

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1980:35

ÖLJYNJALOSTAMON JÄTEVESIEN VAIKUTUS
MERIALUEEN REHEVÖITYMISEEN

Tutkimusraportti 15.2.1980

Heikki Penttinen

V E S I H A L L I T U K S E N M O N I S T E S A R J A

1980:35

ÖLJYNJALOSTAMON JÄTEVESIEN VAIKUTUS
MERIALUEEN REHEVÖITYMISEEN

Tutkimusraportti 15.2.1980

Heikki Penttinen

Helsingin vesipiirin vesitoimisto
Helsinki 1980

Heikki Penttinen

ÖLJYNJALOSTAMON JÄTEVESIEN VAIKUTUS MERIALUEEN
REHEVÖITYMISEEN

Tutkimusraportti 15.2.1980

SISÄLLYS

SIVU

1.	JOHDANTO	1
2.	TUTKIMUSALUE	2
21.	Tutkimusalue	2
22.	Tutkimusalueen kuormittajat	4
23.	Merialueen tila	5
3.	AINEISTO JA MENETELMÄT	6
31.	Säätiedot	7
32.	Kuormitus	7
33.	Fysikaaliskemialliset tekijät	9
34.	Perustuotanto	9
35.	Kasviplankton	10
36.	Leväkasvatustestit	10
4.	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	12
41.	Säättila	12
42.	Kuormitus	12
421.	Joki- ja teollisuuskuormitus	12
422.	Jäähdytysvedenkierto ja ravinnekuormitus	20
43.	Fysikaaliskemialliset tekijät	22
431.	Kokonaisfosfori	23
432.	Fosfaattifosfori	26
433.	Kokonaistyyppi	28
434.	Liukoinen epäorgaaninen tyyppi	31
435.	Ravinnepitoisuuksien erot selkien välillä	36
436.	Pintaveden ravinnetason vaihtelu ja suuruus	37
44.	Perustuotanto	39
441.	Perustuotanto insitu	39
442.	Perustuotantokyky	43
45.	Leväkasvatustestit	46
451.	Meriveden leväkasvatuskyky	46
452.	Ravinne- ja lämpöolosuhteiden vaikutus leväkasvatuskykyyn	50
453.	Levän kasvua rajoittavat kemialliset tekijät	50
454.	Jätevesitestit	54
46.	Klorofylli - a ja kasviplankton	59
461.	Klorofylli - a	59
462.	Kasviplankton ja typensidonta	59
47.	Havaintoja eri tekijöiden riippuvuuksista	63
5.	YHTEENVETOTARKASTELU	67
6.	KIRJALLISUUS	71
	LIITTEET	

LIITTEET

1. Taulukko, kiintoainekuormitus tutkimusaikana
2. " , kemiallinen hapentarve tutkimusaikana
3. " , öljy-, fenoli- ja kloorattujen hiilivetyjen kuormitus tutkimusaikana
4. " , purkupaikkojen jätevedenlaatu talvella 1979
5. " , pintaveden ravinnemäärät tutkimusaikana
6. Kuva, perustuotanto insitu tutkimusaikana
7. Taulukko, maksimiperustuotanto tutkimusaikana
8. Taulukko, perustuotantokyky tutkimusaikana
9. Kuva, pintaveden levänkasvatuskyky ravinnelisäyksen v. 1977
10. Kuva, pintaveden levänkasvatuskyky ravinnelisäyksen v. 1978
11. Taulukko, pintaveden klorofylli a pitoisuus tutkimusaikana
12. Svartbäckinselän pohjaeläintutkimus v. 1978

1. JOHDANTO

Vuonna 1965 aloitti toimintansa Porvoon maalaiskunnan Sköldvikissä Neste Oy:n öljynjalostamo, jonka jätevedet johdettiin Svartbäckin-
selälle, Porvoon edustan merialueelle. Myöhemmin on jalostamoa laa-
jennettu ja sen yhteyteen rakennettu muita petrokemian laitoksia.
Samalle teollisuusalueelle on lisäksi rakennettu Pekema Oy:n,
Stymer Oy:n ja Kymi Kymmenen teollisuuslaitokset, joiden jätevedet
johdetaan samalle vesialueelle kuin öljynjalostamon jätevedet.

Öljynjalostamon jätevedet sisältävät pääosin raakaöljystä peräisin
olevia yhdisteitä, joista vesistön kannalta merkittävimpinä on pi-
detty öljyä, fenolia, typpeä ja fosforia. Jalostamon laajentuessa
on jäteveden puhdistusta samalla merkittävästi tehostettu, jolloin
kuormitus pienentyi 70-luvun alkuvuosista. Esimerkiksi vuonna 1973
oli öljykuormitus keskimäärin 150 kg/d, fenolikuormitus 9 kg /d ja
fosforikuormitus 20 kg/d. Vuonna 1976 vastaavat luvut olivat 60, 2
ja 10 kg/d. Sensijaan typpikuormitus on pysynyt vuosittain lähes
samansuuruisena n. 500 kg/d.

Typen vaikutuksesta vesistössä esitettiin eriäviä mielipiteitä.
Vesistön perustuotantotason määräävänä tekijänä on useimmiten pidet-
ty fosforia. On katsottu typpeä olevan vesistössä aina riittävästi
tai typpeä ilmakehästä sitomaan pystyvien organismien korvaavan
mahdollisen typen vajauksen. Toisaalta on osoitettu typen voivan
olla pääasiallinen kasvua rajoittava tekijä, etenkin merialueilla.

Vuonna 1976 aloitettiin vesiensuojelumaksuvaroilla tämä tutkimus,
jonka tarkoituksena oli tutkia Neste Oy:n öljynjalostamon jäteveden,
etenkin sen sisältämän typen, vaikutusta merialueella.

Tutkimuksen aineisto kerättiin avovesikausina 1977 ja 1978. Työ
tehtiin Helsingin vesipiirin vesitoimistossa. Työtä johti vesihalli-
tuksen asettama valvontaryhmä.

Tämä tutkimusraportti sisältää tutkimuksen tulokset ja tulosten
alustavan tarkastelun. Tulosten käsittelyä ja tarkastelua on tarkoi-
tus laajentaa myöhemmin.

2. TUTKIMUSALUE

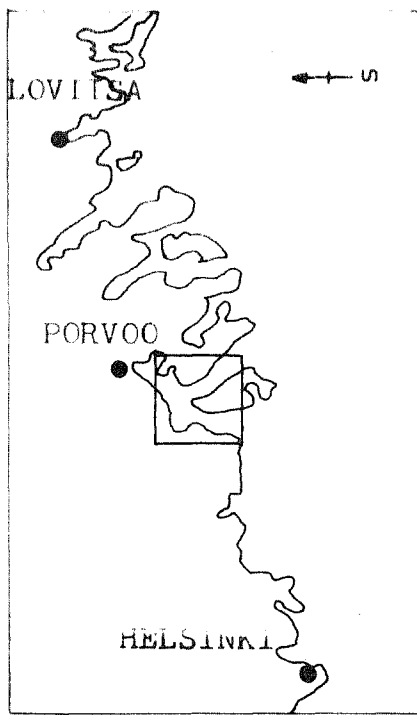
21. Tutkimusalue

Porvoon edustan merialue on yksi Suomenlahden pohjoisrannan saaristoalueen merenlahdistista. Lahti voidaan jakaa kolmeen osaan. Pohjoisimpana on Porvoonjoen suun ja Emäsalon saaren välinen matala (Emäsalonselkä, Haikonselkä) ja osittain lähes umpeenkasvanut (Kaupunginselkä, Stensbölenselkä) vesialue. Tästä etelään Emäsalon saari jakaa lahden kahteen yli 10 kilometriä pitkään ja kapeahkoon (1-3 km) vesialueeseen. Läntisen osan muodostaa Svartbäckin ja Esthamninselkä, itäisen osan Orrenkylänselkä jatkeineen (kuva 21).

Orrenkylänselän ja Porvoon edustan matalan vesialueen erottaa toisistaan saariryhmä, jonka kohdalla vesisyvyys on pääosin 2-3 m, mutta Rönnskärsundetin kautta kulkee 6 metrin laivaväylä. Orrenkylänselkä on loivarantainen, pohjamuodot ovat vaihtelevia ja lahdessa on useita pienialaisia syvänteitä, joista syvin on 35 metriä.

Svartbäckinselän syvyys on pääosaltaan 20-30 m ja yhteys Esthamninselän kautta avomerelle on yli 30 m syvä. Vesialue syvenee pohjoisesta etelään ja levenee samalla. Etenkin Svartbäckinselän länsiranta on hyvin jyrkkä eikä matalan veden aluetta, kuten sellän itärannalla ja pohjoispäässä ole juuri lainkaan. Myös Svartbäckinselän yhteys Emäsalonselkään on kapea ja matala (noin 4 metriä). Emäsalonselällä on pitkä kapea syväne, jonka syvin kohta 20 m on heti Kuggsundetin koillispuolella.

Porvoonjoen suunnasta merelle päin virtaava vesi voi kulkeutua joko Orrenkylänselälle tai Svartbäckinselälle tai molemmille samanaikaisesti. Virtausmittaustuloksia ei näiltä alueilta ole käytettävissä. Yleisimpien arvioiden mukaan pääosa Porvoon suunnan virtauksesta kulkisi Kuggsundetin kautta Svartbäckinselälle. Virtaussuunnat vaihtuvat tämänkaltaisilla rannikkoalueilla kuitenkin herkästi tuulen suunnan ja veden korkeuksien vaihteluiden vuoksi (Niemi ja Pesonen 1974).



Kuva 21. Tutkimusalue ja havaintopaikat.

Porvoon edustan merialueelle laskee kaksi jokea, joiden vaikutus on vesistössä huomattava. Svartbäckinselän pohjoispäähän laskee Mäntsälänjoki ja Kaupunginselälle Porvoonjoki. Seuraavassa tietoja joista (Hyvärinen ja Gürer 1976).

	Mäntsälänjoki vv. 1961-1965	Porvoonjoki 1963-1970
Valuma-alue km ²	785	1260
virtahavaintopaikka	Ridanfors	Vakkola
valuma-alue virtahavaintopaikalla km ²	780	1135
HQ m ³ /s	69	109
MQ m ³ /s	7,3	10,6
NQ m ³ /s	0,4	0,9

Kesäkuukausien (6,7,8) virtaamat ovat vuoden keskivirtaamia huomattavasti pienempiä.

Varsinainen tutkimusalue rajattiin kahteen osaan: Svartbäckinselkään pohjoisesta Kalvön saaren pohjoispään tasalle ja Orrenkylänselkään pohjoisesta Risholmenin tasalta Svartholmenin-Hästholmenin linjalle. Alueiden vesitilavuudet ovat merikartan 1:50000 perusteella laskettuna seuraavat: Svartbäckinselkä - Klobbuddenista pohjoiseen $150 \times 10^6 \text{ m}^3$, Klobbudden - Kalvön pohjoispää $170 \times 10^6 \text{ m}^3$ ja Orrenkylänselkä $115 \times 10^6 \text{ m}^3$.

22. Tutkimusalueen kuormittajat

Porvoon edustan merialue on pitkään ollut jätevesien purkupaikana. Jo vuonna 1893 aloitti toimintansa Tolkkisissa Tampella Oy:n sulfiittiselluloosatehdas, jonka jätevedet johdettiin puhdistamattomina Emäsalonselän lahteen, Koddervikeniin vuoteen 1975 asti, jolloin tehdas lopetti toimintansa. Porvoonjoen ja Mäntsälänjoen mereen kuljettamat ainemäärät ovat viime vuosikymmeninä kasvaneet lisääntyneen viemäröinnin ja tehostuneen maatalouden johdosta.

Kymmenvuotiskautena 1960-luvun puolestavälistä 1970-luvun puoleenväliin alueen kuormitus on oleellisesti muuttunut. Vuonna 1965 aloitti toimintansa Neste Oy:n öljynjalostamo. Myöhemmin on Neste Oy:n laajennusten ohella samalle Sköldvikin teollisuusalueelle rakennettu Pekema Oy:n polyeteeni- sekä polyvinyylidikloriditehdas, Stymer Oy:n polystyreenitehdas sekä Kymi Kymmenen tehdas, joka valmistaa mm. muovinpehmeninainetta. Näissä teollisuuslaitoksissa käsitellään tai valmistetaan satoja eri kemikaaleja, joiden joukossa on lukuisia myrkkijä (Persson 1975). Edellä mainittujen laitosten puhdistetut jätevedet johdetaan Svartbäckinselälle, samoin kuin jäädytysvedet.

Asutustaajamista peräisin olevaa kuormitusta ryhdyttiin pienentämään jätevesien puhdistamojen avulla 1970-luvun alkupuolella sekä Porvoossa Porvoon maalaiskunnassa, että jokivarsien taajamissa. Porvoon kaupungin puhdistamon jätevedet johdetaan Porvoonjoen suuhun ja Porvoon maalaiskunnan jätevedet Koddervikeniin.

Asumajätevesipuhdistamojen käyttöönotto näkyi parhaiten merialueen hygienisen tilan parantumisena. Lisäksi vuonna 1975 Tolkkisten sulfiittiselluloosatehtaan lopetettua toimintansa merialueen kuormitus väheni oleellisesti.

23. Merialueen tila

Porvoon edustalta on käytettävissä tietoja merialueen tilasta vuodesta 1965 lähtien. Aluetta ovat tutkineet ainakin Keskuslaboratorio (1967 a, b, 1970 a, b), Vesihydro (1967-1979), Suunnittelukeskus (1970 a, 1970 b, 1972), Vesitekniikka (1971), Skog (1977 ja 1979) ja Helsingin vesipiirin vesitoimisto (julkaisemattomia tuloksia).

Porvoon edustan tilaan selvimmin vaikuttanut kuormittaja oli Tolkkisten sulfiittiselluloosatehdas. Sen jätevedet levisivät koko Porvoonjoen suun ja Emäsalon väliselle alueelle sekä Orrenkylän- ja Svartbäckinselälle. Suurimmillaan jätevesien havaittu leviämisalue oli

talvella, jolloin sellutehtaan jätevedet ulottuivat Orrenkylän- selällä ainakin Hästholmenin saaren eteläpuolelle, etäisyys purkupaikasta n. 12 km, ja Svartbäckinselällä yhtä etäälle purkupaikasta Kalvön saaren tasalle.

Sellutehtaan jätevesien laskun loputtua v. 1975 happitilanne alueella on parantunut ja perustuotantotaso noussut. Emäsalon pohjoispuoliset merialueet on luokiteltu Vesihydron vesistötarkkailuyhteenvedoissa reheviksi, osittain erittäin reheviksi ja Orrenkylän- sekä Svartbäckinselkä lievästi reheviksi.

Sköldvikin teollisuuslaitosten jätevesien vaikutus näkyy Svartbäckinselällä lievästi kohonneena ravinnetasona, ajoittain suppealla alueella purkupaikkojen läheisyydessä havaittuina ko. jätevesien komponentteina (öljy, fenoli, DEHP, klooratut hiilivedyt) sekä talvella jäädytysveden aiheuttamana lämpötilan nousuna. Lämpötilan nousu vedessä on todettu vain osassa vesikerrosta. Aiemmissä tutkimuksissa ei Sköldvikin teollisuuslaitosten jätevesien ole todettu aiheuttaneen merkittäviä haittoja vesistöissä (Vesihydro 1967-1979).

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen aineisto on kerätty touko-syyskuun välillä vuosina 1977 ja 1978. Kaikkiaan näytteenottojaksoja on 15, 8 vuonna 1977 ja 7 vuonna 1978. Näytteenottokertojen väli oli 2-3 viikkoa. Näytteenottopaikkoja oli vuonna 1977 15 ja 1978 samoja paikkoja 13 ja yksi lisäpaikka. Paikoista oli kolme Orrenkylänselällä, yksi Kuggsundetissa ja loput Svartbäckinselällä (kuva 21).

Kokoomanäytteet 0-6 metriä otettiin vuonna 1977 2 metrin putkinoutimella (2 x 0-2 m, 2 x 2-4 m, 2 x 4-6 m). Vuonna 1978 käytettiin Ruttner-noudinta myös kokoomanäytteenotossa (0, 1, 2, 3, 4, 5 ja 6 metriä).

31. Säätiiedot

Tuuli- ja lämpötilatiedot on kerätty paikallisilta, yksityisiltä havaintopaikoilta: tuuli - Neste Oy, Palokunnan torni, v. 1977 12 x vrk, v. 1978 6 x vrk, lämpötila Sköldvikin satama, 3 x vrk: klo 7, 15, 23. Pilvisyysarvot ja sademäärät ovat ilmatieteen laitoksen havaintoja Porvoon kaupungin havaintoasemalta.

Säätilatiedoista on laskettu 1 vrk:n ja 4 vrk:n keskiarvot kutakin kenttätyöjaksoa kohti. Yhden vuorokauden keskiarvo on 1. päivän aamun ja 2. päivän aamun välisistä havainnoista laskettu. Neljän vuorokauden keskiarvo laskettiin 2. päivän aamua edeltävien neljän vuorokauden havainnoista.

32. Kuormitus

Porvoonjoen kuormitus on laskettu kertomalla Vakkolan, $F = 1135 \text{ km}^2$, $L = 1,7 \%$, havaintoaseman virtaaman kuukausikeskiarvolla Helsingin vesipiirin vesitoimiston kerran kuukaudessa Kerkkoosta tekemät vedenlaatuhavaintoarvot. Porvoonjoen valuma-alue on joen suussa 1260 km^2 ($L = 1,6 \%$). Vakkolan ja joen suun välinen ero valuma-alueessa on korjattu virtaamatietoihin eron suhteessa.

Porvoon kaupungin jätevesien aiheuttama kuormitus on saatu jätevedenpuhdistamon tarkkailutiedoista v. 77-78 (Porvoon kaupunki/Suunnittelukeskus Oy). Vuonna 1977 mittaukset on tehty kerran kuukaudessa. Näistä arvoista laskettuja kuormituksia käytettiin ko. kuukauden arvoina. Vuonna 1978 tietoja oli vain neljännesvuosittain, jolloin touko-kesäkuulle käytettiin toisen ja heinä-, elo- ja syyskuulle kolmannenvuosineljänneksen kuormitusarvoja. Vuoden 1978 osalta kaupungin ilmoittamiin kuormituslukuihin on Helsingin vesipiirin vesitoimisto tehnyt korjauksia, joissa on otettu huomioon puhdistamon ohitusvedet ja laskettu kuormitus virtaamapainotuksella.

Porvoon maalaiskunnan jätevesien aiheuttama kuormitus on laskettu Porvoon mlk:n jätevedenpuhdistamon tarkkailutiedoista. Vuonna 1977 tutkimusajankohtaan osuvat tarkkailutiedot ovat kesä- ja heinäkuulta. Kesäkuun arvoja käytettiin touko-kesäkuuta edustamaan ja heinäkuun arvoja loppukesälle. Vuoden 1978 toukokuun tarkkailutieto edustaa touko-kesäkuuta ja heinä- ja syyskuun keskiarvo loppukesää.

Porvoonjoen suunnan kuormitus on yhteenlaskettu Porvoonjoen, Porvoon kaupungin jätevesien ja Porvoon mlk:n jäteveden aiheuttama kuormitus.

Mäntsälänjoen merialueelle tuoma kuormitus on laskettu virtaaman kuukausikeskiarvoa ja ajallisesti lähinnä olevaa vedenlaatumietoa käyttäen (kuukauden jaksot). V. 1977 päivittäiset virtaamatiedot on saatu Mäntsälänjoen alajuoksulla olevalta Mustijoen pumppuasemalta, koska Vekkosken ($F = 665 \text{ km}^2$, $L = 2,5 \%$) asteikkoa ei luettu. Vuoden 1978 virtaamatiedot ovat Vekkosken asteikolta. Mäntsälänjoen suussa valuma-alue on 785 km^2 ($L = 2,5 \%$). Virtaamaan on laskettu valuma-alueiden eroa asteikkopaikalla ja joen suussa vastaava korjaus. Vedenlaatutietoja (Helsingin vesipiiri) on joesta avovesikausilta v. 1977 ja 1978 touko-, heinä- ja lokakuulta.

Neste Oy:llä on Sköldvikissä kolme erillistä jätevesien purkupaikkaa (kuva 21). Purkupaikkaan 1 tulevat puhdistuksen jälkeen varsinaiset prosessijätevedet, öljyiset vedet ja saniteettivedet. Avo-ojan kautta tehdasalueen pohjoisrantaan (purkupaikka 2) johdetaan osa alueen pintavesistä, vesilaitoksen poistovedet ja höyrykattiloiden ulospuhallusvesiä. Teollisuusalueen eri laitoksilla on yhteinen jäähdytysveden sisäänotto ja purkujärjestelmä. Purkupaikka 3:een johdetaan jäähdytysvesien lisäksi Kymi Kymmenen sade- ja huuteluvedet sekä Pekema Oy:n ja Stymer Oy:n käsitellyt jätevedet.

Purkupaikkojen 1 ja 2 kautta tutkimusaikana mereen johdettu jäteainekuorma laskettiin Neste Oy:n tekemän viikottaisen jätevesitarkkailun perusteella.

Purkupaikan 3 kuormitus saatiin laskemalla Kymi Kymmene Oy:n, Neste Oy:n (pp. 3), Pekema Oy:n ja Stymer Oy:n viikkokohtaisista jätevesitarkkailutiedoista.

33. Fysikaaliskemialliset muuttujat

Kaikista 0-6 metrin kokoomanäytteistä määritettiin lämpötila, näkösyvyys, sameus, kiintoaine, sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, pH, väri, kokonaistyyppi, nitraattityppi, nitriittityppi, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori, fosfaattifosfori, rauta ja klorofylli a vesihallinnon käyttämällä standardimenetelmällä.

34. Perustuotanto

Perustuotannon mittauksessa käytettiin 14 C menetelmää vesihallinnossa käytössä olevan standardin mukaisesti. Radiohiililiuos oli vesientutkimuslaitoksen laboratorion laimennusmenetelmällä valmistama. Liuoksen hiilipitoisuus oli v. 1977 0,15 ja vuonna 1978 1,5 millimoolia. Hiilipitoisuuserolla ei käytännössä ole vaikutusta lopputulokseen (Niemi, M. suullinen tiedonanto).

Perustuotantokykynäyte otettiin 0-6 m, muita vesinäytteitä vastaten. Havaintopaikkoja oli v. 1977 11 ja v. 1978 14 kpl. In situ määrittämisen näytteenotto-syvyydet olivat 0,2, 0,5, 1, 2, 3 ja 5 m ja havaintopaikat 6, 12, 13, 17, 21 ja 22 (kuva 21).

Perustuotantokykymittauksessa oli yksi valoisa ja yksi pimeä pullo näytettä kohti. In situ mittauksissa oli kaksi valoisa ja yksi pimeä pullo syvyyttä kohti. In situ tuloksia laskettaessa 6 metrin tuotantoarvona pidettiin $0 \text{ mg C/m}^3 \cdot 24 \text{ h}$.

35. Kasviplankton

Kasviplanktonnäytteet otettiin joka toisella havaintokerralla paikoilla 6, 17 ja 22. Näistä näytteistä on vain vuoden 1978 näytteet tutkittu. Näyte otettiin 0-6 metrin kokoomanäytteestä 100 ml:n pulloon ja säilöttiin 5 % formaliinilla.

Kasviplanktonnäytteet on tutkinut L. Lepistö Utermöhl-tekniikkaa käyttäen.

36. Levänkasvatustestit

Levänkasvatustestit, joilla mitattiin vesinäytteiden levänkasvatuskky ja määritettiin näytteiden levänkasvua rajoittavaa ravinnetta sekä jäteveden vaikutusta kasvuun tehtiin pääpiirteissään menetelmällä, jota Helsingin kaupungin vesiensuojelulaboratorio on käyttänyt (Tarkiainen ja Rinne 1974).

Tutkittava vesinäyte suodatettiin (Whatman GF/C) näytteenoton jälkeen ja säilöttiin muovipulloissa pakastamalla. Sulatuksen jälkeen näytevesi annosteltiin testiputkiin, lisättiin ravinneliuokset ja autoklavoitiin. Rinnakkaisnäytteitä oli kolme. Putkien seistystä yli yön huoneen lämmössä siirrostettiin testilevä ja aloitettiin inkubointi.

Jätevesitesteissä ei putkia autoklavoitu, jotteivät jätevesissä mahdollisesti olevat helposti haihtuvat aineet katoaisi. Jätevesilisäyksiä ei myöskään suodatettu. Testivetenä käytettiin havaintopaikan 19 suodatettua pintavettä. Tähän lisättiin tutkittavaa jätevettä tietty määrä.

Testiorganismi Chlorella sp. eristettiin puhtasviljelmäksi vuonna 1977 tutkimusalueelta. Varastokannan kasvatusliuos oli Helsinki - 1 (Tarkiainen ja Rinne 1974), jonka typpipitoisuutta alennettiin alkuperäisestä ohjeesta N/P suhteen saamiseksi lähelle leväsolujen keskimääräistä suhdetta. Käytetyssä liuoksessa oli 2,5 mg N/1 ja N/P 13.

Näytteet inkubointiin koeputkissa (25 x 200 mm) altavalossa (4000 ± 300 luksia) 20 ± 2 °C lämpötilassa 13 vrk. Inkuboinnin aikana putkia ravisteltiin kerran päivässä. Kasvatusliuostilavuus oli 33 ml ja levien alkukonsentraatio n. 1,5 µl/l.

Minimiravinnetesteissä . käytettiin kahta eri laajuista ravinnelisyssarjaa. Alla olevat ravinnemäärät tarkoittavat konsentraatiota testiputkessa. Lisätyt yhdisteet olivat NH₄ Cl, K₂HPO₄ ja hiivenainelisäys, jonka yhdisteet olivat samat kuin Helsinki-1 hiivenaineosassa ja pitoisuus sama.

a)	N	1000	ug/l	
	P	100	"	
	N	1000	"	+ P 100 ug/l
b)	N	100	"	
	N	1000	"	
	P	10	"	
	P	100	"	
	N	100	"	+ P 10 ug/l
	N	100	"	+ P 100 "
	N	1000	"	+ P 10 "
	N	1000	"	+ P 100 "
	TE hiivenaineet			

Minimiravinnetestejä tehtiin säännöllisesti kahdeksalla eri havaintopaikalla, joista kuusi oli Svartbäckinselällä: 5 (45 v. 1978), 9, 10, 14, 17, 19 ja kaksi Orrenkylänselällä: 21 ja 23. Täysimittaisia testikertoja oli v. 1977 seitsemän ja v. 1978 kuusi, joista kolmessa oli muita laajempi ravinnelisysohjelma (kuvat 4521, 4522).

Jokaisesta putkesta mitattiin inkuboinnin päättyessä sameus (FTU). Tässä tutkimuksessa on levättestien tulos ilmoitettu suoraan sameusarvoina. Vaikka testien tavoitteen kannalta tällainen suhteellinen tulosten ilmoitustapa on riittävä, on testien yhteydessä mitattu myös sameuden ja biomassan välinen yhteys mikroskopioimalla eräistä testisarjoista näytteiden solutiheys (verisolukammiota käyttäen) ja solujen koko.

4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

41. Säätila

Vuosi 1977 oli kylmä ja säteily määrä oli pieni. Vuoden 1978 toukokuu oli lämmin ja vähäsateinen ja voi sanoa, että kesä oli edennyt toukokuun lopun havaintokertaan mennessä huomattavasti pidemmälle kuin v. 1977 (taulukot 411 ja 412). Runsassateisia kausia oli heinäkuussa 1977 ja elo-syyskuussa 1978.

42. Kuormitus

421. Joki- ja teollisuuskuormitus

Tarkasteltaessa kuormituslukuja (taulukot 4212-4214, liitteet 1-3) on huomattava, että koko kuormitus ei kohdistu samalle vesialueelle. Vain osa Porvoonjoen suunnan kuormituksesta vaikuttaa tutkimusalueilla Orrenkylän- ja Svartbäckinselällä. Orrenkylänselälle vaikuttaa ainoastaan Porvoonjoen suunnan kuormitus.

Porvoon edustan kokonaiskuormitus vaihtelee touko-syyskuun aikana hyvin huomattavasti. Kuormituksen määrällinen muutos riippuu jokien virtaamamuutoksista, jokiveden laadusta ja eri teollisuuslaitosten käyttöasteesta. Asutuksen aiheuttama kuormitus on muita kuormituslähteitä tasaisempi.

Jokien virtaama on suurimmillaan huhtikuussa. Kesällä virtaama on vähäinen, kohoten taas syksyllä. Tutkimusvuodet olivat hydrologisesti hyvin erilaisia. Vuoden 1978 toukokuun virtaama oli alle puolet edellisestä vuodesta, kesä-elokuun virtaama n. 1/3 ja syyskuun virtaama n. kolminkertainen (taulukko 4211).

Jokien mereen tuomat ainemäärät riippuivat ensisijaisesti virtaamasta, mutta etenkin Porvoonjoella veden laadun vaihtelut (kuva 4211) vaikuttivat osaltaan lasketun kuormituksen suuruuteen. Mäntsälänjoen kuormitus oli normaalista poikkeava Porvoon moottoritien siltarakennustyömaan johdosta. Työmaa aiheutti selvän ainepitoisuuksien nousun vedessä. Erityisesti tämä näkyy kiintoaineen ja kemiallisen hapenkulutuksen kohdalla vuonna 1977.

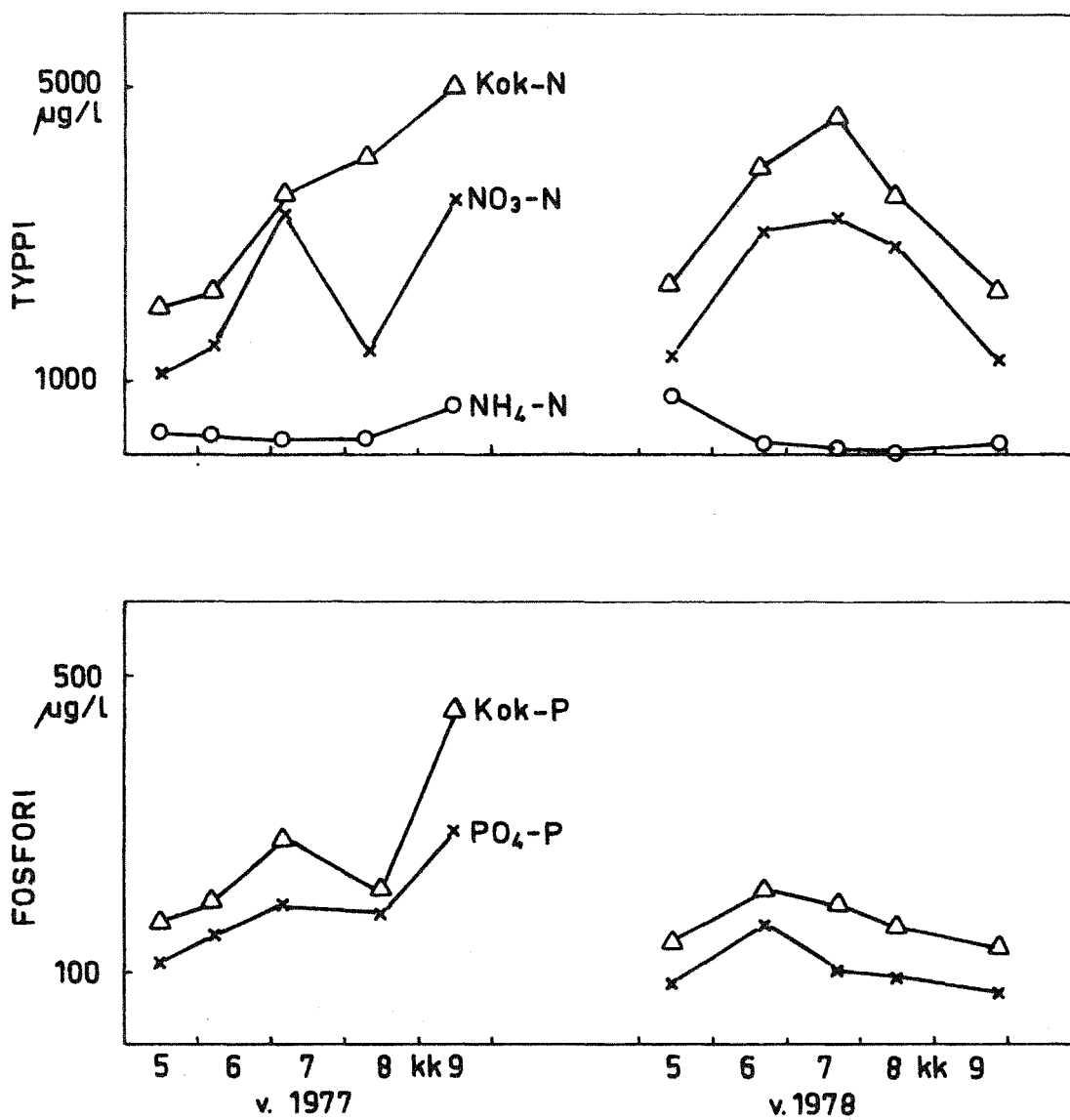
TAULUKKO 411 Lämpötilan, pilvisyysprosentin ja sademäärän kuukausikeskiarvot Porvoon Linnamäellä v. 1977 ja 1978 touko-syyskuussa

	\bar{T}	N %	sademäärä mm
5.1977	9,5	63	33
6.	14,4	52	36
7.	14,8	70	123
8.	14,1	65	26
9.	7,8	61	67
5.1978	10,3	39	5
6.	14,3	49	71
7.	15,4	54	70
8.	13,5	71	136
9.	8,4	78	97

TAULUKKO 412 Yhden ja neljän vuorokauden säätilatiedot tutkimusjaksottain

tutkimus- jakso	ilman lämpö- tila keskiarvo °C		pilvisyys keskiarvo 0/8		vallitseva tuulen suunta °		tuulen nopeus keskiar- vo m/s		sademäärä/ vrk mm	
	1 vrk	4 vrk	1 vrk	4 vrk	1 vrk	4 vrk	1 vrk	4 vrk	1 vrk	4 vrk
9.-10.5.1977	9	13	6	6	180	90	4	4	2	1
23.-24.5.	17	16	4	3	270	0	7	6	0	0
7.-8.6.	16	13	2	4	135	135	4	4	0	2
27.-28.6.	16	14	6	7	225	270	6	5	0	1
20.-21.7.	17	16	4	6	180	180	5	5	0	6
9.-10.8.	21	20	8	5	90	0	2	5	2	1
30.-31.8.	17	16	5	6	225	225	6	6	0	3
20.-21.9.	11	9	7	6	270	315	4	5	0	0
22.-23.5.1978	16	17	3	2	90	135	4	4	0	0
7.-8.6.	18	18	5	2	180	225	3	6	0	0
27.-28.6.	19	18	6	5	90	90	4	5	26	7
18.-19.7.	14	14	3	5	270	270	4	4	0	2
9.-10.8.	14	15	8	7	0	315	7	4	0	3
29.-30.8.	14	13	6	7	270	180	6	6	0	5
25.-26.9.	5	5	7	6	45	0	5	6	1	1

Porvoonjoen ja Mäntsälänjoen ravinnepitoisuudet ovat korkeita. Erityisesti on huomattava, että typpi ja fosfori ovat läpi kesän suurimmaksi osaksi liukoisessa muodossa (kuva 4211).



KUVA 4211. Porvoonjoen veden ravinnepitoisuus kesällä 1977 ja 1978

TAULUKKO. 4211. Porvoon- ja Mäntsälänjoen kuukauden keskivirtaamat m^3/s kesällä 1977 ja 1978. Arvot on korjattu vastaamaan jokisuun valuma-alueetta.

Aika	Mäntsälänjoki	Porvoonjoki
5.1977	14,6	29,7
6.	4,3	5,5
7.	5,0	13,9
8.	4,4	9,7
9.	3,8	8,8
5.1978	6,2	11,0
6.	1,2	3,1
7.	1,4	2,7
8.	1,4	3,7
9.	9,0	22,6

Runsas kesäaikaiset sateet kuten vuoden 1977 heinäkuussa ja v. 1978 elokuussa suurensivat vesistöön huuhtoutuvien aineiden määriä. Purkupaikan 2 kiintoainekuormituksessa näkyvät vaihtelut voidaan selittää ainakin osaksi huuhtoutumisella (liite 1).

Jokien mereen tuoma kiintoainekuorma oli hyvin suuri (liite 1), erityisesti kevättulvan aikana. Tästä johtuen on luultavaa, että purkupaikkojen 1, 2 ja 3 kiintoainekuormien vaikutus ei vesistöissä voi erottua kuin ajoittain kesällä purkupaikkojen lähellä.

