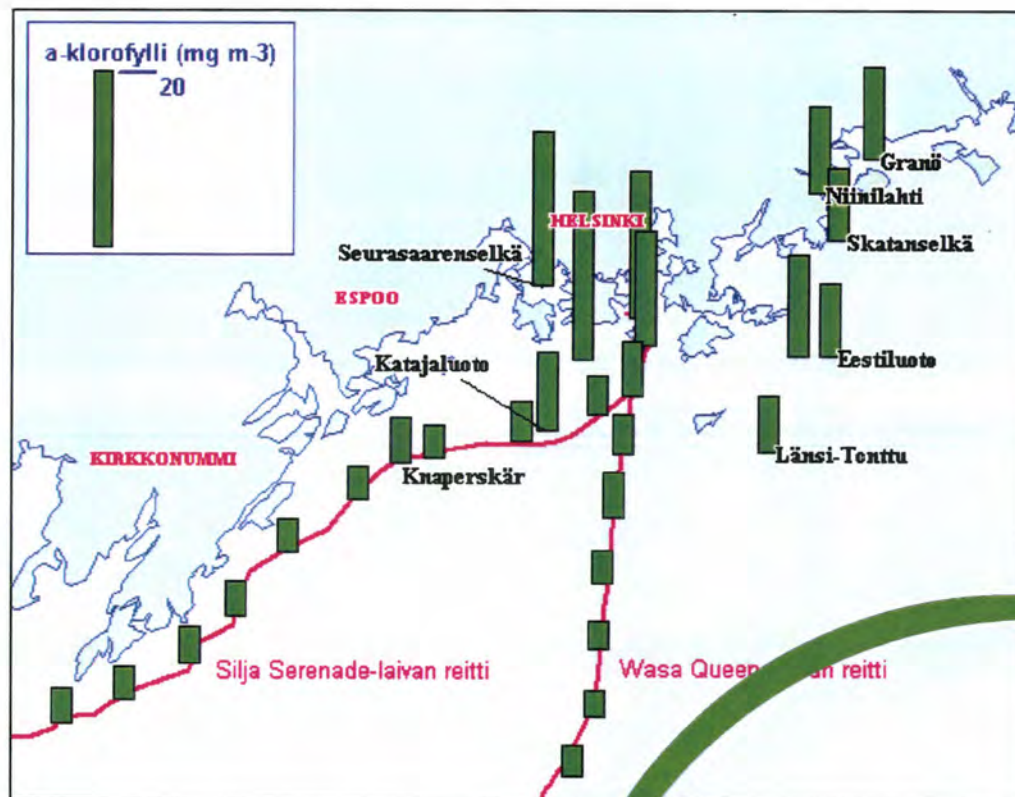




HELSINGIN KAUPUNGIN

YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA

# Helsingin seudun merialueen tarkkailu automaattisin ja perinteisin menetelmin vuonna 1998



*Katja Pellikka ja Hilikka Viljamaa*

*Helsinki 1999*

# Helsingin seudun merialueen tarkkailu automaattisin ja perinteisin menetelmin vuonna 1998

Katja Pellikka ja Hilikka Viljamaa

## Sisällys

1. JOHDANTO.....	2
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	2
3. TULOKSET .....	4
3.1. FYSIKAALIS-KEMIAALLISET OMINAISUUDET .....	4
3.1.1. Lämpötila.....	4
3.1.2. Suolaisuus.....	4
3.1.3. Ravinteet.....	4
3.1.4. Pohjan happipitoisuus.....	5
3.1.5. Näkösyvyys.....	6
3.2. KASVIPLANKTON JA A-KLOROFYLLIPITOISUUS .....	6
3.2.1. Lajisto ja a-klorofyllipitoisuus.....	6
3.2.2. Kasviplanktonbiomassan ja a-klorofyllipitoisuuden suhde.....	10
4. LAIVATULOSTEN VERTAILU PERINTEISEEN HAVAINNOINTIIN.....	11
5. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ .....	13
6. LÄHDELUETTELO.....	14

## Liitteet:

1. Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja a-klorofyllipitoisuus Helsingin edustan havaintopaikoilla.
2. Ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuuden, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuuden, suolaisuuden ja a-klorofyllin pitoisuuden vertailu Wasa Queenin näytesteiden ja vertailuhavaintopaikkojen välillä.

## Yhteenveto

Helsingin seudun merialueen tilaa tarkkailtiin vuonna 1998 vertaillen edellisiin vuosiin perinteisin menetelmin sekä laivoihin asennetuilla automaattimittauslaitteistoilla. Lisäksi selvitettiin mahdollisuutta korvata perinteistä havainnointia osittain automaattisten laivamittausten antamalla tuloksilla. Huomiota kiinnitettiin myös ajantasaiseen tiedottamiseen merialueen tilanteesta.

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen vakiotarkkailussa oli 13 havaintopaikkaa Helsingin ja Espoon edustan merialueella. Laivojen automaattimittauslaitteistojen tiedoista käytettiin tässä Wasa Queen -laivan Helsinki -Tallinna-reitiltä kerättyä aineistoa. Veden lämpötilan, suolaisuuden ja ravinnepitoisuuden lisäksi määritettiin usealta havaintopaikalta myös *a*-klorofyllipitoisuus ja kasviplanktonlajisto.

Helsingin merialueella vesi oli kesällä 1998 muutaman asteen viileämpää kuin edellisenä kesänä. Heinä-elokuun vaihteeseen ajoittunut syvemmällä olevan veden kumpuaminen Helsingin edustalla toi mukanaan kylmää, suolaista ja ravinnepitoista vettä.

Näkösyyvyys oli kesällä 1998 pienemmästä levien määrästä johtuen useimmilla havaintopaikoilla suurempi kuin edelliskesänä. Poikkeuksen muodosti Vanhankaupunginselkä, jossa savisamennus madalsi näkösyyvyyden ajoittain jopa 10 cm:iin. Pohjan läheisen veden happipitoisuus oli läpi vuoden Helsingin merialueella varsin hyvä.

Kevään kasviplanktonmaksimi oli paikoitellen hyvin korkea (Seurasaarenselällä *a*-klorofyllipitoisuus 157 mg m<sup>-3</sup>). Tällöin vedessä oli paljon *Scrippsiella hangoei* - ja *Peridiniella catenata* -panssarisiimaleviä. Kesäkuun kasviplanktonminimin jälkeen heinä-elokuussa tavattiin poikkeuksellisen runsaasti *Heterocapsa triquetra* -panssarisiimalevää, joka värjäsi veden runsaana esiintyessään punarusehtavaksi. Elokuun lopulla Helsingin sisimmillä lahtialueilla esiintyi myös erityisen runsaasti pientä *Eutreptiella* sp. -silmälevälajia, jonka sukulainen *Eutreptiella gymnastica* on yleinen saariston loppukesän laji.

Sinilevistä tavattiin, kuten yleensä muinakin vuosina, eniten *Aphanizomenon flos-aquae* -lajia, mutta myös *Nodularia spumigena* ja *Anabaena* spp. esiintyivät kesän 1998 aikana. Edelliskesän kaltaiselta sinilevien massaesiintymiseltä vältyttiin kesällä 1998 tuulisen ja viileän sään vuoksi. Vedessä oli runsaasti ravinteita, joten sinileväkukinnoille olisi ollut edellytykset.

Laivatulosten tarkastelussa tulee ottaa huomioon näytteenottoaikan ja paikanmäärityksen välisen viipymän vaikutus, jotta näyteveden ottoaikan todellinen sijainti selviäisi. Erityisesti saaristoalueella näytteenottoputkiston huonosta virtauksesta johtuvat suuret viipymät aiheuttivat tuloksiin huomattavaa epäluotettavuutta. Näytteenottolaitteiston säännöllinen huolto onkin ensisijaisen tärkeää.

Erityisesti ulompana merellä laivoilta saadut tulokset olivat ammoniumtyyppä ja kokonaisfosforia lukuun ottamatta varsin samanlaisia vertailuhavaintopaikkojen perinteisin menetelmin saatuihin tuloksiin verrattuina. Saaristoalueella ravinteiden ja *a*-klorofyllin pitoisuudet vaihtelevat horisontaalisesti, joten keskimääräisen tason määrittäminen vaatii useiden näytteiden saamista ko. alueelta. Matkustajalaivojen mittalaitteistot sopivatkin Helsingin edustan avomerialueen seurantaan hyvin. Tällä hetkellä ei ranta- ja lahtialueita eikä Itä-Helsingin edustaa voida tarkkailla automaattimenetelmin, joten näitä alueita tulee edelleen seurata perinteisen näytteenoton keinoin.

Laivanäytetulosten täydentäminen perinteisellä näytteenotolla mahdollistaa Helsingin koko merialueen tilan havainnoinnin samanaikaisesti. Tämän ansiosta voidaan kaupunkilaisille, viranomaisille ja päättäjille tiedottaa esim. kesän levätilanteesta kattavasti ja ajankohtaisesti mm. internetin (Itämeri-tietokanta osoitteessa <http://\meri.fimr.fi> ja Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen omilla internetsivuilla) ja lehdistötiedotteiden avulla.

## 1. Johdanto

Helsingin seudun merialueen tilaa tutkittiin vuonna 1998 edellisvuonna aloitetun yhteistyöohjelman mukaisesti Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ja Uudenmaan ympäristökeskuksen havaintopaikoilla sekä laivoihin asennetuilla automaattimittauslaitteistoilla. Tätä suomalais-virolaisen yhteistyöprojektin toteuttamaa automaatiomenetelmää on aiemmin selostettu useissa eri julkaisuissa (mm. Rantajärvi & Leppänen 1994, Leppänen ym. 1995, Tamelander & Viljamaa 1997, Rantajärvi (toim.) 1998, Rantajärvi ym. 1998). Ajankohtaisia tuloksia, tiedotteita ja raportteja on julkaistu Itämeri-tietokannassa (<http://\meri.fimr.fi>).

Kasviplankton esiintyy vedessä yleensä laikuittaisesti, jolloin pistemäisen näytteenoton antama tieto edustaa huonosti laajempaa vesialuetta. Automaattiset mittauslaitteistot mahdollistavat laajojen vesialueiden seurannan lähes samanaikaisesti ja tiheällä näytteenottovälillä, mutta mitattavat ominaisuudet eivät toistaiseksi voi olla kovin yksityiskohtaisia. Esimerkiksi kasviplanktonin lajistomääritys on aikaavievää ja kallista, joten lajisto määritetään vain muutamilta havaintopaikoilta. Yhdessä nämä kaksi havainnointimuotoa – automaattinen ja *perinteinen* havaintopaikkakohtainen – ovat osoittautuneet tehokkaaksi tavaksi seurata vesialueen tilaa.

Tutkimuksen tarkoituksena oli tarkkailla Helsingin seudun merialueen tilaa tehokkaasti ja verrata laivamittausten tuloksia perinteisen havainnoinnin antamiin tuloksiin. Tarkoituksena oli myös selvittää perinteisen havainnoinnin korvaamista osittain automaattimittauksella. Huomiota kiinnitettiin myös ajantasaiseen tiedottamiseen merialueen tilanteesta. Tässä selostuksessa tarkastellaan vuoden 1998 tilannetta vertaillen edellisiin vuosiin.

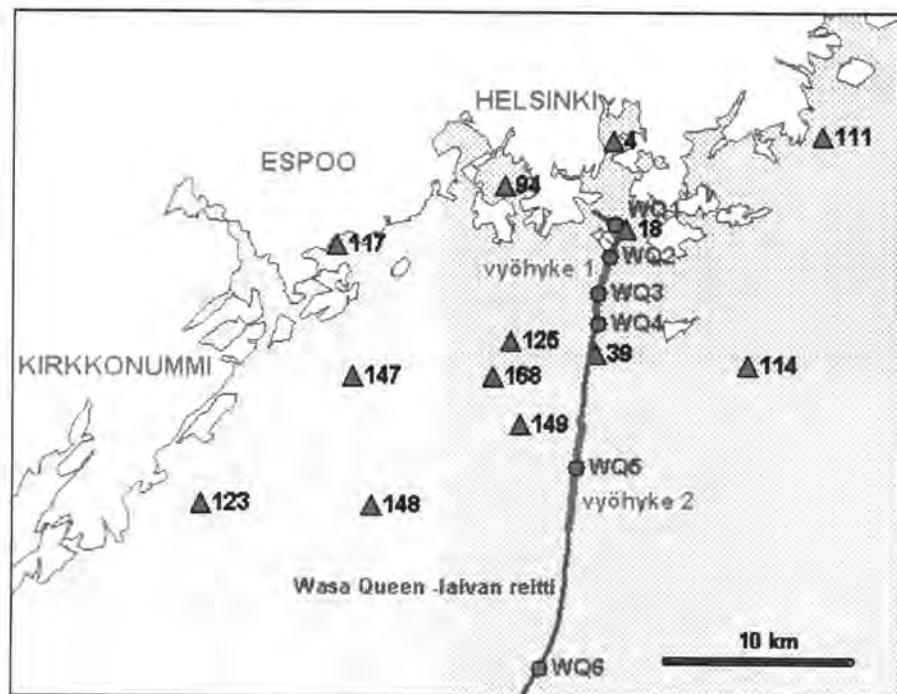
## 2. Aineisto ja menetelmät

Automaattiset veden laadun mittauslaitteistot on asennettu Silja Line -yhtiön laivoihin, joista Wasa Queen -laiva liikennöi välillä Helsinki-Tallinna kulkien Eteläsatamasta Kustaanmiekkan kautta etelään ja Silja Serenade Eteläsatamasta Kustaanmiekkan sekä Kytön kautta lounaaseen Porkkalanniemen ohi ja ajoittain ulompaa reittiä (kuva 1). Wasa Queenilta saatiin tuloksia huhtikuun lopusta ja Silja Serenadelta heinäkuusta alkaen. Silja Serenaden laitteiston toiminta oli ajoittain epävarmaa, joten tässä tarkastelussa keskityttiin ympäristökeskusten omien havaintopaikkojen lisäksi Wasa Queenin reitiltä kerättyyn aineistoon.

Laivojen mittauslaitteistot koostuivat lämpötila-anturista, salinometrasta, fluorometrasta ja näytteenottolaitteistosta. Lämpötilaa, suolaisuutta ja *in vivo* -*a*-klorofylliä (fluoresenssi) mitattiin laivojen reitiltä noin 5 metrin syvyydestä ja noin 100 m välein. Näytteenottolaitteisto otti lisäksi näytevevettä kerran viikossa 11 näytepisteeltä. Näytteestä analysoitiin laboratoriossa viikoittain kasviplanktonilajisto ja fluoresenssiarvon kalibrointia varten määritettiin *a*-klorofyllipitoisuus. Keskimäärin joka toi-

nen viikko näytevedestä määritettiin lisäksi ravinnepitoisuudet (kokonaistyyppi ja -fosfori, nitriitti- ja nitraatti- sekä ammoniumtyppi ja fosfaattifosfori) ja suolaisuus. Tässä työssä käsitellään Helsingin edustan kuuden laivahavaintopisteen tuloksia. Veden *a*-klorofyllipitoisuuden vaihtelua tutkittiin lisäksi kahdella vyöhykkeellä laivan jatkuvatoimisen fluorometrin mittaaman *in vivo* -*a*-klorofyllin tulosten avulla (kuva 1).

Laivanäytteiden fysikaalis-kemialliset analyysit tehtiin heinä-elokuussa 1998 Helsingin kaupungin ympäristökeskuksessa ja muina aikoina Uudenmaan ympäristökeskuksessa. Kasviplanktonin analysoinnin teki Viron Merentutkimuslaitos kahdeksalta havaintopisteeltä (WQ1, 2, 3, 5, 7, 9, 10 ja 11), joista tässä käsitellään WQ1, 2, 3 ja 5.



**Kuva 1.** Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ja Uudenmaan ympäristökeskuksen havaintopaikat (punaiset kolmiot), Wasa Queen -laivan reitti (siniset viivat), Wasa Queenin havaintopisteet WQ1 - WQ6 (vihreät pallot) sekä *a*-klorofyllivertailuun käytetyt kaksi vyöhykettä (punaiset viivat) Helsingin ja Espoon merialueilla.

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen perinteisin menetelmin tekemään vakio-tarkkailuun v. 1998 kuuluvia havaintopaikkoja oli yhteensä 13, joista otettiin näytteitä kerran kuukaudessa. Näytteitä otettiin vertikaalisesti, mutta tässä tarkastelussa keskityttiin pintaveden tuloksiin. Niistä käytettiin vertailussa laivatuloksiin ensisijaisesti 5 m syvyydeltä tai niiden puuttuessa 0 m tuloksia. Ravinnepitoisuudet eivät juurikaan eroa 0 ja 5 m välillä varsinkaan uloimmilla alueilla. Edellisten lisäksi kolmelta havaintopaikalta saatiin *a*-klorofyllipitoisuudesta ja kasviplanktonista 0 - 4 metrin vesikerrosta edustavia tuloksia joka toinen viikko.

Wasa Queen -laivan näytenäytteiden WQ1 - WQ6 tuloksia verrattiin Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen samalla alueella sijaitsevien havaintopaikkojen samoilta viikoilta saatuihin tuloksiin. Näytenäytteiden WQ1 ja WQ2 tuloksia verrattiin läheisen vakiohavaintopaikan 18:n tuloksiin, vastaavasti näytenäytteitä WQ3 ja WQ4 ha-

vaintopaikka 39:ään ja näytepisteitä WQ5 ja WQ6 havaintopaikka 149:ään. Laivan ja perinteisen näytteenottomenetelmän eroavuutta testattiin parittaisella t-testillä.

Näyteveden viipymä automaattilaitteiston putkistossa ennen fluorometriä aiheuttaa siirtymän tiedostoon kirjautuneiden ja todellisten sijaintikoordinaattien välille. Siirtymä on sitä pienempi, mitä nopeampi veden virtaus laitteistossa saavutetaan. Putki-en limoittuminen ja likaantuminen pienentävät virtausta. Siirtymä määritettiin heinä-elokuun 1998 tiedostoista vertaamalla samalta päivältä eri matkakertoja ja niiden klorofyllimuutoksia. Vesimassan paikallaan pysyminen tarkistettiin lämpötilatiedoista, sillä laitteiston lämpötila-anturi sijaitsee aivan putkiston alussa. Siten lämpötilan siirtymä oli hyvin pieni.

## 3. Tulokset

### 3.1. Fysikaalis-kemialliset ominaisuudet

#### 3.1.1. Lämpötila

Pintaveden lämpötila oli kesällä 1998 keskimäärin 4 - 8 °C viileämpää kuin edellisenä kesänä varsinkin elokuussa. Lämpötila oli useimmilla havaintopaikoilla korkein heinäkuussa, jolloin lahtialueilla vesi oli noin 18 °C ja ulkosaaristossa noin 16 °C. Heinäkuun lopulla Helsingin rannikolle kumpusi suolaista ja kylmää vettä, mikä laski myös pintaveden lämpötiloja muutaman asteen. Lokakuu 1998 oli lämpimämpi kuin v. 1997 ja muina vuosina yleensä, mutta vuoden lopulla lämpötilat olivat keskimääräistä tasoa (liite 1).

#### 3.1.2. Suolaisuus

Kesällä koko vesipatsaan suolaisuus vaihteli 5 ja 7 ‰ välillä riippuen syvyydestä lukuun ottamatta vähäsuolaista Vanhankaupunginselkää (havaintopaikka 4). Vanhankaupunginselän suolaisuus vaihteli 0 ja 3 ‰ välillä. Lahden veden ominaisuuksiin vaikuttaa suuresti Vantaanjoen virtaama. Huhti-toukokuun vaihteessa v. 1998 pintaveden suolaisuus laski Helsingin merialueella pari promillea lumien sulamisvesien takia. Heinä-elokuun vaihteessa suolaisen syvän veden kumpuaminen nosti suolaisuutta noin promillen (liite 1).

#### 3.1.3. Ravinteet

Fosfaattifosforin pitoisuus oli talvella 1998 kaikilla havaintopaikoilla suuri (yli 30 mg P m<sup>-3</sup>), mutta väheni nopeasti levätuotannon kevätmaksimin aikaan. Vanhankaupunginselällä (4) fosfaattifosforin pitoisuus oli koko vuoden korkea (24 - 78 mg P m<sup>-3</sup>) lähinnä Vantaanjoen tuoman ravinnekuormituksen takia. Skatanselällä (111) fosfaatin määrä kasvoi jatkuvasti kesäkuusta alkaen ja pitoisuudet olivat selvästi suurempia kuin kesällä 1997. Tähän vaikutti ilmeisesti kesän sateisuus, joka huuhtoi ravinteita maa-alueelta. Ulappa-alueella fosfaattipitoisuus oli kesällä pieni vaihdellen 1 ja 15 mg m<sup>-3</sup> välillä, joskin pitoisuudet olivat edellisessä suurempia. Kummunnut suolainen syvänevesi nosti elo-syyskuussa 1998 fosfaattipitoisuuksia useilla havaintopaikoilla suuremmiksi kuin aikaisempina vuosina. Marras-joulukuussa 1998 fosfaattipitoisuudet kohosivat kohti talven korkeita lukemia kaikilla havaintoalueilla (liite 1).

Wasa Queenin reitin kaikilla Helsingin edustan näytepisteillä fosfaattifosforipitoisuus oli korkea huhtikuussa (25 - 48 mg m<sup>-3</sup>) (liite 2). Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen havaintopaikoilla ei kuitenkaan havaittu tuolloin yhtä korkeita pitoisuuksia. Fosfaattipitoisuus kasvoi tilapäisesti moninkertaiseksi Wasa Queenin kol-

mella rannikkoa lähimpänä olevalla näytteenottopisteellä heinäkuun 1998 puolessa välissä (maksimi  $32 \text{ mg m}^{-3}$ ). Samaan aikaan näissä näytteissä suolapitoisuus vähentyi selvästi. Tämän fosfaattihuiipun luotettavuutta ei voitu varmistaa, koska samalla viikolla ei ollut vastaavaa perinteistä vakionäytteenottoa. Syvän veden kumpuaminen ajoittui seuraavalle viikolle eli heinäkuun loppuun.

**Fosforin kokonaispitoisuus** oli Vanhankaupunginselällä (4) koko vuoden 1998 suuri, noin  $100 \text{ mg P m}^{-3}$ . Sisäsaaristossa pitoisuus oli kesällä 1998 noin  $30 - 40 \text{ mg P m}^{-3}$  (vaihteluväli  $14 - 61 \text{ mg P m}^{-3}$ ) ja avomerialueella puolet pienempi. Heinäelokuussa fosforin kokonaispitoisuus oli ulkosaaristossa ajoittain suurempi kuin aikaisempina vuosina. Samoin joulukuussa 1998 fosforin määrä oli useilla havaintopaikoilla suurempi kuin aikaisempina vuosina joskin joulukuun tuloksia oli aikaisemmilta vuosilta niukalti (liite 1).

Laivanäytepisteillä fosforin kokonaispitoisuudet vaihtelivat suuresti läpi kesän. Huhti-toukokuussa Wasa Queenin neljällä rannikkoa lähimpänä olevilla näytepisteillä kokonaisfosfori oli maksimissaan  $100 \text{ mg P m}^{-3}$ .

**Ammoniumtyypen pitoisuus** vaihteli Vanhankaupunginselällä (4) kesän aikana hyvin paljon ( $8 - 74 \text{ mg N m}^{-3}$ ), mutta muilla lahti- ja sisäsaaristoalueilla pitoisuudet olivat yleensä alle  $10 \text{ mg N m}^{-3}$  (liite 1). Ulkosaaristossa ammoniumtyypen pitoisuudet olivat hyvin pieniä. Wasa Queenin ottamista näytteistä löytyi huomattavasti enemmän ammoniumtyyppiä kuin vastaavilta vertailualueilta (maksimi huhtikuussa  $100 \text{ mg N m}^{-3}$ ) (liite 2).

**Nitriitti- ja nitraattityypen pitoisuus** oli Vanhankaupunginselällä (4) koko vuoden 1998 suuri vaihdellen kesällä  $500$  ja  $1000 \text{ mg N m}^{-3}$  välillä. Pitoisuudet olivat siellä selvästi suurempia kuin edellisenä vuonna. Kruunuvuorenselällä (18) nitriitti- ja nitraattityypen pitoisuus oli vain heinäkuussa lähellä Vanhankaupunginselän lukemia. Muilla lahti- ja sisäsaaristoalueilla pitoisuudet olivat koko kesän hyvin pieniä. Avomerellä nitriitti- ja nitraattityypen pitoisuus oli kesällä yleensä alle  $10 \text{ mg N m}^{-3}$ , vaikka talven tulokset olivatkin kaikilla alueilla korkeita (yli  $100 \text{ mg N m}^{-3}$ ) (liite 1). Wasa Queenin näytteissä pitoisuudet olivat epärealistisen korkeita (maksimi  $980 \text{ mg N m}^{-3}$ ) huhti-toukokuussa verrattuna vertailuhavaintopaikkojen tuloksiin (liite 2).

**Tyypin kokonaispitoisuus** oli Vanhankaupunginselällä (4) muiden ravinneosien tapaan merkittävästi suurempi kuin muilla tutkituilla Helsingin seudun merialueilla. Kesällä 1998 kokonaistypen pitoisuus (noin  $2000 \text{ mg N m}^{-3}$ ) oli Vanhankaupunginselällä suurempi kuin edellisenä kesänä. Muilla lahti- ja sisäsaaristoalueilla kokonaistypen määrä vaihteli kesällä  $300$  ja  $800 \text{ mg N m}^{-3}$  välillä. Koiraluodon alueella (168) kokonaistyyppipitoisuus oli vuonna 1998 minimissä verrattuna aikaisempiin vuosiin. Ulkosaariston kokonaistyyppipitoisuudet olivat kesällä  $300 - 500 \text{ mg N m}^{-3}$  (liite 1).

#### 3.1.4. Pohjan happipitoisuus

Pohjan läheisen veden happipitoisuus kohosi sisäsaaristossa koko vesimassan sekoituessa jäidenlähden jälkeen. Planktonlevien kevätkukinnan jälkeen happipitoisuus kuitenkin laski hajoavan orgaanisen aineksen vajotessa pohjan lähelle. Alhaisimmillaan happipitoisuus oli lahtialueilla ja sisäsaaristossa noin  $7 - 8 \text{ mg l}^{-1}$  (heinäkuussa) ja ulkosaaristossa  $6 - 7 \text{ mg l}^{-1}$  (heinä- tai syyskuussa). Vanhankaupunginselällä (4) pohjan läheisen veden happipitoisuus oli heinä- ja syyskuussa pienempi kuin ajanjaksolla 1975 - 97 ko. kuukausina. Syksyllä happipitoisuus jälleen kasvoi useimmilla alueilla ( $> 10 \text{ mg l}^{-1}$ ) (liite 1).

### 3.1.5. Näkösyvyys

Vanhankaupunginselällä (4) näkösyvyys vaihteli 0,1 ja 0,5 metrin välillä kesällä 1998. Veden pieni valon läpäisykyky johtuu Vantaanjoen tuomasta runsaasta savisamennuksesta. Kesän 1998 sateisuudesta johtuen savisamennus (~pieni näkösyvyys) oli vahvempi kuin kesällä 1997. Vantaanjoen aiheuttama samennus ulottuu myös Kruunuvuorenselälle (18), missä näkösyvyys vaihteli 1 ja 1,7 metrin välillä kesällä 1998. Kevään voimakkaan *Scrippsiella*-levän runsaan esiintymisen aikaan näkösyvyys oli useilla alueilla alle metrin. Seurasaarenselälle ei tule jokivettä, joten näkösyvyys riippuu lähinnä kasviplanktonlevien määrästä. Näkösyvyys oli kesällä 1998 alle 2 metriä Seurasaarenselällä (94), 1 ja 3 metrin välillä sisäsaaristossa sekä 3 - 5 metriä ulkosaaristossa. Porkkalanniemen edustalla, Stora Mickelskärenin havaintopaikalla (123) kesällä 1997 ja 1998 näkösyvyys oli noin 3 metriä, joka oli pienin sitten 1970-luvun puolivälin. Havaintojakson 1975 - 1997 keskimääräinen näkösyvyys kesä-syyskuussa oli 3,6 - 4,6 m (liite 1).

## 3.2. Kasviplankton ja *a*-klorofyllipitoisuus

### 3.2.1. Lajisto ja *a*-klorofyllipitoisuus

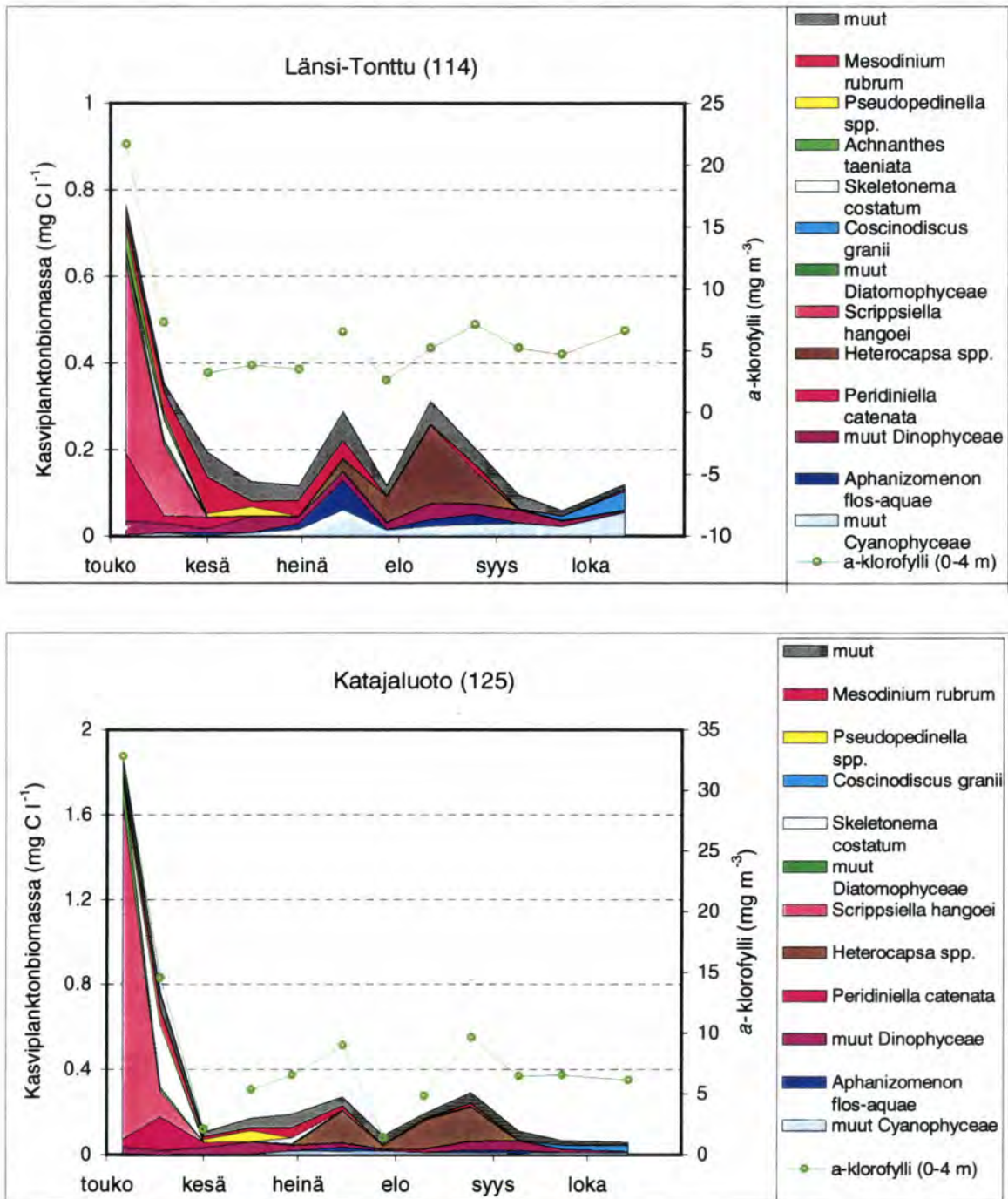
Keväinen levämaksimi ajoittui v. 1998 kuten yleensä aikaisemminkin huhtikuun loppuun ja toukokuun alkupuolelle, jolloin aluksi panssarisiimalevät ja myöhemmin piilevät olivat vallitsevia. Panssarisiimalevistä selvästi vallitsevin oli *Scrippsiella hangoei*, jonka osuus kokonaisbiomassasta ulkosaaristossa ylitti 80 % (kuvat 2 - 4). Piilevistä runsaimpina esiintyivät *Achnanthes taeniata*, *Thalassiosira baltica* ja *Skeletonema costatum* sekä vähemmässä määrin lisäksi mm. *Chaetoceros wighamii*.

