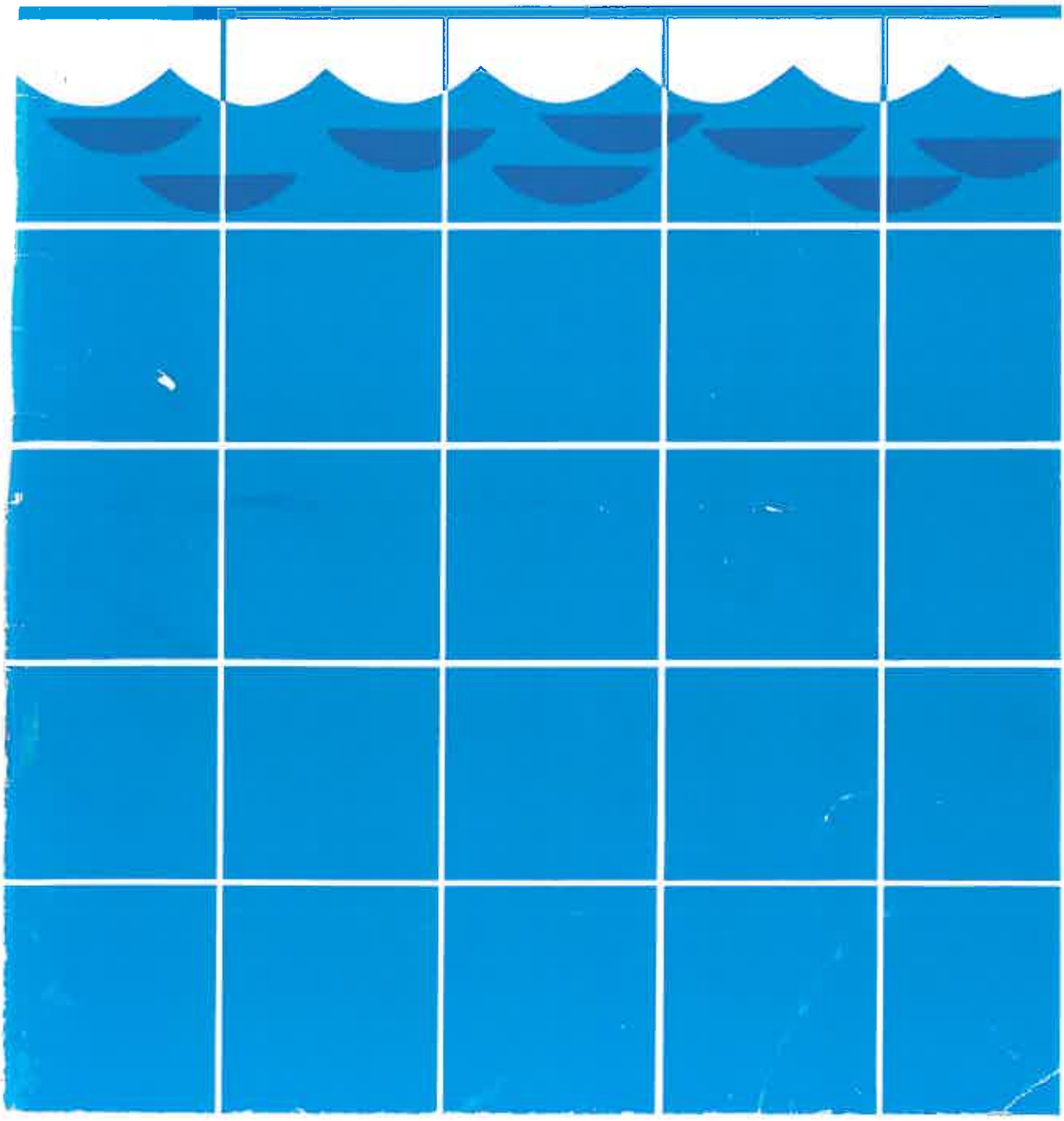
SUOMEN KALATALOUS

25609
KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
FISKERINÄRINGENS FORSKNINGSANSTALT

Nide 46 No 1 1972



23609

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
RIISTANTUTKIMUSOSASTO
E. Toivonen

Suomen Kalatalous 46: 1—2. 1972.

