

VESIHALLITUS—NATIONAL BOARD OF WATERS, FINLAND

Tiedotus  
Report

**187**

KAI GRANBERG  
LASSE HAKKARI

## SÄÄNNÖSTELYN VAIKUTUKSISTA ERÄIDEN KAINUUN JÄRVIEN LIMNOLOGIAAN

Ympäristöministeriön ympäristö- ja vesilaitos, Helsinki, 1980. 115 sivua.

Ympäristöministeriön ympäristö- ja vesilaitos, Helsinki, 1980. 115 sivua.

HELSINKI 1980

Ympäristöministeriö  
1980

Tekijät on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesihallituksen virallisena kannanottona

VESIHALLITUKSEN TIEDOTUKSIA koskevat tilaukset: Valtion painatuskeskus PL 516, 00101 Helsinki 10,  
puh. 90-539 011/julkaisutilaukset

ISBN 951-46-4851-X  
ISSN 0355-0745

## SISÄLLYS

	Sivu
1. JOHDANTO	5
2. AIKAISEMMAT SÄÄNNÖSTELYTUTKIMUKSET	6
2.1 Yleistä	6
2.2 Vaikutukset veden kemiaan ja planktoniin	8
2.3 Vaikutukset pohjan laatuun	8
2.4 Vaikutukset vesikasvillisuuteen	9
2.5 Vaikutukset pohjaeläimistöön	9
2.6 Vaikutukset kalojen ravintoon ja kasvuun	10
2.7 Vaikutukset kalojen lisääntymisolosuhteisiin	11
2.8 Tutkimustulosten soveltamisesta maamme olo- suhteisiin	11
3. KAINUUN VESISSÄ VUOSINA 1973 - 1974 TEHDYT TUTKIMUKSET	12
3.1 Tutkimuskohteiden valinta ja ominaisuudet	12
3.2 Hydrologinen katsaus	14
3.3 Vesikasvillisuustutkimus	21
3.31 Johdanto	21
3.32 Käytetyt tutkimusmenetelmät	21
3.33 Havaintopaikat	22
3.331 Änättijärvi	22
3.332 Vuokkijärvi	23
3.34 Tulokset	24
3.4 Sedimenttitutkimus	30
3.41 Johdanto	30
3.42 Käytetyt menetelmät	31
3.43 Sedimentin ajoitus	32
3.44 Tulokset	33
3.441 Vuokkijärvi	33
3.442 Änättijärvi	44
3.443 Lentua	45
3.444 Oulujärvi	45
3.445 Kiantajärvi ja Iso-Pyhäntä	46
3.45 Päätelmiä	47
3.5 Säätöselvityksen vaikutuksista pohjaeläimistöön	47
3.51 Aineisto ja tutkimusmenetelmät	47
3.52 Tulokset	50
3.521 Osanäytteiden välinen hajonta	50

3.522	Pohjaeläinlinjojen sijainti ja pohjan laatu	50
3.523	Pohjaeläinlajiston monipuolisuus	53
3.524	Pohjaeläimistön biomassa	63
3.525	Yhteenveto	72
3.6	Säännöstelyn vaikutuksista Vuokkijärven kalastoon	73
3.61	Aineisto ja tutkimusmenetelmät	73
3.62	Kalojen runsaussuhteista	74
3.63	Kutuaajat	74
3.64	Kutusyvyys	75
3.65	Siika- ja muikkusaaliit	77
4.	TUTKIMUSMENETELMIEN JA TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELUA	78
4.1	Vesistön säännöstely ja suurkasvillisuus	78
4.2	Pohjaeläimet	79
4.3	Sedimenttitutkimukset	81
4.4	Kalasto ja kalastus	81
5.	TIIVISTELMÄ	82
	KIRJALLISUUTTA	83

## 1. JOHDANTO

Säännöstelyn vaikutusten tutkimista varten vesihallitus tilasi v. 1973 Jyväskylän hydrobiologiselta tutkimuslaitokselta selvityksen tutkimuksessa käytettävistä menetelmistä ja sopivista tutkimuskohteista. Tutkimusprojektin päämääränä oli selvittää säännöstelyn lieventämisen hyötyvaikutukset kalatalouden kannalta, ts. mitä hyötyä saavutettaisiin, jos vettä ei kevättalven aikana laskettaisi siihen tasoon saakka, mihin vesioikeuden lupa oikeuttaisi.

Koska todettiin, että tutkimuksissa voitaisiin saada merkittävää apua vesipiireiltä, ja toisaalta Kainuun vesipiiri oli jo aikaisemmin ilmoittanut olevansa valmis yhteistyöhön ko. tutkimuksessa, tutkimuskohdeet valittiin Kainuun vesipiirin alueelta.

Vuoden 1973 selvitykset tehtiin vesihallituksen säännöstelytoimiston Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen ja Kainuun vesipiirin yhteistyönä. Vuonna 1974 tutkimuksia jatkettiin Kainuun vesipiirin toimeksiannosta. Kainuun vesipiiri suoritti tarvittavat maastotyöt ja osan aineiston primaarikäsittelystä, Jyväskylän hydrobiologinen tutkimuslaitos muun työn. Tutkimusselostuksen hydrologisen katsauksen sekä vesikasvi- ja sedimenttiosat on laatinut MMT Kaj Granberg, muut osat FL Lasse Hakkari.

Maassamme on tehty erittäin vähän järvien säännöstelyn vaikutuksia selvittelevää perustutkimusta, vaikka säännöstelyhankkeita lähinnä voimalouden, vesihuollon ja tulvasuojelun tarpeisiin on toteutettu noin sata (TUOMINEN & LAIKARI 1973). Mm. kalataloudellisia vahinkoja selvittäessään konsultit ja tutkimuslaitokset ovat joutuneet suureksi osaksi turvautumaan ulkomaisiin tutkimustuloksiin, jotka eivät sellaisinaan ole sovellettavissa maamme olosuhteisiin.

Säännöstelyn vaikutuksia voidaan selvittää kahdella tavalla:

1. Selvitetään olosuhteet ennen säännöstelyn aloittamista sekä säännöstelyn aloittamisen jälkeen, kun olosuhteet alkavat järvestä vakiintua.

2. Verrataan keskenään säännösteltyä järveä sekä luonnontilaista järveä, jossa olosuhteet ovat samanlaiset kuin säännöstellyssä vedessä luonnontilan aikana.

Vaihtoehtoista edellinen vaatii pitempiaikaista havainnointia. Luonnontilan aikana aineistoa on pyrittävä keräämään ainakin kolmelta kasvukaudelta vuosien välisen eron eliminoimiseksi.

Säännöstelyn alettua tapahtuu usein muutoksia kalojen ravintobiologian kannalta positiiviseen suuntaan. Myöhemmin, vasta 5 - 10 vuoden kuluttua haitat ovat todettavissa täydellisinä. Kokonaiskuvan saamiseksi aineistoa on kerättävä yli kymmenen vuoden ajalta.

Toisen vaihtoehdon käyttökelpoisuus riippuu siitä, onko käytettävissä sopivaa luonnontilaista vertailujärveä. Myönteisessä tapauksessa ravintoolosuhteita ja kalaston koostumusta vertailemalla voidaan selvittää säännöstelyn aiheuttamat kalataloudelliset vahingot suhteellisen lyhyen ajan (3 vuotta) aineistolla. Tämä tutkimustapa valittiin lähinnä siksi, että Kainuun piirin alueella ei ollut uusia säännöstelyhankkeita. Vanhoja säännöstelyjä, joissa olosuhteet ovat todennäköisesti jo vakiintuneet, oli sen sijaan useita.

## 2. A I K A I S E M M A T S Ä Ä N N Ö S T E L Y T U T K I M U K S E T

### 2.1 YLEISTÄ

Seuraavassa käsitellään yhteenvedonomaaisesti aikaisempia säännöstelyn vaikutuksia selvitteleviä tutkimuksia. Eräissä tapauksissa Ruotsissa, Norjassa ja Neuvostoliitossa saatuja tuloksia voitaneen soveltaa meidän oloissamme. Sen sijaan mm. Keski-Euroopassa olosuhteet poikkeavat huomattavasti sekä ilmaston että kallioperän suhteen. Siksi tutkimusten referointi on rajoitettu lähinnä Pohjois-Eurooppaan.

Klassisena tutkimuksena voidaan pitää DAHLin (1926) selvityksiä säännöstelyn vaikutuksista Norjassa sijaitsevan Tunhövd fjordenin kalojen ravintoolosuhteisiin. Säännöstelyamplitudi oli 18 m, järven korkeus merenpinnasta 718 m.

Ensimmäisen laajahkon yhteenvedon säännöstelyn vaikutuksista on laatinut norjalainen HUITFELDT-KAAS (1935), joka on tutkinut lähinnä Telemarkissa ja Numedalissa sijaitsevien säännösteltyjen järvien kalastoa ja kalanravintoa.

Ruotsissa tutkimuksia on tehty etenkin Keski- ja Pohjois-Ruotsin järvistä, joiden säännöstelyamplitudi on tavallisesti suuri, usein 6 - 18 m. Tutkimuskohteina ovat olleet veden kemia ja kasviplankton (RODHE 1964), ranta- ja vesikasvit (QUENNERSTEDT 1958), eläinplankton (AXELSSON 1961, LÖTMARKER 1964), pohjaeläimistö (STUBE 1958, GRIMÅS 1961, 1962 ja 1965), kalojen ravinto ja ravinnonotto (NILSSON 1955, 1960, 1964 ja LINDSTRÖM 1962) sekä kalojen lisääntymisolosuhteet ja tuotanto (RUNNSTRÖM 1951, 1952, 1955, 1964 ja LINDSTRÖM, op. cit. ja 1965).

Neuvostoliitossa on tällä hetkellä yli 300 tekojärveä ja patoallasta, joiden yhteispinta-ala on yli 5 milj. ha (MELNIKOV 1970). Suurin osa niistä on kuitenkin tasankoalueella Dnjeprin, Volgan, Donin Dnjestrin ym. yhteydessä. Suuria tekojärviä on Pohjoiseen Jäämereen laskevissa joissa. Altaiden kasviplanktonista, eläinplanktonista, pohjaeläimistä, kaloista ja kalastuksesta on olemassa verraten runsaasti selvityksiä (vrt. MELNIKOV op. cit.). Maa- ja kallioperän, usein myös ilmaston erilaisuuden vuoksi tutkimustuloksia ei voida suoraan käyttää hyväksi meidän olosuhteissamme. Tekojärvet eivät suoranaisesti kuulu tämän tutkimukseen puitteisiin, koska niiden alkuperäinen kasvillisuus ja eläimistö ovat useimmiten sopeutuneet virtaavaan veteen. Lajistossa tapahtuu siten vielä suurempia muutoksia kuin "normaalissa" järven säännöstelyssä (ZHADIN & GERD 1970).

Suomessa säännöstelyn kalastolle aiheuttamia haittavaikutuksia on tutkittu erittäin vähän. Koska säännöstely etenkin Etelä- ja Keski-Suomessa on usein toteutettu lähes luonnontilan aikaisissa vaihtelurajoissa, on useimmiten tyydytty toteamaan, ettei säännöstely aiheuta vahinkoa kalastolle (vrt. esim. Saimaan säännöstelysuunnitelma). Aina ei kuitenkaan ole otettu huomioon ajallista eroa veden korkeuden muutoksissa, mikä saattaa aiheuttaa vahinkoa esimerkiksi kevätkutuisten kalojen lisääntymiselle (Vrt. TUUNAINEN 1970). Koska tutkimustuloksia ei ole ollut käytettävissä, on useissa tapauksissa jouduttu turvautumaan arvioihin. Meikäläisistä palvelututkimuksia suorittavista toimistoista ja tutkimuslaitoksista Kalataloussäätiö on kerännyt eniten biologista aineistoa. Lievän säännöstelyn vaikutukset peittyvät kuitenkin helposti mm. vesistön

rehevöitymisen vaikutuksiin. Johtopäätösten tekeminen on huomattavasti vaikeampaa kuin karujen, voimakkaasti säännösteltyjen vesien ollessa kyseessä.

Tekoaltaiden fysikaalis-kemiallisia ja biologisia muutoksia on sen sijaan tarkkailtu suhteellisen intensiivisesti. Monet tutkimukset ovat liittyneet tekojärvien virkistyskäyttömahdollisuuksien parantamiseen etenkin Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla (vrt. VOGT 1971 a, 1971 b, MUSTAJÄRVI 1972, MUOTIALA 1972). Lokan ja Porttipahdan tekoaltailla on suoritettu myös pohjaeläintutkimuksia (NENONEN & NENONEN 1972) ja kalastaja kalastusselvityksiä (mm. PEIPPO 1970, SARRE 1972, SUNDBÄCK 1972). Lokan ja Porttipahdan tekoaltaat ovat tavallaan tällä hetkellä voimakkaasti säännösteltyjen järvien esiasteita, joissa vallitsee positiivinen patoamisefekti.

## 2.2 VAIKUTUKSET VEDEN KEMIAAN JA PLANKTONIIN

Veden kemiassa ei säännöstelyn vaikutuksesta tapahdu suuria muutoksia. RODHEN (1964) mukaan patoamisefektin aikana rannoilta huuhtoutuvat ravinteet sitoutuvat nopeasti kasviplanktoniin. Kasviplanktonbiomassa ja -tuotanto kohoavat patoamisen aikana. Seurauksena on, että kasviplanktonia, bakteereita ja niityiltä huuhtoutuvaa detritusta ravinnokeeseen käytävän eläinplanktonin määrä kohoaa (AXELSSON 1961, RODHE, op. cit.). Eteläisessä Ruotsin Lapissa sijaitsevassa Ransarenjärvässä, jonka säännöstelyamplitudi on 18 m, patoamisefektin aiheuttama rehevöityminen oli todettavissa vielä 10 vuotta säännöstelyn aloittamisen jälkeen (NILSSON 1966). Eläinplanktonmäärä kohosi noin viisinkertaiseksi luonnontilaisesta. Myöhemmin eläinplanktonmäärä kuitenkin laskee todennäköisesti luonnontilan tasolle (LÖTMARKER 1964).

## 2.3 VAIKUTUKSET POHJAN LAATUUN

Rannan eroosio tapahtuu luonnontilassa normaalisti siten, että litoraali-alueen hieno aines huuhtoutuu aallokon vaikutuksesta alemmaksi sublitoraalivyöhykkeeseen, johon muodostuu usein paksu hienon pohja-aineksen kerros. Tämän kerroksen ulkolaidalla vesi syvenee äkkiä ("jyrkänparras"). Kevyin aines huuhtoutuu järven syvänteisiin saakka, missä sedimentti saattaa olla huomattavasti paksumpi kuin muualla profundaalin alueella (HUITFELDT-KAAS, op. cit.). Rannan eroosion voimakkuus riippuu aallokon



voimakkuudesta, eli rannan alttiudesta tuulille, rannan jyrkkyydestä ja vedenkorkeuden vaihteluiden suuruudesta (vrt. GRIMÅS 1961). Siten eroosio saattaa olla voimakkaastikin säännöstellyissä järvissä vähäistä matalien, suojaisten lahtien perukassa.

#### 2.4 VAIKUTUKSET VESIKASVILLISUUTEEN

Säännöstelyn vaikutukset ns. korkeampiin vesikasveihin ovat huonosti tunnettuja. QUENNERSTEDT (1958) toteaa eräiden lajien kasvustojen olevan hyvin stabiileja säännöstelemättömissä vesissä, mutta säännöstelyn vaikuttavan muutamien lajien (mm. Isoëteksen) elinmahdollisuuksiin negatiivisesti. Vesikasvien kokonaismäärän vähentymisestä ei ole ilmoitettu lukuarvoja.

#### 2.5 VAIKUTUKSET POHJAELÄIMISTÖÖN

Eroosio vaikuttaa todennäköisesti lähinnä pohjaeläinten määrään (Grimås 1962). Luonnontilaisessa järvessä suurimmat pohjaeläinmäärät tavataan keskimäärin 0 - 4 m:n syvyydessä (DAHL 1926, BRUNDIN 1949, GRIMÅS 1961, 1962). Kuuden metrin säännöstely aiheutti Blåsjössä Pohjois-Ruotsissa pohjaeläinten yksilömäärien voimakkaan vähenemisen 10 säännöstelyvuoden aikana. Vähenemä arvioitiin 50 %:ksi (Grimås 1962). Säännöstelyvyöhykkeessä reduktio oli 75 %, säännöstelyvyöhykkeen alapuolella 25 %. Norjassa sijaitsevassa Limingenissä, jossa säännöstely oli samoin 6 metriä, AASS (1960) arvioi pohjaeläinten vähentyneen 75 - 95 % Limingen-järven säännöstelyvyöhykkeessä ja 40 - 50 % säännöstelyvyöhykkeen alapuolella. NENONEN (1971, vrt. TOIVONEN 1973) totesi Inarinjärvessä kalojen ravintona tärkeimpien pohjaeläinten määrän olevan säännöstelyvyöhykkeessä 40 - 55 % vertailujärvenä käytetyn Muddusjärven vastaavista arvoista. Koko pohjaeläimistön biomassoissa ei ollut oleellisia eroja. Aineisto oli huomattavasti pienempi kuin edellisissä tutkimuksissa.

Säännöstellyn järven vedenkorkeusvaihtelut aiheuttavat pohjaeläimistössä lähinnä kvalitatiivisia (lajistollisia) muutoksia (GRIMÅS 1962). Tyypillisinä litoraalimuotoina kalojen ravinnossa tärkeät katkat (*Gammaurus*) hävisivät Tunhövd fjordenista (DAHL 1926, HUITFELDT-KAAS 1935), lähes kokonaan myös Blåsjöstä 6 m:n säännöstelyn aikana. Suuret hyönteistoukat ja kotilot vähenivät samoin Blåsjöstä, sen sijaan harvasukamadot, sukkulamadot ja Pisidium-suvun simpukat yleistyivät (GRIMÅS 1962).

Tunhövd fjordenissa simpukoiden ja kotiloiden määrä DAHLin mukaan väheni. Surviaishyttystoukkien suhteellinen määrä lisääntyi Blåsjössä. Samanlaisen havainnon teki NENONEN (1971) verratessaan Inarinjärven ja Muddusjärven chironomidien osuutta koko pohjafaunaan. GRIMÅS (1965) totesi etenkin katkojen, päivänkorennontoukkien, vesiperhostoukkien ja koskikorennontoukkien sekä kotiloiden vähentyneen Kultsjö-järven ensimmäisinä säännöstelyvuosina (korkeus merenpinnasta 540 m, amplitudi 5 m). Erityisesti harvasukamatojen määrä oli kasvanut. Kokonaisbiomassa oli alentunut säännöstelyvyöhykkeessä 80 - 95 %.

Säännöstelyn alussa tapahtuva padotus lisäsi kalanravinnon määrää toisaalta siten, että runsaasti maahyönteisiä ja matoja joutui veteen, toisaalta siten, että samanaikaisesti lisääntyvä rehevöityminen lisää eläinplanktonin ja pohjaeläinten määrää. Lähes kaikissa tutkimuksissa on todettu pohjalla elävän Eurycercus-vesikirpun määrän lisääntyneen räjähdysmäisesti.

## 2.6 VAIKUTUKSET KALOJEN RAVINTOON JA KASVUUN

Säännöstelyn ensimmäinen vaikutus kalojen ravinnon koostumukseen oli, että alloktonisten organismien, maahyönteisten, matojen sekä ranta- ja kosteikkoalueiden hyönteisten osuus kalojen ravinnossa lisääntyi, kun säännöstely aloitettiin veden pinnan nostamisella (HUITFELDT-KAAS 1935, NILSSON 1955, 1960, 1964 ja 1966).

Positiivinen vaikutus kuvastui myös kalojen kasvussa. Ruotsalaisissa ja norjalaisissa tutkimuksissa todetaan lähes poikkeuksetta kalojen kasvun parantuneen muutamaksi vuodeksi säännöstelyn aloittamisen jälkeen, jos vedenpintaa oli nostettu luonnontilaisesta. Tutkitut lajit olivat taimen, nieriä, siika, särki ja made (NILSSON 1968). Sama ilmiö on todettu Lokan tekoaltaalla. Mm. SARRE (1972) toteaa siian kasvun kolminkertaistuneen, hauen ja särjen kaksinkertaistuneen. Sama suuntaus on todettu muissakin lajeissa, jotka altaasta on tavattu.

Ravinnon lisääntyminen patoamisen ja sitä seuraavan rehevöitymisen yhteydessä tekee mahdolliseksi myös suurten ikäluokkien muodostumisen kalapopulaatioissa (vrt. LINDSTRÖM 1962, NILSSON 1968).

Muutokset pohjaeläinfaunassa heijastuvat lähes sellaisinaan kalojen ravintoon. Gammaruksen, vesiperhostoukkien ja nilviäisten osuus taimenen ja nieriän ravinnossa väheni, eläinplanktonin ja Eurycercuksen määrä lisääntyi mm. Ransaren-järvessä (NILSSON 1964).

Positiivisen efektin jälkeen kalojen kasvu on hidastunut alle luonnontilaisen kasvunopeuden (RUNNSTRÖM 1951, 1964, NILSSON 1961, 1964, AASS 1963). Ilmiö on todettu Ruotsin ja Norjan järvissä taimenen, nieriän ja siian osalta. Inarinjärvellä on siikojen kasvun samoin todettu hidastuneen verrattuna luonnontilan aikaiseen kasvuun (TOIVONEN 1966, 1973). Ilmiö on johtunut ravintobiologiassa tapahtuneista muutoksista. Parhaan ravinnon (katkat, korenon- ja vesiperhostoukat, nilviäiset) taantuessa kalat ovat joutuneet tyytymään heikompaan ravintoon, kuten eläinplanktoniin.

## 2.7 VAIKUTUKSET KALOJEN LISÄÄNTYMISOLOSUHTEISIIN

Säännöstelyn yhteydessä tapahtuva padotus estää virtakutuisten kalojen pääsyn säännöstelypadon alapuolella oleville lisääntymisalueille. Pado-  
tuksesta todettiin kärsivän mm. taimenen, harjuksen ja virtakutuisten siikojen (HUITFELDT-KAAS 1935, RUNNSTRÖM 1952).

Talvella tapahtuvan vedenpinnan laskun vaikutuksia syyskutuisten kalojen (nieriä, siiat) lisääntymiseen on selvitetty lähinnä Ruotsissa (RUNNSTRÖM 1951, 1964). Varsin nopeasti selvisi, että vedenkorkeusvaihtelut eivät niinkään vaikuttaneet kalojen lisääntymisen onnistumiseen kuin muihin lähinnä ravintobiologisiin tekijöihin. Niissäkin tapauksissa, jolloin suurin osa mädistä tuhoutui kuivumalla tai jäätymällä, säästynyt mästi riitti turvaamaan kannan jatkumisen. Nämä havainnot eivät tosin sulje pois mahdollisuutta, että kanta tuhoutuisi voimakkaan säännöstelyn seurauksena.

## 2.8 TUTKIMUSTULOSTEN SOVELTAMISESTA MAAMME OLOSUHTEISIIN

Kuten edellä on todettu, ilmaston ja maaperän suhteen vertailukelpoisia alueita on vain Itä-Karjalassa ja Skandinaviassa, sekä Suurten järvien alueella Pohjois-Amerikassa. Pohjois-Amerikan alueen eläinlajiston erilaisuus vaikeuttaa toisaalta amerikkalaisten ja kanadalaisten tutkimustulosten hyväksikäyttöä meidän olosuhteissamme.

Norjalaisten ja ruotsalaisten tutkimuskohteiden luonne on useimmiten täysin erilainen verrattuna järvi-Suomen säännöstelyihin vesiin. Skandinaaviset säännöstelyjärvet sijaitsevat yleensä yli 500 m merenpinnan yläpuolella, joten ilmastolliset olosuhteet poikkeavat huomattavasti. Tunturijärvet ovat karuja ja jyrkkärantaisempia kuin meikäläiset vedet. Niiden eläinlajisto poikkeaa mm. kalojen osalta meidän säännöstelyjen vesiemme lajistosta, yleisimmät kalalajit olivat taimen, nieriä ja siiat, useissa vesissä tavattiin myös madetta.

Säännöstelyamplitudi on skandinaavisissa säännöstelyjärvissä varsin yleisesti yli kuusi metriä. Tässä suhteessa meillä vertailukelpoisia ovat ainoastaan muutamat Pohjois-Suomen säännöstellyt järvet.

Kirjallisuutta Itä-Karjalan järvien säännöstelystä ei löydetty.

Yhteenvedona on todettava, että ulkomaisia tutkimustuloksia voidaan varauksin soveltaa meillä vain muutamiin Pohjois-Suomen voimakkaasti säännöstelyihin vesiin. Etelä-Suomen järvien lievän säännöstelyn haittavaikutuksia on pyrittävä selvittämään perustutkimuksen avulla, koska ongelmat ovat olennaisesti toisenlaisia.

### 3. KAINUUN VESISTÄ VUOSINA 1973 - 1974 TEHDYT TUTKIMUKSET

#### 3.1 TUTKIMUSKOHTEIDEN VALINTA JA OMINAISUUDET

Kainuun vesipiirin alueella on useita säännösteltyjä järviä, jotka olisivat tulleet kysymykseen esitutkimusten suorituspaikkana. Koska kuitenkin katsottiin välttämättömäksi, että säännöstellyn järven olosuhteita voitaisiin verrata luonnontilaiseen järveen, tutkimuskohteina kyseeseen tulevien järvien luku väheni tuntuvasti.

Luonnontilaisella ja säännöstellyllä järvellä piti olla ainakin seuraavat samankaltaiset ominaisuudet: korkeus merenpinnasta, pinta-ala, veden väri ja muut fysikokemialliset ominaisuudet. Järvien piti myös sijaita lähellä toisiaan, ja molempien tuli olla sellaisia, joihin ei lasketa asuma- tai teollisuusjätevesiä.

Lähinnä Kainuun vesipiirin selvityksen (1973) perusteella valittiin vertailupariksi Kuhmon ja Suomussalmen kunnissa sijaitsevat Änätti- ja Vuokkijärvi. Seuraavassa taulukossa näistä järvistä eräitä tietoja.

	Änätti	Vuokkijärvi
Korkeus merenpinnasta	183	189
Pinta-ala ha	2 500	5 239
Rantaa km	49.0	138.8
Veden väri mg Pt/l	40-59	60-79

Vuokin suurempi pinta-ala eliminoituu suurempaan liuskaisuuteen, jota rantaviivan suhteellisen suuri pituus ilmentää. Veden värissä tapahtuu suuria vaihteluita. Ajoittain Vuokin veden on todettu olevan vaaleampaa kuin Änätin. Suurin syvyys on Vuokkijärvessä n. 13 m.

Vuokin säännöstelyamplitudi on 6 m (TUOMINEN & LAIKARI 1973). Kun järveä alettiin säännöstellä v. 1964 (SEPPÄNEN 1972) pintaa nostettiin 4 m. Talvella, joulukuussa veden pintaa alennetaan n. 2 m luonnontilan ajan keskivedenkorkeuden alapuolelle. Koska Vuokkijärvi sijaitsee Oulujoen vesistön latvaosassa, veden nousu tapahtuu varsin nopeasti lumien sulamisen aikaan huhti-toukokuussa. Kerääntynyt vesivarasto säilytetään talveen saakka n. 4 m luonnontilaisen MW:n yläpuolella.

Vuokkijärveen ei lasketa jätevesiä, mutta metsälannoitusten rehevöittävä vaikutus on ilmeinen. Metsähallitus on suorittanut Suomussalmen hoi-toalueella useita metsälannoituksia (Metsähallitus 1973). Paikkakunta-laisten mukaan Vuokkijärven yläpuolella sijaitsevissa pikkujärvissä sa-moinkuin itse Vuokissa on todettu voimakasta leväkukintaa, joka on hai-tannut kalastusta vielä lokakuussa muikunkudun aikaan.

Vuokkijärven rantaviiva on suureksi osaksi huuhtoutunutta moreenia, pai-koin savikkoa. Lahtien perukoissa on monin paikoin suota, jonka pinta-kerros nousee ja laskee vedenkorkeuden vaihteluiden mukaan. Järvellä uiskentelee pohjasta nousseita turvelauttoja, joiden ankkurointi rantaan ei ole onnistunut (LAIKARI suull.ilm.). Rantavedessä törröttävät kannot antavat maisemalle oman leimansa.

Änätti on luonnontilainen järvi, jonka rannat ovat hyvin karut. Kivikko- ja hiekkarannat ovat yleisiä. Saaria on vähän. Änätti on suhteellisen syvä järvi. Suurin syvyys on Kainuun vesipiirin ilmoituksen mukaan n. 43 m.

Metsähallituksen lannoitukset, joita on tehty Lentiiran hoitoalueella vuosina 1971 - 1973 useita, kuvastuvat myös Änätin veden fosforiarvoissa ja perustuotannossa. Rehevöittävä vaikutus on kuitenkin ollut lievää Vuokissa todettuihin leväkukintoihin verrattuna.

Vuonna 1974 tutkittavien järvien lukua lisättiin edes summittaisen kuvan saamiseksi säännösteltyjen Oulujärven, Iso-Pyhännän ja Kiantajärven sekä luonnontilaisen Lentuan pohjaeläimistöä. Oulujärven pohjaeläimistön koostumukseen ja määrään vaikuttavat järven itäosassa ja osittain keski-osassakin Kajaani Oy:n selluloosatehtaan ja Kajaanin kaupungin jätevedet, jotka osittain eliminoivat säännöstelyn vaikutuksia. Oulujärven säännöstely on 2,70 m, Iso-Pyhäntäjärven 4,38 m, Kiantajärven 4,00 m (Kainuun vesipiiri 1972). Kuvat 1-4.