Keväällä 1998 veden *a*-klorofyllipitoisuus oli Helsingin merialueella paikoitellen poikkeuksellisen korkea (liite 1). Tosin maksimituotantovaihe saaristossa oli näytteenoton alkaessa ilmeisesti jo ohi. Toukokuun alussa *a*-klorofyllipitoisuus oli Seurasaarenselällä (94) 157 mg m<sup>-3</sup> ja Laajalahdella 60 mg m<sup>-3</sup>. Ulkosaaristossakin *a*-klorofyllipitoisuus oli suuri, esim. Knaperskärissä (147) 70 mg m<sup>-3</sup>. Tällöin vedessä oli erittäin runsaasti panssarisiimaleviä (lähinnä *Scrippsiella hangoei* ja *Peridiniella catenata*) ja varsin paljon myös tavanomaisia kevään piileviä (mm. *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira baltica* ja *Chaetoceros spp.*).

Panssarisiimalevämaksimin jälkeen *a*-klorofyllipitoisuus vähentyi huomattavasti lukuun ottamatta Vanhankaupunginselkää (4), jossa *Skeletonema costatum*-piilevä oli valtalajina. Laji esiintyi lähellä rannikkoa tuolloin muutenkin erittäin runsaana. Ulkosaaristossa ei välittömästi panssarisiimalevähuipun jälkeen mikään levälaji esiintynyt selvästi dominoivana. Kesäkuun minimivaiheessa erilaisten siemallisten muotojen osuus kasvoi, mm. kultaleviä ja muita flagellaatteja oli runsaasti. Kesäkuun lopulla runsastuivat myös esim. *Dinophysis*-panssarisiimalevä ja *Mesodinium*-ripsieläin.

Heinä-elokuussa 1998 planktonlevien määrä kasvoi kesäkuun lukemista useimmilla havaintopaikoilla. Tällöin heinäkuun puolivälissä tavattiin sinileviä, eniten *Aphanizomenonia*, mutta niiden määrä jäi vähäiseksi aikaisempiin vuosiin verrattuna. Sinilevien määrä kasvoi tavanomaiseen tapaan heinäkuun alkupuolella ja ne muodostivat kuun puolivälissä lähes puolet kasviplanktonin biomassasta Länsi-Tontun alueella. Ulkosaaristossa ja avomerellä suurin osa sinilevien biomassasta muodostui *Aphanizomenon* sp. -sinilevästä, joka on edellisinä vuosinakin ollut saaristossa runsain sinilevä. Sen sijaan aikaisemmin myrkyllisiksi todettuja lajeja *Nodularia spu-*

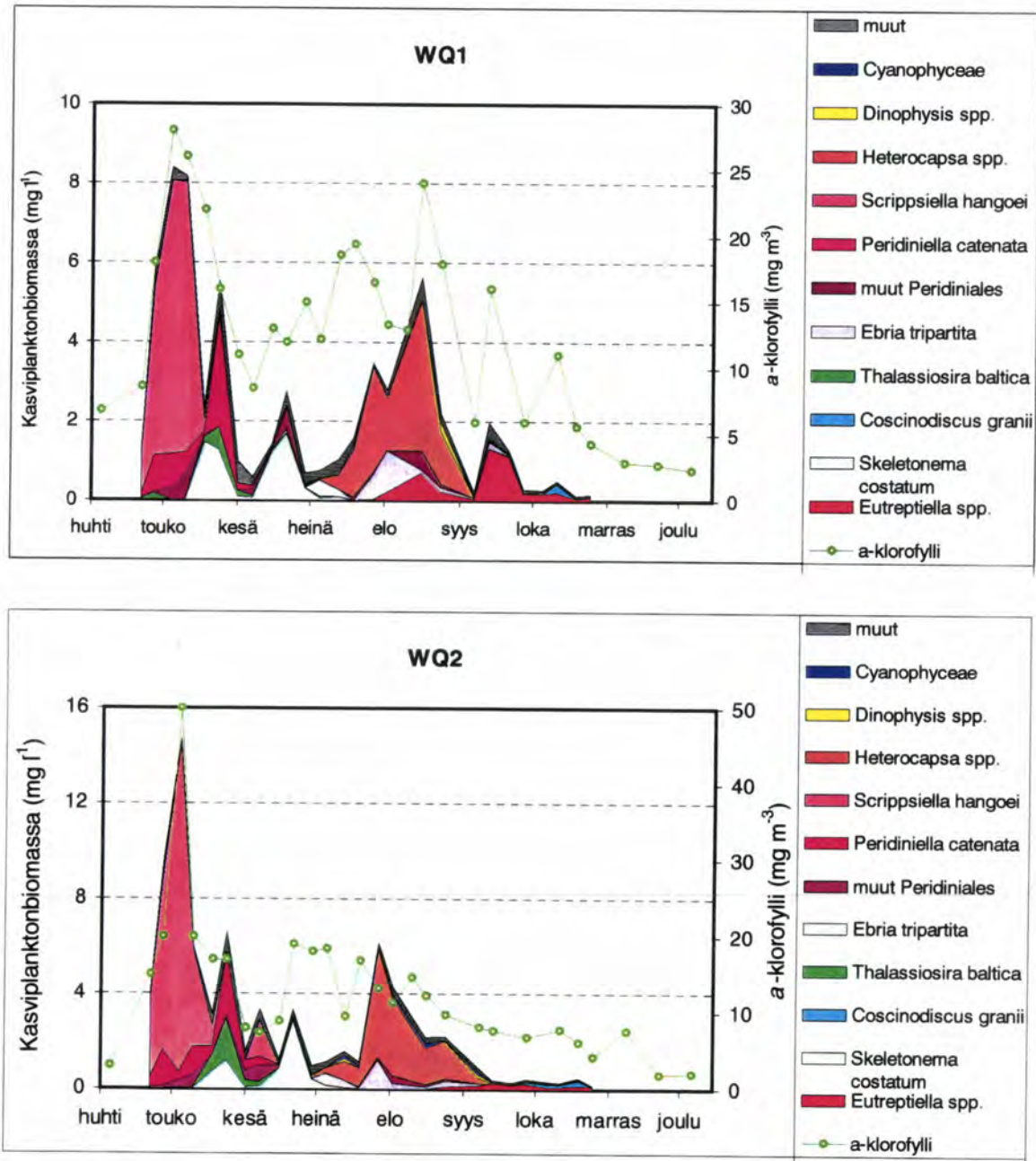




**Kuva 2.** Kasviplanktonbiomassan ja *a*-klorofyllin vaihtelu Länsi-Tontun (114) ja Katajaluodon (125) alueilla kesällä 1998.

*migena* ja *Anabaena* spp. esiintyi vain vähän. Loppukesällä sinileivistä esiintyivät Oscillatoriales- (*Pseudanabaena limnetica*) ja Chroococcales-ryhmien levät (mm. *Snowella*- ja *Woronichiniana*-suvut). Leväryhmien suhteelliset osuudet kasviplanktonbiomassassa sinileviä lukuun ottamatta olivat eri mittausajankohtina jotakuinkin samanlaiset vuonna 1998 kuin aikaisempina vuosina.

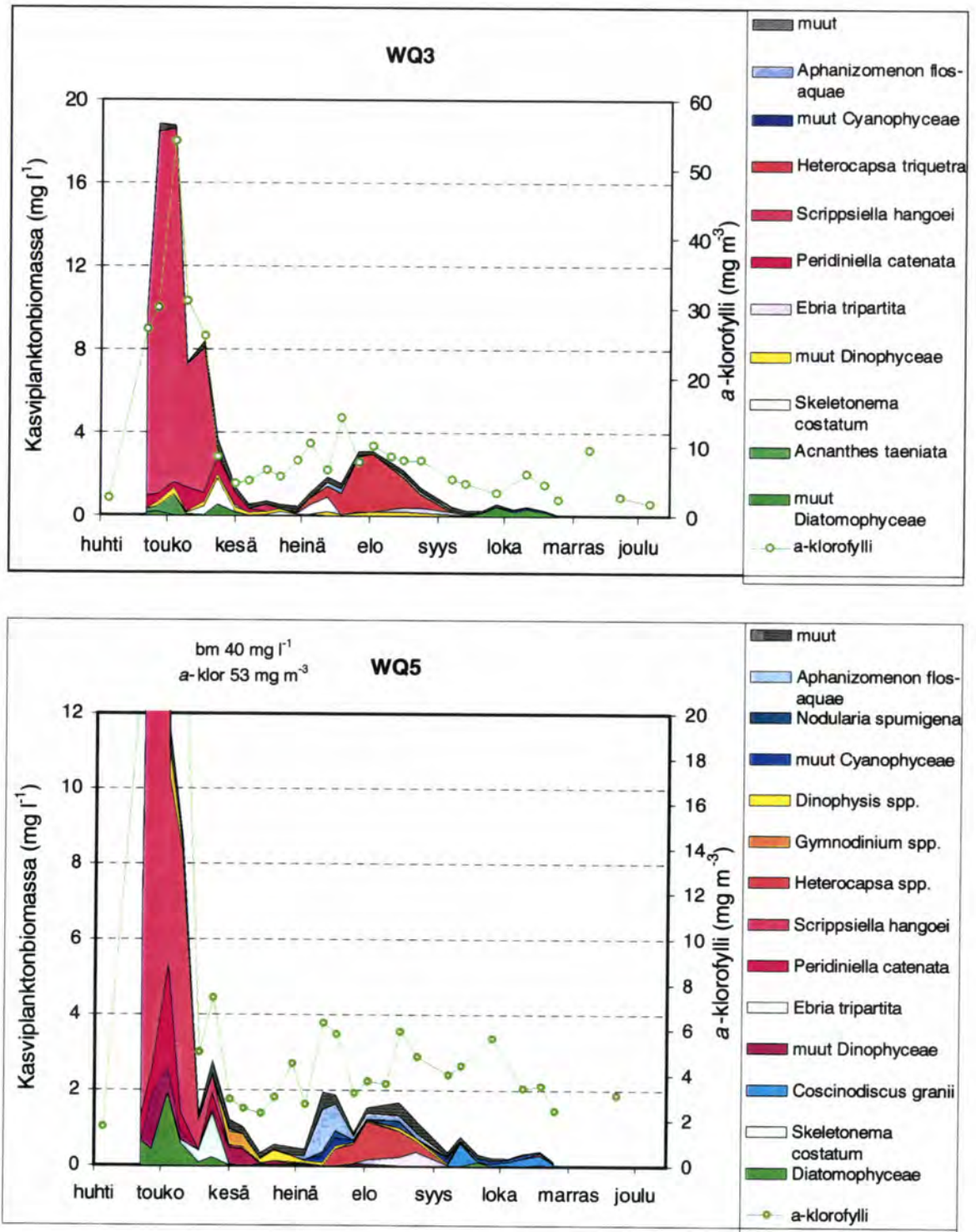
Vesien jäähtyminen ja kumpuamisen kohottama pintaveden ravinteisuus mahdollisti panssarisiima- ja piilevien runsastumisen kesällä. Sisäsaaristossa oli poikkeuksellisen paljon *Heterocapsa triquetra* –panssarisiimalevää, joka värjäsi veden punarusehtavaksi. Samaan aikaan esiintyi runsain määrin toisenvaraista (heterotrofista)



**Kuva 3.** Kasviplanktonbiomassan ja *a*-klorofyllin vaihtelu Wasa Queen -laivan näytesteillä WQ1 ja WQ2 vuonna 1998.

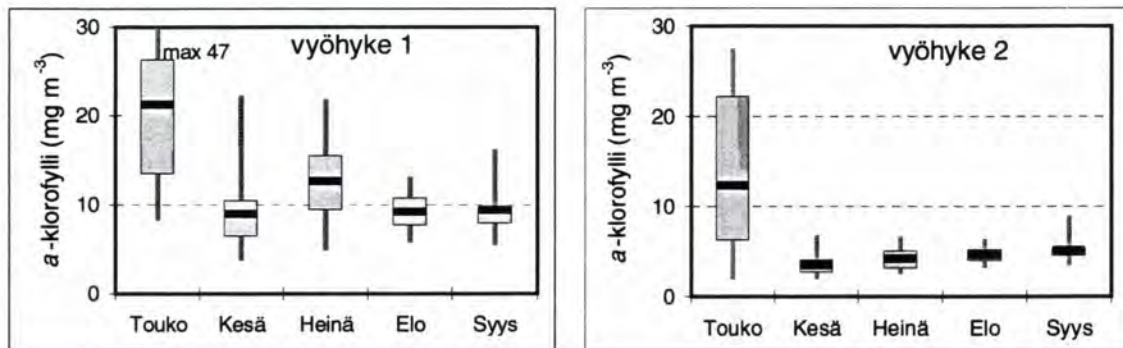
*Ebria tripartita* –panssarisiimalevää. *Eutreptiella* sp. -silmälevä muodosti poikkeuksellisen runsaan massan elokuun lopulla Helsingin sisimmillä lahtialueilla (Kaisaniemenlahti-Hanasaari-Eteläsatama). Esim. lajin maksimivaiheessa (19.8.) *a*-klorofyllipitoisuus oli  $150 \text{ mg m}^{-3}$  Hanasaaren läheisyydessä. Saaristossa on tavattu säännöllisesti myös suvun toista lajia *Eutreptiella gymnastica*, joka oli runsaslukuisen myös vuonna 1998.

Syys-lokakuussa *Heterocapsa*-panssarisiimalevän maksimin jälkeen etenkin ulkosaaristossa *a*-klorofyllipitoisuus pysyi melko korkeana suurikokoisten piilevien vuoksi, joista lokakuussa *Coscinodiscus granii* oli erityisen runsas. Levien määrä vähentyi jonkin verran Kruunuvuorenselällä, jossa tavattiin edelleen paljon *Eutreptiella*-silmäleviä.



**Kuva 4.** Kasviplanktonbiomassan ja  $a$ -klorofyllin vaihtelu Wasa Queen -laivan näytenpisteillä WQ3 ja WQ5 vuonna 1998.

Kasviplanktonin lajistokoostumus varsinkin valtalajien osalta perinteisen vakiotarkkailun havaintopaikkojen 0 - 4 metriä edustavissa tuloksissa vastasi pääpiirteissään laivan ottamien näytteiden tuloksia. Eroavuuksia aiheutui mm havaintopaikkojen välimatkasta, planktonin vertikaalisesta ja horisontaalisesta epätasaisesta jakaumasta sekä analysointieroista.



**Kuva 5.** Veden *a*-klorofyllin vaihtelu kahdella vyöhykkeellä Wasa Queenin reitillä kesällä 1998. Aineisto on kerätty kerran viikossa. Laatikon reunat kuvaavat ylä- ja alakvartiileja, vertikaalinen viiva maksimia ja minimiä ja vaakaviiva keskiarvoa kultaakin kuukaudelta.

Wasa Queen -laivan reitillä *a*-klorofyllin pitoisuus oli vuonna 1998 saaristossa (vyöhyke 1) selvästi suurempi kuin avomerellä (vyöhyke 2) (kuva 5). Saaristossa *a*-klorofyllipitoisuuden vaihteluväli oli selvästi suurempi kuin avomerellä. Pitoisuudet olivat selvästi suurimmillaan toukokuussa, jolloin *a*-klorofyllin vaihtelu oli myös suurinta. Kevätmaksimia seuranneesta kesäkuun minimistä alkaen klorofyllipitoisuus oli saaristossa lähes kaksinkertainen ulappa-alueeseen verrattuna. Syyslokakuussa *a*-klorofyllin pitoisuus väheni saaristossa kesäkuun lukemiin, mutta avomerellä pitoisuudet pysyivät keskimäärin heinäkuun tasolla.

### 3.2.2. Kasviplanktonbiomassan ja *a*-klorofyllipitoisuuden suhde

Levien kokonaisbiomassan arviointiin käytetään usein veden *a*-klorofyllipitoisuutta. Kasviplanktonin kokonaisbiomassan (hiilenä) ja *a*-klorofylli-pitoisuuden välinen korrelaatio oli Wasa Queenin v. 1998 ottamissa näytteissä voimakas (WQ1:  $r = 0,87$ , WQ2:  $0,76$ , WQ3:  $0,91$  ja WQ5:  $0,90$ ) (logaritimuunnos) ( $n = 23$ ). Katajaluodon havaintopaikalla (125) vastaava korrelaatio v. 1998 oli  $0,90$  ( $n = 12$ ) ja Länsi-Tontussa (114)  $0,83$  ( $n = 12$ ). Näissä näytteissä *a*-klorofyllipitoisuus seurasi hyvin levien massan vaihtelua pääpiirteissään.

Rannikon läheisillä havaintopisteillä WQ1 ja WQ2 kevätmaksimin aikana *Scrippsiella hangoei* -panssarisiimalevän vallitessa kasviplanktonin biomassan (tuorepaino  $8 - 14 \text{ mg l}^{-1}$ ) suhde *a*-klorofyllipitoisuuteen ( $28 - 50 \text{ mg m}^{-3}$ ) oli suurempi kuin muina vuodenaikoina. Saman suuntainen biomassa-klorofyllisuhde on todettu usein Helsingin kaupungin vakiotarkkailun yhteydessä kevätmaksimin aikaan. *Scrippsiella* sisältänee suhteessa vähän *a*-klorofylliä. Sen sijaan pienisoluisen *Skeletonema costatum* -piilevän esiintyessä runsaana klorofyllipitoisuus oli korkea. Kesäkuun viimeisellä viikolla ja heinäkuun puolivälissä *a*-klorofyllipitoisuus ( $15 - 18 \text{ mg m}^{-3}$ ) oli korkea suhteessa kasviplanktonbiomassaan. Samoin *a*-klorofyllipitoisuuden suuri suhde biomassaan havaittiin myös mm. syyskuussa, jolloin runsaasti klorofylliä sisältävä *Eutreptiella*-silmälevä esiintyi runsaana. Levien *a*-klorofyllisisältöön vaikuttavat monet tekijät. Klorofylli ei kuvaa levämassaa esim. silloin kun vedessä on runsaasti toisenvaraisia (heterotrofisia) leviä, joilla ei ole yhteyttämisväriaineita (esim. *Ebria*-panssarisiimalevä).

Ulommilla havaintopisteillä (WQ3 ja WQ5) voimakkaan kevätisen levämaksimin jälkeen toukokuussa biomassan ja klorofyllin välinen suhde muuttui samaan tapaan kuin rannikon läheisillä havaintopisteillä. Suhde oli pieni varsinkin kesäkuun mini-

mivaiheessa, jolloin *Skeletonema* esiintyi runsaana. Heinäkuun puolivälissä *a*-klorofyllipitoisuus oli muiden havaintopaikkojen tapaan suuri verrattuna biomassaan. Sen sijaan suhde oli päinvastainen kaikilla tutkituilla havaintopisteillä elokuussa, jolloin runsaimpina esiintyivät panssarisiimalevät *Heterocapsa* ja *Ebria*. Marraskuun lopussa *a*-klorofyllipitoisuus ylitti  $5 \text{ mg m}^{-3}$ , vaikka kasviplanktonin biomassa oli vain  $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ .

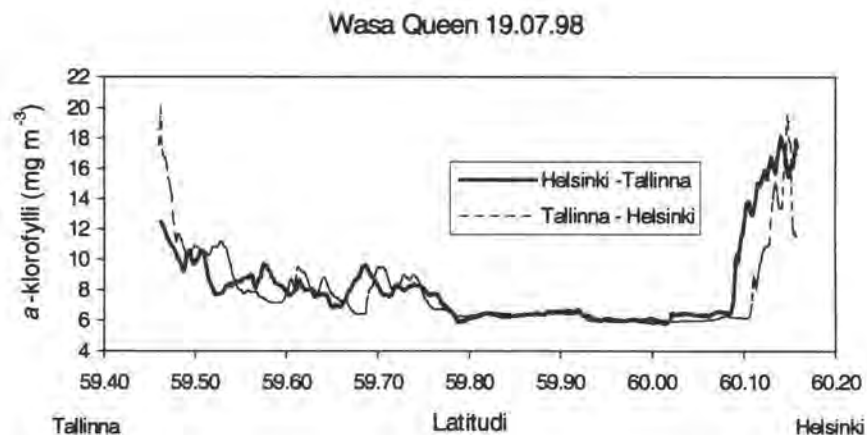
#### 4. Laivatulosten vertailu perinteiseen havainnointiin

Automaattisen laivamenetelmän eräänä hankaluutena oli näytteenoton ja paikannäytteen välisen viipymän vaikutus tuloksiin. Aineisto kerättiin Wasa Queenilta sen kulkiessa Helsingistä Tallinnaan. Siirtymä Helsingin edustalla oli heinäelokuussa 1998 noin 900 m. Tämä tarkoittaa sitä, että laiva on ehtinyt ajaa tuon matkan näyteveden kulkiessa laitteiston putkistossa ennen sijaintikoordinaattien kirjaamista. Siten havaintopisteiden WQ1 - WQ6 näytevesi klorofyllimääritystä varten on otettu jo vajaa kilometri aiemmin. Ravinteiden kohdalla siirtymä on ilmeisesti hieman suurempi.

Siirtymän takia Wasa Queen -laivan automaattilaitteiston mitaamat klorofyllipitoisuudet ovat olleet todellista pienempiä Tallinnan edustalla, kun laiva on tullut Helsingistä Tallinnaan. Käytettäessä reittiä Tallinnasta - Helsinkiin klorofyllin pitoisuus on ollut Tallinnan edustalla yleensä selvästi suurempi kuin samana päivänä päinvastaiseen suuntaan olevilla transsekteilla (kuva 6).

Kokonaistypen ja nitriitti-nitraattitypen pitoisuuksissa ei ollut merkittävää eroa Wasa Queenin ja perinteisen tarkkailun vertailuhavaintopaikkojen näytteiden välillä (eli tulosten keskiarvoissa ei ollut eroa) lukuun ottamatta näytepisteitä WQ1 ja WQ3 (taulukko 1 ja liite 2).

Ammoniumpitoisuudet olivat laivanäytteissä moninkertaisia vertailuhavaintopaikkojen tuloksiin verrattuna ja siten ero menetelmien välillä oli tilastollisesti merkittävä (eli tulosten keskiarvoissa oli eroa). Wasa Queenin näytteiden suuret ammonium-



**Kuva 6.** Wasa Queen -laivan mitaama *a*-klorofyllipitoisuus 19.7.1998 kahdella erisuuntaisella transsektillä.

pitoisuudet voivat johtua näytepullojen kontaminaatiosta tai näytteiden seisomisesta laivan kylmäkaapissa, jolloin kokonaistyyppifraktiosta osa muuttuu ammoniumiksi.

Fosforin kokonaispitoisuuksissa erot laiva- ja vertailunäytteiden välillä olivat merkitsevät lukuun ottamatta ulointa havaintopistettä. Sen sijaan fosfaattipitoisuustulokset poikkesivat vain saariston alueella.

Suolapitoisuuksissa erot olivat merkitseviä ulkosaaristossa. Sitä vastoin klorofyllipitoisuustuloksissa laivanäytteiden ja vertailuhavaintopaikkojen välillä merkitseviä eroja ei havaittu. On kuitenkin otettava huomioon, että  $\alpha$ -klorofyllimittauksessa havaintojen lukumäärä oli vain 5-6. Havaintojen lukumäärän kasvaessa merkitsevyystaso yleensä pienenee, jolloin erot tulkitaan helpommin merkitseviksi (eli että menetelmien välillä on eroa).

WQ2 oli selvästi samankaltaisempi havaintopaikka 18:n kanssa kuin WQ1. Tämä johtunee siirtymästä, jolloin WQ2:n näytevesi on itse asiassa otettu lähes havaintopaikka 18:n vierestä (ja WQ1:n näytevesi sataman tuntumasta).

WQ3 ja WQ4 olivat erilaisia verrattuna havaintopaikkaan 39. Kun otetaan siirtymät huomioon, jäävät WQ3 ja WQ4 varsin kauas nyt käytetyltä vertailuhavaintopaikalta. Nämä havaintopaikat ovat liian kaukana toisistaan vastakseen toistensa tietoja. Alue on saaristovyöhykettä, missä ravinteiden ym. pitoisuudet vähenevät nopeasti siirryttäessä ulommaksi.

**Taulukko 1.** Samalla viikolla otettujen Wasa Queen -laivan (WQ1 – WQ6) ja vertailuhavaintopaikkojen tulosten välisten parittaisten t-testien tulokset. Luvut **harmaalla pohjalla**, kun  $p = 0,05$  ja **lihavoitu**, kun  $p = 0,15$ .  $n$  = havaintojen lukumäärä,  $t$  = testisuure ja  $p$  = merkitsevyystaso.

	Vertailuhavaintopaikka 18		Vertailuhavaintopaikka 39		Vertailuhavaintopaikka 149	
	WQ1	WQ2	WQ3	WQ4	WQ5	WQ6
TN	$n = 8$ $t = -1.59$ $p = 0.16$	$n = 8$ $t = 0.30$ $p = 0.78$	$n = 7$ $t = -1.80$ $p = 0.12$	$n = 7$ $t = 0.09$ $p = 0.93$	$n = 7$ $t = -1.55$ $p = 0.27$	$n = 8$ $t = 0.78$ $p = 0.46$
NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub>	$n = 8$ $t = -2.03$ $p = 0.08$	$n = 8$ $t = 0.17$ $p = 0.87$	$n = 8$ $t = -1.83$ $p = 0.11$	$n = 8$ $t = -1.46$ $p = 0.19$	$n = 9$ $t = -0.62$ $p = 0.55$	$n = 9$ $t = 0.02$ $p = 0.98$
NH <sub>4</sub>	$n = 8$ $t = -1.79$ $p = 0.12$	$n = 8$ $t = -3.10$ $p = 0.02$	$n = 8$ $t = -6.65$ $p = 0.0003$	$n = 8$ $t = -6.40$ $p = 0.0004$	$n = 9$ $t = -4.923$ $p = 0.001$	$n = 9$ $t = -6.59$ $p = 0.0002$
TP	$n = 8$ $t = -3.42$ $p = 0.01$	$n = 8$ $t = -3.25$ $p = 0.01$	$n = 7$ $t = -3.17$ $p = 0.02$	$n = 7$ $t = -3.15$ $p = 0.02$	$n = 7$ $t = -2.44$ $p = 0.05$	$n = 8$ $t = 0.34$ $p = 0.75$
PO <sub>4</sub>	$n = 8$ $t = -1.52$ $p = 0.17$	$n = 8$ $t = -0.07$ $p = 0.95$	$n = 8$ $t = -1.68$ $p = 0.14$	$n = 8$ $t = -2.76$ $p = 0.03$	$n = 9$ $t = -1.19$ $p = 0.27$	$n = 9$ $t = -0.61$ $p = 0.56$
Suolaisuus	$n = 8$ $t = 1.16$ $p = 0.28$	$n = 8$ $t = 0.70$ $p = 0.51$	$n = 8$ $t = -0.41$ $p = 0.70$	$n = 8$ $t = -1.82$ $p = 0.11$	$n = 9$ $t = -2.44$ $p = 0.04$	$n = 9$ $t = -2.35$ $p = 0.05$
$\alpha$ -klorofylli	$n = 6$ $t = -1.36$ $p = 0.23$	$n = 6$ $t = -0.28$ $p = 0.79$	$n = 5$ $t = -0.65$ $p = 0.55$	$n = 5$ $t = 0.68$ $p = 0.54$	$n = 6$ $t = -0.47$ $p = 0.65$	$n = 6$ $t = 1.16$ $p = 0.30$

Havaintopaikka 149 oli selvästi yhdenmukaisempi WQ6:n kanssa kuin WQ5:n. Tämä eroavuus saattaa johtua vesimassojen virtauksista. WQ5 on sijainniltaan huomattavasti lähempänä vertailuhavaintopaikkaa kuin WQ6. Silmämääräisesti katsottuna laivan ja 149:n tulosten välillä ei ole suurta eroa (liite 2).

## 5. Johtopäätöksiä

Laivoihin asennetut automaattimittauslaitteistot antavat arvokasta lisätietoa erityisesti leväkukintojen horisontaalisesta levinneisyydestä paremmin kuin perinteinen pistenäytteenotto. Helsinki-Tallinna väliä kulkevan Wasa Queen -laivan näytteenotolla saadaan varsin hyvä kuva Helsingin edustan merialueella pintaveden levätilanteesta. Helsingin ja Tukholman reitillä liikennöivän Silja Serenade -laivan laitteiston toimintavarmuuden parantuessa saadaan tietoja myös Espoon edustan saaristoalueelta Porkkalanniemelle saakka.

Itä-Helsingin edustaa ei tällä hetkellä voida seurata automaattilaitteiston avulla, joten perinteinen näytteenotto tulee ulottaa tehokkaammin tuolle alueelle. Samoin lahtialueet jäävät tämän seurantamuodon ulkopuolelle.

Virkistys- ja asuinalueina tärkeitä lahti- ja ranta-alueita olisi periaatteessa mahdollista seurata kaupungin sisäisessä liikenteessä olevien alusten tai ympäristökeskuksen veneisiin asennettujen automaattisten mittalaitteistojen avulla. Laitteistot ovat kuitenkin kalliita ja vaativat jatkuvaa huoltoa. Lahti- ja ranta-alueiden seurantaa jatkettaneenkin ilmeisesti perinteisen näytteenoton keinoin.

Perinteisen havainnoinnin etuna on mahdollisuus ottaa näytteitä vertikaalisesti. Kerrostuneisuuden aikaan on tärkeää saada tietoja erityisesti pohjan läheisen veden happi- ja ravinnetilanteesta.

Laivojen laitteistojen huoltoon tulee kiinnittää entistä enemmän huomiota, sillä saatujen tulosten käyttöarvo laskee esim. näytteenottoputkistoissa huonon virtauksen vuoksi. Kesällä 1998 Wasa Queenin laitteisto toimi lähes jatkuvasti hyvin, joten tulokset ovat luotettavia. Sen sijaan syksyllä 1998 toiminnassa oli epävarmuutta, joka tulee selvittää ennen seuraavan kevään tarkkailun aloittamista.

Laivanäytteenotossa havaitun siirtymän johdosta on jatkossa tärkeää tarkkailla viikoittain siirtymän suuruutta ja sen vaikutusta tuloksiin. Siirtymän vuoksi fluorometrilukemat (klorofyllitulokset) eivät yleensä ehtineet nousta Tallinnan päädyssä todelliseen tasoonsa, vaan näyttivät tilannetta kilometrin ulompaa. Kun Tallinnan päädyssä käytetään fluorometriarvoja laivan lähdettyä Tallinnan satamasta, saadaan paremmin todellisuutta vastaavia tuloksia.

Laivojen pistenäytteenoton näytteenottopaikkoja on syytä harkita uudelleen, sillä siirtymän vuoksi pisteet eivät ehkä olleet tarkoitetuilla paikoilla. Toisaalta sijaintien muuttaminen vaikeuttaa vuosien välisiä vertailuja. Tässä vaiheessa on kuitenkin tärkeää pyrkiä tarkoituksenmukaiseen tarkkailumenettelyyn.

Levien ja eri vesimassojen laikuttainen esiintyminen ja nopea muuttuminen horisontaalisesti saaristoalueella on ilmeisesti osasyynä siihen, etteivät Wasa Queenin ja vertailuhavaintopaikkojen tulokset olleet tehdyn tilastollisen testauksen mukaan aina yhteneväisiä. Olisikin tärkeää kohdistaa tiheävälisempää havainnointia juuri saaristoalueelle. Avomerellä ja ulkosaaristossa levien ja ravinteiden horisontaalinen jakautuminen on sisäsaaristo- ja lahtialueita tasaisempaa.

Laivan automaattisella ohjelmoinnilla saadaan helposti ja sangen vaivattomasti useita näytteitä reitin varrelta jopa useita kertoja vuorokaudessa. Näytteiden ravinne- ym. analyysit ovat kuitenkin kalliita, joten analyysit tulee kohdentaa mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Laivoilta saadusta näytevedestä ei jatkossa ole mielekästä tehdä analyysijä, joiden tulosten luotettavuus on huono. Erityisesti ammoniumtyypen tulokset todettiin täysin epäluotettaviksi. Näytteenottoväliä voidaan harventaa esim. keskikesällä, jolloin mm. ravinnetilanteen vaihtelu on yleensä vähäistä.

Laivanäytetulosten täydentäminen perinteisellä näytteenotolla mahdollistaa Helsingin koko merialueen tilan havainnoinnin samanaikaisesti. Tämän ansiosta voidaan kaupunkilaisille, viranomaisille ja päättäjille tiedottaa esim. kesän levätilanteesta kattavasti ja ajankohtaisesti mm. internetin ja lehdistötiedotteiden avulla.