Konneveden tutkimus

JORMA TOIVONEN [1]

TOIVONEN, J. 1972: Konneveden tutkimus — Suomen Kalatalous 46: 1—2.
Useiden tutkimuslaitosten ja tutkijoiden yhteistyönä aloitettiin vuonna 1969 limnologiset ja kalabiologiset tutkimukset Konnevedessä, Keski-Suomessa Rautalammin reitin järvessä. Tutkimuksen tarkoituksena on koota mahdollisimman monipuoliset tiedot suuresta, luonnontilaisesta, oligotrofisesta järvestä vertailuaineistoksi eutrofoitumisen ja/tai vedensäännöstelyn aiheuttamien muutosten tutkimiselle muissa järvissä sekä toisaalta kalaveden hoitomenetelmien kehittämiseksi.

TOIVONEN, J. 1972: Research on Lake Konnevesi — Suomen Kalatalous 46: 1—2.
In 1969 a team of workers commenced limnological and fish biological studies in Konnevesi, a lake in Central Finland belonging to the Rautalampi watercourse. Their aim is to collet comprehensive information as possible on a large, untouched, oligotrophic lake. This material will be used as a basis for comparison in studies of the changes occasioned in other lakes by eutrophication and/or water level control and also in the development of methods for fishery management.

Vastaanotettu 21. XI. 1972
Painettu 13. VI. 1973

Suuriin oligotrofisiin järviin kohdistuvan tutkimustoiminnan lisäämisen tarpeellisuus on todettu monilla tahoilla. Karujen reittivesien luonne on muuttunut nopeasti rehevöitymisen, vedensäännöstelyn ja koskien rakentamisen seurauksena. Tiedot muutosten vaikutuksesta järvien eliöstöön ja erikoisesti kalastoon ovat kuitenkin puutteelliset, sillä lähtökohtaa, olosuhteita suurissa, luonnontilaisissa ja karuissa järvissä ei tunneta riittävästi. Toisaalta tietämys suurten järvien kalakantojen hoidon tehokkaista menetelmistä on varsin puutteellista.

Kalakantojen hoitomenetelmien kehittämiseksi ja jaksollisten kannanvaihteluiden selvittämiseksi on tutkimukset tarkoituksenmukaista keskittää yhteen järveen. Tällöin eri tekijöistä voidaan saada riittävän yksityiskohtainen selvyys kokonaiskuvan luomiseksi. Tutkimuskohteeksi on valittu Rautalammin reittiin kuuluva Konnevesi (pinta-ala 188 km²), koska se erittäin monessa suhteessa on säilynyt luonnontilaisena. Rautalammin reitti on Järvi-Suomen suurista järvireiteistä ainoa, jossa veden laatu on lähes häiriintymättömän oligotrofinen, koskia ei ole rakennettu eikä järvien vedenkorkeutta säännöstellä. Lisäksi uitto reitin koskissa on suurimmalta osalta loppunut. Rautalammin reitin keskusjärvenä tarjoaa Konnevesi tilaisuuden mm. luonnonvaraisen järvitaimenen samoinkuin virtakutuisen siian tutkimiseen. Konneveden erillinen pohjoisosa on yleisluonteeltaan matala ja eteläosa taas syvä. Tällöin on erinomainen mahdollisuus vertailla kahta morfologisesti erilaista järvenosaa, kun veden laatu on lähes sama. Limnologiset ja kalabiologiset tutkimukset Konnevedessä alkoivat keväällä 1969, jolloin ryhdyttiin jatkuviin lämpötilamittauksiin järven etelä- ja pohjoisosan syvänteissä sekä aloitettiin koekalastukset. Ohjel-

[1]) Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Pitkänsillanranta 1 A, 00530 Helsinki 53, Finland

maa laajennettiin 1970 käsittämään myös perustuotantoa, planktonia, pohjaeläimistöä, kalojen kasvua ja ravintoa koskevat tutkimukset.

Konneveden tutkimusohjelma on toteutettu eräiden tutkimuslaitosten tutkijoiden ja kalatalousalan toimihenkilöiden yhteistyönä.

Konnevesi on eräs kohde riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston suurten järvien tutkimusohjelmassa ja samalla Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen tärkeä taimenistutusten kokeiluvesi.

Jyväskylän hydrobiologinen tutkimuslaitos on valinnut Konneveden erääksi vertailujärveksi Päijänteessä suoritettaville jätevesien ja säännöstelyn vaikutuksia selvitteleville tutkimuksille. Edelleen on Konneveden tutkimuksiin osallistunut eri alojen asiantuntijoita Kalataloussäätiöstä, Suomen Kalamiesten Keskusliitosta, Suomen Kalastusyhdistyksestä, alueella toimivien Keski-Suomen maatalouskeskuksen ja Kuopion maatalouskeskuksen kalavesiselvityksiä tekevät kalatalousneuvojat sekä monet Konneveden kalamiehet, joista erityisesti kalastuskuntien esimiehet KALLE KARHU ja VÄINÖ VARIS ovat antaneet suuriarvoista apua.