Porvoonjoen eteläpuoliselle merialueelle kohdistuva ravinnekuormitus oli läpi koko tutkimusajan selvästi suurempi kuin pelkästään Svarbäckinselälle tuleva kuormitus ilman Porvoonjoen vaikutusta (taulukot 4212 ja 4213). Emäsalon pohjoispuolisten vesialueiden rehevyys on odotettavissa jo ravinnekuormituslukujen perusteella.

Purkupaikkojen 1 ja 2 ravinnekuormitusta verrattiin myös Mäntsälänjoen kuormitukseen (taulukko 4214). Keskikesällä Neste Oy:n typpi-kuormitus ylitti selvästi Mäntsälänjoen kuorman ja fosforikuormitus oli lähes samaa tasoa jokikuorman kanssa. Keväällä tulva-aikaan Nesteen ravinnekuormitusosuus oli paljon pienempi kuin keskikesällä.

Kokonaisfosforikuormitus oli touko-syyskuussa v. 1977 yli kaksinkertainen vuoteen 1978 verrattuna. Heinäkuussa 1977 oli myös Porvoonjoen suunnan fosforikuormitus suuri kesäajan huomioonottaen. V. 1978 kuormitus pieneni eniten purkupaikka 1:llä. Millään kuormituspaikalla ei v. 1978 ollut suuria kesäaikaisia fosforihuippuja, vaan kuormitus oli tasainen läpi kesän.

Koko alueen kokonaistypikuormituskin oli touko-syyskuussa 1977 lähes kaksi kertaa niin suuri kuin v. 1978 (taulukko 4213). Kesällä 1977 Porvoonjoen typikuormituksessa oli nousu heinäkuussa, mutta taso pysyi myös elokuussa korkealla. Neste Oy:n pp. 1:n kuormitus kohosi hyvin korkeaksi heinäkuussa (n. 1000 kg N/d) ja pysyi melko korkeana (yli 600 kg N/d) loppukesän.

Kesällä 1978 Mäntsälänjoen typikuormitus oli hyvin pieni heinä-elokuussa (100 kg N/d), Porvoonjoen suunnan tasainen. Touko-kesäkuussa 1978 pp 1:n tyypipäästö oli kaksinkertainen edelliseen vuoteen nähden, mutta laski syksyä kohden.

Nesteen purkupaikka 1:n ravinnekuormituksen N/P suhde oli korkeampi kuin muilla kuormituspaikoilla (taulukko 4215).

Nesteen öljykuormitus oli keskimäärin 40 kg/d ja fenoli 1 kg/d. Merkillepantavia ovat purkupaikan 2 ajoittain korkeat öljymäärät (liite 3). Pekema Oy:n kloorattujen hiilivetyjen päästö oli suuri purkupaikalla 3 ja kuormituksen vaihtelu samoin suuri (15-3300 kg/d).

Neste Oy:n purkupaikkojen 1 ja 2 jätevesien ravinteista on erityisesti mainittava pp 1:n typpi, joka oli lähes täysin NH_4 -muodossa ja fosfori, josta vain pieni osa oli PO_4 -muodossa (liite 4).

TAULUKKO. Kokonaisfosforikuormituksen keskiarvo kuukausittain ja %-osuus yhteis-
4212 kuormituksesta sekä tutkimuskesien ja näiden yhteiset keskiarvot. Keski-
hajonta SD, havaintojen lukumäärä ja kaikkien havaintojen min ja maks.arvot

aika	purku 1		purku 2		purku 3		Mäntsälän- joki		Porvoonjoen suunta		Yhteensä	
	kg/d,	%										
5.1977	8	1,4	3	0,5	1	0,2	120	20,3	460	77,7	592	100
6.	32	17,8	2	1,1	1	0,6	35	19,4	110	61,1	180	100
7.	62	13,0	12	2,5	2	0,4	40	8,4	360	75,6	476	100
8.	24	9,1	3	1,1	2	0,8	35	13,3	200	75,8	264	100
9.	11	2,7	2	0,5	1	0,2	35	8,6	360	88,0	409	100
5-9	26	6,8	3	0,8	1	0,3	55	14,3	300	77,9	385	100
5.1978	4	1,7	1	0,4	1	0,4	80	33,9	150	63,6	236	100
6.	5	5,1	2	2,0	2	2,0	15	15,2	75	75,8	99	100
7.	6	7,1	1	1,2	3	3,5	10	11,8	65	76,5	85	100
8.	6	6,7	2	2,2	1	1,1	10	11,2	70	78,7	89	100
9.	8	2,1	4	1,1	3	0,8	80	21,3	280	74,7	375	100
5-9	6	3,3	2	1,1	2	1,1	40	22,2	130	72,2	180	100
77-78	16	5,8	3	1,1	2	0,7	46	16,6	210	75,8	277	100
SD	23		3		1		36		140			
n	36		35		41		10		10			
min.	3		1		1		10		110			
max	130		21		8		120		460			

TAULUKKO 4213 Kokonaistypen kuormituksen keskiarvo kuukausittain ja %-osuus yhteiskuormituksesta sekä tutkimuskesien ja näiden yhteiset keskiarvot, keskihajonnat SD, havaintojen luku n ja kaikkien havaintojen min ja maks. arvot.

aika	purku 1		purku 2		purku 3		Mäntsälän- joki		Porvoon- joen suunta		yhteensä	
	kg/d	%										
5.1977	190	2,7	(~30)	(0,4)	2	0,03	1500	21,1	5400	75,8	7122	100
6.	380	17,6	13	0,6	3	0,1	460	21,3	1300	60,3	2156	100
7.	990	17,5	55	1,0	3	0,1	700	12,4	3900	69,1	5648	100
8.	750	14,9	45	0,9	3	0,1	620	12,4	3600	71,7	5018	100
9.	1040	18,1	13	0,2	3	0,1	600	10,4	4100	71,2	5756	100
5-9	710	13,6	30	0,6	3	0,1	780	14,9	3700	70,8	5223	100
5.1978	540	11,1	11	0,2	8	0,2	1900	39,1	2400	49,4	4859	100
6.	590	26,0	9	0,4	2	0,1	370	16,3	1300	57,2	2271	100
7.	350	19,9	13	0,7	4	0,2	90	5,1	1300	74,0	1757	100
8.	280	16,6	12	0,7	4	0,2	90	5,3	1300	77,1	1686	100
9.	520	7,9	34	0,5	2	0,03	1300	19,8	4700	71,7	6556	100
5-9	440	13,0	15	0,4	4	0,1	730	21,5	2200	64,9	3389	100
77-78	570	13,4	22	0,5	4	0,1	760	17,9	2900	68,1	4256	100
SD	355		33		3		610		1600			
n	37		34		42		10		10			
min.	120		7		0		90		1300			
max	1600		160		19		1900		5400			

TAULUKKO 4214 Purkupaikkojen 1 ja 2 yhteisen kuormituksen suuruus Mäntsälänjoen kuormitukseen verrattuna, %-osuus laskettu kuukausikeskiarvoista.

aika	kiintoaine	KHT	BHT*	kok.typpi	kok. fosfori
5.1977	0,8	12,4	12,7	15	9,2
6.	3,2	13,0		85,4	97,1
7.	11,3	28,1		149,3	185,0
8.	3,8	17,0	98,0	128,2	77,1
9.	10,4	36,8		175,5	37,1
5-9	3,1	18,6		94,9	52,7
5.1978	0,9	29,4	51,9	29,0	6,3
6.	7,5	259,3		161,9	46,7
7.	26,1	164,4		403,3	70,0
8.	28,9	121,9	111,5	324,4	80,0
9.	4,1	28,6		42,6	15,0
5-9	4,3	57,0		62,3	20,0
5-9, 77-78	3,5	29,3	63,3	77,9	41,3

* vain purku 1

TAULUKKO 4215 Kokonaistypen ja kokonaisfosforin suhde keskiarvokuormituksista laskettuna kesällä 1977 ja 1978 purkupaikoittain ja yhteensä.

aika	purku 1	purku 2	purku 3	Mäntsälän- joki	Porvoon- joen suunta
5.1977	24		2	13	12
6.	12	7	3	13	12
7.	16	5	2	18	11
8.	31	15	2	18	18
9.	95	7	3	17	11
5-9	27	10	3	14	12
5.1978	135	11	8	24	16
6.	118	5	1	25	17
7.	58	13	1	9	20
8.	47	6	4	9	19
9.	65	9	1	16	17
5-9	73	8	2	18	17
77-78	36	7	2	17	14

422. Jäähdytysveden kierto ja ravinnekuormitus

Jäähdytysveden virtaama oli kesällä 1978 $1,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d} = 14 \text{ m}^3/\text{s}$ eli suurempi kuin Mäntsälän- ja Porvoonjoen yhteinen keskikesän virtaama. Svartbäckinselän vesitilavuus Klobbuddenista pohjoiseen on $150 \times 10^6 \text{ m}^3$. Jäähdytysveden kierrätys liikuttaa siten 0,8 %/d koko alueen vesitilavuudesta. Vuodessa jäähdytysvesisysteemin läpi pumpataan vesimäärä, joka on kolme kertaa Svartbäckinselän pohjoispään vesitilavuus.

Näin suurella virtauksella voi olla merkitystä myös ravinteiden siirtymiselle, kuten seuraavasta tarkastelusta käy ilmi.

Jäähdytysvesitunnelin edustalla oli liukoisten typpi- ja fosforiyhdisteiden pitoisuus korkeampi kuin ympäröivillä vesialueilla (liite 5 ja kuvat 4312 ja 4317). Purkupaikka 3:n kokonaisfosforikuormitus oli keskimäärin 2 kg/d (taulukko 4212) ja typpikuormitus 4 kg/d (taulukko 4213). Jos koko kokonaisravinnemäärien oletetaan olleen liukoisessa epäorgaanisessa muodossa kohotti kuormitus jäähdytysveden $\text{PO}_4\text{-P}$ pitoisuutta 1,7 ug/l ja $\text{N}_m\text{-N}$ pitoisuutta 3,4 ug/l.

Lähekkäisillä havaintopaikoilla oli kesä-elokuussa v. 1978 seuraavia keskiarvoja.

	$\text{N}_m\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	ug/l (0-6 m)
p. 13	29	15	
p. 12	47	17	
p. 14	31	11	

Liukoisten ravinteiden pitoisuus havaintopaikalla 12 oli suurempi kuin mitä pelkkä teollisuuslaitosten kuormitus aiheutti. Kohonneet pitoisuudet johtuivat ilmeisesti itse jäähdytysveden kierrätysjärjestelmästä. Vesi pumpataan jäähdytyskiertoon n. 1/2 km jäähdytysveden purkupaikan eteläpuolelta n. 20 metrin syvyydestä.

Kesällä Svartbäckinselän vesimassa on lämpötilan mukaan kerrostunut ja alusvedessä liuenneiden epäorgaanisten ravinteiden pitoisuus suurempi kuin päällysvedessä. Jäähdytysvesi otetaan alusvedestä, kierrätetään jäähdytysjärjestelmässä ja puretaan pintaveteen, johon näin tulee lisää organismeille käyttökelpoisia ravinteita.

Alusveden liukoisista ravinteista on tietoja ammoniumtyypen osalta (Vesihydro 1979). Jäähdytysvedenottoa lähinnä olevan havainpaikan (p. 10 d) $\text{NH}_4\text{-N}$ pitoisuudet kesällä 1978 olivat:

	28.6.1978	18.7.1978	29.8.1978	
1 m	10	10	60	ug/l
5 m	10	10	50	
10 m	10	10	60	
19-21 m	30	30	70	

Omien havaintojen mukaan $\text{NH}_4\text{-N}$ pitoisuudet jäähdytysvesitunnelin edustalla olivat:

	28.6.1978	19.7.1978	30.8.1978	
0-6 m	38	37	54	ug/l

Alusveden ja jäähdytysvesitunnelista poistuvan veden $\text{NH}_4\text{-N}$ pitoisuus olivat varsin lähellä toisiaan. Jäähdytysvedellä näyttää näin olevan ravinnekuormitusta lisäävä vaikutus.

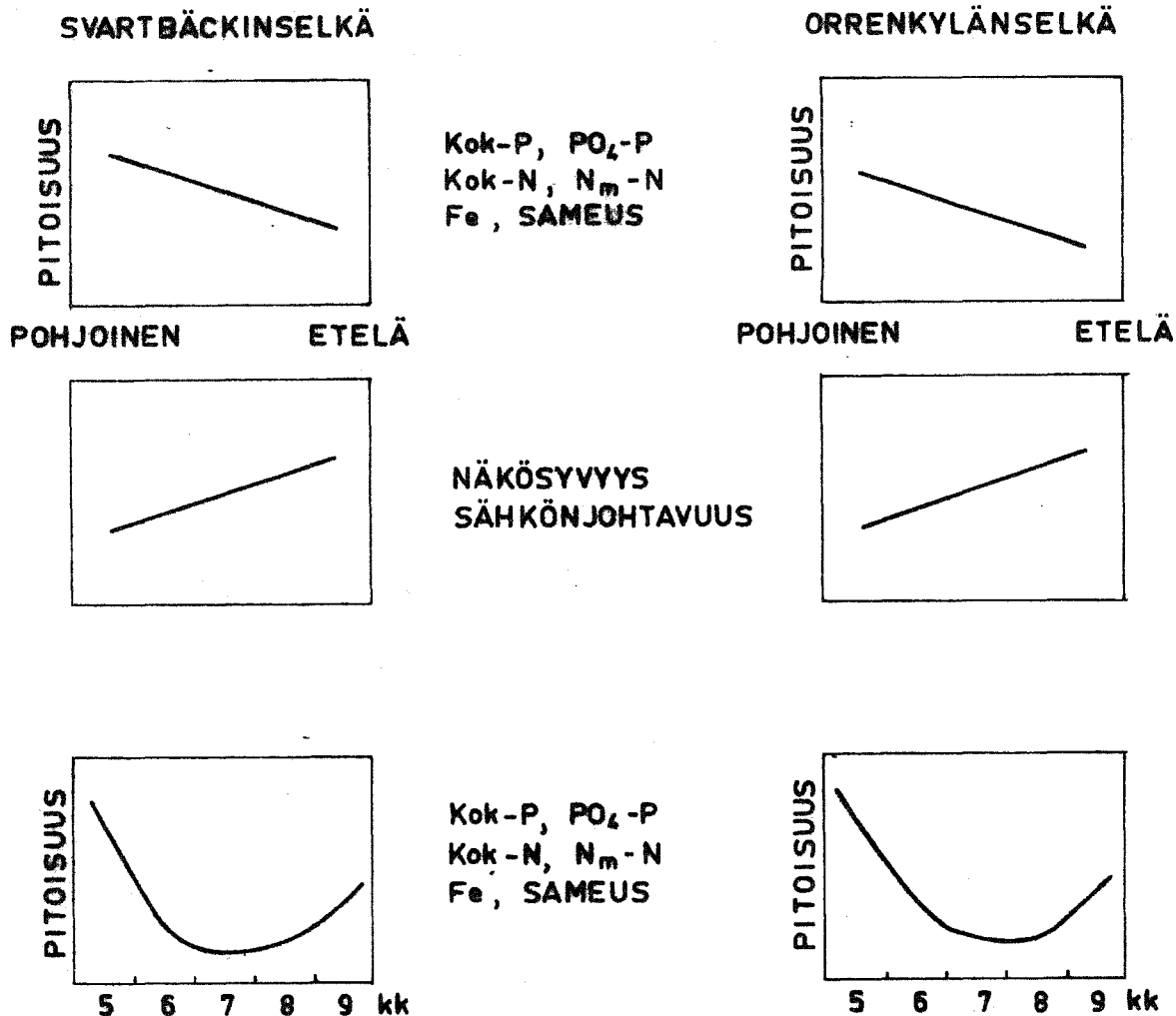
Karkea arvio tämän lisäkuormituksen suuruudesta voidaan laskea aiemmin esitetyistä p. 13, p. 12 ja p. 14 kesä-elokuun N_m ja $\text{PO}_4\text{-P}$ keskiarvoista. Paikan 12 $N_m\text{-N}$ pitoisuus oli 17 ug/l suurempi kuin p. 13 ja p. 14 keskiarvopitoisuus ja $\text{PO}_4\text{-P}$ pit. 4 ug/l suurempi. Kun teollisuuslaitoskuormituksen osuudet vähennetään ja kerrotaan jäännös virtaamalla, jäähdytysveden kierrätyksen aiheuttamaksi lisäkuormitukseksi saadaan kesä-elokuussa vuonna 1978 16 kg $N_m\text{-N/d}$ ja 2 kg $\text{PO}_4\text{-P/d}$

Jos arvio lasketaan suoraan vedenottoalueen pinta- ja alusveden pitoisuuksien erotuksesta saadaan jäähdytysveden $\text{NH}_4\text{-N}$ kuormitukseksi 28.6. ja 18.7.1978 20 kg/d ja 29.8.1978 15 kg/d.

Jäähdytysveden kierron aiheuttama liukoisten ravinteiden kuormitus oli suurempi kuin purkupaikan 3 teollisuuskuormittajien, mutta huomattavasti pienempi kuin purkupaikka 1:stä alueelle tullut ravinne määrä.

43. Fysikaaliskemialliset muuttujat

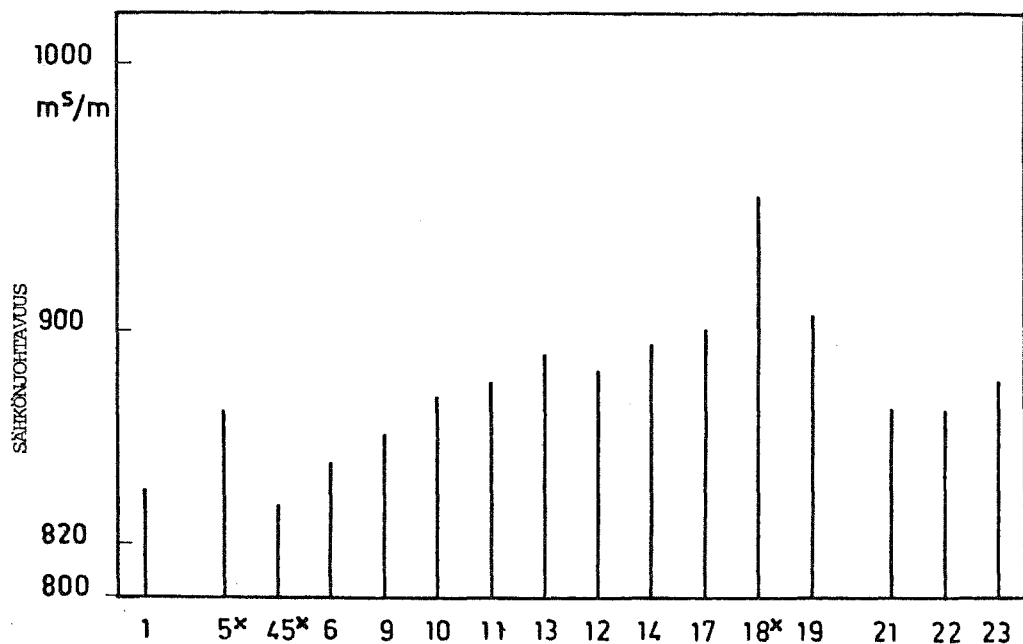
Tutkimusalueen vedenlaadusta ja sen kesäaikaisesta vaihtelusta fysikaaliskemiallisten muuttujien avulla saatu kuva on voimakkaasti yksinkertaistettuna seuraava.



Porvoonjoen suunnan vesien vaikutusta Svartbäckinselällä arvioitiin pintaveden näkösyvyyden, sähkönjohtavuuden (kuva 431), sameuden ja raudan keskiarvojen perusteella, joissa voitiin todeta havaintopaikkojen 1 ja 10 välillä selvä ero. Havaintopaikassa 10 oli jokiveden vaikutus paljon pienempi kuin paikassa 1, jonka arvot olivat samaa luokkaa kuin paikoilla 5 ja 45. Kun paikan 10

tila ei sanottavasti poikennut siitä tilan paranemiskuvaajasta, joka oli nähtävissä Svartbäckinselällä pohjoisesta etelään, voitiin tästä päätellä, että Porvoonjoen suunnasta tulevan kuormituksen vaikutus väheni nopeasti heti Svartbäckinselällä ja ettei vaikutus voinut olla kesällä kovin suuri.

Orrenkylänselän arvot olivat edellämäinittujen parametrien osalta (näkös., sähkönj., sameus ja rauta) samaa luokkaa kuin Svartbäckinselällä paikoilla 10-14, mutta vaihtelu poikkesi ajoittain selillä toisistaan. Syinä tähän olivat sekä virtauksien (joki, meri) vaihtelujen että kuormituksen erot.



	1	5*	45*	6	9	10	11	13	12	14	17	18*	19	21	22	23
m	840	870	835	850	860	875	880	890	885	895	900	950	905	870	870	880
SD	115	165	75	130	115	95	115	110	120	110	110	125	105	130	125	105
min	610	520	680	530	630	700	720	710	680	740	720	800	760	510	530	640
max	1100	1100	900	1100	1100	1100	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1100	1100	1100

KUVA 431. Pintaveden 0-6 m sähkönjohtavuuden keskiarvo, m (keskihajonta, SD, minimi ja maksimi taulukossa) havaintopaikoittain koko tutkimusaikana v. 1977-78. * Paikoista 5 ja 18 vain v. 1977 ja paikasta 45 v. 1978 arvot.

431. Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforin pitoisuus vaihteli paljon eri havaintokerroilla ja -paikoissa, etenkin vuonna 1977 (kuva 431, liite 5). Yleispiirteenä oli lievä pitoisuuden lasku kesällä, paitsi v. 1977

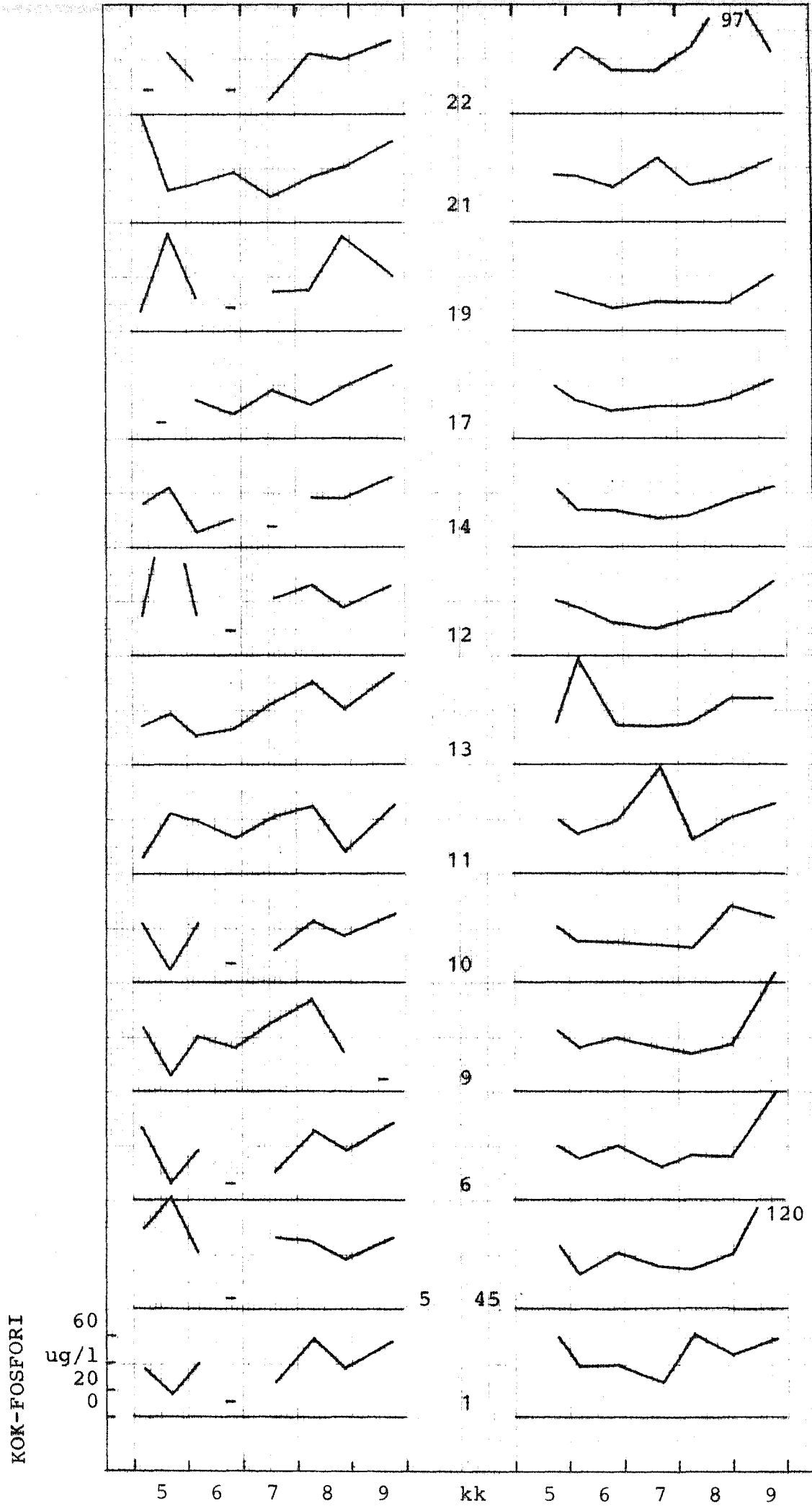
Svartbäckinselällä. Fosforipitoisuuden vaihtelun kuvaaja oli varsin samankaltainen kuin sameuden, osittain myös raudan kuvaaja. Sähkönjohtavuuden kuvaaja on suurimmalta osin kokonaisfosforin kanssa peilikuva.

Pintaveden kokonaisfosforin pitoisuus näytti riippuvan paljolti makeaveden vaikutuksesta ja merivesimassojen vaihtumisesta.

Kokonaisfosforin pitoisuus pintavedessä Svartbäckinselällä vastasi melko hyvin kuormituksen vaihtelua v. 1978. Sensijaan v. 1977 kuva ei ollut näin selkeä, osasyynä tähän olivat kok. P:n analysointivaikeudet alkukesällä. Osasyynä oli myös koko vesimassan vaihtumiset kesäkuun lopussa ja syyskuussa. Kesäkuun uusi pintavesi oli ilmeisesti peräisin aiemmista välivesikerroksista, joille oli ominaista suhteellisen pieni kok.-P pitoisuus (Vesihydron v. 1977 tarkkailun tuloksista). Syyskuussa pintaveteen joutui runsasfosforisia alusvesiä, jotka näin nostivat pinnan fosforimääriä. Heinä-elokuun korkea fosforikuormitus näkyy kuitenkin Svartbäckinselällä kohonneina pitoisuuksina erityisesti paikoilla 9, 11 ja 13. Havaintopaikkojen 1 ja 10 arvoja vertaillen ei Porvoonjoen suunnan vesien vaikutusta voinut pitää keskikesällä suurena, vaan kohonneet pitoisuudet liittyivät selvemmin Nesteen fosforikuormaan ja osin yhteisvaikutukseen. Paikan 5/45 pitoisuus näytti noudatelleen Mäntsälänjoen kuormaa (v. 1977-78).

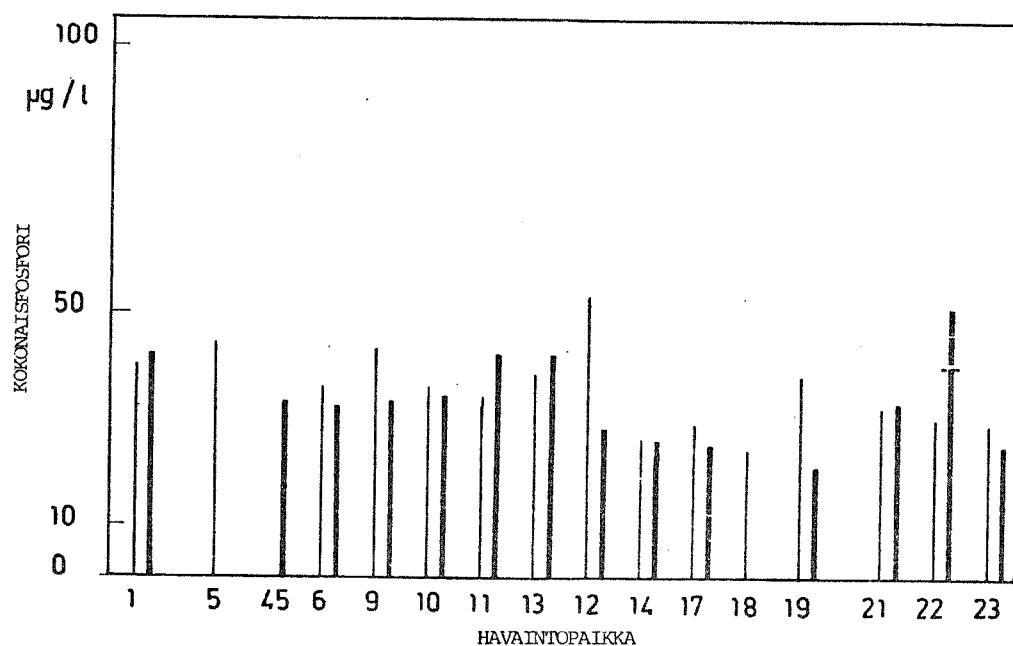
Huolimatta kuormitusmäärien laskusta v. 1978, oli pintaveden fosforipitoisuustaso silti keskimäärin lähes sama kumpanakin kesänä useilla paikoilla (kuva 4312). Eräillä havaintopaikoilla (5/45, 9, 12 ja 19) kokonaisfosforipitoisuus laski huomattavasti, ja nousi joillakin (11 ja 22). Laskua tapahtui niillä paikoilla, joilla v. 77 oli ympäristöään korkeampia arvoja.

Svartbäckinselällä kokonaisfosforipitoisuudessa oli selvä lasku ennen paikkaa 14 eteläänpäin mentäessä n. 40 ug P/l → 30 ug P/l (liite 5).



KUVA 4311

Kokonaisfosfori ug N/l v. 1977 ja 1978



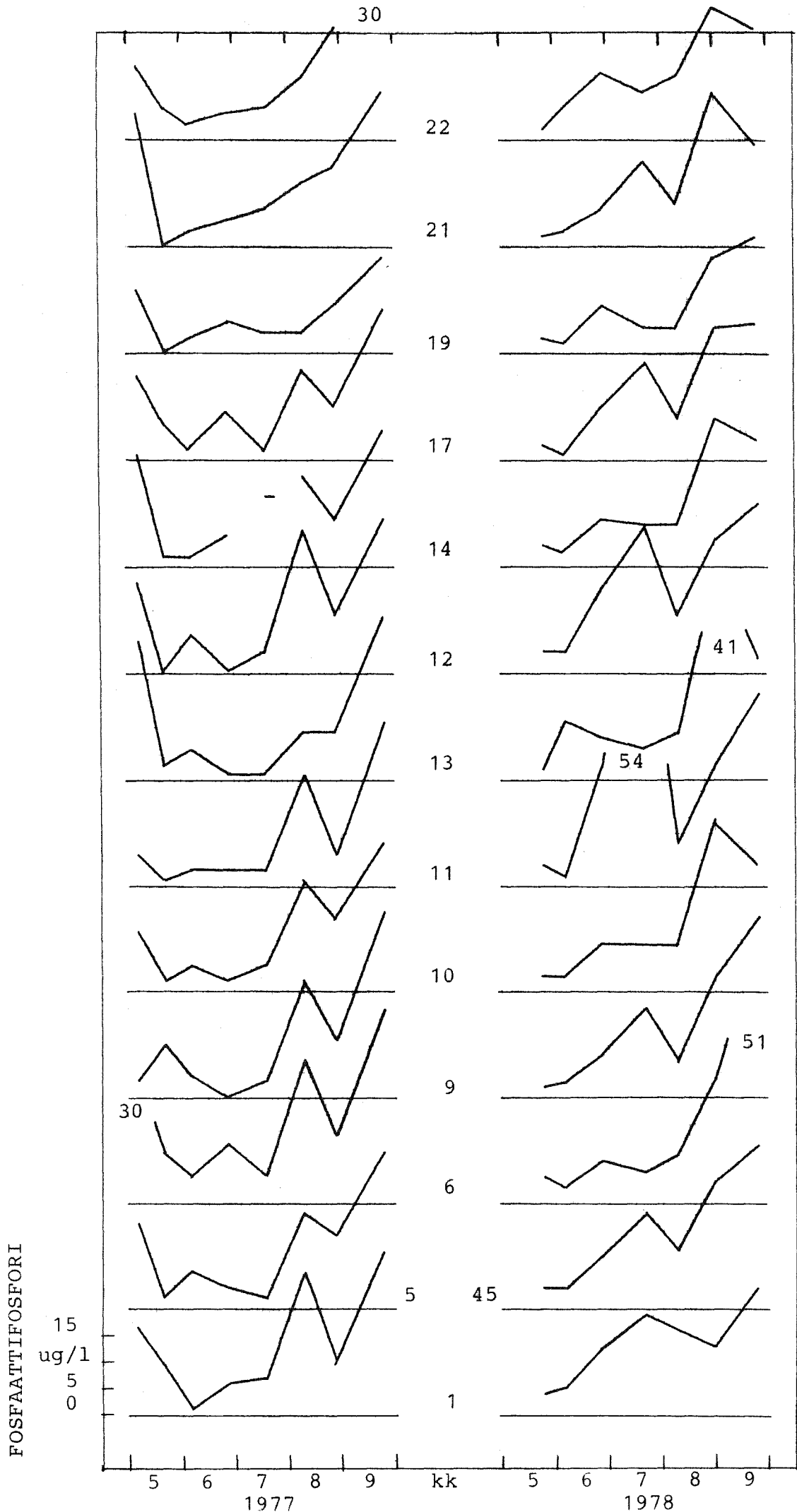
KUVA 4312. Pintaveden 0-6 m kokonaisfosforin keskiarvo kesä-elokuussa havaintopaikoittain v. 1977, ohut pylväs ja v. 1978, paksu pylväs.

432. Fosfaattifosfori

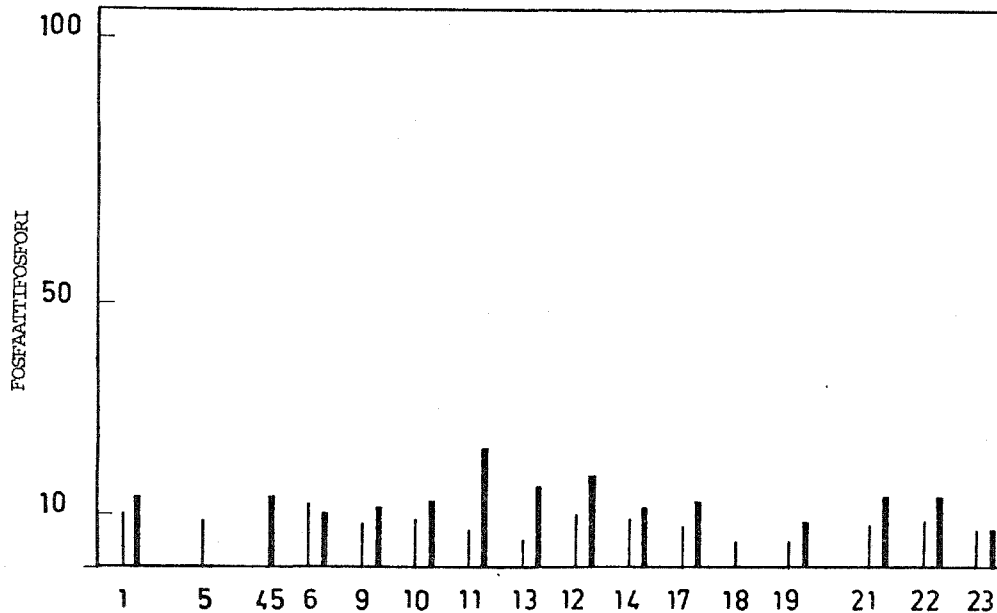
Fosfaattifosforin ajallinen vaihtelu oli samansuuntainen molempina vuosina (kuva 4321, liite 5). Pitoisuus väheni pintavedessä nopeasti keväällä. Kesä- ja heinäkuussa fosfaatin pitoisuustaso oli vuonna 1977 0-10 ug/l, v. 1978 huomattavasti korkeampi. Minimiarvo oli v. 1978 useimmilla havaintopaikoilla jo toukokuussa. Alkukesän jälkeen fosfaattipitoisuus nousi ja oli syyskuussa maksimissaan, yleisesti 20-30 ug/l.