### 3.2 HYDROLOGINEN KATSAUS

Seuraavassa taulukossa on esitetty hydrologisia tietoja tutkituista järvistä. Tiedot ovat vesihallituksen (1972) mukaan:

	Pinta- ala km <sup>2</sup>	Valuma- alue km <sup>2</sup>	Järvi- syvyys %	Keski- virtaama m <sup>3</sup> /s (1931-60)	Vedenpinnan korkeus	
					NW NN-taso +	HW
Oulujärvi	928	19 890	12,7	216	120,50	123,20
Kiantajärvi	183	3 455	9,7	39	195,50	199,50
Lentua	90	2 065	12,9	24	167,12	168,78
					(1931 - 60)	
Vuokkijärvi	32	1 355	9,7	17	183,50	189,50
Änättijärvi	25	420	12,2	5,1	181,82	183,64
					(1931 - 60)	
Iso-Pyhäntä	9,4	550	5,3	6,0 <sup>x</sup>	145,31	149,36
					(v. 1970)	

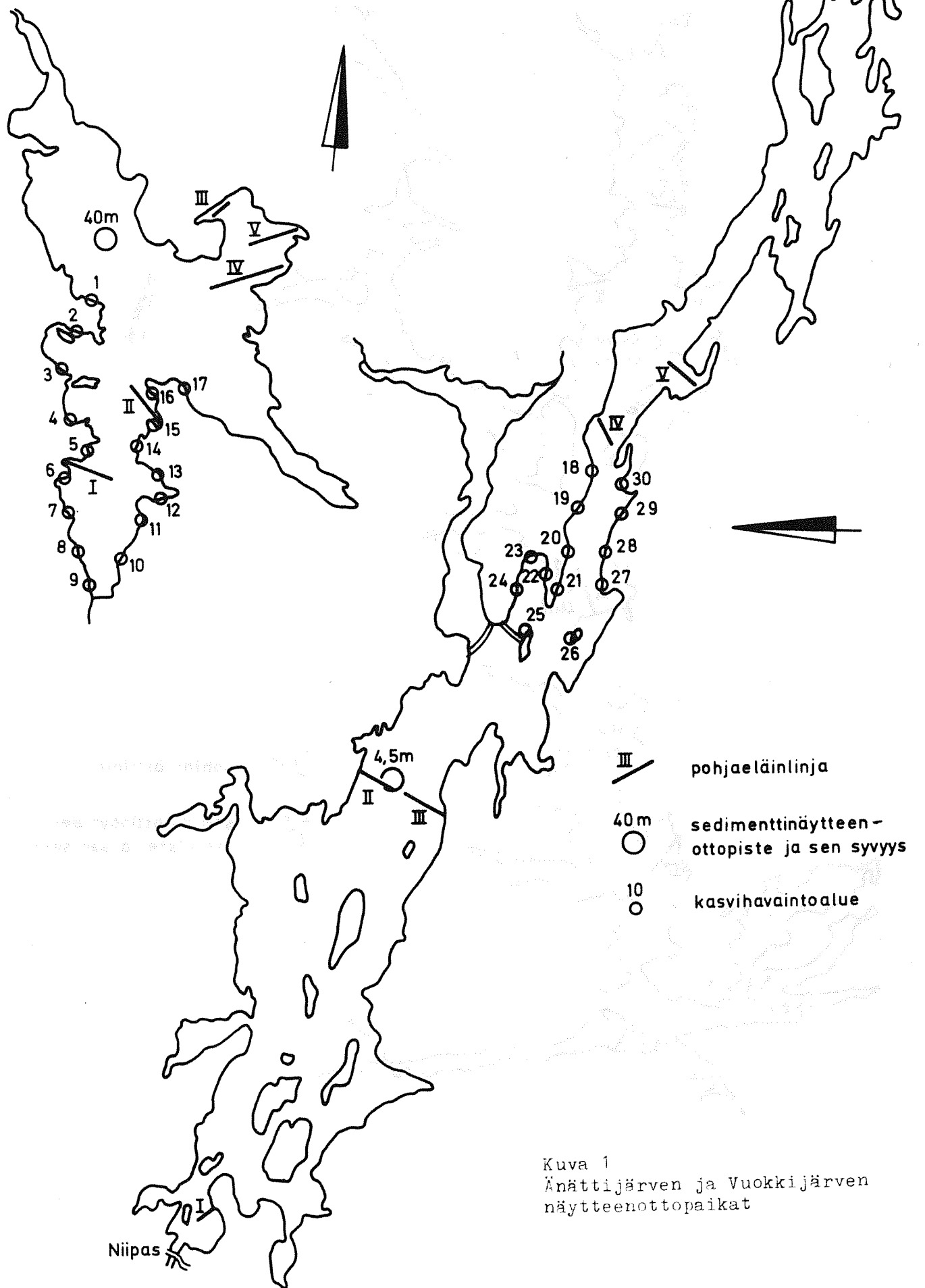
<sup>x</sup>arvio

## ÄNÄTTIJÄRVI

Mittakaava 1:100 000

## VUOKKIJÄRVI

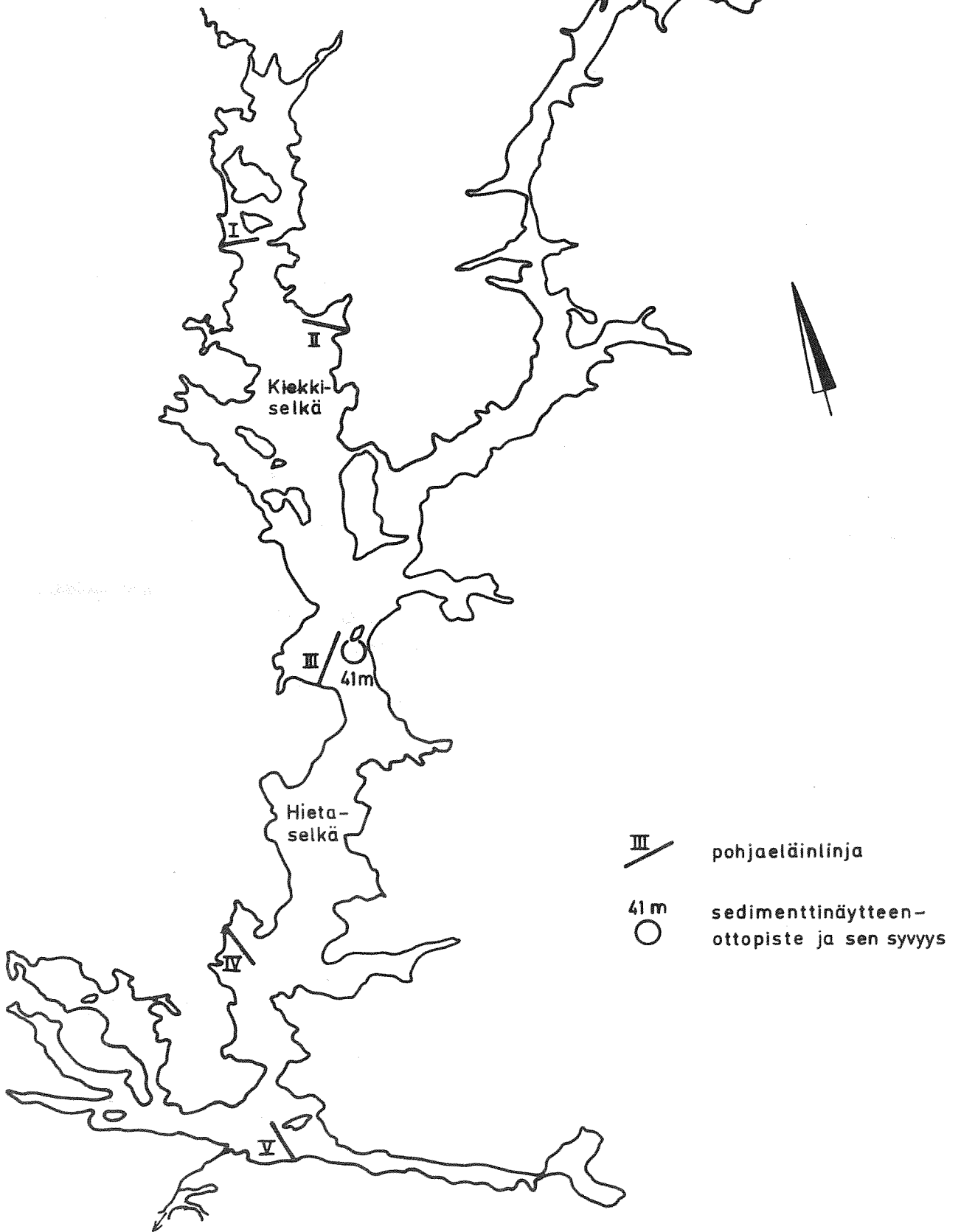
Mittakaava 1:100 000



Kuva 1  
Änättijärven ja Vuokkijärven  
näytteenottoaikat

## KIANTAJÄRVI

Mittakaava 1:200 000

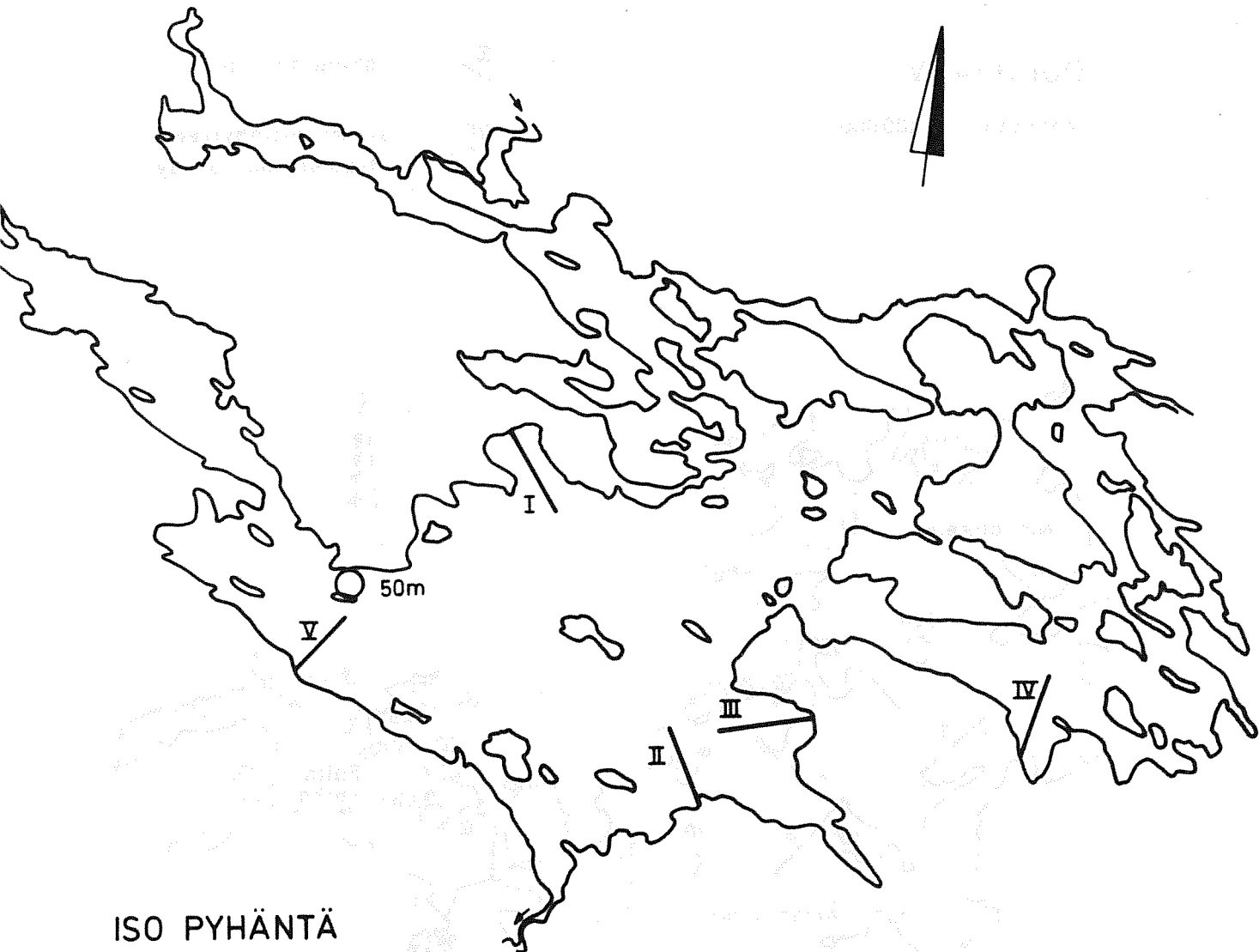


Kuva 2  
Kiantajärven näytteenottopaikat



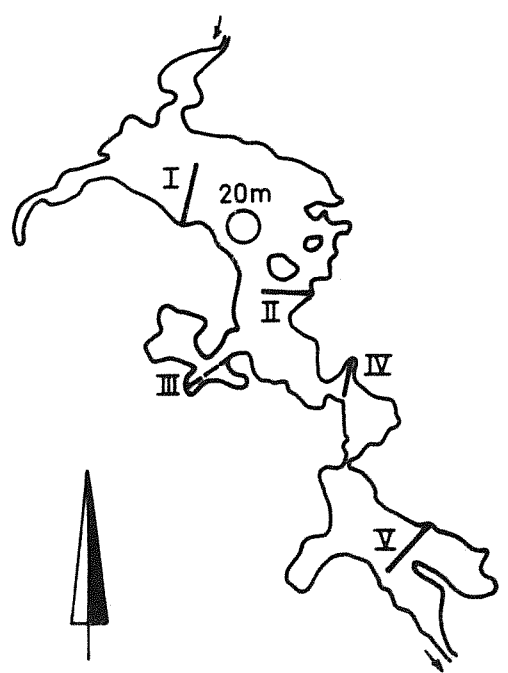
# LENTUA

Mittakaava 1:100 000



# ISO PYHÄNTÄ

Mittakaava 1:100 000



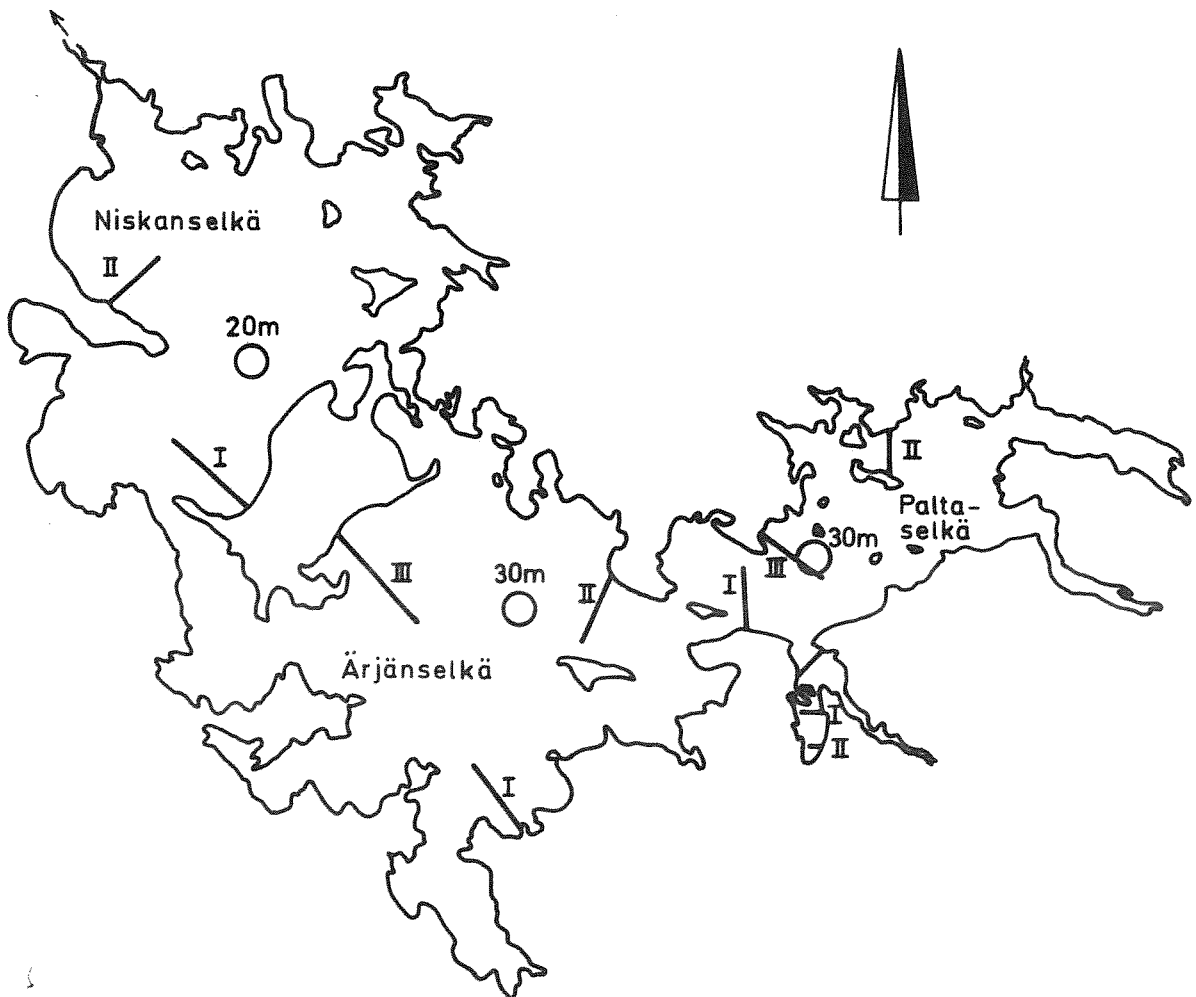
- III / pohjaeläinlinja
- 50m ○ sedimenttinäytteen -  
ottopiste ja sen syvyys

Kuva 3  
Lentuan ja Iso-Pyhännän näytteen-  
ottopaikat

# OULUJÄRVI

Mittakaava 1:400 000

- III / pohjaeläinlinja
- 20m ○ sedimenttinäytteen-  
ottopiste ja sen syvyys



Kuva 4  
Oulujärven näytteenottopaikat

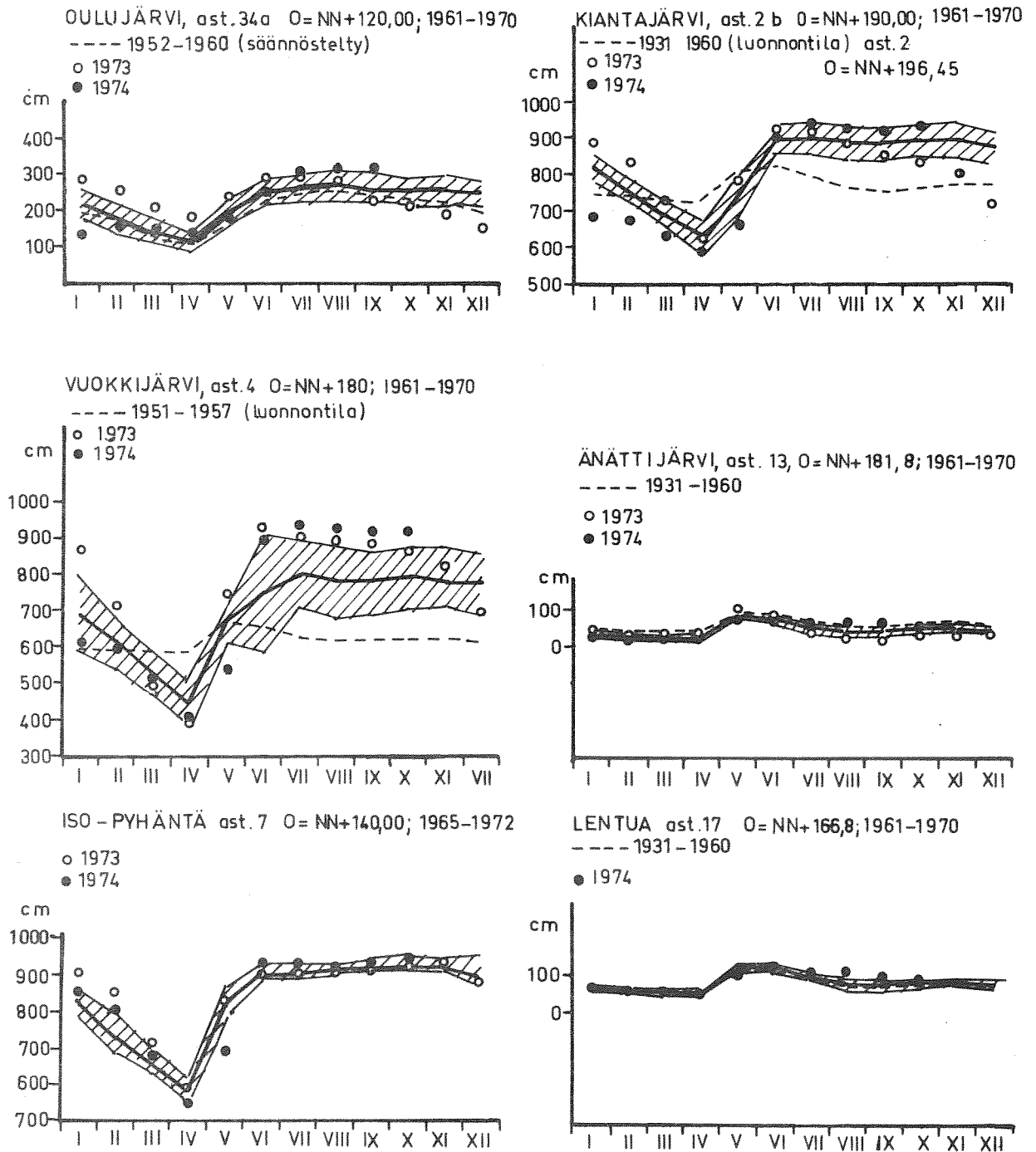
Lentua ja Änättijärvi ovat luonnontilaisia eikä niitä säännöstellä. Kuvassa 5 on esitetty tutkittujen järvien vedenkorkeuden arvoja. Varjostettu alue on piirroksessa mainittujen vuosien (1961 - 1970, paitsi Iso-Pyhäntä, jossa 1965 - 1972) kuukausien keskimääräisten vedenkorkeuksien keskiarvojen luotettavuusväli 95 % riskillä. Tämä on laskettu kaavan

$$\bar{x} - t_{\epsilon} s / \sqrt{n} ; \bar{x} + t_{\epsilon} s / \sqrt{n}$$

mukaan, missä  $\bar{x}$  on ao. kuukauden eri vuosien vedenkorkeuden keskiarvo,  $s$  = keskihajonta ja  $t$  on  $t$ -jakautuman kaksisuuntainen kriittinen arvo vapausasteelle  $df = n - 1$ . Luotettavuusväli ei kuvaa ääriarvoja, vaan tavallisimpia vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja mainittuna aikana. Kuvaan on merkitty myös ns. normaalikauden vedenkorkeuksien keskiarvot, ja Vuokkijärven sekä Kiantajärven osalta kuviin saatiin myös luonnontilan aikaiset vedenkorkeuksien kuukausikeskiarvot. Vedenkorkeustiedot on saatu Hydrologisen toimiston vuosikirjoista (Tie- ja vesirakennushallitus 1963, 1965, 1968, 1970 ja vesihallitus 1972). Lisäksi kuvioihin on merkitty vuosien 1973 ja 1974 vedenkorkeudet.

Säännöstelyn laajuus luonnontilaiseen vedenkorkeuden vaihteluun verrattuna voidaan kuvasta todeta havainnollisesti, koska kuviot ovat keskenään samassa mittakaavassa. Lisäksi erikoisesti Vuokkijärven säännöstely on ollut vuosina 1961 - 1970 erittäin vaihteleva. Luonnontilaisten Lentuan ja Änättijärven vedenkorkeuden vaihtelu on ollut hyvin säännöllistä sekä normaalikaudella 1931 - 1960 että vuosina 1961 - 1970.

Vuonna 1973 alkuvuodesta vettä oli säännöstelyaltaissa normaalia enemmän, kun normaalina pidetään luotettavuusrajojen sisällä olevia arvoja. Kuitenkin kesän ansiosta vedenpinta laski erikoisesti vuoden lopulla, ja talvella 1974 vedenpinta oli yleisesti alempana kuin edellisenä talvena. Sateisen kesän ja syksyn seurauksena vedenpinta oli syksyllä yleisesti normaalia korkeammalla.



Kuva 5.  
 Tutkittujen järvien  
 pinnankorkeudet



## 3.33 H a v a i n t o p a i k a t

Seuraavassa esitetään näytealojen lyhyt yleiskuvaus. Kaikki näytealat on lisäksi kuvattu väriefilmille mahdollisia myöhempiä tarkistuksia silmälläpitäen.

## 3.331 Änättijärvi

Asema 1. Ylävesirajan (siitepölyrajan) ja vesirajan välinen etäisyys oli n. 30 m, osaksi kivikkorantaa, kiviä n. 15 % peittävydestä.

Asema 2. Asema oli kapean lahden rannalla, ei kiviä, oli lietettä. Ranta oli alava, siitepölyrajasta vesirajaan oli n. 10 m.

Asema 3. Siitepölyrajasta vesirajaan oli n. 10 m, peittävydestä n. 2/3 pientä kiveä, 1/3 lietettä.

Asema 4. Vesijättöä, lieterantaa, litoraalin yläosa (20 - 30 m vesirajasta) hiekkarantaa. Havaintopaikalla oli veden näkösyvyys 2,5 m.

Asema 5. Lahden perukka, hiekkapohja, alava ranta. Kasvillisuus ulottui vedessä 0,9 m:n syvyyteen.

Asema 6. Niemen kärki, vesijättöä 15 - 20 m, alava ranta.

Asema 7. Siitepölyrajan ja vesirajan välinen alue osaksi kivikkoa (peittävyys n. 50 %), osaksi hiekkaa ja lietettä.

Asema 8. Loiva kivikkoranta (peittävyys 50 %), siitepölyrajasta vesirajaan n. 10 m.

Asema 9. Laakea ranta, lisäksi kivikkoa (n. 10 %), pohja-aines lietettä. Siitepölyrajasta vesirajaan oli n. 10 m.

Asema 10. Kivikkoranta, vesirajan yläpuolella ei juuri paljasta sedimenttiä.

- Asema 11. Matala hiekkaranta, ei kiviä. Siitepölyrajasta vesirajaan n. 10 m.
- Asema 12. Kivikkoranta, siitepölyrajasta vesirajaan n. 5 m. Kiviä n. 100 %.
- Asema 13. Hiekkaranta, noin nyrkin kokoista kiveä 2 m vesirajasta rannalle päin. Siitepölyrajasta vesirajaan n. 5 m.
- Asema 14. Hiekkaranta, kiviä n. 30 % peittävydestä, siitepölyrajasta vesirajaan 5 m.
- Asema 15. Kivikkoranta, siitepölyraja - vesiraja n. 5 m.
- Asema 16. Siitepölyraja - vesiraja 4 m, "katukiveys" yli 90 %, kivien välissä hiekkaa.
- Asema 17. Liette ja hiekkaranta, kiviä n. 20 %, siitepölyraja - vesiraja n. 6 m.
- 3.332 Vuokkijärvi
- Asema 18. Hiekkapohja. Veden näkösyvyys 2,20 m.
- Asema 19. Hiekkapohja, puiden kantoja ja vanhoja juuria.
- Asema 20. Hiekkapohja, puiden kantoja ja juuria.
- Asema 21. Jyrkähkö moreeniranta, n. 2 m<sup>2</sup>:n turvelautta lähellä, juuria ja kantoja.
- Asema 22. Jyrkkä moreeniranta, hiekkaa ja kiveä.
- Asema 23. Lahdessa turvelauttoja, lahden perukassa suo, ranta laakea, runsaasti rahkaturvetta. Kasvillisuus ulottui 1,2 m:n syvyyteen (Utricularia, vesisammalia).
- Asema 24. Niittymäinen, matala ranta, kantoja ja turvelauttoja.

Asema 25. Alava niitty. Kasvillisuus ulottui n. 1 m:n syvyyteen, pääasiassa vesisammalia.

Asema 26. Matalahko hiekkaranta, turve kulunut pois, kantoja.

Asema 27. Loiva ranta, osaksi moreenia, pohjalla hiekkaa ja turvetta.

Asema 28. Orgaanista lietettä (turve +hiesu), ei kiviä.

Asema 29. Matala ranta, turvepohja, ei juuri kantoja, kasvillisuus ulottui 0,6 m:n syvyyteen.

Asema 30. Matalahko hiekkaranta.

### 3.34 T u l o k s e t

Tulosten käsittelyn helpottamiseksi laskettiin näytealojen keskimääräiset peittävyudet ja lajien frekvenssit. Seuraavassa on esitetty luettelo tavatuista lajeista sekä niiden peittävyudet ja frekvenssit. Frekvenssit (prosentteina) ilmaisee, kuinka monella näyteruudulla ao. laji on tavattu, peittävyys, kuinka suuren alan kasvi peittää 1 m<sup>2</sup>:n ruudusta. Jos kasvi peittää esimerkiksi 1 dm<sup>2</sup>:n alan, on peittävyys 1 %.

Käytetty taulukointitapa on voimakkaasti yleistävä, sillä eri näytealat erosivat kasvupaikkatekijöistä johtuen melkoisesti toisistaan, mikä onkin tavallista.



## Änättijärvi, litoraali

Laji	Frekvenssi %	Peittävyys-%
<i>Equisetum fluviatile</i>	30,0	3,35
<i>Juncus alpinus</i>	28,2	2,69
<i>Isoetes lacustris</i>	22,9	1,06
<i>Ranunculus reptans</i>	19,9	1,46
<i>Subularia aquatica</i>	6,4	1,19
<i>Viola palustris</i>	5,9	0,11
<i>Carex vesicaria</i>	5,2	2,94
<i>Juncus filiformis</i>	3,5	0,05
<i>Carex flava</i>	3,5	0,44
<i>C. Oederi</i>	2,3	0,08
<i>Sparganium minimum</i>	1,8	0,18
<i>Potentilla palustris</i>	1,8	0,01
<i>Lobelia dortmanna</i>	1,8	0,03
<i>Carex nigra</i>	1,7	0,02
<i>Eleocharis palustris</i>	1,7	0,20
<i>Poa sp.</i>	1,2	0,02
<i>Juncus sp.</i>	1,1	0,01
<i>Mentha arvensis</i>	1,1	0,06
<i>Nardus stricta</i>	0,5	0,01
<i>Eriophorum angustifolium</i>	0,5	0,61
<i>Carex canescens</i>	0,5	0,01
<i>Salix phylicifolia</i>	0,5	0,01
<i>Trichophorum alpinum</i>	0,5	0,01
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,5	0,01
<i>Taraxacum officinale</i>	0,5	0,000
<i>Carex acuta</i>	0,5	0,11
<i>Phragmites communis</i>	0,05	0,24
		<hr/> 14,90 %

Taulukko 1. Änätti- ja Vuokkijärven vesinäytealat

Laji	Änättijärvi		Vuokkijärvi	
	Frekvenssi- %	Peittävyys- %	Frekvenssi- %	Peittävyys- %
Callitriche sp.	-	-	38,5	5,00
Equisetum Fluviatile	30,6	2,16	10,8	0,74
Isoetes lacustris	30,6	1,91	0,77	0,001
Utricularia intermedia	-	-	21,5	5,50
Subularia aquatica	20,6	2,34	-	-
Lobelia dortmanna	17,6	1,88	-	-
Utricularia vulgaris	-	-	16,2	4,96
Alopecurus geniculatus	-	-	8,5	0,53
Sparganium simplex	-	-	6,9	3,16
Nuphar luteum	5,9	1,68	-	-
Sparganium friesii	4,1	0,53	6,2	2,92
Ranunculus reptans	0,6	0,018	3,8	0,59
Carex sp.	-	-	3,1	0,42
Carex vesicaria	-	-	3,1	0,59
Juncus filiformis	-	-	2,3	0,27
Myriophyllum alterniflorum	1,8	0,44	-	-
Sparganium minimum	1,8	0,21	-	-
Alopecurus sp.	-	-	1,5	0,38
Eleocharis palustris	-	-	1,5	0,15
Hippuris vulgaris	-	-	1,5	0,16
Juncus alpinus	-	-	1,5	0,35
Juncus sp.	-	-	1,5	0,015
Phalaris arundinacea	-	-	1,5	0,24
Viola palustris	-	-	1,5	0,015
Phragmites communis	1,2	0,006	-	-
Carex acuta	-	-	0,77	0,038
Juncus articulatus	-	-	0,77	0,38
Menyanthes trifoliata	-	-	0,77	0,008
			11,174	26,42

LINKOLAN (1933) mukaan ns. varsinaisiin vesikasveihin kuuluvat Änätti-järven litoraalivyöhykkeestä tavatut Isoëtes lacustris ja Lobelia dortmanna, jotka muodostivat kokonaispeittävydestä n. 7,3 %. Lajien joutuminen litoraalivyöhykkeelle johtui veden korkeuden alhaisuudesta, sillä vesi oli n. 37 cm vv. 1931 - 60 keskimääräistä vedenkorkeutta alempana. Änättijärven vesinäytealoilta tavattiin seuraavat varsinaiset vesikasvit: Isoëtes lacustris, Lobelia dortmanna, Nuphar luteum, Sparganium Friesii ja Myriophyllum alterniflorum. Kokonaispeittävydestä varsinaiset vesikasvit käsittävät 57,6 %.