Suomen Kalatalous 46: 3—10. 1972.

Konneveden yleiskuvaus sekä veden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet

PEKKA TUUNAINEN [1]

TUUNAINEN, P. 1972: Konneveden yleiskuvaus sekä veden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. — Suomen Kalatalous 46 : 3—10.

Tämä selvitys kuuluu osana Konnevettä koskevaan tutkimusohjelmaan. Järven hydrologisia sekä fysikaalisia ja kemiallisia olosuhteita on tarkasteltu aikaisemmin julkaistujen sekä vesiensuojeluviranomaisen ja Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen suorittamien havaintojen perusteella. Konneveden pohjoinen ja eteläinen allas ovat morfologisilta piirteiltään varsin erilaiset pohjoisosan ollessa suhteellisen laakea, yhtenäinen vesialue ja alusveden tilavuuden ollessa pieni. Eteläosassa on useita erillisiä syvänteitä, rannat ovat subteellisen jyrkät ja saaria on runsaasti. Alusveden tilavuus on huomattavasti suurempi kuin pohjoisosassa. Luonteeltaan järvi on oligotrofinen ja oligohumoosinen. Veden laadussa pohjois- ja eteläosan välillä on vain vähäisiä eroja.

TUUNAINEN, P. 1972: On the hydrological, physical and chemical conditions of Lake Konnevesi, Central Finland. — Suomen Kalatalous 46 : 3—10.

This survey is part of a larger limnological research program designed to elucidate the fishery of Lake Konnevesi, Central Finland. The northern and southern parts of the lake basin are somewhat dissimilar. In the northern part the bottom is fairly level, there are few islands and the volume of the hypolimnion is very small. In the southern part there are many deeper places, islands are numerous and the volume of the hypolimnion is many times as great as in the northern part. The properties of the water indicate that Lake Konnevesi is an oligotrophic and oligohumous lake. Only slight differences in the physical and chemical parameters were found between the northern and southern parts of the lake.

Vastaanotettu 21. XI. 1972
Painettu 13. VI. 1973

I. Yleiskuvaus

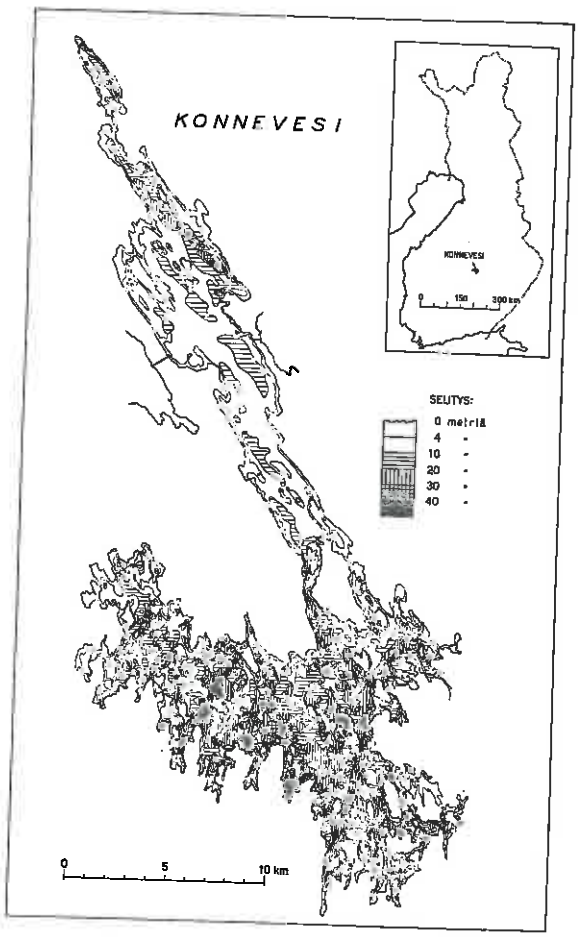
Konnevesi on suurin Rautalammen reitin järvialtaista. Reitin vesistöalue järven luusuassa on Vesi-Hydron (1967) mukaan 5 780 km² ja järvisyys 21,3 %. Konneveden pinta-ala on 188 km² ja pinnan korkeus +95 m. Taulukossa 1 on esitetty pohjois- ja eteläosan pinta-ala-, tilavuus- ja syvyystietoja. Pohjois-Konnevedessä alusveden tilavuus on varsin pieni ja suurin osa pohjasta on päällysveden piirissä. Etelä-Konnevesi taas on huomattavasti syvempi ja piirteiltään jyrkempi. Alusveden tilavuus on suhteellisen suuri. Konneveden laskureitti Liesveden läpi Kynsiveteen käsittää n. 17 km pitkän vesistöjakson, jossa vuorottelevat koskiosuudet, nivat ja läpivirtausjärvet. Putouskorkeus em. matkalla on 7,5 m. Konneveteen laskevassa reitissä on välittömästi Konneveden yläpuolella vastaavanlainen n. 20 km pitkä kapeikko- ja koskijakso.