Orrenkylänselällä ja p. 19:llä fosfaattipitoisuuden kehitys oli tasanaisempi kuin Svartbäckinselällä.

Fosfaattifosforin vaihtelu ei noudattanut fosforikuormituksen vaihtelua. Paremminkin se oli käänteinen perustuotannon (kuva 4513) ja sähkönsäätävyyden kuvaajien kanssa osoittaen riippuvuutta perustuotannon intensiteetistä ja toisaalta yleisistä olosuhteista. Vaikka kuormitus oli jälkimmäisenä vuonna pienempi oli fosfaattipitoisuus kesällä 1978 silti suurempi lähes kaikkialla havaintopaikoilla (kuva 4322). Tämä johtui ilmeisesti ravannesuhteiden erosta vuosien välillä. Fosfaattifosforin tarve tuotannossa oli jälkimmäisenä vuonna vähäisempi (kts. myös kohta 452 minimiravinne).



KUVA 4321 . Fosfaattifosfori ug P/l v. 1977 ja 1978



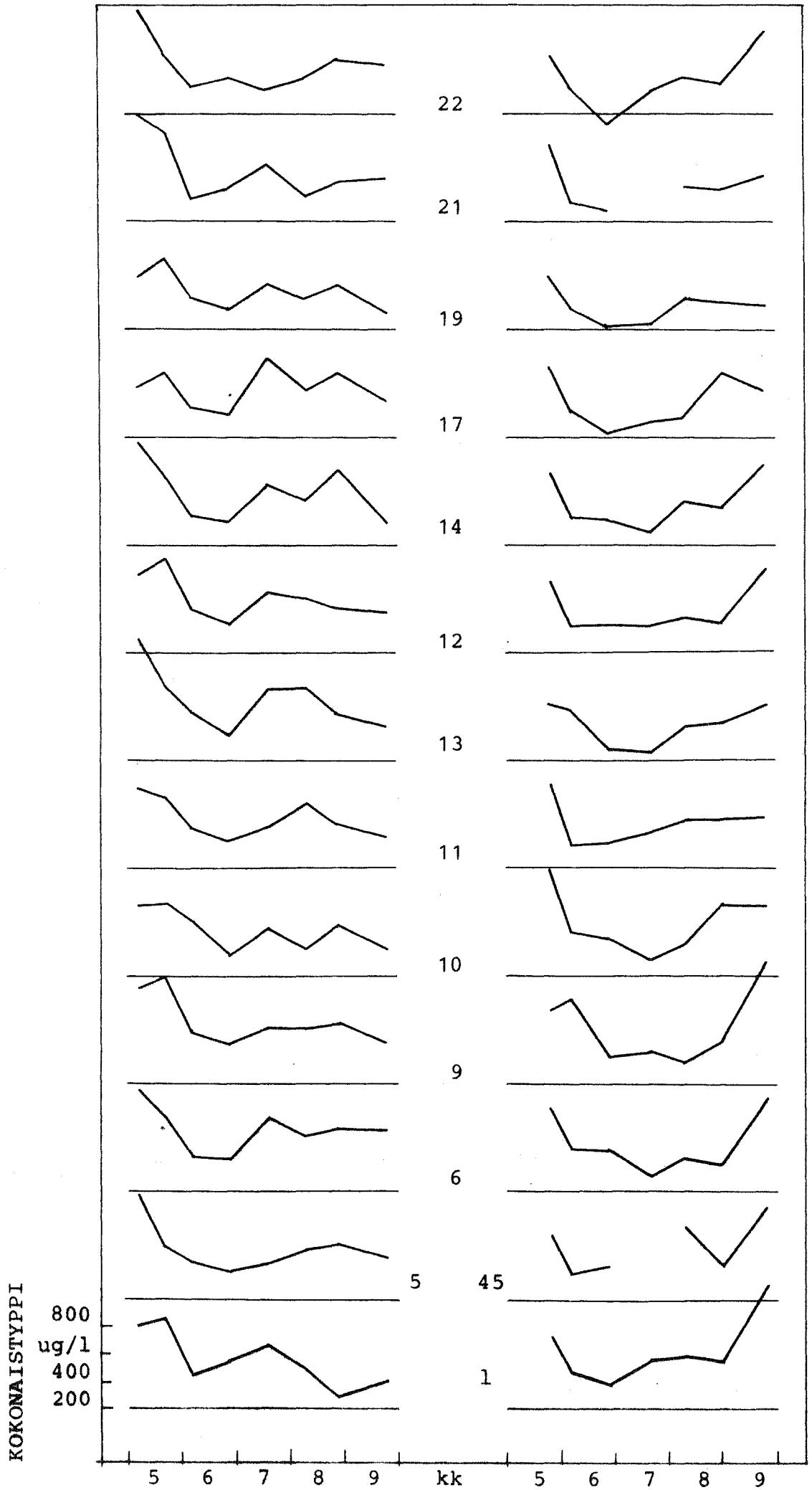
KUVA 4322. Pintaveden 0-6 m fosfaattifosforin keskiarvo kesä-elokuussa havaintopaikoittain v. 1977, ohut pylväs ja v. 1978, paksu pylväs.

433. Kokonaistyyppi

Kokonaistyyppipitoisuuden ajallinen vaihtelu Svartbäckinselällä poikkesi eri vuosina toisistaan (kuva 4331). Molempina vuosina tosin kevätmaksimia seurasi kesäminimi kesäkuun lopussa, mutta v. 1977 heinäkuun lopun ja elokuun alun kokonaistyyppipitoisuus pintavedessä kohosi toukokuun lopun-kesäkuun alun tasolle. Orrenkylänselällä ei tällaista kesäkohoamaa ollut kuin paikalla 21 heinäkuussa ja kohoama puuttui myös paikalta 5. Kokonaistypen pitoisuuden kohoaminen oli yhteydessä kohonneisiin makeavesivirtaamiin ja lisääntyneeseen typpikuormitukseen.

Sama korkean typpikuormituksen vaikutus Svartbäckinselällä v. 1977 näkyi myös kesäajan keskiarvoissa (kuva 4332.)

Vuoden 1977 kesän keskiarvot osoittivat, että paikoilla 1 ja 10 (11) sekä 5 typpipitoisuus oli pintavedessä jopa huomattavasti pienempi kuin itse Svartbäckinselällä mikä oli osoitus siitä, että typen korkea pitoisuus johtui juuri Nesteen korkeasta typpikuormituksesta.

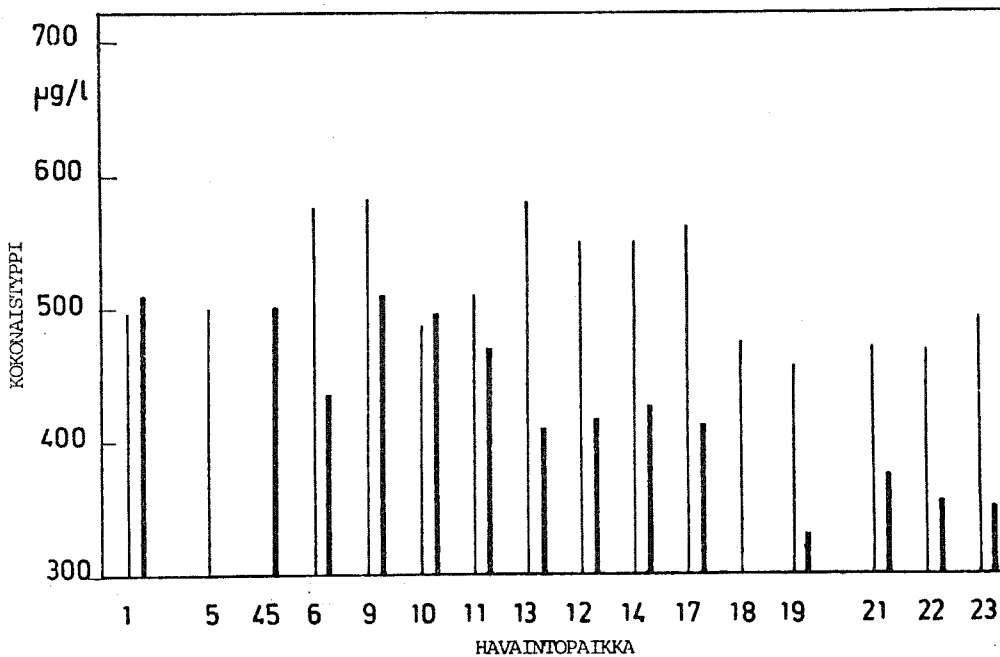


1977 1978
 KUVA 4331 . Kokonaistyyppi ug N/l v. 1977 ja 1978.

Vuonna 1978 typpipitoisuuden vaihtelu muistutti jokikuormitus- ja sähköjohtavuusvaihtelua. Svartbäckinselän tutkimusalueen keskiosissa se seurasi purkupaikka 1:n typpikuormituksen vaihteluita. Nesteen typpikuormituksen takia kohonnut typpipitoisuus oli korkea vain suppealla alueella (p. 9, 11) purkupaikan edustalla (kuva 4332) kun pitoisuus oli v. 1977 kohonnut huomattavasti laajemmalla alueella (6, 9, 13, 12, 14, 17).

Pintaveden vaihtuminen suolaiseen syvien kerrosten veteen (v. 77 kesä- ja syyskuun lopussa v. 78 heinäkuussa) laski typpipitoisuutta.

Typpipitoisuuden taso pintavedessä kesällä laski koko tutkimus-alueella v. 1978 edelliseen vuoteen verrattuna. Poikkeuksen muodostivat vain paikat 5/45, 1 ja 10, joilla taso oli sama molempina vuosina.



KUVA 4332 Pintaveden 0-6 m kokonaistypen keskiarvo kesä-elokuussa havaintopaikoittain v. 1977, ohut pylväs ja v. 1978 paksu pylväs.

434. Liukoinen epäorgaaninen typpi

Liukoisen epäorgaanisen typen ($\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4\text{-N}$) pitoisuus oli suurin keväällä v. 1977, jolloin siitä oli valtaosa nitraattityypinä (kuva 4341). Alku- ja keskikesällä molempina vuosina N_m -pitoisuus oli pieni. Tällöin $\text{NH}_4\text{-N}$ muodosti tästä suurimman osan (kuva 4342). Elokuun alusta lähtien kohosi pintaveden liukoisen epäorgaanisen typen pitoisuus, ollen varsin korkea syyskuussa. Poikkeuksen yleiseen kuvaan muodosti paikka 9 korkean ammoniumtyppipitoisuuden johdosta. Erikseen on vielä mainittava v. 1977 elokuun havaintokertojen korkeat pitoisuudet Svartbäckinselällä ilmeisesti kuormituksen suuruuden ja samanaikaisen perustuotantokerroksen pienuuden johdosta.

Liukoisen epäorgaanisen typen keskiarvopitoisuudet laskivat merellepäin, mutta ympäristöä selvästi korkeampi arvo oli paikoilla 9 ja 12, sekä havaittavasti myös paikoilla 6 ja 11. (kuva 4343). Kesäaikana ei laskeva suunta ollut Svartbäckinselällä selvänä näkyvissä, vaan pitoisuustaso laski vasta paikkojen 14-17 tienoilla (kuva 4344). Paikalla 9 pitoisuus oli yli kaksinkertainen ympäristön alueisiin verrattuna, joilla niilläkin oli verraten korkeat N_m -pitoisuudet.

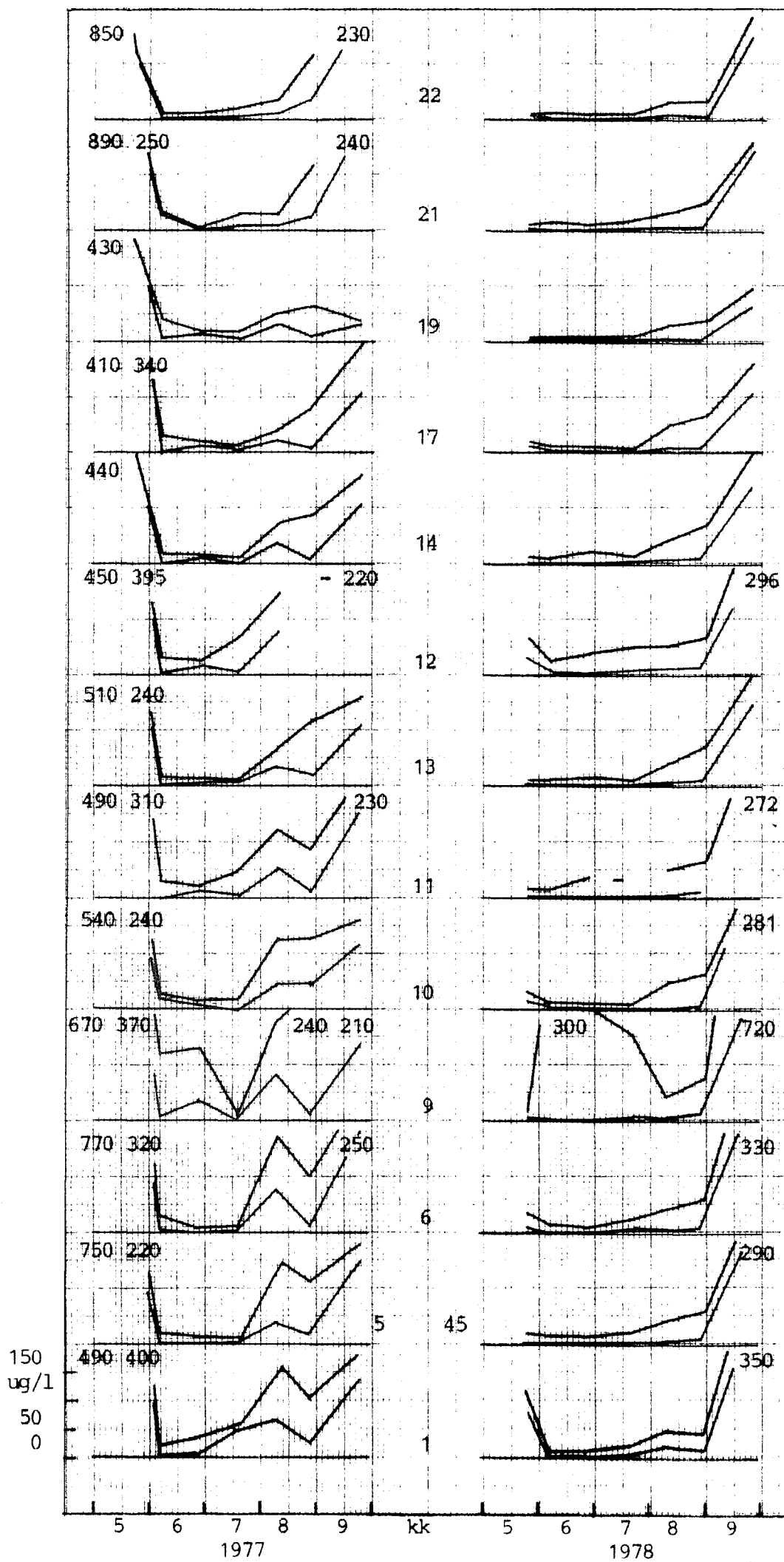
Liukoisen typen keskiarvojen pienuus v. 78 johtui Svartbäckinselällä suurimmaksi osaksi nitraattiarvojen alhaisuudesta. Kuggsundetissa ja Svartbäckinselän pohjoispäässä pieneni myös ammoniumin osuus huomattavasti.

Nitraattityppi

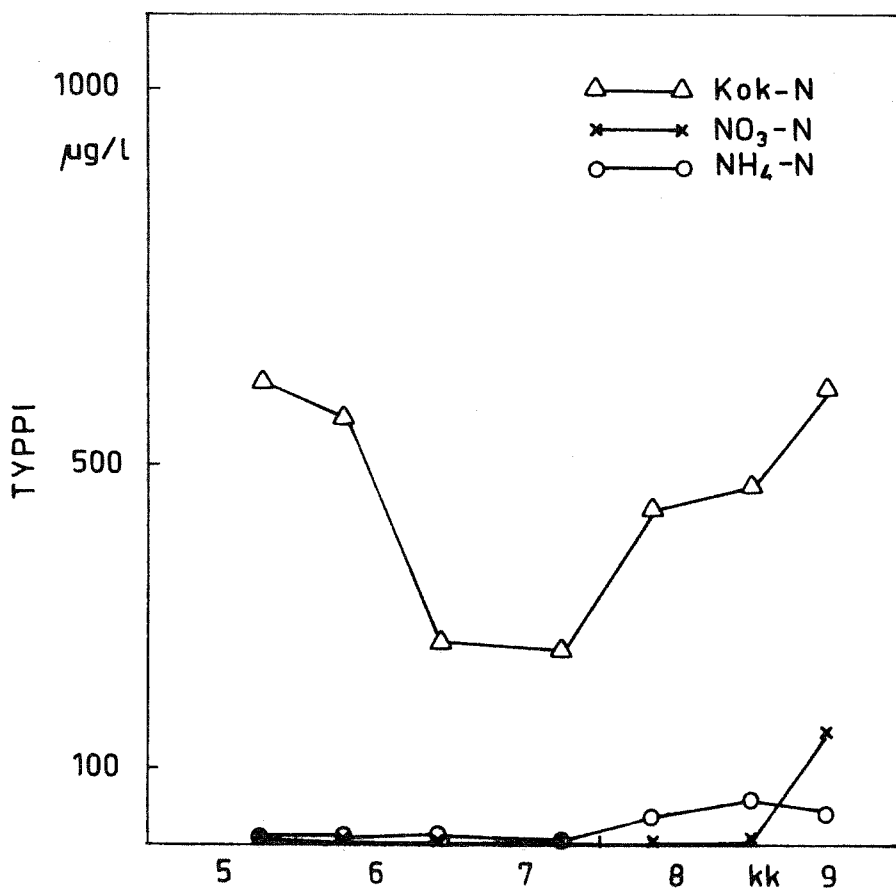
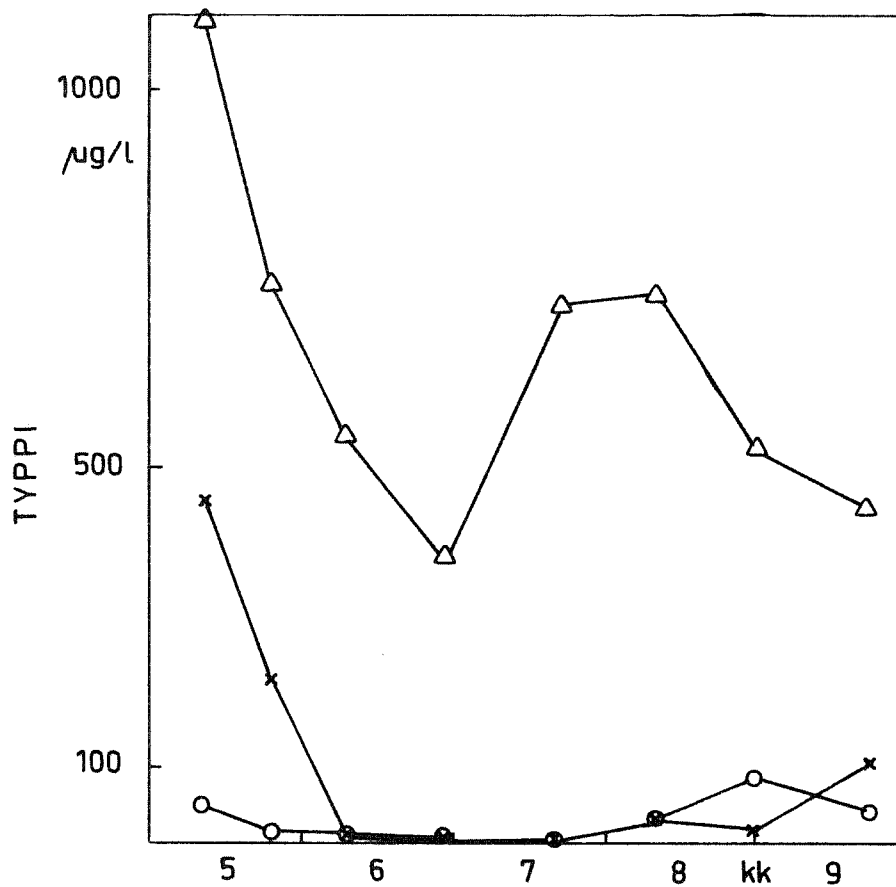
Nitraattityppipitoisuus pintavedessä oli toukokuussa 1977 hyvin korkea. Tällöin havaintopaikasta riippuen kokonaistypestä oli puolet tai enemmän, nitraattimuodossa. Pitoisuus laski kesäkuussa niinkin alas kuin 1-15 ug $\text{NO}_3\text{-N/l}$ (kuva 4341)

Heinäkuussa 1977 nitraattipitoisuus oli edelleen alhainen. Elokuun alussa nitraattipitoisuustaso oli noussut ollen yleisesti 20-80 ug (Orrenkylänselällä nitraattia oli n. 10 ug/l). Syyskuussa nitraattia oli yli 100 ug/l.

LIUKOINEN EPÄORGAANINEN TYPPI



KUVA 4341. Liukoinen epäorgaaninen typpi ug/l v. 1977 ja 78, ylämpi käyrä ja nitraattitypen osuus, alempi käyrä



KUVA 4 ML. Kokonaistyppeä, nitraattityppiä ja ammonium-
 typpeä havaintopaikalla 13 v. 1977 yläkuu
 ja v. 1978 alakuu pintavedessä 0-6 m.

Vuonna 1978 nitraattipitoisuus oli erittäin pieni ja toukokuun lopussa (2-10 ug/l). Nitraattipitoisuus kohosi hieman vasta elokuun lopussa ja oli syyskuun lopussa korkea kuten edellisensäkin syksynä.

Korkeat nitraattipitoisuudet liittyivät makeaveden leviämiseen, mutta pitoisuus ei seurannut kokonaistyyppikuormituksen vaihteluita kuin keväällä ja syksyllä, jolloin jokivettä oli pinnassa koko alueella. Kesällä liukoisen tyypin assimilointi oli yleensä niin voimakasta, ettei vapaata nitraattia pintavedessä juuri ollut (vrt. perustuotanto- ja minimiravinnekohtat). Lisäksi on huomattava, että Neste Oy:n tyypipäästö oli lähes kokonaan ammoniummuodossa, tosin nitrifikaation johdosta voi ammonium muuttua nitraattimuotoon.

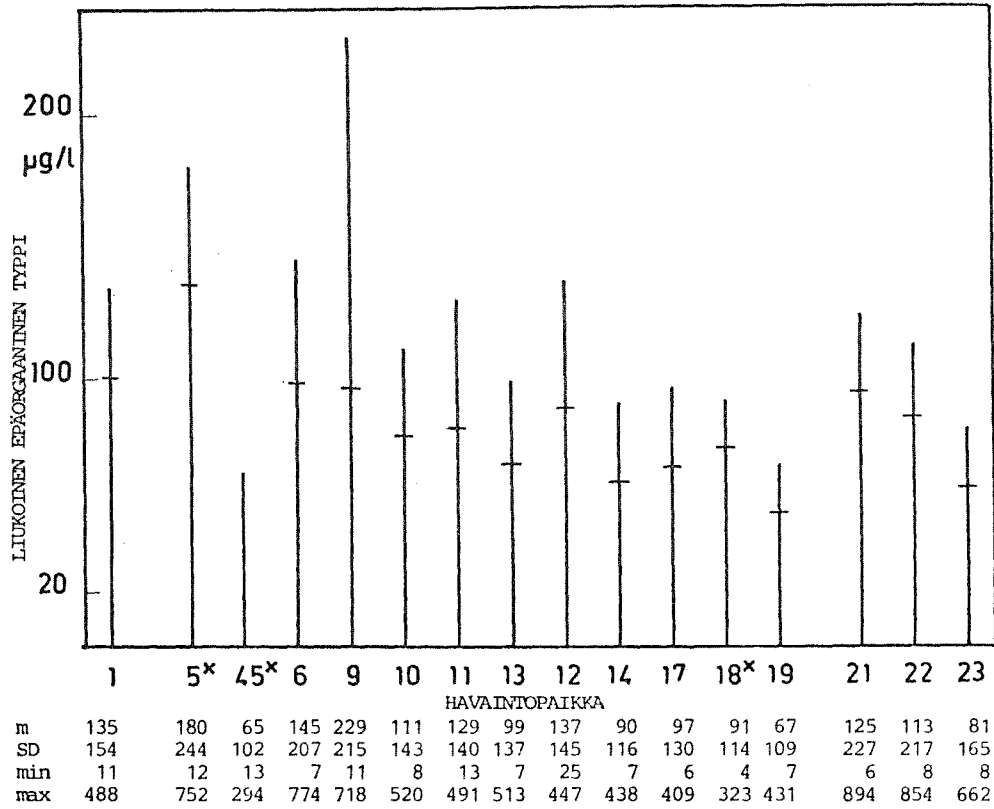
Nitraattipitoisuus laski molemmilla selillä etelään päin mentäessä joskin Svartbäckinselällä epätasaisesti, joka epätasaisuus näkyi purkupaikkojen läheisyydessä (p. 6, 9 ja 12) (kuva 4343). Purkupaikkojen 9 ja 12 kohdalla nitraattipitoisuus oli muita paikkoja korkeampi myös kesäajan keskiarvojen mukaan (kuva 4344). Koko havaintoajan keskiarvoon vaikutti voimakkaasti v. 77 kevättulvan aikaiset korkeat pintaveden nitraattipitoisuudet.

Nitriittityppi

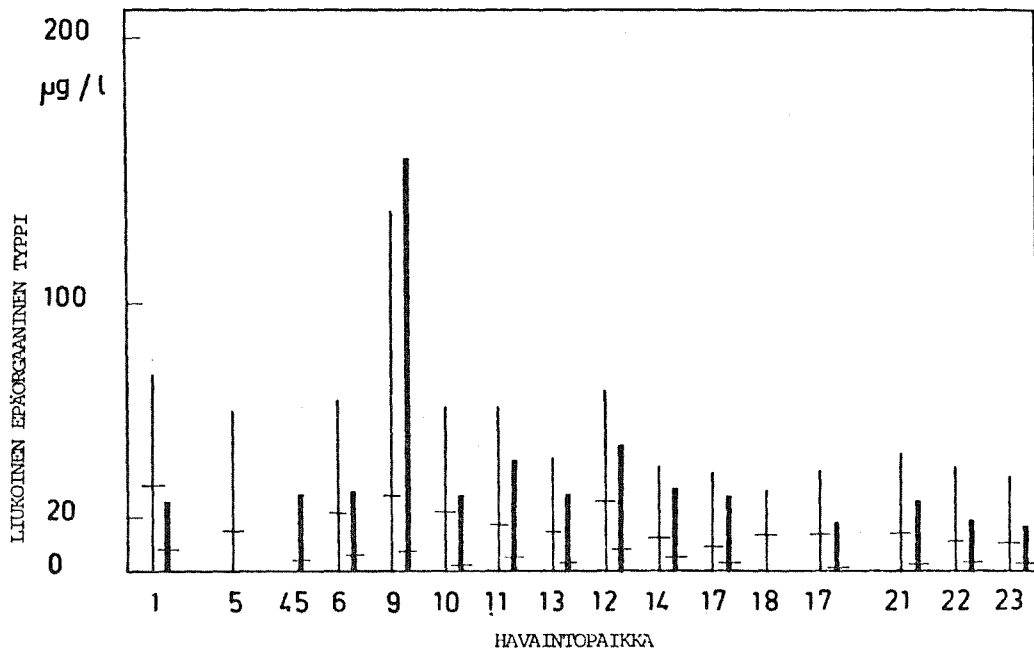
Nitriittityppeä oli pintavedessä hyvin pieniä pitoisuuksia, aina alle 10 ug/l. Nitriittiä oli vain milloin nitraattipitoisuus oli korkea.

Ammoniumtyppi

Ammoniumtyypin pitoisuus pintavedessä oli pienimmillään alku- ja keskikesällä ja suurimmillaan elokuun lopussa (kuvat 4341, 4342.) Vuonna 1977 oli korkeita ammoniumtyypipitoisuuksia myös elokuun alussa Kuggsundetissa ja Svartbäckinselällä sekä myös alkukesällä Neste Oy:n purkupaikka 1:n edustalla. Loppukesän 77 havaintojen kohonneet pitoisuudet johtuivat tyypikuormituksen suuruudesta sekä



KUVA 4343. Pintaveden 0-6 m liukoisen epäorgaanisen typen keskiarvo, m (keskihajonta SD, minimi ja maksimi taulukossa) havaintopaikoittain koko tutkimusaikana v. 1977-78. Pylvään alapäässä, poikkiviivalla erotettuna, nitraattitypen osuus. * Paikoista 5 ja 18 vain v. 77 ja paikasta 45 v. 78 arvot.



KUVA 4344. Pintaveden 0-6 m liukoisen epäorgaanisen typen keskiarvo kesä-elokuussa havaintopaikoittain v. 1977, ohut pylväs ja v. 1978, paksu pylväs. Pylvään alapäässä, poikkiviivalla erotettuna, on nitraattitypen osuus.

osaksi siitä, että perustuotanto oli voimakasta vain aivan pinnassa epäsuotuisien valaistusolosuhteiden takia. Ammoniumtyyppiä oli näytteissä aina vähintään muutama ug N/l, mikä aiheutui orgaanisen aineen hajotuksesta.

Havaintopaikalla 9, Nesteen purkupaikan edustalla ammoniumpitoisuus oli hyvin paljon muita havaintopaikkoja korkeampi, (kuva 4343). Myös paikoilla 6, 11 ja 12 oli muita alueita korkeampi ammoniumin keskiarvopitoisuus.

V. 1978 kesä-elokuun keskiarvo oli useimmilla havaintopaikoilla alhaisempi kuin v. 1977. Havaintopaikka 9 oli tässä suhteessa selvä poikkeus (kuva 4344).

Nesteen purkupaikan 1 edustan (p. 9) pintaveden ammoniumtyyppipitoisuus noudatteli purkupaikan typpikuormituksen vaihteluita, etenkin v. 1978, jolloin merialueen tila oli vakaampi kuin v. 1977. Edellämainittu kyseisen havaintopaikan ammoniumtyyppipitoisuuden kasvu v. 1978 edelliseen vuoteen verrattuna selittyy tällä vakaammalla vesialueen tilalla.

435. Ravinnepitoisuuksien erot selkien välillä

Svartbäckin- ja Orrenkylänselän välillä oli selvä tasoero kokonaisytyypin ja ammoniumtyypin sekä lievänä fosfaattifosforin ja kokonaisfosforin kohdalla (liite 5). Edellämainittujen parametrien arvot olivat Orrenkylänselällä pienemmät kuin Svartbäckinselällä.

Koko tutkimusajan keskiarvoihin vaikuttivat paljon touko- ja syyskuun muusta kesäajasta poikkeavat arvot. Pintaveden ravinnetasoa verrattiin tämän vuoksi myös kesä-elokuun havaintokertojen keskiarvoja käyttäen (kuvat 4312, 4322, 4332, 4344 ja liite 5.)

Kokonaisfosforin taso oli kesällä v. 1977 lievästi korkeampi Svartbäckinselän pohjoisosissa (ja p. 19) kuin Orrenkylänselällä. Kesällä 1978 ei tasoeroa ollut. Svartbäckinselän v. 1977 korkeampi kokonaisfosforipitoisuus oli ilmeisesti seurausta suuresta fosforikuormituksesta.

Kokonaistypen pitoisuudessa oli tasoero selkien välillä selvä molempina kesinä. Svartbäckinselällä tutkimusalueen keskiosissa kesä-elokuussa v. 1977 oli typpeä n. 550 ug/l ja Orrenkylänselällä n. 470 ug/l, v. 1978 vastaavasti 410-510 ja n. 360 ug/l. Edellä on jo kuvattu kokonaistypen pitoisuuden ja typpikuormituksen yhteyttä. Svartbäckinselän keskiosien korkea typpipitoisuus johtui Nesteen typpikuormituksesta.

436. Pintaveden ravinnetason vaihtelu ja suuruus

Tutkimusalueen ravinnetaso muuttui avovesikauden aikana ja myös eri vuosina oli ravinnepitoisuudessa eroja useimmilla havaintopaikoilla. Alueen pintaveden ravinnetason määräävät tekijät ovat jokien runsaasti ravinteita sisältävät vedet, jotka virtaavat ulkomerelle päin, asutuksen ja teollisuuslaitosten ravinnekuormitus, meriveden pääosin tuuliolosuhteista riippuvat virtaukset sekä biologiset tekijät, ensisijassa kasviplanktonin ravinteiden assimilointi, sekä orgaanisen aineen hajotus.

Keväällä määrävänä tekijänä oli jokien tulvavesien suolaisemman meriveden päälle muodostama kerros, joka oheni ja laimeni ulkomerelle päin. Sekä Porvoonjoelle että Mäntsälänjoelle on ominaista korkea ravinne-, etenkin typpipitoisuus. Tämä näkyi myös merialueen pintaveden ravinnemäärissä keväällä, jolloin kok.-N, $\text{NO}_3\text{-N}$ $\text{NH}_4\text{-N}$ ja $\text{PO}_4\text{-P}$ pitoisuudet olivat korkeita. Jokivirtaamien pieneneminen, lämpötilakerrostuneisuuden muodostuminen ja kasviplanktontuotannon kuluttamat liukoiset ravinteet aiheuttivat tilanteen, jossa perustuotanto riippui kesällä lähinnä liukoisten ravinteiden pääsystä pintaveteen.

Svartbäckinselällä ravinnetuontia aiheuttivat kesällä 1977 sääolot sateiden kautta (huuhtoutumisen ja jokivirtaamien kasvu) ja jätevesikuormitus. Toisaalta sääolot vaikuttivat ravinnetason muutokseen aiheuttamalla pintavesimassojen siirtymistä merelle ja sekoitumista sekä korvautumista suolaisemmalla ja vähäravinteisemmalla merivedellä. Syksyllä ravinteiden pitoisuus pintavedessä kasvoi ravinteiden mobilisoitumisen, virtaaman kasvun ja lämpötilakerrostuneisuuden häviämisen vuoksi.

Eri vuosina oli hyvin huomattavia eroja pintaveden tilaan vaikuttavissa tekijöissä. Kaikki ravinnetasoon vaikuttavat päätekijät poikkesivat v. 1978 edellisestä vuodesta: säätila, jokivirtaamat, kuormitus ja meriveden virtaukset, joissa ei ollut niin suuria ja useita heilahteluja kuin edellisenä vuonna. Pintaveden ravinnetason muutokset olivatkin v. 1978 kesällä vähäisempiä kuin edellisenä vuotena.

Kokonaisfosforin pitoisuus kesällä Itämerellä pintavedessä on n. 10 ug/l (Voipio 1973). Helsingin vesillä fosforia on likaantuneimmissa sisälahdissa yli 100 ug/l ja ulkomerellä n. 20 ug/l kasvukauden keskiarvoina ilmaistuna. Lievästi reheville alueille ominaisena arvona voitaneen pitää 30-40 ug/l. Näinollen tutkimusalueen pintavesien fosforitasoa, voidaan pitää korkeahkona.

Kokonaistypen pitoisuudeksi Itämerellä pinnassa Voipio (1973) ilmoittaa 100-200 ug/l, Kohonen (1973) Suomenlahdella 200-300 ug/l ja Pesonen (1978) Helsingin edustan ulkomerellä n. 300 ug/l. Lievästi rehevien alueiden typpipitoisuustaso on 400-500 ug/l. Tutkimusalueella pintaveden kokonaistyppipitoisuudet olivat (koko tutkimusajan keskiarvoina) 440-650 ug/l, jotka nekin, kuten fosfori, osoittavat alueen korkeahkoa ravinnetasoa.

Helsingin edustan tarkkailutuloksista vuosilta 1977 ja 1978 (Pesonen 1978, Pesonen 1979) ilmenee sama kuin tässä tutkimuksessa: fosforin määrä oli suunnilleen sama molempina vuosina, mutta typpipitoisuus laski huomattavasti yli 100 ug N/l v. 78). Tutkimusalueen typpipitoisuustason laskua v. 78 voidaan näin pitää yleisistä olosuhteista johtuneena ilmiönä.