## 6. Lähdeluettelo

Leppänen, J.-M., Rantajarvi, E., Hällfors, S., Kruskopf, M. & Laine, A. 1995: Unattended monitoring of potentially toxic phytoplankton species in the Baltic Sea in 1993. – *Journal of Plankton Research* 17 (4): 891 - 902.

Rantajarvi, E. (toim.) 1998: Leväkukintatilanne Suomen merialueilla ja varsinaisella Itämerellä vuonna 1997. - MERI - Report Series of Finnish Institute of Marine Research No. 36. ISBN 951-53-1841-6 ISSN 1238-5328.

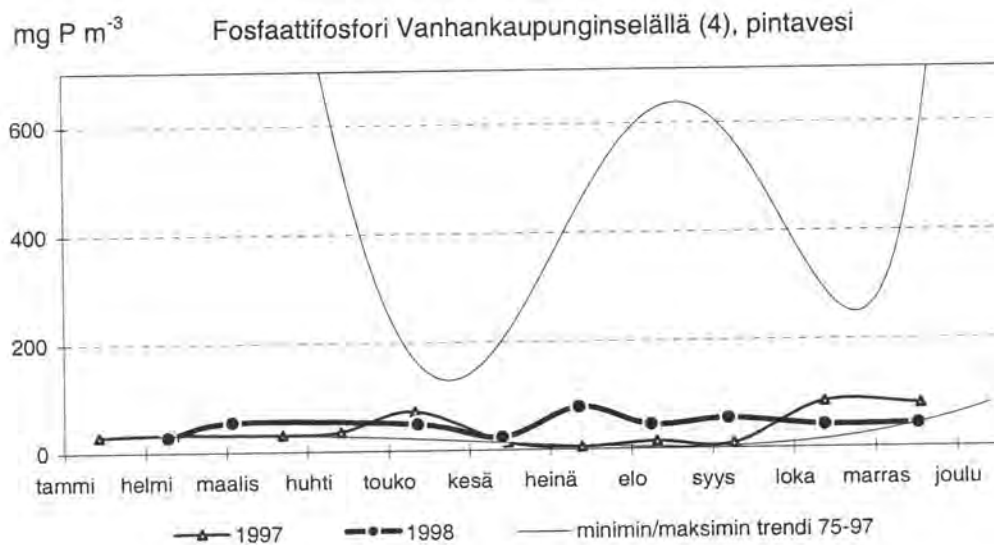
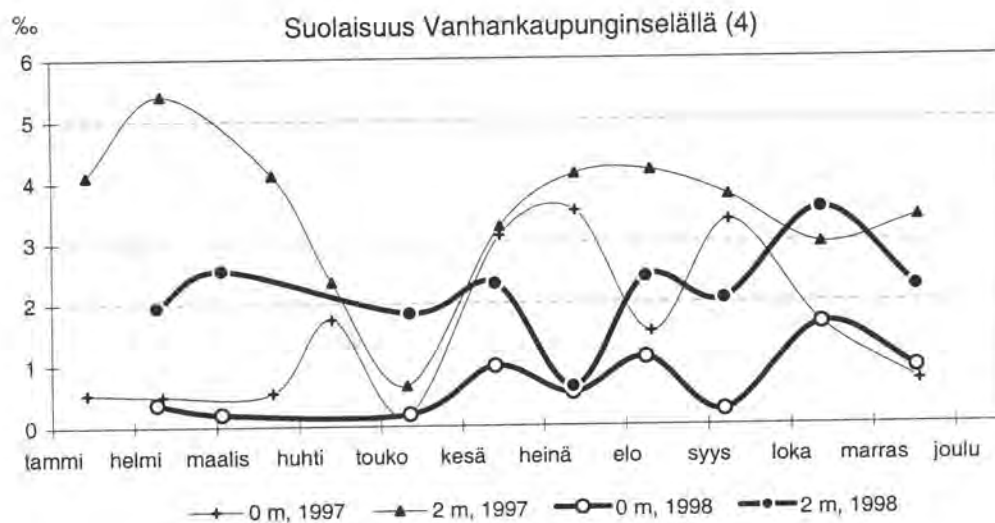
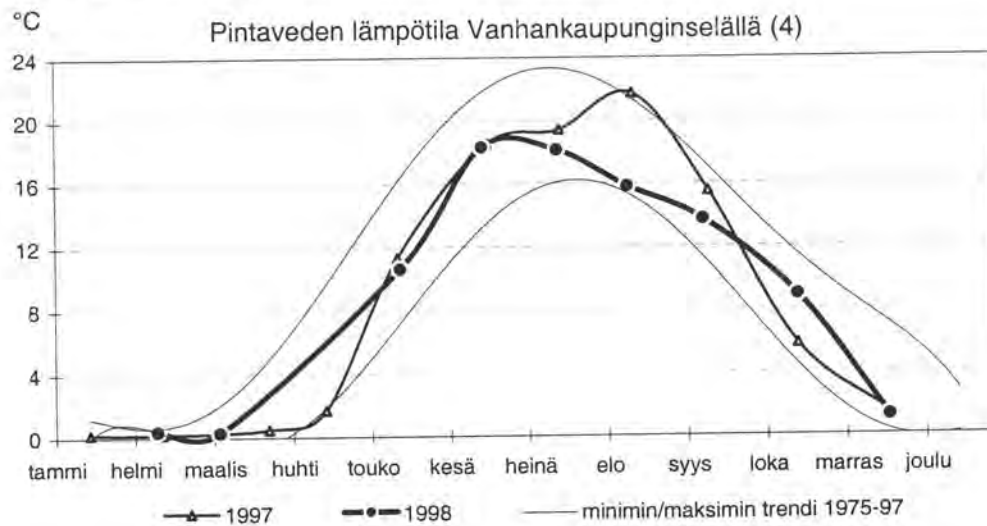
Rantajarvi, E. & Leppänen Juha-Markku 1995: Unattended algal monitoring on merchant ships in the Baltic Sea. - *TemaNord* 1994: 546. 68 s. ISBN 92 9120 463 3 ISSN 0908-6692.

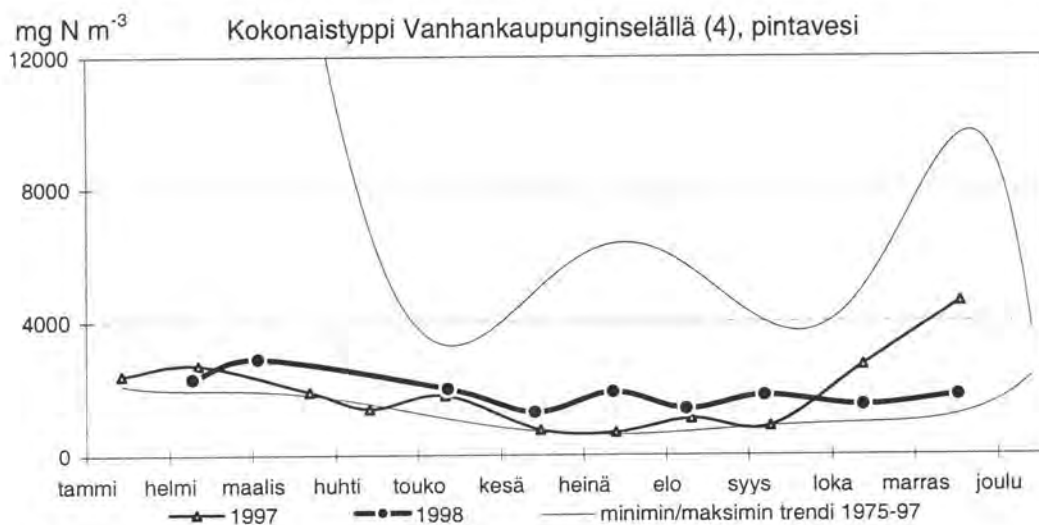
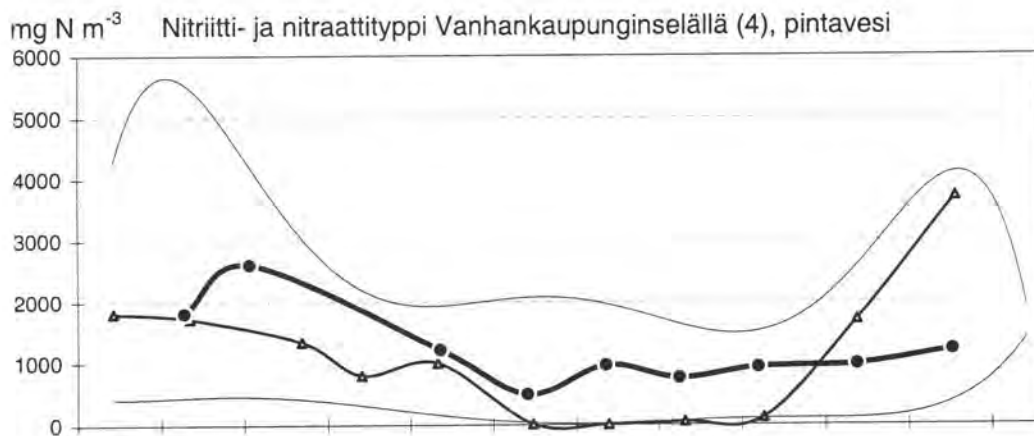
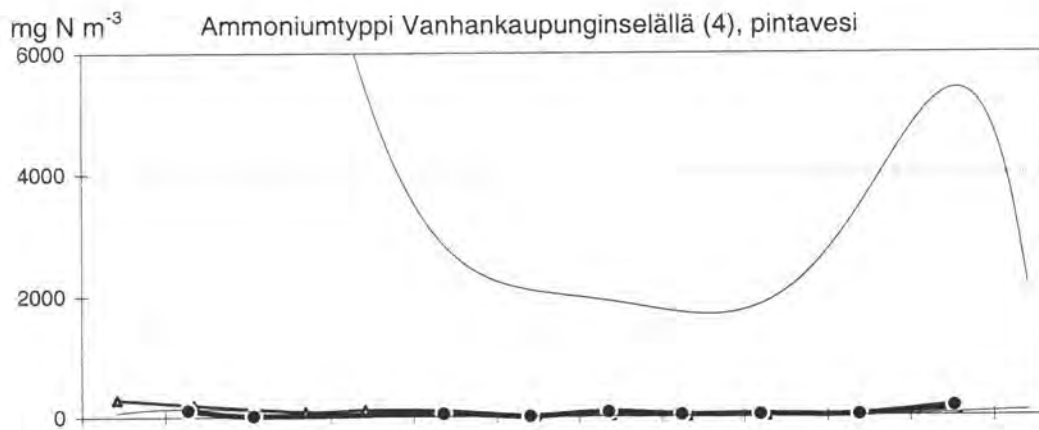
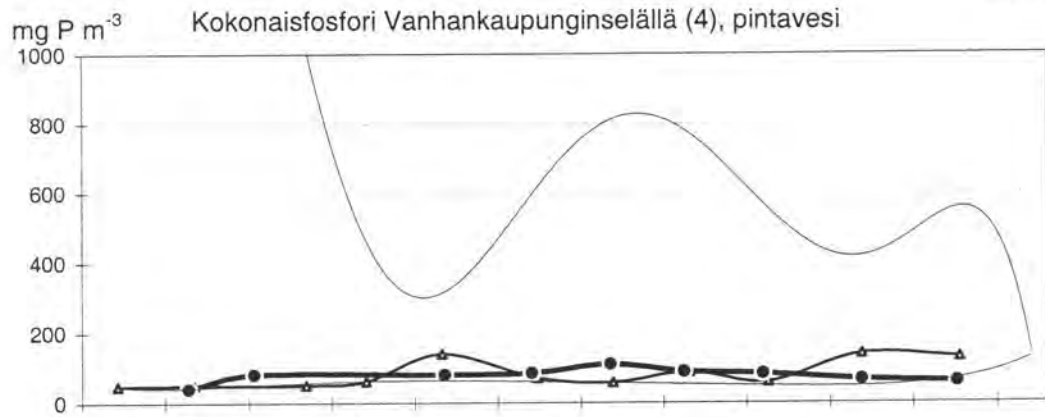
Rantajarvi, E., Olsonen, R., Hällfors, S., Leppänen, J.-M. & Raateoja, M. 1998: Effect of sampling frequency on detection of natural variability in phytoplankton: unattended high-frequency measurements on board ferries in the Baltic Sea. – *ICES Journal of Marine Science* 55: 697 - 704.

Tamela, J. & Viljamaa, H. 1997: Alg@line – Joint operational monitoring programme for the Baltic Sea. – Teoksessa: Hyytiäinen, U.-M. & Viitasalo, I. (toim.). *Marine Bioindicators off Helsinki and Tallinn*. – Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen moniste 14.

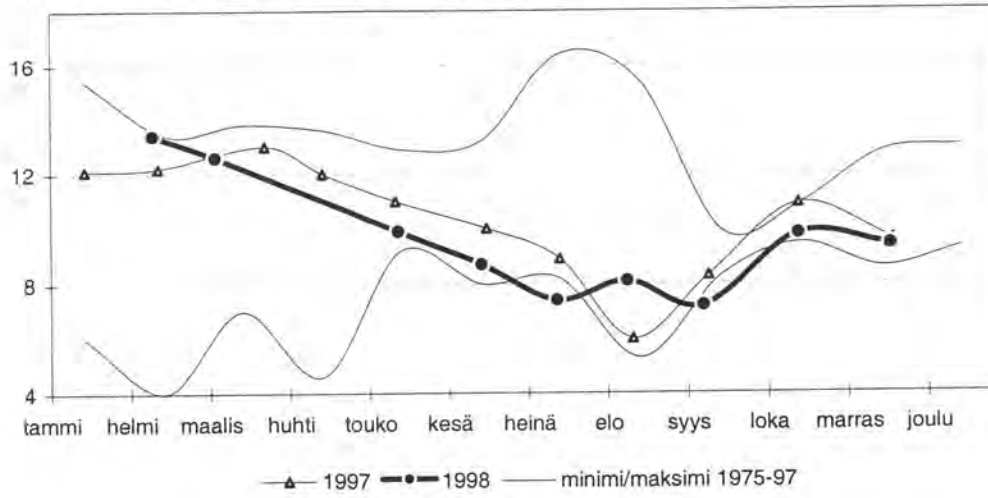


**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Vanhankaupunginselällä (4)**

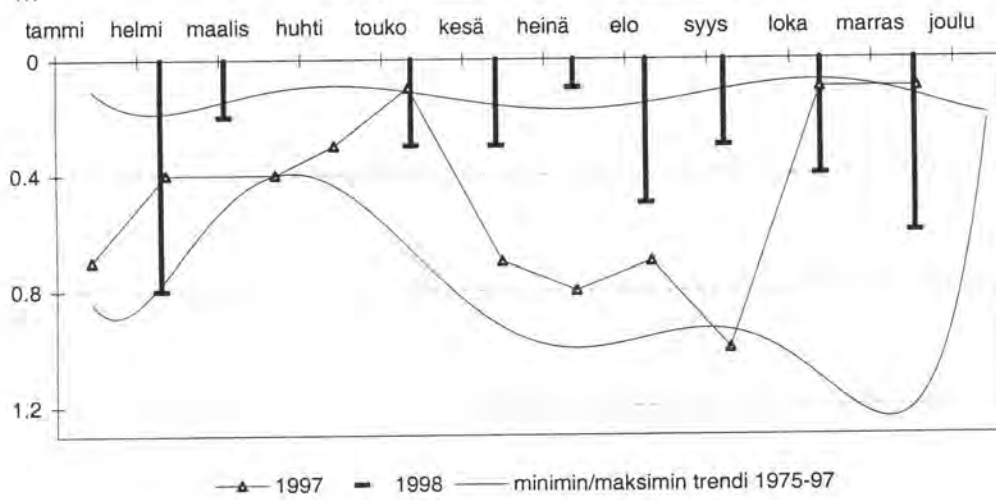




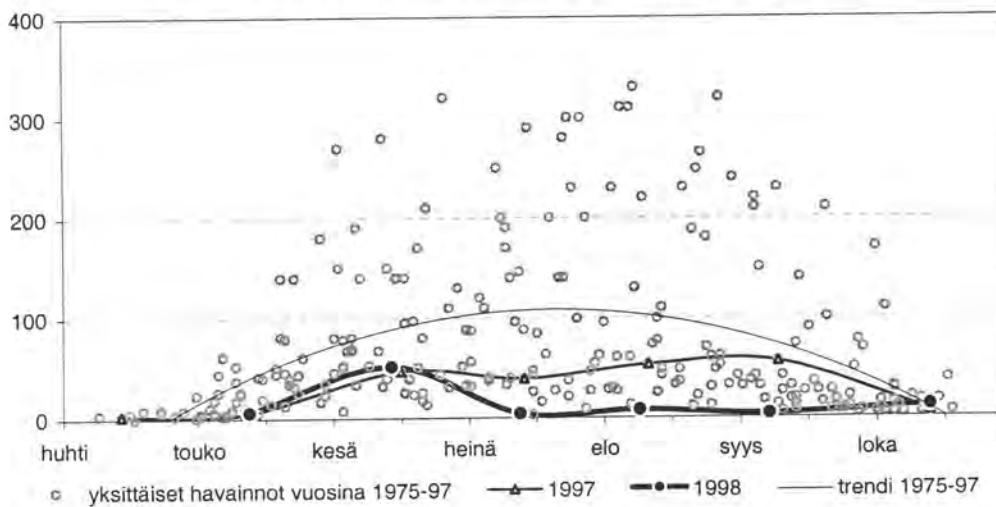
mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> Happipitoisuus Vanhankaupunginselällä (4), pohjan läheinen vesi



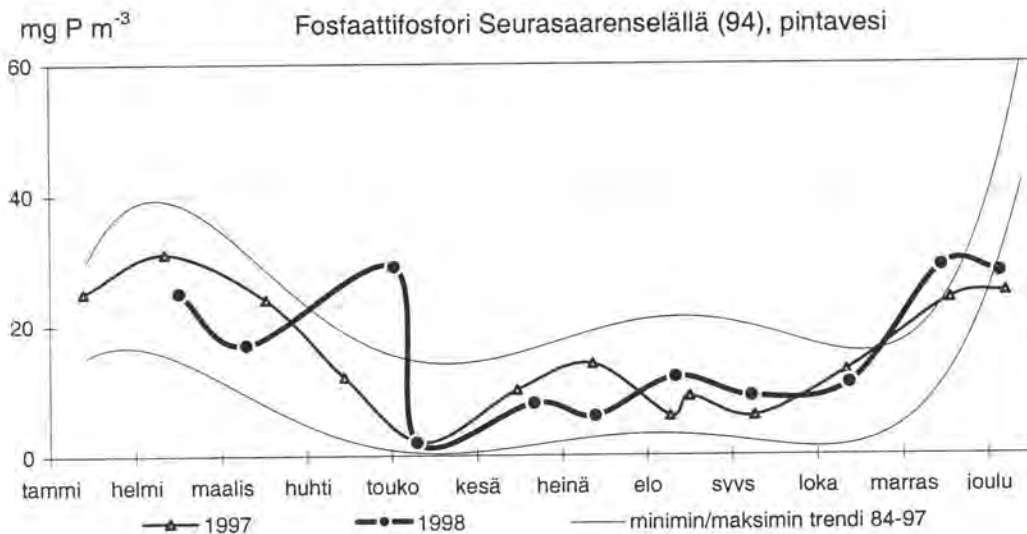
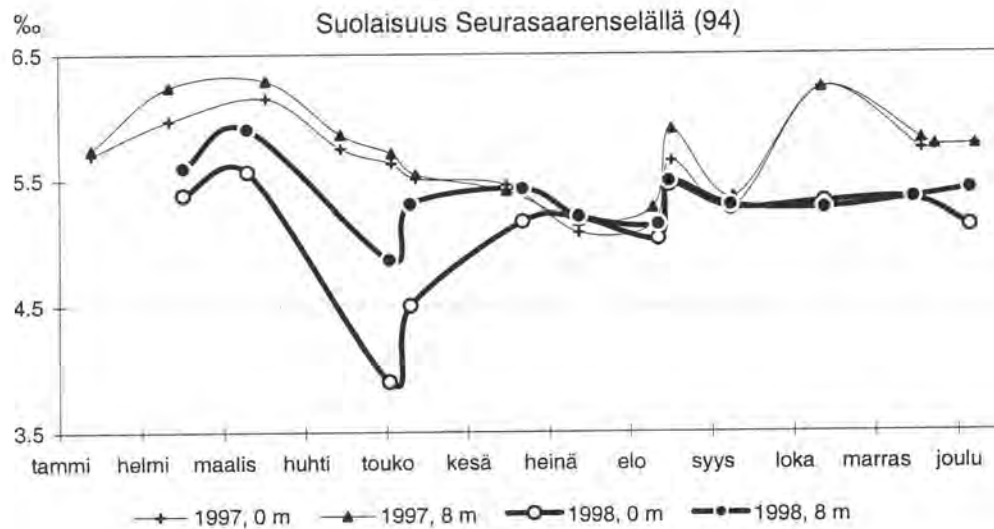
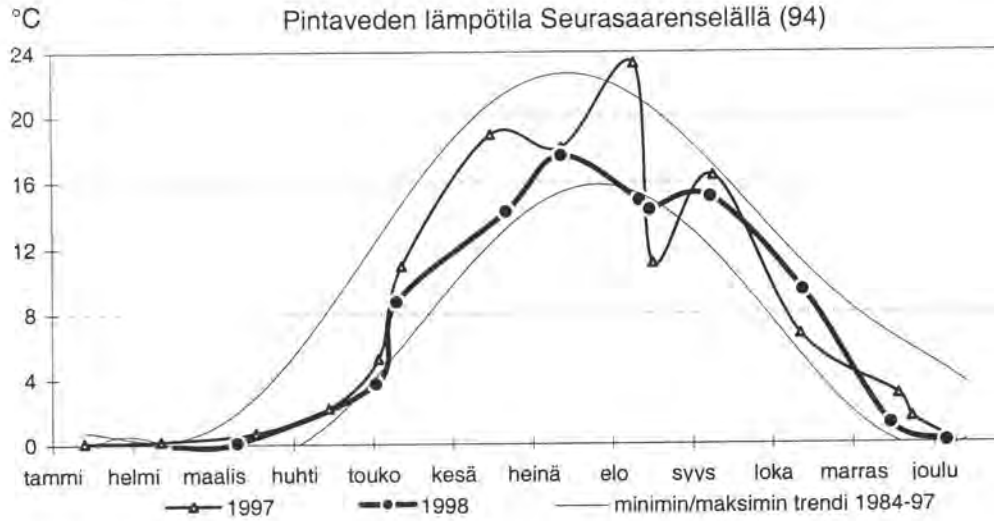
m Näkösyvyys Vanhankaupunginselällä (4)

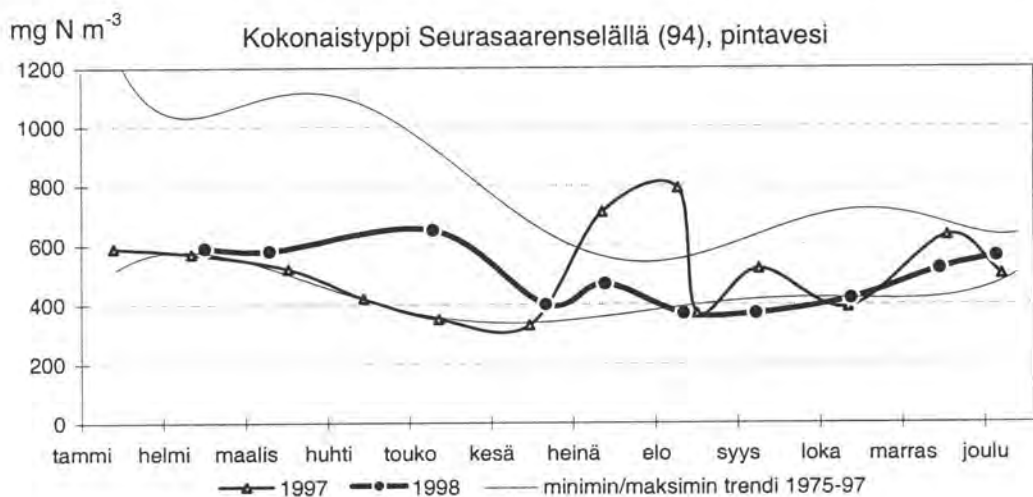
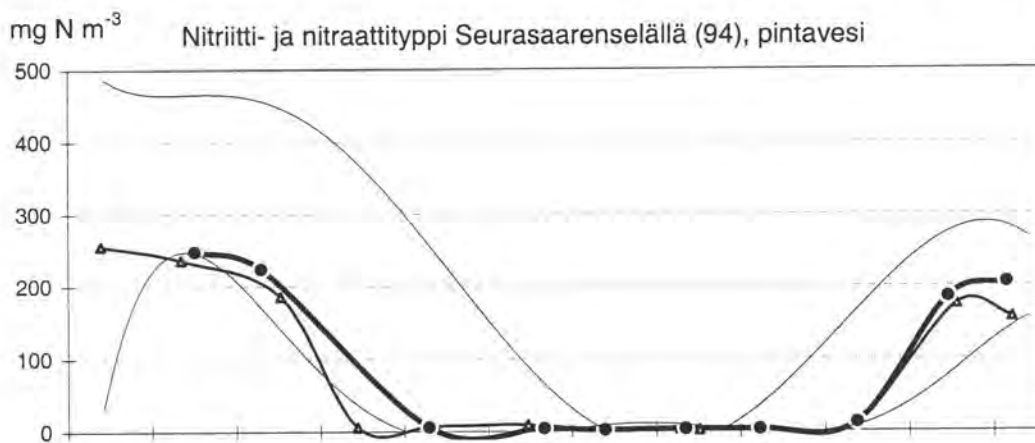
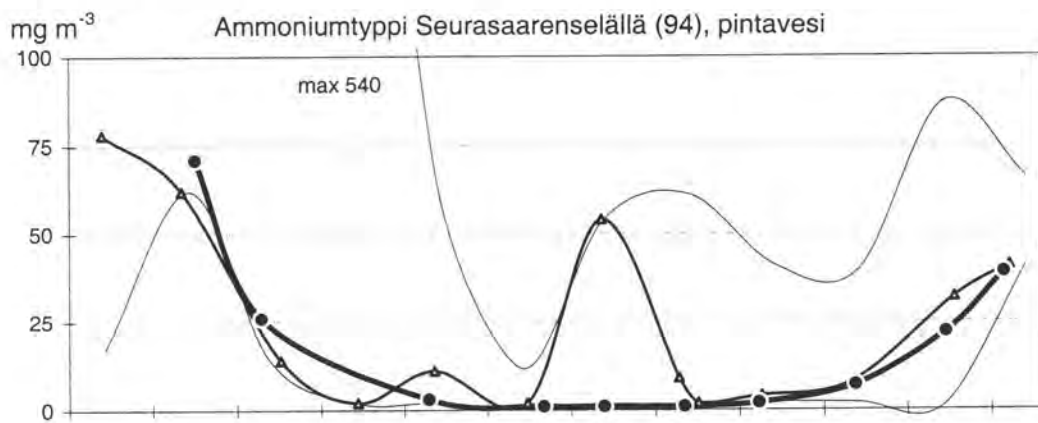
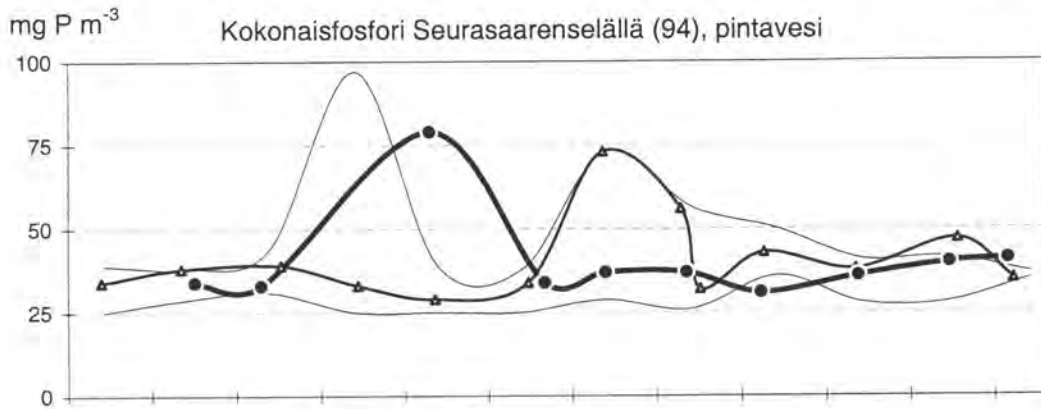


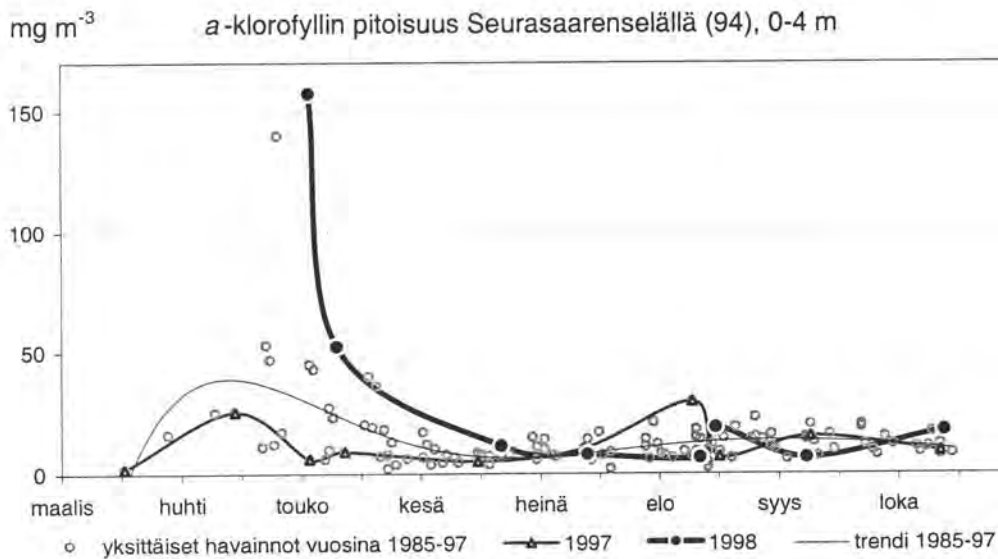
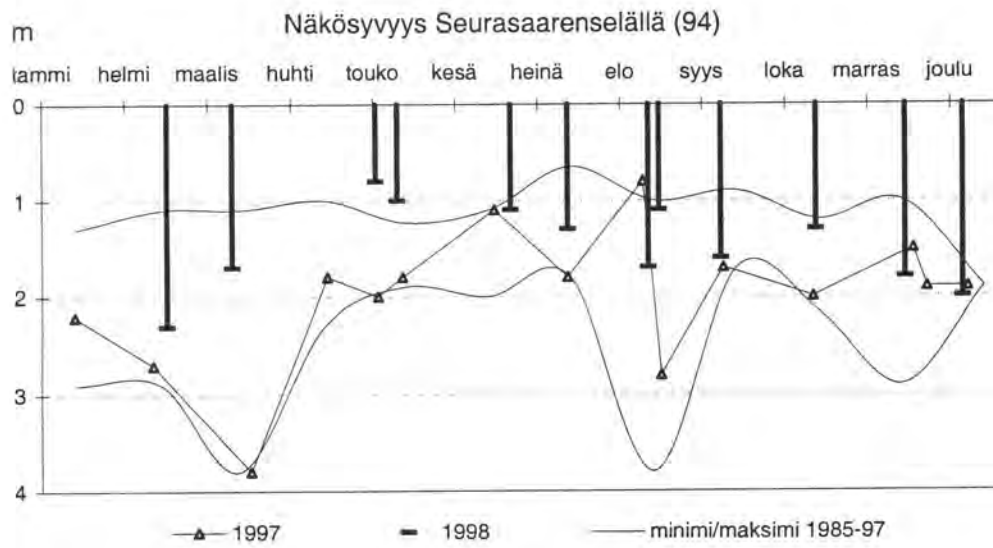
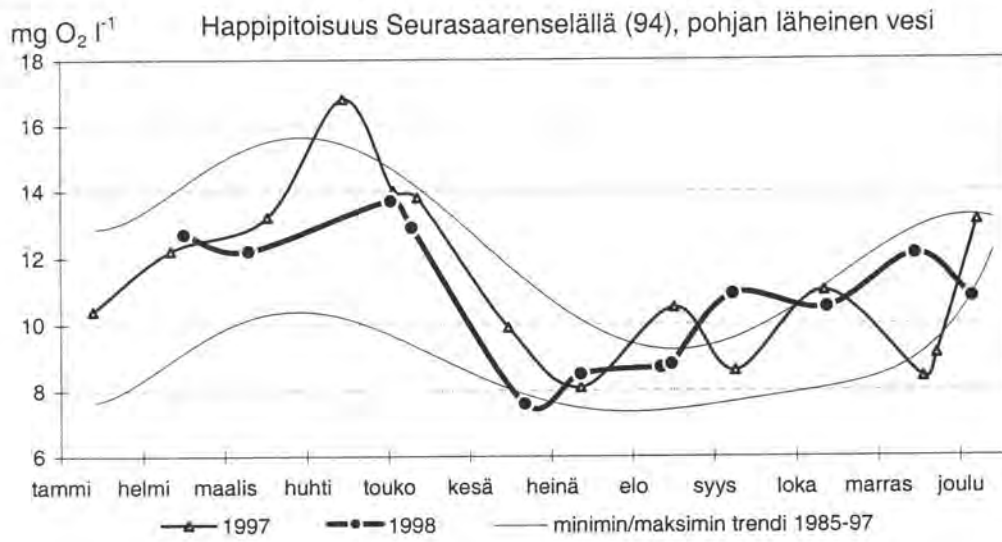
mg m<sup>-3</sup> a-klorofyllin pitoisuus Vanhankaupunginselällä (4), 0-2 m