Vuokkijärven vesinäytealoilla esiintyvät seuraavat varsinaiset vesikasvit: Callitriche sp., Utricularia intermedia, Utricularia vulgaris, Sparganium friesii ja Isoëtes lacustris. Kokonaispeittävydestä varsinaisten vesikasvien osuus oli 69,6 %.

Peittävyksiä ja frekvenssejä verrattiin laskemalla näiden väliset Pearsonin korrelaatiokertoimet. Tulokset olivat:

Änättijärvi, litoraali	$r = 0,805^{xxx}$
"-", vesi	$r = 0,865^{xxx}$
Vuokkijärvi, vesi	$r = 0,844^{xxx}$

Tulokset voidaan tulkita lähinnä siten, että kasvien elomuototyypit olivat hyvin samanlaisia, sillä mikäli esim. hyvin erikokoisia kasveja olisi tavattu, frekvenssit ja peittävydet eivät olisi vastanneet toisiaan.

Änättijärven litoraalin ja vesinäytealojen frekvenssien välinen korrelaatiokerroin ( $0,576^x$ ) ilmensi, että tilastollisesti merkitsevä yhtäläisyys oli olemassa. Tämä selittyy sillä, että aliveden aikana varsinaisia vesikasveja jäi kuiville. Litoraalin ja veden kasvien kvantitatiiviset määrät erosivat kuitenkin toisistaan tilastollisesti, sillä peittävyksien välillä ei ollut merkitsevää korrelaatiota ( $r = 0,325$ ).

Änätti- ja Vuokkijärven lajistot poikkesivat melkoisesti toisistaan. Tämä todettiin myös tilastollisesti, sillä frekvenssien välinen korrelaatiokerroin oli  $-0,083$  ja peittävyksien  $-0,230$ , toisin sanoen, järvi-en lajistojen välillä ei ollut korrelaatiota.

Järven trofia-aste (tuotantokyky) voidaan määrittää myös suurkasvillisuuden avulla. Plankton- ja perustuotantotulokset ilmentävät vesistön trofia-astetta varsin selväpiirteisesti ja yleensä, mikäli näytteitä on riittävästi, selvemmin kuin makrokasvillisuus. Veden ravinnepitoisuuden ohella monet muutkin seikat vaikuttavat makrokasvillisuuden (putkilokasvillisuuden) yleiseen esiintymiseen. Näitä ovat esimerkiksi pohjan laatu, rannan kaltevuus ja avonaisuus, ilmastolliset olosuhteet, asutus jne (TIKKANEN 1967). Luonnollisesti vesistön säännöstely on kasvillisuutta muuttava tekijä.

Änättijärven vesinäytealoilta tavatut putkilokasvit olivat LINKOLAN (1933) luokittelun mukaan kaikki oligotrofiaa ilmentäviä. Valtalajeja olivat frekvenssien mukaan Isoëtes lacustris, Equisetum fluviatile ja Subularia aquatica, peittävyyksien mukaan järjestyksessä Subularia aquatica, Equisetum fluviatile ja Isoëtes lacustris. Änättijärvi ei suoraan sovellu MARISTON (1941) luokitteluun, lähinnä järvi vastaa Equisetum- ja Equisetum - Phragmites- tyyppejä, jotka olivat oligotrofisia ja joille on tyypillistä humuspitoisuus. Phragmitoksen määrät ja frekvenssit olivat kuitenkin erittäin alhaisia.

Vuokkijärven lajisto oli pääosiltaan oligotrofiaa edustavia. LINKOLAN (1933) mukaan semi-eutrofisia lajeja olivat Utricularia vulgaris ja mahdollisesti Callitriche- suku. Kokonaispeittävydestä näiden osuus oli 37,7 %, joten lajit ilmentävät lievää eutrofiaa ainakin Änättijärveen verrattuna.

Änättijärven ja Vuokkijärven vesikasvillisuuden frekvenssien ja peittävyyksien Shannon - diversiteetit (vrt. GRANBERG 1972, 1973, NYROOS 1973) olivat seuraavan suuruiset:

	frekvenssi	peittävyys
Änättijärvi	2,565	2,731
Vuokkijärvi	3,450	3,152

Vuokkijärven kohonnut diversiteetti ilmentää tässä tapauksessa lievää rehevöitymistä, sillä rehevöitymisen alkuvaiheessa diversiteetti kohoaa, koska ns. ekologisten lokeroiden määrä ravinnepitoisuuden noustessa kasvaa (vrt. KORMONDY 1969, GRANBERG 1973).

Koska kasvillisuustutkimuksen tulokset viittasivat siihen, että Vuokkijärvi on Änättijärveä rehevämpi, otettiin 18.10.1972 Ala-Vuokin lossilta kasviplanktonnäyte analysoitavaksi. Näytteen kokonaisbiomassa oli  $3\ 021,3\ \text{mg/m}^3$  ja yksilöluku  $135\ 700\ \text{kpl/100 ml}$ . Biomassan suhteen tärkeimpien lajien määrät olivat kokonaisbiomassasta prosentuaalisesti seuraavat:

	%
Melosira italica	43,50
M. islandica	38,36
Tabellaria fenestrata	9,01
Melosira italica v. tenuissima	3,64
Asterionella formosa	2,93
Aphanizomenon flos-aquae	1,82
Cryptomonas sp.	0,56
Flagellata spp.	0,10
Chlorella sp.	0,07
Dinobryon bavaricum	0,01

Näytteen lajisto kuvastaa myöhäissyksyn piilevämaksimia. Merkillepantava seikka on runsaslukuisena esiintynyt Melosira islandica, mikä JÄRNEFELTin (1952) mukaan ilmentää eutrofiaa. Joskin kyseessä on vain yksi näyte, Melosira islandican suuri määrä sekä Aphanizomenon flos-aquae - sinilevän esiintyminen ilmentävät lievää rehevöitymistä.

Kainuun vesipiiri on tehnyt Änätti- ja Vuokkijärvestä vuoden 1973 aikana muutamia ravinnemäärityksiä. Tätä tutkimusta varten oli käytettävissä Änättijärvestä 27.3., 17.5., 11.6., ja 13.7.1973 tehdyt analyysit, kaikkiaan yhdeksän määritystä. Vuokkijärvestä oli käytettävissä vain yksi havaintokerta, 7.8.1973. Seuraavassa on esitetty keskimääräisiä kokonaisfosforipitoisuuksia:

Päivämäärä	Änättijärvi $\mu\text{g P/l}$	Vuokkijärvi $\mu\text{g P/l}$
27.3.1973	4	-
17.5.1973 (luusua)	9	-
11.6.1973	12	-
7.8.1973	-	25,8
13.8.1973	19	-
Kaikkien näytteiden keskiarvo	10,7	25,8
Kaikkien näytteiden lukumäärä	9	4

Ravinneanalyysien lukumäärä ei riitä trofiaerojen toteamiseen. Keskiarvojen todettiin t - testillä eroavan 5 % merkitsevyystasolla juuri ja juuri toisistaan ( $t = 2,21$ ;  $t_{0,05} = 2,20$ ), tulokseen ovat vaikuttaneet

Änättijärven alhaiset talviarvot ja Vuokkijärven pohjanläheisen vesikerroksen kohonnut kokonaisfosforipitoisuus. Yleensä ei muutaman ravinnemäärityksen perusteella voi todeta järvien trofiaeroja (vrt. esim. NYROOS 1973).

Kasvillisuustutkimuksen perusteella voidaan kaiken kaikkiaan todeta, että Änättijärvi on selvästi oligotrofinen. Tätä käsitystä osoittavat mm.

- irtokellujien l. lemnidien puuttuminen,
- uposlehtisten (Potamogeton) puuttuminen,
- kovalla pohjalla viihtyvien pohjaruusukekasvien (Isoetes, Subularia, Lobelia) runsaus,
- eutrofiaindikaattoreiden (LINKOLA 1933) puuttuminen (vrt. myös MARISTO 1941), sekä kasvillisuuden alhainen peittävyys,
- alhainen diversiteetti.

Säännöstelty Vuokkijärvi oli lievästi rehevöitynyt, ei kuitenkaan varsinainen eutrofinen järvi. Seuraavat perusteet voidaan esittää tämän käsityksen tueksi:

- Änättijärveen verrattuna kohonneet peittävyiden arvot (suurempi kasvi-biomassa) sekä kohonnut diversiteetti,
- eräiden semieutrofisten taksonien esiintyminen (Utricularia vulgaris, Callitriche sp) ja runsaus,
- planktonnäytteen eutrofiaindikaattorit.

Mistään voimakkaasta eutrofioitumisesta ei kuitenkaan ole kyse, sillä varsinaisia eutrofiaa ilmentäviä vesikasveja ei tavattu.

### 3.4 SEDIMENTTITUTKIMUS

#### 3.41 J o h d a n t o

Sedimenttitutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää, millaisia muutoksia säännöstely aiheuttaa järvityyppiin, siis lähinnä järven trofiaasteeseen (rehevyytasoon). Kirjallisuudessa (esim. RODHE 1964) on esimerkiksi esitetty, että säännöstelyn alkuvuosina lisääntyneen eroosion vaikutuksesta järven ravinnepitoisuus kasvaa, minkä seurauksena perustuotanto aluksi kasvaa taantuen muutaman vuoden kuluttua. Tämän pohja-

lietetutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millaisia muutoksia meikäläisten järvien rehevyydestä säännöstelyn seurauksena tapahtuu. Näytteet on otettu kevättalvella 1974 Kainuun vesipiirin alueelta Vuokkijärvestä, Änättijärvestä, Kiantajärvestä, Oulujärvestä, Iso-Pyhäntäjärvestä ja Lentuasta. Aineistosta talletettiin piilevät, tätä tutkimusta varten piilevänäytteitä laskettiin vain Vuokkijärvestä, Änättijärvestä ja Oulujärven Ärjänselältä.

Piilevät ilmentävät herkästi mahdollisen viimeaikaisen rehevöitymisen (HARJULA, 1972, GRANBERG 1972 a ja b). On voitu todeta, että pohjalietteen profundaalista tavattu piilevästö vastaa yleensä kasvukauden keskimääräistä planktonissa tavattua piilevästöä (GRANBERG 1972 a ja b). Pohjan piilevästön käyttö järven aikaisemman tilan indikaattorina perustuu mm. piilevien suhtautumiseen veden happamuusasteeseen sekä erilaisiin indikaattorilajeihin. Esimerkiksi Päijänteen Ristiselän oligotrofista vaihetta edustivat Cyclotella kützingiana v. radiosa ja Melosira distans, eutrofista vaihetta Fragilaria crotonensis ja Melosira italica.

### 3.42 Käytetyt menetelmät

Sedimentinäytteet otettiin NIEMISTÖN (1969) kehittämällä pohjaprofiilinoutimella syvänteistä (vrt. kuvat 2 - 5). Saatu sedimenttipatsas siivutettiin "penaaleihin" 5 mm tai 10 mm siivuihin ja vietiin laboratorioon analysoitavaksi. Leväjäänteiden laskemista varten suoritettiin näytteenotto HARJULAN (1972) esittämän menetelmän mukaan tasapäiseksi katkaistulla 1 ml:n lasipipetillä lietesivusta. Tuorenäytettä otettiin 0,1 ml joka huuhdottiin 100 ml:aan tislattuun veteen ja säilöttiin lisäämällä 2 ml formaliiniliuosta bakteerikasvun estämiseksi. Käänteismikroskoopilla laskemista varten em. tavalla laimennetusta näytteestä otettiin sameudesta riippuen 0,5 - 10 ml joka laimennettiin edelleen tislattulla vedellä 10 ml:n vetoiseen kyvetiin. Mikäli suureen lajimääritystarkkuuteen ei pyritä ja tyydytään laskemaan lähinnä planktiset piilevät, voidaan menetelmää pitää soveliaana rutiinimenetelmänä (vrt. HARJULA 1972, GRANBERG 1972 a ja b). Sedimentin kemialliset analyysit tehtiin osaksi vesipiirin laboratorioissa ja osaksi Kajaani Oy:n laboratorioissa.

Kainuun vesipiirin mukaan kemiallisia määrittelyksiä varten sedimenttinäyte käsiteltiin seuraavasti:

Näyte kuivattiin ensin lämpökaapissa  $105\text{ C}^{\circ}$ :ssa n. 24 tuntia ja sitten jauhettiin huumareessa. Hienonnetusta näytteestä punnittiin 5 g haihdutusmaljaan, johon lisättiin 10 ml perkloorihappoa ja pidettiin maljaa 1 t hiekkahauteella n.  $100\text{ C}^{\circ}$ :ssa. Tämän jälkeen lisättiin joukkoon 2 ml väk. HCL:a ja suoritettiin suodatus lasikuitupaperin läpi (GF-A  $\varnothing$  11 cm) 50 ml:n mittapullon ja täytettiin merkkiin tislatusella vedellä. Tästä tehtiin sitten mahdolliset laimennukset ja suoritettiin analysointi Perkin-Elmer 403 A-A-laitteella.

### 3.43 S e d i m e n t i n a j o i t u s

Sedimentin ajoitusta esimerkiksi siitepölyanalyysin avulla ei ole suoritettu, joten tässä suhteessa on tyydyttävä vain arvioihin. FT Esa Kukkonen on tehnyt hydrobiologisen tutkimuslaitoksen toimeksiannosta siitepölyanalyttisiä ajoituksia eräistä Keski-Suomen eri tyyppisistä järvistä. Hänen tulostensa mukaan keskimääräinen viimeaikainen vuotuinen sedimentaatio vaihteli järvestä riippuen 0,5 - 1,7 mm/v (GRANGER 1972 b). Pohjois-Päijänteellä (GRANBERG 1972 a) on JÄRNEFELTin (1956) aineistoon ja sedimentin leväkoostumukseen perustuen arvioinut, että viimeaikainen vuotuinen sedimentaatio on (Ristiselällä) 0,9 - 2 mm/v. Ulkomaisista arvioista mainittakoon, että STOCKNER (1971) on arvioinut Ontario-järven sedimentaationopeudeksi 0,4 - 0,6 mm/v. Shawaga-järven sedimentaationopeudeksi on saatu 0,7 mm/v, rehevöitymisen jatkuessa se on nykyisin 2,5 mm/v (BRADBURY & WADDINGTON 1972). BERGE (1973) on arvioinut eutrofisen Mjøsa-järven sedimentaationopeudeksi 0,5 - 2,5 mm/v.

Esitetyt luvut osoittavat, että sedimentaationopeuden tarkka arvioiminen on vaikeata, ja säännöstellyissä järvissä eroosio vielä todennäköisesti lisää sedimentaatiota. Tästä syystä tässä työssä esitettäviä sedimentaationopeuksia on todella pidettävä vain alustavina arvioina.



## 3.44 T u l o k s e t

## 3.441 Vuokkijärvi

Tilan kehityksen selittäjiksi on valittu kokonaistyyppi , hehkutushäviö, rauta, mangaani sekä rauta-mangaanisuhde. Piilevistä tarkastellaan alkalifiilisten lajien suhteellista osuutta verrattuna asidofiilisiin lajeihin (vrt. HUSTEDT 1939), JÄRNEFELTIN (1952) eutrofian ja oligotrofian indikaattoreita sekä STOCKNERIN (1971) araphidineae: Centrales-suhdetta. Kaikki em. tulokset on esitetty diagrammeina kuvissa 6 - 14 sekä liitteissä 1 ja 2.

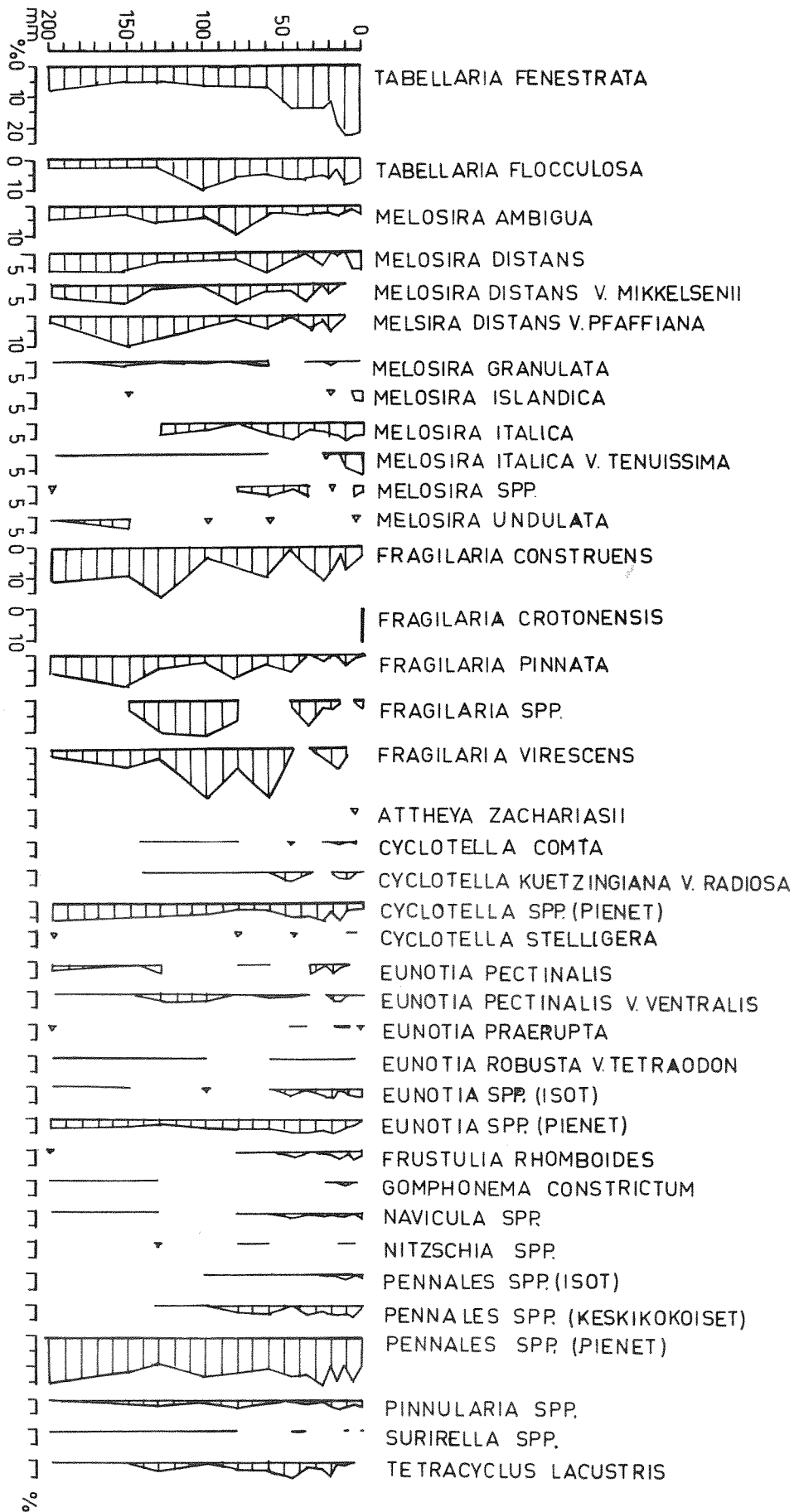
Seuraavassa tarkastellaan näiden parametrien indikaattoriarvoa ja tuloksia indikaattoriarvon perusteella.

Kokonaisfosfori- ja typpi. Fosfori joutuu sedimenttiin tavallisesti joko planktonin mukana tai kemiallisesti rautaan sitoutuneena. Fosforin tila ei sedimentissä ole stabiili vaan esimerkiksi anaerobisissa oloissa fosforia liukenee sedimentistä veteen, aerobisissa oloissa rauta ja fosfori saattavat kulkeutua syvemmältä sedimentistä sen pelkistyneistä osista hapekkaaseen pintaan. Fosforin määrien perusteella on siksi vaikeata tehdä varmoja päätelmiä järven tilasta (vrt. SANDMAN 1974).

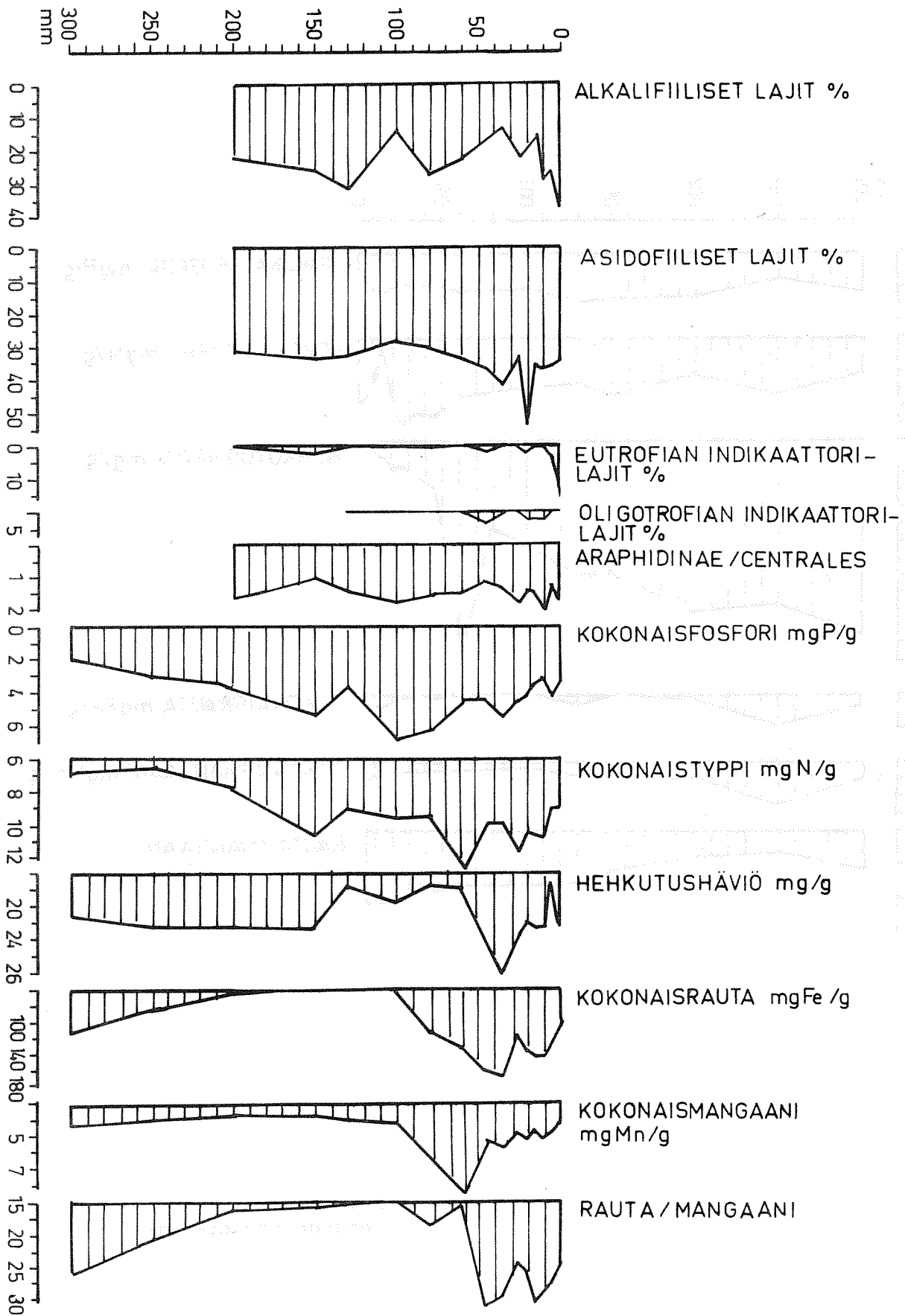
Typpi on biologisesti aktiivinen aine ja esimerkiksi denitrifikaation avulla sitä voi poistua sedimentistä.

Fosforin suurimmat pitoisuudet olivat Vuokkijärven sedimentissä n. 10 cm syvyydessä, typen maksimi oli n. 6 cm:n syvyydessä. Nämä maksimit eivät kuitenkaan ilmennä eutrofiaa, sillä piilevien perusteella näitä syvyyksiä edustavana ajanjaksona ( n. 100 - 150 vuotta sitten) Vuokkijärvi oli oligotrofinen.

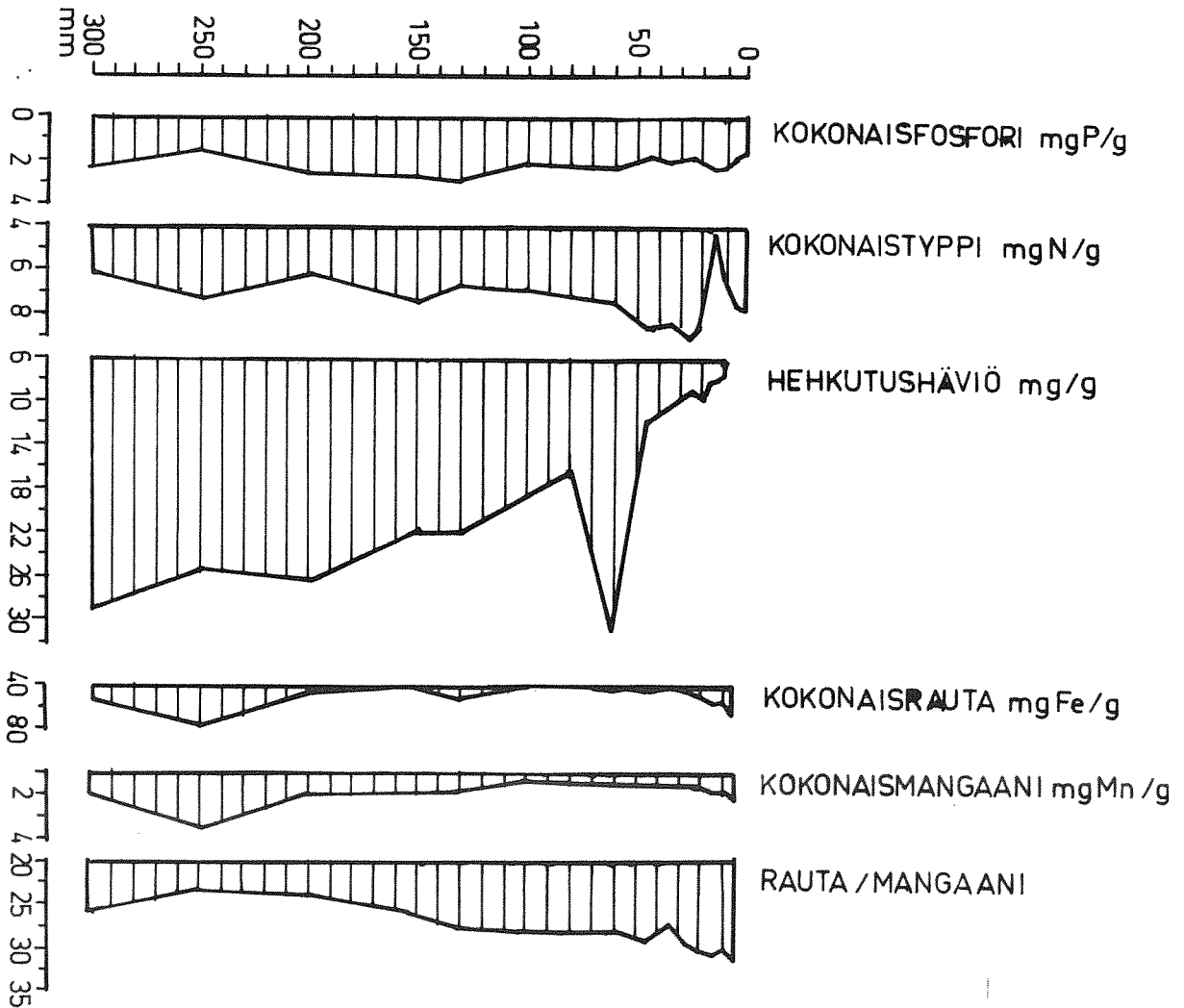
Hehkutushäviö. Hehkutushäviö näyttää yleensä kuvaavan hyvin orgaanisen aineksen määrää, sillä esimerkiksi Päijänteessä, Etelä-Leppävedessä ja Tuomiojärven suhde orgaaninen hiili/hehkutushäviö oli lähes vakio (LAPPALAINEN 1972, GRANBERG & LAPPALAINEN 1972 ja GRANBERG 1972 b). Kun verrattiin oligotrofisen Etelä-Leppäveden, rehevän Tuomiojärven ja pilaantuneen Jyväsjärven pohjasedimenttien orgaaninen hiili:



