) vertailuarvosta (kuva 6). Sen sijaan saaren itä- ja pohjoispuoleisilla linjoilla (linjat 3 ja 5) ero levämäärissä oli lievä tai kohtalainen. Tulokset ovat saman suuntaisia tilastollisen analyysin kanssa, sillä myös viitteellisen luokituksen perusteella Krokön itä- ja pohjoisranta olivat selvimmin kuormitetut alueet.



Kuva 6. Kalalaitosten perifytonpisteet ja -linjat sekä kunkin linjan keskimääräiset levämäärät vertailuarvoon (vertailulinjan pitkän aikavälin keskiarvo) nähden tarkasteltuna. Vain Krokön itä- ja pohjoispuoleisilla linjoilla oli havaittavissa rehevöitymistä vuonna 2007.

Pitkän aikavälin tarkastelussa linjojen 2 (pisteet 5-7), 3 (pisteet 8-10) ja 4 (pisteet 13, 14 ja 40) levämäärissä oli havaittavissa laskeva trendi (kuva7). Regressioanalyysin perusteella pitkän aikavälin laskeva trendi oli näillä linjoilla myös tilastollisesti merkitsevä. Tosin linjan 2 tulos oli tilastollisesti merkitsevän raja-arvon tuntumassa. Vastaavasti vertailulinjan (linja 1) ja linjan 5 keskimääräisissä levämäärissä ei ole tapahtunut muutosta tällä aikavälillä.



Kuva 7. Perifyton tutkimusten vuosittaiset keskimääräiset levämäärät linjoilla 1-5 aikavälillä 1994-2007. Linjojen 2, 3 ja 4 levämäärissä oli havaittavissa selvä laskeva trendi.

4 TULOSTEN TARKASTELU JA TARKKAILUN JATKAMINEN

Piileväindeksin perusteella Pyhtään edustan merialue oli kalalaitosten tarkkailupisteillä luokiteltavissa ravinnetasoltaan (TDI-indeksi) pääosin mesotrofiseksi tai meso-eutrofiseksi. Näin oli myös vuoden 2005 aineiston perusteella. Ainoastaan näytepisteellä 2 piileväyhteisöt ilmensivät karumpaa vedenlaatua (oligo-mesotrofia). Näitä luokituksia tulee kuitenkin pitää viitteellisinä, koska raja-arvot on määritelty makeiden vesien aineistoihin perustuen. Lisäksi yksi näyte/piste saattaa tuottaa erilaisen kuvan vedenlaadusta kuin useamman rinnakkaisnäytteen otos. Piilevien ns. ekologiset jakaumat viittasivat niin ikään melko pieniin näytepisteiden välisiin eroihin. Valtaryhmän kaikilla näytepisteillä muodostivat eutrofian ilmentäjälajit. Tämä eroavaisuus TDI-indeksin tuloksiin antoi osaltaan viitteitä TDI-indeksin raja-arvojen viitteellisyydestä rannikkoalueen tilaa tulkittaessa. Piileväindeksien soveltuvuutta merialueella haittaa todennäköisesti veden suolapitoisuus. Useimmat piileväindeksit heijastelevat orgaanista kuormitusta, joka on suorassa yhteydessä veden sähkönjohtavuuteen, kuten suolapitoisuuskin. Näin ollen näytepisteet, joilla suolaisen meriveden vaikutus on voimakkaampaa, saattavat yllättäen saada huonompaa vedenlaadun kuvaavia indeksiarvoja. Suolapitoisuutta ilmentävä ekologinen jakauma osoittikin eroja näytepisteiden välillä, joka on saattanut heijastua TDI-indeksin arvoihin ja trofiatasoa kuvaavaan ekologisiin jakaumiin. Rannikkoalueelle tulisikin kehittää vastaava rehevyyttä kuvaava piileväindeksi, johon suolapitoisuuden vaihtelut eivät vaikuttaisi.

Näytepisteiden piilevien yhteisökoostumuksissa oli tilastollisten analyysien perusteella havaittavissa lieviä eroja. Yhteisökoostumuksen erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä vertailupisteiden ja kuormitettujen pisteiden välillä. Näin ollen vuoden 2007 piilevätutkimusten perusteella viljelylaitosten rehevöittävä vaikutus oli melko lievä. Tosin myös neljän vertailupisteen yhteisökoostumuksissa oli selviä eroja, mikä saattoi peittää kuormituksen aiheuttamia muutoksia yhteisökoostumuksessa. Todennäköisesti nämä erot vertailupisteiden välillä liittyivät muihin ympäristömuutuksiin kuten suolapitoisuuteen tai näytepisteen suojaisuuteen/ alttiuteen tuulelle ja aallokelle.

Perifytonlevyjen levämäärien perusteella näytelinjojen väliset erot levämäärissä ja siten rehevyydessä olivat selvemmät kuin piilevien perusteella arvioituna. Erot linjojen levämäärissä olivat myös tilastollisesti merkitsevät. Krokön itä- ja pohjoispuoliset linjat erosivat tilastollisessa tarkastelussa vertailulinjan tuloksista. Viitteellisen luokittelun perusteella levämäärät olivat näillä selvimmin kuormitetuilla linjoilla yhden tai kaksi vedenlaatuluokkaa (lievä tai kohtalainen ero vertailuarvoon) rehevämpi kuin vertailulinjalla. Vuosien 1994-2007 perifyton tarkkailun aikasarjan perusteella linjoilla 1 ja 5 ei ole tapahtunut muutosta keskimääräisissä levämäärissä. Sen sijaan linjoilla 2-4 tulosten laskeva trendi oli selvä ja myös tilastollisesti merkitsevä. Näin ollen kalalaitosten rehevöittävä vaikutus näyttäisi pienentyneen etenkin Krokön länsi- että pohjoispuolella tarkkailujaksolla 1994-2007.