[1]) Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Pitkänsillanranta 1 A, 00530 Helsinki 53.

Taulukko 1. Konneveden pohjois- ja eteläosan syvyysvyöhykkeiden pinta-alat ja tilavuusjakautumat.

Table 1. Some morphological features of Lake Konnevesi.

	Syvyys vyöhyke *Depth zone* (m)	Pinta-ala *area* (km²)	% kokonaisalasta *% of the total area*	Tilavuus *Volume* (km³)	% kokonaistilavuudesta *% of the total volume*
Pohjois- *Northern* Konnevesi	0— 4	21,08	30,7	0,232	43,0
	4—10	29,57	43,2	0,196	36,3
	10—20	15,95	23,3	0,099	18,3
	20—30	1,57	2,3	0,011	2,1
	30—40	0,30	0,4	0,002	0,3
	40—44	0,04	0,1	0,000	0,0
		68,51	100,0	0,540	100,0
Keskisyvyys (m) *Mean depth*	7,5				
Suurin syvyys (m) *Max. depth*	44				
Etelä- *Southern* Konnevesi	0— 4	25,67	21,5	0,426	29,5
	4—10	41,89	35,0	0,437	30,2
	10—20	27,91	23,4	0,379	26,2
	20—30	16,78	14,0	0,156	10,8
	30—40	5,96	5,0	0,042	2,9
	40—50	1,17	1,0	0,007	0,4
	50—56	0.07	0,1	0,000	0,0
		119,45	100,0	1,447	100,0
Keskisyvyys (m) *Mean depth*	12,5				
Suurin syvyys (m) *Max. depth*	56				



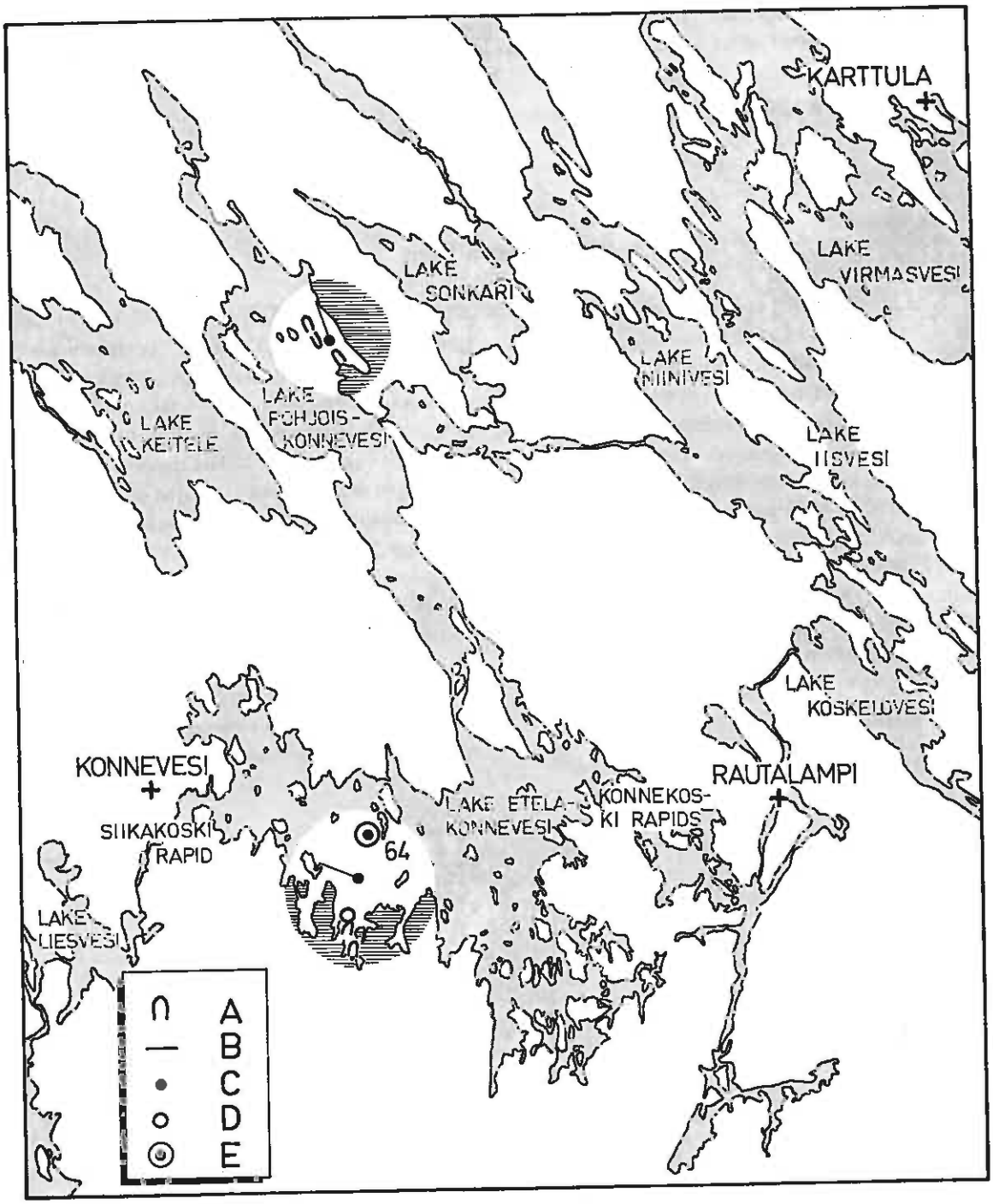
Kuva 1. Konneveden syvyyskartta.
Fig. 1. Bathymetric map of Lake Konnevesi.