Kuva 6.  
Vuokkijärven sedimentti-  
piilevät

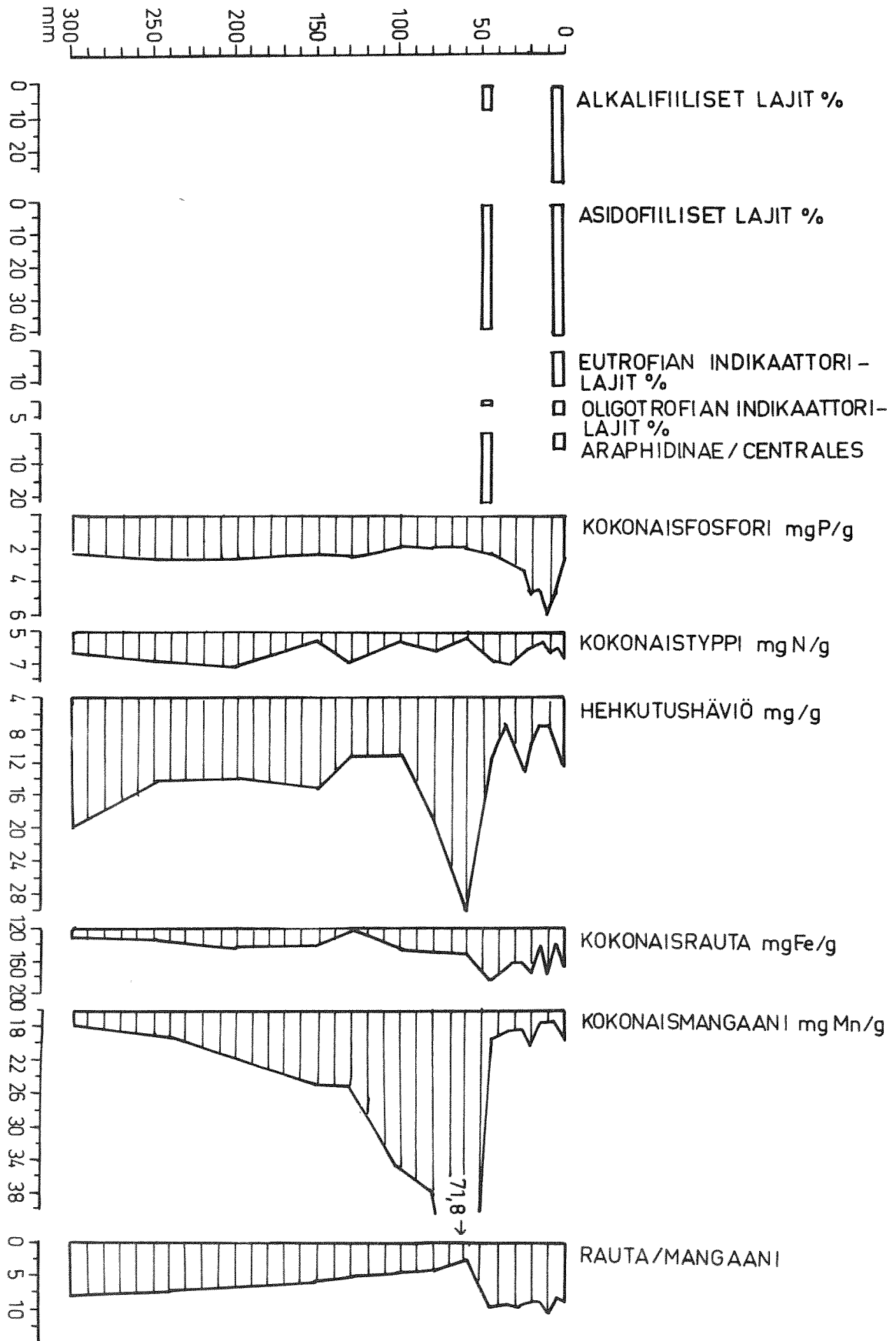


Kuva 7.  
Vuokkijärven pohjasedimentti



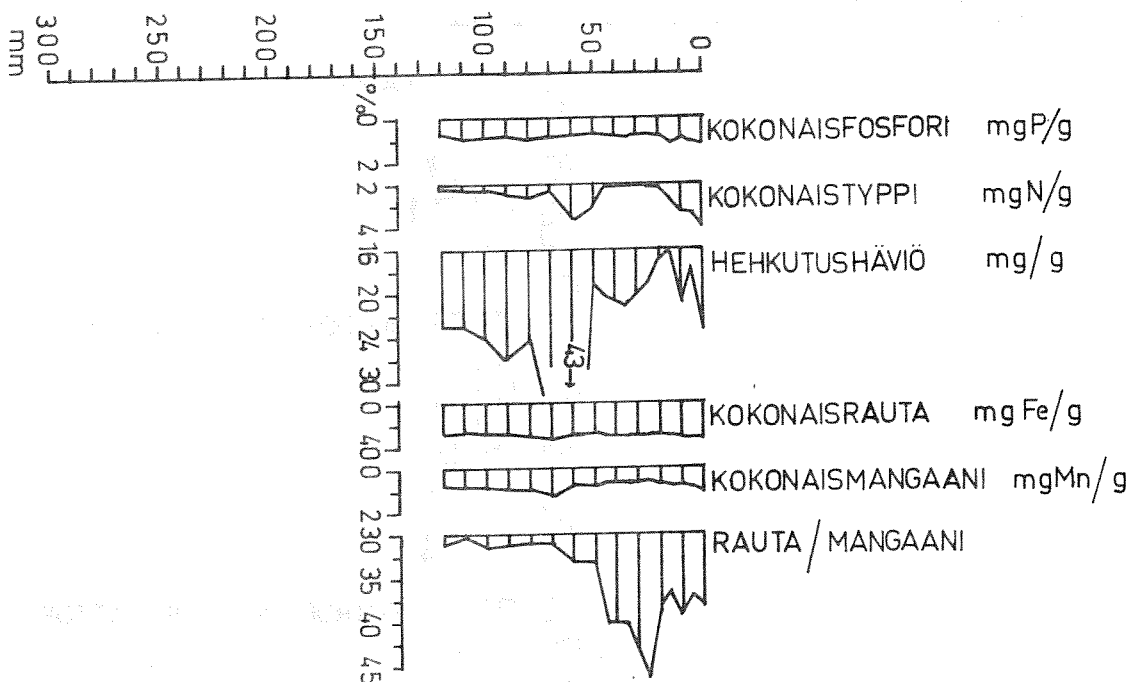
Kuva 8.  
Lentuan pohjasedimentti



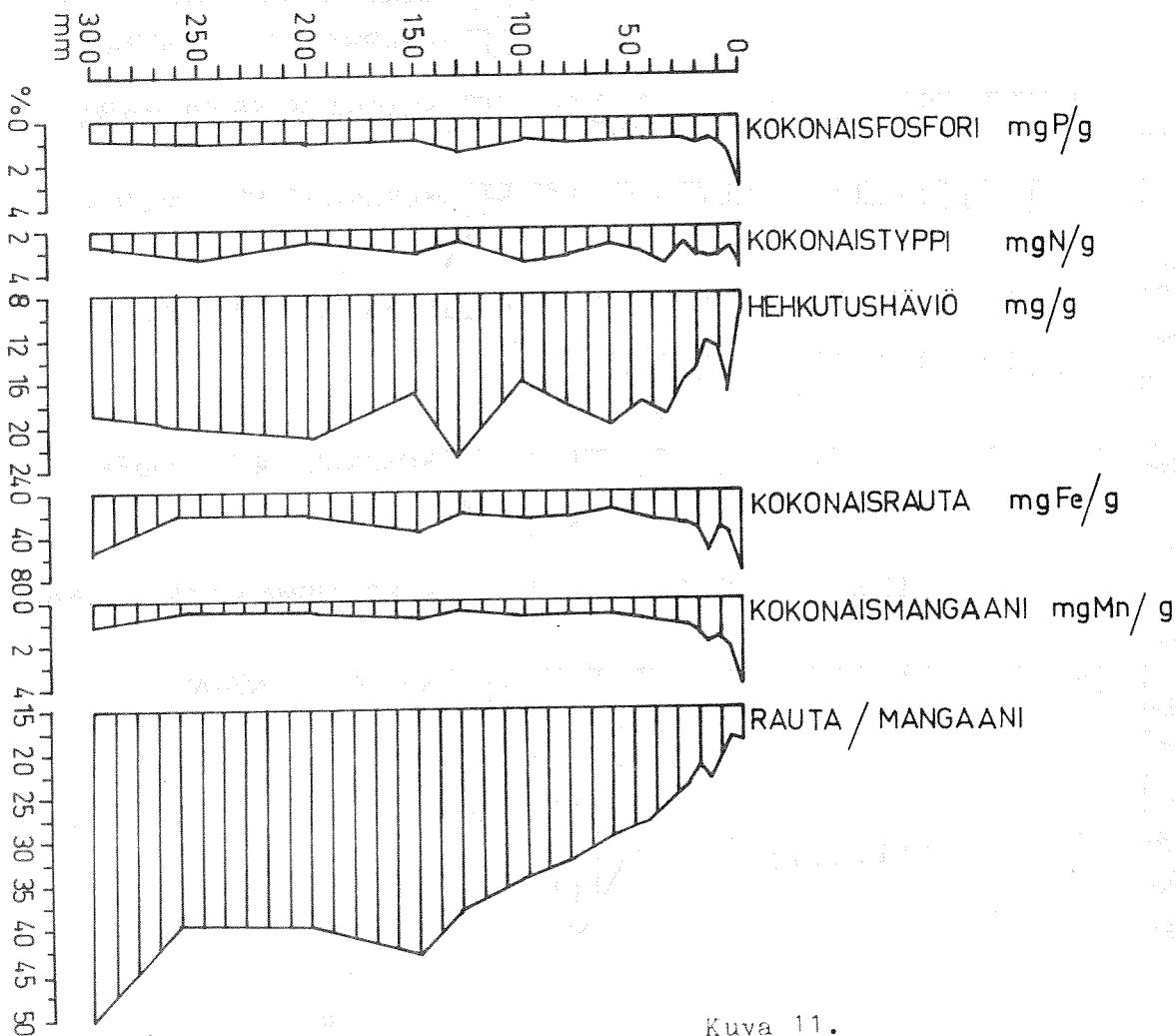


Kuva 10.  
Änttijärven pohjasedimentti

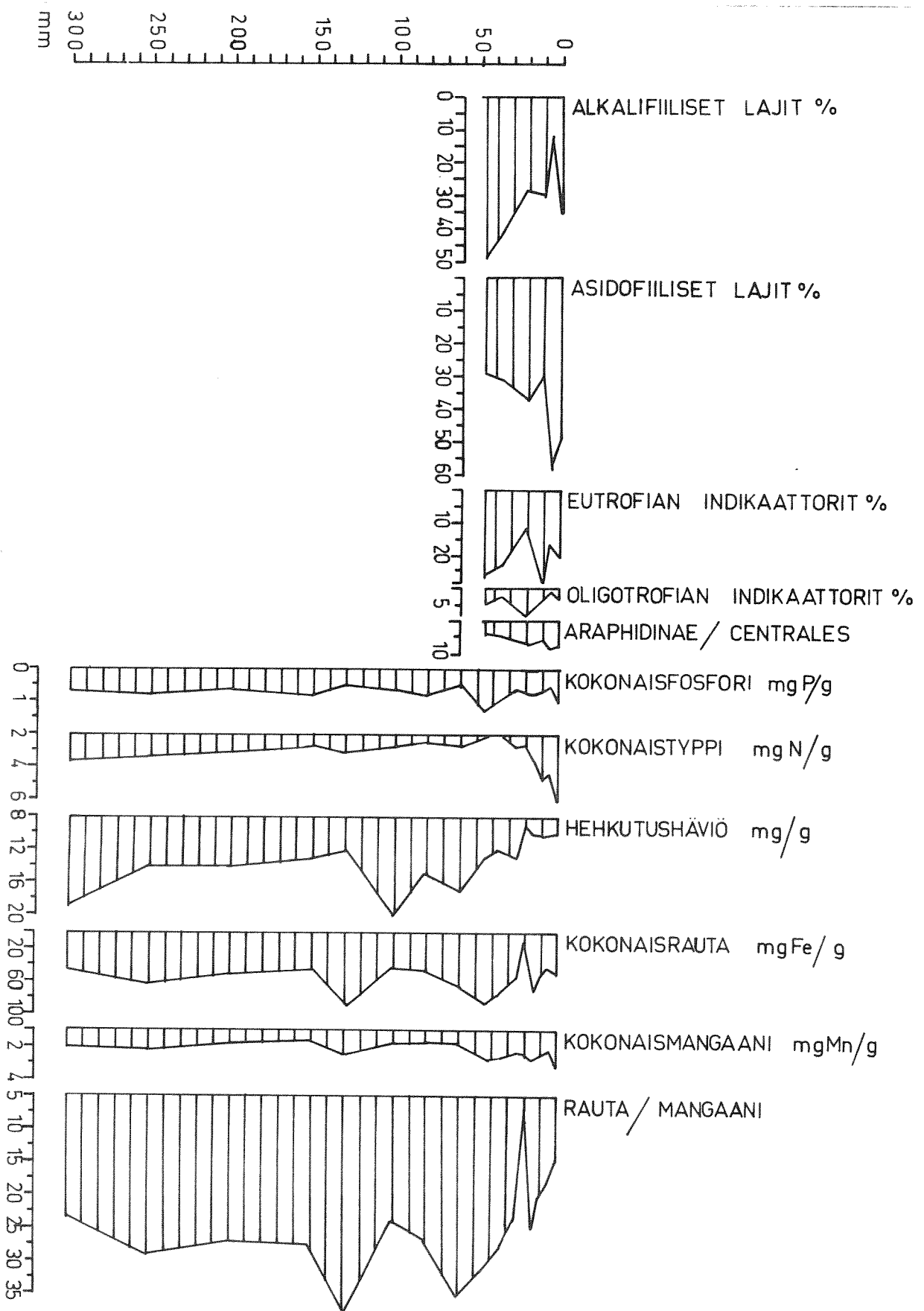
## OULUJÄRVEN PALTASELKÄ



## OULUJÄRVEN NISKANSELKÄ

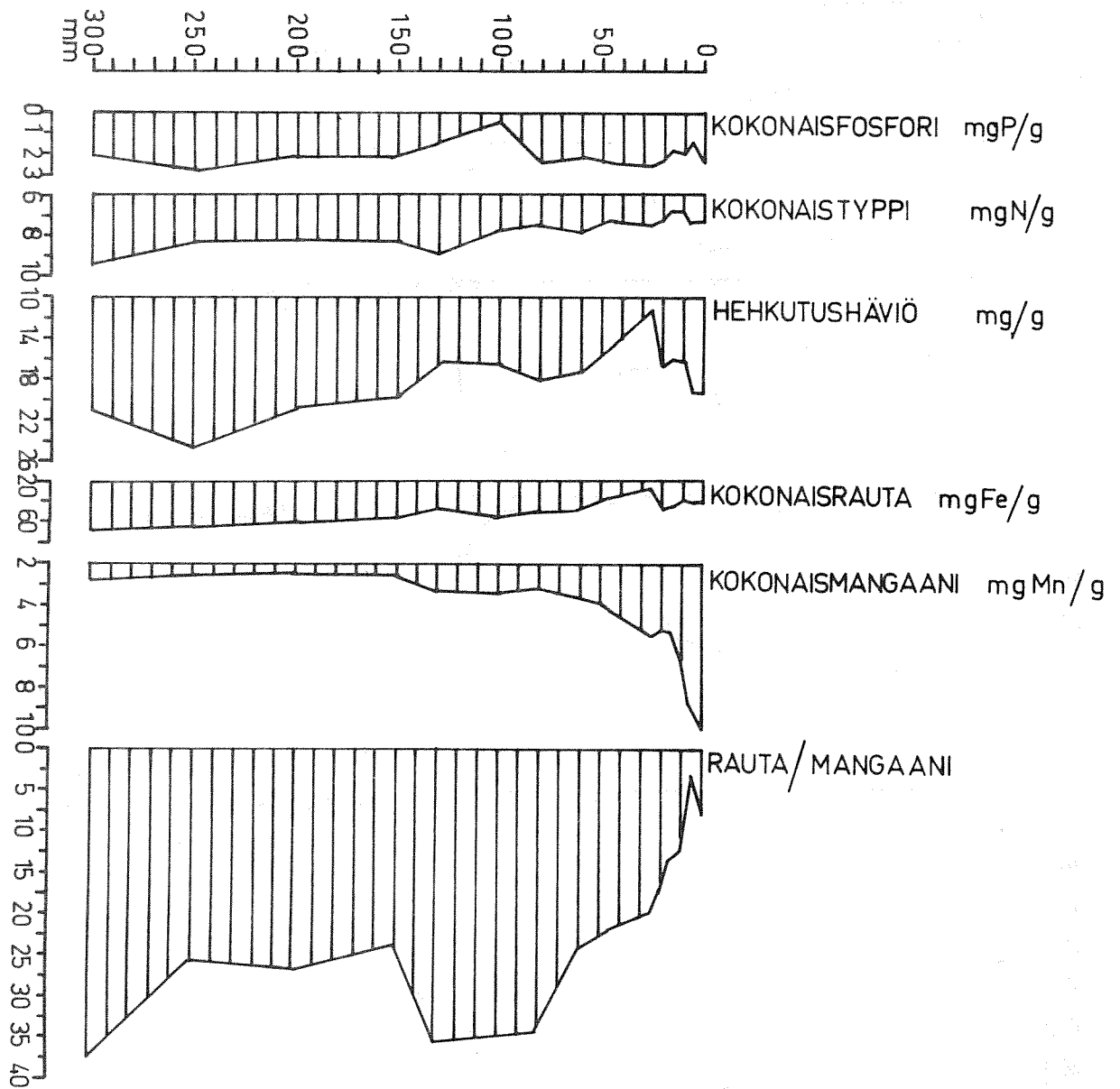


Kuva 11.  
Oulujärven Paltaselän ja  
Niskanselän pohjasedimentti

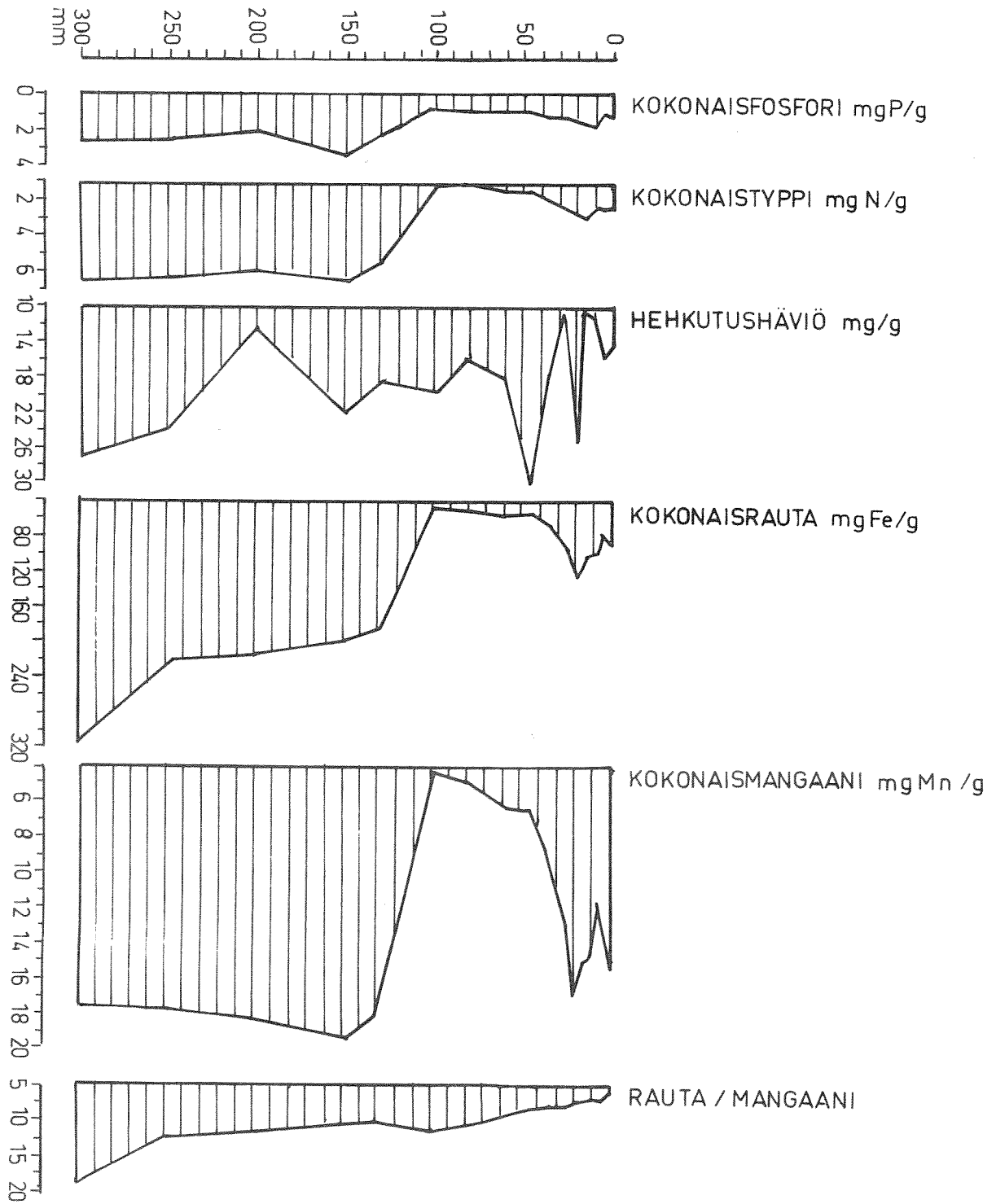


Kuva 12.  
Oulujärven Årjämselän  
pohjasedimentti





Kuva 13.  
Kiantajärven pohjasedimentti



Kuva 14.  
Iso-Pyhännän pohjasedimentti

hehkutushäviö-suhdetta, saatiin keskiarvoksi 0,42 (hajonta 56 % keskiarvosta keskivirheen ollessa 17 % keskiarvosta). Mikäli pohjalietteesä on runsaasti savea, ei hehkutushäviö anna kuvaa orgaanisen aineksen määrästä, sillä hehcutuksessa häviää myös osa saven kidevedestä (vrt. SANDMAN 1974).

Vuokkijärvässä hehcutushäviö oli 30 - 15 cm:n syvyydessä vakio, minkä jälkeen se pieneni lisääntyen voimakkaasti n. 6 cm:n syvyydestä alkaen. Tämä nousu voidaan tulkita säännöstelyn alkamisen seurauksena tapahtuneeksi orgaanisen aineksen huuhtoutumiseksi. Kun tiedetään, että säännöstely alkoi v. 1964, merkitsee tämä, että sedimentaatio on ollut ko. havaintopaikalla säännöstelyn aikana n. 6 mm/v. Luonnontilan aikainen sedimentaatio lienee järvityypin huomioon ottaen ollut suuruusluokkaa 0,5 mm/v.

Rauta- ja mangaani. Hapettuneissa oloissa rauta ja mangaani eivät liukene sedimentistä veteen. Pelkistyneissä oloissa mangaani liukenee veteen sedimentistä helpommin kuin rauta (HUTCHINSON 1957) ja sedimentin Fe:Mn-suhde kasvaa (vrt. esim. FREY 1974).

Vuokkijärven sedimentin Fe:Mn-suhde pienentyi 30 - 20 cm:n matkalla ollen lähes vakio aina 6 cm:iin saakka, minkä jälkeen suhde kasvoi. Tämä kasvu voidaan tulkita järven eroosion kautta (säännöstely) joutuneen orgaanisen aineksen (humus) aiheuttamaksi hapenkulumiseksi. Nykyisin Kainuun vesipiirin tietojen mukaan (vesihallitus 1972) Vuokkijärven syvänteen loppupalven hapenkyllästysaste on 20 - 39 %.

Pohjan piilevästön perusteella Vuokkijärven tila on ollut ennen säännöstelyä varsin stabiili. Aina sedimenttiprofiilin pohjasta alkaen n. 60 mm:n syvyyteen saakka ei merkittäviä muutoksia piilevästössä ole tapahtunut. Sen jälkeen kun pintaosassa orgaanisen aineksen määrä kasvoi, lisääntyi alkalifiilisten levien suhteellinen määrä, mutta myös asidofiilisten, happamuutta suosivien levien määrä, jälkimmäisistä erikoisesti Tabellaria fenestrata. Tämä voidaan tulkita siten, että samalla kun huuhtoutuminen lisäsi järven ravinnepitoisuutta aiheuttaen lievän rehevyytason nousun, humusaineiden pitoisuuden kasvun seurauksena järven pH laski suosien siten asidofiilisiä lajeja. (JÄRNEFELTin (1952) eutrofiialajien ja alkalifiilisten piilevien perusteella aivan

sedimentin pintaosissa (viimeisten vuosien kehitys) näkyi rehevyytason kasvu, mikä on saattanut aiheutua suoritetuista metsälannoituksista. Uusia eutrofiaa ilmentäviä lajeja pinnassa olivat Melosira italica v. tenuissima ja Fragilaris crotonensis (vrt. kuva 6).

Hehkutusjäännös oli sedimentissä sama pinnasta pohjaan, joten mineraalilaineksen lisääntymistä ei säännöstely aiheuttanut,

Araphidinae/Centrales - piileväsuhte ei Vuokkijärvässä ollut hyvä tilan indikaattori. STOCKNERin (1971) mukaan A/C-suhteen ollessa 0 - 1,0 järvi oli oligotrofinen, 1,0 - 2,0 mesotrofinen ja kun se on suurempi kuin 2,0, on järvi eutrofinen. A/C - suhde vaihteli 1 - 2 välillä ilmentäen siten "mesotrofiaa", kuitenkin muiden indikaattorien perusteella Vuokkijärvi on ollut ennen säännöstelyä oligotrofinen.

Tärkeimmät säännöstelyn aiheuttamat muutokset Vuokkijärven tilassa ovat olleet allohtonisen orgaanisen aineksen (humuksen) määrän kasvu, veden muuttuminen jonkin verran happamammaksi edellisen seurauksena sekä lievä rehevöityminen.

### 3.442 Änättijärvi

Änättijärven on katsottu vastaavan "luonnontilaista" Vuokkijärveä. Änättijärven sedimentissä oli n. 7 cm:n syvyydessä erittäin korkea hehkutushäviö. Tulos ei ehkä johdu orgaanisesta aineksesta, vaan sedimentissä mahdollisesti olleesta saviaineksesta. Samantapainen kerrostuma havaittiin myös Lentuassa. Rauta-mangaanisuhteen kasvu sedimentin yläosassa saattaa johtua rehevyytason kasvusta, sillä sedimentin pintaosassa eutrofian indikaattorien sekä alkalifiilisten levien suhteellinen osuus on suurempi kuin viiden cm:n syvyydessä. Kuitenkaan kyseessä ei ole mikään suuri muutos.

ALHOSEN (1971) mukaan rauta seuraa meikäläisissä järävissä sedimentissä orgaanisen aineen määriä, ja koska rautapitoisuus pysyi Änättijärven sedimentissä miltei vakiona, lienee edellä mainittu hehkutushäviön maksimi muusta kuin orgaanisesta aineksesta peräisin. Mikäli tätä maksimia ei oteta huomioon, on Änättijärvi pysynyt karuna ja muuttumattomana koko profiilia edustavana ajanjaksona lukuun ottamatta ehkä aivan sedimentin pintaosaa.

## 3.443 Lentua

Lentua on luonnontilainen, säännöstelemätön järvi. Kuten edellä todettiin, myös Lentuan pohjasedimentissä oli n. 60 mm syvyydessä hehkutushäviön maksimi. Syynä lienee saviainesta sisältänyt kerros kuten Änättijärvessäkin. Orgaanisen aineksen määrä näyttää Lentuassa pienehkösti hitaasti. Rauta-mangaanisuhde on pysynyt lähes vakiona koko sedimenttiprofiilin edustamana aikana eikä Lentuassa ilmeisesti ainakaan viimeisen kahdensadan vuoden aikana ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

## 3.444 Oulujärvi

Säännöstelyn ohessa Oulujärvi on Kajaani Oy:n sellujätevesien, Kajaanin kaupungin asumajätevesien ja Otanmäen kaivosvesien kuormittama. Tulosten tulkintaa vaikeuttaa se, että ainoastaan Ärjänselältä on laskettu muutama piilevänäyte. Jotta yleensäkin sedimentin avulla voitaisiin tehdä järven aikaisemmista vaiheista varmoja päätelmiä, kemiallisten menetelmien täydennykseksi tulisi selvittää sedimentin piilevästö tai vielä lisäksi kalvoäyriäisten (Cladocera) jäänteet (vrt. ALHONEN 1967, SANDMAN 1974).

Paltaselällä, joka oli tutkituista alueista likaantunein, voitiin 50 mm syvyydestä alkaen todeta rauta-mangaanisuhteen kasvu, mikä saattaisi viitata Kajaani Oy:n lisääntyneeseen kuormitukseen. Yleensä toisen maailmansodan jälkeen puunjalostusteollisuuden tuotanto ja siten myös jätevesikuormitus kasvoi Suomessa voimakkaasti. Hehkutushäviö vaihteli melkoisesti, 60 mm syvyydessä tavattu maksimi saattaa johtua saviaineksesta, koska esimerkiksi raudan määrän vaihtelut olivat vähäiset.

Ärjänselän piilevästöissä valtalajeina olivat asidofiiliset Tabellaria fenestrata ja T. flocculosa sekä alkalifiilinen, kylmiä vesiä suosiva Melosira islandica (e.g. MÖLDER & TYNNI 1967). Sedimentin yläosassa asidofiilisten levien osuus on kasvamassa. Tämä saattaa johtua lisääntyneestä jätevesikuormituksesta.

Niskanselkä edustaa Oulujärven puhtainta aluetta eikä sedimentissä tavattu mitään merkittäviä huippuja.

Materiaalin vähäisyydestä johtuen ei päätelmiä Oulujärven osalta säännöstelyn vaikutuksista voitu tehdä. Ilmeiseltä näyttää, että jätevesien vaikutus peittää säännöstelyn aiheuttamat järvityypissä tapahtuneet muutokset.

### 3.445 Kiantajärvi ja Iso-Pyhäntä

Kiantajärven sedimentissä oli kahden cm:n syvyydestä alkaen todettavissa hehkutushäviön ja rautapitoisuuden nousu. Muuten hehkutushäviö laski alkaen sedimentin alaosasta 30 cm:stä 2 cm:n syvyyteen, mikä viittasi siihen, että järvi on aikaisemmin ollut humuspitoisempi ja myöhemmin humuspitoisuus on vähentynyt. Ilmeisesti säännöstely on Kiantajärvessä kuten myös Vuokkijärvessä uudelleen lisännyt jonkin verran järven humuskuormitusta, joskin on todettava, että nykyisin järvi on silti enintään mesohumoosinen (JÄRNEFELTin 1953 määritelmän mukaan). Fe:Mn-suhde on laskenut syvemmältä pintaa kohti tultaessa, sama ilmiö oli todettavissa Oulujärven puhtaimmassa osassa, Niskanselällä. Tämä ilmentää myös humuskuormituksen vähentymistä aikaisemmasta ja lievää happitilanteen paranemista. Kiantajärvessä näyttää ilmeiseltä, että säännöstelyn seurauksena lisääntynyt orgaanisen aineksen määrä ei ole merkittävästi vaikuttanut happitilanteeseen (lietteen redoxpotentiaaliin). Piilevänäytteiden tutkiminen saattaisi varmentaa edellä esitettyjä päätelmiä.

Ison-Pyhännän sedimentissä orgaanisen aineksen määrä on sedimentin pintaosiin mentäessä vähentynyt, mikä viittaa siihen, että kuten edellinen, järvi on ollut aikaisemmin nykyistä humuspitoisempi. Ison-Pyhännän sedimentissä todettu kokonaisraudan ja -mangaanin minimi 150 - 30 mm:n syvyydessä johtuu ainakin osaksi mineraaliaineksen vastavasta maksimista. Rauta-mangaanisuhteen laskeva suuntaus ilmentää vähentynyttä humuskuormitusta. Pelkästään sedimentin kemiallisten analyysien avulla ei Iso-Pyhännän järvityypissä voida osoittaa säännöstelyn aiheuttamia muutoksia.

### 3.45 P ä ä t e l m i ä

Sedimenttitutkimuksen avulla on voitu todeta, että tutkitulla ilmasto-alueella säännöstely lisäsi eroosion seurauksena järvien humuspitoisuutta (orgaanista kuormitusta) ainakin Vuokkijärvessä ja Kiantajärvessä. Varsinaiset tyypologiset muutokset voitiin varmistaa piilevä-analyysien ja Vuokkijärvessä olikin havaittavissa sekä lievä dystrofioituminen että eutrofioituminen. Metsälannoituksilla lienee myös ollut vaikutus Vuokkijärven sedimentin pintaosaan ja jopa Änättijärveen.

Sedimentaationopeudesta ei ole voitu tehdä kuin epäsuoria päätelmiä, mutta ainakin Oulujärvi ja Kiantajärvi näyttävät olleen n. 300 vuotta sitten (arvioitu sedimentaatio 0,5 mm/v) nykyistä humuspitoisempia. Vastaava näkyi myös muissa tutkituissa järvissä. Humuspitoisuuteen saattaa olla syynä 1600-luvulla vallinnut kylmä ilmastovaihe (DANSGAARD et al 1970, HALLBERG 1974).