Piilevämenetelmää on testattu Pyhtään kalankasvatuslaitosten tarkkailuohjelmaan liittyen nyt kahdesti. Menetelmään liittyviä ongelmia aiheutuu mm. veden suolapitoisuuden vaihtelusta tarkkailualueella, joka näyttäisi heijastuvan piilevien yhteisökoostumukseen ja sitä kautta myös indeksien ja ekologisten jakaumien tuloksiin. Näin ollen kalanviljelylaitosten kuormitusvaikutus saattaa peittyä määräävämpien ympäristötekijöiden vaikutuksen alle. Keinoalustamenetelmällä on tarkkailtu Pyhtään merialueen rehevyyttä jo 14 vuoden ajan. Pitkän aikasarjan ansiosta tarkkailualueen rehevyytason voitiin todeta laskeneen, etenkin Krokön länsi- ja pohjoispuolella. Menetelmä näytti myös tässä tapauksessa herkemmin havaitsevan alueelliset erot trofiatasossa, sillä Krokön itä- ja pohjoispuolen linjojen levämäärät olivat selvästi suuremmat kuin vertailulinjalla. Ongelmana on kuitenkin vertailuaineistojen ja levämäärien perusteella tehtyjen laatuluokitusten puuttuminen. Näin ollen kunkin näyten tilaa voidaan arvioida vain suhteessa alueelliseen vertailupisteeseen/-linjaan, joka ei tämän tarkkailun osalta edusta vedenlaadultaan karua tai erinomaista vesistöä. Joka tapauksessa keinoalustamenetelmän käytön jatkamiselle on selvät perusteet. Suosittelemme että inkubointijaksoja olisi tulevaisuudessa kaksi: ensimmäinen kesäkuussa ja toinen heinä-elokuussa. Kuormitus ja merialueen tila huomioiden näiden kahden keräysjakson avulla saataisiin paremmin selville kalalaitosten vaikutukset ympäristöön. Pyhtään edustalla meriveden virtaussuunta on todennäköisesti idästä länteen, joten jatkossa Krokön itäpuolelle olisi hyvä lisätä yksi vertailulinja. Mikäli vain toinen tarkkailumenetelmistä päätetään pitää tarkkailuohjelmassa lienee keinoalustamenetelmä tässä vaiheessa parempi ratkaisu, jo pitkän aikasarjan perusteella. Piilevämenetelmä on kustannustehokas ja tuottaa melko pienellä lisäpanostuksella keinoalustamenetelmää tukevaa tietoa mm. rehevyydestä ja suolapitoisuuksista. Mikäli murtovesille pystytään kehittämään omanlaisensa rehevyyttä ja/tai orgaanista kuormitusta kuvaava indeksi, on tilannetta tarkasteltava uudelleen.

VIITTEET

Coste, M. & Ayphassorho, H. 1991. Etude de la qualité des eaux du Bassin Artois-Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques). Rapport Cemagref. Bordeaux – Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, 227 pp.

Eloranta, P. 1995. Type and quality of river waters in central Finland described using diatom indices. In: Marino, D. & Montresor, M. (eds.), Proceedings of the 13th International Diatom Symposium, 1994. Biopress, Bristol: 271-280.

Eloranta, P. 1999. Applications of diatom indices in Finnish rivers. In: Prygiel, J., Whitton, B. A. & Bukowska, J. (eds.), Use of algae in monitoring rivers III. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai: 138-144.

- Eloranta, P. & Anderson, K. 1998: Diatom indices in water quality monitoring of some South-Finnish rivers. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1213-1215.
- Eloranta, P. & Soininen, J. 2002. Ecological status of some Finnish rivers evaluated using benthic diatom communities. *J. Appl. Phycol.* 14: 1-7.
- Eloranta, P., Karjalainen, S-M. & Vuori, K-M. 2007. Piilevâyhteisöt jokivesien ekologisen tilan luokittelussa ja seurannassa – menetelmäohjeet. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. *Ympäristöopas*, 60 s.
- Kelly, M. G. & Whitton, B. A. 1995. The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. Appl. Phycol.* 7: 433-444.
- Kelly, M. G., Penny, C. J. & Whitton, B. A. 1995. Comparative performance of benthic diatom indices used to assess river water quality. *Hydrobiologia* 302: 179-188.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, K. 1986-1991. Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa, 2 (1-4). Fischer, Stuttgart, Germany.
- Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. & Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallitus, sarja B 10, 86 s.
- Prygiel, J. & Coste, M. 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia* 269/270: 343-349.
- Prygiel, J., Whitton, B. A. & Bukowska, J. (eds.) 1999. Use of algae for monitoring rivers III. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, 238 s.
- SFS-EN 13946:2003. Water quality. Guidance standard for the routine sampling and pre-treatment of benthic diatoms from rivers. 13 s.
- Whitton, B. A. & Rott, E. (eds.) 1996. Use of algae for monitoring rivers II. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 124 s.
- Whitton, B. A., Rott, E. & Friedrich, G. (eds.) 1991: Use of algae for monitoring rivers. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 193 s.

Liite 1. Piilevien näytepisteiden koordinaatit.

Piste	Pohjoinen	Itäinen
P.1	6701626	3482211
P.2	6699647	3485191
P.3	6700387	3481801
P.4	6698697	3483413
P.5	6699323	3481906
P.6	6698105	3483277
P.7	6699847	3478701
P.8	6696951	3482565