Konneveden luusuassa vesistöalueen pinta-alasta on 20 % suota ja 6 % peltoa loppuosan ollessa metsämaata (LAAKSONEN 1969). Pääosa vesistöalueen maaperästä on moreenia (BLOMQVIST 1911).

Konneveden vesistöalueen asutus on sekä haja- että taajama-asutusta. Huomattavimmat taajamat, joissa jo v. 1960 oli vesijohdot ja viemäröinti ovat Vesanto, Pieksämäki ja osa Pieksämäen maalaiskuntaa, Rautalampi ja Konneveden kirkonkylä Konneveden luusuan läheisyydessä.

Konneveden vesistöalueen taajamissa asui v. 1960 n. 12 900 asukasta eli n. 30 % vesistöalueen väestömäärästä (Vesi-Hydro 1967). Vesi-Hydron (1967) laatimasta Pohjois-Päijänteen vesistön käyttö- ja hoitosuunnitelmasta voidaan todeta ennusteen mukaan taajama-asutuksen ja näin ollen viemäröinnin piiriin joutuvan asukasmäärän lisääntyvän vuoteen 1975 mennessä 4 300 asukkaalla, vaikka alueen kokonaisasukasluvussa tapahtuukin lievää laskua. Asutuksen sekä maa- ja metsätalouden ohella vesistöä kuormittavat Konneveden yläpuolella Tyyrinvirran kalanviljelylaitos (vrt. ARVONEN 1970) ja Äyskosken kalanviljelylaitos.

Järven syvyyssuhteet on esitetty kuvassa 1 ja tutkimuksen havaintoasemat kuvassa 2.



Kuva 2. Tutkimuksen havaintoasemat.

Fig. 2. Sampling stations.

A. Apajapaikka — *Seining ground*; B. Pohjaeläinlinja — *Benthic fauna samples*; C. Vesi-, kasviplankton-, perustuotanto- ja eläinplanktonnäytteet — *Water, phytoplankton, primary production and zooplankton samples*; D. »In situ»-perustuotanto — *Primary production »in situ»*: E. Keski-Suomen vesipiirin näyteasema — *Sampling station of the local laboratory of the Board of Waters.*

Virtaamat Konneveden luusuassa ovat ajanjaksolla 1911—1940 olleet Kellankosken Voima Oy:n antamien tietojen mukaan seuraavat:

(Tiedot perustuvat hydrologisen toimiston suorittamiin mittauksiin.)