Oulujärvessä säännöstelyn vaikutukset järvityyppiin peittyivät likaantumisen vuoksi.

Methodisena seikkana voitiin todeta, että tehtyjen päätelmien varmentamiseksi piilevätutkimus on välttämätön. Lisäksi, kuten mm. Päijänteellä on voitu todeta, tulosten varmentamiseksi tarvittaisiin useita kairauksia, koska mm. sedimentaatio vaihtelee profundaalin alueella (GRANBERG 1972 a). Mikäli jatkotutkimuksissa on atomiabsorptiospektrofotometri käytettävissä, olisi sedimentistä määritettävä myös kupari, molybdeeni ja sinkki. HALLBERGIN (1974) mukaan suhde  $\frac{Cu + Mo}{Zn}$  kuvasti ainakin Itämeressä aikaisemmin vallinnutta redoxpotentiaalia sedimentissä.

## 3.5 SÄÄNNÖSTELYN VAIKUTUKSISTA POHJAELÄIMISTÖÖN

### 3.51 A i n e i s t o j a t u t k i m u s m e n e t e l m ä t

Vuonna 1973 näytteenottoa varten valittiin Vuokkijärveltä ja Änättiltä viisi pohjaeläinlinjaa (kuvat 2 ja 3). Linjojen lähtökohdaksi otettiin yleensä lahden perukka, missä irtainta ainesta oli niin paljon, että Birge-Ekman-pohjanoutimella oli mahdollista ottaa näytteitä.

Seulaston tiheämmän seulan silmäkoko oli 0,5 mm. Birge-Ekman-noutimen ohella kehoitettiin Mordukhai-Boltovskoj-tyypin varrellista putkinoudinta, jossa putken läpimittä oli 60 mm.

Näytteenottosyvyydet ja näytteiden lukumäärä olivat vuonna 1973 seuraavat:

Syvyys m	Änätti	Vuokkijärvi	
	Näytteitä kpl	Syvyys m	Näytteitä kpl
0,5	10	1	5
1,5	10	2	10
2,5	10	3	10
3,5	5	4	10
5,0	10	5	10
10,0	7	6	7
15,0	3	7	4
		8	6
		9	4
		10	2
		11	2
Yht.	55 näytettä	Yht.	70 näytettä

Pohjaeläinnäytteitä kerättiin siten v. 1973 125 kpl. Ensimmäinen näytteenottokierros suoritettiin Änätiltä 10.-15.7.1973, toinen 18.10.-22.11.1973. Vuokin pohjaeläinten näytteenotto tapahtui 26.-28.7.1973 ja 11.-17.12.1973. Yhteen näytteeseen otettiin tavallisesti neljä noutimellista (Änätin toisella kierroksella kolme). Putkinoutimella otettiin Änätiltä ensimmäisen kierroksen syvyyksien 0,5 m ja 1,5 m näytteet suorittamalla näytettä kohti 40 nostoa. Säilöntäaineena käytettiin neutraloitua formalinia.



Vuonna 1974 pohjaeläinnäytteet otettiin seuraavasti:

Vuokki- järvi		Änätti		Oulu- järvi		Kianta- järvi		Iso- Pyhäntä		Lentua	
Syv.m	kpl	Syv.m	kpl	Syv.m	kpl	Syv.m	kpl	syv.m	kpl	syv.m	kpl
1,0	10	0,5	10	1,0	9	1,0	5	1,0	5	0,5	5
2,0	10	1,5	10	2,0	9	1,5	5	1,5	5	1,5	5
3,0	10	2,5	10	3,0	9	2,0	5	2,0	5	2,5	5
4,0	10	3,5	10	4,0	10	2,5	5	2,5	5	3,5	5
5,0	9	5,0	9	5,0	7	3,0	5	3,0	5	5,0	5
6,0	8	7,0	5	6,0	1	4,0	5	4,0	5	7,0	5
7,0	8	10,0	5	7,0	3	5,0	5	5,0	5	10,0	5
8,0	5	15,0	2	10,0	7	7,0	5	7,0	5	15,0	2
9,0	2			11,0	2	10,0	4	10,0	3		
10,0	1			12,0	1	15,0	4	15,0	2		
				14,0	1	20,0	1				
				15,0	5						
				18,0	3						
				20,0	4						
				22,0	1						
				28,0	1						
				30,0	1						
<b>Yht.</b>	<b>73 kpl</b>		<b>61 kpl</b>		<b>74 kpl</b>		<b>49 kpl</b>		<b>45 kpl</b>		<b>37 kpl</b>

Pohjaeläinnäytteitä kerättiin v. 1974 yhteensä 339 kpl. Vuokin ja Änätin osalta pohjaeläinlinjat olivat samat kuin v. 1973. Vuokilta näytteet otettiin 14.-24.6.1974 ja 12.-22.8.1974, Änätiltä 6.-12.6.1974 ja 30.7.-8.8.1974. Kiantajärvestä näytteenotto tapahtui 25.6.-2.7.1974, Iso-Pyhäntäjärvestä 10.-18.7.1974 ja Lentualta 22.-26.7.1974. Oulujärven eri osista otettiin yhteensä 74 näytettä 27.8.-16.9.1974 välisenä aikana.

Reliktiäyriäisten tutkimiseksi kerättiin tutkittavilta järviltä pohjakelkkanäytteitä v. 1974 seuraavalla menetelmällä: Pohjakelkkaa vedettiin veneen perässä 10 - 30 m:n syvyydessä n. 500 m:n matka, jonka jälkeen kelkkaan joutuneet eläimet siirrettiin pulloon. Vetoja suoritettiin Oulujärvestä, Vuokkijärvestä, Änätistä, Lentuasta, Iso-Pyhäntäjärvestä ja Kiantajärvestä yhteensä 30.

Näytteissä esiintyvän hajonnan toteamiseksi jaettiin vuoden 1973 kesänäytteenoton näytteistä 50 kpl osanäytteiksi (2+2 Birge-Ekman-noutimellista, 20+20 putkinoutimellista).

Näytteenoton suoritti pääasiassa Kainuun vesipiiri. Kesällä 1973 näytteenottoon osallistui FK Matti Aunio ja opisk. Heikki Aunio.

Näytteiden poiminta suoritettiin vesipiirin laboratoriossa. Eläinten määritys ja punnitus tapahtui Jyväskylän hydrobiologisessa tutkimuslaitoksessa. Ennen punnitusta eläimistä kuivattiin pintakosteus. Punnitus tapahtui keskimäärin 15 sekunnin kuluttua kuivaamisesta. Määrityksen ja punnitsemisen suorittivat biologian ylioppilaat Tuula Harjula ja Pirkko Selin.

### 3.52 T u l o k s e t

#### 3.521 Osanäytteiden välinen hajonta

Verrattaessa näytteiden puolikkaita toisiinsa todettiin niiden suhteelliseksi keskihajonnaksi 97,4 %. Kahden Birger-Ekman-noston antama kuva pohjaeläinmäärästä on siten täysin riittämätön, kun on kyseessä karu vesi (pieni eläinmäärä) ja pohja-aines on kovaa.

#### 3.522 Pohjaeläinlinjojen sijainti ja pohjan laatu

Linjojen sijainti on esitetty kuvissa 2 - 5.

#### Änätti v. 1973:

Linja I: Pohja-aines oli lähellä rantaa haisevaa orgaanista lietettä, syvemmällä hiesusavea ja tummaa lietettä.

Linja II: Alkupäässä hiekkaa, syvemmällä (5-10 m) savea ja lietettä.

Linja III: Alussa pohja savea, syvemmällä mutaa.

Linja IV: Pohja lähellä vesirajaa hienoa hiekkaa, syvemmällä hiesua, savihiesua ja mutaa.

Linja V: Alussa mutaa, syvemmällä hiekkaa ja hiesua.

#### Änätti v. 1974:

Linja I: Pohja-aines lähellä rantaa hiekkaa ja hiesua, syvemmällä 2,5 m:stä lähtien liejua.

Linja II: 1,5 m:n syvyyteen saakka hiekkaa, syvemmällä liejua.

Linja III: Kesäkuun näytteenotossa pohja-aines lähellä rantaa liejua ja savea, elokuun näytteenotossa hiesusavea, syvemmällä, 2,5 m:stä lähtien liejua.

Linja IV: Lähellä vesirajaa hiekkua, 2,5 - 3,5 m:ssä hiesua, syvemmällä liejua ja mutaliejua.

Linja V: 0,5 m:ssä hiekkua, syvemmällä hiesua ja liejua.

Vuokkijärvi v. 1973:

Linja I: Pohja-aines mutaa.

Linja II: Kolmen metrin syvyyteen saakka hiekkua ja kiviä, syvemmällä hiekkua ja mutaa.

Linja III: Linjan alussa hiekkua ja kiviä, syvemmällä hiekkua ja mutaa.

Linja IV: 1 - 6 m:n syvyydessä hiekkua ja kiviä, syvemmällä mutaa.

Linja V: 1 - 3 m:n syvyydessä turvetta ja mutaa, syvemmällä mutaa.

Vuokkijärvi v. 1974:

Linja I: 1 - 2 m:n syvyydessä turvetta, syvemmällä liejua ja savi-hiesua.

Linja II: Kesäkuussa turvetta 1 m:n syvyydessä, 2 m:ssä soraa, 3 m:stä alaspäin liejua. Elokuussa turvetta 1 - 4 m:ssä, syvemmällä hiekkua ja liejua.

Linja III: Kesäkuussa 1 m:n syvyydessä turvetta, sitten hiekkua, hiesua, savea, soraa ja 6 m:stä lähtien liejua. Elokuussa 5 m:iin saakka hiekkua ja soraa, syvemmällä hiesua ja liejua.

Linja IV: Kesäkuussa 1 - 2 m:ssä, elokuussa 1 - 3 m:ssä turvetta, syvemmällä liejua.

Linja V: 1 - 5 m:n syvyydessä turvetta, syvemmällä liejua.

Kiantajärvi:

Linja I: 1 - 3 m:n syvyydessä hiesua, syvemmällä liejua.

Linja II: 1 - 2,5 m:ssä hiekkua, 3 - 5 m:ssä savihiesua, syvemmällä liejua.

Linja III: 1 - 2 m:ssä hiekkua, 2,5 - 5 m:ssä hiesua, 7 - 15 m:ssä liejua.

Linja IV: 1 - 3 m:ssä hiekkua, syvemmällä hiesua.

Linja V: 1 - 7 m:n syvyydessä soraa, hiekkua ja hiesua, syvemmällä mutaa ja liejua.

Iso-Pyhäntäjärvi:

Linja I: 1 - 2,5 m:ssä hiesua, 3 - 7 m:ssä savea, syvemmillä liejua.

Linja II: 1 - 3 m:ssä hiesua, syvemmillä liejua.

Linja III: 1 m:ssä liejua, 1,5 m:ssä hiekkaa, syvemmillä liejua ja savea.

Linja IV: 1 - 2 m:ssä liejua, 2,5 - 4 m:ssä hiesua, syvemmillä liejua.

Linja V: 1 m:ssä turvetta, 1,5 - 3 m:ssä hiesua, syvemmillä savea ja liejua.

Lentua:

Linja I: 0,5 - 3,5 m:ssä hiekkaa, syvemmillä savea.

Linja II: 0,5 - 5 m:n syvyydessä hiekkaa, syvemmillä hiesua, savea ja liejua.

Linja III: 0,5 - 5 m:ssä hiekkaa, syvemmillä liejua.

Linja IV: 0,5 - 1,5 m:ssä hiekkaa, syvemmillä liejua.

Linja V: 0,5 - 2,5 m:n syvyydessä hiekkaa, 3,5 - 7 m:ssä hiesua, syvemmillä savea ja liejua.

Sokajärvi:

Sokajärven I linjalla pohja oli pääasiassa savea, linjalla II liejua.

Paltajärvi:

Paltajärven näytteenottolinjalla oli 1 m:n syvyydessä turvetta, syvemmillä liejua.

Paltaselkä:

Linja I: 1 - 6 m:n syvyydessä hiekkaa, syvemmillä liejua.

Linja II: 4 - 5 m:n syvyydessä savea, syvemmillä liejua.

Linja III: 1 - 4 m:n syvyydessä hiekkaa ja savea, syvemmillä liejua.

Ärjänselkä:

Linja I: 1 m:ssä turvetta ja hiekkaa, 2 - 10 m:n syvyydessä hiekkaa, hiesua ja savea.

Linja II: 11 m:n syvyydessä hiekkaa, syvemmillä liejua.

Linja III: 1 - 5 m:ssä hiekkaa, syvemmillä liejua.

Niskanselkä:

Linja I: 1 - 5 m:n syvyydessä hiekkaa, syvemmillä liejua.

Linja II: 1 - 5 m:n syvyydessä niekkaa, syvemmillä liejua.

Taulukko 1. Pohjaeläinten dominanssi Änätin ja Vuokkijärven kesä- ja talvinäytteissä 1973

	ÄNÄTTI		VUOKKIJÄRVI	
	Kesä	Talvi	Kesä	Talvi
Nematoda	0,5	+	0,1	
Hirudinea	1,4	+	0,4	
Oligochaeta	10,7	3,6	30,2	8,8
Crustacea	0,5	+		
Ephemeroidea	10,5	24,6		
Trichoptera	1,5	5,2	0,7	0,2
Chironomidae	17,5	34,6	50,5	86,0
Chaoborinae	0,2	0,2	1,1	1,3
Tabanidae	4,6	1,9		
Sialidae	4,7	11,7		
Hydracarina	0,2	0,1	0,7	
Gastropoda	9,5	2,6	1,6	
Pelecypoda	38,2	15,5	14,8	3,7
	100,0	100,0	100,0	100,0

### 3.523 Pohjaeläinlajiston monipuolisuus

Eri pohjaeläinryhmien (-taksonien) keskinäisiä runsaussuhteita tutkittiin dominanssin ja frekvenssin avulla. Dominanssi ilmoittaa, kuinka monta prosenttia tietty taksoni muodostaa esimerkiksi pohjaeläinten biomassasta. Frekvenssi on ilmoitettu samoin prosentteina. Luku ilmoittaa kuinka monessa prosentissa näytteitä taksoni on esiintynyt.

Eri pohjaeläinryhmien dominanssi biomassan suhteen on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Änätissä surviaissääskien (Chironomidae) osuus oli v. 1974 huomattavasti suurempi kuin v. 1973. Simpukat (Pelecypoda) muodostivat v. 1974 surviaissääskien kanssa yhtä suuren osan biomassasta. Vuonna 1974 simpukoiden osuus oli huomattavasti pienempi, samoin päiväkkorentojen (Ephemeroidea), kaislakorentojen (Sialidae) ja kotiloiden (Gastropoda) osuus (vrt. kuvat 15 - 18).

Taulukko 2. Eri pohjueläinryhmien dominanssi eri näytteenotto-  
alueilla v. 1974

	ÄNÄTTI 6-12.6. 30.7- 8.8.	ÄNÄTTI 14-24.6. 12-22.8.	VUOKKI JÄRVI	KIANTA- JÄRVI	ISO- PY- HÄNTÄ	LEN- TUA SELKÄ	NIS- KAN- SELKÄ	ÄRJÄN- SELKÄ	PALTA- SELKÄ	SOKA- JÄRVI	PALTA- JÄRVI
Nematoda	0,1	0,3	0,6	0,9	2,7	0,4	5,4			0,2	0,5
Hirudinea	+		1,7								0,2
Oligochaeta	11,2	18,1	5,2	22,4	22,8	30,3	18,7	6,9	23,4		13,5
Crustacea	0,6		1,8	0,1	0,1			3,7			5,7
Ephemeridae	6,1	8,8	1,1	0,2	1,7			2,7	0,7		
Coleoptera	0,2			0,1							
Plecoptera				+							
Trichoptera	3,0	0,9	4,2	0,8	0,2		1,2	2,3	0,5		0,7
Chironomidae	70,3	61,3	81,3	68,1	65,1	38,3	59,7	43,3	69,7		76,1
Chaoboridae			3,0	1,8				23,1	1,6		0,2
Tabanidae	0,3	0,1									
Sialidae	0,6	0,8		+							
Hydracarina	0,8	1,6	6,2	6,3	5,1	29,1	14,1	13,2	3,1		5,1
Gastropoda	1,5	0,3	0,4	+	1,2						
Pelecypoda	5,2	7,8	2,2	1,1	1,0	1,9	0,9	4,7	0,9		0,2
	99,9	99,9	100,1	99,8	100,0	99,9	100,0	99,9	100,1	100,1	100,1

Taulukko 3. Eri pohjaeläinryhmien frekvenssit (%)  
kesä- ja talvinäytteissä v. 1973

	ÄNÄTTI		VUOKKIJÄRVI	
	Kesä	Talvi	Kesä	Talvi
Nematoda	20	3	4	
Hirudinea	12		11	
Oligochaeta	76	55	70	15
Crustacea	4	3		
Ephemeroidea	40	55		
Trichoptera	20	39	4	3
Chironomidae	88	93	93	77
Chaoborinae	12	3	7	15
Tabanidae	8	7		
Sialidae	12	7		
Hydracarina	32	10	33	8
Gastropoda	36	38	19	
Pelecypoda	80	55	48	8

Vuokkijärven tulokset muistuttivat vuosina 1973 ja 1974 huomattavasti toisiaan. Huomattavimman osan biomassoista kumpanakin vuonna muodostivat surviaissääsken toukat ja harvasukamadot (Oligochaeta). Änätissä biomassaa muodostui useammista pohjaeläinryhmistä kuin Vuokkijärvessä. Taksoneita tavattiin Änätistä 14, Vuokkijärvestä 10 (vrt. kuvat 19-22).

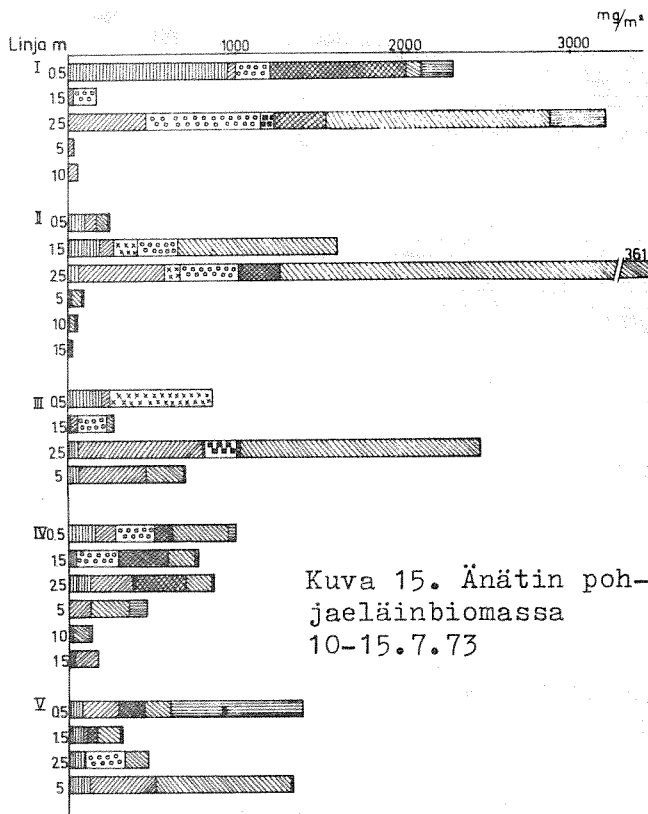
Muista järvistä kerätyn aineiston perusteella ei dominanssissa voitu osoittaa merkittäviä eroja luonnontilaisten ja säännösteltyjen järvien välillä. Eroja saattaa olla lajitasolla, mihin tässä tutkimuksessa ei pyritty (vrt. kuvat 23-30).

Änätin pohjaeläinfrekvensseissä oli joitakin eroavaisuuksia vuosien 1973 ja 1974 välillä. Päivänkorentojen (Ephemeroidea) ja vesiperhostoukkien (Trichoptera) samoin kuin kotiloiden (Gastropoda) ja simpukoiden (Pelecypoda) frekvenssi oli v. 1974 tuntuvasti pienempi kuin vuonna 1973. Ero saattaa johtua vuosien välisistä eroista, koska kesät 1973 ja 1974 olivat hyvin erilaiset. Mahdollista on myös, että eroja on syntynyt eläinten poimintavaiheessa (taulukot 3-4).

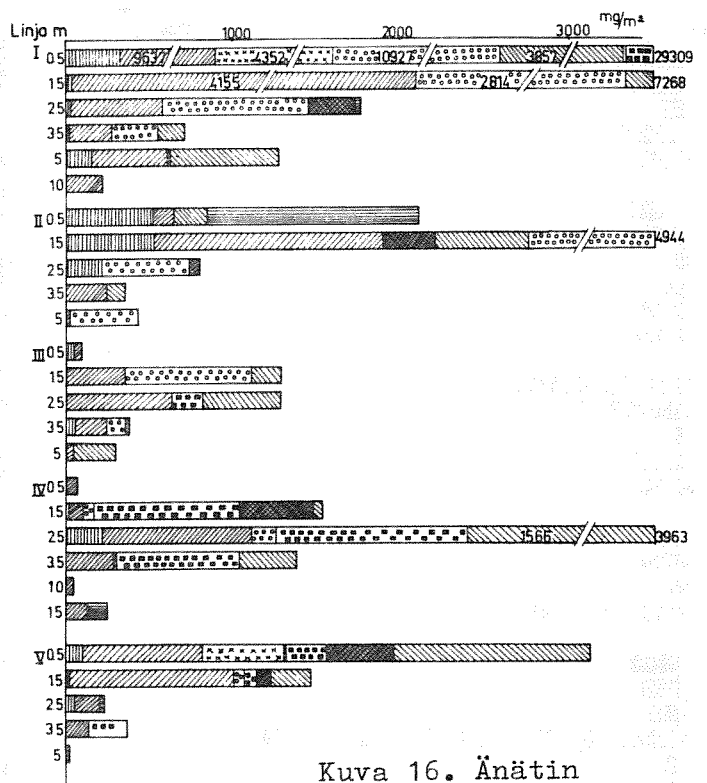
Taulukko 4. Pohjaeläinryhmien frekvenssit (%)  
eri vesistöissä vuonna 1974

	ANATTI		VUOKKI		ISO- PY- HÄNTÄ	LEN- TUA	KIAN- TA- JÄRVI	NISKAN- SELKÄ	ARJAN- SELKÄ	PALTA- SELKÄ	PALTA- JÄRVI	SOKA- JÄRVI
	6-12.6.	30.7-8.8.	14-24.6.	12-22.8.								
Nematoda	3	9	3	3	7	22	14	7	10		13	13
Hirudinea	3		3				2				13	
Oligochaeta	44	59	17	44	64	54	51	53	40	43	75	88
Crustacea	3		2				6			19	25	
Ephemeridae	25	34			7	11	6			19		13
Odonata	3				2							
Plecoptera						3						
Trichoptera	13	13		12	16	5	4		5	10	13	13
Chironomidae	97	84	93	88	89	78	96	60	80	90	100	100
Chaoborinae			5		2		2			29	25	13
Tabanidae	6	3										
Sialidae	9	9			2							
Hydracarina	3	22	22	38	29	24	43	67	45	57	25	25
Gastropoda	13	6	5	16	4	14	14					
Pelecypoda	34	34	15	25	22	16	32	20	5	24	13	25

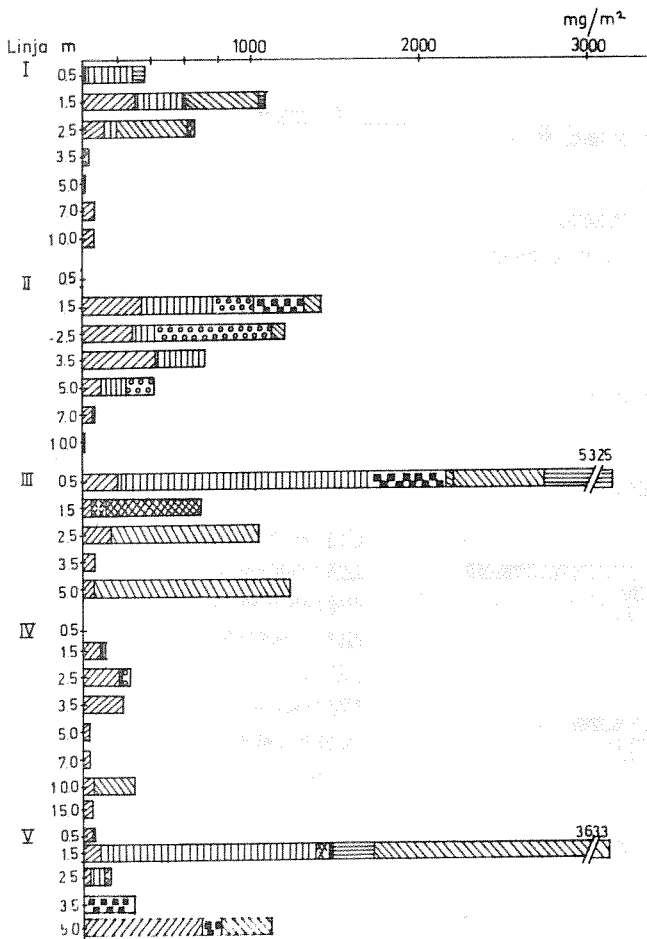




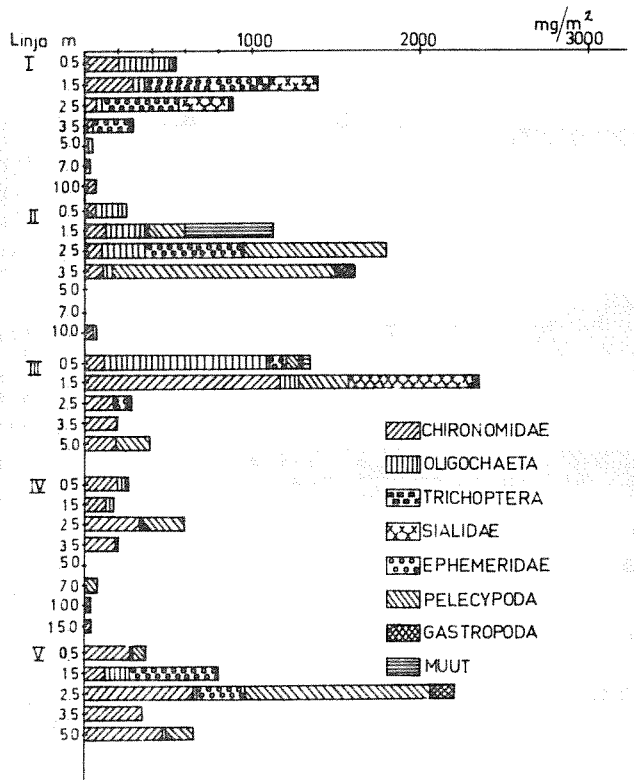
Kuva 15. Änätin pohjaeläinbiomassa 10-15.7.73



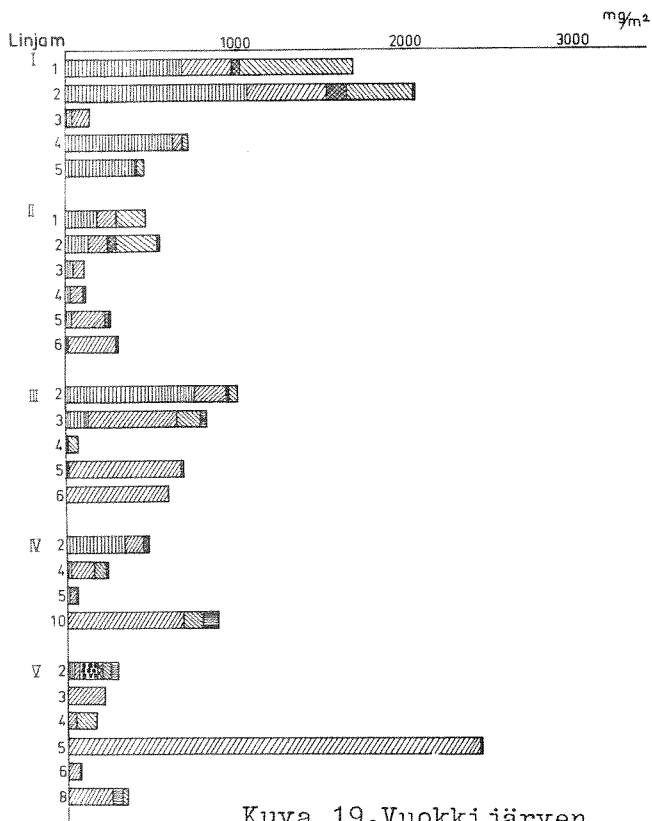
Kuva 16. Änätin pohjaeläinbiomassa 18.10 - 22.11.73



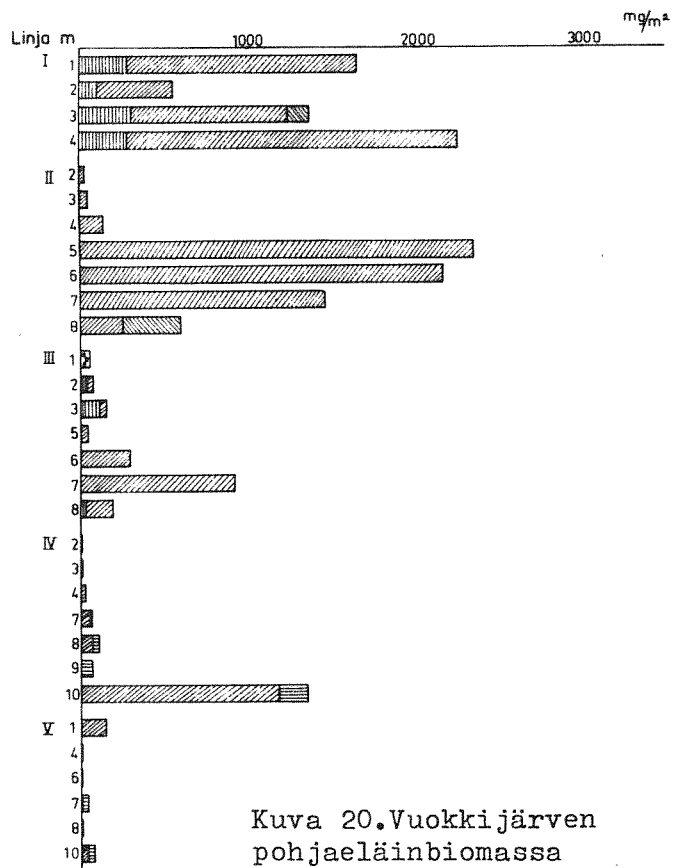
Kuva 17. Änätin pohjaeläinbiomassa 6 - 12.6.74