44. Perustuotanto

441. Perustuotannon insitu

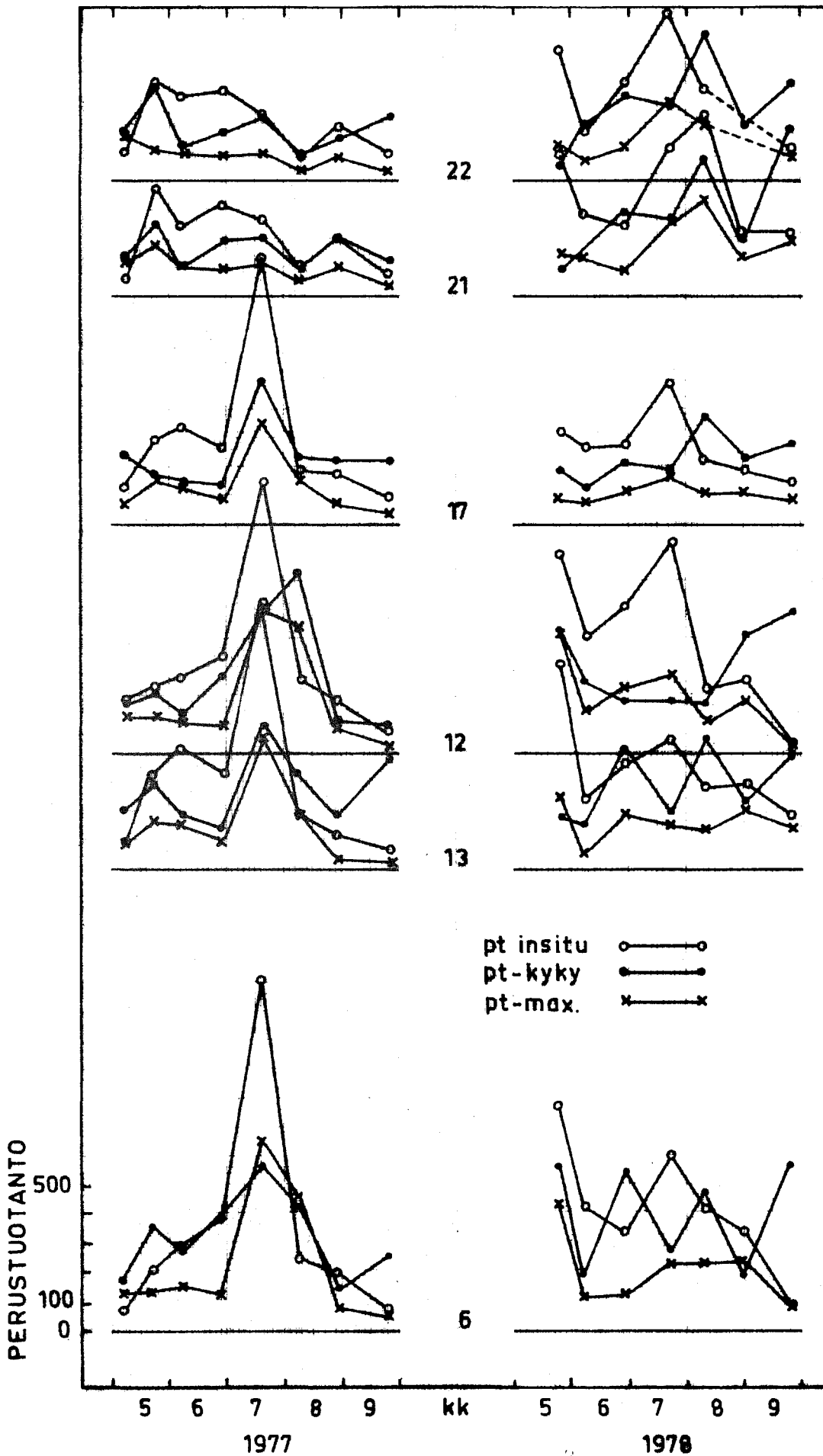
Mitattu perustuotannon suuruus vaihteli paljon eri havaintokerroilla ja havaintopaikoilla (kuva 4411, liite 6). Myös vuodenaikavaihtelu oli erilainen vuosien välillä ja erilainen Svartbäckin- ja Orrenkylänselän kesken vuonna 1977. Vuonna 1977 ei selvää kevätmaksimia havaittu, vaan perustuotanto oli melko tasainen (200-400 mg C/m².d) koko alkukesän molemmilla selillä. Svartbäckinselällä mitattiin heinäkuussa suuria tuotantoarvoja (900-1200 mg C/m².d). Orrenkylänselän tuotanto puolestaan laski alkukesän tasosta ja oli myös elo- ja syyskuussa pienempi kuin alkukesällä. Alkukesän tasoa pienemmäksi laski myös Svartbäckinselän tuotanto heinäkuun jälkeen.

Vuonna 1977 perustuotantomaksimin (mg C/m³.d) arvo oli heinäkuun lisäksi suuri myös elokuun alun havaintokerralla Svartbäckinselällä, erityisesti paikoilla 6 ja 12. Alku- ja loppukesällä oli tuotantomaksimin taso lähes sama eri havaintopaikoilla (kuva 4411, liite 7).

Perustuotannon ollessa korkea heinäkuussa v. 77 Svartbäckinselällä oli myös kokonaisravinteiden, etenkin kokonaistypen määrä pintavedessä suuri. Samaan aikaan pintaveden klorofylli-a arvot olivat korkeita (kuva 4513). Elokuun alussa huomattava osa kokonaisravinteista oli liukoisessa muodossa ja perustuotannon sijoittuminen vain ohueksi kerrokseksi pintaa lienee ollut syynä myös siihen, että kokoomanäytteen (0-6 m) klorofylli-a arvot olivat pienehköjä.

Vuonna 78 perustuotannon vuodenaikaisvaihtelu oli samanlainen molemmilla selillä. Toukokuun tuotantohuippua seurasi lasku kesäkuussa ja uusi huippu (400-750 mg C/m².d) heinäkuussa. Heinäkuun jälkeen tuotanto väheni tasaisesti syyskuun loppuun.

Heinäkuun huiput olivat Orrenkylänselällä suurempia ja Svartbäckinselällä pienempiä kuin v. 77. Erot korostuvat maksimituotantoarvojen (mg C/m³.d) vertailussa. Näissä ei ollut Svartbäckinselällä v.78 lainkaan suurta kesähuippua, mikä näkyi myös ao. keskiarvoissa (liite 7).



KUVA 4411. Perustuotanto insitu $\text{mg C/m}^2.\text{d}$, perustuotantokyky $\text{mg C/m}^3.\text{d}$ ja maksimiperustuotanto $\text{mg C/m}^3.\text{d}$ havaintopaikoittain v. 1977 ja 1978.

Perustuotannon insitu ja klorofylli a:n ajallinen vaihtelu muistutti toisiaan. Tekijöiden keskinäiseen vahvaan riippuvuuteen viittasi v. 77-78 kesäaikaisten havaintojen (n = 54) korrelaatio ($r = 0.80^{xxx}$).

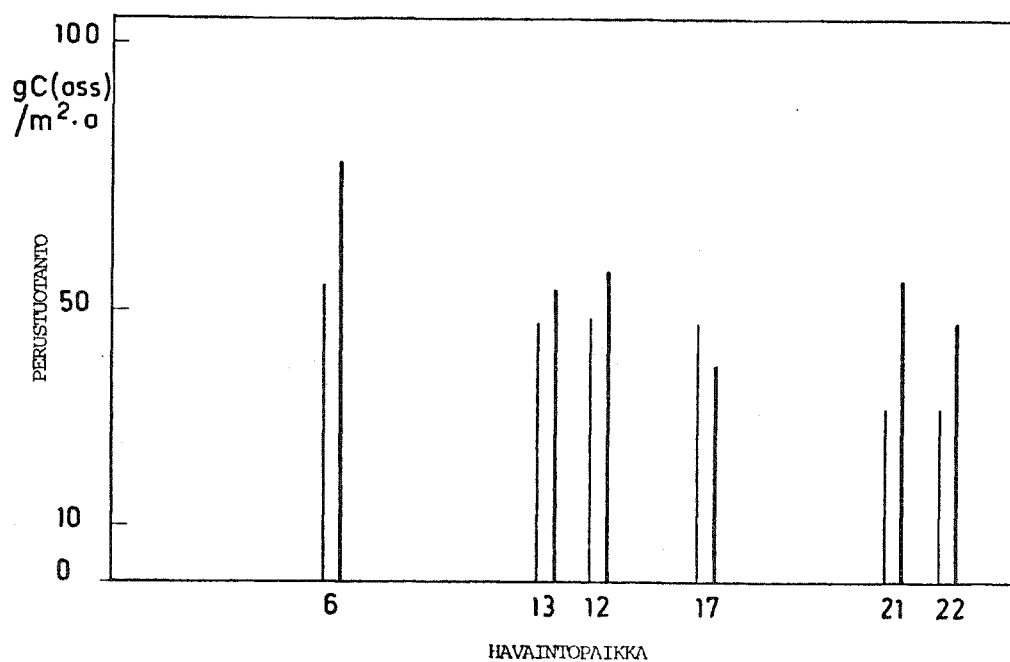
Vuotuinen perustuotanto oli v. 78 havaintopaikoilla 6, 21 ja 22 selvästi suurempi kuin v. 77. Paikoilla 13, 12 ja 17 tuotantotaso oli sama molempina vuosina (kuva 4412). Sensijaan kesäajan keskimääräisessä perustuotannossa ei vuosien välillä ollut Svartbäckinselällä eroa tai lasku oli vähäinen, kun puolestaan Orrenkylänselällä v. 78 kesäajan arvot olivat edellistä vuotta suuremmat (n. 50 %), ollen samaa luokkaa kuin Svartbäckinselän p. 13 ja 12 arvot (taulukko 4411). Samansuuntainen ero vuosien välillä selkien perustuotannossa näkyi insitumaksimiarvoissa (liite 7).

Vertailualueen perustuotantotason muutoksien syynä voidaan pitää yleisiä olosuhteita (sää, virtaukset yms.), jotka vaikuttivat samansuuntaisesti myös varsinaisella tutkimusalueella. Näinollen selkien väliset erot johtunevat kuormituksen vaihtelusta. Svartbäckinselän ravinnekuormitus oli kesällä 1977 suuri ja se kohotti perustuotantoa. Sen sijaan v. 1978, huolimatta edullisemmista olosuhteista, perustuotanto oli samaa tasoa kuin v. 1977. Kuormituksen pienentyminen selittänee tämän.

Niemen ja Pesosen (1974) esittämän perustuotannon ajalliseen vaihteluun perustuvan rehevyysarviointitavan mukaisesti voidaan tutkimusaluetta pitää perustuotannon kasvukauden aikaisen vaihtelun mukaan puhtaan ja rehevän alueen välimuotona. Tätä tukee myös tutkimusalueen vuotuisen perustuotannon määrä (kuva 4412). Niemi ja Pesonen (1974) pitävät selvästi rehevöityneinä Suomenlahden rannikkoalueita, joilla vuotuinen perustuotannon määrä on 50 g C/m^2 . Tämän luokittelun mukaan oli Svartbäckinselän havaintopaikan 17 pohjoispuolinen vesialue selvästi rehevöitynyt.

TAULUKKO 4411. Vuosien 1977-78 kesä-elokuun keskimääräinen perustuotanto vuosittain ja yhteensä (in situ, mg C (ass) / m².d). havaintopaikoittain, perustuotanto maksimituotannon syvyydessä (mg C / m³.d) sekä näiden suhde (mg C (ass) / m³.d : mg C (ass) m².d).

	Havaintopaikka					
	6	13	12	17	21	22
max. perustuotanto mg C (ass) / m ³ .d	245	165	215	135	140	110
1977 mg C (ass) / m ² .d	460	390	400	380	220	220
1978 mg C (ass) / m ² .d	430	330	420	290	330	(350)
perustuotanto mg C (ass) / m ² .d	445	360	410	330	300	280
mg C (ass) m ³ : m ²	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4



KUVA 4412. Vuotuinen perustuotanto in situ, g C (ass) / m² . a, havaintopaikoittain v. 1977, ohut tolppa ja 1978, paksu tolppa.

Perustuotantotasoa voidaan arvioida myös vertaamalla maksimituotannon syvyyden perustuotantoa pinta-alayksikön perustuotantoon (taulukko 4411). Helsingin edustalla vastaaviksi suhdeluvuiksi on saatu puhtaalla alueella 0,3, lievästi rehevöityneellä alueella 0,5 ja kohtalaisen rehevöityneellä alueella 0,7 (Niemi ja Pesonen 1974). Vastaavat pinta-alakohtaiset tuotantomäärät ovat 100-300, 300-600 ja 600-1000 mg C/m².d.

Edellä olevien luokitusten mukaan Svartbäckinselän pohjoisosa (p. 6, 13, 12, 17) oli lievästi rehevöitynyt alue. Rehevöityneisyys oli voimakkain pohjoisimmassa havaintopaikassa 6, josta rehevyystaso laski ulkomerta kohti. Orrenkylänselkä vastasi rehevyystasoltaan Svartbäckinselän havaintopaikan 17 ympäristöä.

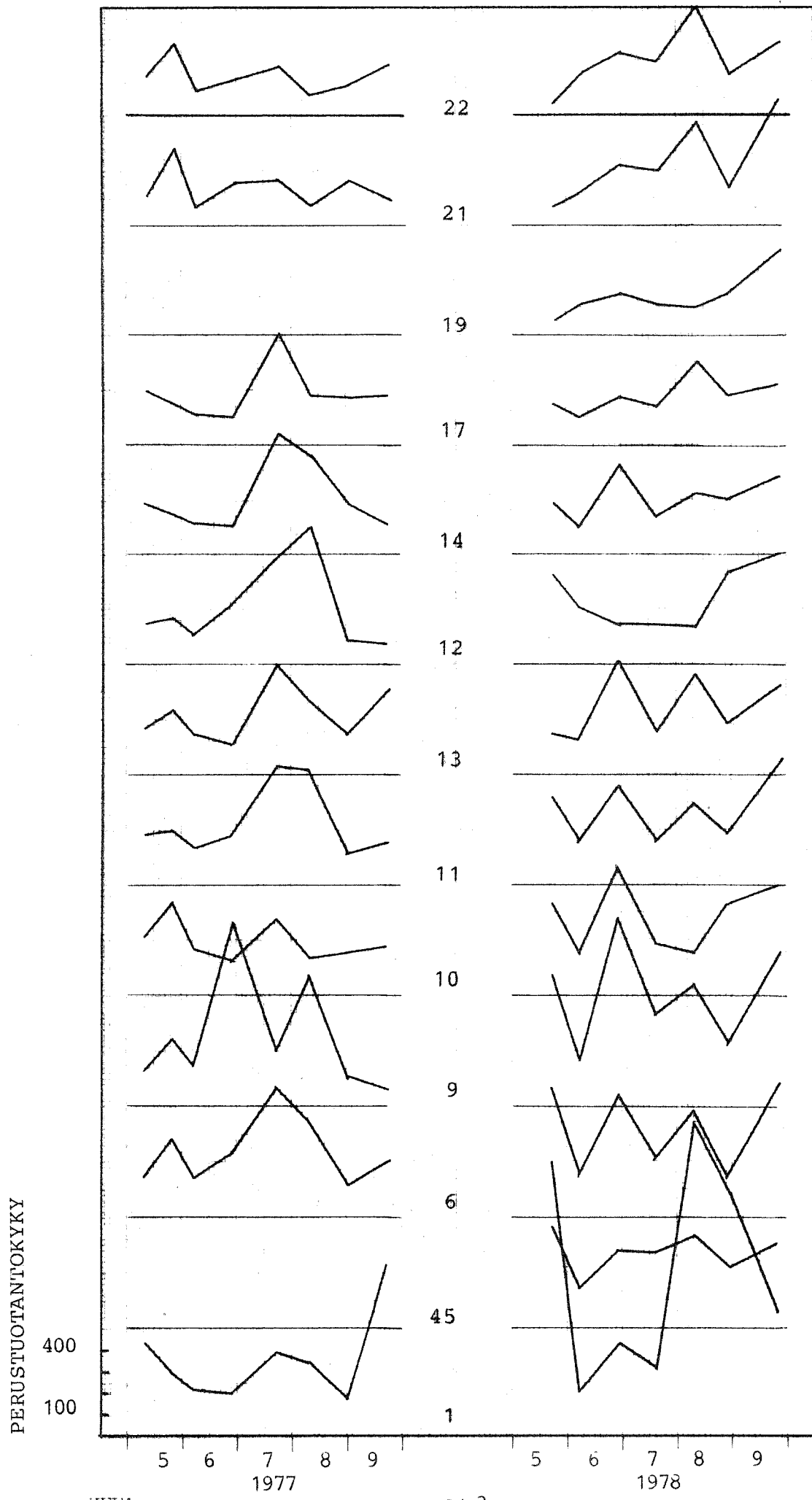
442. Perustuotantokyky

Perustuotantokykyarvojen vaihtelu oli suuri eri havaintojen ja havaintopaikkojen välillä (kuva 4421, liite 8), kuten oli myös insituhavainnoissa.

Perustuotantokyvyn insitu- ja insitumaksimiarvojen vaihtelu oli lähellä toisiaan v. 77, mutta v. 78 perustuotantokyvyn vaihtelu poikkesi useissa havainnoissa insituarvoista (kuva 4411).

Perustuotantokyky antoi vesialueen tilan ajallisesta vaihtelusta ja paikallisista laatueroista pääpiirteittäin saman kuvan kuin fyysikaalis-kemialliset havainnot.

Vuonna 1977 kesäkuun lopun pienet arvot liittyivät merivaikutukseen. Heinä-elokuun korkeat arvot Svartbäckinselällä olivat ilmeisesti kuormituksen vaikutusta ja elokuun lopun minimi merivaikutusta. Vuoden 1978 osalta on erityisesti huomattava kuinka Svartbäckinselän ja Orrenkylänselän perustuotantokykyjen vaihtelu muistutti toisiaan toukokuun arvoa lukuunottamatta, eikä selkien välillä vaihteluissa ollut sellaisia poikkeamia kuin v. 77. Ympäristöään ajoittain korkeammat tuotantokyvyt paikalta 9 osoittivat jäteveden

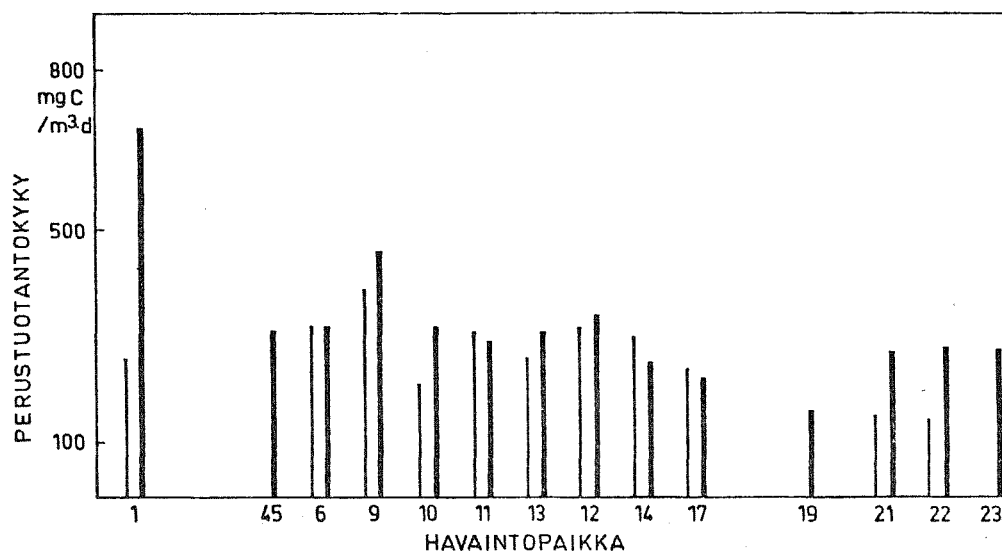


KUVA 4421. Perustuotantokyky $\text{mgC}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ vuosina 1977 ja 1978 havaintopaikoittain.

vaikutusta. Porvoonjoen suunnan rehevyyttä kuvasivat Kuggsundetin (p. 1) hyvin korkeat kykyarvot v. 1978. Nämä havaintopaikat erotuivat myös kesä-elokuun keskiarvoissa muista paikoista (kuva 4422). Svartbäckinselän keskiarvot olivat suurempia kuin Orrenkylänselällä, lähinnä v. 77 eron johdosta.

Kesä-elokuun keskimääräinen perustuotantokyky oli paikoilla 1, 10, 21 ja 22 (ja 9) v. 78 korkeampi kuin v. 77, muutamilla paikoilla samaa luokkaa molempina vuosina (kuva 4422). Vuosien välinen ero oli samansuuntainen kuin insituarvoissa (vrt. liite 7). Näin oli myös koko havaintoajan pt kyvyn ja insitutulosten keskiarvoissa. Erojen syy lienee ollut, kuten jo insituarvojen kohdalla todettiin, toisaalta vuoden 1978 edullisemmissä kasvuoloissa ja toisaalta pienentyneessä kuormituksessa Svartbäckinselällä.

Pesosen (1979) käyttämän rannikkovesien luokittelun mukaan tutkimusalueen eteläisimmät havaintopaikat 17 ja 19 sekä Orrenkylänselkä olivat lievästi reheviä, muu alue rehevä.



Kuva 4422. Perustuotantokyvyn $\text{mg C/m}^3 \cdot \text{d}$ keskiarvo kesä-elokuussa v. 1977 ohut tolppa ja v. 1978 paksu tolppa.

45. Levänkasvatustestit

451. Meriveden levänkasvatuskyky

Tutkimusalueen levänkasvatuskyky oli suurimmillaan keväällä 77 sekä syksyllä 77 ja 78 (kuva 4511). Pienimmillään levien kasvu oli testeissä molempina kesinä kesä-heinäkuussa.

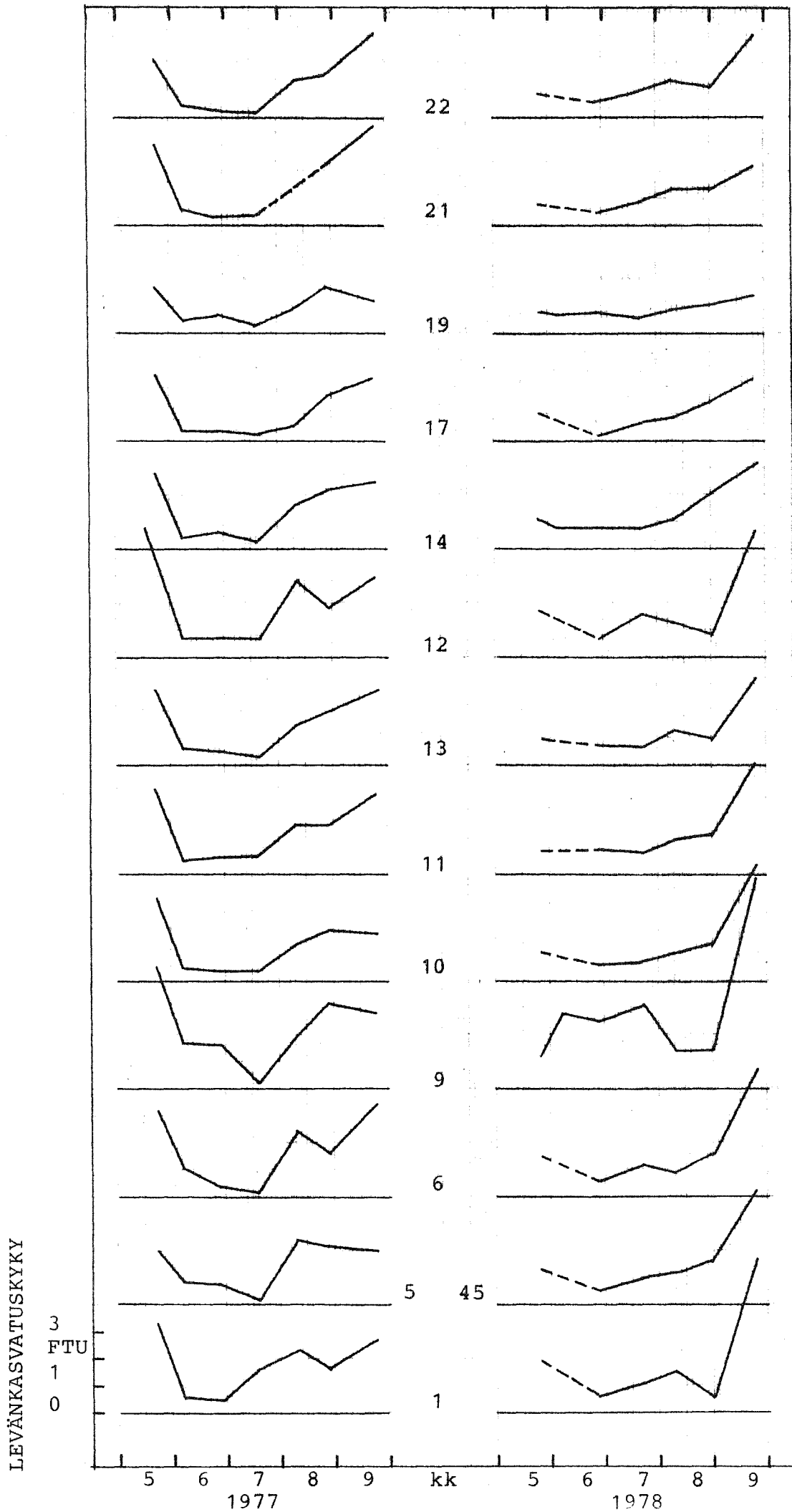
Yleispiirteenä oli sekä Orrenkylän- että Svartbäckinselällä levänkasvatuskyvyn lievä väheneminen pohjoisesta etelään (taulukko 4511). Koko tutkimuskauden keskiarvojen perusteella oli Svartbäckin- ja Orrenkylänselän välinen ero levänkasvatuskyvyssä selvä (kuva 4512).

Muita korkeampi levänkasvatuskyky oli koko tutkimusajan keskiarvon perusteella paikalla 9 ja seuraavaksi suurin paikalla 12 (purkupaikkojen 1 ja 3 edustoilla). Kesäaikana vain havaintopaikan 9 kyky erottui selvästi muista, ollen muita suurempi.

Levänkasvatuskyvyn tulokset osoittavat, että alku- ja keskikesällä veteen liuenneiden aineiden vähyys rajoitti testilevän kasvua. Keväällä ja syksyllä vedessä oli levänkasvulle välttämättömiä aineita runsaammin. Alku- ja keskikesällä ravinteiden assimilointi oli tehokasta sekä Svartbäckinselällä että Orrenkylänselällä. Syksyllä runsas ravinnetuonti sekä toisaalta epäedulliseksi muuttuneet muut kasvutekijät johtivat liukoisten ravinteiden pitoisuuden nousuun vedessä.

Purkupaikkojen 9 ja 12 ajoittain suuri levänkasvatuskyky osoitti ravinteiden tuontia vesistöön. Toisaalta testilevän kasvu näiden purkupaikkojen vedessä osoitti ettei Chlorellan kasvua estäviä aineita ollut purkupaikkojen lähivesissä, ainakaan niin suuria pitoisuuksia, että kasvu kokonaan olisi estynyt.

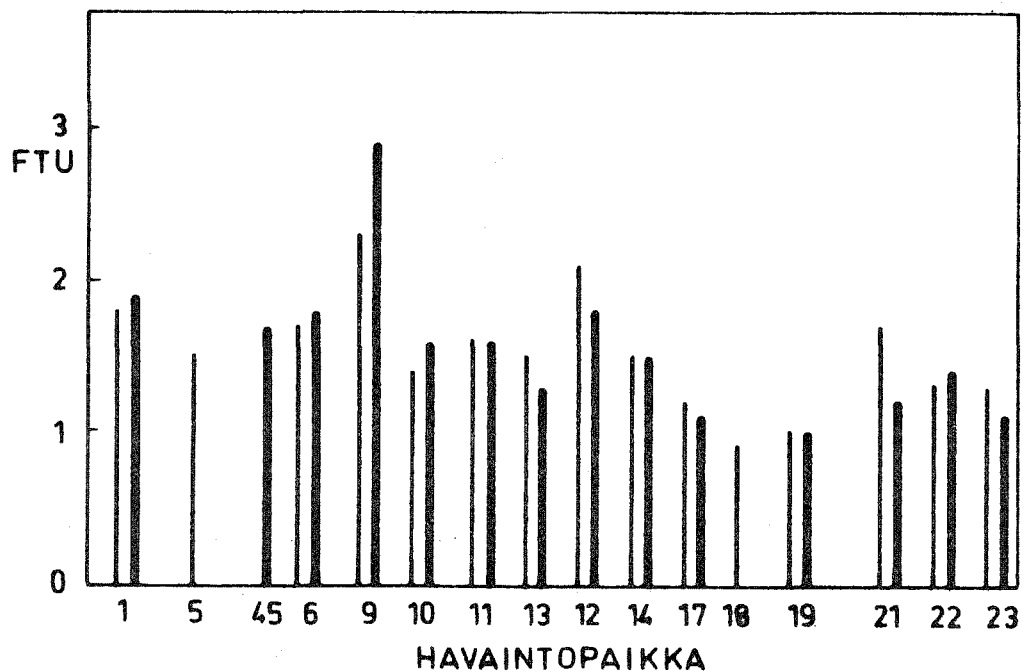
Levänkasvatuskyvyn ajallisen vaihtelun kuvaaja (kuva 4511) on sangen tarkasti yhteneväinen liukoisen typen kuvaajan kanssa (kuva 4341). Levänkasvatuskyvyn ja liukoisen typen positiivinen korrelaatio on nähtävissä myös ao. havaintojen keskiarvoissa (kuvat 4343 ja 4512). Kaikkien kesäaikaisten havaintojen (n= 145) perusteella laskettu



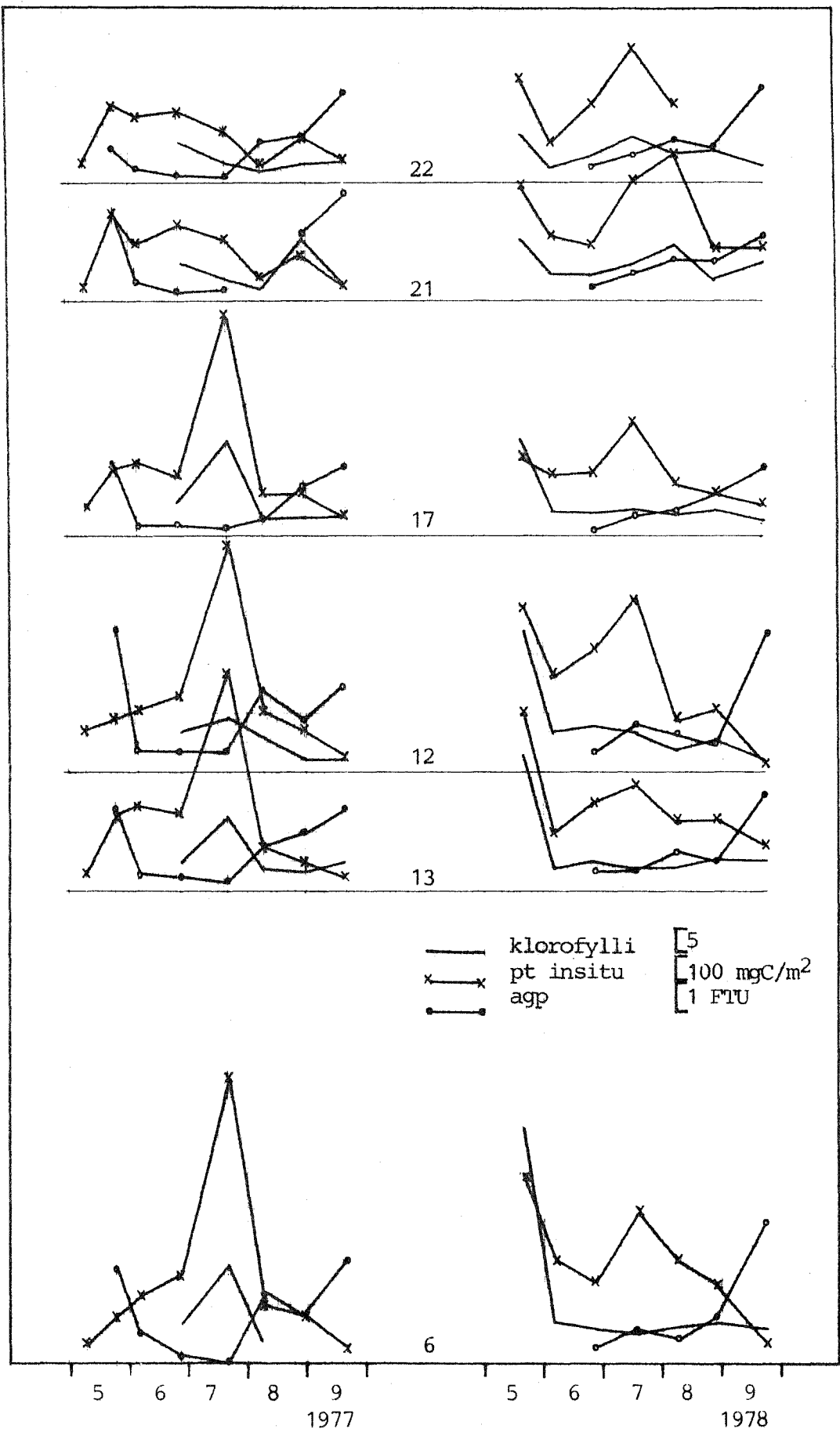
KUVA 4511. Levänkasvatuskyky v. 1977 ja 1978 sameutena FTU.

Taulukko 4511 Pintaveden 0-6 m levänkasvatuskyvyn keskiarvot (m) touko-syyskuussa v. 1977 ja 1978 erikseen ja yhdessä, minimi- ja maksimi-arvot sekä keskipoikkeamat (SD) havaintopaikoittain. Vuonna 1977 n = 7, paitsi * merkityissä n = 6, vuonna 1978 n = 6. Arvot sameutena (FTU).

aika	1	5	45	6	9	10	11	13	12	14	17	18	19	21	22	23
1977 m	1,8	1,5		1,7	2,3	1,4	1,6	1,5	2,1	1,5	1,2	0,9*	1,0	1,7*	1,3	1,3
SD	1,1	0,8		1,4	1,4	1,0	1,1	1,1	1,6	1,1	1,0	1,4	0,6	1,5	1,1	0,8
min	0,4	0,2		0,1	0,2	0,4	0,5	0,3	0,7	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,2	0,5
max	3,2	2,4		3,5	4,5	3,1	3,1	2,8	4,8	2,8	2,5	1,3	1,7	3,7	3,1	2,8
1978 m	1,9		1,7	1,8	2,9	1,6	1,6	1,3	1,8	1,5	1,1		1,0	1,2	1,4	1,1
SD	1,9		1,3	1,5	2,5	1,4	1,3	1,0	1,5	0,9	0,8		0,3	0,6	0,9	0,4
min	0,6		0,5	0,6	1,2	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	0,2		0,6	0,5	0,6	0,3
max	5,9		4,3	4,8	7,9	4,4	4,1	3,3	4,7	3,1	2,4		1,5	2,2	3,1	1,5
1978- 1979 m	1,8			1,7	2,6	1,5	1,6	1,4	2,0	1,5	1,2		1,0	1,4	1,3	1,2
SD	1,5			1,4	1,9	1,2	1,1	1,0	1,5	1,0	0,9		0,4	1,1	1,0	0,6



Kuva 4512. Pintaveden 0-6 m levänkasvatuskyvyn keskiarvot vuosina 1977 ohut tolppa ja 1978 paksu tolppa havaintopaikoittain. Arvot sameutena (FTU).



KUVA 4513 Klorofylli a, perustuotanto insitu ja leväntuotantokyky (agg) vuosina 1977 ja 1978 pintavedessä 0-6 m.

korrelaatio levänkasvatuskyvyn ja liukoisten epäorgaanisten typpiyhdisteiden välillä ($r = 0.80^{XXX}$) sekä ammoniumtypen välillä ($r = 0.73^{XXX}$) viittasi levänkasvatuskyvyn olleen riippuvainen typpiyhdisteistä.

Negatiivinen korrelaatio sensijaan oli ilmeisen selvä perustuotanto- vaihtelun ja leväntuotantokyvyn välillä (kuva 4513), joka johtui pohjimmiltaan perustuotannon ja liukoisten ravinteiden riippuvuudesta.