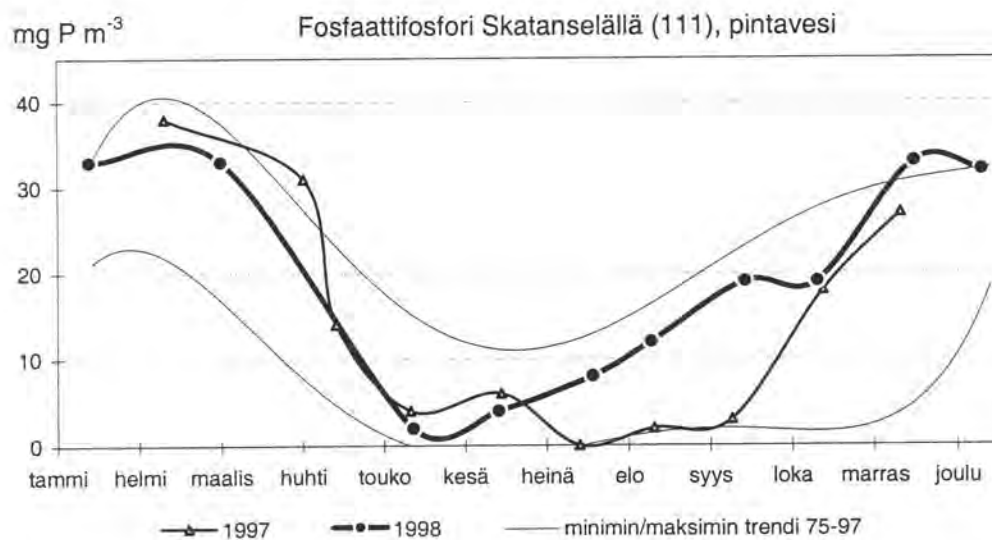
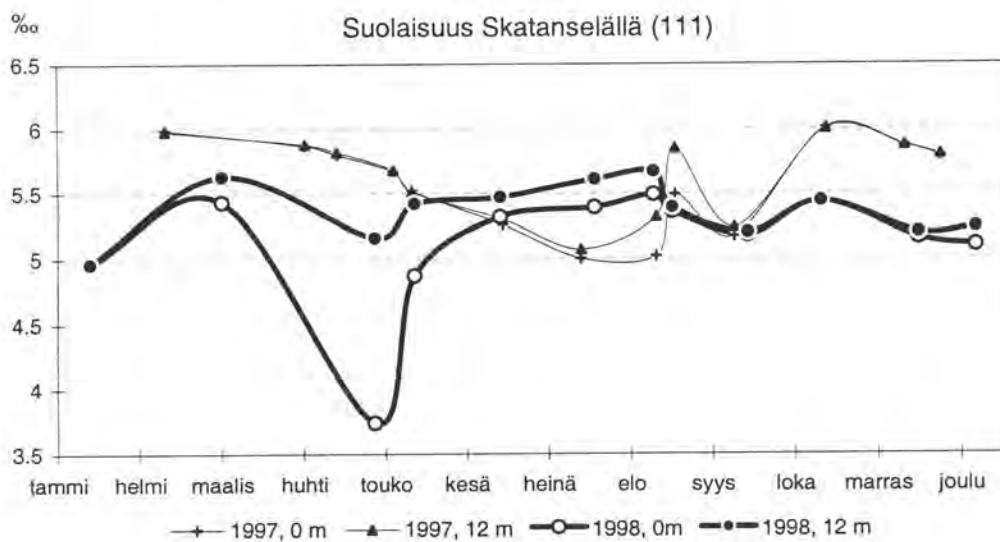
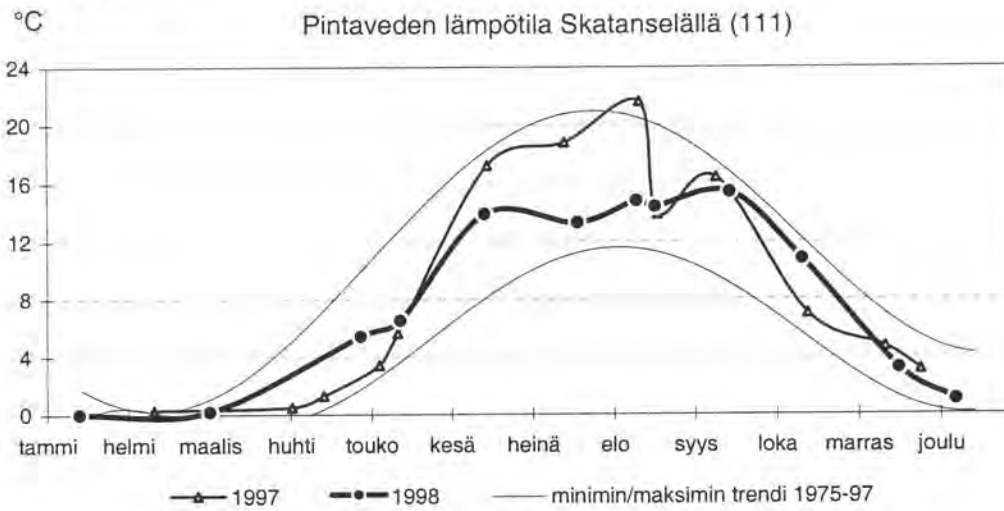
**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Seurasaarenselällä (94)**







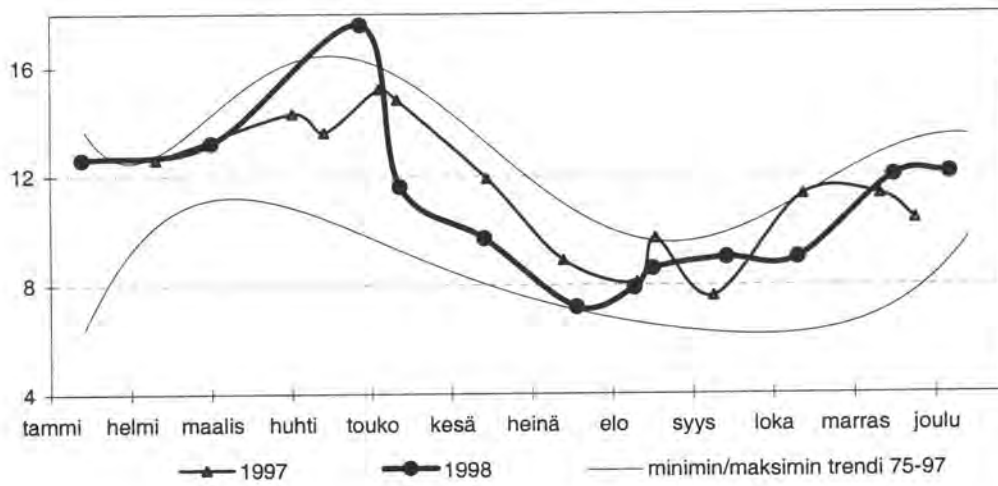
**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Skatanselällä (111)**



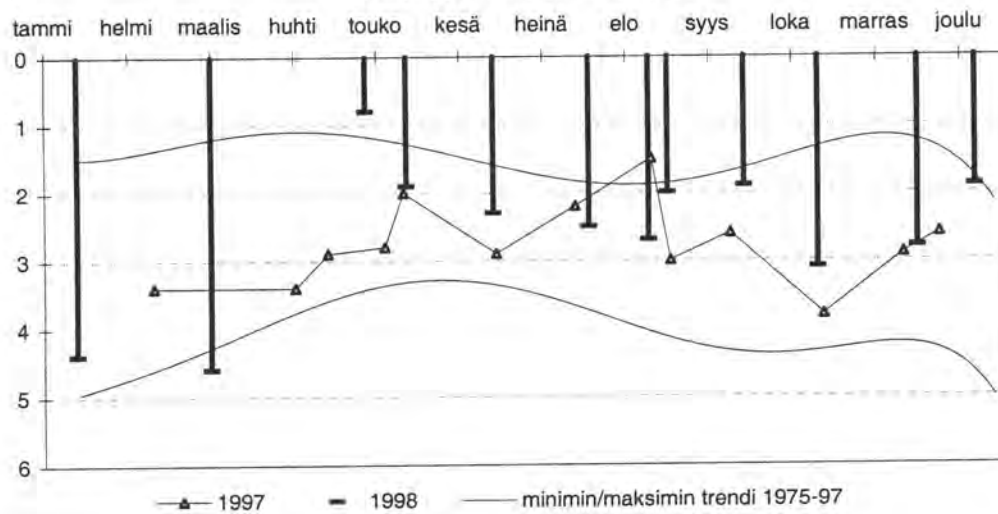




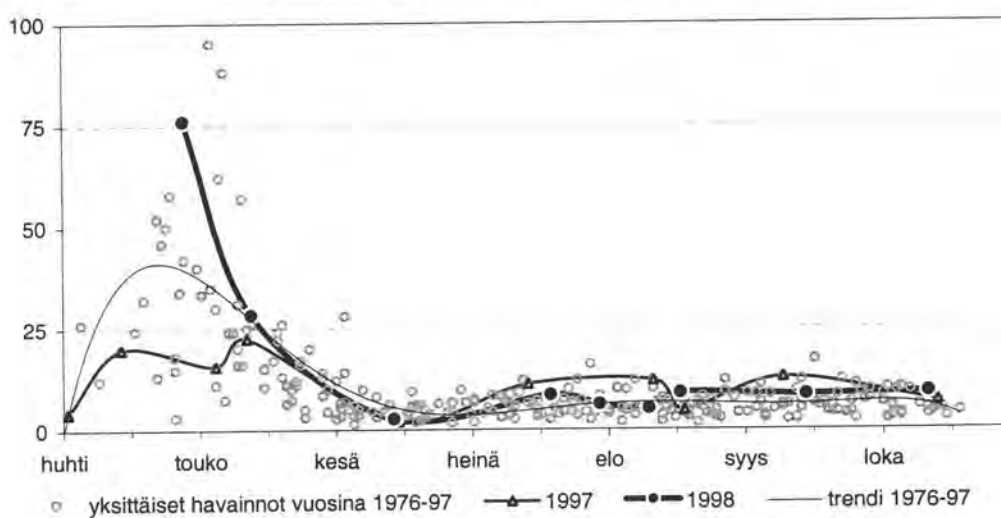
mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> Happipitoisuus Skatanselällä (111), pohjan läheinen vesi



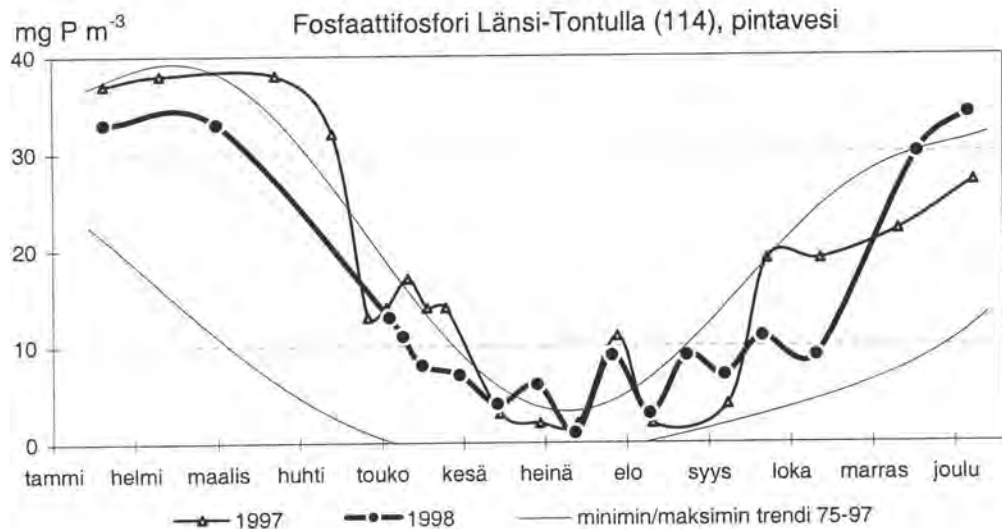
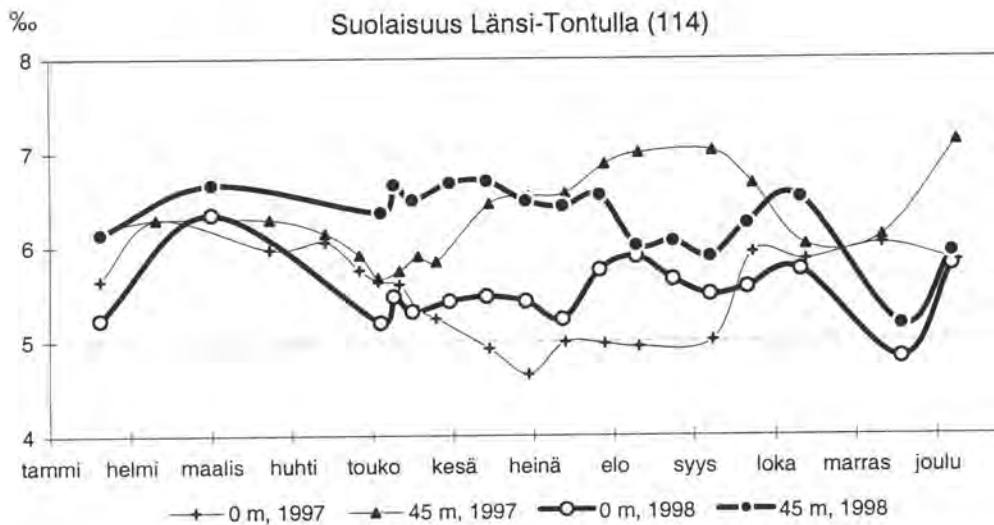
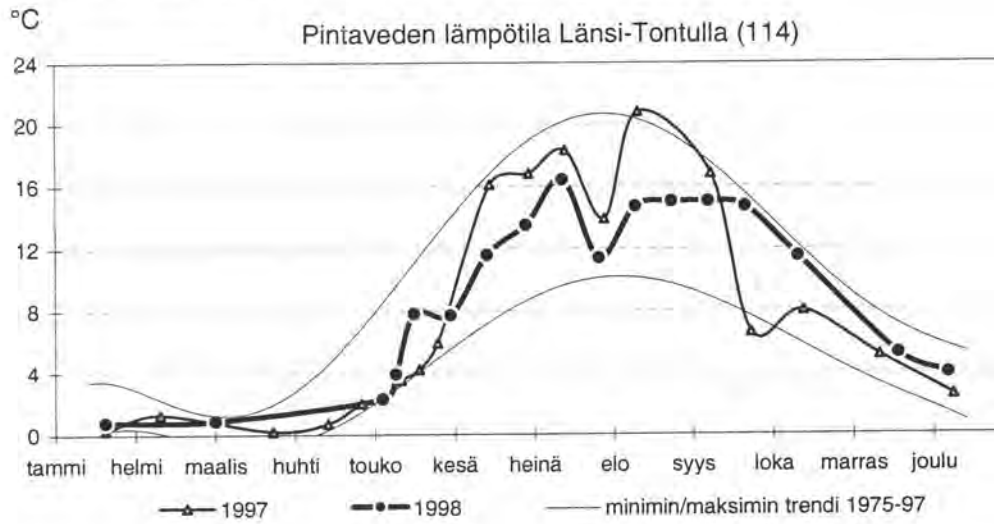
m Näkösyvyys Skatanselällä (111)

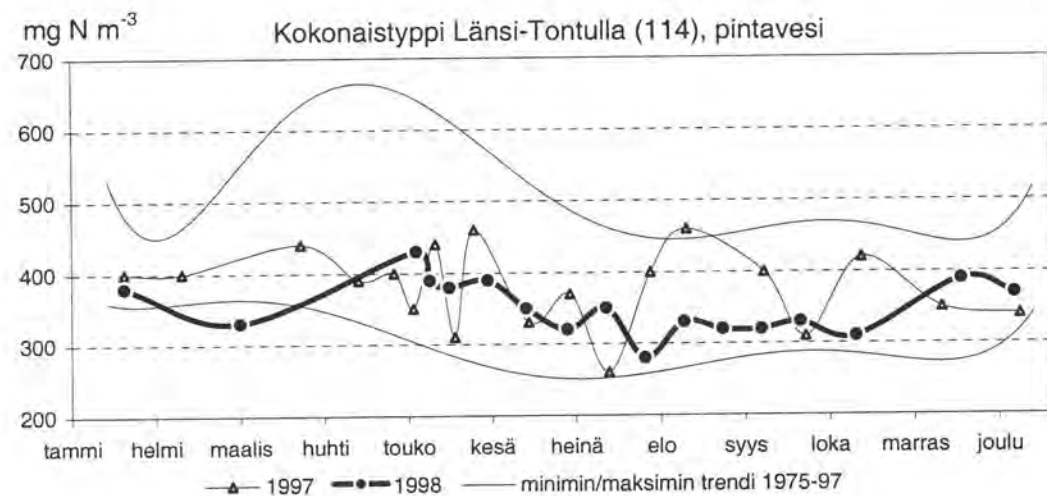
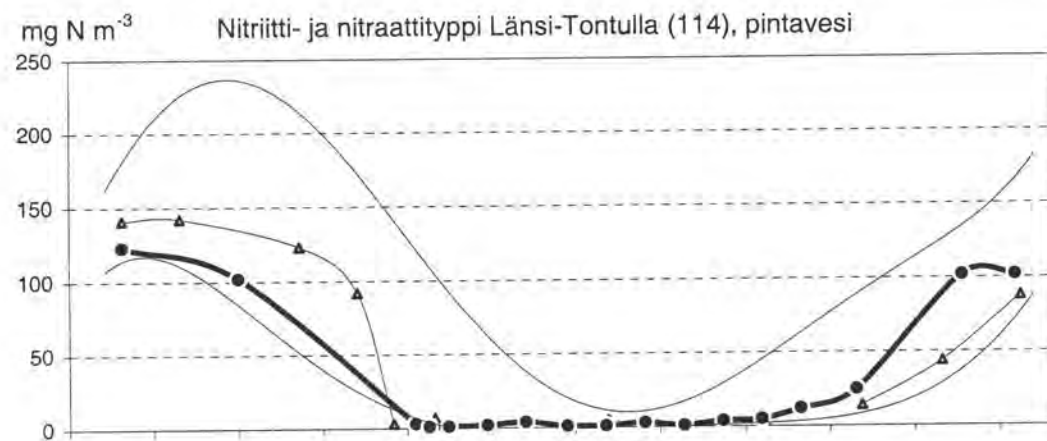
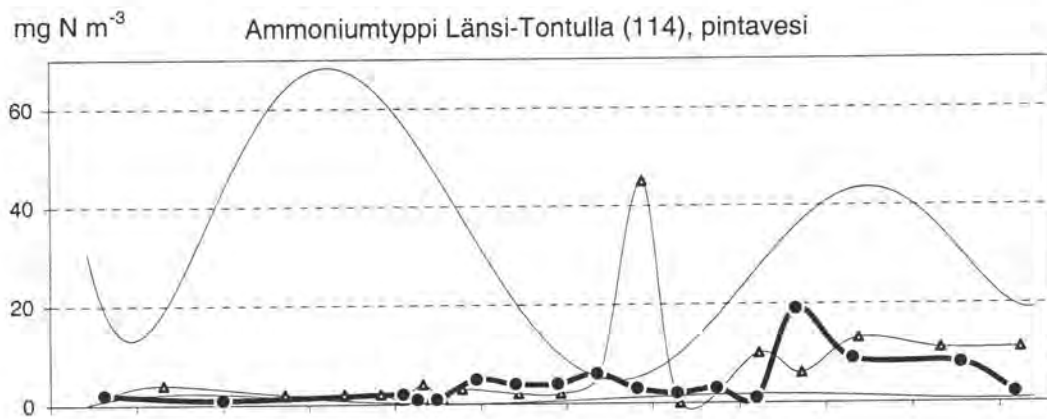
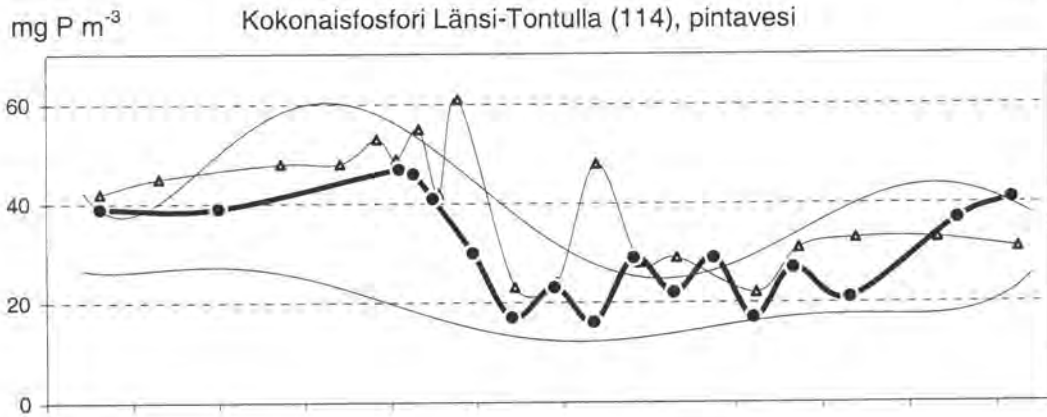


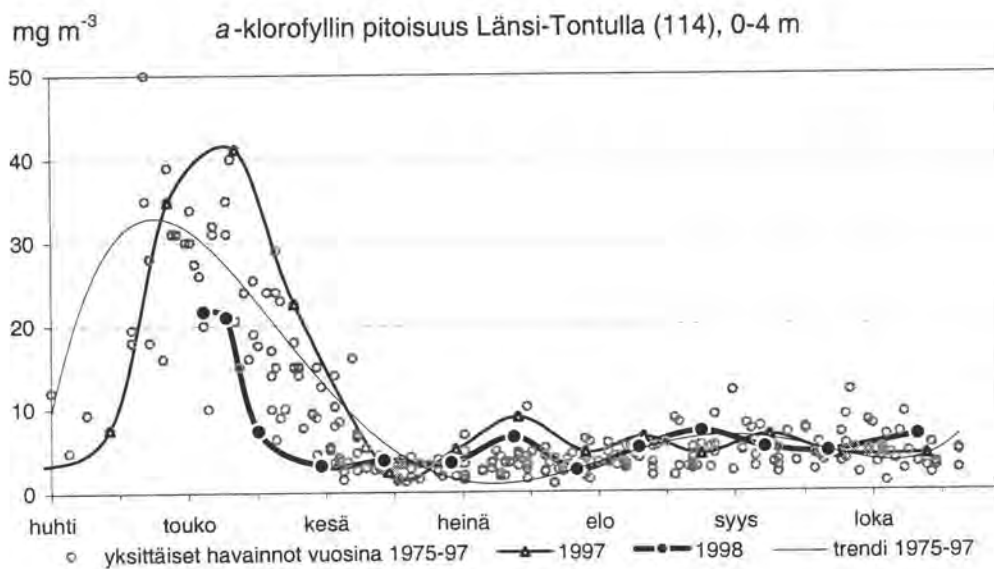
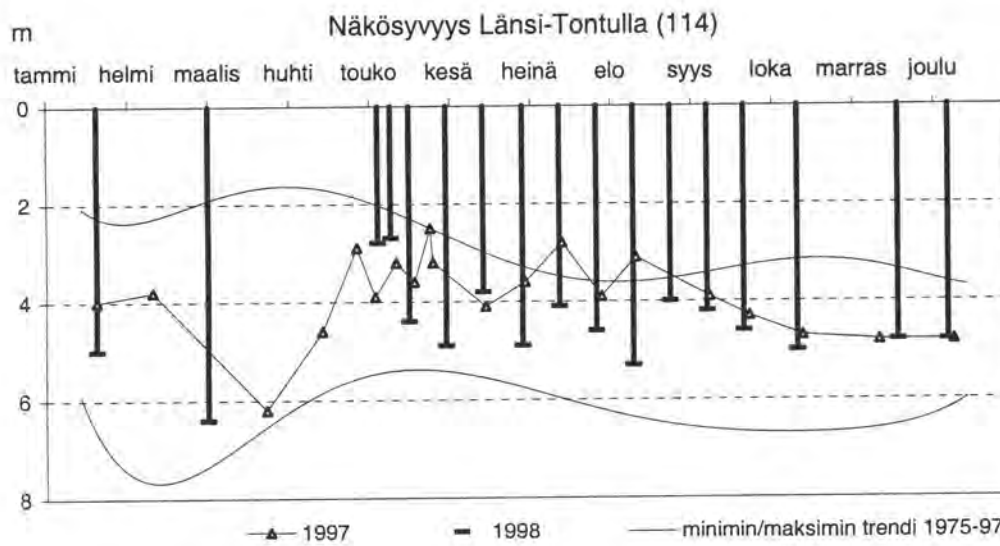
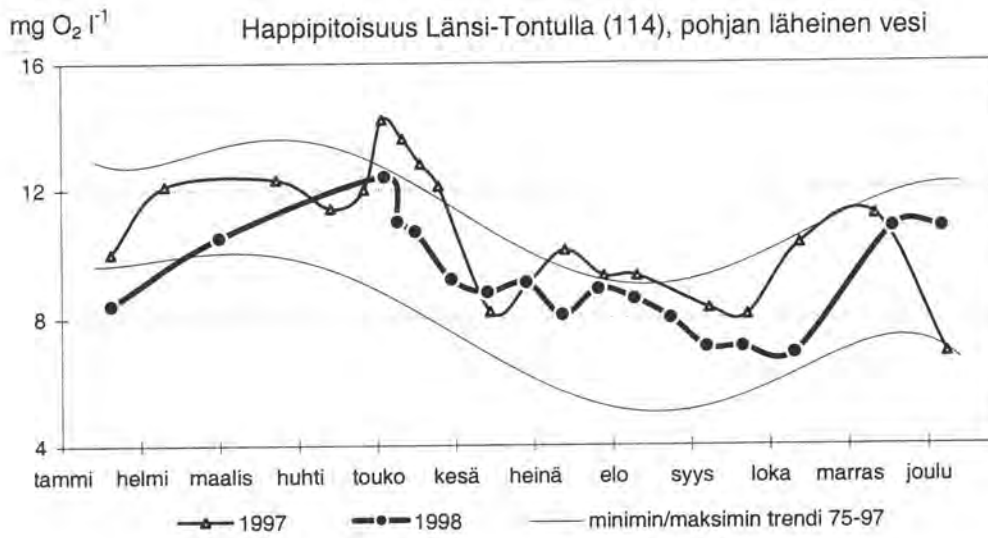
mg m<sup>-3</sup> a-klorofyllin pitoisuus Skatanselällä (111), 0-4 m



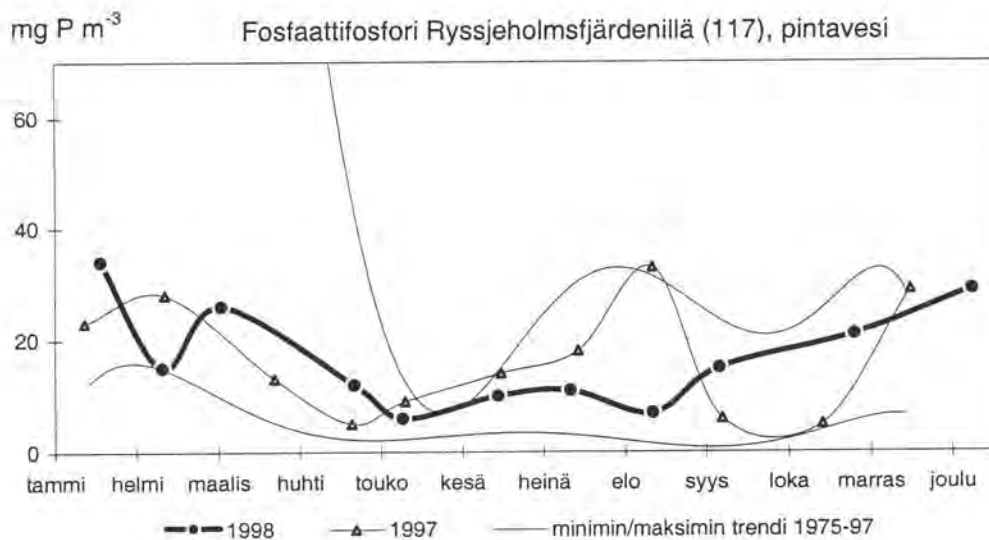
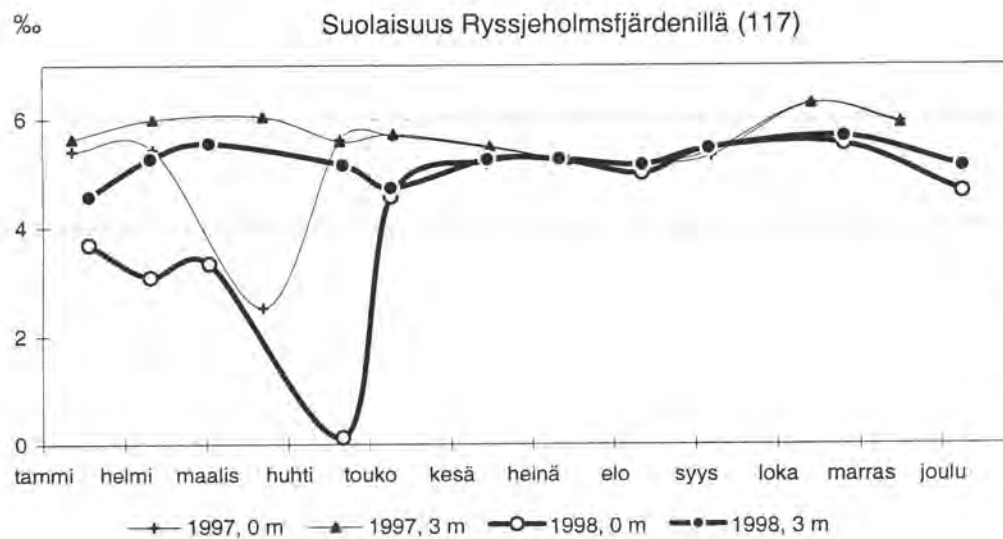
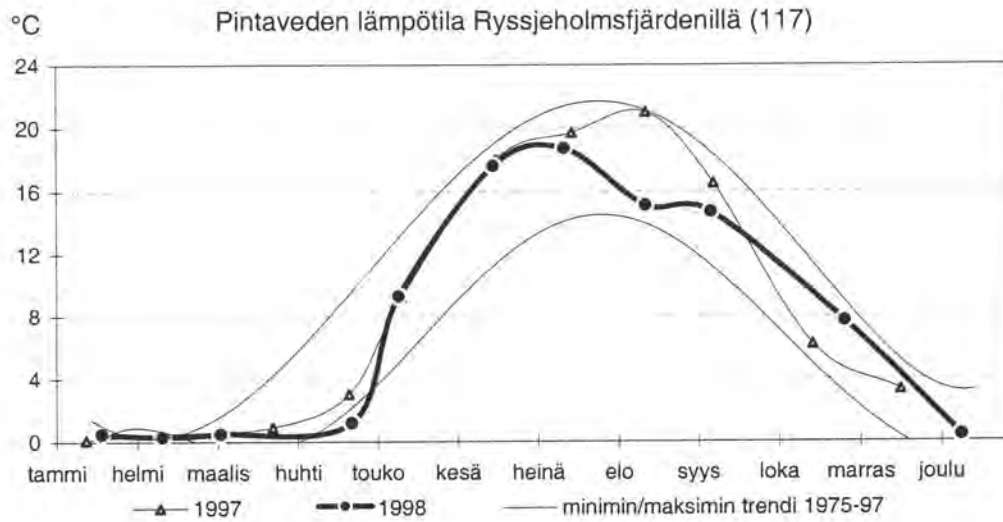
**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Länsi-Tontun alueella (114)**