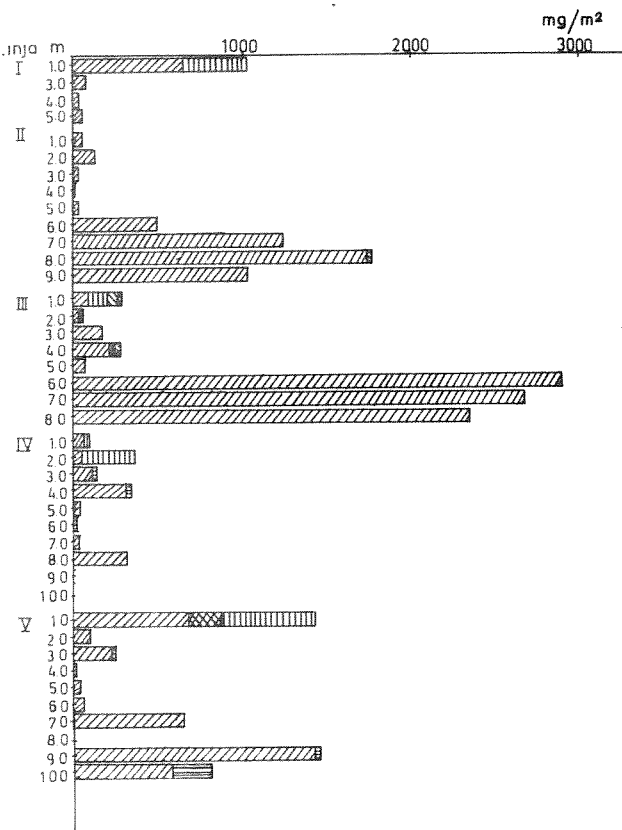
Kuva 18. Änätin pohjaeläinbiomassa 30.7-8.8.74



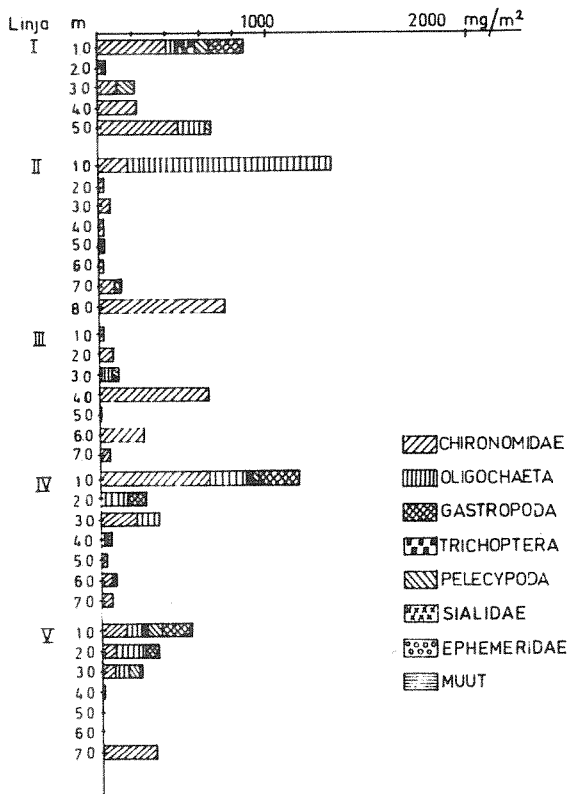
Kuva 19. Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa 26-28.7.1973



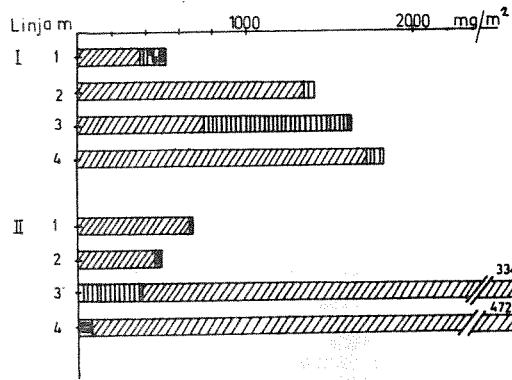
Kuva 20. Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa 11-18.12.73



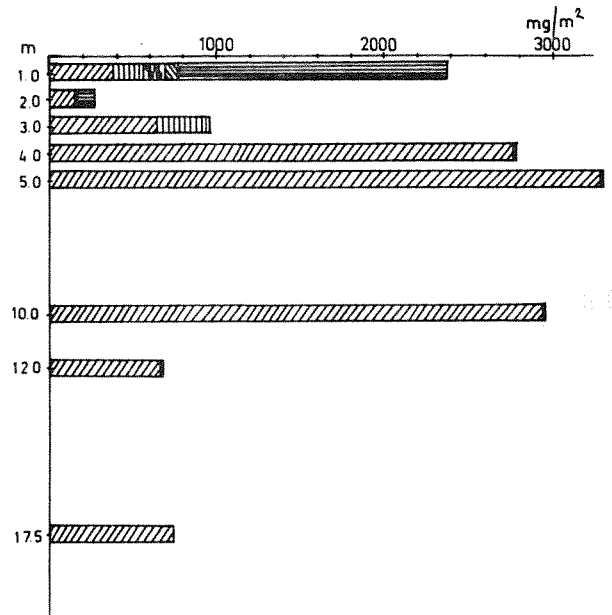
Kuva 21. Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa 14-24.8.74



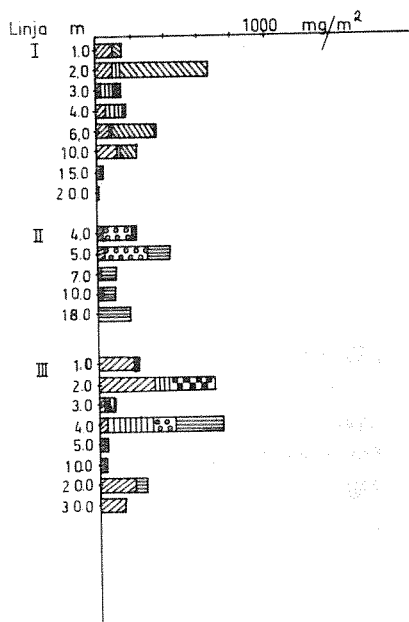
Kuva 22. Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa 12-22.8.74



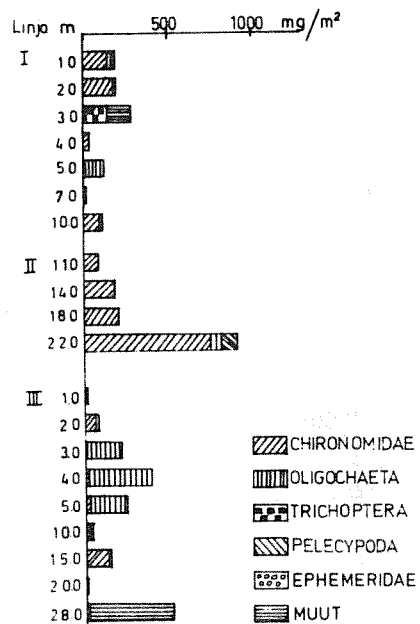
Kuva 23. Sokajärven  
pohjaeläinbiomassa  
3-4.9.74



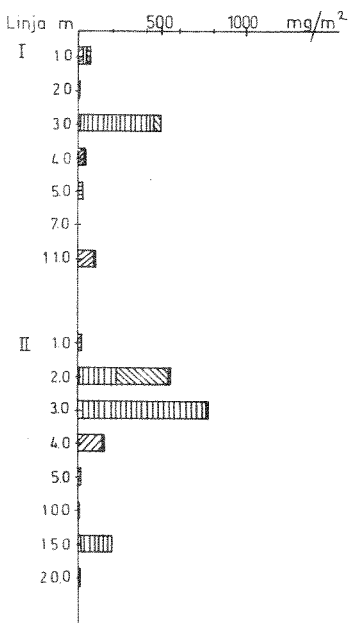
Kuva 24. Paltajärven  
pohjaeläinbiomassa  
13.9.74



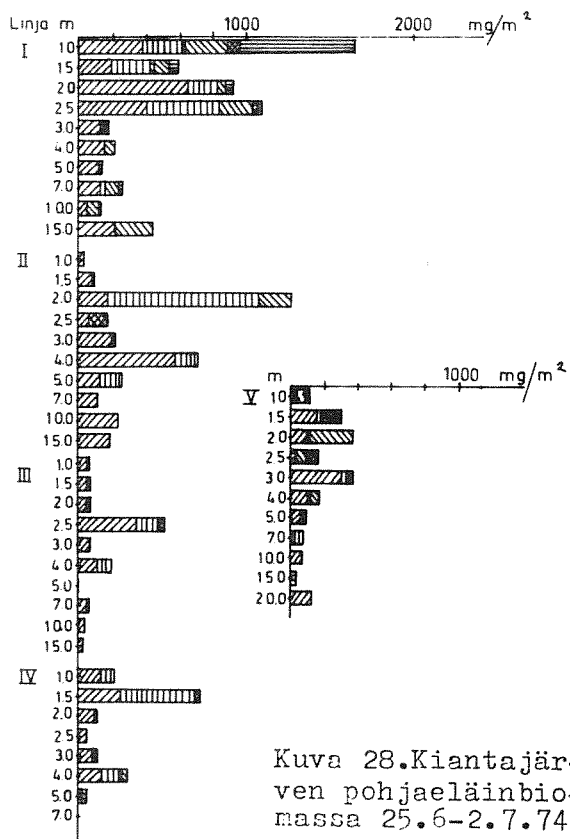
Kuva 25. Oulujärven  
Paltaselän pohjaeläinbiom.  
4-16.9.74



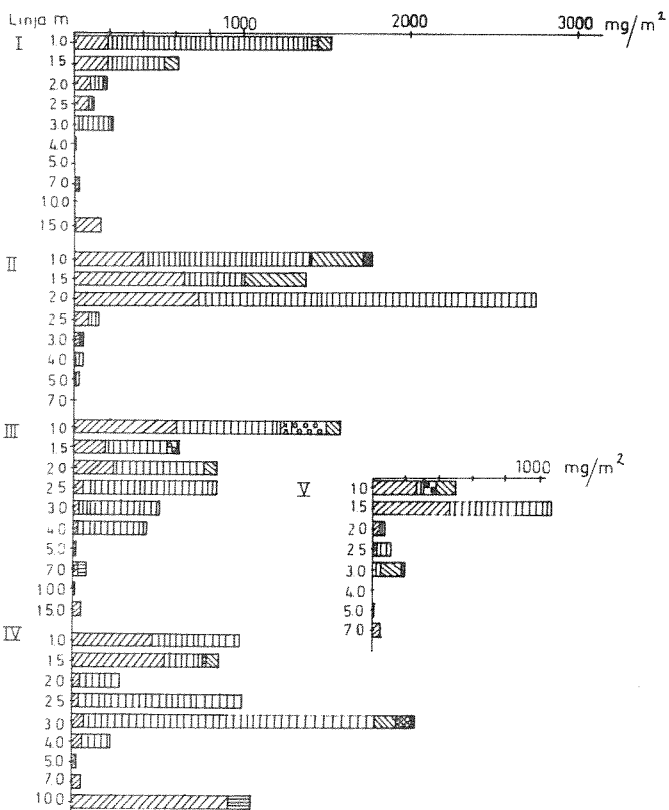
Kuva 26. Oulujärven  
Ärjänselän pohjaeläinbiom.  
27-29.8.74



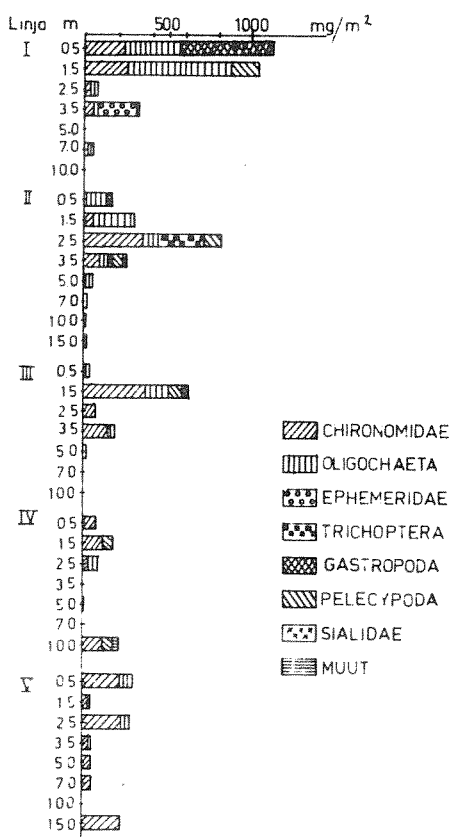
Kuva 27. Oulujärven  
Niskanselän pohjaeläinbiom.  
30.8-2.9.1974



Kuva 28. Kiantajärven pohjaeläinbiomassa  
25.6-2.7.74



Kuva 29. Iso-Pyhäntäjärven pohjaeläinbiom.  
10-18.7.74



Kuva 30. Lentuan pohjaeläinbiomassa  
22-26.7.74

Vuokkijärven pohjaeläinfrekvensseissä ei ole merkittäviä eroja vuosien 1973 ja 1974 välillä. Päivänkorenon ja kaislakorenon toukat puuttuivat Vuokkijärven pohjafaunasta täysin. Lähes merkityksettömiä näyttivät aineiston mukaan olevan myös sukkulamadot (Nematoda), juotikkaat (Hirudinea), äyriäiset (Crustacea), vesiperhostoukat (Trichoptera) ja paarmantoukat (Tabanidae) (taulukot 3-4). Lajisto näyttää siten karstiutuneen säännöstelyn vaikutuksesta.

Muut järvet olivat pohjaeläinfrekvenssin suhteen aineiston perusteella hyvin samanlaisia. Oulujärven Niskanselkä ja Ärjänselkä erosivat muista havaintopaikoista taksonien pienen lukumäärän vuoksi. Tähän rannan kuluneisuudella on oma vaikutuksensa. Oulujärven suurten selkien pohjaeläimistön vertailu muihin vesiin on vaikeata, koska säännöstellyn järven rantaerosio aiheutuu osaksi aallokosta, joka Oulujärvellä lienee merkittävä tekijä. Niskanselän ja Ärjänselän alueella näyttävät puuttuvan samat pohjaeläinryhmät kuin Vuokkijärvestä: päivänkorenon, sudenkorenon, paarman ja kaislakorenon toukat, Niskanselän ja Ärjänselän lajistosta puuttuivat myös seuraavat ryhmät: juotikkaat, äyriäiset, sulkahyttystoukat (Chaoborinae) ja kotilot. Sulkahyttystoukkia lukuun ottamatta kaikki ryhmät elävät normaalisti korkeintaan muutaman metrin syvyydessä. Siten ne ovat herkempiä myös säännöstelyn vaikutuksille (vrt. GRIMÅS 1962 ja 1965). Samaan ryhmään kuuluvat myös vesiperhostoukat (Trichoptera), jotka puuttuivat lähes kokonaan Ärjänselän-Niskanselän alueelta (taulukko 4).

Oulujärven pohjaeläimistöön vaikuttaa, paitsi säännöstely, myös likaantuminen. Voimakkaampana se tuntuu Sokajärven ja Paltajärven alueella, osittain Paltaselällä ja Ärjänselällä saakka. Niskanselän voidaan katsoa olevan vedenlaadultaan lähes luonnontilaisen. Pohjaeläinten domnanssiin likaantuminen on vaikuttanut surviaishyttystoukkien määrää lisäävästi (taulukko 2). Toisaalta ravinnon lisääntymisen ansiosta taksonien luku on likaantuneella alueella korkeampi kuin Ärjänselän - Niskanselän alueella. (Hirudinae, Crustacea: Paltajärvessä Asellus aquaticus, Paltaselällä Asellus ja Pontoporeia affinis, Ephemerae, Trichoptera, Chaoborinae).

Taksonien luku oli Oulujärven eri osissa seuraava (suluissa näytemäärä):

Sokajärvi	8 (8)
Paltajärvi	9 (8)
Paltaselkä	8 (21)
Ärjänselkä	6 (20)
Niskanselkä	5 (15)

Näytemäärä korostaa jossain määrin taksonien määrässä todettavaa eroa, koska likaisimmalta alueelta näytteitä on otettu vähiten.

Sedimentin pinnalla ja väiittömästi sedimentin yläpuolella elävien eläinten tutkimiseksi otettiin tutkittavista vesistä yhteensä 30 pohjakelkkanäytettä. Pääasiassa pyrittiin selvittämään äyriäislajistoa. Suurehkot äyriäiset, kuten Mysis, Pontoporeia, Gammarus ja Pallasea ovat tärkeitä kalanravintoa. Useiden lajien kantojen on todettu romah-  
taneen säännöstelyn alettua (DAHL 1926, NILSSON 1964).

Pohjakelkkanäytteistä tavattiin suhteellisen runsaasti varsinaisia pohjasedimentissä eläviä lajeja kuten surviaishyttystoukkia (Chironomidae) ja harvasukamatoja (Oligochaeta). Samoin tavattiin jossain määrin simpukoita (Pelecypoda), kotiloita (Gastropoda), sulkahyttystoukkia (Chaoborinae) ja vesipunkkeja (Hydracarina). Äyriäisistä tavattiin ainoastaan Mysis relictaa seuraavasti:

	runsaus
Änätti	-
Vuokkijärvi	-
Kiantajärvi	-
Iso-Pyhäntäjärvi	yleinen
Lentua	-
Niskanselkä	yleinen
Ärjänselkä	yleinen
Paltaselkä	yleinen

Aineiston perusteella ei voida todeta lajistossa säännöstelyn aiheuttamia muutoksia.

## 3.524 Pohjaeläimistön biomassa

Eläinten biomassa on ilmoitettu tuorepainona. Suoraan tuorepainopunnitukseen liittyy monia virhetekijöitä. Niistä huomattavin on pintakosteuden vaihteleva osuus. Kuivapainopunnitukseen ei kuitenkaan katsottu voitavan mennä, koska kerätty materiaali haluttiin säilyttää mahdollista myöhemmin suoritettavaa tarkempaa määrittystä varten.

Änätti

Änätin pohjaeläinbiomassa eri linjoilla ja eri syvyyksissä on esitetty kuvissa 15 - 18 ja taulukoissa 5 ja 7. Näytteiden keskiarvon keski-  
virhe oli suurin 0,5 m:n näytteissä, joissa sen todettiin aiheutuvan lähinnä pohjan laadusta. Pohjan laatu ja biomassa korreloivat keskenään erittäin merkitsevästi siten, että eniten pohjaeläimiä tavattiin liejupohjalta, vähiten hiekkapohjalta. Saman suuntaisesti vaikutti noutimella saadun näytteen koko. Koska pehmeältä liejupohjalta on mahdollista saada täydet näytteet, muodostuu pohjaeläinmäärä vielä suuremmaksi kuin pohjanlaatu sinänsä edellyttää.

Suurin pohjaeläinbiomassa todettiin molempina tutkimusvuosina 3 m:n yläpuolella. Biomassa pieneni seitsemään metriin saakka (kuvat 31-32). Pohjan laadulla ei tässä näyttänyt olevan merkitystä. Pohjan laatu muuttui syvemmälle mentäessä hienojakoisemmaksi muta- tai liejupohjaksi. Ainoa biomassaan vaikuttava parametri näytti olevan syvyys seurannaisilmiöineen (valo ym.). Elokuussa 1974 syvyys ja pohjaeläinbiomassa korreloivat keskenään melkein merkitsevästi ( $r = 0,43$ )<sup>x</sup> kesäkuussa 1974 ainoastaan suuntaa antavasti.

Vuokkijärvi

Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa eri näytteenottokerroilla ja eri syvyyksissä on esitetty kuvissa 19-22; 31-32 ja taulukoissa 6 ja 8. Verrattaessa saatuja tuloksia Änätin tuloksiin voidaan pohjaeläin-  
koostumuksesta todeta, että Vuokkijärvessä, päinvastoin kuin Änätissä, valtaosan pohjaeläinbiomassasta muodostivat surviissääskitoukat (Chironomidae). Lajistossa on siten tapahtunut samanlainen muutos muista, kalanravintona tärkeistä ryhmistä (Crustacea, Ephemeroptera, Trichoptera, Megaloptera: Sialis) kalojen vaikeasti tavoitettavissa oleviin surviäissäskiin. Muutos on samanlainen kuin GRIMÄS:n

(1962, 1965) ja NENOSSEN (1971) toteama.

Taulukko 5. Änätin pohjaeläinbiomassa ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) eri havaintopaikoilla v. 1973

	Linja						X	
	syvyys m	I	II	III	IV	V		
10.-15.7.1973	0,5	2313	238	961	1000	1399	1182	+ 339
	1,5	185	1610	277	763	320	631	+ 264
	2,5	3211	3612	2457	867	474	2124	+ 625
	5,0	32	99	698	472	1348	530	+ 238
	10	57	48		132		79	+ 27
	15		25		173		99	+ 74
18.10.-21.11.1973	0,5	29309	2108	94	69	3115	6939	+5623
	1,5	7267	4944	1283	1536	1459	3298	+1204
	2,5	1770	800	1280	3963	227	1608	+ 642
	3,5	716	356	397	1374	366	642	+ 195
	5,0	1277	430	297		17	404	+ 233
	10	226			42		89	+ 69
	15				241		241	-

Taulukko 6. Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) eri havaintopaikoilla v. 1973

	Linja						X	
	syvyys m	I	II	III	IV	V		
26.-28.7.1973	1	1703	470				1086	+ 616
	2	2076	543	1008	486	293	881	+ 321
	3	141	110	822	-	218	258	+ 145
	4	724	112	64	234	168	260	+ 119
	5	470	256	686	57	2454	785	+ 430
	6		307	597		76	327	+ 151
	8					345	345	-
	10				889		889	-
	11.-17.12.1973	1	1651		51		146	369
2		550	27	75	5		131	+ 105
3		1362	46	150	6		313	+ 264
4		2255	138		26	3	484	+ 443
5			2344	47			598	+ 582
6			2164	293		2	615	+ 521
7			1454	915	63	39	618	+ 345
8			596	186	100	1	221	+ 131
9					64		64	-
10					1344	72	708	+ 636

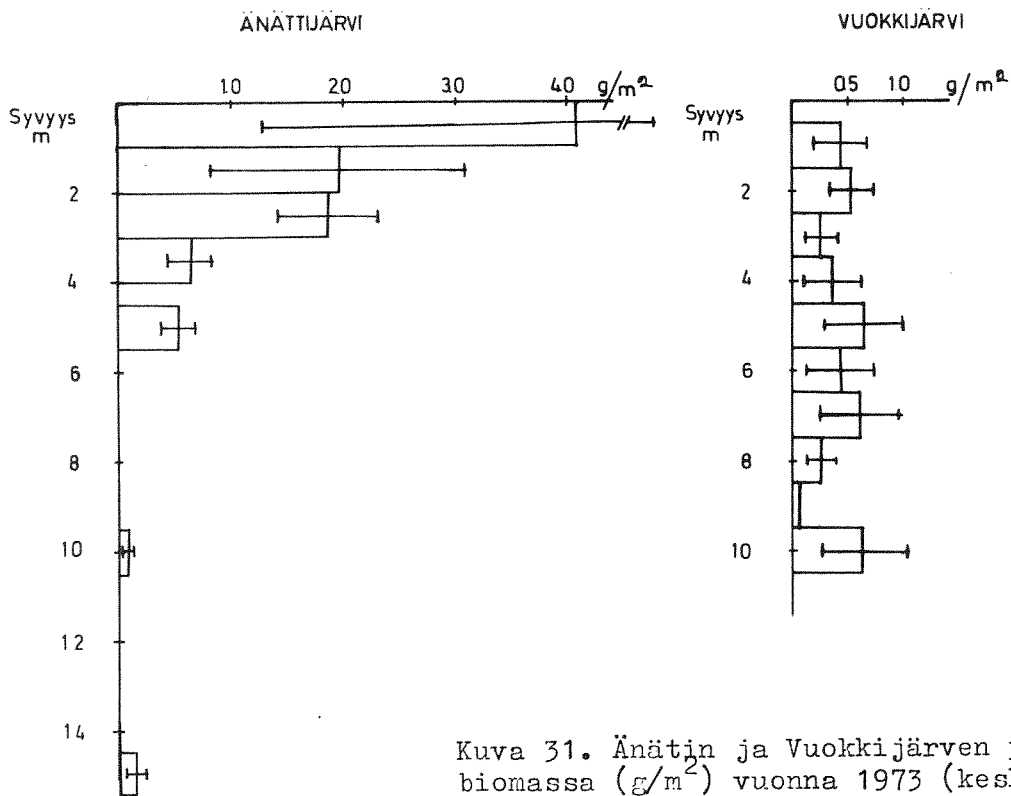


Taulukko 7. Änättijärven pohjaeläimistön tuorepainobiomassa ( $\text{mg}/\text{m}^2$ )  
kesä-elokuussa 1974 kerätyn aineiston perusteella

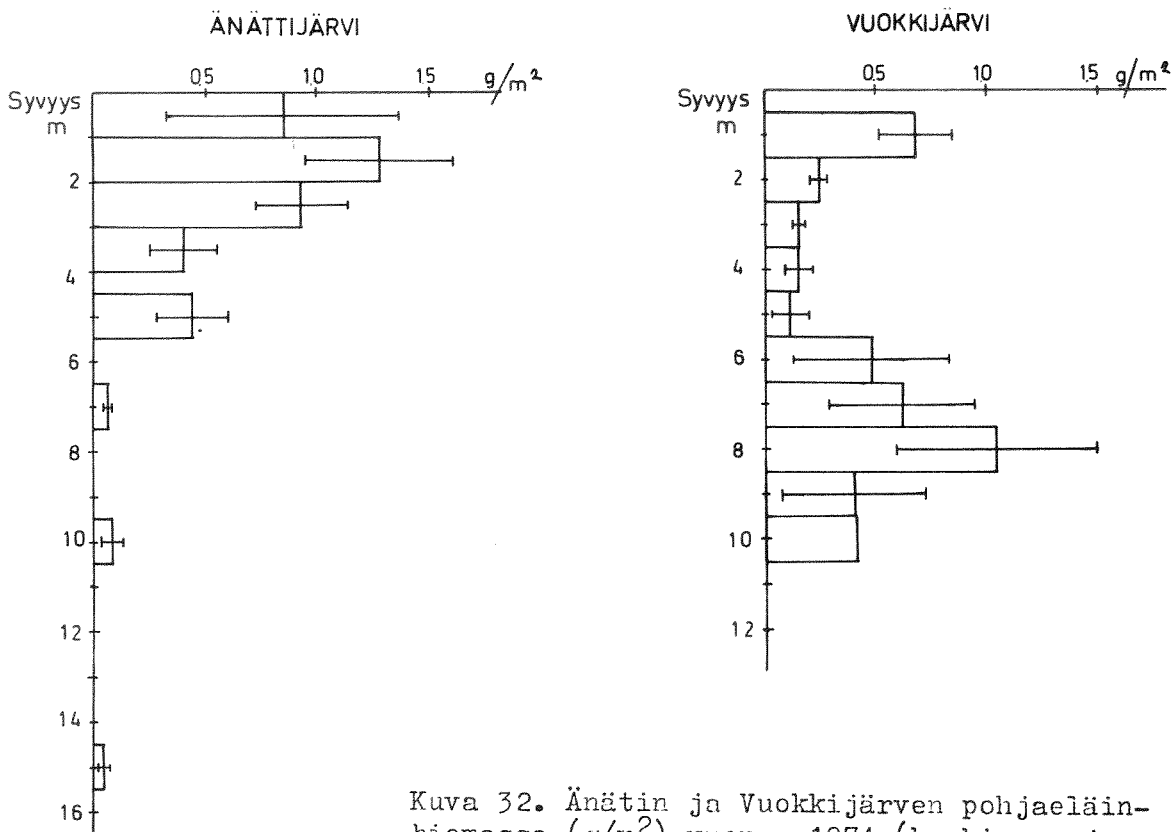
		Linja								
		m	I	II	III	IV	V	$\bar{X}$		
6.-12.6.1974	syvyys m	0,5	370	-	5324	4	5	1139	+	1048
		1,5	1088	1423	705	136	3632	1396	+	598
		2,5	675	1207	1046	280	161	673	+	205
		3,5	33	729	66	240	314	276	+	125
		5,0	19	424	1241	42	1126	570	+	261
		7,0	78	73		43		65	+	11
		10,0	66	6		308		127	+	92
		15,0				73			-	
30.7.-8.8.1974	syvyys m	0,5	556	257	1342	255	349	552	+	205
		1,5	1396	1130	2355	170	792	1169	+	360
		2,5	886	1807	277	589	2201	1152	+	366
		3,5	295	1617	196	194	317	524	+	274
		5,0	53	70	387	-	641	230	+	123
		7,0	30			72		51	+	21
		10,0	68			27		48	+	20
		15,0				31		31	-	

Taulukko 8. Vuokkijärven pohjaeläimistön tuorepainobiomassa ( $\text{mg}/\text{m}^2$ )  
kesä-elokuussa 1974 kerätyn aineiston perusteella

		Linja								
		m	I	II	III	IV	V	$\bar{X}$		
14.-24.6.1974	syvyys m	1,0	1022	44	277	83	1424	570	+	277
		2,0	63	126	55	358	90	138	+	56
		3,0	28	24	160	125	237	115	+	41
		4,0	48	4	277	334	8	134	+	71
		5,0	-	24	60	31	32	37	+	8
		6,0		492	2897	12	54	863	+	686
		7,0		1239	2674	26	641	1145	+	567
		8,0		1810	2350	301	-	1115	+	571
		9,0		1030		-	171	400	+	319
		10,0				-	801	400	+	400
12.-22.8.1974	syvyys m	1,0	867	1381	26	1179	535	797	+	240
		2,0	59	32	78	264	328	152	+	60
		3,0	212	75	106	343	231	193	+	48
		4,0	122	25	643	57	9	171	+	120
		5,0	670	32	4	27	-	146	+	131
		6,0		32	256	83	-	93	+	57
		7,0		120	57	59	160	99	+	25
		8,0		741				741	-	



Kuva 31. Änätin ja Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) vuonna 1973 (keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe)



Kuva 32. Änätin ja Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) vuonna 1974 (keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe)

Pohjaeläinten vertikaalijakautuminen oli Vuokkijärvässä olennaisesti erilainen verrattuna Änätin "normaaliin" vertikaalijakautumiseen. Vuonna 1973 selvää maksimia ei ollut todettavissa. Se aiheutui todennäköisesti suhteellisen myöhään ajankohtaan (heinäkuun lopulle) tapahtuneesta näytteenotosta. Surviaissääskien koteloituminen ja poistuminen sedimentistä tapahtuu suureksi osaksi kesäkuussa. Surviaissääskitoukkien maksimi jäi siten toteamatta. Vuonna 1974 surviaissääskitoukkia tavattiin eniten säännöstelyvyöhykkeen alapuolella > 6 m:n syvyydessä, missä pohja oli mutaa tai liejua. Todennäköistä on, että säännöstelyvyöhykkeen alapuolelle on valunut suuri osa säännöstelyvyöhykkeen orgaanisesta aineksesta ja elinolosuhteet ovat tässä syvyydessä surviaissääskitoukkille paremmat kuin esimerkiksi Änätissä. Elokuun 1974 näytteenoton aikaan vesi oli Vuokkijärvässä niin korkealla, että 1 m:n näytteet otettiin vähän kuluneesta turpeesta. Tästä syvyydestä saatiinkin elokuussa 1974 lähes poikkeuksetta linjan korkein pohjaeläinmäärä. Tulos sotki jossain määrin pohjaeläinten vertikaalijakautumisesta saatavaa kuvaa.