HQ	128	m³/s
MHQ	83	»
MQ	53	»
MNQ	31	»
NQ	16	»

II. Veden laatu

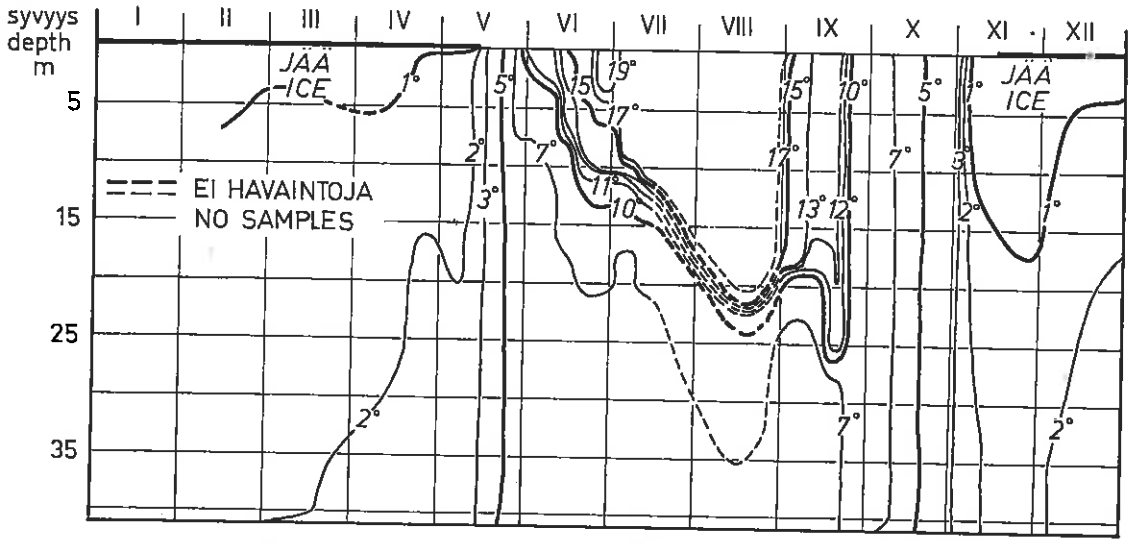
Konnevesi on kirkas ja niukasti humusta sisältävä järvi. Se on säännöstelemätön ja veden laadun suhteen lähellä luonnontilaa.

Konnevedestä on tehty syksystä 1961 lähtien säännöllisiä havaintoja veden laadusta yhdeltä näyteasemalta Keski-Suomen maanviljelysinsinööripiirin, sittemmin vesipiirin toimesta. Ajanjaksolla 1961—1970 veden laatu ei ole muuttunut oleellisesti vesipiirin havaintopaikalla no. 64, jonka sijainti on merkitty kuvaan 2. Lievää kohoamista on havaittavissa vain veden elektrolyyttisessä johtokyvyssä ja $KMnO_4$-kulutuksessa. Vesipatsaan keskiarvoiksi määritettiin:

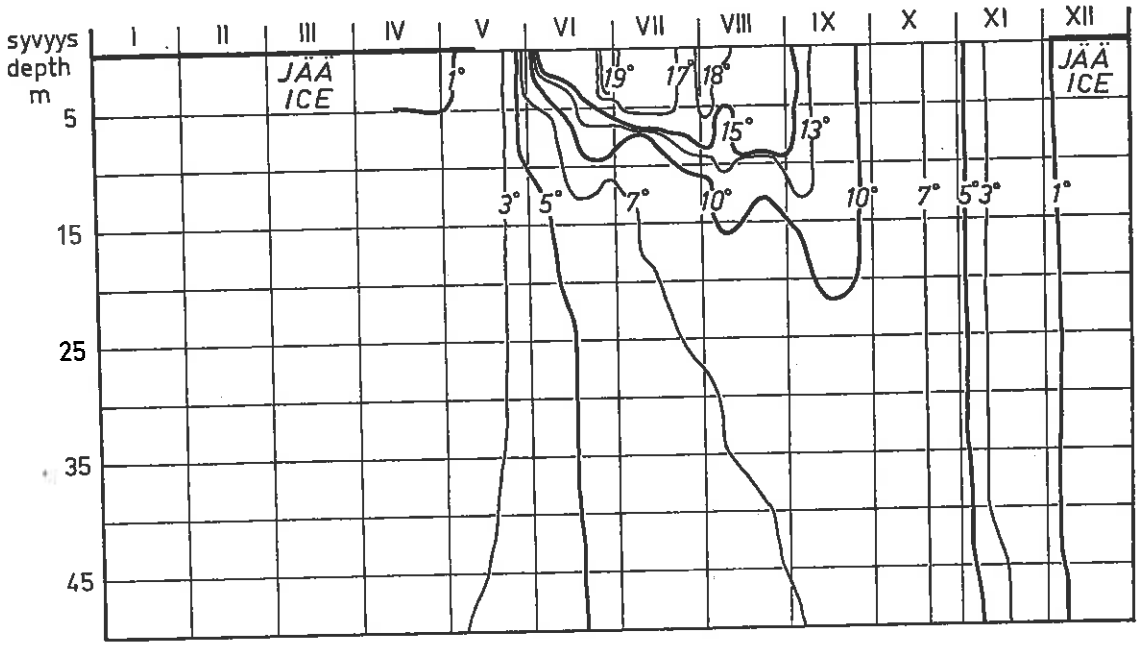
	15. III. 1962	24. III. 1970
Johtokyky (μS)	31	38
$KMnO_4$-kulutus (mg/l)	25	28