452. Ravinnelisäysten vaikutus levänkasvatuskykyyn

Typhen lisäys näytevesiin nosti levänkasvua kaikissa näytteissä (yhtä lukuunottamatta: p. 9 24.5.77.) (kuva 4521, liitteet 9 ja 10). Lisäyksen kasvua lisäävä vaikutus oli pienin keväällä.

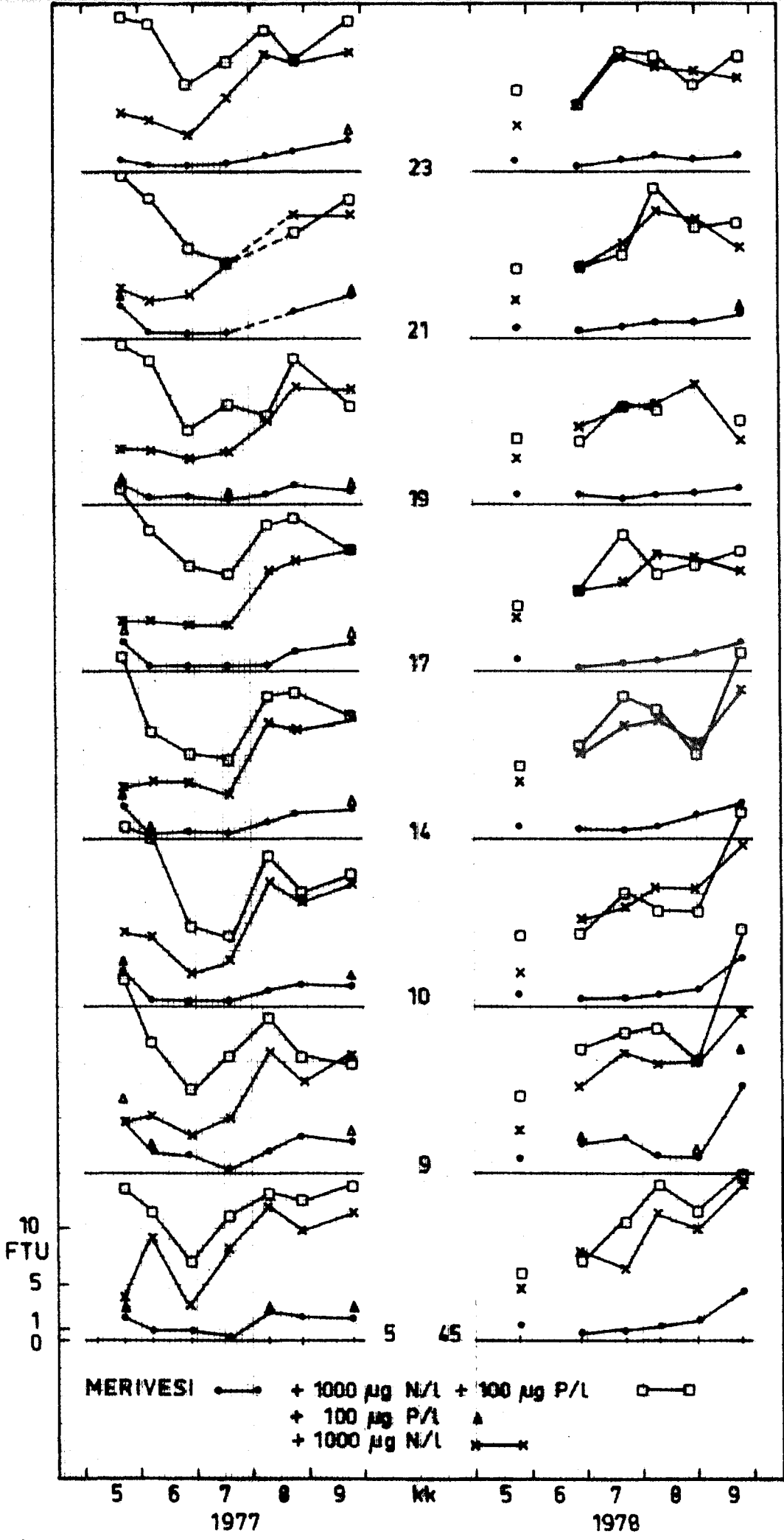
Fosforin lisäys lisäsi kasvua kaikilla havaintopaikoilla vain v. 1977 touko- ja syyskuussa. Fosforilisäyksen vaikutus oli aina pienempi kuin typpilisäyksen, kun lisäysten painosuhte N/P oli 10/1.

Typhen ja fosforin samanaikainen lisäys näytevesiin lisäsi levänkasvua kaikissa näytteissä ja yleensä yhteislisäyksen vaikutus oli suurempi kuin typhen (tai fosforin) vaikutus yksinään.

Hivenainelisäyksellä (TE) ei ollut kuin muutamissa tapauksissa vähäinen kasvua lisäävä vaikutus.

453. Levän kasvua rajoittavat kemialliset tekijät

Levän kasvua vesistöissä rajoittaa kemiallisista tekijöistä useimmiten joko typpi tai fosfori. Useissa tutkimuksissa Itämeren alueelta on pidetty perustuotantoa ensisijaisesti rajoittavana tekijänä typpiä (Sengupta 1970, Tarkiainen ym. 1974; Helsingin edusta, Rinne ja Tarkiainen 1975; Tammisaaren saaristo, Niemi 1975). Toisaalta on usein esitetty, että heterokystilliset sinilevät pystyvät korvaamaan muun lajiston, jos typpi rajoittaa kasviplanktonin tuotantoa.



Kuva 4521. Ravinnelisäysten vaikutus suodatettujen merivesiniyten (0-6m) levänkasvatustuotantoon v. 1977 ja v. 1978 havaintopaikoittain. Kasvu on ilmoitettu sameutena (FTU).

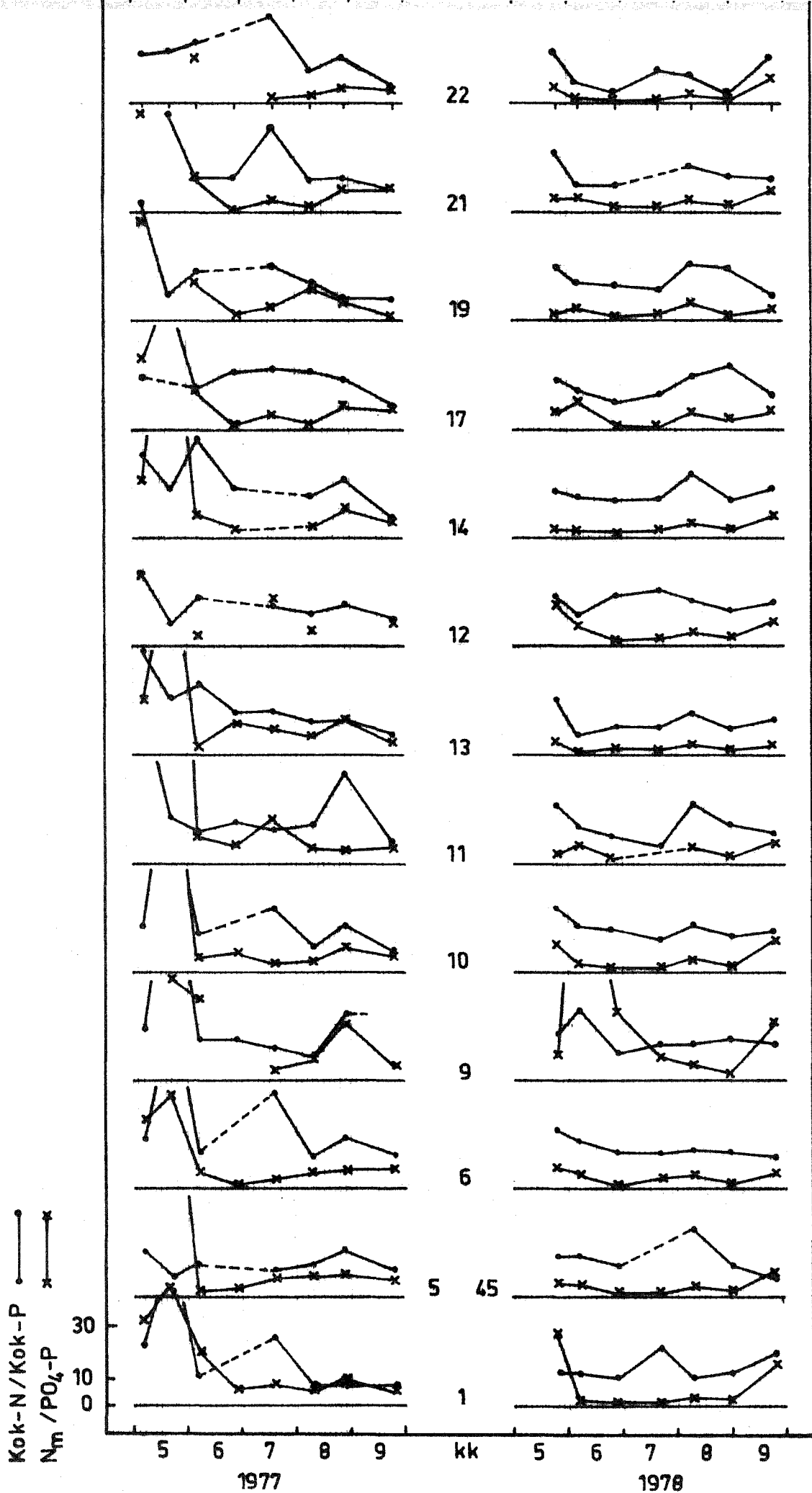
Tutkimusalueen ravinnemäärät muuttuivat paljon kasvukauden aikana. Toukokuun alussa pintavedessä oli huomattava osa kokonaistypen määrästä liukoisina epäorgaanisina yhdisteinä (NO_3 , NO_2 , NH_4) ja fosforista fosfaattina (liite 5). Kasvukauden alettua liukoisten epäorgaanisten ravinteiden määrä väheni nopeasti pintavedessä. Myös kokonaistyyppimäärä laski ollen pienimmillään keskikesällä. Kokonaisfosforin määrä vaihteli, selvää suuntaa ei ollut.

Kokonaistypen ja kokonaisfosforin sekä liukoisen epäorgaanisen typen ja fosfaattifosforin suhteet on laskettu minimiravinteiden arvioimiseksi (kuva 4531). $N_m-N:PO_4-P$ oli pieni (alle 10) koko tutkimusalueella. Paikalla 9 suhde oli muita suurempi jätevesien vaikutuksen seurauksena. Purkupaikan 1 jätevesien N/P suhde oli korkea (vrt. taulukko 4215).

Tarkiaisen ja Rinteen (1975) mukaan varsin hyvä menetelmä arvioida vesistön leväntuotantoa rajoittavaa ravinnetta typen ja fosforin osalta on verrata kok. -N ja kok.-P:n suhdetta N_m-N ja $PO_4-P:n$ suhteeseen. Jos $N_m-N:PO_4-P$ on pienempi kuin kok.-N: kok.-P, katsotaan typen rajoittavan kasvua.

Tämän mukaan arvioiden (kuva 4531, taulukko 4531) typpi olisi ollut vuonna 1977 useimmissa havaintopaikoissa useammin rajoittava tekijä kuin fosfori. Fosforin merkitys oli suurin toukokuussa. Vuonna 1978 typpi oli lähes aina minimitekijä. Muista havaintopaikoista poiketen fosfori oli usein rajoittava tekijä paikalla 9, Nesteen typpi-kuormituksen johdosta.

Leväkasvatustestien ravinnelisäyksen tulos oli melko yhtenäinen ravinnesuhdelaskelman kanssa, osoittaen typen useimmiten minimitekijäksi.



Kuva 4531. Kokonaistypen ja kokonaisfosforin sekä liukoisen epäorgaanisen typen ja liuk. epäorg. fosforin suhde havaintopaikoittain v. 77 ja 78.

T A U L U K K O 4531

Minimiravinne v. 1977-78 arvioituna N-tot : P-tot ja Nm : Po keskinäisen suuruuden mukaan (pintavedessä 0-6 m) havaintopaikoittain.

pvm.	havaintopaikka														
	1	5	6	9	10	11	13	12	14	17	18	19	21	22	23
10.5.1977	P	P	P	P	P	P	N	NP	N	P	N	N	-	-	P
24.5.	N	P	N	N	P	P	P	P	P	-	P	P	P	P	P
8.6.	P	N	N	P	N	NP	N	N	N	NP	N	N	NP	N	N
28.6.	-	-	-	P	-	N	N	-	N	N	N	-	N	-	-
21.7.	N	N	N	N	N	P	N	NP	-	N	N	N	N	N	N
10.8.	N	N	N	NP	N	N	N	N	N	N	N	NP	N	N	N
31.8.	NP	N	N	NP	N	N	NP	P	N	N	N	NP	N	N	N
21.9.	NP	N	N	-	N	NP	N	N	NP	N	N	N	NP	N	N
		45													
23.5.1978	P	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N
8.6.	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N
28.6.	N	N	N	P	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N
19.7.	N	-	N	N	N	-	N	N	N	N	-	N	-	N	N
10.8.	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N
30.8.	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N
26.9.	N	NP	N	P	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N

454. Jätevesitestit

Jätevesitesteillä selvitetettiin purkupaikkojen 1, 2 ja 3 jätevesien vaikutusta testilevän kasvuun. Jätevedet sekoitettiin havaintopaikan 19 suodatettuihin merivesinäytteisiin. Havaintopaikan 19 näytevedet olivat avovesikaudelta 1978. Jätevedet kerättiin vuoden 1979 tammi- ja helmikuussa.

Purkupaikkojen 1 ja 2 jätevesien laadussa ei ole oleellisia eroja talvella ja kesällä (Neste Oy:n antama tieto). Sen sijaan purkupaikan 3 vesi on erilaista talvella ja kesällä. Se on suurimmalta osin jäädytykseen käytettyä merivettä ja meriveden (ottoveden) laatu vaihtuu vuodenaikojen mukana. Purkupaikan 3 testit eivät siis vastaa ravinteiden osalta kesätilannetta. Muita jätevesikomponentteja voidaan tämän testin perusteella tarkastella.

Purkupaikan 1 jätevesi konsentraatioissa -1 ja -3 lisäsi meriveden levänkasvatuskykyä kaikissa testeissä (kuva 4541). Kymmenen prosentin jätevesilisäys meriveteen aikaansai yleensä leväbiomassan kasvun 11-19 kertaiseksi. Vielä konsentraatiolla -3 oli selvä kasvua lisää-

vä vaikutus. Leväbiomassa kasvoi tämän lisäyksen johdosta kaksinkertaiseksi. Jätevesikonsentraatiolla -5 ei ollut kasvua lisäävää vaikutusta merivedessä kuin kahdessa testissä.

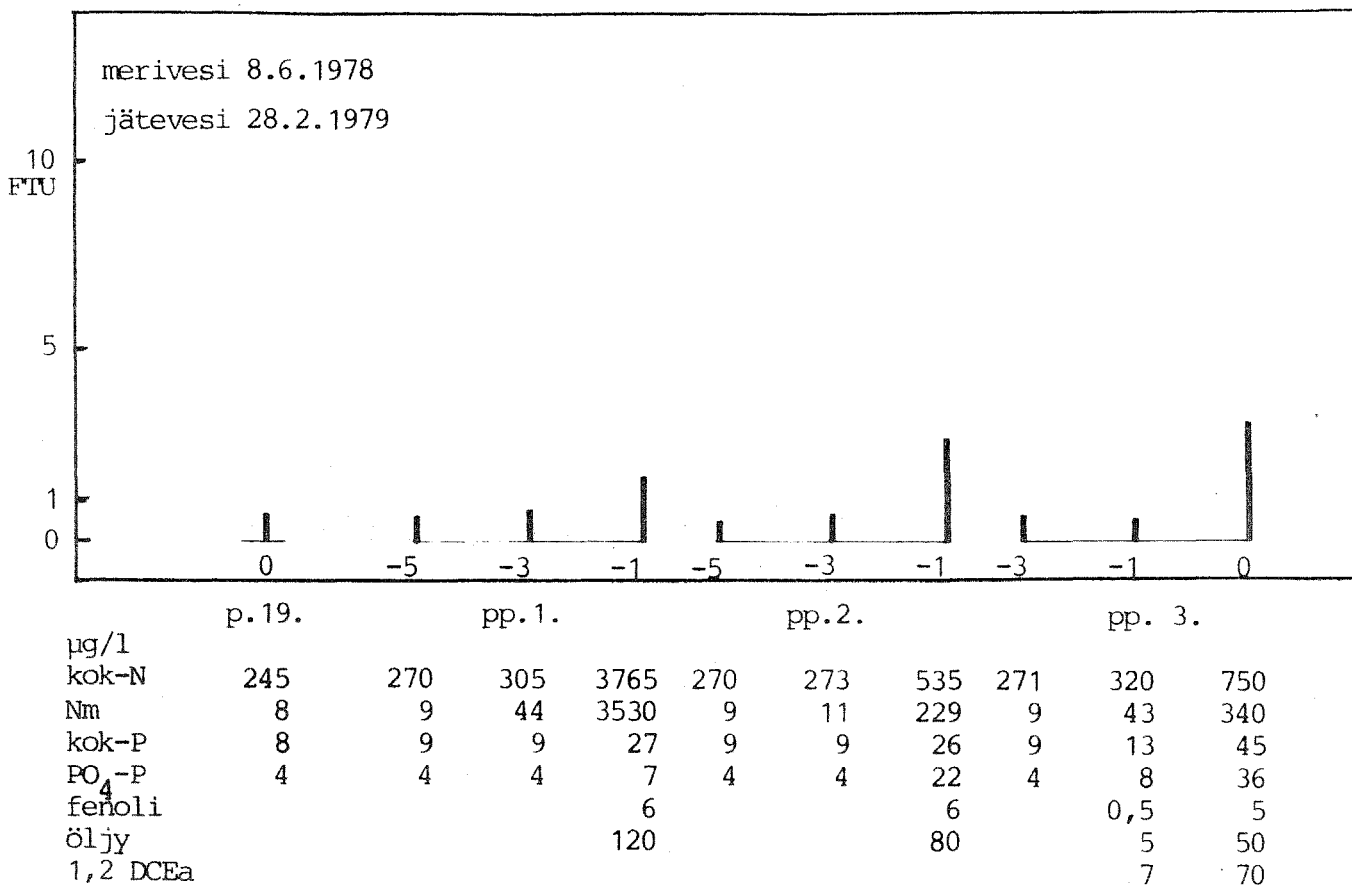
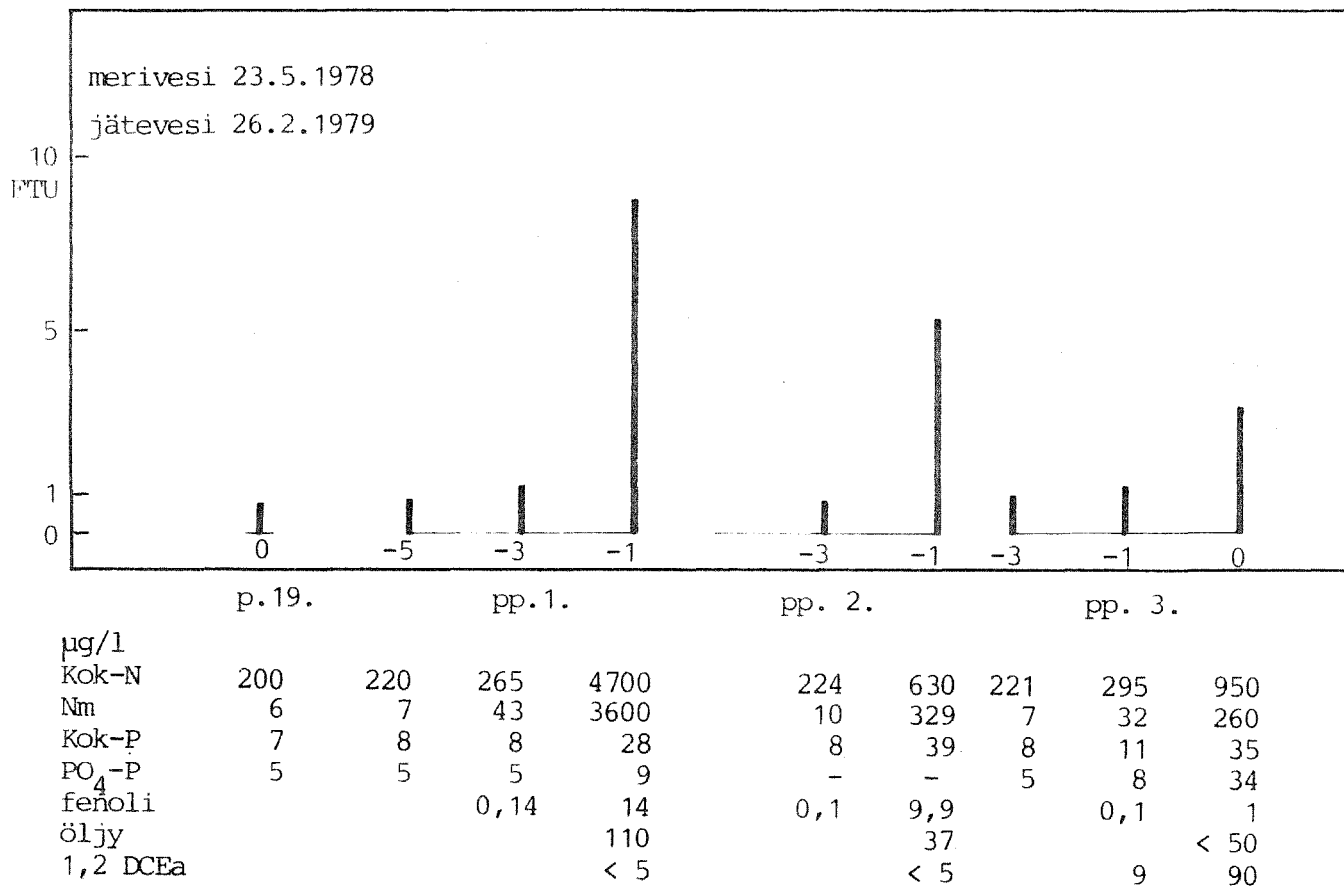
Myös purkupaikan 2 jätevesi lisäsi testilevän biomassaa kun jäteveden konsentraatio merivedessä oli -1. Syntyneen biomassan määrä oli testistä riippuen 2-15 kertainen merivesinäytteessä kasvaneeseen biomassaan verrattuna. Konsentraatioilla -3 ja -5 ei ollut havaittavaa kasvua lisäävää vaikutusta.

Purkupaikan 3 jätevesitestissä levää kasvatettiin myös suoraan jätevedessä. Jätevesinäytteet on otettu purkutunnelin suulta vesistöhavaintopaikan 12 vierestä. Havaintopaikan 12 vuosien 1977 ja 1978 toukokuun ja syyskuun merivesinäytteiden levänkasvatuskyky oli lähes samaa luokkaa (FTU 1,7 - 4,8) kuin jätevesitesteissä saadut arvot (2,4 - 5,1). Kesäaikana havaintopaikan 12 arvot olivat yleensä pienempiä.

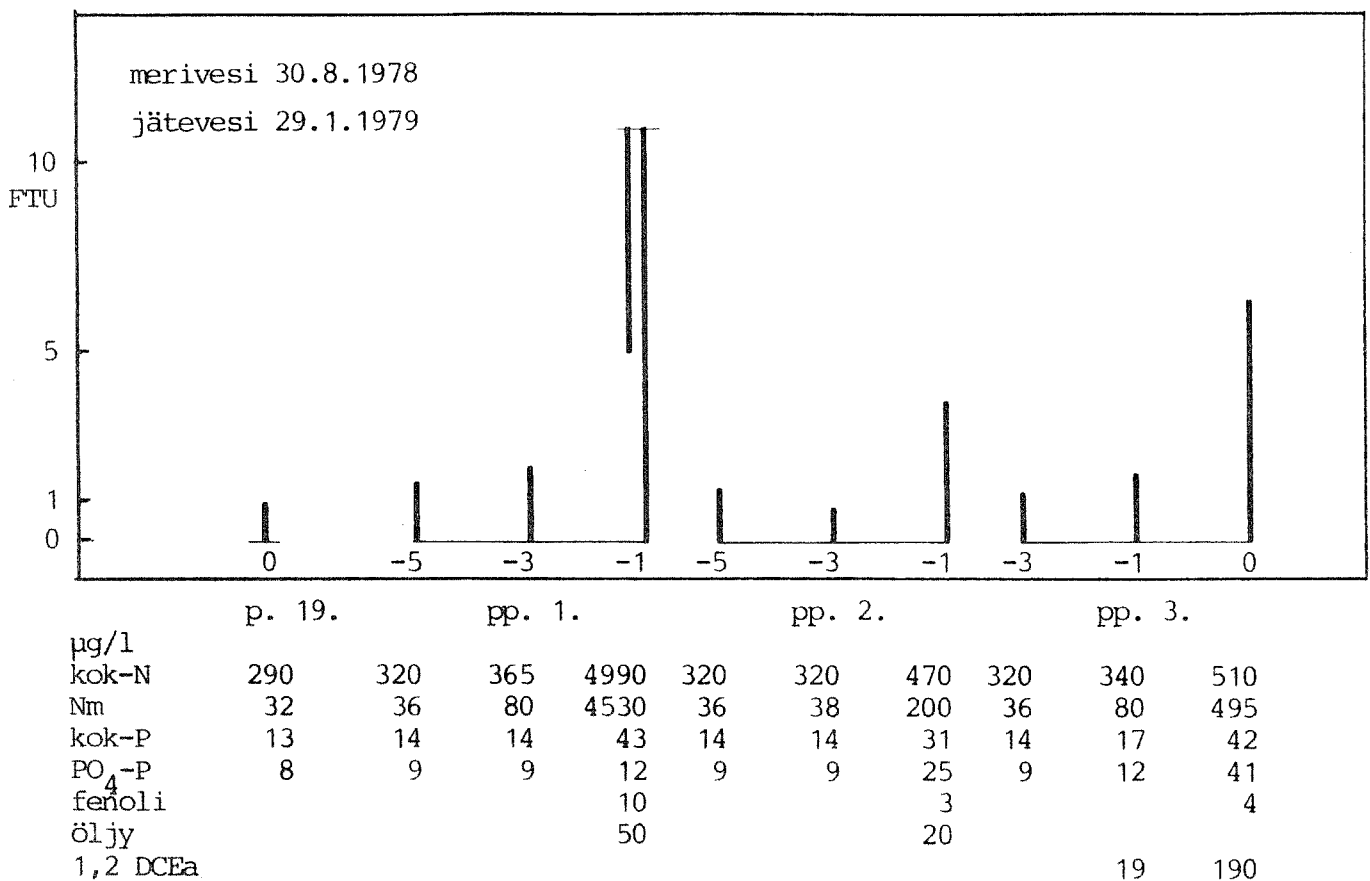
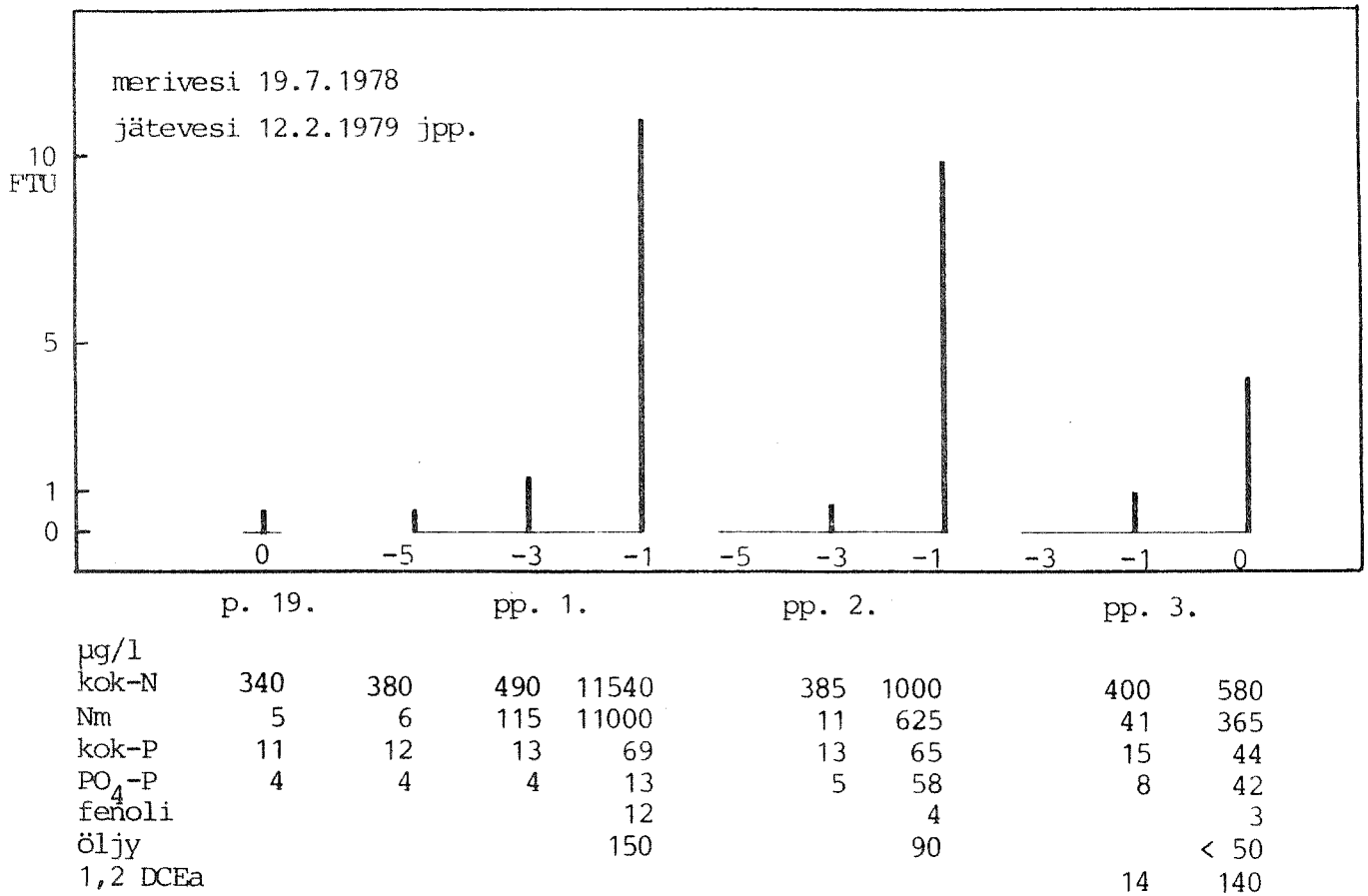
Jätevesitestituloksista on laskettu levänkasvun ja 1,2 DCEa-, fenoli- ja öljypitoisuuksien korrelaatio. Ainoastaan 1,2 DCEa:n ja levänkasvun välillä oli merkitsevä (positiivinen) korrelaatio. Selvittämättä on vielä onko yhteys todellinen. Kuitenkin on huomattava, että jätevesissä voi olla levänkasvuun vastakkaisesti vaikuttavia aineita, jotka näin peittävät toistensa vaikutusta. Tällaiseen tilanteeseen purkupaikan 1 jätevesissä viittasi liukoisen typen ja öljypitoisuuden suhteen ja levänkasvun positiivinen korrelaatio ($r = 0,71$), tosin aineisto oli pieni ($n=6$). Minkään purkupaikan jätevesillä ei ollut selvää levänkasvua inhiboivaa vaikutusta.

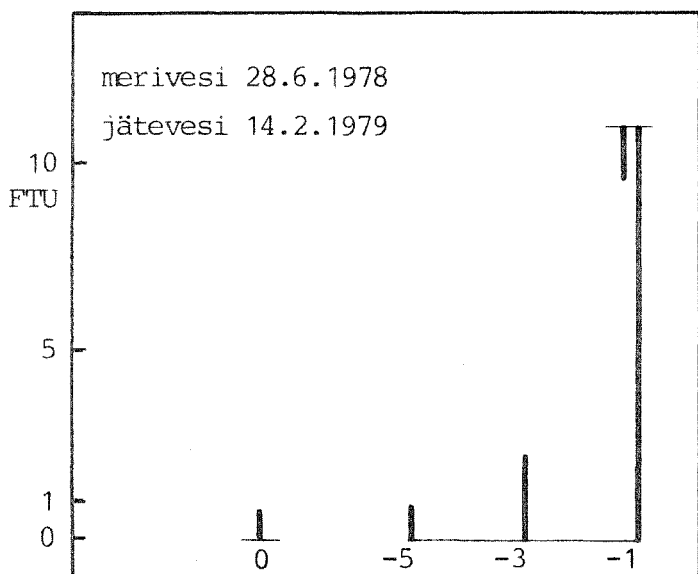
Purkupaikan 1 jätevesien levänkasvun ja eri ravinnekomponenttien välillä oli positiivisia korrelaatioita koko aineistosta laskettuna ($n=18$): kok - N $r = 0.83^{xxx}$, $N_m r = 0.81^{xxx}$, kok - P $r = 0.88^{xxx}$, ($PO_4 - P r = 0.26$). Kun korrelaatiokertoimeen määräävästi vaikuttanut kunkin testin maksimiarvo jätettiin huomiotta olivat korrelaatiot ($n = 12$):

kok -N $r = 0.60^x$, $N_m r = 0.88^{xxx}$, kok -P $r = 0.43$ ja $PO_4 - P r = 0.09$. Liukoisen typellä ja levänkasvatuskyvyllä oli näin ollen erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio myös meriveden ja purkupaikan 1 jätevesien seoksissa.



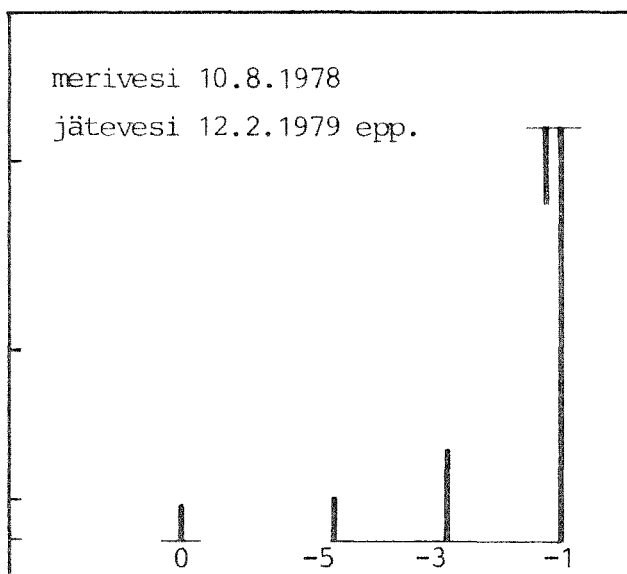
KUVA 4541. Purkupaikkojen 1, 2 ja 3 jäteveden vaikutus havaintopai-
kan 19 pintaveden levänkasvuun. Testiveden konsentraatio
on merkitty ao. pylvään alle.





p. 19.

pp. 1.



p. 19.

pp. 1.

µg/l

kok-N 225 250 400 15230

Nm 17 21 169 15000

kok-P 10 11 12 57

PO₄-P 1 1 1 7

fenoli 8

öljy 30

260 290 415 12760

20 23 132 11020

8 9 10 66

3 3 3 13

13

90

46. Klorofylli a ja kasviplankton

461. Klorofylli a

Koska klorofyllimittauksen kevätarvot vuonna 1977 puuttuvat (analysointivirheen vuoksi) koko tutkimusajan keskiarvolaskelmasta (liite 11), ei keskiarvo edusta avovesikauden keskiarvoa. Klorofylli a:n keskiarvot kuukausikeskiarvoista laskettuna olivat vuonna 1978: paikka 6 12,5 ug/l, p. 13 8,1 p. 12 8,8, p. 17 6,1 p. 21 7,1 ja p. 22 5,6.

Ylläolevat klorofylliarvot ovat samaa luokkaa kuin Helsingin edustan saaristoalueella, jossa pitoisuus (0 - 4 m) 1970-luvulla oli 7 - 11 ug/l (Katajaluoto - Melkki) (Viljamaa ym. 1978).

Suurimmat klorofylli a:n pitoisuudet mitattiin keväällä 1978 Svartbäckinselällä, 16 - 39 ug/l (kuva 4513 ja liite 11). Orrenkylänselällä samanaikaiset arvot olivat pienemmät, 8-11 ug/l. Kesäaikainen pitoisuus oli kevätarvoja paljon pienempi.