Änätin ja Vuokkijärven pohjaeläinbiomassoja vertailtiin syvyystasoit-  
tain vuoden 1974 aineistosta. Koska yksityiseen tulokseen vaikuttavat  
sekä näytteenotossa että analysoinnissa useat virhetekijät, ja aineisto  
oli lisäksi suppea, käytettiin vertailussa ei - parametristä Mann -  
Whitneyn U - testiä (MÄKINEN 1974). Testin avulla tutkittiin, eroa-  
vatko joidenkin syvyyksien biomassat järvissä merkitsevästi. Tulos  
oli seuraava (Vuokkijärven biomassa = A, Änättijärven biomassa = B):

1 m	ero ei merkitsevä
2 m	A < B 1 %:n riskillä
3 m	A < B 1 %:n riskillä
4 m	A < B 5 %:n riskillä
5 m	5 %:n riskillä
6 m	ero ei merkitsevä
7 m	A > B 11 %:n riskillä

Vertailtaessa järviä vuosien 1973-1974 aineiston perusteella saatiin  
seuraavat tulokset:

1 m	A < B 2,5 %:n riskillä
2 m	A < B 2,5 %:n riskillä
3 m	A < B 1 %:n riskillä
4 m	A < B 1 %:n riskillä
5 m	A < B 5 %:n riskillä
6 m	ei merkitsevää eroa

Vuokkijärven pohjaeläinbiomassa on siten käytetyllä testillä testattuna 1 - 5 m:n syvyydessä merkitsevästi pienempi kuin Änättijärven biomassassa. 6 metrin syvyydessä ei todettu merkitsevää eroa. 7 metrin syvyydessä Vuokkijärven biomassassa oli verrattain korkealla riskitasolla. Änätin biomassaa suurempi.

#### Kiantajärvi, Iso-Pyhäntäjärvi ja Lentua

Lentuan ja Kiantajärven biomassoja vertailtiin samoin Mann - Whitneyyn U-testillä. 1 - 2,5 m:n näytteissä ei todettu merkitsevää eroa, 4 m:n biomassassa oli Kiantajärvestä 5,5 %:n riskillä suurempi kuin Lentuassa, 5 - 7 metrissä 8,2 - 9,5 %:n riskillä suurempi kuin Lentuassa.

Iso-Pyhäntäjärven pohjaeläinbiomassa oli 1 metrin ja 1,5 metrin syvyydessä 3,2 %:n ja 2,5 %:n riskillä suurempi kuin Lentuan. Syvemmällä merkitsevää eroa ei ollut. Lentuan biomassassa oli pieni lähinnä siksi, että kaikki linjat lähtivät hiekkapohjalta. Iso-Pyhäntäjärven linjojen pohjan laatu oli eläimille edullisempi (taulukot 9 ja 11).

Kiantajärven ja Iso-Pyhäntäjärven pohjaeläimistössä on aineiston perusteella voitu todeta säännöstelyn aiheuttamia muutoksia.

#### Oulujärvi

Oulujärven Niskanselän ja Ärjänselän pohjaeläinbiomassa oli samaa luokkaa kuin Lentuan. Vain 1 m:n syvyydessä biomassassa oli Lentuassa 6 %:n riskillä suurempi.

Taulukko 9. Kiantajärven ja Iso-Pyhäntäjärven pohjaeläinbiomassa (mg/m<sup>2</sup>) eri havaintopaikoilla v. 1974.

Kiantajärvi 25.6. - 2.7.1974

Syvyys m	Linja					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
1,0	1648	29	63	207	104	410 + 311
1,5	589	84	69	729	291	352 + 133
2,0	923	1270	73	109	371	549 + 236
2,5	1099	170	507	49	168	399 + 191
3,0	175	200	77	116	367	187 + 50
4,0	210	714	192	283	167	313 + 102
5,0	137	256	6	50	93	108 + 43
7,0	255	109	63	-	74	100 + 43
10,0	122	231	41		64	115 + 42
15,0	436	187	27		30	170 + 96
20,0					126	126 -

Iso-Pyhäntäjärvi 10. - 18.7.1974

Syvyys m	Linja					$\bar{X}$
	I	II	III	IV	V	
1,0	1523	1780	1597	999	507	1281 + 233
1,5	623	1375	635	878	1071	915 + 142
2,0	189	2758	850	285	76	832 + 500
2,5	107	142	856	1014	116	447 + 201
3,0	225	50	513	2045	199	606 + 367
4,0	2	45	441	230	-	144 + 86
5,0	-	29	19	28	6	16 + 6
7,0	21	-	82	55	22	36 + 14
10,0	-		9	1063		357 + 353
15,0	154		41			98 + 57

Taulukko 10. Oulujärven Ärjänселän ja Niskansелän pohjaeläinbiomassa (mg/m<sup>2</sup>) eri havaintopaikoilla v. 1974

		Ärjänселkä 27. - 29.8.1974				Niskansелkä 30.8.			
Syvvyys m	I	Linja		III	$\bar{X}$	I	Linja		$\bar{X}$
		II	III				I	II	
1	181		9		95 +	71	22		47 +
2	192		81		137 +	11	558		285 +
3	274		210		242 +	494	778		636 +
4	33		391		212 +	44	161		103 +
5	112		243		177 +	25	19		22 +
7	1				1 -	1			1 -
10	109		37		73 +		7		7
11		82			82	101			101
14		185			185		202		202
15			157		157		16		16
18		209			209				
20			5		5				
22		903			903				
28			519		519				



Oulujärven eri osien näytteiden biomassakeskiarvot olivat seuraavat:

Niskanselkä	142 mg/m <sup>2</sup>
Ärjänselkä	214 "
Paltaselkä	227 "
Paltajärvi	1760 "
Sokajärvi	1830 "

Lentuan vastaava arvo oli 176 mg/m<sup>2</sup> (vrt. taulukot 10 ja 11). Sokajärven ja Paltajärven pohjaeläinbiomassa on siten n. 10-kertainen Oulujärven puhtaimman osan Niskanselän biomassaan verrattuna.

### 3.525 Yhteenveto

Pohjan laatu näytelinjoilla vaihteli jossain määrin järvien välillä. Änättijärvessä ja Vuokkijärvessä eri pohjatyypit olivat edustettuina melko tasapuolisesti lukuun ottamatta Vuokkijärven vuoden 1974 näytteenottoa, jolloin kaikki 1 m:n näytteet otettiin turpeesta. Kiantajärven ja Lentuan karuilta pohjatyypeiltä otetut näytteet olivat todennäköisesti juuri pohjan laadun vuoksi biomassaltaan pienempiä kuin Änättijärven. Iso-Pyhäntäjärven linjojen pohjan laatu oli keskimäärin organismeille edullisempi kuin Kiantajärven ja Lentuan. Biomassat eivät siten ole keskenään suoraan vertailtavissa. Sen sijaan pohjaeläinten vertikaalijakautuminen kussakin järvessä antaa kuvan säännöstelyn vaikutuksista, samoin pohjaeläinkoostumus.

Selvimmin säännöstely oli vaikuttanut Vuokkijärven pohjaeläimistöön. Pohjaeläinmäärä oli pienin säännöstelyvyöhykkeessä. Kiantajärvessä maksimi oli samoin säännöstelyvyöhykkeen alapuolella, mutta erot säännöstelyvyöhykkeen arvoihin olivat niin pienet, ettei päätelmiä säännöstelyn vaikutuksista voi aineiston perusteella tehdä. Vertailu Lentuan tulosten kanssa selvitti, tosin korkealla riskitasolla, että säännöstelyvyöhykkeen alapuolella pohjaeläinmäärä oli korkeampi kuin Lentuassa. Iso-Pyhäntäjärven pohjaeläinbiomassan maksimi oli ylimmässä, 1 metrin näytteessä. Säännöstelyn vaikutuksia ei ollut havaittavissa.

Oulujärven ja sen lahtien pohjaeläinbiomassan maksimi oli säännöstelyvyöhykkeen alapuolella lukuun ottamatta Paltaselkää, jossa maksimi sijaitsi 2 m:n syvyydessä. Likaantuneisuuden vaikutukset pohjaeläinten vertikaalijakautumiseen ilmenivät lähinnä syvänteiden suhteellisesti korkeina biomassoina (esim. Ärjänselkä) sekä kaikkien syvyyksien



absoluuttisesti korkeina biomassa-arvoina likaantuneella alueella Sokajärvi-Paltaselkä. Aineiston suppeuden ja suuren hajonnan vuoksi vertikaalijakautumisessa todettiin tilastollisesti merkitsevä ero Oulujärven ja Lentuan välillä vain 1 metrin syvyydessä.

Lajistollisesti todettiin eroja lähinnä Änättijärven ja Vuokkijärven välillä. Säännöstelyn vaikutuksesta lajisto oli köyhtynyt lähinnä sellaista ryhmien osalta, jotka elävät matalassa vedessä ja sedimentin pinnalla, ja jotka ovat samalla tärkeätä kalanravintoa (mm. päivänkorennon, kaislakorennon ja vesiperhostoukat sekä kotilot). Ryhmän sisällä lajisto saattaa myös köyhtyä. Tämä aiheuttaa suurta vaihtelua kalanravinnon määrään. Ajoittain esim. näiden lajien kuoriuduttua, saattaa järvessä syntyä puutetta sopivista ravintoeläimistä. Järven oligotrofinen luonne vahvistuu (GRIMÅS 1965).

Oulujärven lajistossa, etenkin järven puhtaimmassa osassa, todettiin samojen ryhmien vähentymistä kuin Vuokkijärvessä. Likaantuminen vähentää osaksi säännöstelyn aiheuttamia vaikutuksia säännöstelyvyöhykkeen alueella.

Kiantajärvessä ja Iso-Pyhäntäjärvessä ei lajistollisia muutoksia aineiston perusteella voitu todeta.

### 3.6 SÄÄNNÖSTELYN VAIKUTUKSISTA VUOKKIJÄRVEN KALASTOON JA KALASTUKSEEN

#### 3.61 A i n e i s t o j a t u t k i m u s m e n e t e l m ä t

Vuoden 1973 aikana pyrittiin tiedustelun avulla selvittämään eräiden Hyrynsalmen ja Sotkamon reittien yläosan järvien soveltuvuus tutkimuskohteiksi. Vuokkijärven vertailujärveksi soveltui kalataloudellisessakin mielessä hyvin Änätti. Sen lämpötila noudattaa Vuokkijärven lämpötiloja paremmin kuin Lentuan, joten kalojen kutu tapahtuu jokseenkin samanaikaisesti.

Vuonna 1974 suoritettiin Vuokkijärvellä ja Änätillä laajempi kalasto- ja kalastustiedustelu. Suullisessa tiedustelussa, jonka suoritti kalastusmestari Jorma Karttunen Kainuun vesipiiristä, kerättiin

Vuokkijärven alueelta vastaukset 20 ruokakunnalta, Änätin alueelta vastauksia kertyi 13 kpl.

### 3.62 Kalojen runsaussuhteista

Änätissä tavataan ainakin seuraavat kalalajit: järvitaimen, siika, muikku, harjus, ahven, kiiski, kuha, hauki, made, särki, säyne, salakka ja lahna. Vuokkijärven kalastosta puuttuvat em. lajeista todennäköisesti harjus ja kuha. Kuoretta ei ainakaan Änätissä tavata, koska Änätti ei ole kuulunut Baltian jääjärveen, joka peitti jääkauden jälkeen Etelä- ja Keski-Suomen (vert.KOLI 1973).

Kalastajien vastausten mukaan järvitaimenta on järvissä suhteellisen niukasti. Kantaan ovat vaikuttaneet koskien perkaukset ja padotus. Siika on Änätissä yleinen. 40 % Vuokkijärven tiedusteluun vastanneista kalastajista ilmoitti siikaa saadun hyvin muutamia vuosia (2 - 3 v) säännöstelyn aloittamisen jälkeen. Myöhemmin siikakannassa tapahtui selvä romahdus.

Muikkukanta on hyvä sekä Änätissä että Vuokkijärvessä. Ilmeistä on, ettei säännöstely ole vaikuttanut muikkukantaan vähentävästi. Luonnollista runsaudenvaihtelua esiintyy. Mm. Vuokkijärven muikkusaaliit olivat hyviä v. 1972, kun taas vuosi 1974 on ollut huono muikkuvuosi.

Haukikanta on järvissä ajoittain hyväkin. Kalastajien ilmoituksen mukaan vesi nousee keväällä rantaniityille niin aikaisin, että hauen kutu onnistuu.

Särki- ja salakkakannat lienevät Vuokkijärvessä voimakkaammat kuin Änätissä.

### 3.63 Kutujat

Siian kutu tapahtuu Vuokkijärvessä ja Änätissä marraskuun aikana. Ensin kutee pikkusiika. Isosiian kutu tapahtuu Änätissä marraskuun lopulla ja joulukuussa.

Muikku kutee Änätissä useimpien kalastajien ilmoituksen mukaan lokakuun loppupuolella. Vuokkijärvessä kutu tapahtuu lokakuun puolivälissä tai

loppupuolella. Säännöstely ei ole aiheuttanut muutoksia muikun kutuaikaan.

Hauki kutee keväällä rantojen auetta. Normaalisti se tapahtuu toukokuun lopulla, jolloin vesi on Vuokkijärvessä noussut luonnontilan tasolle tai sen yläpuolelle (vrt. kuva 1).

Mateen kutu tapahtuu yleensä helmikuun loppupuolella.

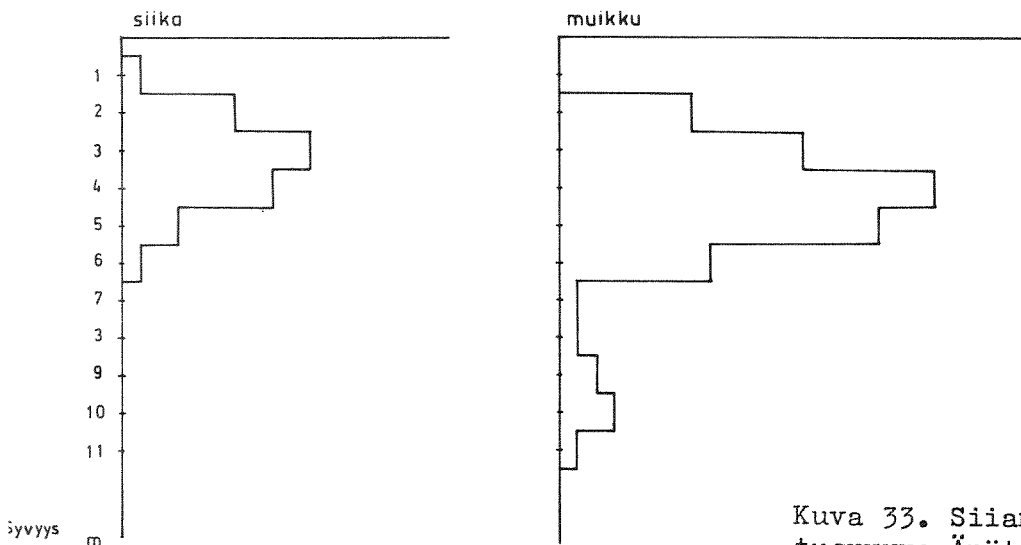
### 3.64 K u t u s y v y y s

Siian kutusyvyys on Änätissä 1 - 6 m, joskin kutu lähinnä tapahtuu 2 - 4 m:n syvyydessä (kuva 33). Kalastustiedustelussa saatujen tietojen mukaan siian kutusyvyys oli Vuokkijärvessä luonnontilan aikana 2 - 10 m, lähinnä kuitenkin 3 - 5 m:ssä (kuva 34). Kutusyvyyttä esittävät kuvat on piirretty olettaen, että laskettu mätimäärä on ilmoitettujen raja-arvojen puolivälissä kaksinkertainen rajasyvyyksiin verrattuna.

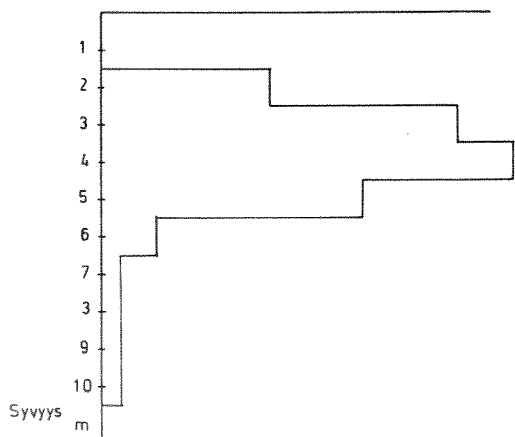
Nykyisen veden pinta on Vuokkijärvessä muikun ja siian kutuaikaan noin neljä metriä luonnontilaista ylempänä. Tiedustelun avulla pyrittiin selvittämään, ovatko siian kutualueet nykyisin samat kuin luonnontilan aikana, vai noudattaako kutusyvyys säännöstelyn aikaista vedenkorkeutta. 75 % vastaajista ilmoitti siian luonnontilaisen kutusyvyysden, kun taas vain 10 % pystyi vastaamaan säännöstelyn aikaista kutusyvyyttä koskevaan kysymykseen.

Muikku kutee Änätissä pääasiassa 2 - 6 m:n syvyydessä (kuva 33). Vuokkijärvessä kutusyvyys on ollut luonnontilan aikana lähinnä 3 - 5 m:ssä, joten luonnontilan aikaisten kutualueiden sijainti on järvissä ollut hyvin samantapainen (kuva 35).

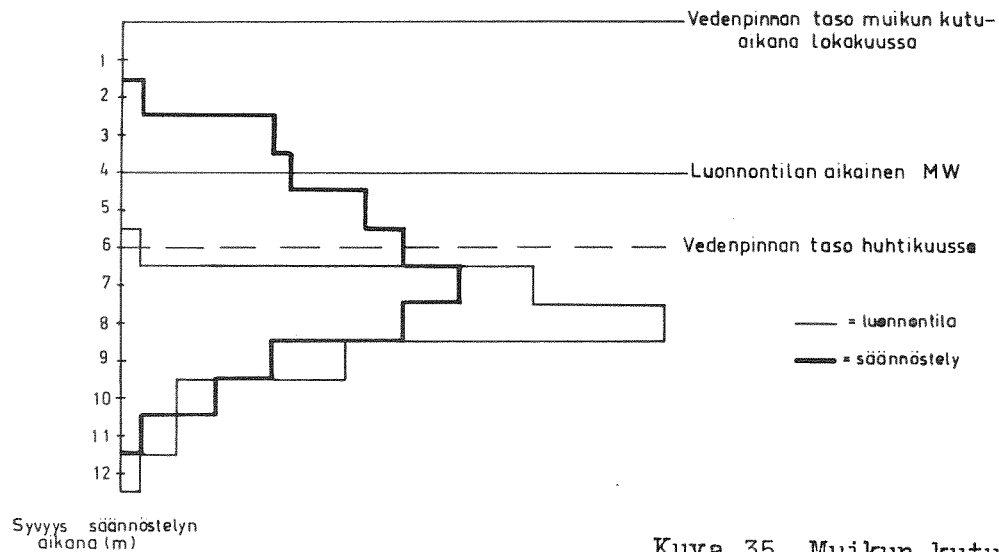
Kun vedenpintaa säännöstelyn alkaessa nostettiin, muikun kutualue laajeni. Osa muikuista kutee edelleen ns. "vanhan veden" pohja-alueilla, yli 4 metrin syvyydessä (kuva 35). Toisaalta muikku kutee nykyisin veden alle jääneille rantaniityille, luhdille. Jos vedenpintaa lasketaan lokakuun tasosta 6 metriä, huomattava osa muikun mädistä tuhoutuu jäätyessä.



Kuva 33. Siian ja muikun kutusyvyys Änätissä kalastustiedustelun mukaan



Kuva 34. Siian luonnontilainen kutusyvyys Vuokkijärvesä kalastustiedustelun muk.



Kuva 35. Muikun kutusyvyys Vuokkijärvesä kalastustiedustelun mukaan luonnontilan ja säännöstelyn aikana

Made kutee Vuokkijärvässä ja Änätissä melko matalassa vedessä, n. 0,5 - 3 m:n syvydessä. Säännöstelyllä ei ole todettu haastateltujen kalastajien mukaan olleen vaikutusta madekantaan.

### 3.65 Siika- ja muikkusaaliit

Änätin siika on rauhoitettu kutuaikana marraskuussa. Siten sen kalastus on suhteellisen vähäistä. Saaliissa tapahtuneita muutoksia pyrittiin selvittämään tiedustelemalla keskimääräiset saaliit vuosina 1955 - 1960 ja 1969 - 1973. Änätillä tiedustelun kohteeksi joutuneista kalastajista yksi ei pyytänyt siikaa ja yksi oli aloittanut kalastuksen vuoden 1960 jälkeen. Vuosien 1955 - 1960 keskimääräiseksi saaliiksi kalastajat arvioivat 12,3 kg/ruokakunta/v, vuosien 1969 - 1973 saaliiksi 7,7 kg/ruokakunta/v.

Vuokkijärven kalastajista luonnontilan aikaisen siiansaalisarvion esitti 40 % vastaajista. Keskimääräinen saalis ruokakuntaa kohti oli 33,4 kg/v. Samoin 40 % vastaajista ilmoitti siikaa saadun hyvin muutamina vuosina (2 - 3 v) säännöstelyn aloittamisen jälkeen. Vuosina 1969 - 1973, jolloin positiivinen patoamiseksi näyttäjä jo olleen ohi, samojen kalastajien ilmoittama saalis oli 2,2 kg/ruokakunta/v, mikä on 7 % luonnontilan arvosta. Varsin yleisesti ilmoitettiin, että siikakanta on nykyisin niin harva, ettei pyynti kannata.

Keskimääräinen muikkusaalis oli Änätissä vuosina 1955 - 1960 142 kg/ruokakunta/v. Vuosina 1969 - 1973 oli saalis 117 kg/ruokakunta/v, mikä on 82 % aikaisemmasta saaliista. Kaikki vastaajat ilmoittivat, että muikkukannassa ei ole tapahtunut parinkymmenen vuoden aikana suuria vaihteluita. Saaliin väheneminen saattaa aiheutua joko siitä, että aikaisemmat saaliit muistetaan todellista suuremmiksi, tai siitä, että väestö kalastaa vähemmän kuin ennen. Tiedusteluun vastanneista 13 kalastajasta 10 ilmoitti saaliin pienentyneen.

Vuokkijärvellä tiedusteluun vastanneista 20 kalastajasta 19 kalastajaa on pyytänyt muikkua luonnontilan aikana. Vuosien 1955 - 1960 muikkusaalis oli 48,4 kg/ruokakunta/v, vuosina 1969 - 1973 48,2 kg/ruokakunta/v. Kaikkien vastanneiden saaliin keskiarvo vv. 1969 - 1973 oli 57,0 kg/ruokakunta/v. Saaliin määrässä ei siten ole tapahtunut vastaavaa vähentymistä kuin Änätillä. Tämä johtunee siitä, että

siikkakannan harvetessa kalastajat ovat siirtyneet kalastamaan muikkua, jonka kanta näyttää nykyiselläänkin kestäväin tämän kalastuksen hyvin. 15 % vastaajista ilmoitti muikun vähentyneen Vuokkijärvessä. Todennäköistä kuitenkin on, ettei muikkukannan heikentymistä ole säännöstelyn vaikutuksesta tapahtunut.

#### 4. TUTKIMUSMENETELMIEN JA TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELOA

##### 4.1 VESISTÖN SÄÄNNÖSTELY JA SUURKASVILLISUUS

RODHE:n (1964) johtama tutkimus, jossa verrattiin Pohjois-Ruotsissa sijaitsevaa säännösteltyä Ransaren-järveä säännöstelemättömään Kultsjönjärveen, osoitti, että säännöstelyn alkuvuosina eroosion vaikutuksesta järven ravinnepitoisuuden kasvu johti kononneeseen kasviplanktonin perustuotantoon ja myös biomassaan. Tämä eutrofioitumista ilmentävä kehitys taantui myöhemmin.

QUENNERSTEDT:n (1958) mukaan kasvustot, joissa valtalajeina ovat Isoetes lacustris, I. echinospora, Lobelia dortmanna, Subularia aquatica ja Ranunculus reptans, kasvavat varsin pysyvästi tietyillä, niille soveliailla pohjavyöhykkeillä. Vedenkorkeuden vaihtelu (säännöstely) vaikuttaa esimerkiksi Isoetekseen siten, että se häviää niiltä alueilta, jotka veden korkeuden vaihtelun vuoksi joutuvat säännöllisesti kuiville tai jää painuu pohjaan.

STUBEN (1958) on tutkinut säännöstellyn järven epifaunaa. Hän totesi yleisesti, että kasvittomilla pohja-alueilla oli huomattavasti vähemmän eläinlajeja kuin makrokasvivyöhykkeissä. Säännöstely oli vähentänyt makrokasveissa asustavan epifaunan määrää.

Tässä tutkimuksessa on oletettu Änättijärven edustavan "luonnontilaista Vuokkijärveä", lähinnä sillä perusteella, että valuma-alueiden yleiset piirteet vastaavat toisiaan (moreenimaata pääasiassa, ei asuma- eikä teollisuusjätevesiä). Kasvillisuustuloksen tutkimukset osoittavat, että Änättijärvi edustaa varsin hyvin sellaista järveä, jossa vedenkorkeuden

vaihtelut ovat pieniä ja säännöllisiä, sillä Isoëtes-Subularia-kasvustot alkoivat aivan rantavyöhykkeeltä. Tutkimuksen aikaista poikkeuksellisen alhaista vedenkorkeutta osoitti Isoëteksen ja Subularian joutuminen kuiville.

Vuokkijärvestä Isoëtes oli lähes täysin hävinnyt, lisäksi Subulariaa ei tavattu laisinkaan. Veden pinnan nosto on lisäksi saattanut edistää tietyillä alueilla rantojen soistumista. Tätä ei kuitenkaan voida vahvistaa aikaisempien havaintojen puuttuessa. Änättijärveen verrattuna todetut muutokset eivät ole kuitenkaan vähentäneet kasvibiomassaa (peittävyyttä), sillä kokonaispeittävyys oli Vuokkijärvestä suurempi kuin Änättijärvestä.

Kalaravinnoksi soveltuvan epifaunan määriä ja koostumusta ei ole tutkittu, mutta näyttää mahdolliselta, että epifaunan osuus Änättijärvestä kalojen ravintona sopivien kasvustojen vähäisyyden vuoksi lienee vähämerkityksellinen. Vuokkijärvestä kasvillisuuden kannalta epifaunaa saattaisi olla runsaastikin.

Vuokkijärven rehevöitymiselle ei tämän tutkimusaineiston perusteella voida antaa varmaa selitystä. Kyseessä saattaisi olla säännöstelyn alkamisen aiheuttama rehevöityminen, toisaalta säännöstelyn alkamisesta (v. 1964) on jo siksi kauan, että rehevöitymiskehitys on jo saattanut taantua. Toinen syy lienee viimeaikainen metsien lannoitus-toiminta. Koska Vuokkijärven luonnontilaa ei ainakaan ole selvitetty, ei tiedetä, onko Vuokkijärvi ollut yhtä karu kuin Änättijärvi nykyisin. Vuokkijärven aikaisemman tilan sekä mahdollisen rehevöitymiskehityksen osoittaminen olisi parhaiten selvitettävissä pohjasedimenttitutkimusten avulla.

#### 4.2 POHJAEÄLÄIMET

Kuten edellä pohjaeläintutkimuksen tulosten yhteydessä mainittiin, kahden Birge -Ekman- noutimellisen antama kuva on karuissa vesissä suhteellisen kovalla pohjalla huono. Suhteellinen keskihajonta oli näytepuolikkaiden välillä 97,4 %. Siten näytettä kohti tarvitaan vähintään neljä otosta, mitä määrää yleensä vuoden 1973 näytteenotossa käytettiin.

Mordukhai - Boltovskoj- putkinoutimella otettiin Änätin kesänäytteet 0,5 m:n ja 1,5 m:n syvyydestä. Kokonaisbiomassa oli näissä näytteissä keskimäärin pienempi kuin 2,5 metristä otetuissa Birge - Ekman-näytteissä. Toisella näytteenottokerralla, jolloin kaikki näytteet otettiin Birge - Ekman- noutimella, maksimi sijoittui 0,5 m:n syvyyteen. Näytteenotto epäonnistui putkinoutimella siksi, että noudinta ei saatu kunnollisesti painettua pohjasedimenttiin. Hieno aines pyrki lisäksi valumaan pois putkesta, kun noudinta nostettiin vedenpinnan yläpuolelle. Toisaalta Birge - Ekman-noutimella näytteenotto onnistui valituilta linjoilta tyydyttävästi. Näytteenotto uusittiin kunnes saatiin otos, joka täytti ainakin 1/3 noutimesta.

Linjat sijoitettiin lähtemään yleensä lahtien perukoista, missä hienoa pohja-ainesta oli enemmän kuin huuhtoutuneilla rannanosilla. Säännöstelyn vaikutuksen voidaan olettaa olevan pienimmillään suojaisilla rannoilla (vrt. NILSSON 1966). Kiantajärvellä ja Lentualla linjojen pohja-aines oli lähellä vesirajaa yleensä hiekkaa, joka on pohjaeläimistöle karu elinympäristö. Näiden järvien tulokset eivät sellaisinaan olleet vertailukelpoisia esim. Vuokkijärven ja Änätin kanssa. Samoin Oulujärven linjat lähtivät enimmäkseen hiekkarannoilta. Tässä vaiheessa on vaikeata arvioida onko Oulujärvessä luonnontilan aikana esiintynyt pohjaeläimille edullisempia biotooppeja.

Kesä 1973 oli "normaalista" poikkeava kuivuutensa vuoksi. Kesä 1974 oli puolestaan erittäin sateinen. Tämä vaikutti huomattavasti vedenkorkeuksiinkin. Siten vuosien 1973 ja 1974 näytteet on otettu todellisuudessa eri paikoista näytelinjaa. Kerättyä pohjaeläinainesta on pidettävä Oulujärven, Kiantajärven, Iso-Pyhäntäjärven ja Lentuan osalta varsinkin suppeina. Myöskään Änätin ja Vuokkijärven aineistoa ei vielä voitu käsitellä parametrisin testein. Tämä olisi mahdollista, jos näytteenottoa jatkettaisiin vielä v. 1975. Myös järvien eri pohjavyöhykkeiden pinta-alat on syytä määrittää mahdollisimman tarkasti. Tällöin myös säännöstelyn aiheuttama pohjaeläinten väheneminen on mahdollista kartoittaa tarkasti.



#### 4.3 SEDIMENTTITUTKIMUKSET

Sedimenttitutkimuksen avulla voitiin tehdä päätelmiä tutkittujen järvien trofia-asteen muutoksista silloin, kun käytettävissä oli piileväanalyysin antamat tulokset. Kemiallisista muuttujista ilmeisesti herkin ilmentäjä oli rauta-mangaanisuhde, joka indikoi pohjalietteen tilaa ja ilmeisesti myös redoxpotentiaalin vaihteluita. Eräin rajoituksin Fe:Mn-suhde näytti korreloivan rautapitoisuuden ja heikutushäviön (orgaanisen aineksen, pääasiassa siis humuksen) kanssa.

Sedimenttitutkimus osoittautui ilmeisen soveliaaksi menetelmäksi selvitetessä säännöstelyn vaikutuksia veden laatuun ja rehevyystasoon siitakin huolimatta, että tässä työssä käsitelty materiaali oli suppeahko.