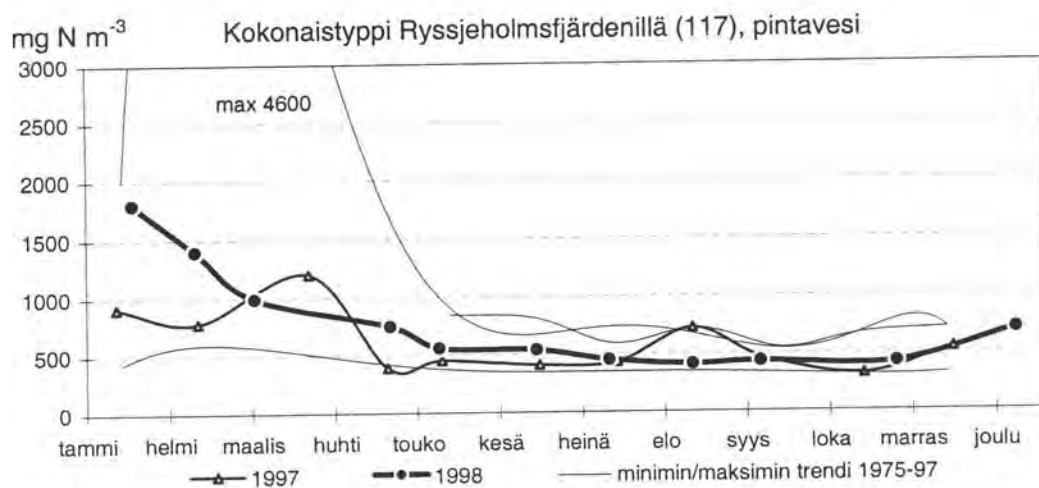
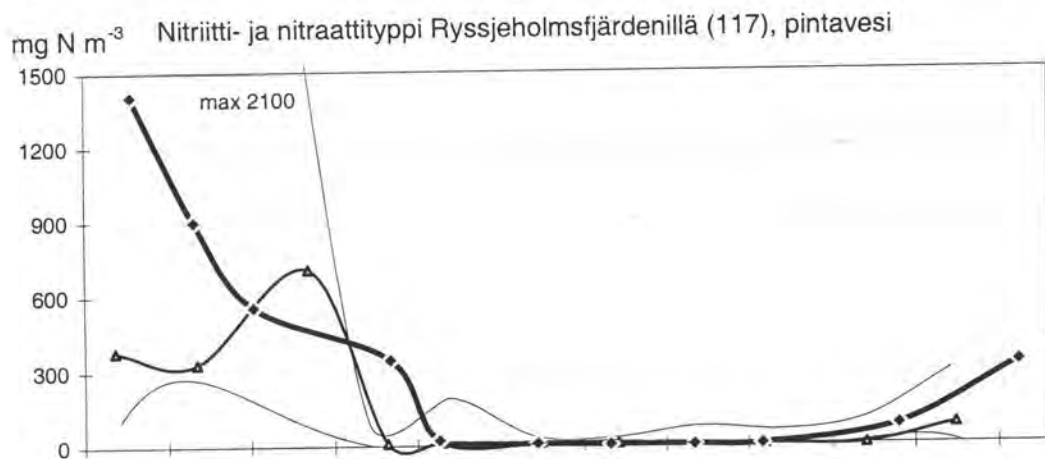
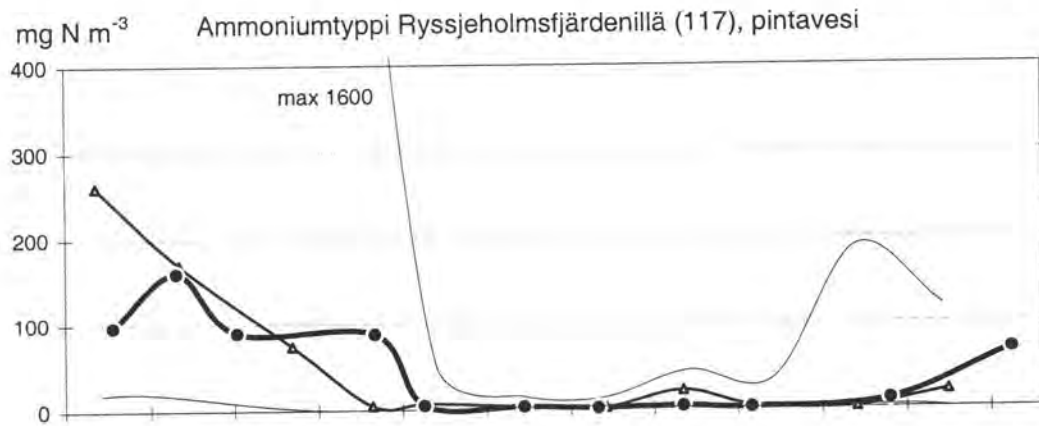
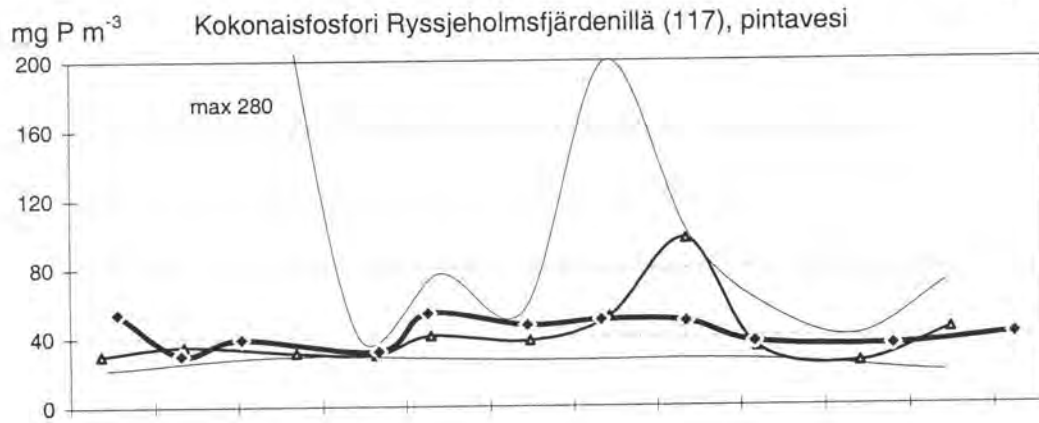


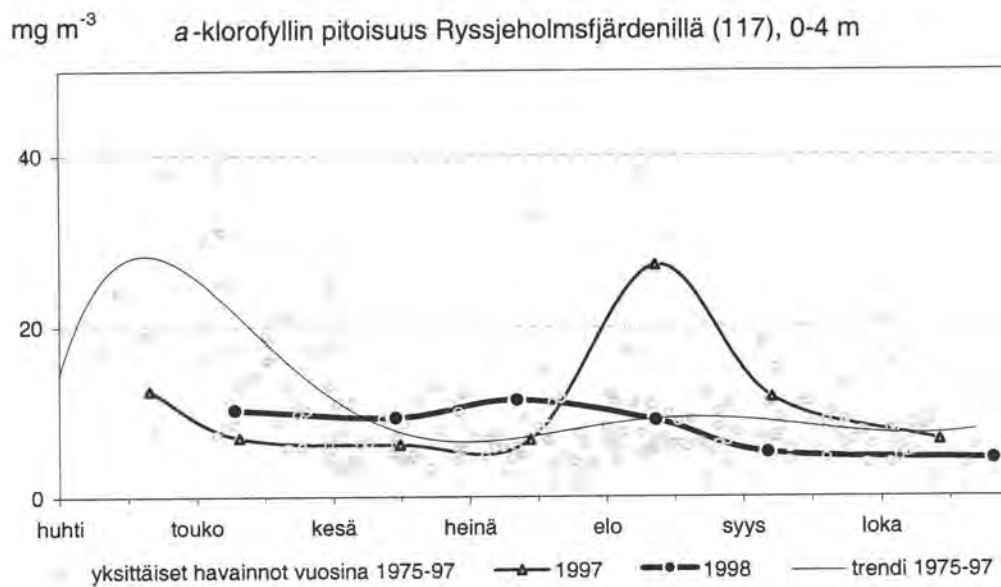
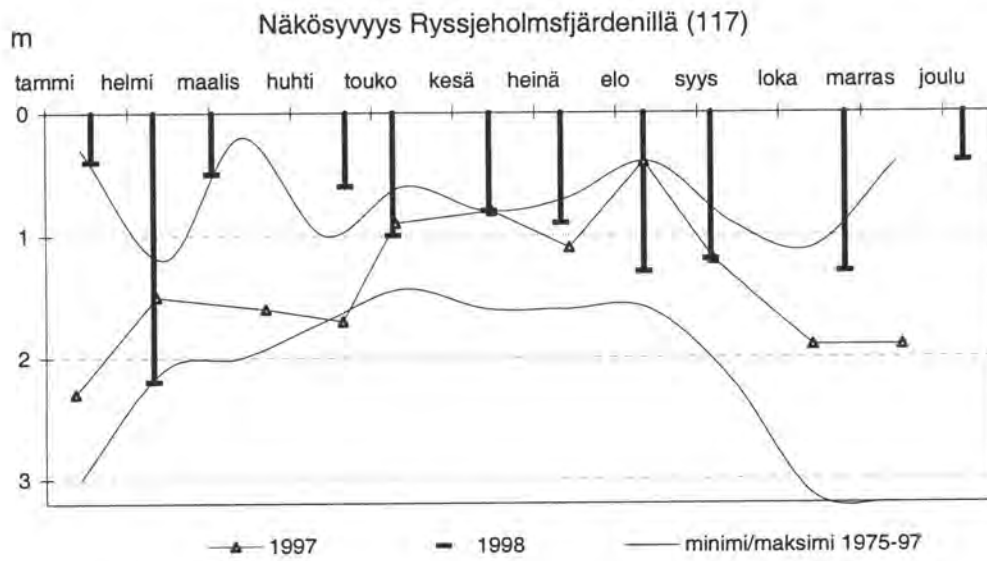
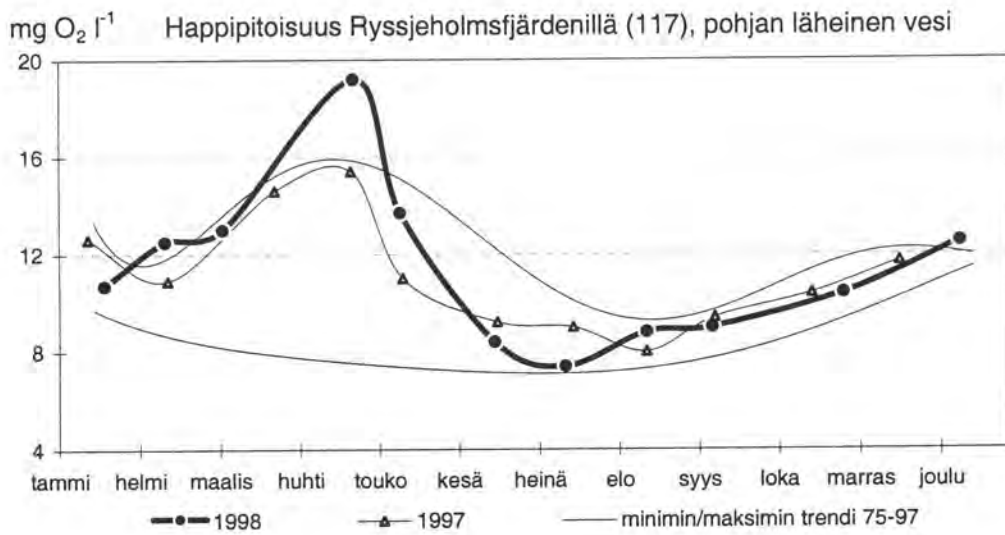




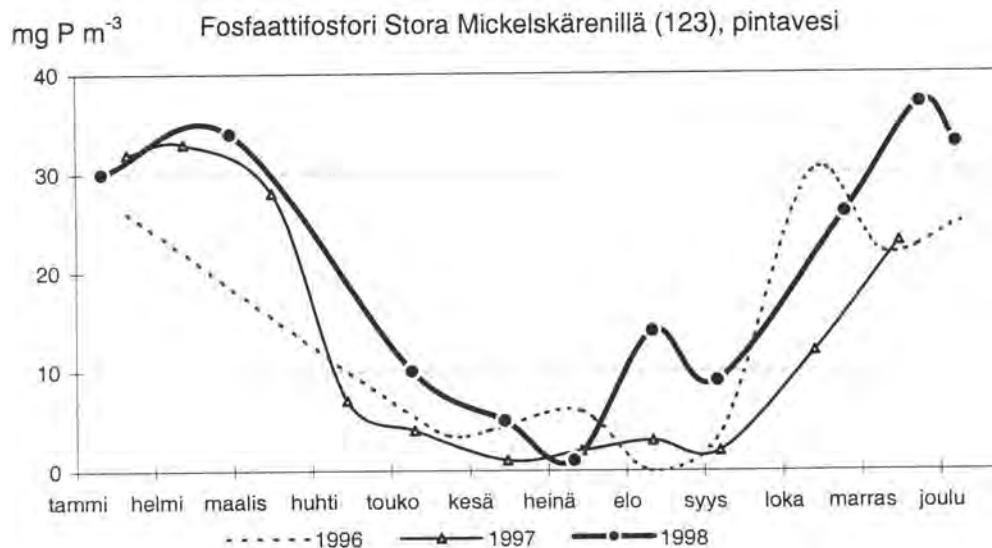
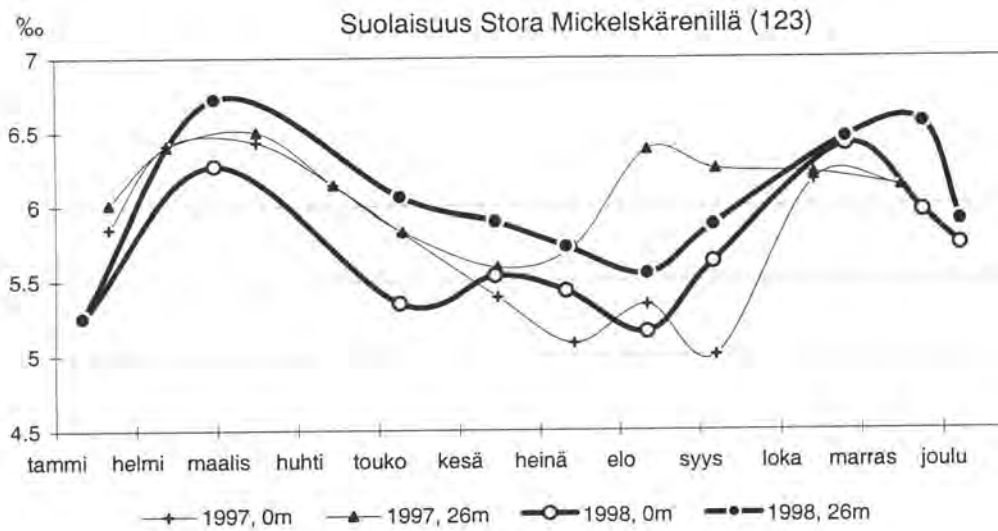
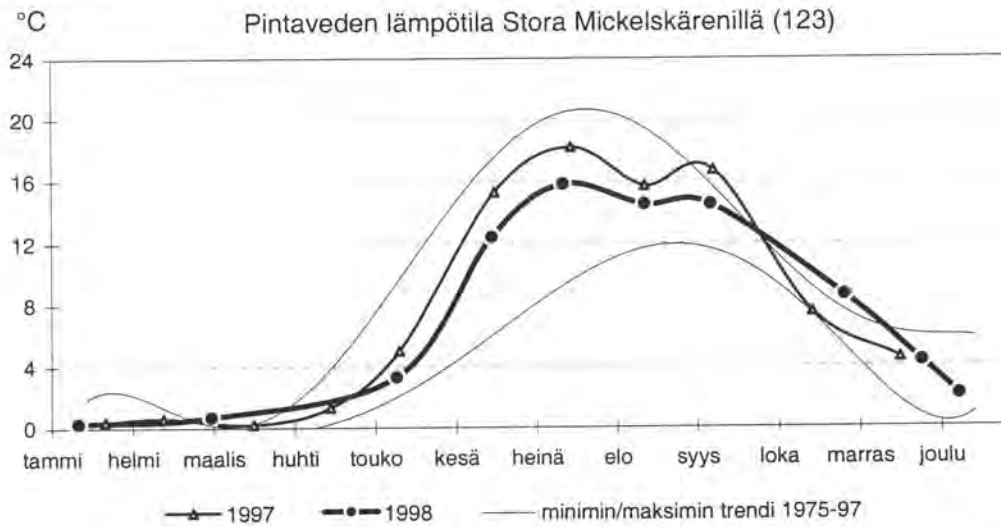
**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Ryssjeholmsfjärdenillä (117)**



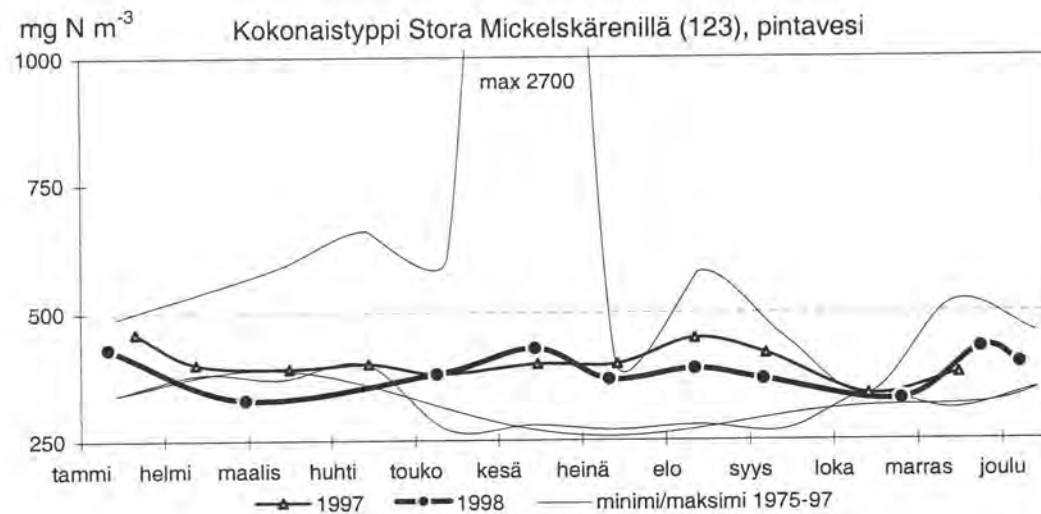
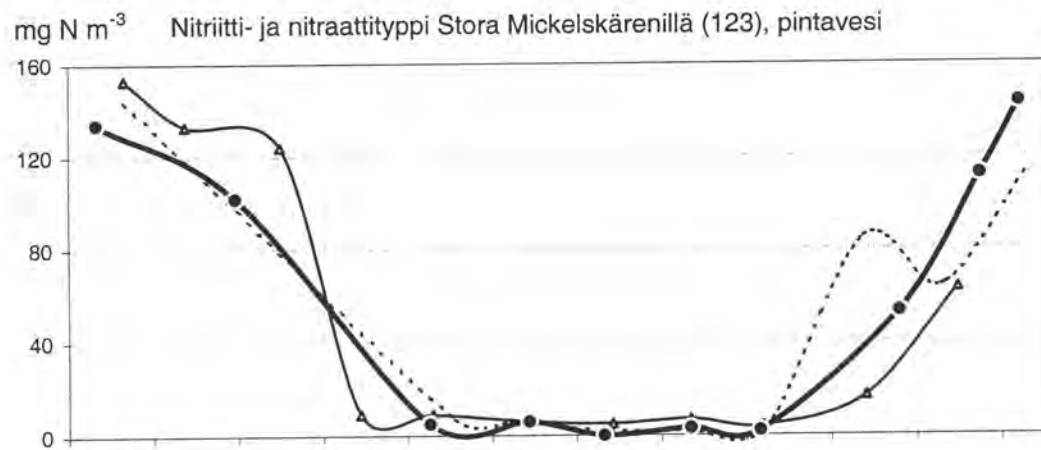
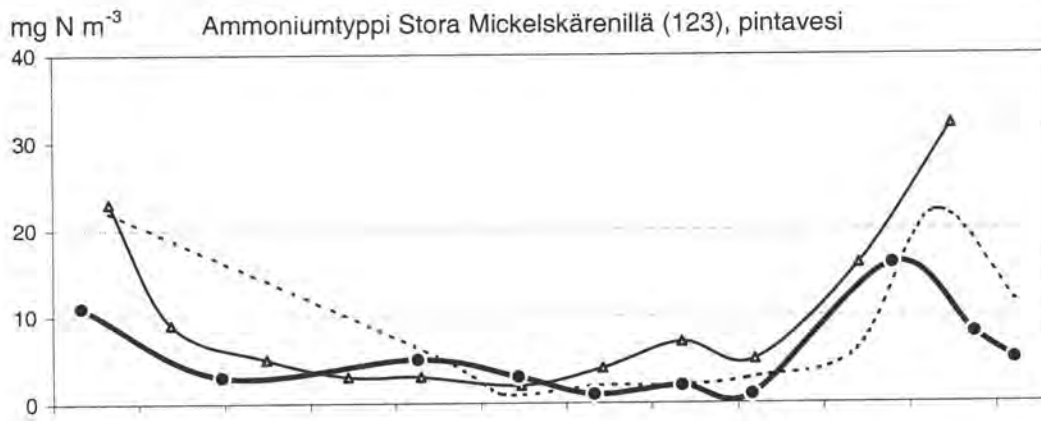
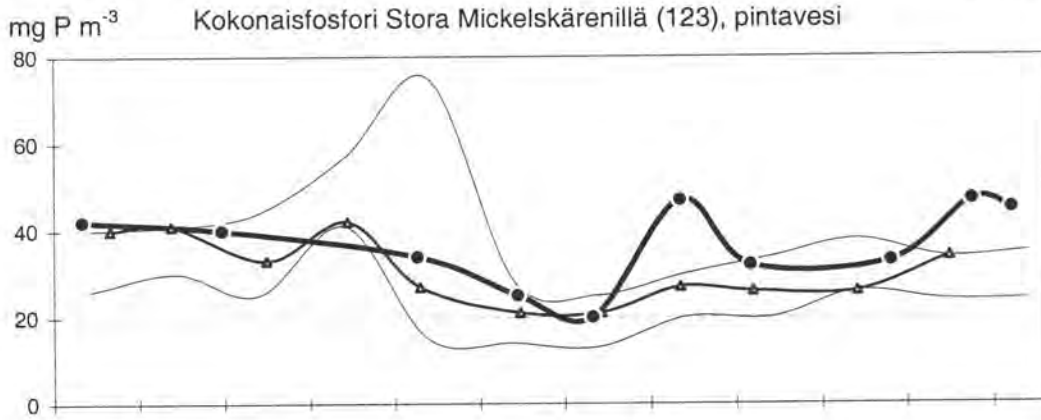




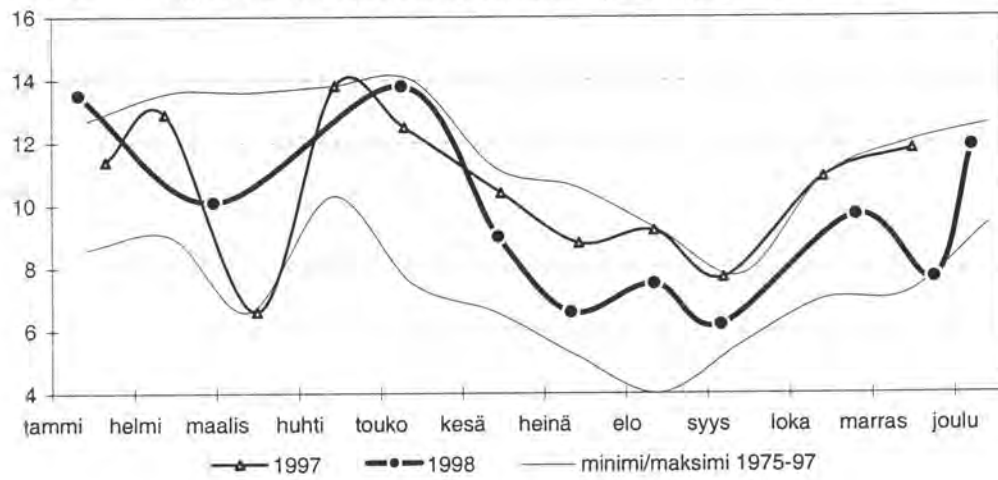
**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Stora Mickelskärenillä (123)**



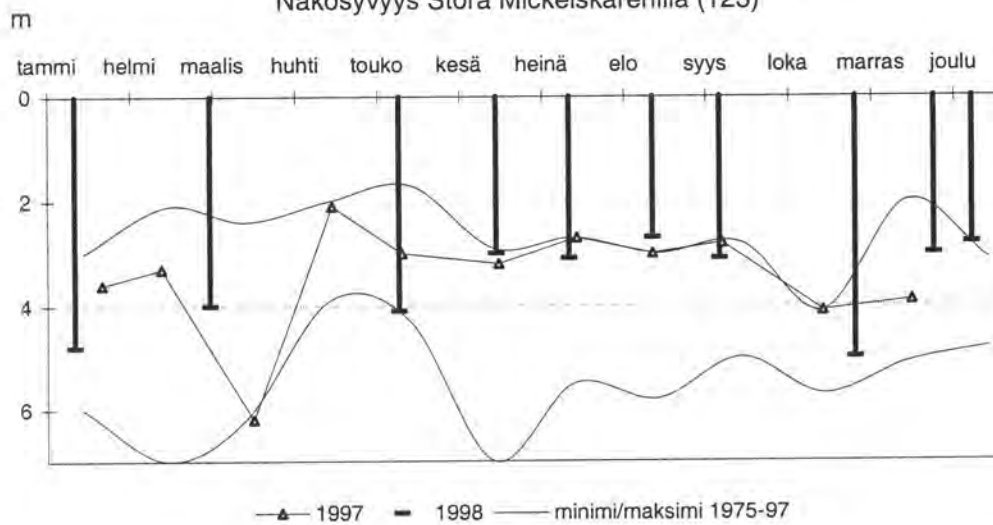




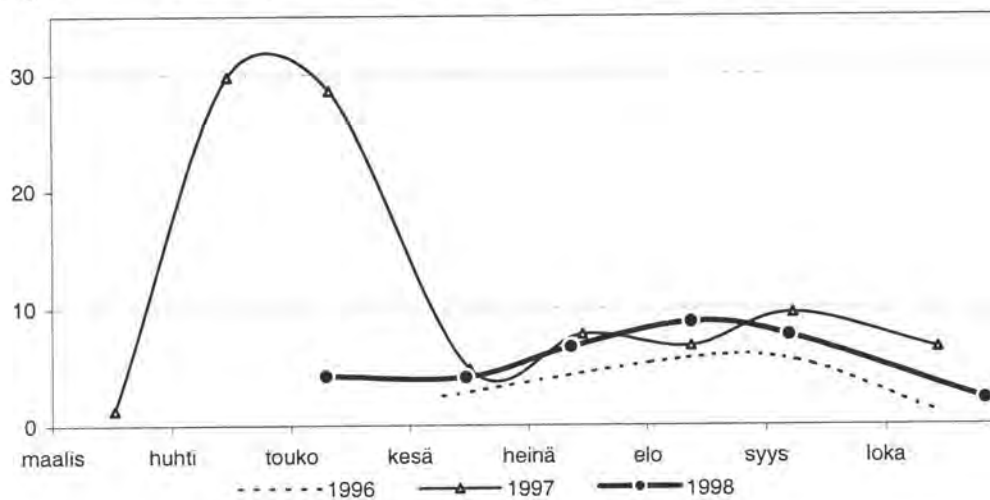
mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> Happipitoisuus Stora Mickelskärenillä (123), pohjan läheinen vesi



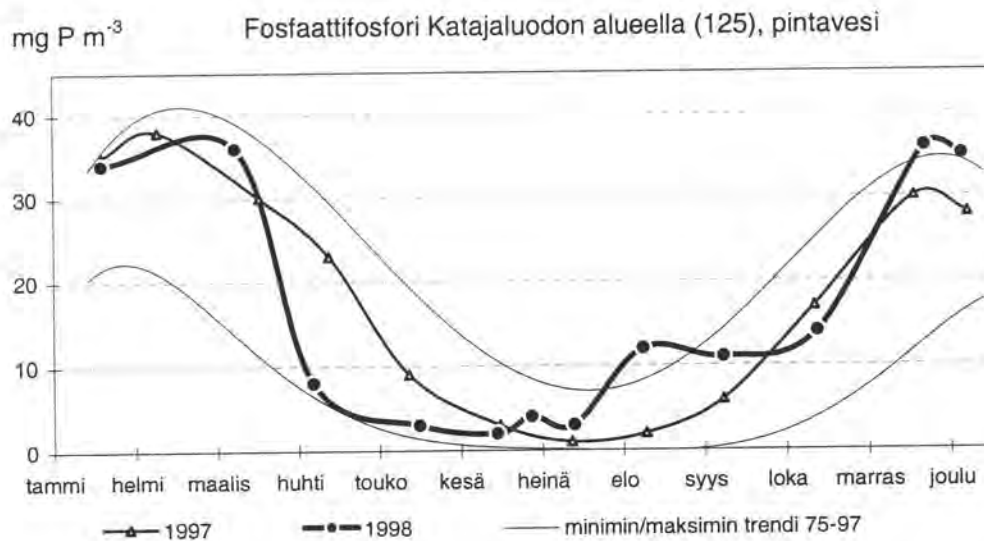
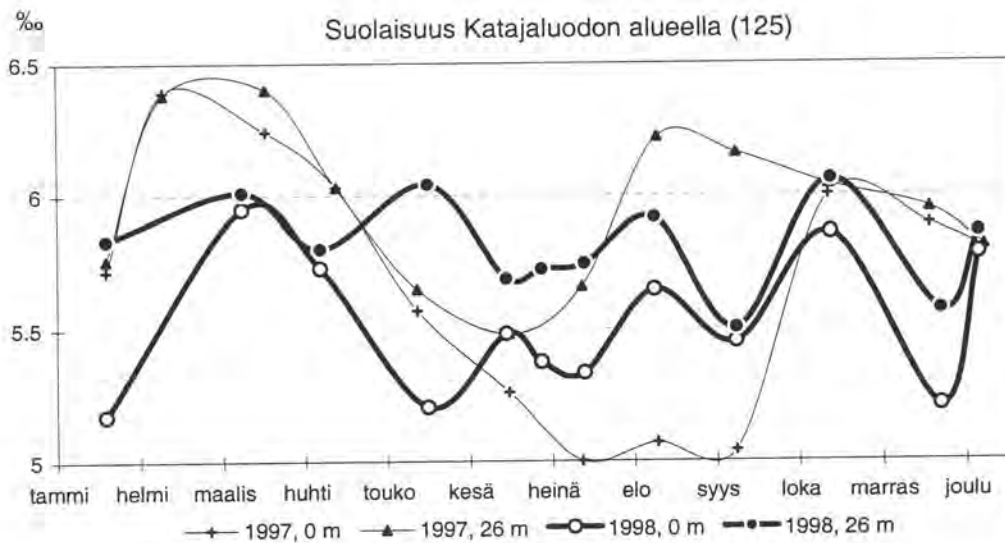
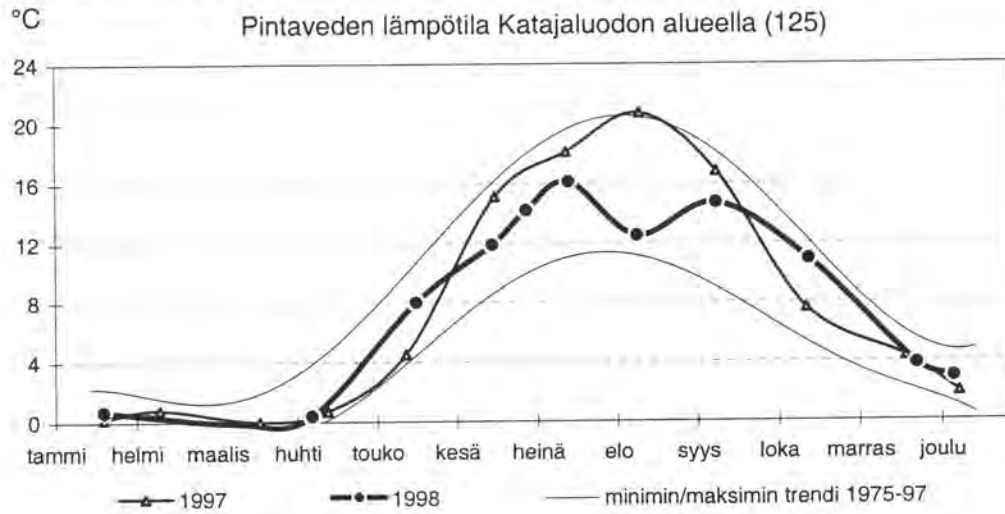
Näkösyvyys Stora Mickelskärenillä (123)