Klorofylli a:n ja perustuotanto insituarvojen välillä oli erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio (vrt. kohta 441). Klorofyllin ja typen sekä fosforin kesäaikainen kaikkien havaintojen korrelaatio puolestaan viittasi klorofyllin pitoisuuden olleen riippuvaisemman tyyppistä ($p = 0.41^{xx}$, $n=45$) kuin fosforista ($p=0,05$).

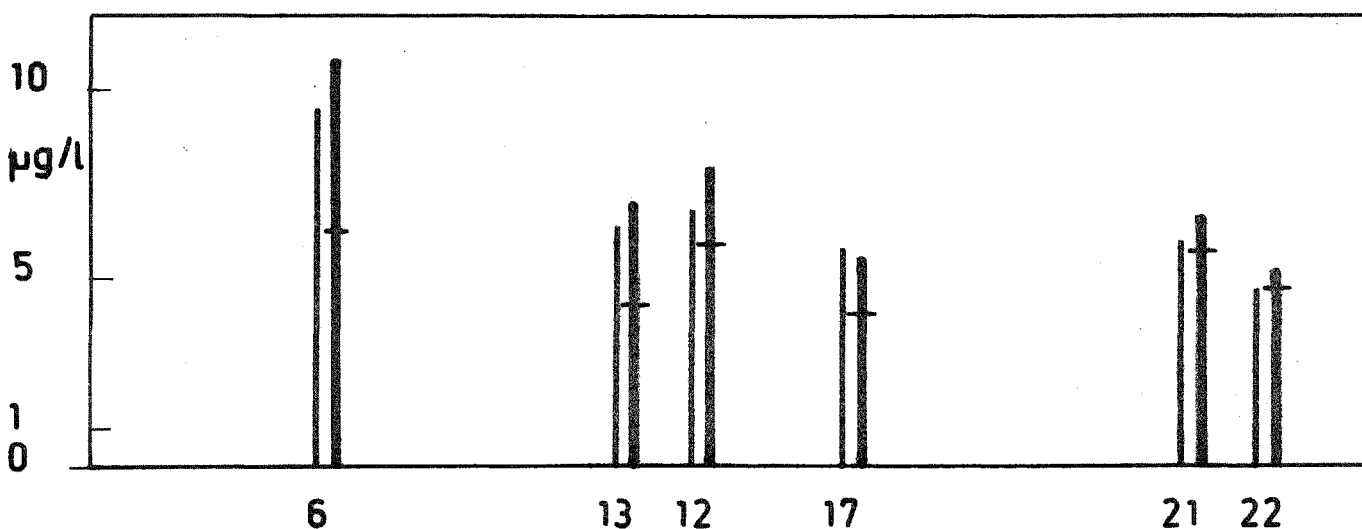
Klorofylli a:n avulla saatu kuva alueen kasviplanktonin määrästä ja alueellisista eroista (kuva 4611) vastasi hyvin perustuotanto insitu mittausten tulosta vuotuisesta perustuotannosta (vrt. kuva 4412). Havaintopaikan 6 pitoisuus oli muita havaintopaikkoja selvästi korkeampi ja pitoisuus laski eteläänpäin molemmilla selillä.

462. Kasviplankton ja typensidonta

Kasviplanktonin biomassa ja koostumus määritettiin tutkimusalueella neljästi v. 1978, lähinnä sinilevien typensidontan suuruusluokan arvioimiseksi.

TAULUKKO 4621. Kasviplanktonin biomassa (mg/l) ja koostumus Svartbäckin- ja Orrenkylän- selällä (paikat 6, 17 ja 22) 0-6 m kokoomanäytteessä v. 1978. Leväryh- mien biomassa ilmoitetaan myös prosentteina kokonaismassasta. Lisäksi taulukossa on heterokystillisten levälajien biomassa (mg/l), ja heterokystien lukumäärä ($10^3/l$ ja $/10^3 \text{ um}$) sinilevärihmaa)

	havaintoaika											
	22.5.1978			27.6.			9.8.			25.9.		
	p. 6	17	22	6	17	22	6	17	22	6	17	22
biomassa mg/l	11,24	6,70	3,57	0,83	0,83	0,96	0,56	0,26	0,48	0,67	0,17	0,42
Cyanophyta "	0,01	0,002	0,001	0,24	0,06	0,01	0,02	0,01	0,05	0,08	0,006	0,04
Chlorophyta	0,04	0,50	0,05	0,43	0,47	0,64	0,06	0,03	0,08	0,11	0,02	0,07
Euglenophyta	0,71	0,13	0,10	0,04	0,02	0,04	0,08	0,02	0,06	0,18	0,06	0,16
Chrysophyta	6,81	4,00	2,58	0,05	0,07	0,20	0,20	0,09	0,12	0,10	0,03	0,06
Pyrrophyta	3,67	2,07	0,83	0,08	0,22	0,07	0,21	0,11	0,17	0,20	0,06	0,09
Cyanophyta %	0,1	0,0	0,0	28,9	6,8	1,2	3,2	4,4	9,8	11,3	3,3	9,8
Chlorophyta	0,4	7,5	1,5	51,7	56,0	66,9	10,4	11,5	16,9	16,1	13,1	17,1
Euglenophyta	6,3	1,9	2,9	4,2	2,5	4,4	13,6	7,9	12,8	26,9	31,4	37,9
Chrysophyta	60,5	59,7	72,4	5,5	8,7	20,6	36,1	35,5	25,3	15,2	15,8	13,1
Pyrrophyta	32,6	30,9	23,2	9,8	26,0	6,9	36,7	40,7	35,3	30,5	36,4	22,0
heterokystilliset												
sinilevät mg/l	0,011	0,002	0,001	0,209	0,047	0,010	0,006	0,007	0,013	0,016	0,003	0,024
% koko biomas- sasta	0,2	0,0	0,0	24,9	5,7	1,0	1,0	2,5	2,6	2,4	1,8	5,7
heterokystien												
määrä $10^3/l$	0	0,12	0,04	1,48	3,62	1,44	0,58	0,56	2,84	2,00	0	0,12
heterokystien												
määrä/ 10^3 um levärihma	0	1,5	2,5	0,2	1,8	3,1	2,7	2,5	5,0	3,0	0	0,1



	HAVAINTOPAIKAT					
m	9,5	6,4	6,8	5,8	6,0	4,7
SD	10,5	5,7	5,9	4,8	3,0	2,1
min	1,9	3,2	2,0	2,7	2,1	2,0
max	39,0	22,7	23,9	15,8	11,2	8,0

KUVA 4611 Pintaveden 0-6 m klorofylli a:n keskiarvo (m) (keskihajonta SD ja ääriarvot taulukossa) v. 1977-78 (vasta 27.6.1977 alkaen).

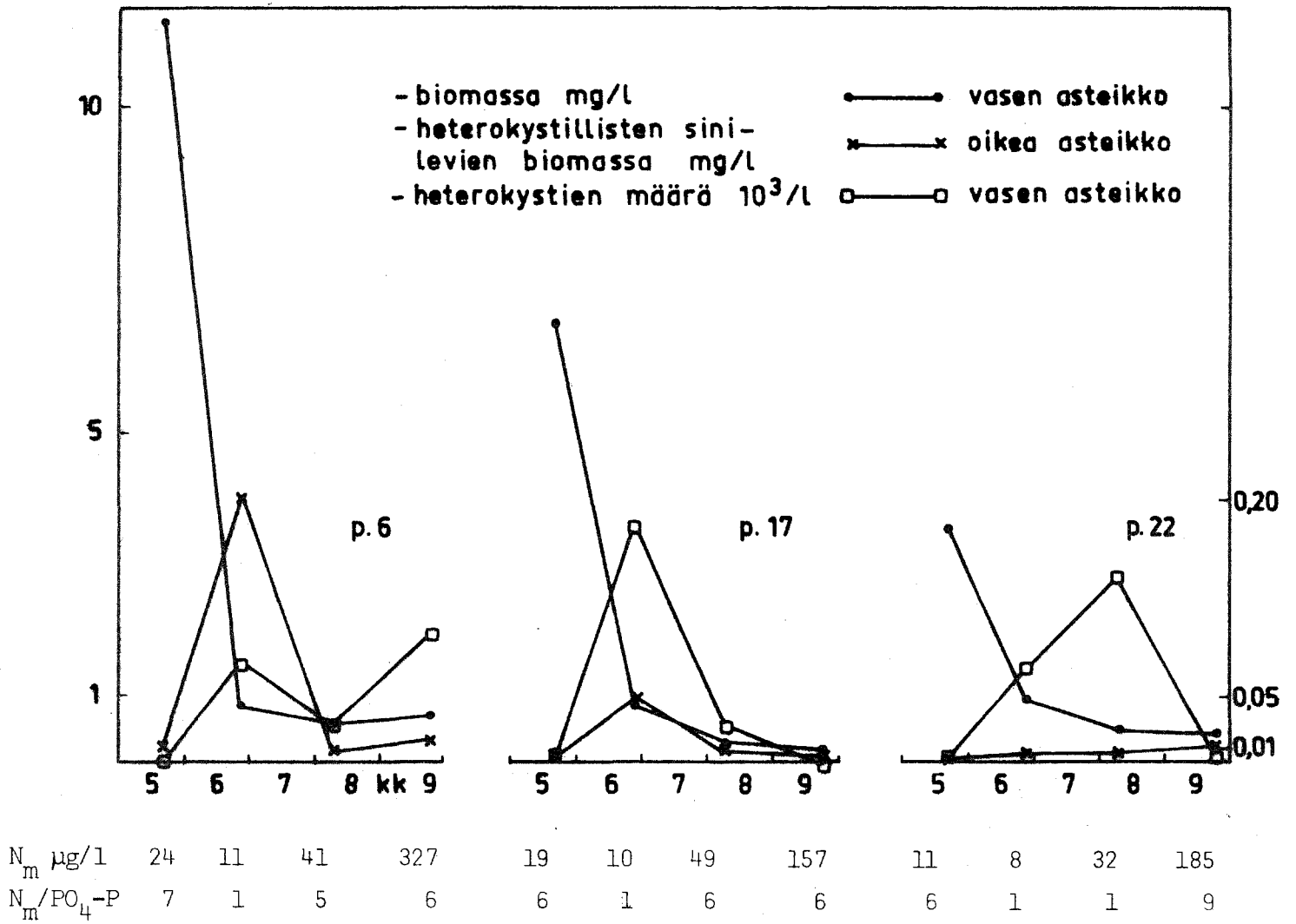
Kasviplanktonin kokonaisbiomassan vaihtelurajat olivat Svartbäckinselällä 0,2-11,2 mg/l, Orrenkylänselällä 0,4-3,6 mg/l (taulukko 4621). Keskimääräiset biomassa-arvot olivat varsin pieniä, vastaten Helsingin edustan ulompaa saaristoa (Melvasalo ja Viljamaa 1977), tosin on huomattava, että näytteitä oli vain neljä kasvukautta kohden. Havaintopaikkojen välillä biomassojen suhde oli silti sama kuin klorofylli a:n pitoisuuksissa.

Toukokuussa piilevät muodostivat valtaosan (60-70 %) kevätmaksimin biomassasta, kesäkuussa valtalajistona olivat viherlevät. Loppukesällä biomassa koostui tasaisesti kaikista leväryhmistä.

Heterokystillisten sinilevien määrä oli Svartbäckinselällä suurin kesäkuun lopussa, Orrenkylänselällä vasta syyskuun lopussa (kuva 4621). Heterokystillisten sinilevien biomassa oli pieni, suurin havaittu määrä oli 0,2 mg/l, paikalla 6. Typensidonnan kannalta sinilevien biomassaa tärkeämpi on heterokystien määrä, sillä typen sidonnan ja heterokystien määrän välillä on positiivinen korrelaatio (Vuorio 1976).

Heterokystien määrä ei ollut riippuvainen biomassan määrästä. Heterokystien määrä ei missään näytteessä ollut suuri verrattuna esim. siihen, että Helsingin edustan sisäsaaristossa normaali heterokystien määrä on Melvasalon ja Viljamaan (1977) mukaan $10-100 \times 10^3$ kpl/l. Tämän perusteella ei typensidonta muodostanut merkittävää typenlähdettä tutkimusalueella. Tätä käsitystä tukee Rinteen ym. (1978) arvio keskisen Uudenmaan rannikkoalueen typensidonnasta $n. 150 \text{ kg/km}^2 \cdot 3 \text{ kk}$.

Paikoilla 17 ja 22 heterokystien määrä oli suurin kun N_m/PO_4-P suhde oli pienin. Typpi oli tällöin minimitekijä pintavedessä ja liukoisen typen pitoisuus oli hyvin pieni.



KUVA 462L Kasviplankton havaintopaikoilla 6, 17 ja 22 (0-6m) v. 1978. Kuvan alla liukoisen epäorgaanisen typen pitoisuus $\mu g/l$ ja N_m/PO_4-P suhde.

47. Havaintoja eri tekijöiden riippuvuuksista

Fysikaalis-kemiallisten, ilmastotekijöiden, biologisten parametrien ja kuormituksen välisiä yhteyksiä tutkittiin korrelaatioanalyysien avulla. Tarkastelu tehtiin havaintopaikoittain koko tutkimusajan aineistosta ($n_{\max} = 15$), puuttuvat arvot korvattiin aineiston keskiarvolla, paitsi klorofyllin osalta, jossa kolme ensimmäistä havaintokertaa jätettiin pois puuttuvien tietojen vuoksi ($n = 12$). Eräät korrelaatiot laskettiin myös kesä-elokuun havaintojen perusteella ($n = 10$), tällöin on suluissa merk. (KESÄ). Korrelaatiokerroimen merkitsevyysrajat on merkitty seuraavasti:

95 %	x
99 %	xx
99,9 %	xxx

Kuormitus on merkitty:

345	Mäntsälänjoen typpikuormitus
346	" fosforikuormitus
355	Porvoonjoen suunnan typpikuormitus
356	" fosforikuormitus
1325	Nesteen purkupaikkojen 1 ja 2 sekä Mäntsälänjoen ja Porvoonjoen suunnan yhteinen typpikuormitus
1326	" yhteinen fosforikuormitus

Erityisesti on huomattava, että ko. korrelaatiotesti antaa vain vastauksen kysymykseen, ovatko muuttujat keskenään korreloituneita, mutta syysuhdetta korreloituminen ei todista (siis: syysuhde saattaa olla olemassa). Samoin on huomattava, että etenkin kuormituskorrelaatioissa sekä jokikuormituksen että vesistöpitoisuuksien korkeat arvot keväällä ja syksyllä vaikuttavat määräävästi korrelaatiokerroimeen.

Kuormituksen korrelaatioita tarkasteltaessa on lisäksi huomattava, että kunkin vesistöhavainnon arvoa vastasi jokikuormituksissa ao. kuukauden kuukausikeskiarvo, mutta purkupaikkojen kuormitusarvo oli havaintoviikkoa edeltäneen viikon kuormituskeskiarvo. Purkupaikkojen kohdalla ei ole kokeiltu, kuinka korrelaatiot muuttuisivat, jos myös näissä käytettäisiin kuukausikeskiarvoja jokikuormituksen tapaan.

Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforin korrelaatiot olivat hajanaisia eikä merkitseviä korrelaatioita ollut fosforikuormituksen ja vesistöpitoisuuden välillä kuin muutamalla havaintopaikalla (taulukko 471).

Fosfaattifosfori

Useilla havaintopaikoilla oli perustuotannon insitu ja fosfaatin välillä negatiivinen korrelaatio ja fosfaattifosforin ja ammoniumtypen välillä positiivinen korrelaatio, joka kuvaa liukoisten ravinteiden muutosten samansuuntaisuutta. Tuotannon intensiteetin vähetessä lisääntyivät liukoiset ravinteet pintavedessä.

Kokonaistyyppi

Jokien (345, 355) ja purkupaikkojen 1 ja 2 sekä jokien yhteinen typpikuormitus (1325) ja kokonaistypen pitoisuudet pintavedessä korreloivat merkitsevästi lähes kaikilla havaintopaikoilla (taulukko 471). Purkupaikan 1 typpikuormitus yksinään ei korreloinut minkään havaintopaikan typpipitoisuuden kanssa läpi koko havaintojakson. Typen korrelaatioihin vaikuttivat paljolti kevään ja syksyn korkeat (nitraatti-) arvot.

Liukoinen epäorgaaninen typpi

Liukoinen typpi korreloi kokonaistypen kaltaisesti useimmilla havaintopaikoilla jokikuormituksen sekä jokien ja Nesteen purkupaikkojen yhteisen typpikuormituksen kanssa (taulukko 471), osoittaen sitä, mistä liukoinen typpi pääosin oli peräisin. Koko tutkimusajan kuormituskorrelaatioiden mukaan jokikuormitus oli koko tutkimusalueella merkittävä tekijä pintaveden laadulle.

Perustuotantokyky

Perustuotantokyvyn ja muiden tekijöiden välillä ei havaittu jatkuvaa korrelaatiota, vaan kyvyn suuruuden määrännyt tekijä ilmeisesti vaihteli eri havaintokerroilla ja havaintopaikoilla. Muista paikois-

ta poiketen paikalla 12 pt-kyky korreloi merkitsevästi kesä-elokuussa fosforin sekä liukoisen typen pitoisuuksien kanssa.

Leväkasvatuskyky

Kesä-elokuussa leväkasvatuskyky korreloi merkitsevästi kautta koko tutkimusalueen liukoisen epäorgaanisen typen kanssa (taulukko 471). Koko tutkimusajan tarkastelussa ei kuva ollut aivan yhtä selkeä. Myös ravinnelisäytestien tulokset (kohta 452) tukevat vahvasti käsitystä liukoisen typen ja leväkasvatuskyvyn positiivisesta korrelaatiosta.

Perustuotanto insitu

Perustuotannon insituarvojen ja klorofyllin välillä oli merkitsevä korrelaation kaikilla havaintopaikoilla (taulukko 471). Tämä osoittaa perustuotantoarvojen riippuvan leväbiomassan määrästä havaintoajan ympäristöolojen (valaistus) lisäksi. Osalla havaintopaikoista todettu leväkasvatuskyvyn ja perustuotannon negatiivinen korrelaatio puolestaan on yhteydessä liukoisten ravinteiden ja perustuotannon samoin negatiiviseen korrelaatioon.

5. YHTEENVETOTARKASTELU

Tutkimusalueen pintaveden avovesikauden aikaiseen ravinnetilanteeseen vaikuttivat määräävästi alueelle laskevien jokien virtaama, asutuksen ja teollisuuslaitosten jätevesikuormitus sekä sääolot, jotka puolestaan vaikuttivat tuulien kautta meriveden virtauksiin ja lämpötilan kautta lämpötilakerrostuneisuuden sekä biologiset tekijät, ensisijassa kasviplanktonin ravinteiden assimilointi sekä orgaanisen aineen hajotus.

Rannikkovesialueiden vaihtelevia oloja osoitti se, että kaikki tutkimusalueen tilaan vaikuttavat päätekijät poikkesivat eri vuosina toisistaan. Merialueen tilan muutokset olivat ajoittain hyvin nopeita ja perusteellisia. Etenkin v. 1977 pintaveden tila vaihteli paljon. Tutkimusalue osoittautui erittäin vaativaksi tutkimuskohteeksi.

Pintaveden tilan muutos keväällä oli nopea jokivaikutuksen pieneudessa, lämpötilakerrostuneisuuden muodostuessa ja kasviplanktonin sitoessa liukoiset ravinteet, jolloin niiden pitoisuus pintavedessä oli yleensä vähäinen.

Jokikuormitus muodosti koko Porvoon edustan ravinteiden kuormituksesta valtaosan jokivirtaamien oireissa suuria. Jokien ravinnekuormituksen suuruus noudatteli virtaamien vaihteluita. Porvoonjoen suunnan kuormitus oli eri kuormituksista selvästi suurin. Sen vaikutus ulottui Svartbäckinselälle vain suurten jokivirtaamien aikana.

Jokikuormituksen merkitystä osoittaa se, että koko tutkimusajalta lasketut havaintopaikkakohtaiset korrelaatiot pintaveden typpipitoisuuden ja jokikuormitusten välillä olivat merkitseviä koko tutkimusalueella. Vahva korrelaatio johtui tosin suurten ääriarvojen (kevät ja syksy) määräävästä vaikutuksesta laskuissa.

Svartbäckinselän kokonaistypen ja ammoniumtypen pitoisuudet olivat selvästi korkeampia kuin Orrenkylänselällä ja myös fosfaatti- ja kokonaisfosforin osalla oli havaittavissa eroa.

Svartbäckinselällä Neste Oy:n ravinnekuormitusosuus oli kesällä suuri. Nesteen typpikuormitus oli tällöin moninkertainen Mäntsälänjoen kuormitukseen verrattuna.

Neste Oy:n öljynjalostamon jäteveden typpi-fosforisuhde on poikkeuksellisen korkea, koska jätevesi sisältää runsaasti typpeä. Typpi on lähes täysin liukoisessa ammoniummuodossa. Kuukausikeskiarvoina laskettu typpikuormitus vaihteli tutkimusaikana 200 - 1000 kg/d ja fosforikuormitus 5-70 kg/d.

Tämä tutkimus rajoittui lähinnä vain ravinnekuormituksen vaikutusten selvittämiseen. Svartbäckinselälle johdetaan tämän lisäksi petrokemianteollisuuden jätevesiä, jotka sisältävät lukuisia erilaisia myrkyiksi ja haitallisiksi aineiksi luettavia yhdisteitä. Niiden pitoisuus ja määrät saattavat tosin olla pieniä, mutta vaikutuksia vesiekosysteemissä ei tunneta, ei etenäkään yhteisvaikutusta. Viitteitä ko. haitallisten aineiden vaikutuksesta vesistöissä saatiin suppeassa pohjaeläintutkimuksessa, jossa ilmeni purkupaikkojen 1 ja 3 edustojen pohjan ja pohjaeläimistön häiriintyneisyys.

Varsinaisen kuormituksen lisäksi Svartbäckinselän tilaan vaikuttaa myös teollisuuden jäädytykseen käyttämä suuri vesimäärä (yli $10 \text{ m}^3/\text{s}$). Jäädytysveden kierrätyksellä sinänsä näytti olleen ravinnekuormitusta lisäävä vaikutus, jonka arvioitiin ylittäneen purkupaikan (pp. 3) teollisuuslaitosten ravinnekuormituksen.

Sekä Svartbäckin- että Orrenkylänselän luonnollisena piirteenä voidaan pitää vedenlaadun paranemista eteläänpäin mentäessä jokikuormituksesta etäännyttäessä, vesialueen laajentuessa ja syvyyden kasvaessa.

Neste Oy:n jätevesikuormitus on nostanut pintaveden ravinnetasoa Svartbäckinselällä. Svartbäckinselän kokonaistypen ja ammoniumtypen pitoisuudet olivat selvästi korkeampia kuin Orrenkylänselällä ja myös kokonais- ja fosfaattifosforin osalla ero oli havaittavissa. Svartbäckinselän ravinnepitoisuudet olivat korkeita etenkin v. 1977 johtuen Nesteen suuresta typpi- ja fosforikuormituksesta. Kun jäte-

vesikuormitus pieneni v. 1978, alue, jolla kohonneita ravinnepitoisuuksia havaittiin, oli paljon pienempi kuin v. 1977.

Leväkasvatustestit osoittivat selvästi jätevesien lisäävän tuotantopotentiaalia, koska purkupaikkojen läheltä otettujen vesinäytteiden leväkasvatuskyky oli suurempi kuin kauempaa otettujen näytteiden.

Liukoisten ravinteiden pitoisuuksien suhteesta pintavedessä voidaan tehdä päätelmiä perustuotantoa rajoittavista ravinteista. Kesällä liukoisten ravinteiden suhde N_m/PO_4-P oli jatkuvasti alle 10, kesäällä 78 jopa alle 5. Ainoa poikkeus oli lähinnä purkupaikkaa 1 oleva havaintopaikka 9, jossa suhdeluku oli moninkertainen Nesteen jätevesien vaikutuksesta.

Typhen ja fosforin suhteiden keskinäisen suuruuden perusteella arvioiduna typpi oli siis tutkimusalueella perustuotantoa rajoittava ravinne lähes aina. Levätestit pitivät varsin hyvin yhtä yo. ravinnesuhteisiin perustuvan arvion kanssa. Ainoastaan havaintopaikalla 9 myös fosforilla oli merkitystä sekä laskelman että levätestien perusteella. Tämä johtui Neste Oy:n typpikuormituksesta.

Meriveden leväkasvatuskyky korreloi vahvasti liukoisen typhen pitoisuuteen sekä kaikkien kesäajan havaintojen ($r = 0.80^{xxx}$, $n = 145$) perusteella että havaintopaikkakohtaisesti.

Erittäin merkitsevä oli liukoisen typhen ja leväkasvatuskyvyn positiivinen korrelaatio myös purkupaikan 1 jätevesien ja meriveden seoksilla tehdyissä leväkasvatustesteissä. Tämä osoitti sen, että jätevesien sisältämä typpi oli leville käyttökelpoinen ravinnelähde ja näin ollen se myös vesistöissä lisää levien kasvua.

Kaikki tulokset osoittavat siis yhdenmukaisesti sen, että typpi on pääsääntöisesti tuotantoa rajoittava tekijä tutkimusalueella. Lisäksi kasviplanktonanalyysin avulla todettiin, etteivät ilmakehän tyyppiä sitovat sinilevät voineet aiheuttaa merkittävää typpituontia alueelle. Näistä lähtökohdista voidaan päätellä, että Neste Oy:n runsaasti käyttökelpoisessa muodossa olevaa tyyppiä sisältävät

jätevedet rehevöittävät purkualueena toimivaa merialuetta.

Päätelmä osoittautui oikeaksi myös vesistöhavaintojen perusteella, sillä perustuotantotulosten mukaan tuotanto oli kohonnut Svartbäckinselällä. Kohonneen tuotannon alue pieneni jätevesikuormituksen pienetessä v. 1978.

Perustuotanto insitu ja perustuotantokykyarvot noudattelivat hyvin toisiaan. Näinollen voidaan perustuotannon alueellisia eroja hyvin tarkastella perustuotantokyvyn perusteella. Koko Svartbäckinselällä tuotanto oli v. 1977 selvästi suurempi kuin vertailualueella. Korkeimmillaan tuotanto oli Nesteen purkupaikan edustalla. Ilmeisen selvä tuotantoa kohottava vaikutus oli myös jäähdytysvesillä. Kohonneen tuotannon alue ulottui Illvardenin saaren kohdalta Klobbuddenin tasalle. Myös vuonna 1978 oli vastaavanlainen jätevesien vaikutus havaittavissa, mutta vaikutusalue oli paljon pienempi rajoittuen vain purkupaikan lähialueille.

6. KIRJALLISUUS

- Hyvärinen, V. & Güner, I. 1976. Virtaama-aineiston tilastanalyysi. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 15.
- Oy Keskuslaboratorio Ab. 1967 a. Porvoon edustan vesistön perustutkimus.
- Oy Keskuslaboratorio Ab. 1967 b. Porvoon edustan Svartbäckinlahden tutkimus 1965-1966. 53 s.
- Oy Keskuslaboratorio Ab. 1970 a. Porvoon edustan pohjatutkimus. 5 s.
- Oy Keskuslaboratorio Ab. 1970 b. Lausunto Porvoon edustan Svartbäckinlahden tilasta 1969-1970.
- Kohonen, T. 1973. Suomen rannikon läheisten merialueiden tila vuosina 1966-1970. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 8. 124 s.
- Melvasalo, T. & Viljamaa, H. 1977. Planctonic blue-green algae in polluted coastal waters off Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 19. 34 s.
- Niemi, Å. 1975. Ecology of phytoplankton in the Tvärminne area, SW coast of Finland. II primary production and environmental conditions in the archipelago and the sea zone. Acta Bot. Fennica 105: 1-73.
- Niemi, Å. & Pesonen, L. 1974. Primärproduktionen som kriterium vid uppskattningen av recipients föroreningsgrad. Nordforsk, miljövårdssekretariatet publ. 4: 173-188.
- Persson, P-E. 1975. Porvoon maalaiskunnan ympäristönsuojelusuunnitelma - perusselvitys. Porvoon maalaiskunnan ympäristönsuojelulautakunta.
- Pesonen, L. ed. 1978. Helsingin ja Espoon merialueiden tarkkailu 1977. Vesilaboratorion tiedonantoja 10, 1. 156 s.
- Pesonen, L. 1979. Kasviplanktonin perustuotanto. Helsingin ja Espoon merialueiden tarkkailu vuonna 1978: 76-90. Helsingin kaupungin rakennusvirasto, vesilaboratorio.
- Rinne, I. & Tarkiainen, E. 1975. Chemical factors affecting algal growth off Helsinki. Merentutkimuslaitoksen julk. 239:91-99.
- Rinne, I., Melvasalo, T., Niemi, Å. & Niemistö, L. 1978. Nitrogen fixation by blue-green algae in the Baltic Sea. Kieler Meeresforschungen, sonderheft 4. Kiel.
- Skog, S. 1977. Tolkis bottenfaunaundersökning 1975-1976. Åbo Akademi 12.1.19-7. 9 s.
- Skog, S. 1979. Tolkisten pohjaeläintutkimus 1977 ja yhteenveto vuosilta 1975-1977. 12 s.
- Suunnittelukeskus Oy. 1970 a. Porvoon rannikkoalueen ja saariston vesien tilan tutkimus 21. ja 23.9.1970. 13 s.
- Suunnittelukeskus Oy. 1970 b. Porvoon mlk:n rannikkoalueen ja saariston vesien laatuluokitus. 26 s.
- Suunnittelukeskus Oy. 1972. Nybondasbäckenin, Dybäckenin ja Svartbäckinselän vesitutkimus 7.8.1972.
- Tarkiainen, E. & Rinne, I. 1974. Laboratorion levätestimenetelmä. Vesiensuojelulaboratorion tiedonantoja.12.
- Tarkiainen, E., Rinne, I. & Niemistö, L. 1974. On the chemical factors regulating the primary production of phytoplankton in the Baltic proper. Merentutkimuslaitoksen julkaisuja 238: 39-52.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1967. Vesiasetuksen 3. luvun 71 §:n kohtien 3, 10 ja 11 mukaiset selvitykset Porvoon edustan merialueelta sekä Porvoonjoesta. 9 s.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1968. Porvoonjoen alajuoksun ja Porvoon kaupungin edustan merialueen tila vuonna 1968. 10 s.

- Oy Vesi-Hydro Ab. 1969. Porvoonjoen alajuoksun ja Povoan edustan merialueen tila talvella 1969. 6 s.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1970. Selvitys Porvoon edustan merialueen tilasta vv. 1969-1970.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1971. Porvoon edustan merialueen tutkimus vv. 1970-1971.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1972. Porvoonjoen vesistön nykytilatutkimus 1971. 32 s.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1972. Porvoon edustan merialueen tutkimus vv. 1971-1972.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1974. Porvoon edustan merialueen tarkkailu vuonna 1973.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1975. Porvoon edustan merialueen tarkkailu vuonna 1974.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1976. Porvoon edustan merialueen tarkkailu vuonna 1975.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1977. Porvoon edustan merialueen tarkkailu vuonna 1976.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1978. Porvoon edustan merialueen tarkkailu vuonna 1977.
- Oy Vesi-Hydro Ab. 1979. Porvoon edustan merialueen tarkkailu vuonna 1978.
- Oy Vesitekniikka Ab. 1971. Kalasto- ja kalastustutkimus Porvoon maalaiskunnan teollisuusalueen jätevesien purkualueesta. I ja II.
- Viljamaa, H., Forsskähl, M., Huttunen, M. & Melvasalo, T. 1978. Chlorophyll a in phytoplankton in the Helsinki sea area. Aqua Fennica 8: 58-69.
- Voipio, A. 1973. Typen ja fosforin kokonaispitoisuudet meriympäristömme näytteissä. Limnologisymposion 1969: 59-68.