Kokonaistypen ja -fosforin pitoisuuksia on analysoitu vuodesta 1965 lähtien. Analyysitulokset osoittavat ravinnepitoisuuksien suurimman osan ajasta säilyneen jokseenkin vakioina ja tasolla, joka vastaa karun järven pitoisuuksia. Vuonna 1965 typen ja fosforin kokonaispitoisuudet ovat olleet jopa korkeampia kuin ajanjaksolla 1967—1970. Alkaliniteettihavaintoja on tehty niinikään vuodesta 1965 lähtien. Ajanjaksolla 1965—1970 vesipatsaan alkaliniteetti on havaintoasemalla no. 64 vaihdellut rajoissa 0,14—0,24 mval/l. Havaintojakson keskiarvo on 0,17 mval/l (n = 20). Em. havainnot on arkistoitu Keski-Suomen vesipiirin vesitoimistoon.

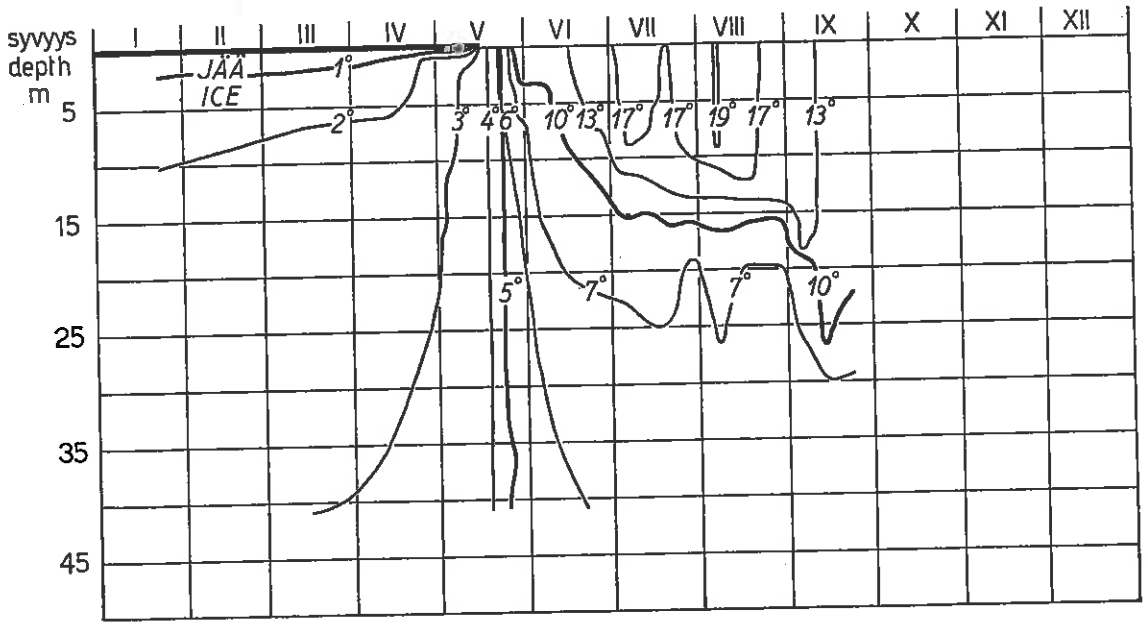
Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen havaintojen perusteella Pohjois- ja Etelä-