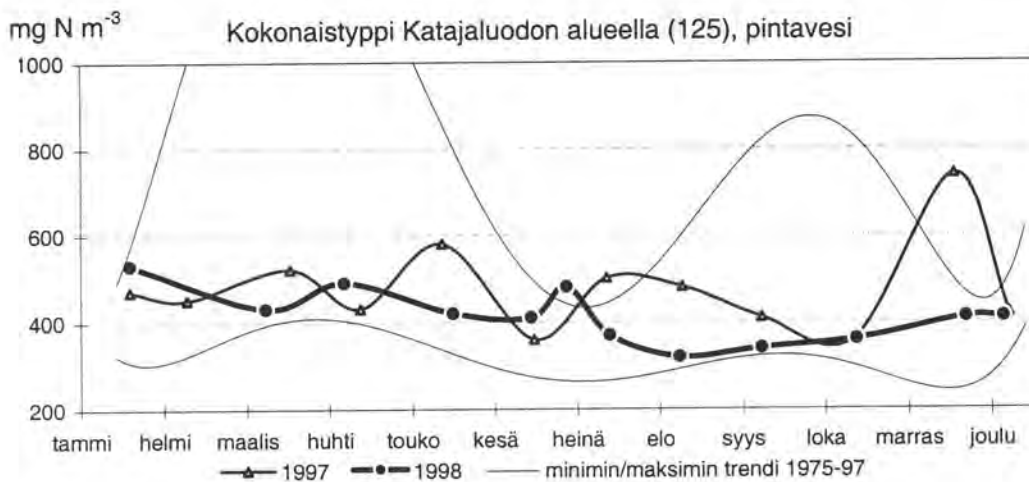
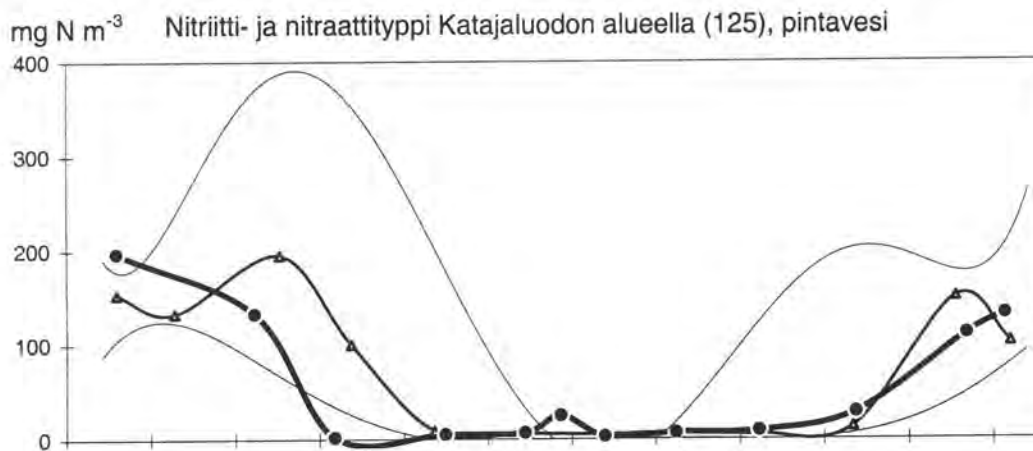
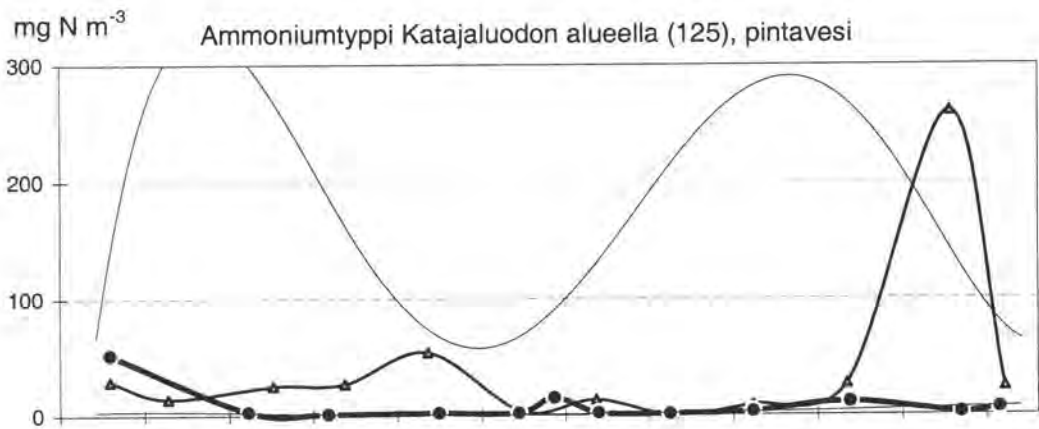
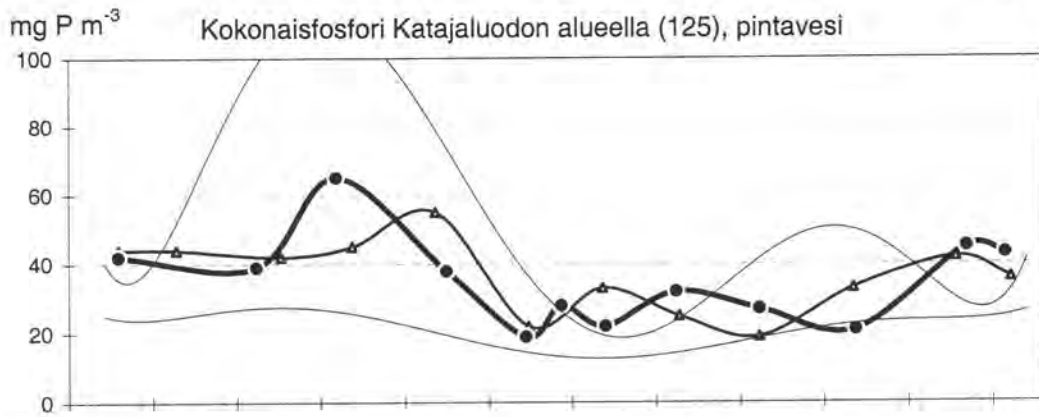


mg m<sup>-3</sup> a-klorofyllin pitoisuus Stora Mickelskärenillä (123), 0-4 m

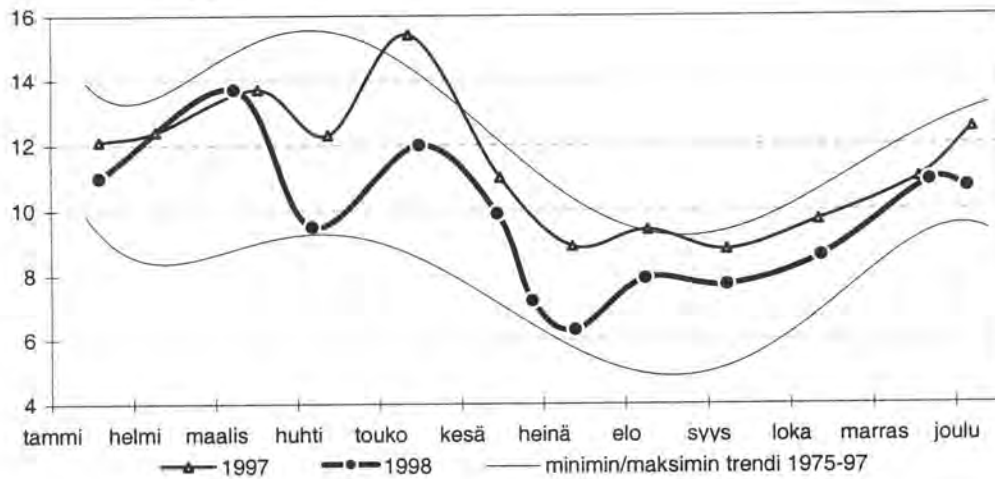


**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Katajaluodon alueella (125)**

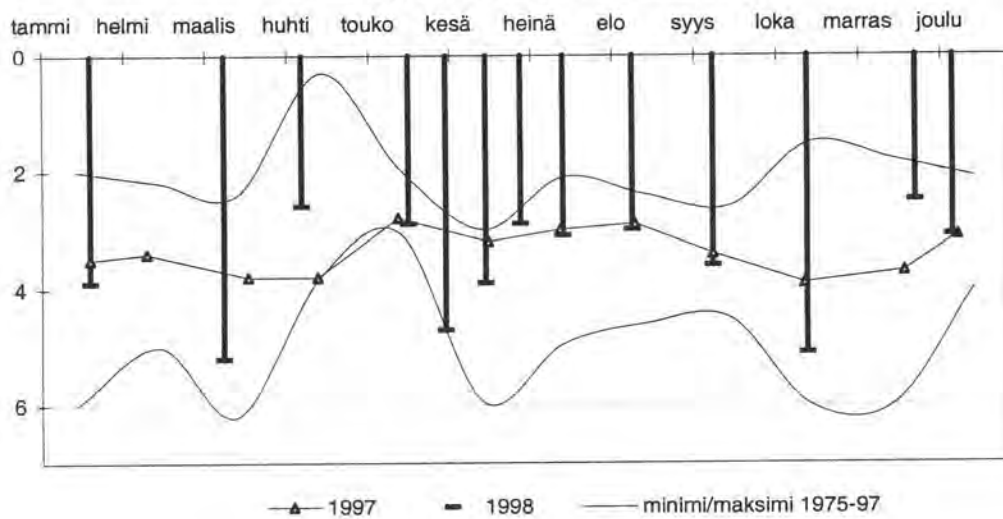




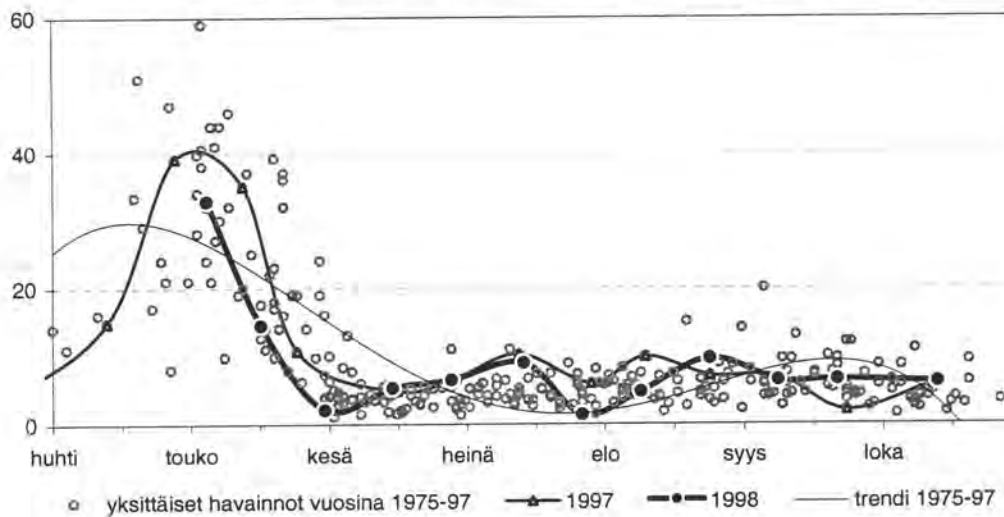
mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> Happipitoisuus Katajaluodon alueella (125), pohjan läheinen vesi



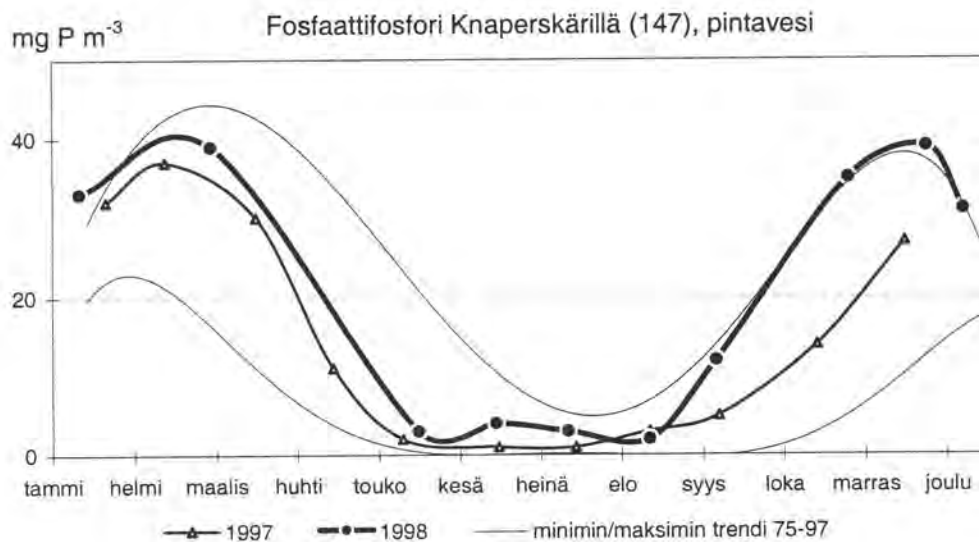
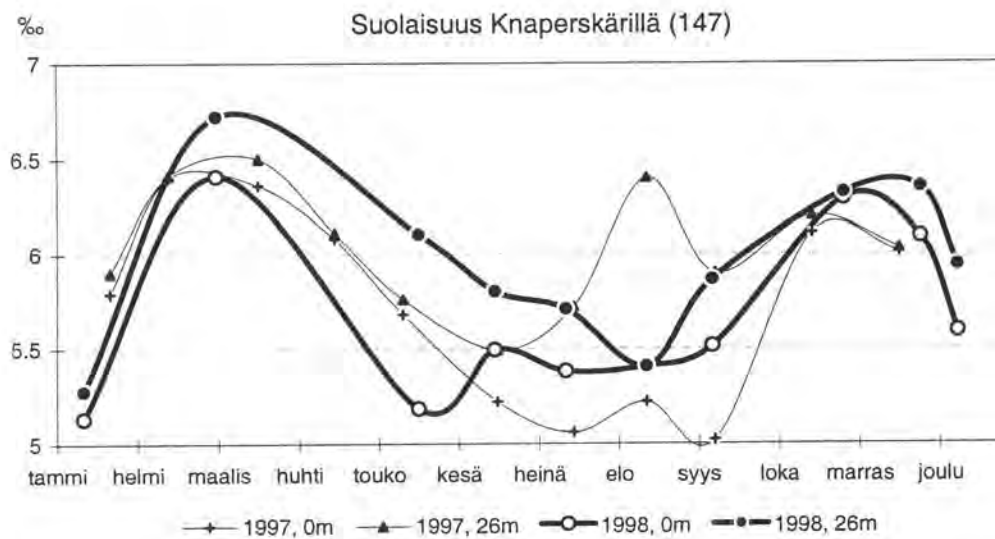
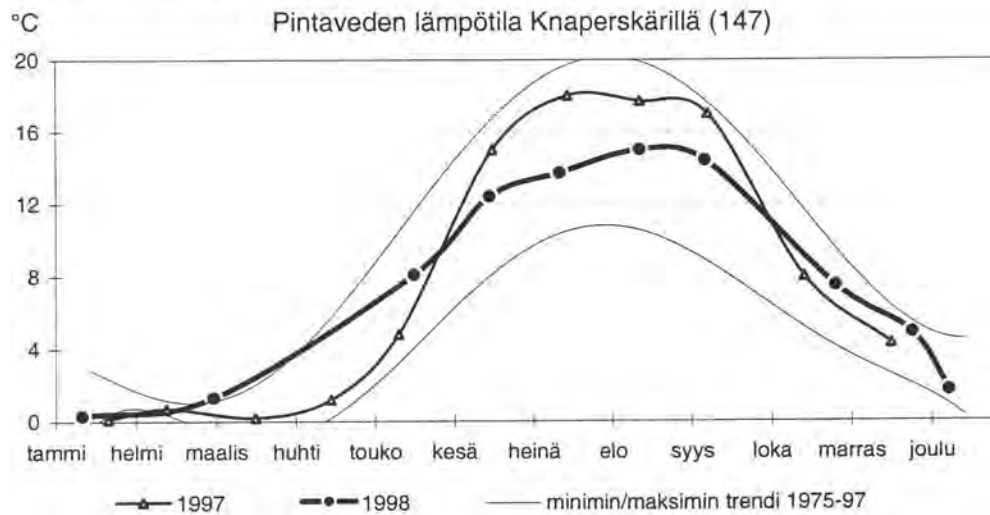
m Näkösyvyys Katajaluodon alueella (125)

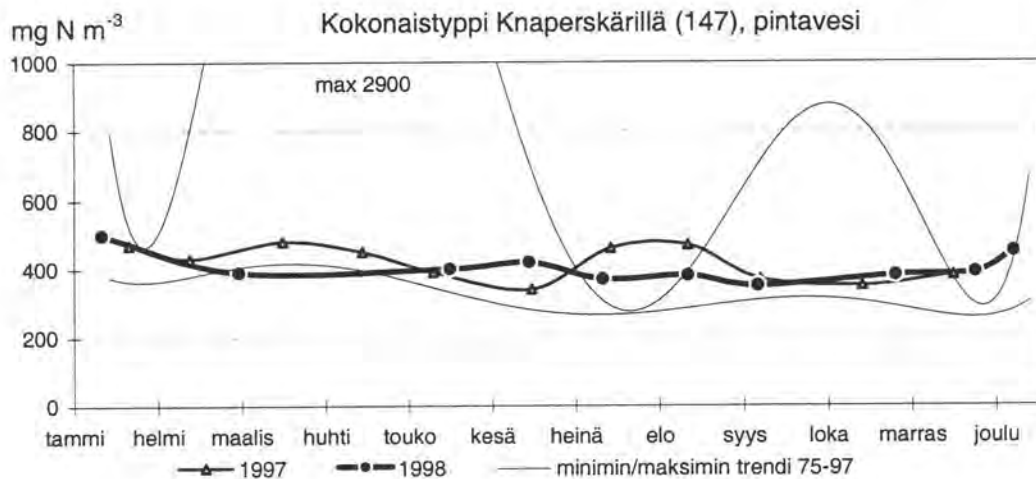
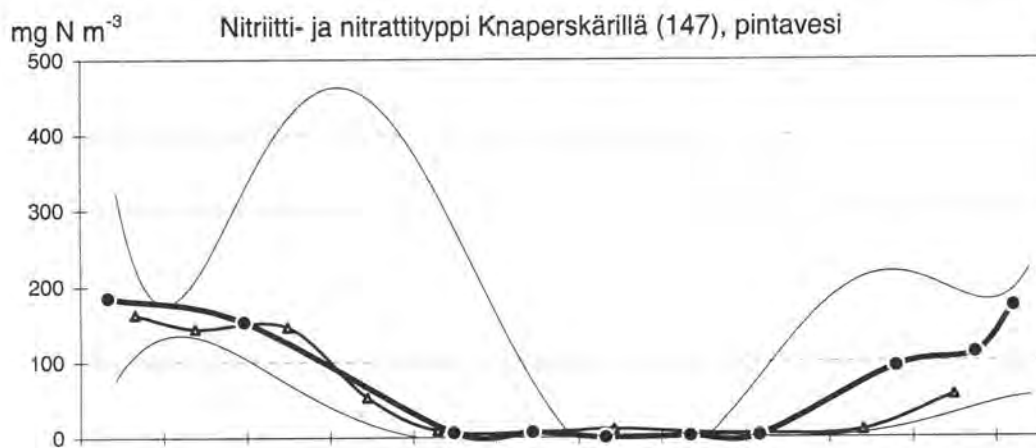
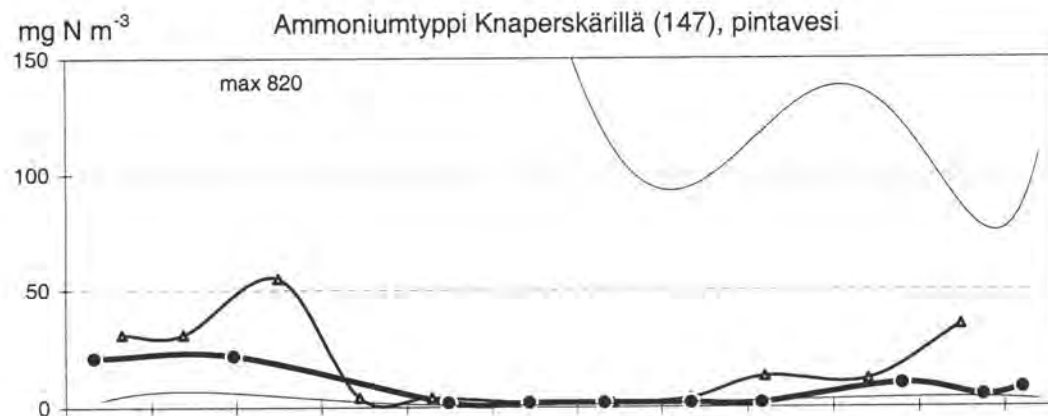
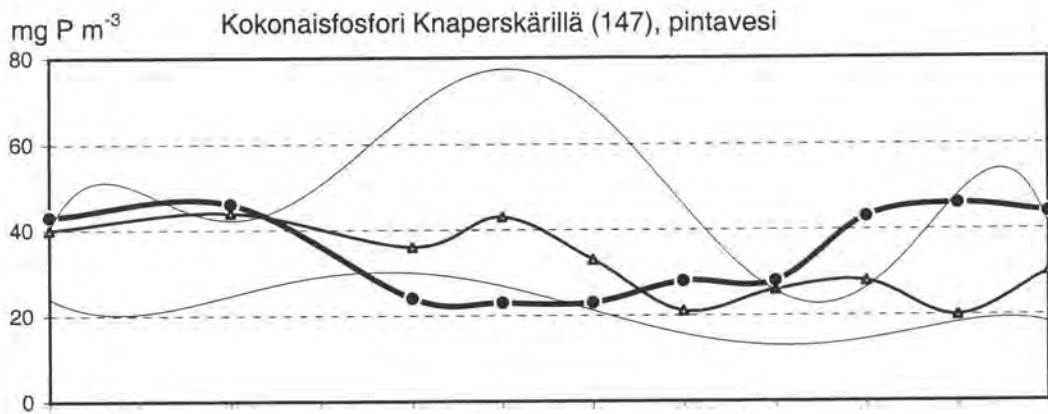


mg m<sup>-3</sup> a-klorofyllin pitoisuus Katajaluodon alueella (125), 0-4 m



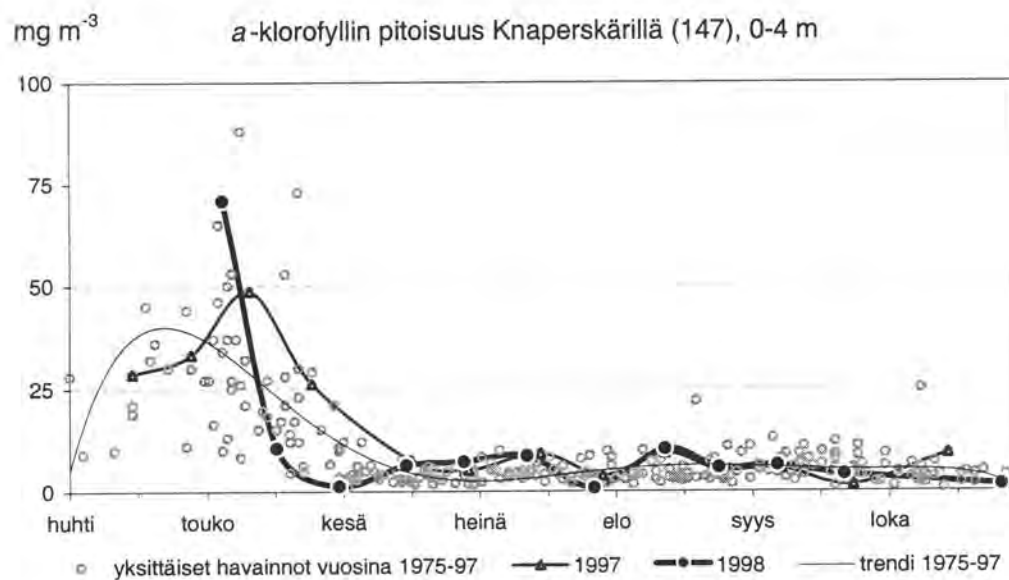
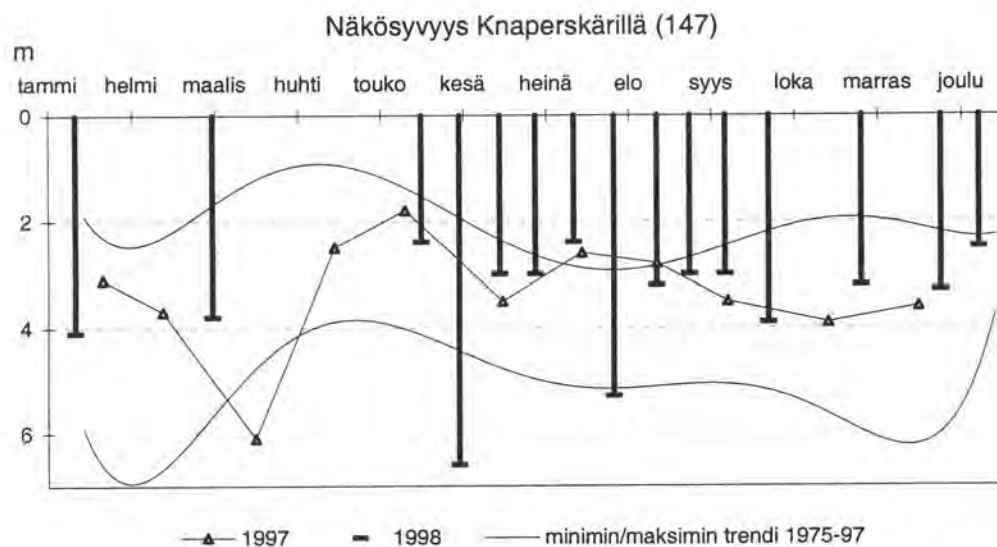
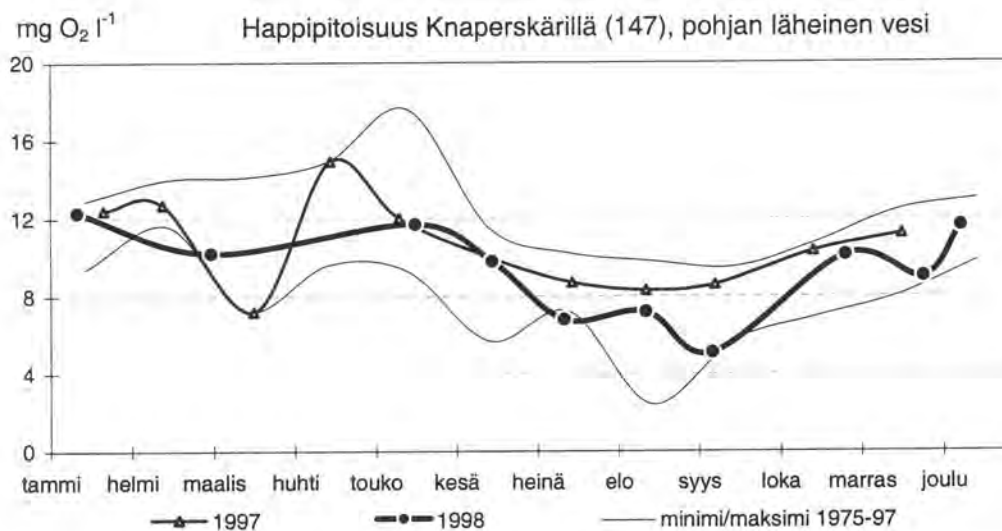
**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Knaperskärillä (147)**





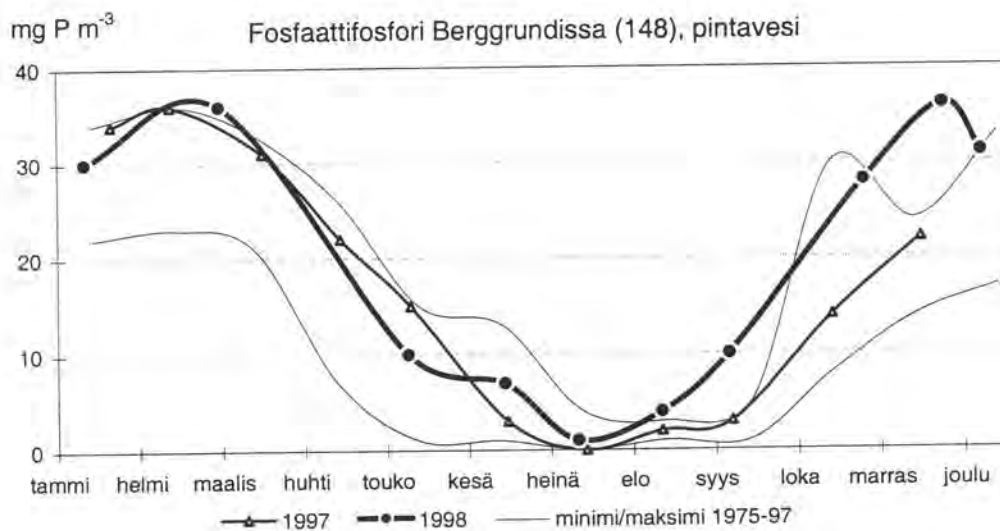
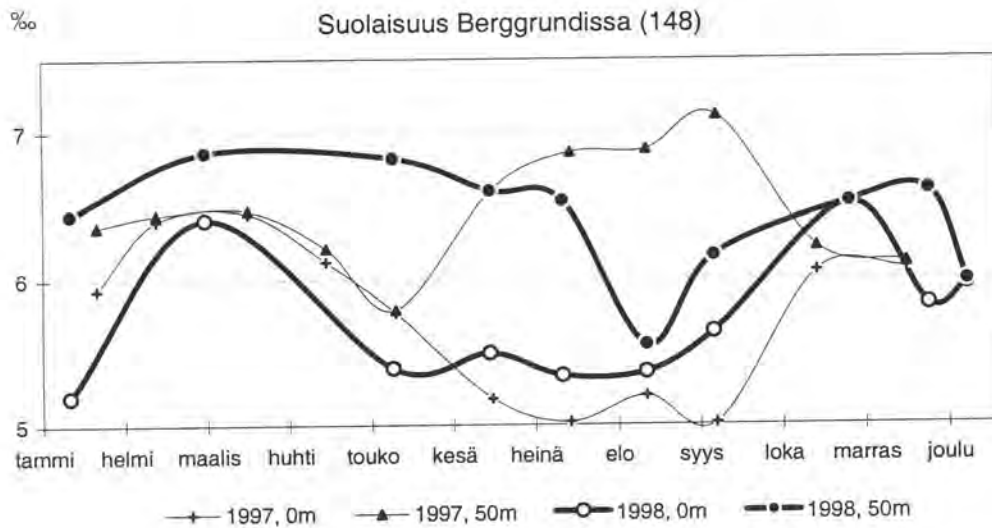
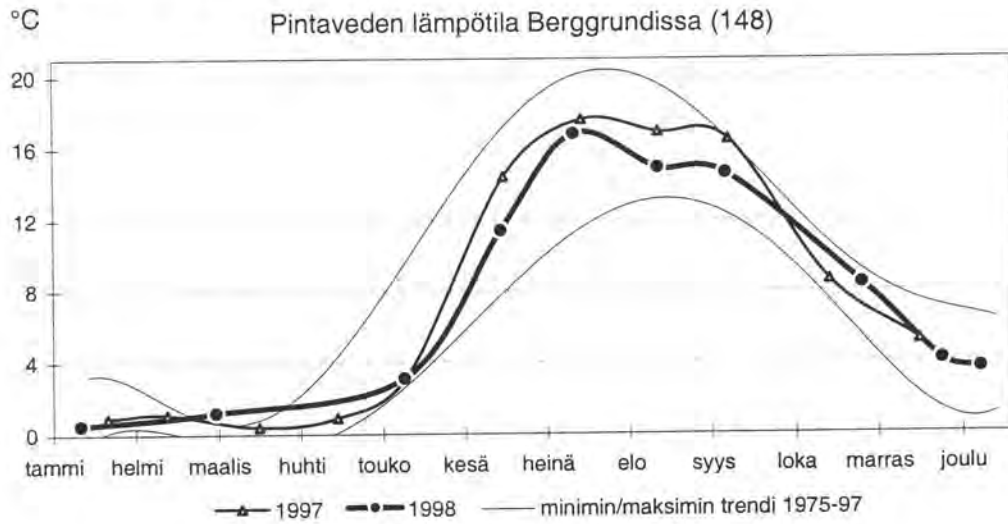
tammi helmi maalisk huhti touko kesä heinä elo syys loka marras joul