TAULUKKO L1 Kiintoainekuormituksen keskiarvo kuukausittain ja %-osuus yhteiskuormituksesta sekä tutkimuskesien ja näiden yhteiset keskiarvot, keskihajonnat SD, havaintojen luku n ja kaikkien havaintojen min ja maks. arvot

aika	purku 1 kg/d		purku 2		purku 3		Mäntsälän- joki		Porvoon- joki		Yhteensä	
5.1977	240	0,2	300	0,3	140	0,1	66000	55,9	51300	43,5	117980	100
6.	430	1,7	210	0,8	75	0,3	19800	78,5	4700	18,6	25215	100
7.	630	1,8	1010	2,9	570	1,6	14500	41,8	18000	51,9	34710	100
8.	310	1,3	180	0,7	110	0,4	12900	52,7	11000	44,9	24500	100
9.	670	2,1	200	0,6	95	0,3	8400	26,8	22000	70,1	31365	100
5-9	390	0,8	370	0,8	190	0,4	24300	52,1	21400	45,9	46650	100
5.1978	300	0,2	100	0,1	200	0,1	32100	20,6	123000	79,0	155700	100
6.	360	3,9	110	1,2	~150	1,6	6300	68,3	2300	24,9	9220	100
7.	330	6,0	140	2,5	~150	2,7	1800	32,6	3100	56,2	5220	100
8.	350	6,9	170	3,4	~150	3,0	1800	35,5	2600	51,3	5070	100
9.	500	1,1	300	0,7	80	0,2	19500	44,5	23400	53,4	43780	100
5-9	370	0,8	160	0,4	~150	0,3	12300	28,0	30900	70,4	43880	100
77-78	378	0,8	265	0,6	~170	0,4	18300	40,5	26100	57,7	45213	100
SD	137		465				19100		37200			
n	42		42				10		10			
min.	180		60		10		1800		3100			
max	860		3100		2100		66000		123000			

TAULUKKO L 2 Kemiällisen hapentarpeen keskiarvo kuukausittain ja %-osuus yhteis-kuormituksesta sekä tutkimuskesien ja näiden yhteiset keskiarvot. Keskihajonnat SD, havaintojen lukumäärät n ja kaikkien havaintojen min ja maks

aika	purku 1 kg/d	%	purku 2	purku 3	Mäntsälän- joki	Porvoon- joki	Yhteensä arvot					
5.1977	1200	2,6	540	1,2	360	0,8	14000	29,8	30800	65,7	46900	100
6.	2200	7,6	440	1,5	550	1,9	20300	70,5	5300	18,4	28790	100
7.	1900	6,7	1300	4,6	680	2,4	11400	40,0	13200	46,3	28480	100
8.	1300	4,3	420	1,4	270	0,9	10100	33,1	18400	60,3	30490	100
9.	1800	10,2	410	2,3	310	1,7	6000	33,9	9200	51,9	17720	100
5-9	1700	5,6	610	2,0	420	1,4	12400	40,6	15400	50,4	30530	100
5.1978	1700	8,8	360	1,9	670	3,5	7000	36,4	9500	49,4	19230	100
6.	3300	40,6	330	4,1	~500	6,2	1400	17,2	2600	32,0	8130	100
7.	2200	29,2	430	5,7	~500	6,6	1600	21,2	2800	37,2	7530	100
8.	1400	19,0	550	7,5	~500	6,8	1600	21,8	3300	44,9	7350	100
9.	3200	6,1	610	1,2	420	0,8	13300	25,3	35100	66,7	52630	100
5-9	2400	12,6	450	2,4	~500	2,6	5000	26,2	10700	56,2	19050	100
77-78	2000	8,2	550	2,2	~460	1,9	8700	35,2	13000	52,6	24723	100
SD	961		532				6300		11700			
n	42		42				10		10			
min.	870		210		140		1600		2600			
max	4600		3700		1500		20300		35100			

TAULUKKO L 3 Neste, purkupaikan 1 ja 2 öljykuormitus, 1 fenolikuormitus ja 3 kloorattujen hiilivetyjen kuormitus keskiarvona kuukausittain sekä tutkimuskesien ja näiden yhteiset keskiarvot, keskihajonnat SD, havaintojen luku n ja kaikkien havaintojen min ja maks. arvot.				
aika	purku 1 öljy kg/d	purku 2 öljy kg/d	purku 1 fenoli kg/d	purku 3, klooratut hiilivedyt kg/d
5.1977	16	9	0,9	500
6.	51	10	0,6	350
7.	70	47	0,8	310
8.	21	4	0,4	240
9.	45	6	0,6	1200
5-9	41	15	0,7	530
5.1978	19	4	1,4	300
6.	23	3	2,3	90
7.	23	4	0,8	300
8.	16	4	0,8	250
9.	31	18	2,1	270
5-9	22	6	1,5	250
77-78	31	10	1,0	380
SD	21	17	1,0	520
n	41	41	40	38
min.	7	1	0,2	15
max	92	84	5,7	3300

Taulukko L 4. Purkupaikkojen 1, 2 ja 3 jätevesianalyysien 29.1. - 28.2.1979 keskiarvo (m), keskipoikkeama (SD) ja ääriarvot

Purku 1					
	n	m	SD	min	max
m s/m	20	565	50	460	620
pH	20	7,1	0,3	6,3	7,7
KMnO ₄ mg/l O ₂	20	23	7,7	18	46
BHK ₇	20	37	21	13	73
kok N mg/l	20	72	36	35	150
NH ₄ -N mg/l	20	68	35	35	150
kok P ug/l	20	375	150	170	580
PO ₄ -P ug/l	20	60	25	32	110
Fe mg/l	18	3,7	0,9	2,3	5,2
Min öljy mg/l	12	1,00	0,39	0,32	1,60
fenoli ug/l	12	104	30	61	150
virtaama m ³ /h	20	492	86	330	660
Purku 2					
	n	m	SD	min	max
m s/m	20	194	32	150	240
pH	20	7,2	0,2	6,8	7,5
KMnO ₄	20	11,9	2,3	8,0	16
BHK ₇	20	7,0	3,3	2,9	16
kok N mg/l	20	3,8	1,6	1,8	7,4
NH ₄ -N mg/l	20	2,0	1,5	0,7	5,8
kok P ug/l	20	410	268	150	920
PO ₄ -P ug/l	20	355	246	100	810
Fe mg/l	20	0,82	0,18	0,35	1,00
Min. öljy mg/l	12	0,94	0,81	0,19	2,7
fenoli	12	55	26	28	100
virtaama m ³ /h	20	195	65	130	345
Purku 3, jäädytysvesitunnelin suu					
	n	m	SD	min	max
m s/m	20	980	48	900	1100
pH	20	7,3	0,1	7,0	7,5
KMnO ₄	20	7,5	0,7	6,4	8,7
BHK ₇	14	1,7	1,2	0,9	5,5
kok N	20	0,62	0,16	0,26	0,95
NH ₄ -N mg/l	20	0,17	0,05	0,10	0,25
kok P	20	47	19	34	100
PO ₄ -P ug/l	20	37	5	30	45
Fe mg/l	20	0,11	0,05	0,07	0,28
fenoli	12	4	4	1	17
virtaama					
10 ⁶ m ³ /d	10	1,14	0,04	1,06	1,17

1977

Taulukko Vuosien 1977-78 pintaveden (0-6 m) ravinnemäärät

6. sivua

ravinne	havainto- paikka	Päivämäärä							Keskiarvo		
		10.5	24.5	8.6	28.6	21.7	10.8	31.8	21.9	touko- syyskuu	kesä- elokuu
ug/1											
N	1	800	850	440	550	660	490	280	390	558	484
NO ₃ -N		450	370	6	9	51	69	27	140	140	32
NO ₂ -N		4	3	0	0	0	1	1	6	2	0
NH ₄ -N		34	22	14	26	8	85	74	33	37	41
N _m		488	395	20	35	59	155	102	179	179	74
P ^m		36	17	39	-	26	58	35	55	(38)	(40)
PO ₄ -P		16	9	1	6	7	27	10	31	13	10
N:P		22	50	11	-	25	8	8	7	(19)	(13)
N _m :PO ₄ -P		31	44	20	6	8	6	10	6	16	10
N	5	960	580	470	400	460	570	600	510	570	500
NO ₃		670	200	6	3	5	41	21	150	137	15
NO ₂		4	2	0	0	0	5	3	5	2	2
NH ₄		78	14	10	9	8	98	86	22	41	42
N _m		752	216	16	12	13	144	110	177	180	59
P ^m		57	82	40	-	51	49	36	53	(53)	(44)
PO ₄		16	2	7	4	2	18	14	30	12	9
N:P		17	7	12	-	9	12	17	10	(11)	(13)
N _m :PO ₄		47	108	2	3	7	8	8	6	24	6
N	6	940	740	450	430	740	600	660	650	651	576
NO ₃		680	290	7	1	4	77	15	180	157	21
NO ₂		2	5	0	0	1	0	2	5	2	1
NH ₄		92	24	24	6	8	94	80	61	49	42
N _m		774	319	31	7	13	171	97	246	207	64
P ^m		53	11	35	-	21	50	36	56	(37)	(36)
PO ₄		30	9	5	11	5	27	13	36	17	12
N:P		18	67	13	-	35	12	18	12	(25)	(20)
N _m :PO ₄		25	35	6	0,6	3	6	7	7	11	5
N	9	900	980	570	490	610	600	640	500	660	582
NO ₃		590	330	8	35	0	82	14	140	150	28
NO ₂		3	1	1	1	3	2	3	5	2	2
NH ₄		80	39	112	93	8	93	220	65	89	105
N _m		673	370	121	129	11	177	237	210	241	135
P ^m		47	11	39	32	50	66	27	-	(39)	43
PO ₄		3	10	4	0	3	22	11	35	11	8
N:P		19	89	15	15	12	9	24	-	(26)	15
N _m :PO ₄		158	37	30	∞	4	8	22	6	(38)	(16)
N	10	700	720	590	340	540	390	570	390	530	486
NO ₃		480	220	14	7	0	45	46	120	117	22
NO ₂		6	1	0	0	8	1	4	6	3	3
NH ₄		34	16	13	6	8	78	75	36	33	36
N _m		520	237	27	13	16	122	125	162	153	61
P ^m		42	8	42	-	23	44	35	49	(35)	(36)
PO ₄		11	2	5	2	5	21	14	28	11	9
N:P		17	90	14	-	23	9	17	8	(25)	(16)
N _m :PO ₄		47	119	5	7	3	4	9	6	25	6

1977

ravinne havainto- paikka		Päivämäärä							Keskiarvo		
ug/l		10.5	24.5	8.6	28.6	21.7	10.8	31.8	21.9	touko- syyskuu	kesä- elokuu
N	11	780	710	470	390	490	670	520	420	556	508
NO ₃		460	290	1	14	6	51	14	160	125	17
NO ₂		3	1	0	0	2	2	2	5	2	1
NH ₄		28	22	28	8	39	66	71	60	40	42
N _m		491	313	29	22	47	119	87	225	167	61
P _m		13	43	38	26	41	49	16	50	35	34
PO ₄		6	1	3	3	3	21	6	31	10	7
N:P		60	17	12	15	12	14	33	8	21	17
N _m :PO ₄		82	313	10	7	16	6	5	7	56	9
N	12	780	900	520	420	650	600	530	500	613	544
NO ₃		420	340	3	17	6	77	-	120	(140)	(26)
NO ₂		3	0	0	2	1	2	3	5	2	2
NH ₄		24	55	27	6	60	66	63	98	50	49
N		447	395	30	25	67	145	-	223	(190)	(67)
P _m		29	120	29	-	42	52	35	51	(51)	(53)
PO ₄		17	0	7	0	4	27	11	29	12	10
N:P		27	8	18	-	15	12	15	10	(15)	(15)
N _m :PO ₄		26	∞	4	∞	17	5	-	8	-	-
N	13	1100	740	540	380	720	730	530	450	649	580
NO ₃		460	220	4	4	5	35	22	110	108	14
NO ₂		3	1	0	0	1	0	2	6	2	1
NH ₄		50	15	11	8	4	31	90	46	32	29
N _m		513	236	15	12	10	66	114	162	141	43
P _m		28	36	21	26	45	59	41	68	41	38
PO ₄		26	3	6	1	1	9	9	31	11	5
N:P		39	21	26	15	16	12	13	7	19	16
N _m :PO ₄		20	79	3	12	10	7	13	5	19	9
N	14	960	710	410	380	640	540	750	360	594	544
NO ₃		410	180	2	11	0	37	8	110	95	12
NO ₂		2	1	0	0	2	1	3	5	2	1
NH ₄		26	15	13	4	5	34	76	46	27	26
N _m		438	196	15	15	7	72	87	161	124	39
P _m		32	43	11	21	-	37	36	52	(33)	(26)
PO ₄		21	2	2	6	-	17	9	26	(12)	(9)
N:P		30	17	37	18	-	15	21	7	(21)	(23)
N _m :PO ₄		21	98	8	3	-	4	10	6	(21)	(6)
N	17	580	670	420	380	780	550	670	480	566	560
NO ₃		390	340	0	11	4	23	9	110	111	9
NO ₂		3	0	0	0	1	0	2	5	1	1
NH ₄		16	17	27	6	4	15	71	87	30	25
N _m		409	357	27	17	9	38	82	202	143	35
P _m		30	-	29	18	35	26	38	54	(33)	29
PO ₄		16	7	2	9	2	17	10	28	11	8
N:P		19	-	15	21	22	21	18	9	(18)	19
N _m :PO ₄		26	51	14	2	5	2	8	7	14	13
N	18	700	670	370	440	510	460	580	270	500	472
NO ₃		310	190	0	33	4	17	11	34	75	13
NO ₂		5	1	0	0	1	0	2	4	2	1
NH ₄		8	17	4	5	6	14	55	5	13	17
N _m		323	208	4	38	11	31	68	43	91	30
P		20	38	13	27	33	24	25	43	28	24
PO ₄		15	4	2	5	1	8	10	20	8	5
N:P		35	18	28	16	15	19	23	6	20	20
N _m :PO ₄		22	52	2	8	11	4	7	2	14	6

1977

ravinne havainto- paikka		Päivämäärä							Keskiarvo		
ug/l		10.5	24.5	8.6	28.6	21.7	10.8	31.8	21.9	touko- syyskuu	kesä- elokuu
N	19	600	730	430	360	530	430	530	320	491	456
NO ₃		410	160	6	16	6	32	10	32	84	14
NO ₂		5	1	0	1	0	0	3	3	2	1
NH ₄		16	16	32	4	14	17	50	6	19	23
N _m		431	177	38	21	20	49	63	41	105	38
P		14	72	24	-	28	30	69	41	(40)	(38)
PO ₄		12	0	3	6	4	4	9	18	7	5
N:P		43	10	18	-	19	14	8	8	(17)	(15)
N _m :PO ₄		36	∞	13	3	5	12	7	2	(11)	8
N	21	1000	870	370	450	620	400	500	530	593	468
NO ₃		800	230	28	0	9	9	26	200	163	14
NO ₂		4	2	0	0	0	2	3	8	2	2
NH ₄		90	18	7	6	20	18	85	29	34	27
N _m		894	250	35	6	29	29	114	237	199	43
P		-	24	29	36	20	33	41	59	(35)	32
PO ₄		25	0	3	5	7	12	15	29	12	8
N:P		-	36	13	13	31	12	12	9	(8)	16
N _m :PO ₄		36	∞	12	1	4	2	8	8	(10)	5
N	22	960	630	410	470	380	470	600	570	561	466
NO ₃		770	100	1	1	6	11	37	190	140	11
NO ₂		4	4	0	0	1	0	4	8	3	1
NH ₄		80	17	10	7	12	25	80	28	32	27
N _m		854	121	11	8	19	36	121	226	175	39
P		-	45	25	-	13	43	40	53	-	(30)
PO ₄		14	6	3	5	6	12	21	30	12	9
N:P		-	14	16	-	29	11	15	11	(13)	(18)
N _m :PO ₄		61	20	4	2	3	3	6	8	13	4
N	23	720	770	390	490	420	450	700	410	544	490
NO ₃		610	38	11	0	2	10	25	110	101	10
NO ₂		6	3	0	1	1	0	3	6	3	1
NH ₄		46	13	5	12	11	28	71	14	25	25
N _m		662	54	16	13	14	38	99	130	128	36
P		40	41	18	-	13	38	45	56	(36)	(29)
PO ₄		4	0	1	0	6	13	16	26	8	7
N:P		18	19	22	-	32	12	16	7	(18)	(21)
N _m :PO ₄		166	∞	16	∞	2	3	6	5	-	(7)

Vuoden 1978 ravinnemäärät

ravinne havainto-		Päivämäärä							Keskiarvo	
paikka										
ug/l		23.5	8.6	28.6	19.7	10.8	30.8	26.9	touko- syyskuu	kesä- elokuu
N	1	730	460	380	560	580	560	1100	624	508
NO ₃		81	1	0	5	22	14	290	59	8
NO ₂		5	0	0	1	2	9	8	4	2
NH ₄		23	10	12	14	22	17	52	21	15
N		109	11	12	20	46	40	350	84	26
P ^m		61	37	38	27	60	47	58	47	42
PO ₄		4	5	13	19	16	13	24	13	13
N:P		12	12	10	21	10	12	19	14	13
N _m :PO ₄		27	2	0,9	1	3	3	15	8	2
N	45	690	380	450	-	730	440	880	(595)	(500)
NO ₃		2	1	0	4	5	11	210	33	4
NO ₂		0	0	0	2	1	1	6	1	1
NH ₄		17	13	13	13	36	45	78	31	24
N		19	14	13	19	42	57	294	65	29
P ^m		46	25	41	30	29	39	120	47	33
PO ₄		4	4	10	18	11	24	31	15	13
N:P		15	15	11	-	25	11	7	(14)	(16)
N _m :PO ₄		5	4	1	1	4	2	9	4	2
N	6	820	510	500	310	450	400	880	553	434
NO ₃		11	1	0	12	6	11	210	36	6
NO ₂		1	0	0	0	0	1	7	1	0
NH ₄		24	13	11	13	35	47	110	36	24
N		36	14	11	25	41	59	327	73	30
P ^m		39	30	39	24	33	32	78	39	32
PO ₄		5	3	8	6	9	24	51	15	10
N:P		21	17	13	13	14	13	11	15	14
N _m :PO ₄		7	5	1	4	5	2	6	4	3
N	9	740	830	390	430	370	520	1100	626	508
NO ₃		4	3	2	9	5	14	240	40	7
NO ₂		2	1	0	1	1	1	8	2	1
NH ₄		14	300	200	140	34	60	470	174	147
N		20	304	202	150	40	75	718	216	154
P ^m		44	32	39	32	28	35	87	42	33
PO ₄		2	3	8	17	7	23	34	13	11
N:P		17	26	10	13	13	15	13	15	15
N _m :PO ₄		10	101	25	9	6	3	21	25	29
N	10	980	520	470	320	430	730	730	597	494
NO ₃		17	1	0	0	2	7	220	35	2
NO ₂		2	0	1	0	2	0	7	2	1
NH ₄		10	9	8	8	42	58	54	27	25
N		29	10	9	8	46	65	281	64	28
P ^m		41	30	30	27	26	55	48	37	34
PO ₄		3	3	9	9	9	32	24	13	12
N:P		24	17	16	12	17	13	15	16	15
N _m :PO ₄		10	3	1	0,9	5	2	12	5	2
N	11	820	360	380	470	560	570	580	534	468
NO ₃		3	1	2	3	5	14	200	33	5
NO ₂		0	0	0	1	1	1	7	1	1
NH ₄		12	12	36	-	43	49	65	(36)	(56)
N		15	13	38	-	49	64	272	(75)	(41)
P ^m		39	28	38	78	25	41	51	43	42
PO ₄		4	2	23	54	8	23	36	21	22
N:P		21	13	10	6	22	14	11	14	13
N _m :PO ₄		4	7	2	-	6	3	8	(5)	(5)

1978

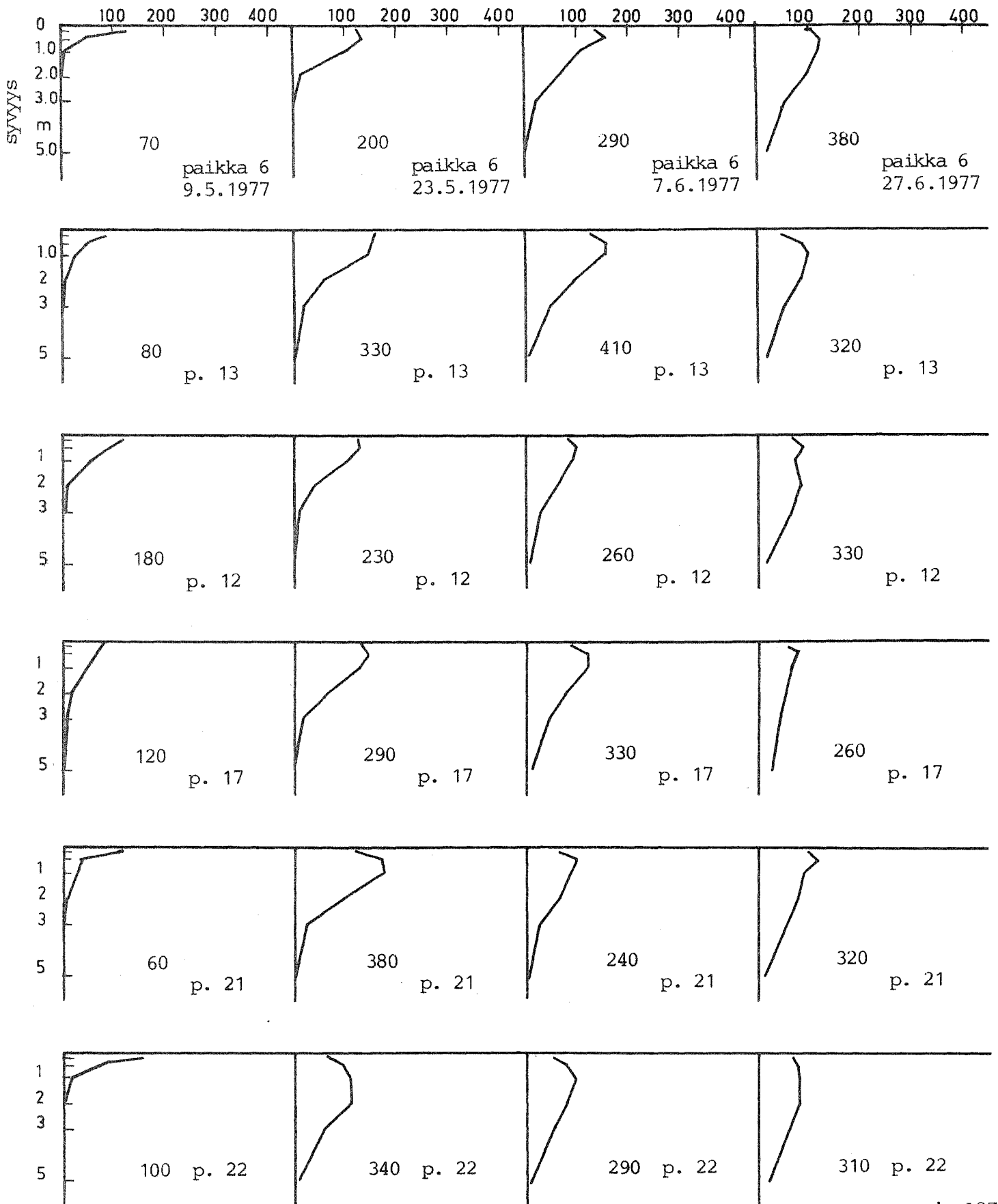
ravinne havainto- paikka		Päivämäärä							Keskiarvo	
ug/l		23.5	8.6	28.6	19.7	10.8	30.8	26.9	touko- syyskuu	kesä- elokuu
N	12	720	390	410	400	460	420	860	523	416
NO ₃		32	4	4	11	9	14	200	39	8
NO ₂		1	1	1	3	2	0	6	2	1
NH ₄		25	21	33	37	40	54	90	43	37
N		58	26	38	51	51	68	296	84	47
P ^m		40	36	23	(20)	27	33	55	(33)	(28)
PO ₄		4	4	16	28	11	25	32	17	17
N:P		18	11	18	(20)	17	13	16	(16)	(16)
N _m :PO ₄		15	7	2	2	5	3	9	6	4
N	13	610	570	270	260	450	480	610	464	406
NO ₃		3	1	1	1	4	9	150	24	3
NO ₂		0	0	0	0	1	3	6	1	1
NH ₄		6	10	14	6	35	60	43	25	25
N		9	11	15	7	40	72	199	32	29
P ^m		31	77	28	27	30	47	48	41	42
PO ₄		2	11	8	6	9	41	23	14	15
N:P		20	7	10	10	15	10	13	12	10
N _m :PO ₄		5	1	2	1	4	2	9	3	2
N	14	740	410	390	300	530	490	810	524	424
NO ₃		2	1	1	4	6	11	140	24	5
NO ₂		0	0	0	1	0	1	6	1	0
NH ₄		11	6	19	8	36	59	51	27	26
N		13	7	20	13	42	71	197	52	31
P ^m		44	27	27	21	23	34	44	31	26
PO ₄		4	3	9	8	8	28	24	12	11
N:P		17	15	14	14	23	14	18	16	16
N _m :PO ₄		3	2	2	2	5	3	8	4	3
N	17	720	390	220	310	450	680	550	474	410
NO ₃		10	0	0	1	7	9	110	20	3
NO ₂		0	1	0	0	1	1	5	1	1
NH ₄		9	9	10	5	41	57	42	25	24
N		19	10	10	6	49	67	157	45	28
P ^m		39	28	21	23	24	30	43	30	25
PO ₄		3	1	10	18	8	25	26	13	12
N:P		18	14	10	13	19	23	13	16	16
N _m :PO ₄		6	10	1	0,3	6	3	6	5	4
N	19	580	340	210	250	440	400	380	371	328
NO ₃		2	0	0	1	2	4	65	11	1
NO ₂		0	1	0	0	1	3	5	1	1
NH ₄		5	6	7	9	25	32	24	15	16
N		7	7	7	10	28	39	94	27	18
P ^m		29	24	16	22	21	21	41	25	21
PO ₄		3	2	9	5	5	18	22	9	8
N:P		20	14	13	11	21	19	9	15	16
N _m :PO ₄		2	4	0,8	2	6	2	4	3	3

1978

ravinne havainto- paikka		Päivämäärä							Keskiarvo	
ug/l	23.5	8.6	28.6	19.7	10.8	30.8	26.9	touko- syyskuu	kesä- elokuu	
N	21	770	330	270	-	460	430	550	(498)	(373)
NO ₃		3	0	0	2	4	5	140	22	2
NO ₂		0	2	0	1	1	1	5	1	1
NH ₄		6	14	11	15	27	46	12	19	23
N		9	16	11	18	32	52	157	42	26
P ^m		35	34	26	46	27	33	47	35	33
PO ₄		2	3	7	16	8	29	19	12	13
N:P		22	10	10	-	17	13	12	(14)	(13)
N _m :PO ₄		5	5	2	1	4	2	8	4	3
N	22	630	380	130	370	470	420	800	457	354
NO ₃		4	1	0	2	6	5	150	24	3
NO ₂		0	0	0	0	0	0	6	1	0
NH ₄		7	12	8	9	26	28	29	17	17
N		11	13	8	11	32	33	185	42	19
P ^m		33	48	32	31	47	97	46	48 (40)	51 (40)
PO ₄		2	6	13	9	12	25	21	13	13
N:P		19	8	4	12	10	4	17	11	8
N _m :PO ₄		6	2	0,6	1	3	1	9	3	2
N	23	600	300	280	370	380	410	560	414	348
NO ₃		5	2	0	0	4	6	73	13	2
NO ₂		0	0	0	0	0	1	5	1	0
NH ₄		9	10	8	8	30	17	18	14	15
N		14	12	8	8	34	24	96	28	17
P ^m		28	20	22	31	22	28	42	28	25
PO ₄		2	5	4	10	7	8	21	8	7
N:P		21	15	13	12	17	15	13	15	14
N _m :PO ₄		7	2	2	0,8	5	3	5	4	3

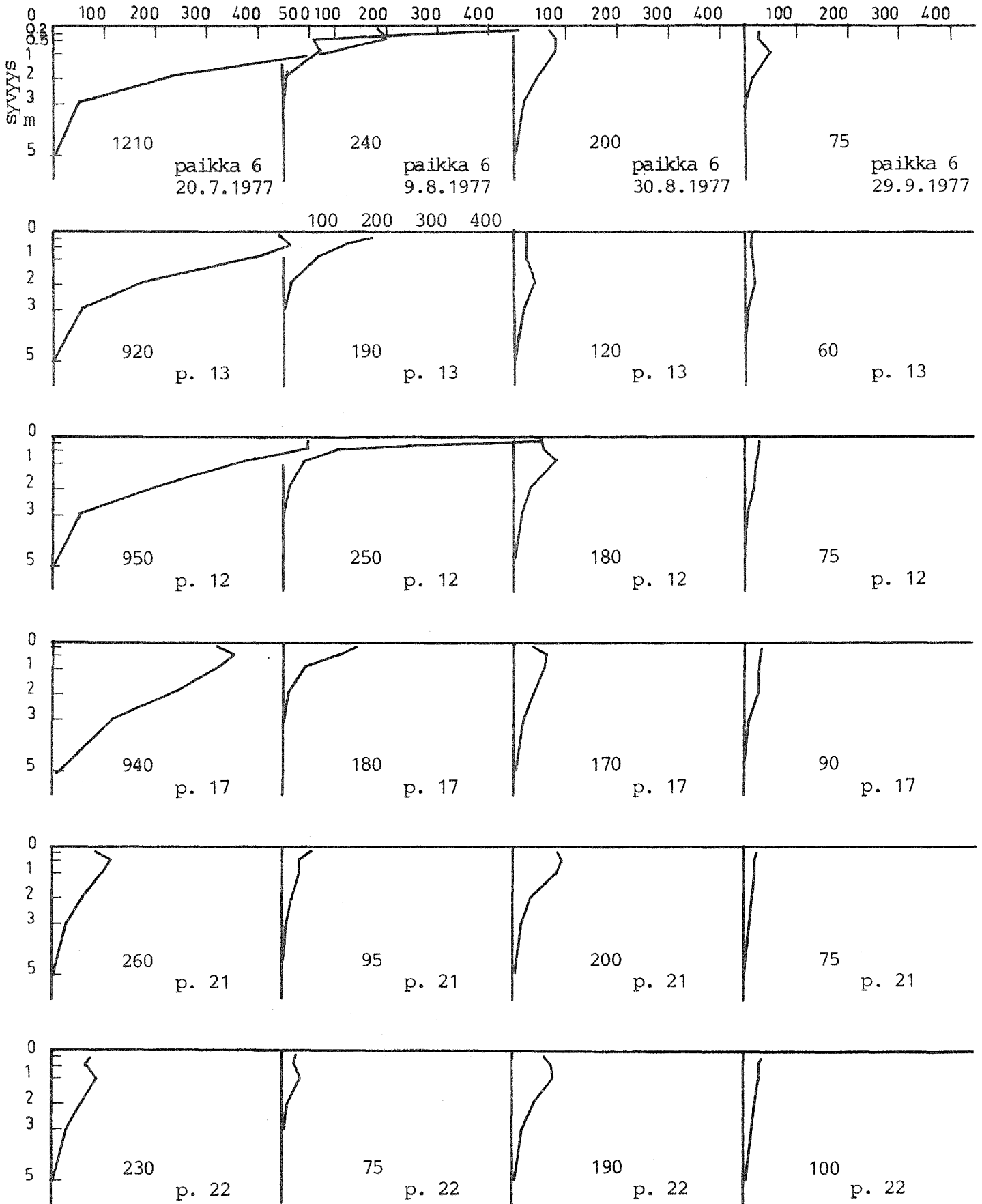
Perustuotanto $\text{mg C (ass) / m}^3 \cdot \text{d}$

LIITE 6



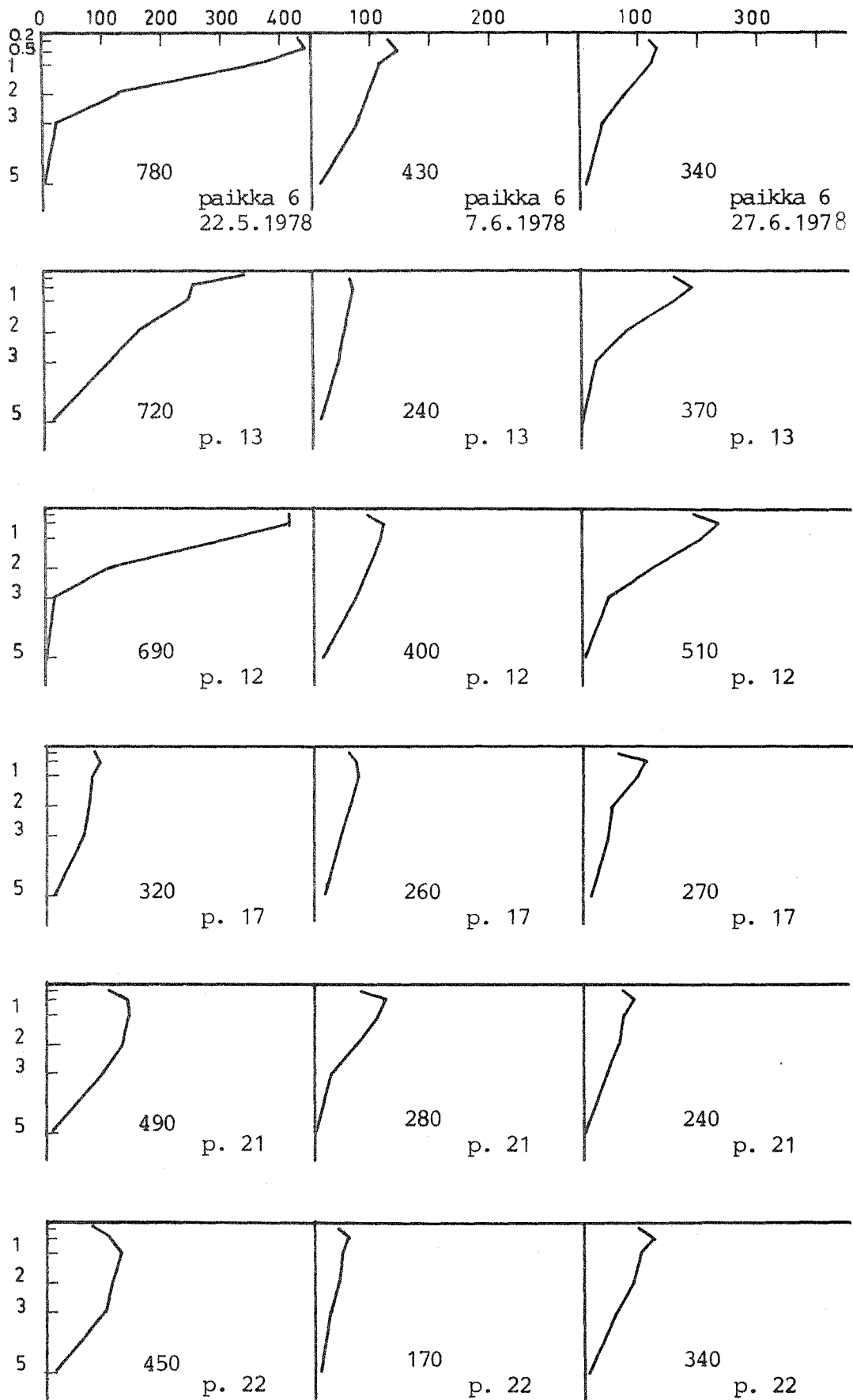
KUVA L 6,1. sivu Perustuotanto in situ ($\text{mg C (ass) / m}^3 \cdot \text{d}$; 24 h inkub.) v. 1977 ja 1978 havaintopaikoittain ja -kerroittain, käyrän alla oleva luku ilmaisee perustuotannon $\text{mg C (ass) / m}^2 \cdot \text{d}$.

Perustuotanto mg C (oss) / m³ · d



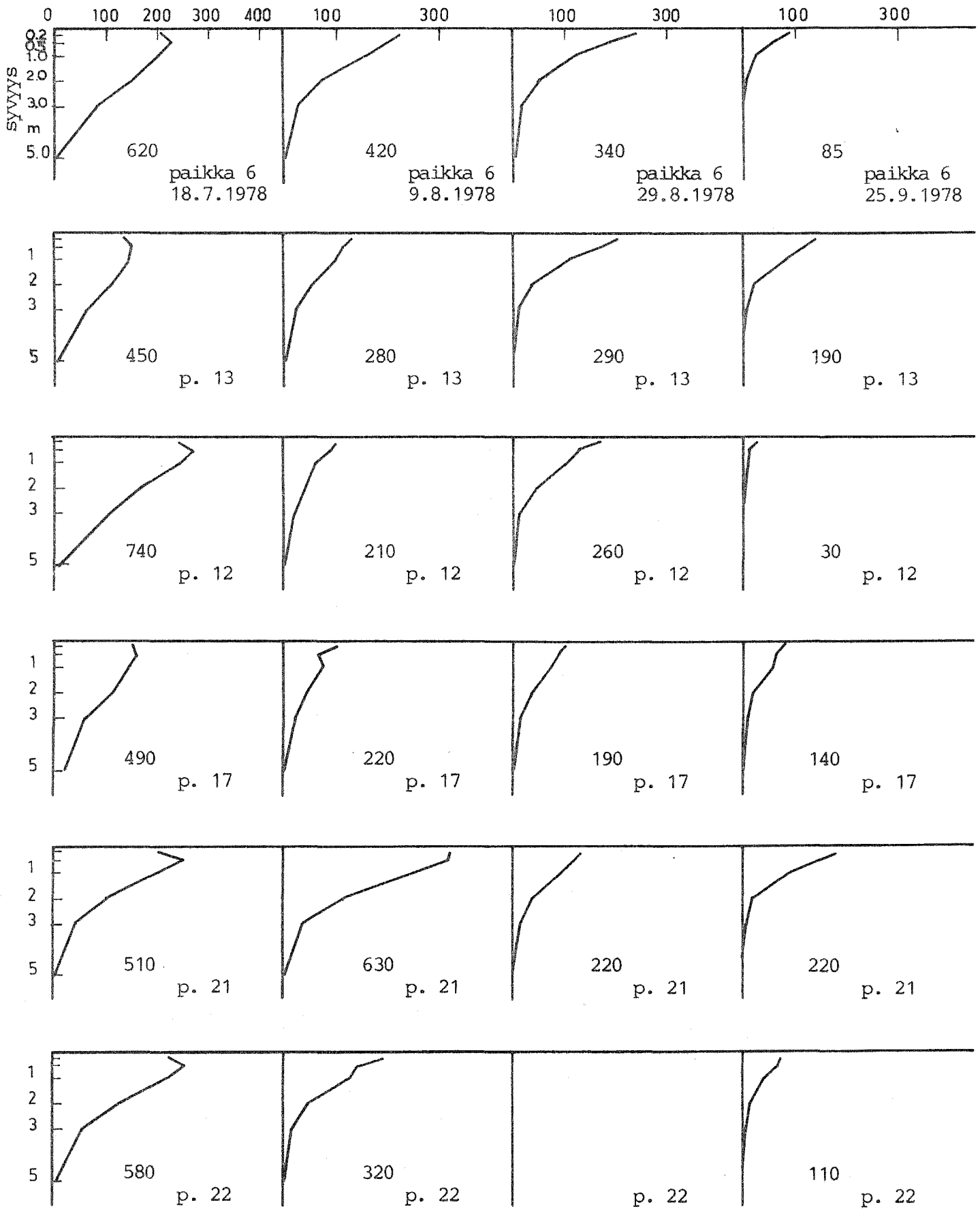
KUVA L 6 ,2. sivu

Perustuotanto $\text{mg C (ass) / m}^3 \cdot \text{d}$



KUVA L 6, 3. sivu. Perustuotanto in situ ($\text{mg C (ass) / m}^3 \cdot \text{d}$; 24 h inkub.) v. 1978 havaintopaikoittain ja -kerroittain. Käyrän alla oleva luku ilmaisee perustuotannon $\text{mg C (ass) / m}^2 \cdot \text{d}$.