Yleensä sedimenttitutkimuksia kannattaa tehdä sellaisissa tapauksissa, kun aikaisemmat vertailukelpoiset havainnot tutkittavasta järvestä puuttuvat.

#### 4.4 KALASTO JA KALASTUS

Vuokkijärven osalta voidaan keskittyä siian lisääntymisbiologian selvittelyyn, koska säännöstely ei todennäköisesti vaikuta haitallisesti muiden lajien lisääntymiseen. Vertailukohdaksi on syytä ottaa ainoastaan muikku, jonka kutu tapahtuu osittain säännöstelyvyöhykkeessä, mutta joka haastateltujen kalastajien mukaan ei ole kärsinyt säännöstelystä. Havainnot kutualueista ja kutevien siikojen määrästä on pyrittävä tekemään koekalastuksin.

Säännöstelyn aikana vedenpinta on marraskuussa n. 4 m luonnontilaisesta vedenkorkeutta ylempänä. On todennäköistä, että siian kutualueet sijaitsevat nykyään ylempänä kuin luonnontilan aikana. Tällöin valtaosa siian mätimunista tuhoutuu, paitsi biologisista syistä, myös jäätyessä aliveden aikana (vrt. SLACK 1955, WEATHERLEY 1972). Muikku kutee osittain "vanhan veden" alueella. Hauen kutualueet ovat todennäköisesti siirtyneet yleemmäksi säännöstelyn alettua. Kuten edellä on todettu, Vuokkijärven vesi nousee toukokuussa hyvin nopeasti, ja hauki voi kutea rantakasviyöhykkeessä.

## 5. T I I V I S T E L M Ä

Säännöstelyn kalojen lisääntymis- ja ravintobiologiaan kohdistuvien vaikutusten selvittämiseksi suoritettiin v:n 1973 aikana vesikasvi- ja pohjaeläintutkimus Vuokkijärvellä ja luonnontilaiseksi vertailujärveksi valitulla Änätillä. Vuonna 1974 selvitettiin myös syvänteiden sedimentaatiota ja sedimentin piilevästää sekä kemialla säännöstelyn limnologisten vaikutusten kartoittamiseksi. Säännöstelyn kalastolle aiheuttamien muutosten toteamiseksi suoritettiin Vuokilta ja Änätiltä kalastotiedustelu.

Vesikasvitutkimuksen perusteella todettiin, että Änättijärvi on jossain määrin karumpi vesi kuin Vuokkijärvi. Aineiston perusteella ei voitu havaita vesikasvillisuuden vähentyneen Vuokissa. Tutkimusta häiritsi todennäköisesti metsälannoitusten vaikutus. Lajistollisia muutoksia (mm. Isoëteksen häviäminen) oli sen sijaan tapahtunut.

Säännöstely aiheuttaa lisääntyneen eroosion ja kohottaa sekä järven humuspitoisuutta, että maaperän laadusta riippuen myös ravinnepitoisuutta ja siten rehevöittää järveä. Tämä voi johtaa mm. alusveden hapenvajaukseen. Suuremmissa järvissä ei trofia-asteen muutos ole niin selvä kuin pienissä järvissä, tai sellaisissa järvissä, joissa on pitkä rantaviiva. Esimerkiksi Kiantajärvessä oli todettavissa orgaanisen aineksen pitoisuuden nousu, mikä ei kuitenkaan vaikuttanut happi-tilanteeseen kuten Vuokkijärvessä.

Likaantumisen näytti peittävän säännöstelyn vaikutuksia, sillä Oulujärven sedimentissä tapahtuneet muutokset olivat ilmeisesti pääasiassa puunjalostusteollisuuden jätevesien aiheuttamia.

Pohjaeläintutkimuksen mukaan lajisto on köyhtynyt Vuokkijärvessä huomattavasti. Erityisesti kotilot (Gastropoda), vesiperhostoukat (trichoptera), päivänkorennotoukat (Ephemerae) ja kaislakorennotoukat (Sialidae) näyttävät vähentyneen. Samansuuntainen vaikutus todettiin Oulujärven pohjaeläimistöissä. Kiantajärvessä ja Iso-Pyhäntäjärvessä ei todettu selviä säännöstelyn vaikutuksia.

Siikasaaalis on Vuokkijärvessä kalastustiedustelun mukaan nykyisin 7 % luonnontilan aikaisesta. Muikkusaaalis on samaa luokkaa kuin luonnontilan aikana.

## KIRJALLISUUTTA

- Aass, P. 1960. Vassdragsreguleringene og fisket. - Vedlegg till  
Årsberetningen om fiskeriundersökkelser i regulerete  
vassdrag ved Inspektören for ferskvannsfiskets vitenskape-  
lige avdeling. Stencilerad.
- , 1963. Limningenreguleringens virkningar på fisket. Moniste.
- Alhonen, P. 1967. Palaeolimnological investigations of three inland  
lakes in South-Western Finland. - Acta Bot. Fennica  
76:1 - 59.
- , 1971. On the vertical distribution of iron and organic  
matter in some Finnish lake sediments. - Aqua Fennica  
1971: 98 - 104.
- Axelson, J. 1961. Zooplankton and impoundment of two lakes in North  
Sweden (Ransaren and Kultsjön). - Rep.Inst. Freshw.  
Res. Drottningholm 42:84 - 168.
- Berge, F. 1973. En undersökelse av fossile diatomeer i en sediment-  
profil fra Mjøsa utenför Helgoya 1973. - Norsk Institutt  
for Vannforskning. Delrapport 2:1 - 21.
- Bradbury, J.P. & Waddington, C.B. 1972. The impact of European  
Settlement on Shagawa Lake, Northeastern Minnesota, U.S.A.  
- Contribution No. 112, Limnological Research Center,  
University of Minnesota. 32 pp.
- Brundin, L. 1949. Chironomiden und andere Bodentiere der süd-  
schwedischen Urgebirgsseen. - Rep. Inst. Freshw. Res.  
Drottningholm 30:1 - 914.
- Dahl, K. 1926. Undersökningar vid Tunhövd fjorden angående fiskens  
näringsförhållanden före och efter regleringen. -  
Svenska Vattenkraftsfören. Publ. 185: 1 - 19.
- Dansgaard, W. , Clausen, H., Johnsen, S. & Langway, C.C. 1970:  
Vi går mot bistra tider. - Forskning och framsteg 8:11- 15

- Frey, D.G. 1974: Paleolimnology. - Mitt. Int. Ver. Limnol. 20: 95 - 123.
- Granberg, K. 1972 a: Päijänteen yhteenvetotutkimus. II. Nykytila ja siihen johtanut kehitys. Kasviplankton. -Vesihallituksen tiedotuksia 27 (II): 1 - 89.
- , 1972 b: The diatom successions in the recent sediments and the eutrophication of Ristiselkä, Lake Päijänne, Central Finland. -Aqua Fennica 1972:20 - 27.
- , 1972 c: Tuomiojärven tutkimus vv, 1970-1971. -Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 31: 1 - 61.
- , 1973: The eutrophication and pollution of Lake Päijänne, Central Finland. -Ann. Bot. Fennici 10: 267 - 308.
- Granberg, K. & Lappalainen, K.M. 1973: Leppäveden limnologinen tutkimus. -Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 32: 1 - 58.
- Grimås, U. 1961: The bottom fauna of natural and impounded lakes in northern Sweden. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 42: 183 - 237.
- , 1962: The effect of increased water level fluctuation upon the bottom fauna in Lake Blåsjön, northern Sweden. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 44: 14 - 41.
- , 1965: The short-term effect of artificial water-level fluctuations upon the littoral fauna of Lake Kultsjön, northern Sweden. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 46: 5 - 21.
- Hallberg, R.O. 1974: Paleoredox conditions in the Eastern Gotland Basin during recent centuries. -Merentutkimuslaitoksen Julkaisu 238: 3 - 16.

- Harjula, H. 1972: Hiidenveden ja Tuusulanjärven rehevöitymisen kehitys - pohjasedimenttien valossa. -Limnologian lisensiaattityö, Helsingin yliopiston limnologian laitos. 109 pp.
- Huitfeld-Kaas, H. 1935: Der Einfluss der Gewässerregelungen auf den Fischbestand in Binnenseen. -Nationaltrykkeriet. Oslo. 105 pp.
- Hustedt, F. 1939: Systematische und Ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra. III. Die ökologische Faktoren und ihr Einfluss auf die Diatomeenflora. -Arch Hydrobiol.Suppl. 16: 274 - 394.
- Hutchinson, G.E. 1957: A treatise on limnology. Vol.1. - John Wiley & Sons Inc. New York. 1015 pp.
- , 1953: Einige Randbemerkungen zur Seentypennomenklatur. -Schweitz, Zeitschr. Hydrol. 15: 198 - 212.
- , 1956: Zur Limnologie einiger Gewässer Finnland. XVII. Ann. Zool.Soc. "Vanamo" 18 (2): 1 - 61.
- Hylander, N. 1955: Förteckning över Nordens växter. 1. Kärlväxter. -4 th edition, 175 pp. Lund.
- Järnefelt, H. 1952: Plankton als Indikator der Trophiegruppen der Seen. -Ann.Acad. Scient. Fennicae (A IV) 18: 1 - 29.
- Kainuun vesipiiri 1972: Kainuun vesivarojen ja niiden käytön kokonaisinventointi. -Vesihallitus. Tiedotus 33: 1 - 145.
- Kormondy, E. 1969: Concepts of ecology. -209 pp. New Jersey.
- Koli, L. 1973: Retkeilijän kalaopas. -Helsinki, 120 pp.
- Lappalainen, K.M. 1972: Päjänteen yhteenvetotutkimus. A I. Nykytila ja siihen johtanut kehitys. -Fysikaalis-kemialliset selvitykset. -Vesihallituksen tiedotuksia 27: 1 - 188.

- Lindström, T. 1962: Life history of whitefish yong (*Coregonus*) in two lake reservoirs. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 44: 113 - 144.
- , 1965: Char and whitefish recruitment in North Swedish lake reservoirs. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 46: 124 - 140.
- Linkola, K. 1933: Regionale Artenstatistik der Süßwasserflora Finnlands. -Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fennicae Vanamo 3(5) 1 - 13.
- Luther, H. 1951: Verbreitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. I. -Acta Bot. Fenn. 49: 1 - 231.
- Lötmarker, T, 1964: Studies on planktonic Crustacea in thirteen lakes in Northern Sweden. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 45: 113 - 176.
- Maristo, L. 1941: Die Seetypen Finnlands auf floristischer und vegetationsphysiognomischer Grundlage. -Ann. Bot. Soc. Zool-Bot. Fennicae Vanamo 15(5): 1 - 314.
- Melaikov, G. B. 1970: Reservoirs of Hydroelectric Power Stations and the Development of Hydrobiology in the USSR. -Hydrobiol Journal 6 (5): 1 - 9.
- Metsähallitus 1973: Taulukot metsähallituksen suorittamista metsä-  
lannoituksista vv. 1971 - 1973. -9 pp.
- Muotiala, S. 1972: Järvien vedenkorkeuksien vaikutuksesta ranta-alueiden käyttöön. -IV maanparannus- ja vesitaloussymposio, Vaasa 30. - 31.5.1972. Vesihallitus, tiedotus 34: 4/1 - 4/13.
- Mustajärvi, V. 1972: Pienehköt tekojärvet virkistyskäyttöä varten. -IV maanparannus- ja vesitaloussymposio, Vaasa 30.- 31.5.1972. Vesihallitus, tiedotus 34: 6/1 - 6/11.

- Mäkinen, Y. 1974: Tilastotiedettä biologeille. -Turku. 306 pp.
- Mölder, K. & Tynni, R. 1967: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. I. C. R. Soc. geol. Finlande 39:199 - 217.
- Nenonen, Ml. 1971: Inarinjärven ja Muddusjärven pohjaeläintutkimuksen 1971 tuloksista. Moniste. 6 pp.
- Nenonen, O. & Nenonen, Ml. 1972: Havaintoja Lokan ja Porttipahdan tekoaltaista. Vesihallitus, tiedotus 21: 1 - 16.+ 45 liites.
- Niemistö, L. 1969: Sedimenttihavainnot Helsingin merialueen pilaantumistutkimuksissa. -Limnologisymposion 1968: 111 - 117.
- Nilsson, N-A. 1955: Studies on the feeding habits of trout and char in North Swedish lakes. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 36: 163 - 225.
- , 1960: Seasonal fluctuations in the food segregation of trout, char and whitefish in 14 North-Swedish lakes. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 41: 185 - 205.
- , 1964: Effects of impoundment on the feeding habits of brown trout and char in Lake Ransaren (Swedish Lappland). -Ver. Int. Ver. Limnol. 15: 444 - 452.
- , 1966: Vattenkraftsutbyggnad och fiske i Sverige. -Limnologisymposion 1965: 10 - 22.
- , 1968: Säännösteltyjen vesien kalat. In: Svärdsen, G., Nilsson, N-A., Dahlström, H. & Tuunainen, P. 1968: Kalat, kalavesien hoito ja kalanviljely. -Helsinki. 302 pp.
- Nyroos, H. 1973: Lohjanjärven tilan kehittyminen ja siihen vaikuttaneet tekijät. -Vesihallituksen tiedotuksia 54: 1 - 191.
- Peippo, L. 1970: Lokan altaan kalastosta. -Suomen kalastuslehti 77: 116 - 118.

- Rodhe, W. 1964: Effects of impoundment on water chemistry and plankton in Lake Ransaren. -Verh. Int. Ver. Limnol. 15: 437 - 443.
- Runnström, S. 1951: The population of char, *Salmo alpinus*, Linné, in a regulated lake. Rep.Inst. Freshw. Res. Drottningholm 32: 66 - 78.
- , 1952: The population of trout, *Salmo trutta*, Linné, in regulated lakes. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 33: 179 - 198.
- , 1955: Changes in fish production in impounded lakes. Verh. Int. Ver. Limnol. 12: 176 - 182.
- , 1964: Effects of impoundment on the growth of *Salmo trutta* and *Salvelinus alpinus* in Lake Ransaren (Swedish Lappland). -Verh. Int. Ver. Limnol. 15: 453 - 461.
- Sandman, O. 1974: Tutkimus Espoon Pitkäjärven pohjakerrostumista. -Vesihallituksen tiedotuksia 61: 1 - 43.
- Sarre, V. 1972: Tekojärven kalataloudellisista muutoksista..- Suomen Kalastuslehti 79: 12 - 14.
- Seppänen, E.W. 1972: Vesistöjen säännöstelytoimisto. -Vesitalous 3/1972: 5 - 27.
- Slack, H.D. 1955: Factors affecting the productivity of *Coregonus clupeoides* Lacepede in Loch Lomond. -Verh. Int. Ver. Limnol. 12: 183 - 186.
- Stockner, J.G. 1971: Preliminary characterization of lakes in the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario, using diatom occurrences in sediments. -J. Fish. Res. Bd. Canada 28 (2): 265 - 275.



- Stube, M. 1958: The fauna of a regulated lake. -Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 39: 162 - 224.
- Sundbäck, K. 1972: Kalastus Lokan ja Porttipahdan tekoaltailla vuonna 1971. -Suomen Kalastuslehti 79: 155 - 158.
- Tikkanen, T. 1967: Litoraalin kasvillisuus käytännön vesistötutkimuksen apuna. -Limnologisymposium 1966: 104 - 110.
- Toivonen, J. 1966: Lausunto vedensäännöstelyn vaikutuksesta Inarinjärven kalakantoihin ja kalastukseen. -73 pp. Moniste.
- , 1973: Inarinjärven säännöstelystä. Suomen Kalastuslehti 80: 56 - 57.
- Tuominen, T. & Laikari, H. 1973: Vesistöjen säännöstelykustannukset. -Vesihallitus, tiedotus 41: 1 - 88.
- Tuunainen, P. 1970: Päijänteen kalataloustutkimus. Alustava tutkimuslaskelma ja hoitosuunnitelma I. -Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 7: 1 - 101.
- Weatherley, A.H. 1972: Growth and ecology of fish populations. -London and New York. 293 pp.
- Vesihallitus. 1972: Kainuun vesivarojen ja niiden käytön kokonaisinventointi. -Vesihallituksen tiedoituksia 33: 1 - 145.
- Vesivoimatoimikunta 1958: Saimaan säännöstelysuunnitelma II. Säännöstelysuunnitelma ja sen vaikutus rantamaihien. -301 pp.
- Vogt, H. 1971 a: Voimakkaasti säännösteltyjen tekojärvien ominaisuuksista, käytöstä ja kunnostuksesta. -Vesihallitus, tiedotus 8: 1 - 47.
- Vogt, H. 1971 b: Arvio Hautaperän säännöstelyaltaan tulevasta veden laadusta ja käyttömahdollisuuksista sekä altaan vaikutuksista Kalajoen vesistössä. -Vesihallitus, tiedotus 8: 35 pp.

Zhadin, V.I. & Gerd, S.V. 1970: Fauna and flora of the rivers, lakes  
and reservoirs of the U.S.S.R. -Jerusalem. 626 pp.

## LIITE 1.

## KAINUUN VESIPIIRIN VESITOIVIMISTO

## SÄÄNNÖSTELYTUTKIMUS

## Pohjalietenäytteet

Pohjalietenäytteiden määritystulokset 9. - 16.5.1974

Otto pvm.	Näyte piste	näyte syv. cm	kok.P mg/g	kok.N mg/g	haihd. jäänn. mg/g	hehk. jäänn. mg/g	Fe mg/g	Cu µg/g	Co µg/g	Ni µg/g	Cr µg/g	Mn mg/g
9.5.	Paltaseikä	0,5	1,27	3,90	183	160	31,7	48	35	35	31	0,82
		0,5-1,0	1,15	3,35	165	147	29,6	38	36	24	31	0,80
		1,0-1,5	0,98	3,12	207	186	29,9	34	35	27	31	0,76
		1,5-2,0	1,03	2,70	167	151	27,8	26	24	21	29	0,76
		2,0-2,5	0,84	2,25	198	181	26,8	22	18	18	27	0,70
		2,5-3,0	0,78	2,17	275	256	28,7	23	18	20	29	0,62
		3,5-4,0	0,90	2,05	270	249	29,4	23	17	21	30	0,66
		4,5-5,0	0,88	2,17	247	227	30,3	19	15	17	23	0,75
		5,0-6,0	0,72	3,13	281	262	26,4	18	12	20	29	0,80
		6,0-7,0	0,88	3,60	342	318	26,5	20	13	18	25	0,80
		7,0-8,0	0,98	2,48	268	417	34,0	24	19	25	33	1,09
		8,0-9,0	1,05	2,55	299	275	30,7	19	14	18	25	0,98
		9,0-10	0,84	2,47	329	303	28,9	20	16	17	25	0,92
		10-11	0,94	2,30	351	327	27,0	20	14	19	26	0,86
		11-12	0,93	2,35	351	328	25,6	18	13	16	21	0,86
		12-13	0,69	2,35	357	334	25,4	19	12	18	23	0,82
11.5.	Ärjänseikä	0-0,5	1,97	5,90	57,3	45,9	48,6	42	46	46	29	3,36
		0,5-1,0	1,02	4,35	88,9	76,7	42,6	36	45	43	36	2,34
		1,0-1,5	1,28	4,65	84,4	72,3	52,7	35	15	36	30	2,55
		1,5-2,0	1,37	3,35	83,9	73,2	70,2	38	72	40	28	2,74
		2,0-2,5	1,44	2,55	85,1	76,0	16,5	31	49	30	23	2,41
		2,5-3,0	1,36	2,60	128	115	53,7	26	40	31	25	2,28
		3,5-4,0	1,78	2,10	116	104	76,9	18	19	20	22	2,67
		4,5-5,0	2,50	2,10	131	118	88,2	17	17	18	25	2,76
		6,0-7,0	0,98	2,75	156	139	69,7	18	25	24	22	1,97
		8-9	1,67	2,55	146	131	46,8	17	17	18	20	1,73
		10-11	1,38	2,75	197	177	43,3	16	18	20	21	1,81
		13-14	0,95	3,10	103	90,9	94,6	16	26	24	22	2,44

Sttc pvm.	Näyte piste	näyte syv.cm	kok.P mg/g	kok.N mg/g	haihd. hehk. jäänn. mg/g	haihd. jäänn. mg/g	Fe mg/g	Cu µg/g	Co µg/g	Ni µg/g	Cr µg/g	Mn mg/g
11.5.	Arjänselkä	15-16	1,58	2,70	155	142	47,4	15	18	17	20	1,70
		20-21	1,20	3,15	132	118	49,7	18	22	20	22	1,85
		25-26	1,46	3,35	112	97,4	62,5	15	21	20	22	2,16
		30-31	1,37	3,60	170	151	45,7	18	20	21	24	1,96
12.5.	Miskanselkä	0-0,5	2,49	3,63	70,3	60,4	71,8	22	14	27	25	3,85
		0,5-1,0	1,46	2,97	135	118	39,4	24	27	28	32	2,14
		1,0-1,5	1,15	3,25	124	111	36,8	23	29	27	28	1,77
		1,5-2,0	0,78	3,38	136,4	124	55,2	36	36	26	26	1,93
		2,0-2,5	1,04	3,25	133	118	33,0	29	30	20	22	1,51
		2,5-3,0	0,86	2,69	203	187	27,9	16	13	17	18	1,13
		3,5-4,0	0,86	3,60	178	159	28,2	18	14	21	27	1,07
		4,5-5,0	0,90	3,17	214	196	25,3	16	12	17	23	0,90
		6-7	1,05	2,75	202	182	19,5	14	10	15	21	0,66
		8-9	1,14	3,25	176	158	22,5	14	11	15	22	0,69
		10-11	0,95	3,55	167	151	25,5	15	16	20	25	0,75
		13-14	1,48	2,52	244	221	21,0	12	8	11	19	0,55
		15-16	0,91	3,12	165	148	38,2	12	12	18	23	0,87
		20-21	1,07	2,55	250	229	23,5	11	10	16	19	0,59
		25-26	1,13	3,33	261	241	20,1	12	8	14	18	0,51
		30-31	0,84	2,67	197	178	55,0	15	21	28	24	1,08
13.5.	Vuokkijärvi	0-0,5	3,34	9,12	67,9	43,8	103	18	31	39	40	4,18
		0,5-1,0	4,30	9,02	48,6	32,2	128	18	32	43	36	4,74
		1,0-1,5	3,26	10,9	65,7	42,5	145	15	34	38	32	5,04
		1,5-2,0	3,58	10,8	62,1	39,5	146	16	72	52	37	4,72
		2,0-2,5	4,33	10,6	58,7	36,9	139	17	45	40	35	5,33
		2,5-3,0	4,68	11,8	61,5	38,1	121	19	48	42	39	4,89
		3,5-4,0	5,70	9,98	79,3	51,1	172	16	56	42	42	5,83
		4,5-5,0	4,45	9,98	65,3	41,2	167	14	73	43	36	5,25
		6-7	4,48	12,7	49,8	31,7	131	55	79	73	37	8,44
		8-9	6,28	9,67	50,2	32,4	116	26	53	41	35	6,28
		10-11	6,88	9,88	56,7	37,2	63,1	28	36	36	40	4,26
		13-14	3,58	9,10	54,7	37,0	60,5	24	40	40	40	4,02
		15-16	5,18	10,7	66,0	43,6	63,6	22	33	31	36	3,83
		20-21	3,52	7,82	68,8	46,2	62,0	19	29	29	35	3,68
		25-26	3,05	6,63	82,1	59,4	81,4	19	34	33	45	3,99
		30-31	1,90	6,88	76,2	54,6	110	22	71	55	48	4,24

Otto pvm.	Näyte piste	näyte syv.cm	kok.P xg/g	kok.N mg/g	haihd. jäänn. mg/g	hehk. jäänn. mg/g	Fe mg/l	Cu µg/g	Co µg/g	Ni µg/g	Cr µg/g	Mn mg/g
14.5.	Änättijärvi	0-0,5	2,33	6,75	17,5	13,4	167	16	73	53	34	19,4
		0,5-1,0	4,50	6,00	52,9	40,7	141	24	72	51	39	17,1
		1,0-1,5	6,06	6,18	31,4	23,7	176	19	72	46	41	17,3
		1,5-2,0	4,40	5,60	32,9	25,1	143	18	58	36	39	17,1
		2,0-2,5	4,78	5,77	36,3	26,4	174	16	68	43	38	20,8
		2,5-3,0	3,48	6,18	53,1	39,9	164	16	74	41	39	18,5
		3,5-4,0	2,86	7,00	27,1	19,7	163	14	68	35	34	18,5
		4,5-5,0	2,23	6,55	37,7	26,0	183	16	63	35	35	19,6
		6-7	1,82	5,29	54,7	24,6	152	24	64	80	48	71,8
		8-9	1,99	6,13	72,3	54,1	152	40	100	190	90	38,1
		10-11	1,70	5,63	44,7	33,6	148	20	55	37	48	35,2
		13-14	2,34	6,88	43,8	32,5	121	23	66	45	45	25,3
		15-16	2,22	5,73	59,9	45,2	140	21	76	45	44	25,0
		20-21	2,54	7,07	54,2	39,1	145	21	79	43	41	22,0
		25-26	2,50	6,82	56,3	40,9	135	18	66	43	39	19,0
		30-31	2,16	6,47	74,1	54,4	137	19	66	43	40	17,9
15.5.	Lentua	0-0,5	1,83	7,97	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,5-1,0	1,93	7,70	-	-	65,3	57	170	113	75	2,06
		1,0-1,5	2,26	6,30	31,8	24,3	54,1	29	54	39	44	1,82
		1,5-2,0	2,38	4,40	34,2	26,2	53,2	22	25	41	55	1,73
		2,0-2,5	2,17	8,50	43,8	34,3	50,1	20	20	36	43	1,65
		2,5-3,0	1,98	9,19	40,7	31,8	46,0	18	21	31	40	1,56
		3,5-4,0	2,02	8,32	41,8	31,9	41,6	17	19	26	38	1,52
		4,5-5,0	1,87	8,50	52,9	41,2	44,1	18	19	27	39	1,51
		6-7	2,33	7,31	73,1	56,3	43,9	22	34	38	43	1,56
		8-9	2,11	7,00	78,1	61,3	40,9	16	21	26	34	1,44
		10-11	2,18	6,75	85,1	65,5	40,5	19	26	34	39	1,43
		13-14	2,96	6,69	92,7	70,7	50,5	20	26	33	38	1,83
		15-16	2,71	7,40	96,3	74,4	47,0	16	26	31	38	1,80
		20-21	2,67	6,04	105	78,8	46,8	14	26	28	37	1,94
		25-26	1,54	7,38	111	85,4	77,4	35	62	53	47	3,38
		30-31	2,27	6,13	124	94,5	51,1	18	31	35	47	1,99

Otto pvm.	Näyte piste	näyte syv.cm	kok.P mg/g	kok.N mg/g	haihd. jäänn. mg/3	hehk. jäänn. mg/g	Fe mg/g	Cu µg/g	Cc µg/g	Ni µg/g	Cr µg/g	Mn mg/g
7.5.	Isco-Pyhäntä	0-0,5	1,31	2,30	106	92,0	93,0	20	45	26	22	15,6
		0,5-1,0	1,15	2,47	126	110	79,2	26	39	30	29	11,7
		1,0-1,5	1,80	2,47	80,0	68,4	98,6	19	38	22	22	14,7
		1,5-2,0	1,78	3,10	69,6	59,3	106	19	49	26	23	15,0
		2,0-2,5	1,73	2,75	94,0	68,4	127	20	58	29	26	16,8
		2,5-3,0	1,43	2,55	81,6	71,1	96,8	24	46	29	26	12,8
		3,5-4,0	1,23	2,02	184	166	64,8	23	40	25	24	8,16
		4,5-5,0	0,98	1,55	256	235	54,2	22	29	24	22	6,56
		6-7	0,95	1,52	256	238	57,7	20	26	22	18	6,33
		8-9	0,94	1,16	252	236	52,9	21	26	23	19	4,95
		10-11	0,78	1,33	348	328	49,7	39	30	25	21	4,23
		13-14	2,41	5,77	72,1	53,6	185	18	57	31	26	18,0
		15-16	3,65	6,60	74,7	52,7	198	18	59	31	29	19,3
		20-21	2,06	5,90	45,6	32,8	214	14	74	35	27	18,1
		25-26	2,70	6,42	82,3	58,4	219	15	77	33	33	17,7
		30-31	2,75	6,57	96,6	69,4	316	15	83	35	29	17,5
16.5.	Kiaatajärvi	0-0,5	2,14	7,35	60,1	40,7	80,0	23	38	36	25	10,1
		0,5-1,0	1,55	7,30	60,9	41,7	31,8	24	44	39	30	8,92
		1,0-1,5	2,00	6,85	55,4	39,1	84,1	21	49	40	33	6,83
		1,5-2,0	1,82	6,80	61,0	45,0	69,1	22	40	36	30	5,22
		2,0-2,5	2,29	7,15	67,9	51,1	78,6	21	48	50	34	5,28
		2,5-4,0	2,66	7,50	41,7	30,1	101	18	43	31	31	5,66
		4,5-5,0	2,56	7,25	53,0	38,5	83,3	16	49	37	32	4,29
		6-7	2,12	7,75	63,1	46,1	90,4	37	58	66	29	3,70
		8-9	2,29	7,50	65,8	47,8	113	77	110	143	33	3,29
		10-11	0,62	7,63	73,7	56,9	111	51	72	116	22	3,61
		13-14	1,60	8,92	63,5	47,4	120	43	71	71	38	3,32
		15-16	2,20	8,32	77,3	57,4	65,6	33	40	62	28	2,63
		20-21	2,12	8,29	81,3	60,2	71,9	24	41	44	29	2,65
		25-26	2,78	8,44	89,2	64,4	68,0	21	38	33	30	2,60
		30-31	2,02	9,29	87,5	66,3	105	21	46	35	34	2,81

## KAINUUN VESIPIIRIN VESITOIMISTO

LIITE 2

Pohjasedimentin ulkonäkö  
9. - 16.5.1974

	syv. cm	ulkonäkö
Paltaselkä	0-2,5	musta
	2,5-5,0	hiukan vaaleampi
	5,0-28,0	ruskea
Niskanselkä	0-5,0	musta
	5,0-13,0	hiukan vaaleampi
	13,0-40,0	ruskea
	40,0-55,0	vihreänruskea
Ärjänselkä	0-4,0	musta
	4,0-8,0	tummanvihreä
	8,0-16,0	vihreänruskea
	16,0-66,0	ruskea
Vuokkijärvi	0-2,0	tummanruskea
	2,0-5,0	hiukan kovempaa, vaaleampi
	5,0-31,0	tummanruskeaa, löysähkö
Änättijärvi	0-5,0	tummanruskea, vetinen
	6,0-14,0	tummanruskea, vetinen
	15,0-31,0	musta, jäykkä
Lentua	0-3,0	tummanruskea, vetinen
	3,5-31,0	tummanruskea, sakeampi
Iso-Pyhäntä	0-1,5	tummanruskea, vetinen
	1,5-7,0	savenharmaa, vetinen
	8,0-31,0	tummanruskea, melko sakea
Kiantajärvi	0-2,0	musta, vetinen
	2,0-5,0	tummanruskea, vetinen
	6,0-14,0	tummanruskea, hiukan kovempi
	15,0-31,0	ruskea, juovikas