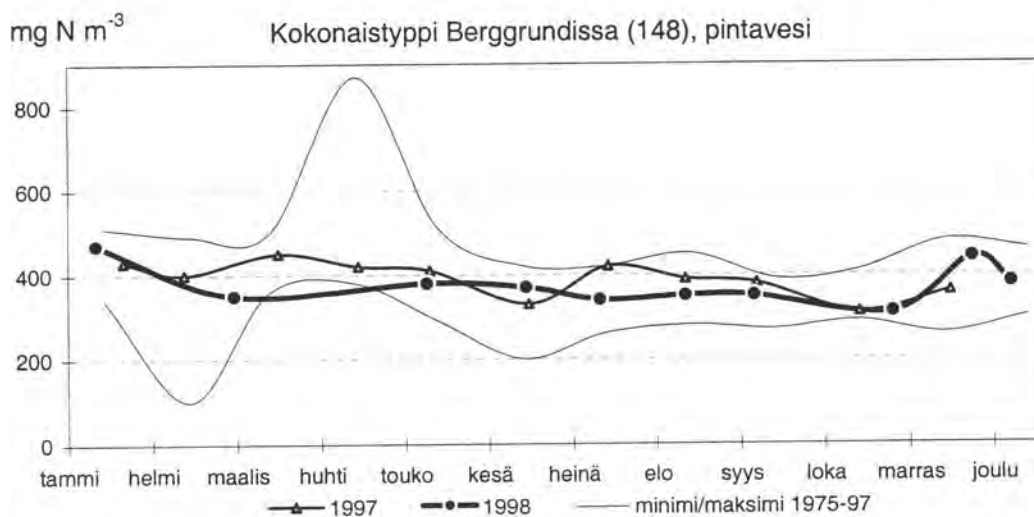
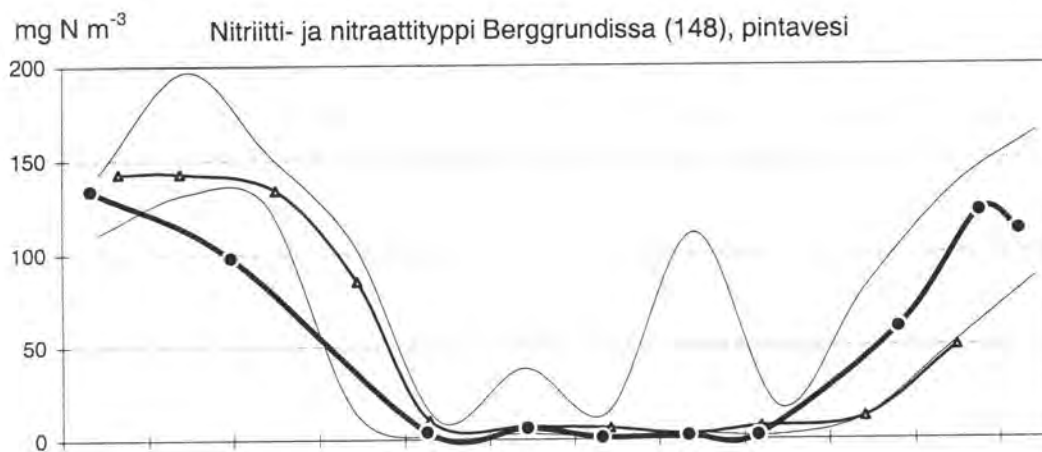
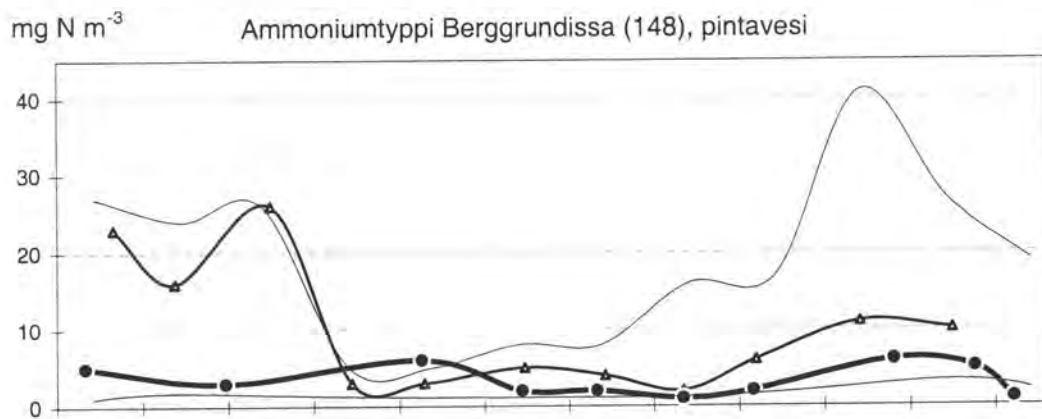
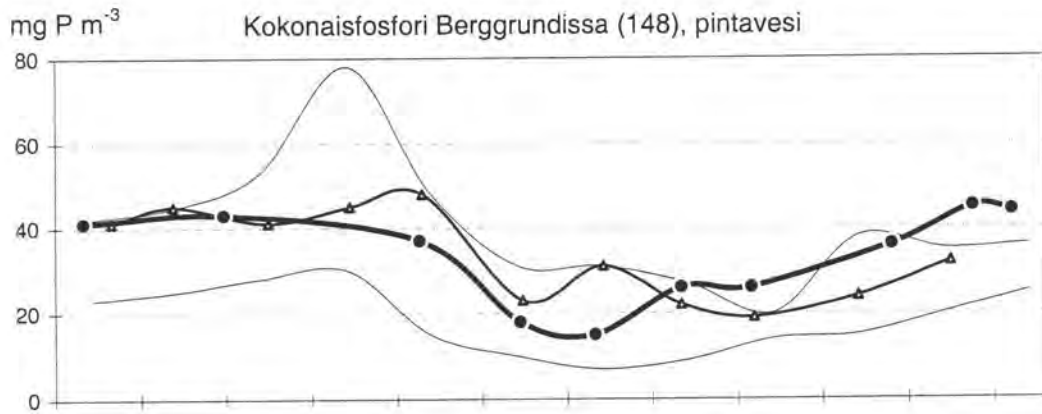
—▲— 1997 —●— 1998 ——— minimin/maksimin trendi 75-97



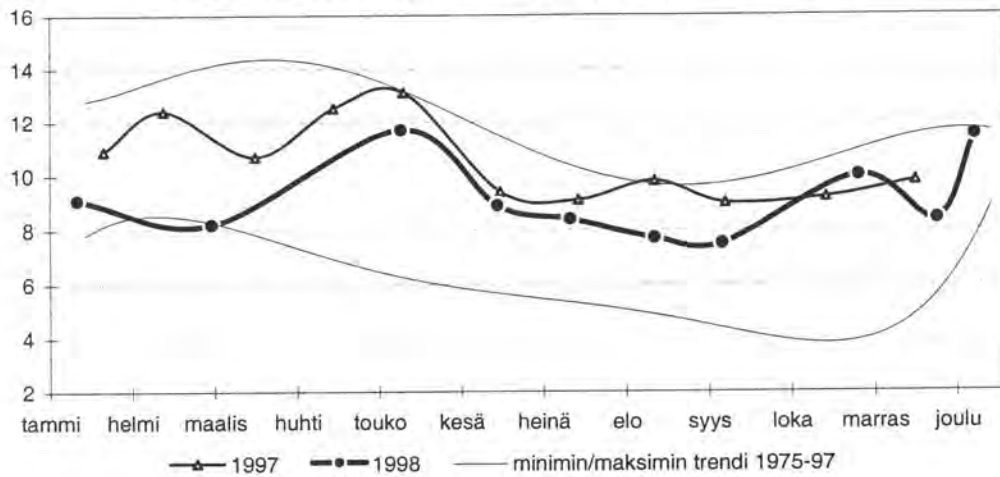


**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja *a*-klorofyllipitoisuus Berggrundissa (148)**

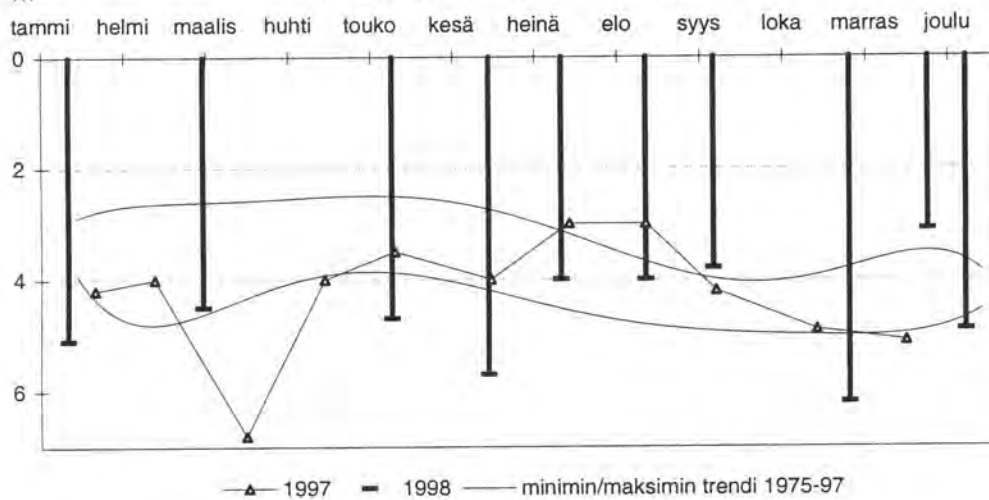




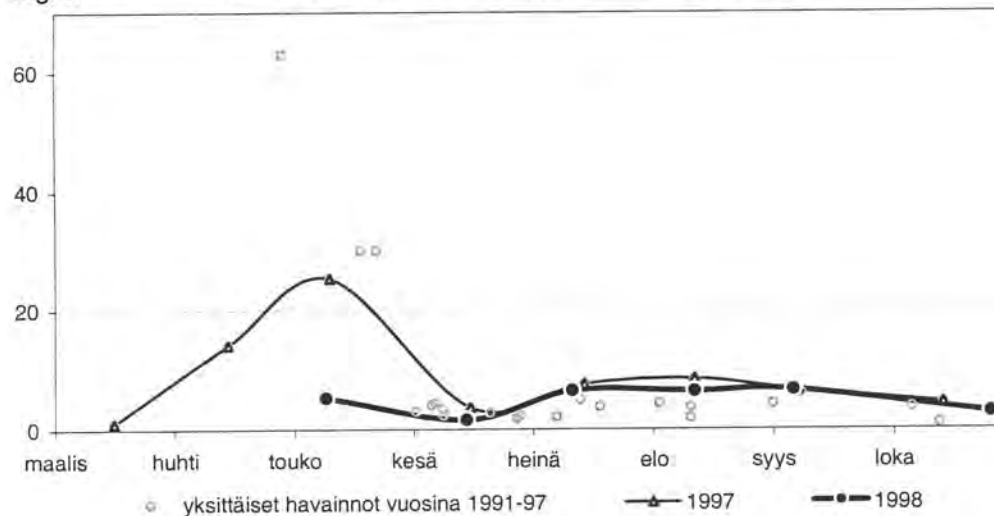
mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> Happipitoisuus Berggrundissa (148), pohjan läheinen vesi



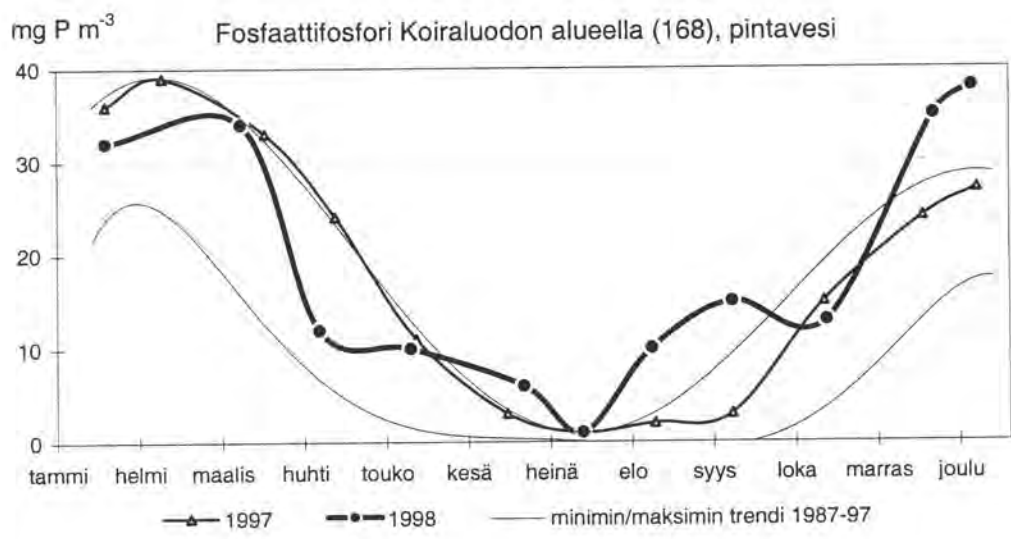
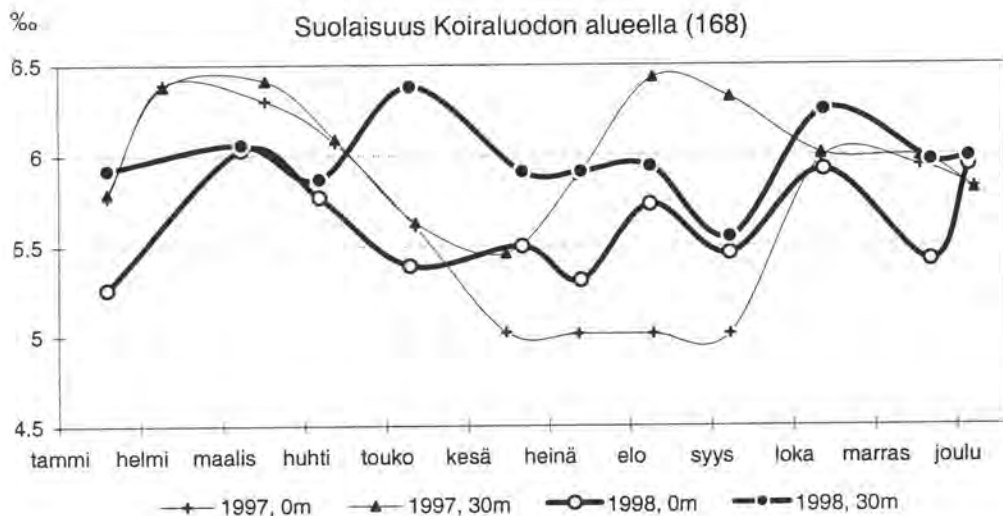
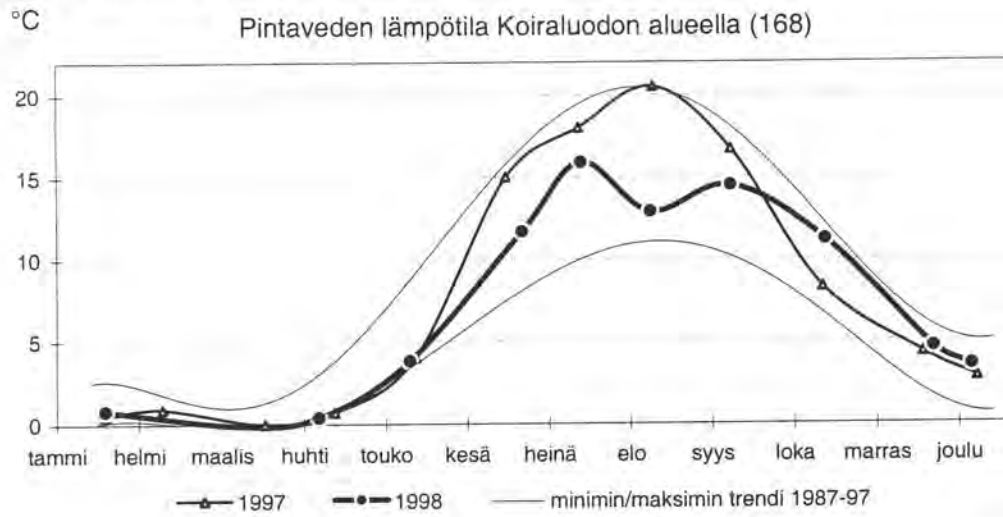
m Näkösyvyys Berggrundissa (148)

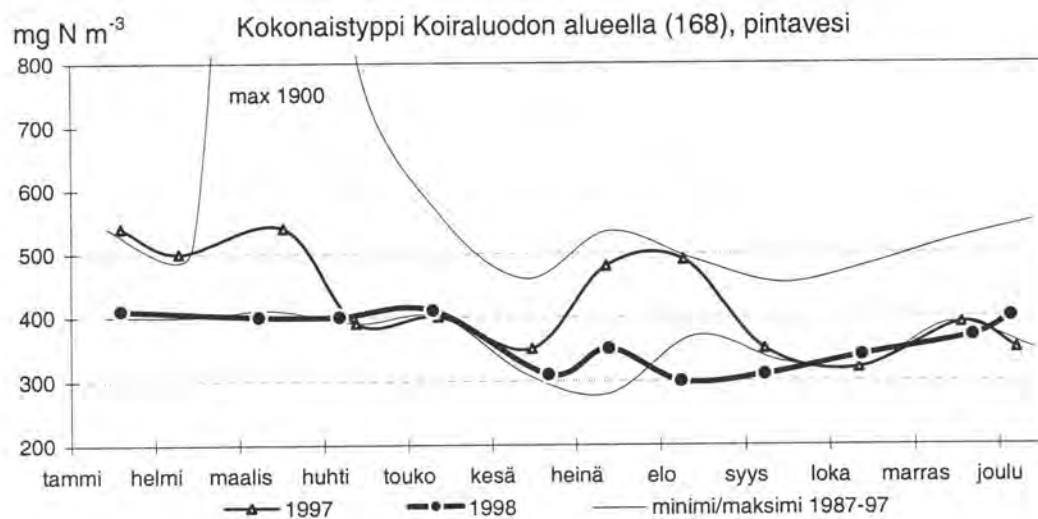
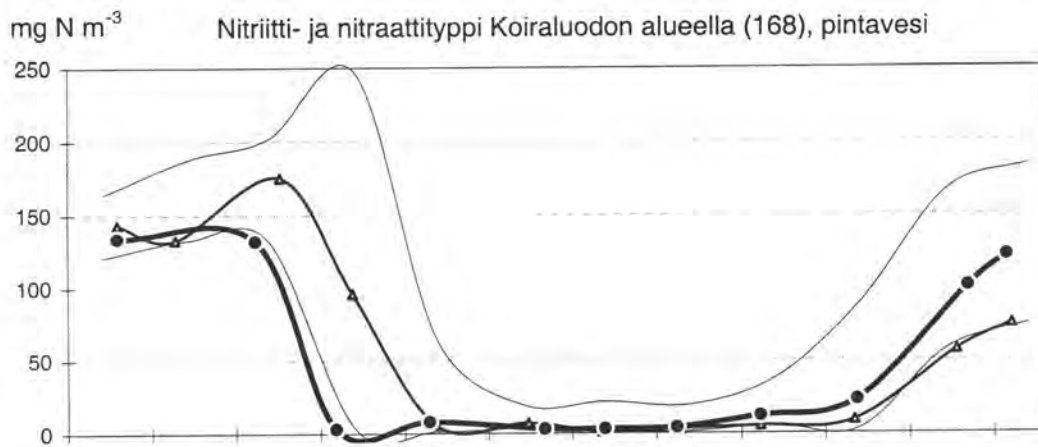
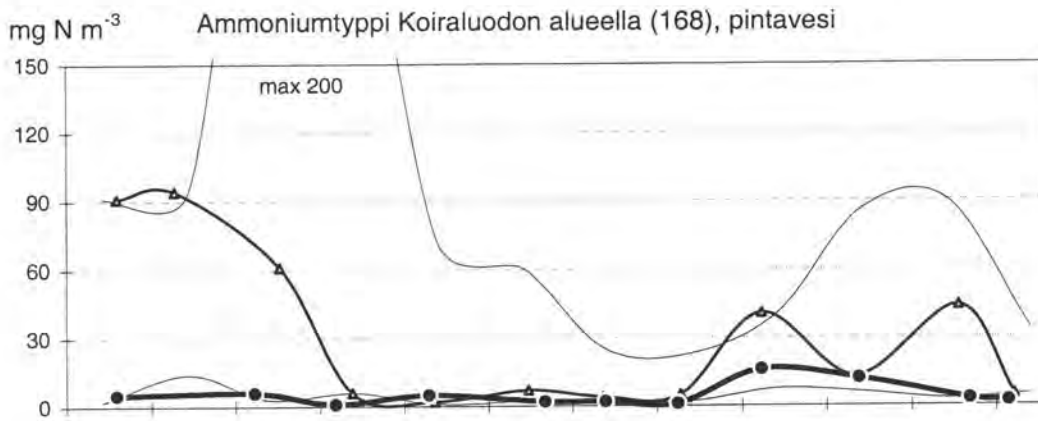
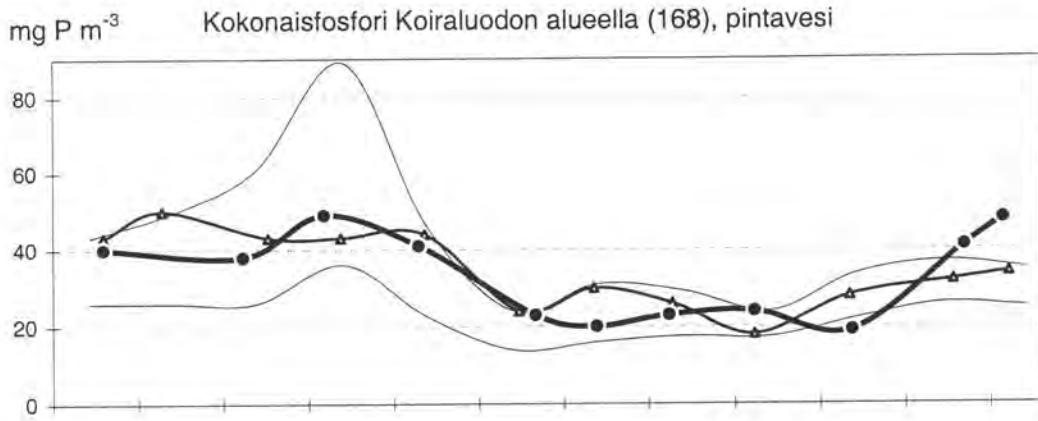


mg m<sup>-3</sup> a-klorofyllin pitoisuus Berggrundissa (148), 0-4 m

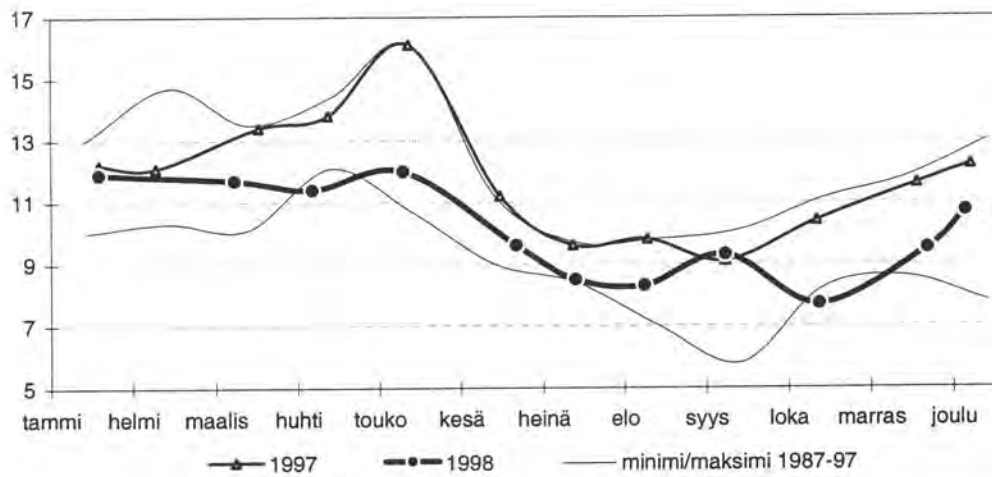


**Pintaveden lämpötila, suolaisuus, fosfaatti- ja kokonaisfosforipitoisuus, ammonium-, nitriitti- ja nitraatti- sekä kokonaistyyppipitoisuus, pohjan läheisen veden happipitoisuus, näkösyvyys ja  $a$ -klorofyllipitoisuus Koira- luodon alueella (168)**

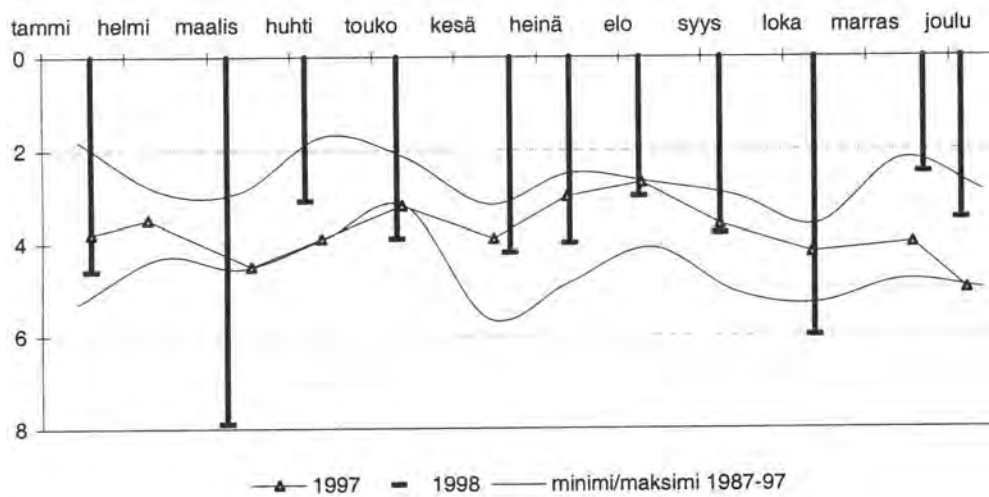




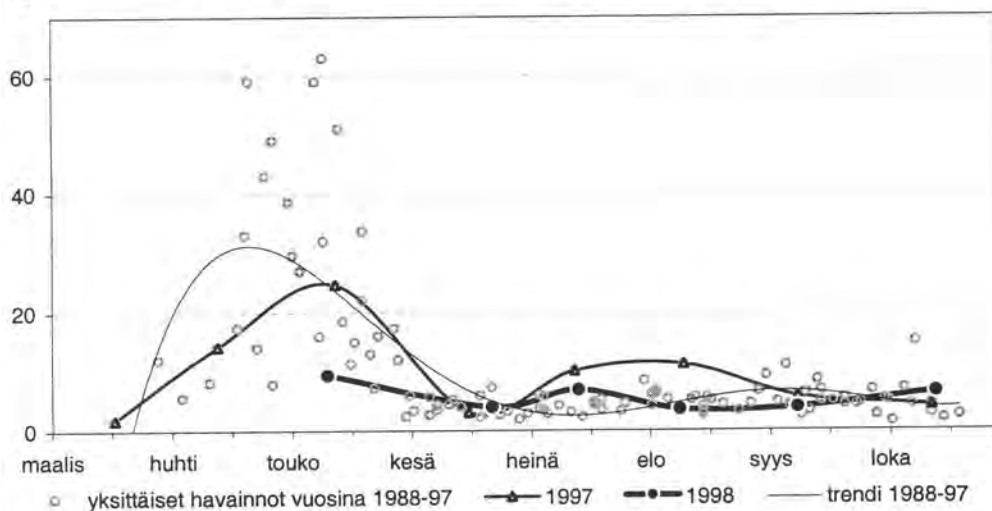
mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> Happipitoisuus Koiraluodon alueella (168), pohjan läheinen vesi



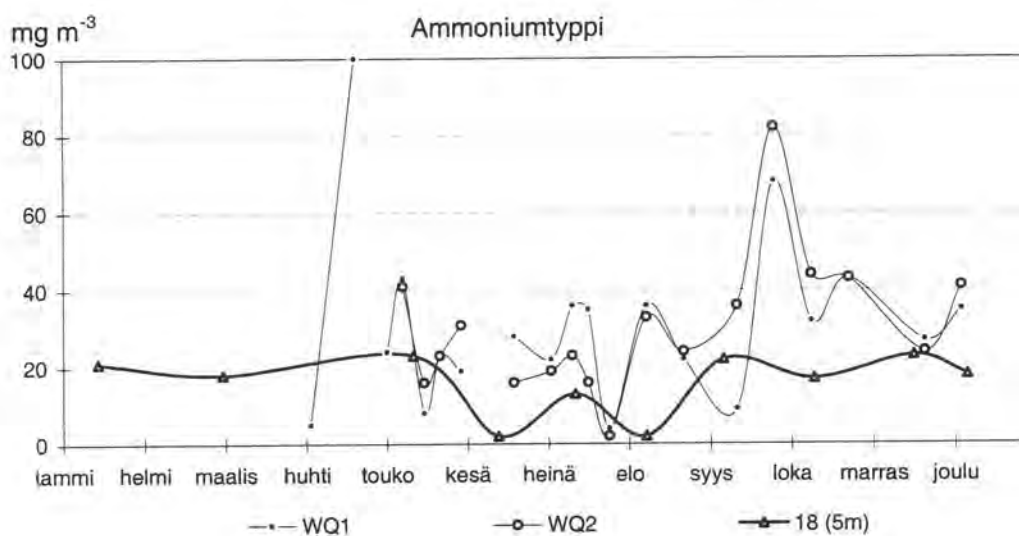
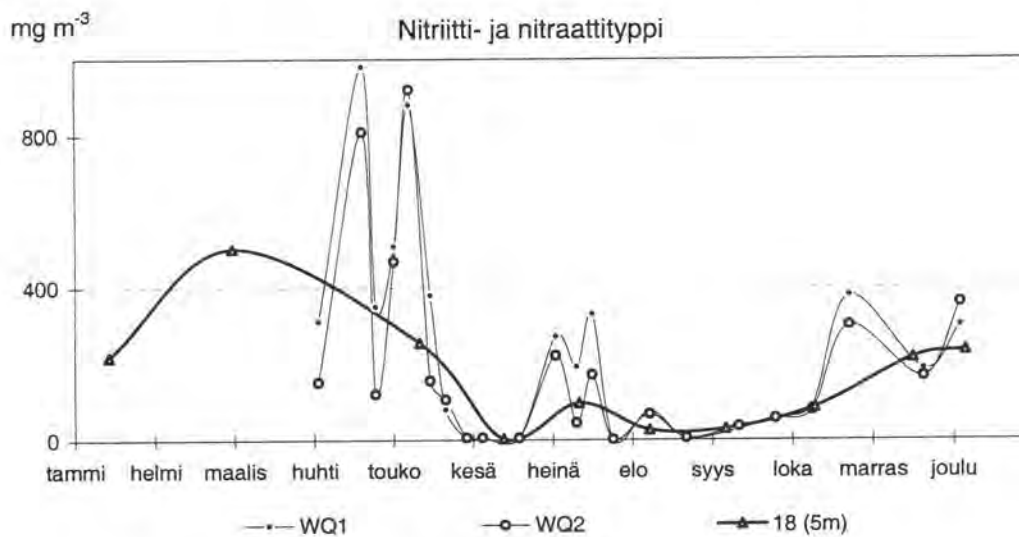
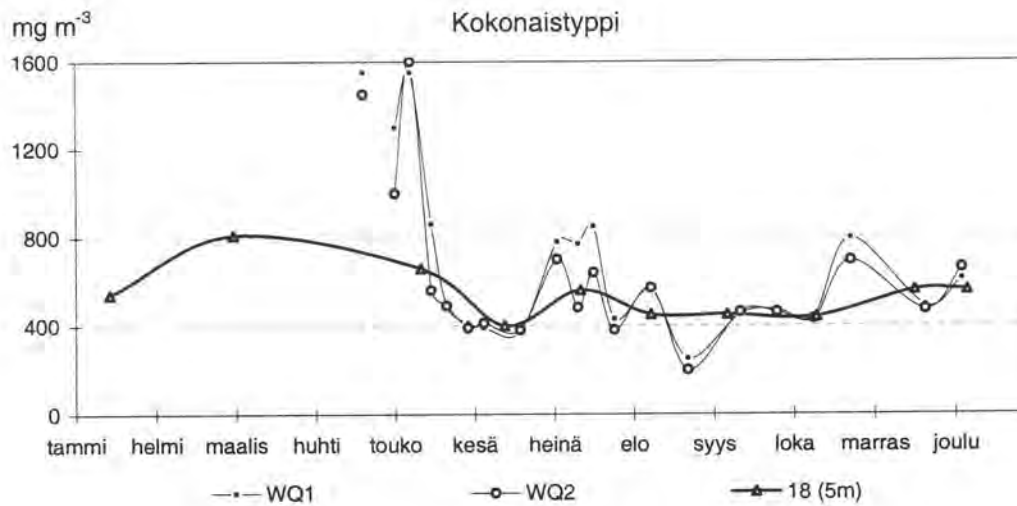
m Näkösyvyys Koiraluodon alueella (168)