Perustuotonto mg C(oss) / m³.d



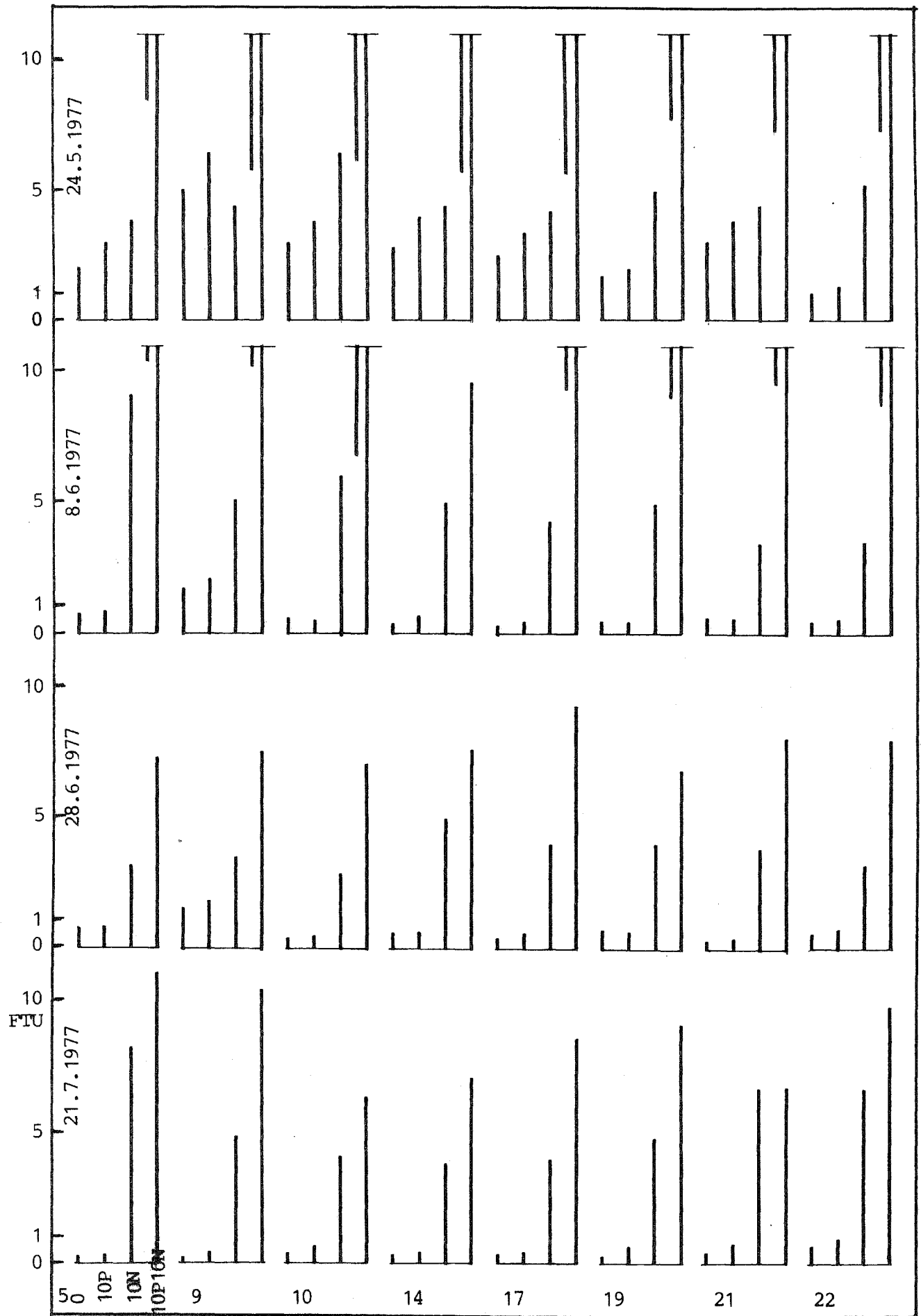
KUVA L 6, 4. sivu.

Taulukko L 7. Perustuotanto insitun arvot mg C/m³.d havaintopaikoittain ja -kerroittain maksimituotannon syvyydeltä vuosina 1977 ja 1978 sekä havaintovuosien ja koko ajan keskiarvot (m).

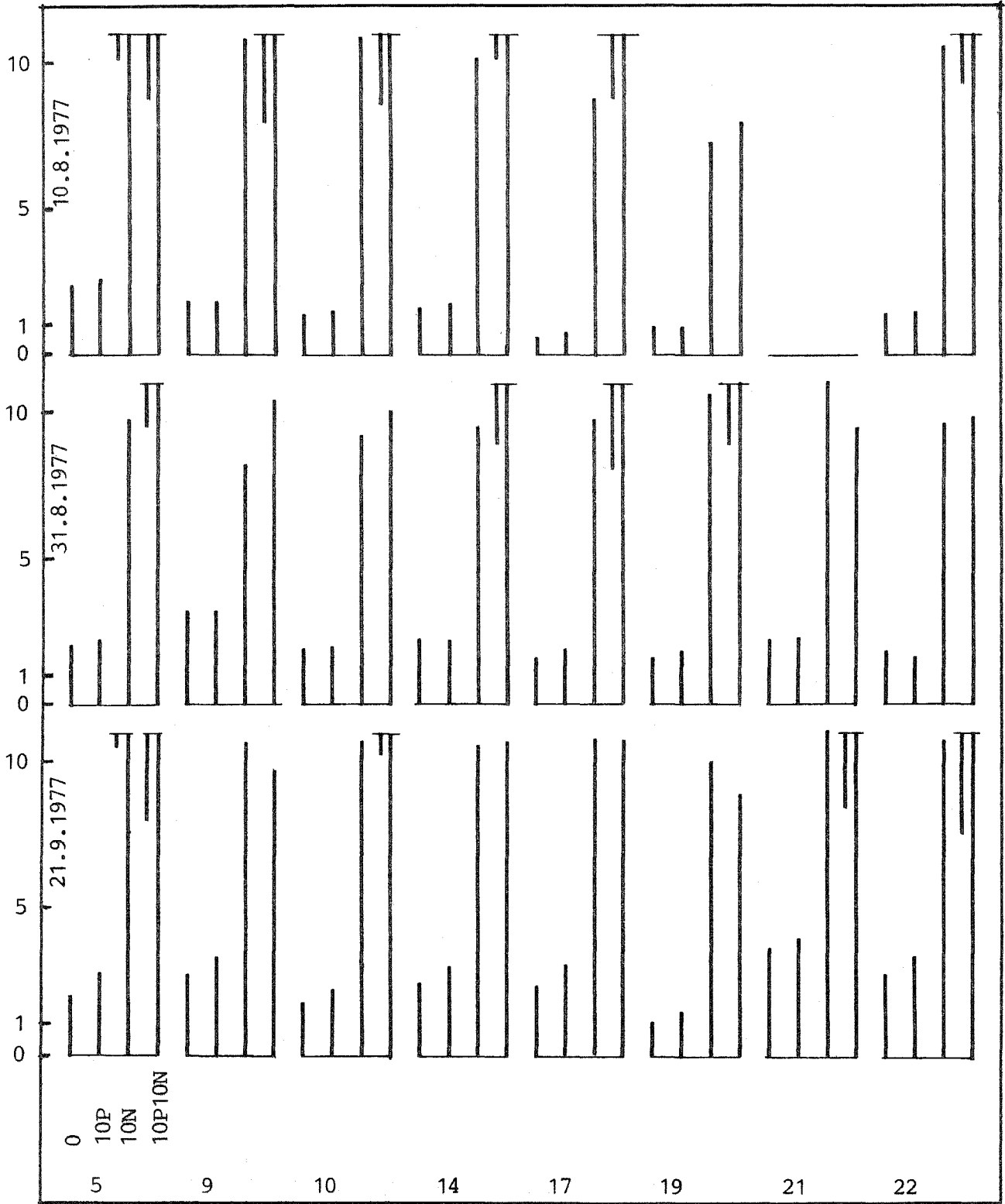
pvm.	havaintopaikat					
	6	13	12	17	21	22
9.5.77	130	88	115	76	115	155
23.5	135	160	130	145	175	110
7.6	155	155	98	120	97	95
28.6	125	98	89	80	89	80
20.7	655	465	500	355	115	88
9.8	460	180	450	145	57	36
30.8	81	27	86	67	95	79
20.9	49	22	31	35	28	34
m77	224	149	187	128	96	85
SD	215	141	180	100	43	39
22.5.78	440	250	410	92	140	125
7.6	120	54	145	69	120	74
27.6	130	185	230	105	83	120
18.7	230	155	275	165	255	260
9.8	230	135	105	110	330	195
29.8	240	205	175	105	135	-
25.9	89	140	27	80	185	73
m78	211	161	195	104	178	141
SD	118	62	125	31	86	73
m77-78	218	155	191	117	135	109
SD	171	108	151	74	77	61
kesä-elo m77	295	185	245	153	91	76
" m78	190	147	186	111	185	162
" m77-78	243	166	215	132	138	114

TAULUKKO: Kasviplanktonin perustuotantokyky v. 1977-78 mg C (ass) /
L 8 m³ · d (inkub. 24 h) havaintopaikoittain ja -kerroittain
sekä keskiarvot (m) ja keskihajonnat (SD); syv. 0-6 m

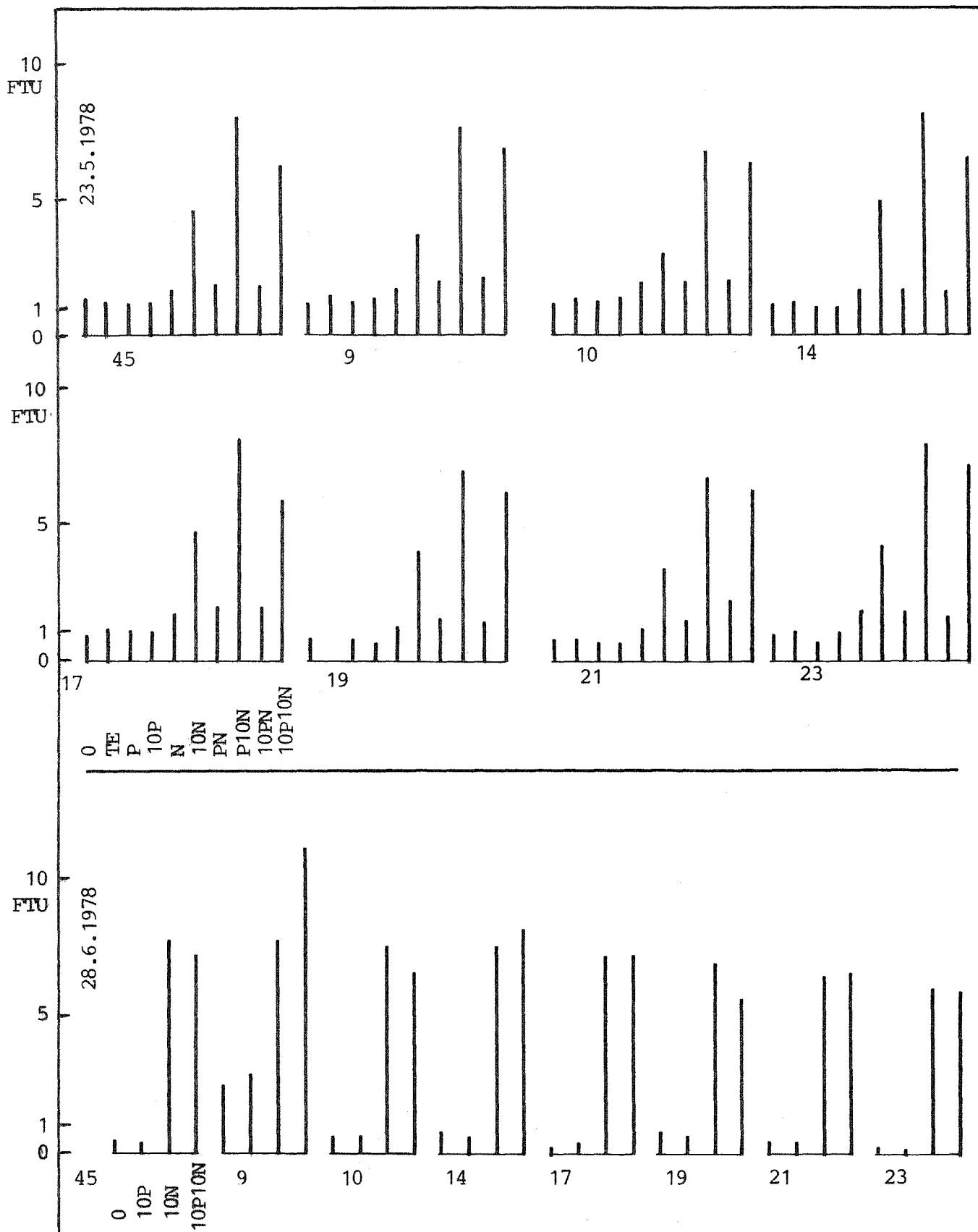
aika	havaintopaikat													
	1	45	6	9	10	11	13	12	14	17	19	21	22	23
9.5.1977	420		170	150	260	220	200	170	220	240		120	170	
23.5.	290		350	300	410	240	290	200	180	170		350	320	
7.6.	210		170	170	200	160	180	130	140	140		83	110	
27.6.	200		290	820	150	220	130	260	130	130		190	160	
20.7.	360		570	250	340	530	500	480	550	500		200	220	
9.8.	340		430	570	160	510	320	630	450	220		85	87	
30.8.	170		140	130	190	140	180	100	230	210		200	140	
20.9.	790		250	80	210	190	380	87	140	220		120	220	
m (1977)	348		296	309	240	276	273	257	255	229		169	178	
SD	199		147	257	91	153	124	195	158	117		88	74	
22.5.1978	1220	450	570	590	410	400	180	410	220	180	60	87	49	150
7.6.	200	170	190	200	180	200	150	250	120	120	140	150	190	170
27.6.	420	350	550	850	580	450	510	180	400	210	190	280	290	150
18.7.	290	340	260	410	230	200	190	180	180	180	140	250	250	230
9.8.	1420	430	470	550	190	370	450	170	280	370	120	470	500	470
29.8.	1110	270	180	290	410	230	230	410	260	210	190	180	190	320
25.9.	580	380	580	660	500	530	390	500	360	280	390	580	330	420
m (1978)	749	341	400	507	357	340	300	300	260	221	176	285	257	273
SD	492	96	183	225	159	132	146	138	98	82	103	177	140	133
m (1977-78)	535		345	401	295	306	285	277	257	225		223	215	
SD	408		168	256	137	143	131	167	129	98		145	113	
kesä-elokuu														
m (1977)	260		320	390	210	310	260	320	300	240		150	140	
m (1978)	690	310	330	460	320	290	310	340	250	220	160	270	280	270



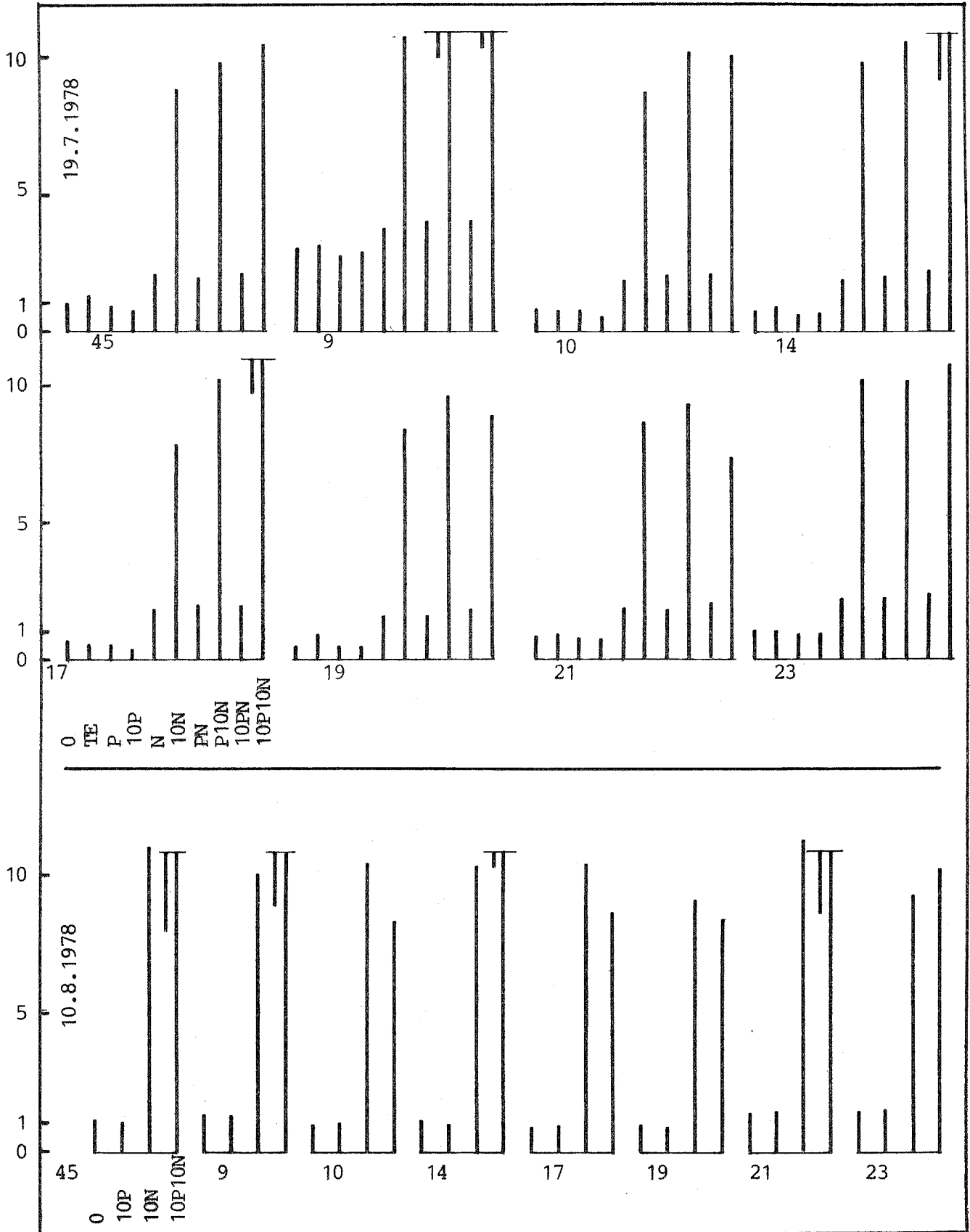
KUVA L 9 Suodatetun pintaveden 0-6 m levänkasvatuskyky ilman ravinnelisäystä (0) ja ravinnelisäyksin 100 $\mu\text{gP}/\text{l}$ (10P), 1000 $\mu\text{gN}/\text{l}$ (10N), 100 μgP + 1000 $\mu\text{gN}/\text{l}$ (10P 10N) v. 1977 havaintopaikoittain.



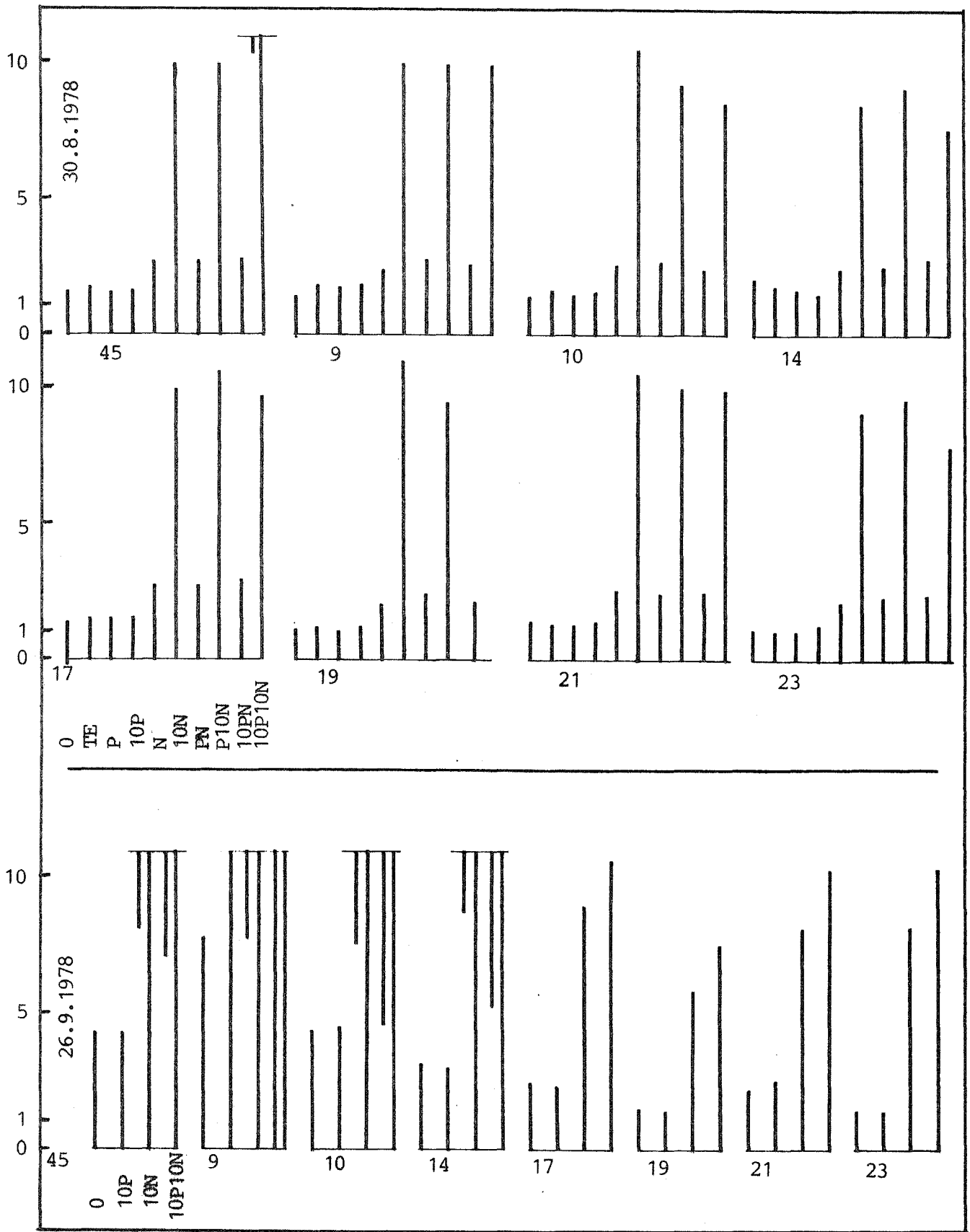
KUVA L9,2. sivu.



KUVA L 10 Suodatetun pintaveden 0-6 m levänkasvatuskyky v. 1978 havaintopai-
 3 sivua. koittain ja -kerroittain ilman lisäyksiä (0) ja lisäyksiin: hiven-
 aineet (TE), 10 µgP/l (P), 100 µgP/l (10P), 100 µgN/l (N), 1000 µgN/l
 (10N) sekä ravinneyhdistelmät P+N, P+10N, 10P+N ja 10P+10N.



KUVA L 10, 2. sivu.



KUVA L 10, 3. sivu.



TAULUKKO Klorofylli a:n pitoisuus $\mu\text{g/l}$ pintavedessä
 L 11 0-6 m havaintopaikoittain sekä keskiarvo (m),
 keskihajonta SD, minimi ja maksimi

aika	havaintopaikat					
	6	13	12	17	21	22
27.6.1977	6,7	4,5	7,0	5,8	6,6	7,2
20.7	16,8	12,3	9,2	15,8	3,9	3,6
9.8	3,3	3,4	6,0	3,2	2,1	2,0
30.8	-	3,2	2,2	3,1	10,2	3,3
20.9	1,9	4,9	2,0	3,1	2,9	3,6
22.5.1978	39,0	22,7	23,9	15,8	11,2	8,0
7.6	7,2	3,5	6,5	3,9	4,7	2,4
27.6	5,9	4,8	7,8	3,8	4,3	4,5
18.7	5,0	3,7	6,3	4,4	6,2	7,9
9.8	6,0	4,0	3,8	3,4	9,5	5,1
29.8	6,8	5,2	5,2	4,4	3,7	5,7
25.9	5,5	5,1	2,1	2,7	6,8	3,1
m	9,5	6,4	6,8	5,8	6,0	4,7
SD	10,5	5,7	5,9	4,8	3,0	2,1
min	1,9	3,2	2,0	2,7	2,1	2,0
max	39,0	22,7	23,9	15,8	11,2	8,0
m (1978)	10,8	7,0	7,9	5,5	6,6	5,2
kesä-elokuu						
m (1978)	6,2	4,2	5,9	4,0	5,7	5,1

Purkupaikkojen edustan pohjaeläintutkimus v. 1978.

Vuoden 1978 syyskesällä tehdyllä pohjaeläintutkimuksella haluttiin selvittää, oliko Svartbäckinselän länsirannan pohjaeläimistö samanlainen Sköldvikin-Svartbäckin alueella, vai oliko purkupaikkojen edustan pohjaeläimistössä poikkeavuutta muihin havaintopaikkoihin.

Aineisto

Vuoden 1978 elokuun lopun ja syyskuun alun välisenä aikana otettiin Svartbäckinselän länsirannalla Illvardenin saaren ja Klobuddenin välillä pohjaeläinnäytteet neljältä havaintolinjalta (3 eri syvyyttä) ja lisäksi yhdeltä erilliseltä paikalta (kuva L.12). Linja 2 oli purkupaikka 1:n edustalla, linja 3 purkupaikka 3:n, jäädytysvesitunnelin, edustalla. Näytteenottosyvyydet on mainittu tulosten yhteydessä.

Näytteet otettiin ekman-birke noutimella. Kustakin havaintosyvyydestä nostettiin 2 tai 3 näytettä, jotka yhdistettiin ja seulottiin 0,6 mm seulan läpi. Näytteet säilöttiin formaliinissa, joka oli puskuroitu 10 %:n heksamiinilla ja värjätty pengalrosella.

Svartbäckinselän länsiranta on hyvin jyrkästi syvenevä, matalan veden aluetta ei ole käytännöllisesti katsoen lainkaan. Havaintopaikat ovat 50-300 m etäisyydellä rannasta. Pohjan kaltevuudesta huolimatta näytteenotto onnistui hyvin koska pohja oli kaikissa havintopaikoissa pehmeätä savimutaa.

Tulokset

Näytteenoton yhteydessä havainnoitiin sedimentin ulkonäkö ja haju. Normaalista poikkeavia havaintoja tehtiin linjoilla 1, 2 ja 3 (taulukko L 12), joissa havaittiin rikkivedyn ja öljyn hajua tai silminnähtävää öljymäistä ainetta. Öljyä oli runsaasti linjalla 2 ja 3 matalimmilla paikoilla. Öljyn määrä väheni ulos- ja syvemmälle päin.

Öljiä löydettiin samoilta alueilta myös Vesi-Hydron pohjatutkimuksessa v. 1978 syksyllä.

Linjojen 4 ja 5 sedimentti oli ulkonäöltään normaalia. Linjan 4 syvien paikkojen pohjaeläimistö oli silti poikkeuksellisen köyhä. Selitys tähän voi löytyä alueen kerrostuneisyysoista. Linjojen 4 ja 5 rannan läheistä pohjaeläimistöä voidaan pitää normaalina rannikkoseuduille ominaisena, joskaan linjan 4 biomassassa ei ollut kovin suuri. Jäähdytysvesitunnelin edustan pohjaeläimistön lajiluku- ja yksilömäärä sekä biomassassa oli hyvin niukka. Syy tähän on epäilemättä pohjaan kertyneissä vieraisissa aineissa ja mahdollisesti myös veden epäpuhtauksissa.

Linjan 2 matalimmalla paikalla (19 m) oli hyvin niukasti ja pieniä Macomia, mutta kohtalaisen runsaasti Chironomideja ja Oligochaetoja, Biomassa oli pieni. Linjalla biomassassa oli ulompana samaa luokkaa kuin vastaavalla syvyydellä linjalla 4, mutta yksilö- ja lajilukumäärä olivat pienempiä. Linjalla 2 pohjaeläimistöä voidaan pitää häiriintyneenä. Häiriintymisen todennäköiset aiheuttajat olivat jäteveden ja siitä pohjaan kertyneet vieraat aineet sekä satama-alueen laivaliikenne.

Illvardenin saaren eteläpäässä Macoman ja Oligochaetojen yksilömäärät olivat varsin korkeita ja Macoman biomassassa suuri. Näytteet olivat tosin muita alueita matalammalta otettu, mutta niiden voi katsoa kuvastaneen vesialueen rehevyyttä.

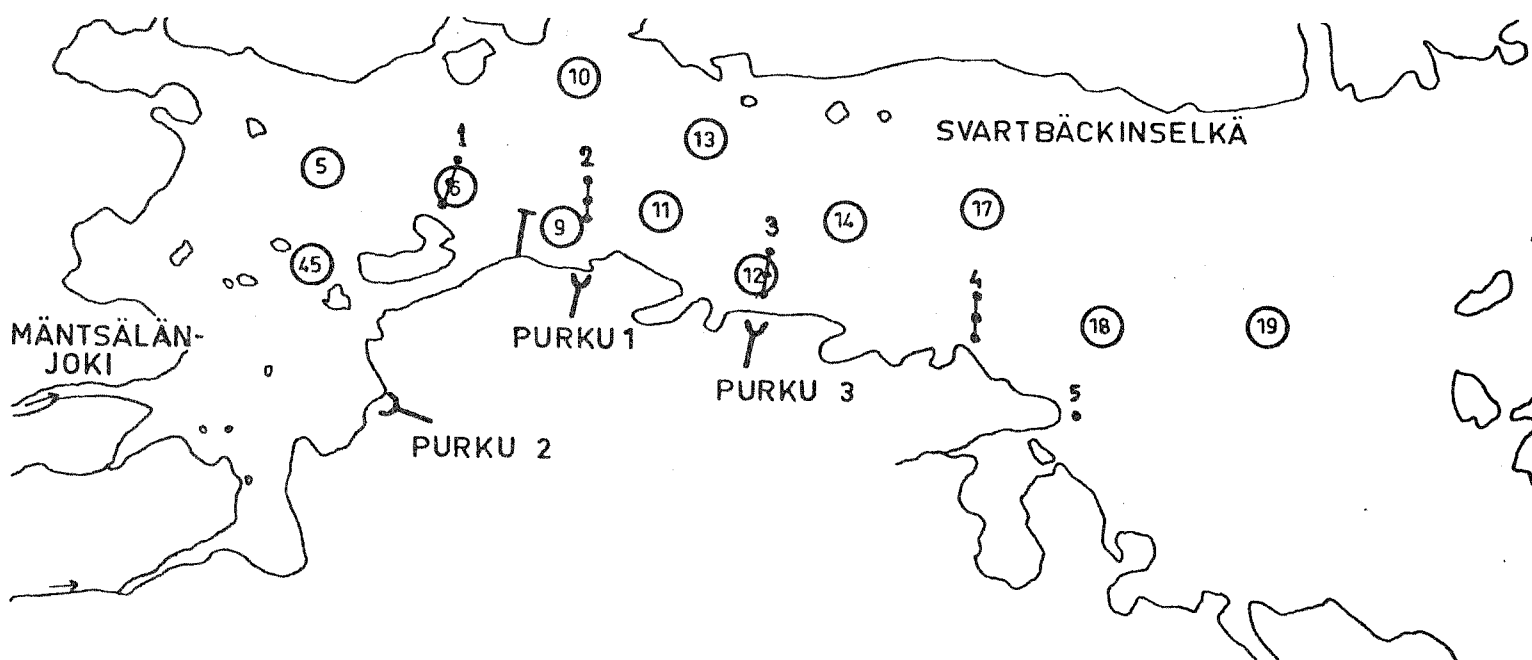
Pohjaeläintutkimus osoitti purkupaikkojen edustan pohjan ja pohjaeläimistön olleen häiriintyneen ja poikkeavan ympäröivien alueiden tilasta.

Taulukko L 12 Pohjaeläimet Svartbäckinselällä syyskesällä 1978. Kunkin havaintosyvyyden tulos on laskettu 2 tai 3 noston kokoomanäytteestä. Näytteen jokaisesta lajista ilmoitetaan yksilömäärä (kpl) ja eläinten paino neliometriä kohti laskettuna

Linja	Päivä	15 m		20 m		20 m	
		kpl/m ²	mg/m ²	kpl/m ²	mg/m ²	kpl/m ²	mg/m ²
Linja 1	4.9.1978						
	3 nostoa/syv.						
Macoma baltica		277	104850	219	80050	208	92560
Corophium voluntator		12	18				
Pontoporeia affinis						23	36
Mesidotea entomon		12	3670				
Chironomidae		12	13	161	250	46	92
Oligochaeta		196	280	150	210	35	42
Yhteensä		509	108831	530	80510	312	92730
kuoria, Macoma		46		58		58	
sedimentissä:		lievä H ₂ S ja öljyn haju		öljyn haju		H ₂ S haju	
Linja 2	23.8.1978						
	3 nostoa/syv.						
Macoma baltica		35	1650	103	18160	161	31040
Pontoporeia affinis				23	36	150	160
Mesidotea entomon				12	20200		
Chironomidae		138	180				
Oligochaeta		265	630	12	13	58	100
Nereis diversicolor						12	360
Yhteensä		438	2460	150	38409	381	31660
kuoria, Macoma						23	
sedimentissä:		öljyä koht. runsaasti		öljyä kohtalaisesti		öljyä niukasti	
Linja 3	23.8.1978						
	3 nostoa/17 ja 27 m						
	2 nostoa/24 m						
Macoma baltica				17	43		
Gammarus sp.		12	5				
Pontoporeia affinis				17	14	12	14
Mesidotea entomon						12	92
Oligochaeta				52	69	23	23
Nereis diversicolor		46	920				
Harmothae sarsi				35	21		
Yhteensä		58	925	121	147	47	129
sedimentissä:		runs.öljymäistä ainetta + H ₂ S haju		koht. öljymäistä ainetta + lievä H ₂ S haju		vähän öljymäistä ainetta + lievä H ₂ S haju	

Linja 4	23.8.1978	22 m		27 m		30 m	
		kpl/m ²	mg/m ²	kpl/m ²	mg/m ²	kpl/m ²	mg/m ²
	3 nostoa/22 m						
	2 nostoa/27 ja 30 m						
Macoma baltica		92	20880			35	5620
Pontoporeia affinis		392	450				
Mesidotea entomon		12	14560				
Chironomidae		58	92	17	26	69	95
Oligochaeta		346	690			104	110
Harmothae sarsi		12	5				
Halicryptus spinulosus		12	18				
Idotea granulosa		23	17				
Yhteensä		947	36712	17	26	208	5825
kuoria Macoma		196		17			
Theodoxus fluviatilis		12					

Paikka 5	24.8.1978	23 m	
		kpl/m ²	mg/m ²
	3 nostoa		
Macoma baltica		115	56660
Pontoporeia affinis		115	520
Chironomidae		23	46
Oligochaeta		231	360
Harmothae sarsi		58	170
Yhteensä		542	57756
kuoria, Macoma		104	



TAULUKKO 471. Eri parametrien välisiä korrelaatioita koko tutkimusajalta 1977-78 havaintopaikoittain. Arvoista on jätetty desimaalipilkku pois (0,000). Merkitsevyysrajat on merkitty seuraavasti 95 % = x, 99 % = xx, 99,9 % = xxx. Havaintojen lukumäärä n = 15, paitsi paikoilla² 5 ja 18, joilla n = 8 ja paikalla⁴ 45 n = 7 sekä klorofylli¹ n = 12.

		Havaintopaikka															
		1	5 ²	45 ²	6	9	10	11	13	12	14	17	18 ²	19	21	22	23
<u>KOK-P</u>																	
346			x							x							
356										x	x	x					
1326			x							x	x						
<u>KOK-N</u>																	
345	-	x			xxx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	x	x	xx			
355	x		x		xxx	xx			xxx	xxx			809	705	xx	xxx	xxx
1325	-	x			xxx	xx			xxx	xxx		x		603	691	789	776
<u>LIUK. EPÄORG. TYPPI</u>																	
NO ₃ -N	xxx	xxx			xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
NO ₃ -N(kesä)	883	883	x		xxx		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
NH ₄ -N	xxx	xxx	xxx		xxx	x	xxx	x	xxx	xx	xxx	x		xx	670	730	xxx
NH ₄ -N(kesä)	920	920			xxx	xxx	xxx	x	xxx	xx	xxx	x		xx	xxx	xxx	xxx
345	-	x			x		x	x	x	xx	x	x	xxx	x			
355	xxx		x		xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
1325	-	x			xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
<u>PERUSTUOTANTOKYKY</u>																	
KOK-P (kesä)										xx							
N _m (kesä)										xx							
<u>LEVÄNKASVATUSKYKY</u>																	
PO ₄ -P					xxx	x						x	x			xx	xxx
PO ₄ -P(kesä)	xx	888			xxx		xxx	x				x	xx			xx	xxx
N _m	663		xx		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
N _m (kesä)	808	979			xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
355	xx		xx		xx	x	xx	xx	xx	xxx	xx	xx		x	xx	xx	
1325	-		xx		xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	xx		x	xx	xx	

		Havaintopaikka						
		6	13	12	17	21	22	
<u>PERUSTUOTANTO INSITU³</u>								
Klorofylli ¹		x	xx	x	xx	x	xxx	
Leväkasvatuskyky		602	746	625	718	657	874	
		x	x					
		-606	-581					

³ vain 6 havaintopaikkaa