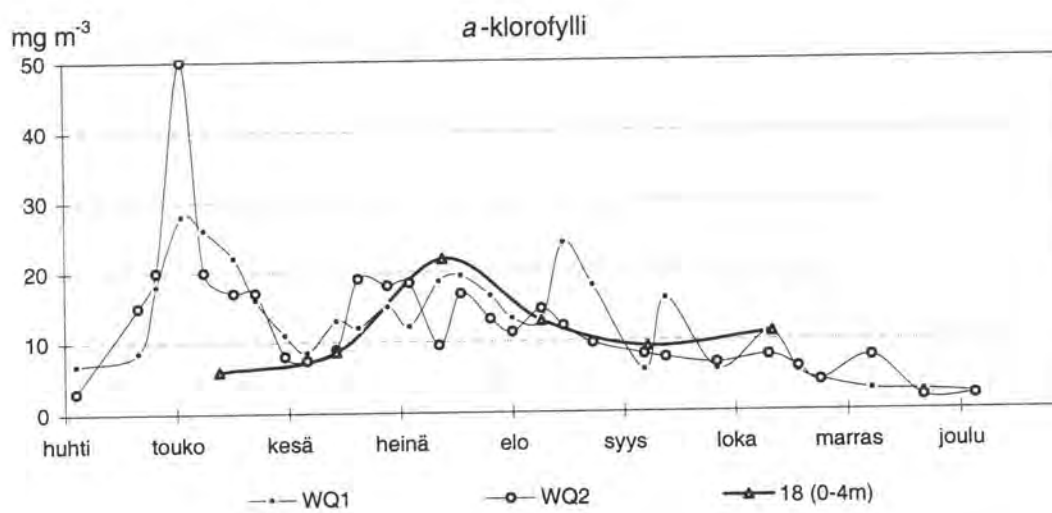
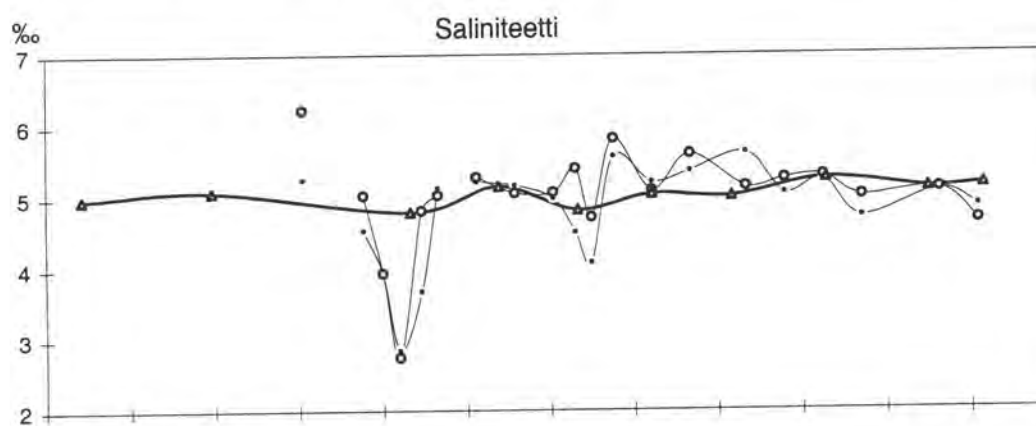
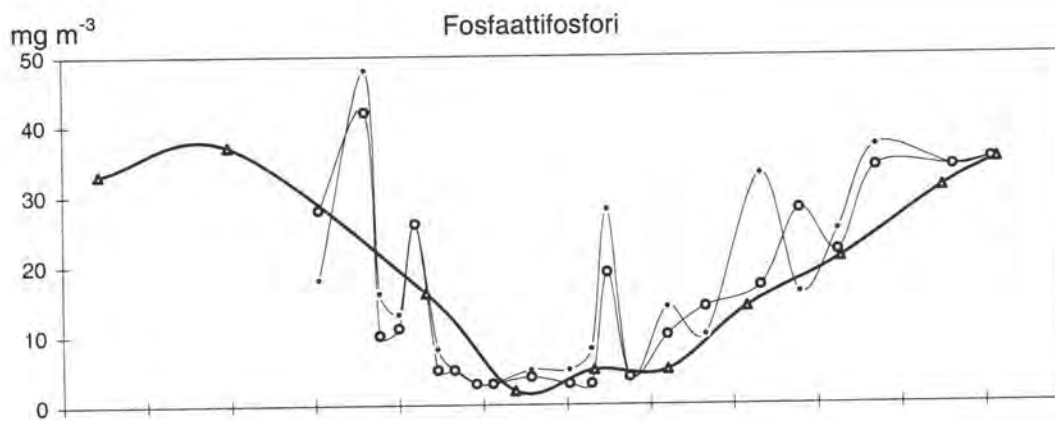
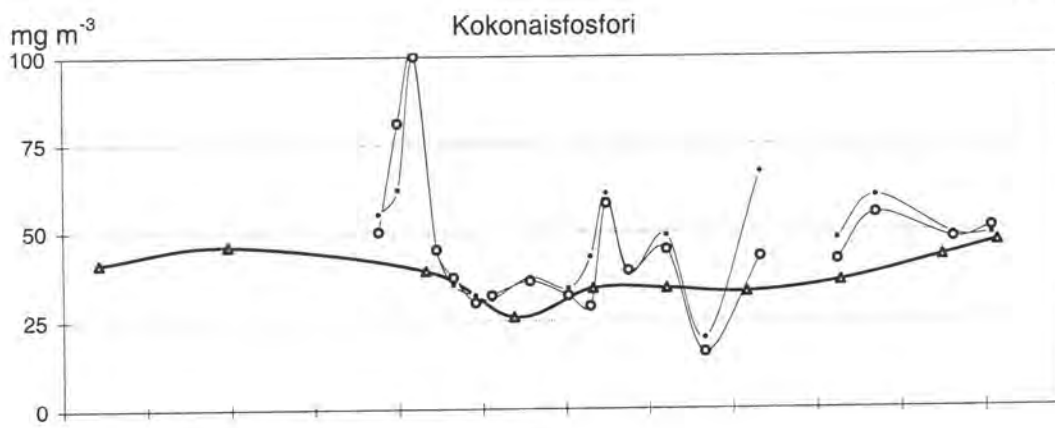


mg m<sup>-3</sup> a-klorofyllin pitoisuus Koiraluodon alueella (168), 0-4 m



Wasa Queen -laivan näytepisteiden WQ1 ja WQ2 vertailu Kruunu-  
vuorenselän (18) havaintopaikkaan vuonna 1998.

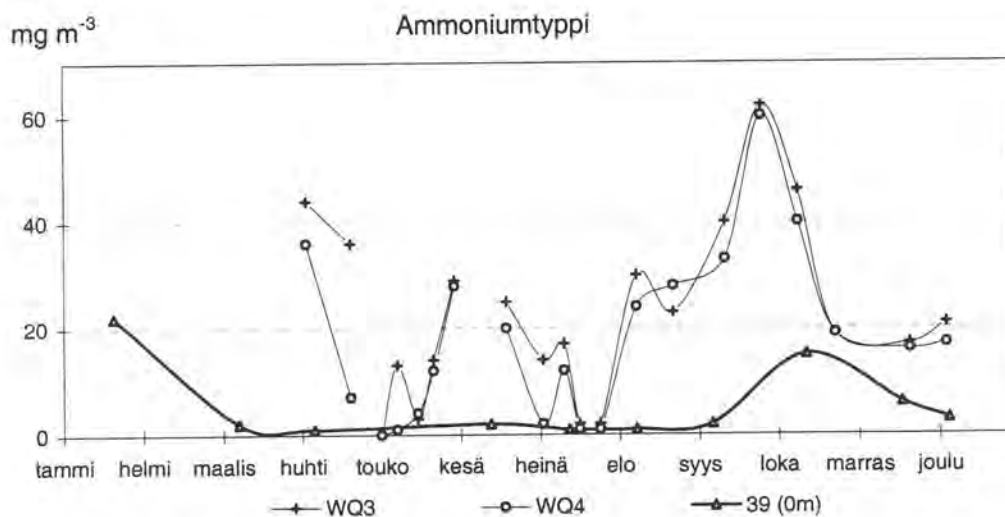
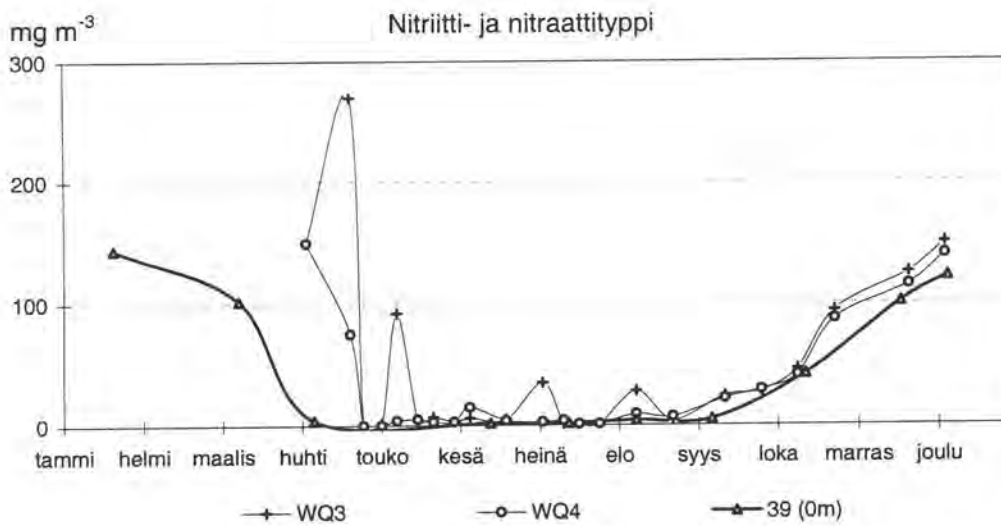
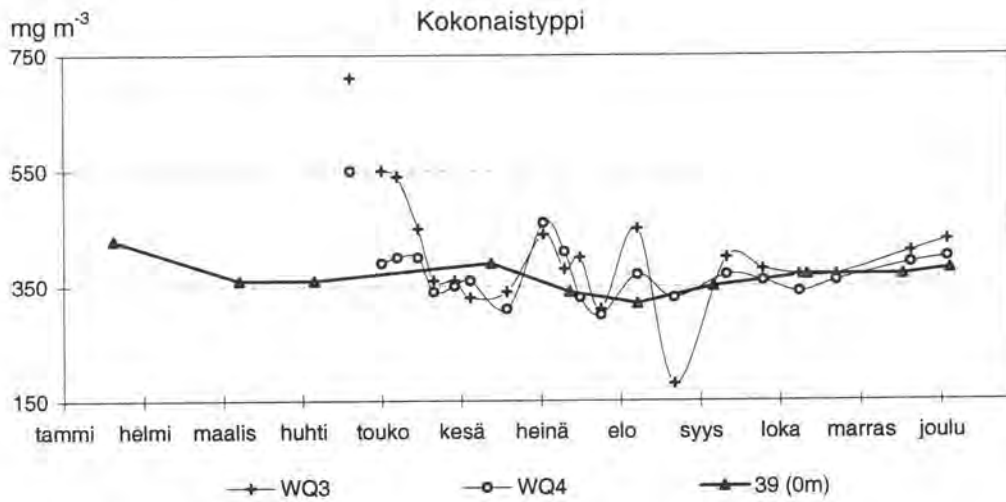


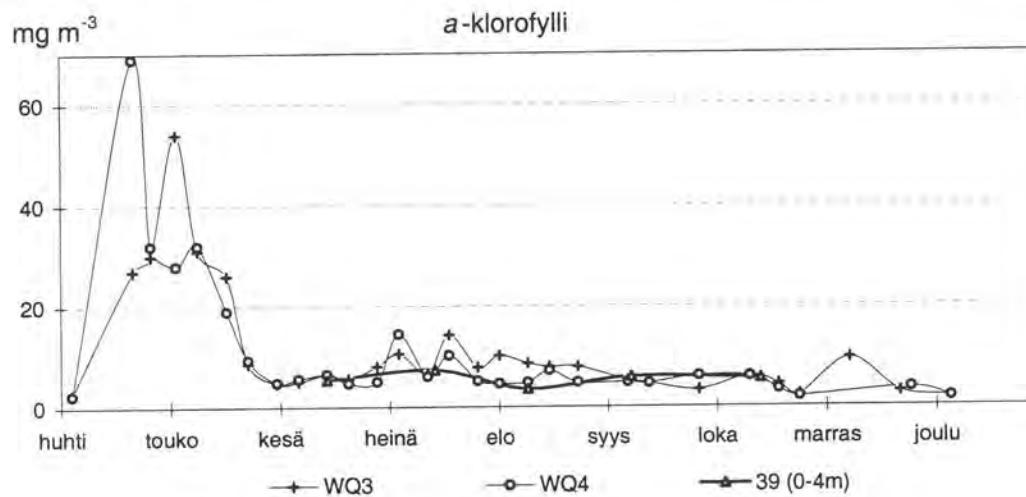
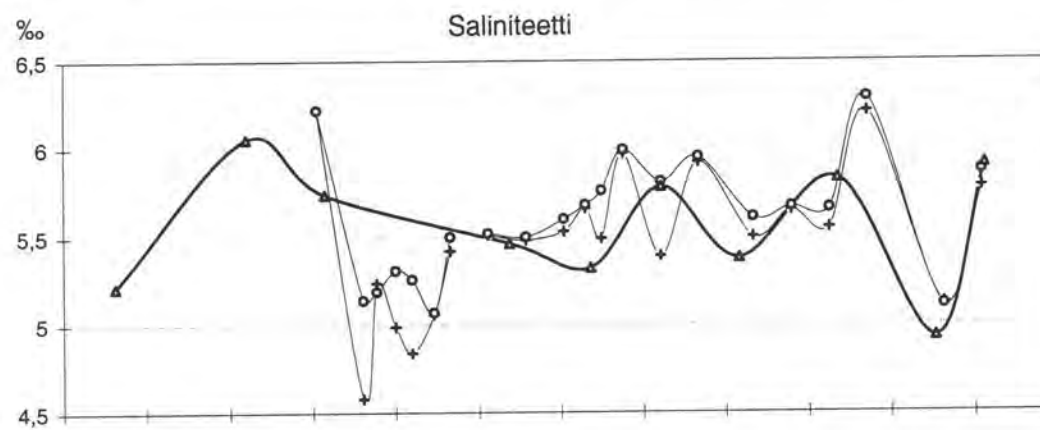
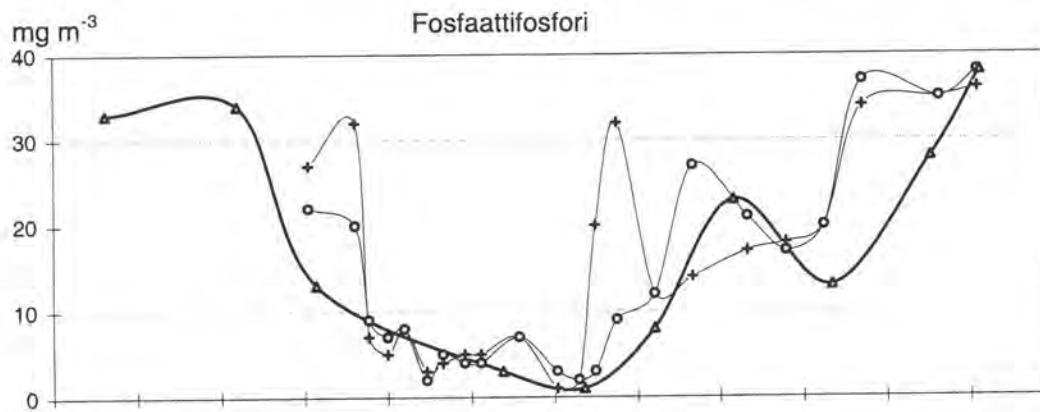
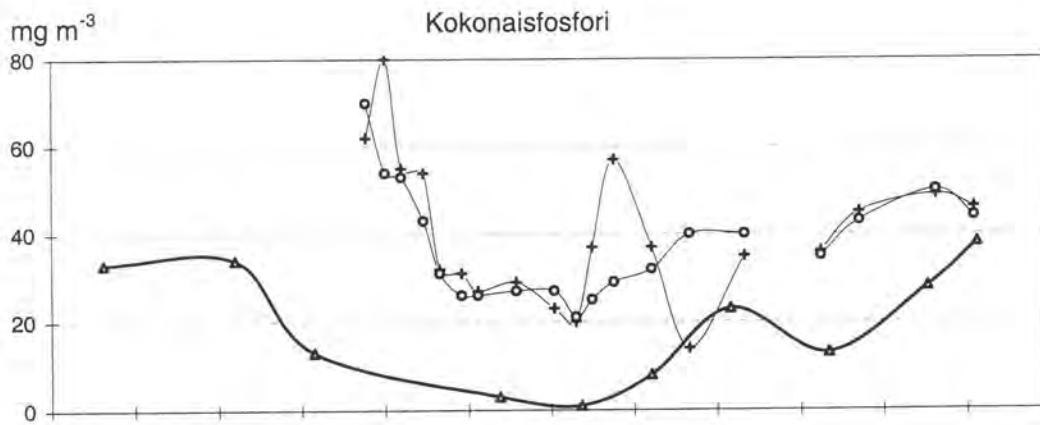


---•--- WQ1      —○— WQ2      —▲— 18 (0-4m)

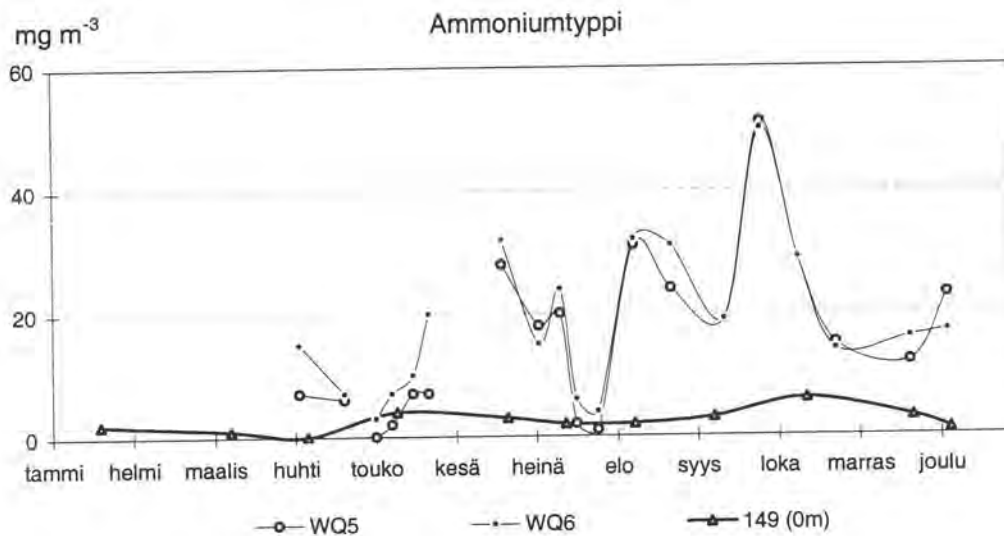
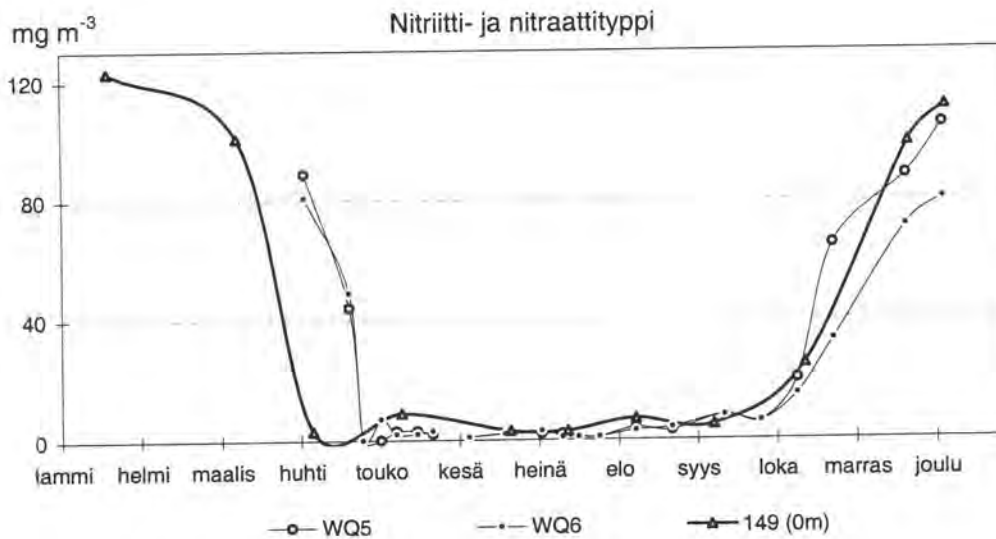
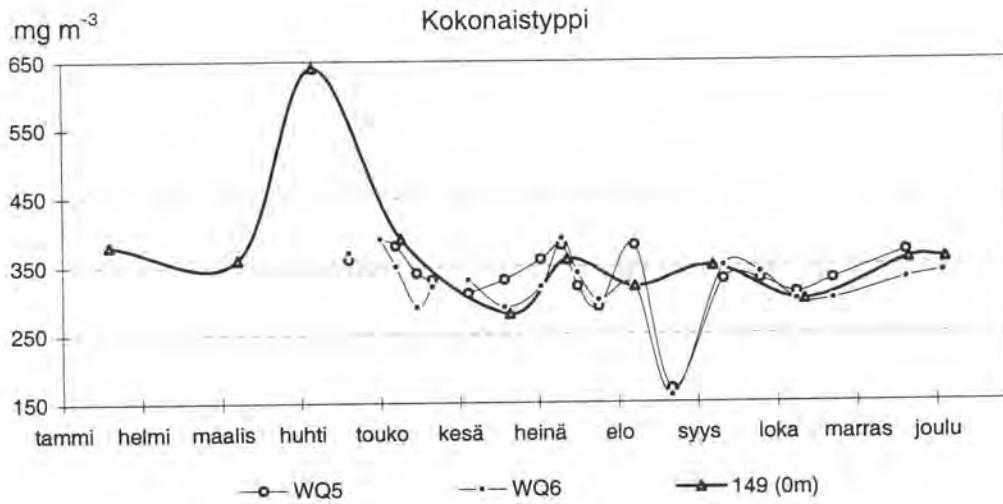


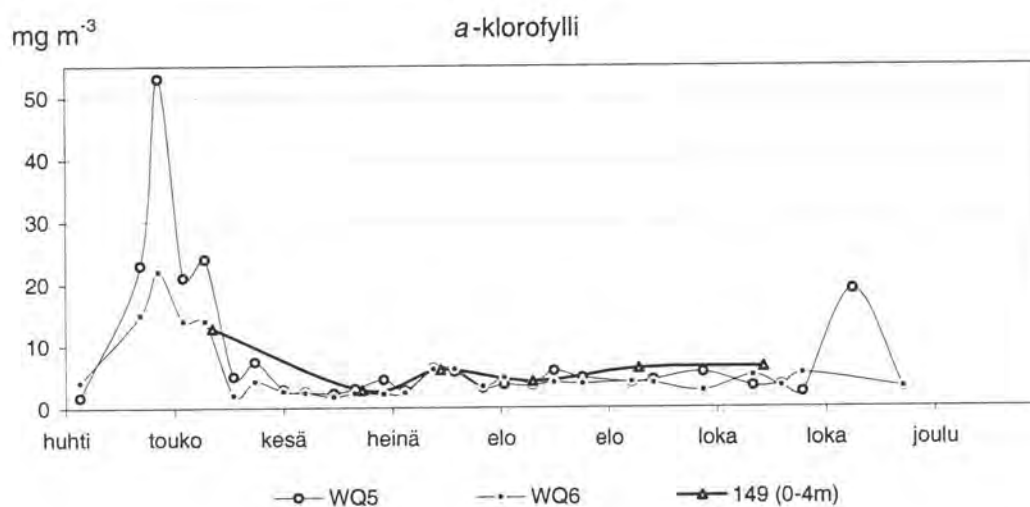
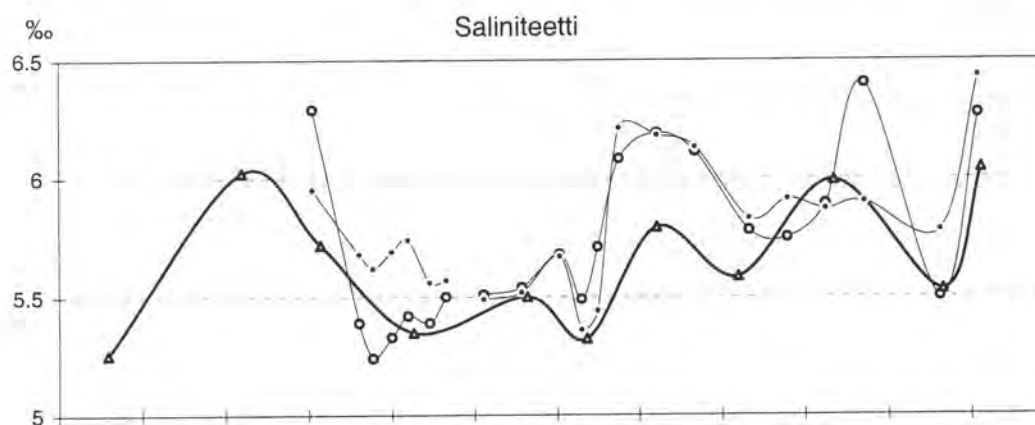
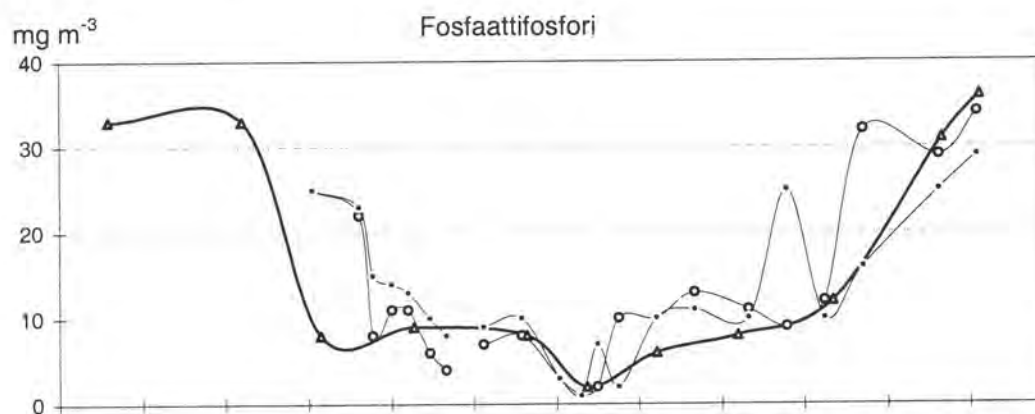
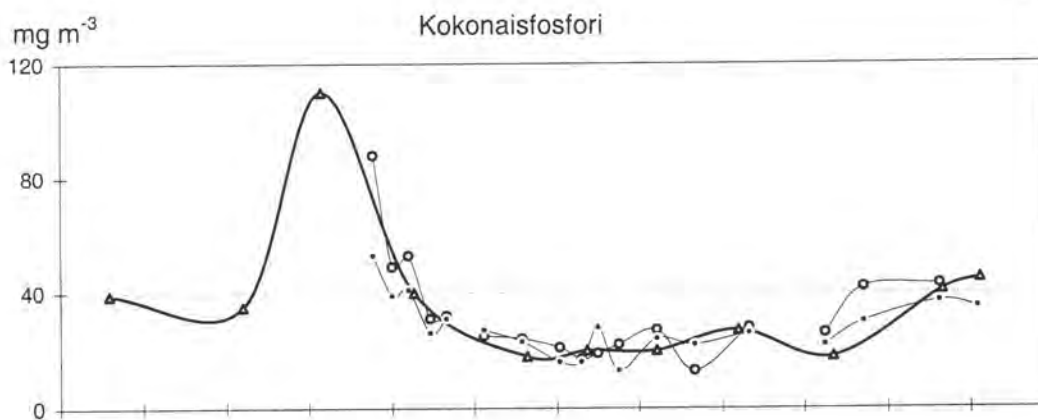
Wasa Queen -laivan näytenpisteiden WQ3 ja WQ4 vertailu  
Flathällgrundetin (39) havaintopaikkaan vuonna 1998.





Wasa Queen -laivan näytopisteiden WQ5 ja WQ6 vertailu  
Gråskärsbådanin (149) havaintopaikkaan vuonna 1998.





---

## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA 1997

1. Helsingin ympäristökeskuksen tekemät tutkimukset Pietarhovin palatsialueen vesijärjestelmästä vuosina 1995 - 1996
2. Development of a space-independent bioindication system for evaluation of eutrophication in coastal areas of the Gulf of Finland. Report of the Gulf of Finland year 1996 Seminar, Tvärminne, Nov. the 25-27th, 1996
3. Biological indicators in Helsinki and Tallinn Sea Areas. - Report of the 4th annual knowledge transfer seminar, Tvärminne, Dec. the 11-13th, 1996
4. Heavy metals in brackish water biota - A literature review. - Raskasmetallit murtoveden eliöstössä; kirjallisuuskatsaus. - Helsinki-Tallinn Bioindicator Project
5. Helsingin autoliikenteen pakokaasupäästöt 1980 - 2015
6. Raastetutkimus 1996
7. Kalatutkimus 1996
8. Pohjavesiseminaarin 18.3.1997 raportti
9. Bengtsårin niittykasvillisuuden seuranta pysyvillä näytealoilla 1989 - 1996
10. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelun tavoite- ja toimenpideohjelma 1994 - 1998: seurantaraportti 1997
11. Asiakirjojen/tiedon kulku ympäristöterveysyksikössä (raportti)
12. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuohjeet
13. Ympäristökasvatuksen keinot ja vaikuttavuus. Seminaariraportti 1997
14. Marine Bioindicators off Helsinki and Tallinn. Report of the 5th Annual Knowledge Transfer Seminar Palmse Manor, Estonia, November the 11-12th, 1997. Helsinki-Tallinn bioindicator project.

## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA 1998

1. Taurian puiston luontopolku Pietarin ympäristöviikolla 1997. Matti Nieminen, Jarmo Laine
2. Helsingin kaupungin valmiussuunnitelma koskien liikenteen tyypipäästöistä aiheutuvia vakavia ilmansaastetilanteita. Rauno Tolonen ja Olavi Lyly
3. Kivihiilivoimalaitosten palamisjätteiden sijaintikartoitus Helsingin alueella. Mika Ruotsalainen
4. Maaperää liikaavien riskikohteiden kartoitus. Laitosten osoitteita vuosilta 1946 - 1979. Virpi Salo
5. Kemiallisen pesulatoiminnan vaikutus maaperään Helsingin Kunnalliskodintiellä. Esiselvitys. Reetta Pyrylä
6. Purojen ja purovarsien merkitys ekokäytävänä Helsingissä. Jere Malinen
7. Selvitys ympäristökeskuksen sisäisen viestinnän nykytilasta. Marika Kallio
8. Helsingin itäisen merialueen kalliorantojen uposkasvillisuus vuonna 1997 - Vertailu vuosiin 1984, 1988 ja 1993. Sini-Pilvi Saarnio
9. Uuniruokien, keittojen ja kastikkeiden suolapitoisuus - analysoidun ja laskennallisen pitoisuuden vertailua. Virve Raussi ja Ingrid Aminoff

## HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA 1999

1. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelun tavoite- ja toimenpideohjelma 1994 - 1998. Seurantaraportti 1998. Camilla v. Bonsdorff, Pirkko Pulkkinen, Rauno Tolonen, Mona Arnold, Hannu Arovaara, Eeva Pitkänen, Markku Viinikka, Ilkka Viitasalo, Seija Malinen, Kaisa Pajanen, Kari Silfverberg ja Sari Kettunen
2. Helsingin seudun merialueen tarkkailu automaattisin ja perinteisin menetelmin vuonna 1998. Katja Pellikka ja Hilikka Viljamaa