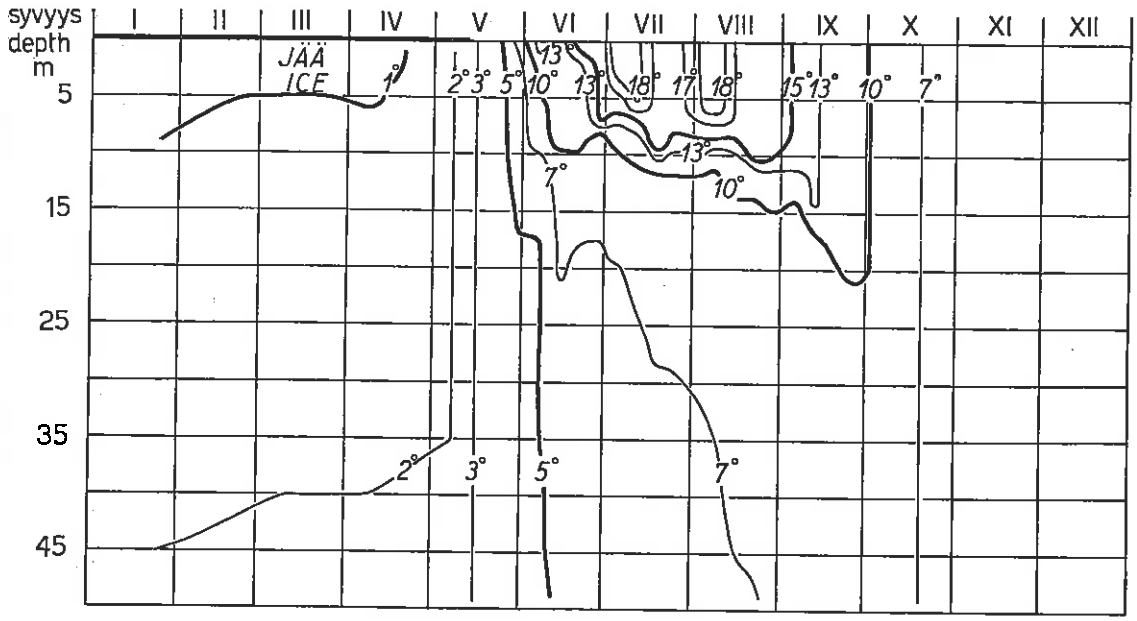
Kuva 3. Lämpötilaolosuhteet Pohjois-Konnevedessä v. 1970.
Fig. 3. The thermal conditions of the nothern part of Lake Konnevesi in 1970.



Kuva 4. Lämpötilaolosuhteet Etelä-Konnevedessä v. 1970.
Fig. 4. The thermal conditions of the southern part of Lake Konnevesi in 1970.



Kuva 5. Lämpötilaolosuhteet Pohjois-Konnevedessä v. 1971.
Fig. 5. The thermal conditions of the northern part of Lake Konnevesi in 1971.



Kuva 6. Lämpötilaolosuhteet Etelä-Konnevedessä v. 1971.
Fig. 6. The thermal conditions of the southern part of Lake Konnevesi in 1971.

Konneveden välillä on havaittavissa lievä ero samaan aikaan avovesikaudella 1970 otetuissa vesinäytteissä. Konneveden eteläosan väri samoinkuin $KMnO_4$-kulutus ovat hiukan suurempia ja veden hapenpitoisuus keskimäärin lievästi alhaisempi kuin järven pohjoispäässä. Ero typen ja fosforin kokonaispitoisuudessa ei liene analyysitarkkuus huomioon ottaen merkitsevä. Etelä-Konneveden vesirungon lämpötila on avovesikaudella 1970 ollut keskimäärin noin yhden asteen alhaisempi kuin Pohjois-Konneveden. Järven kummassakin osassa havaitaan selvä terminen kerrostuminen. Päällysveden paksuus on n. 10—15 m Etelä-Konnevedessä ja 20—25 m Pohjois-Konnevedessä. Pohjois-Konneveden pohja-alueesta suurin osa on avovesikaudella päällysveden piirissä. Lämpötilasuhteet ja avovesikauden pituus on esitetty kuvissa 3—6. Seuraavassa on taulukoituna Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen Konnevedestä v. 1970 tekemät vesianalyysit (Taulukot 2 ja 3).

Verrattaessa LAAKSOSEN (1969) laatiman yhteenvedon perusteella vesiensuojelutoimiston valtakunnallisten havaintopaikkojen veden laatua Konnevedestä purkautuvan veden osalta (asema 4130, Siikakoski) koko maan keskiarvoihin saadaan seuraava vertailusarja:

	Siikakoski	Koko maa
Lämpötilat t °C	7,0	6,9
Hapen kyllästys-%	97	85,
Sähkönjohtokyky μS	33	69
Alkaliniteetti mval/l	0,15	0,24
pH	6,9	6,6
Väri Pt mg/l	27	91
$KMnO_4$-kulutus mg/l ...	29	56
BHK_5 O_2 mg/l	0,6	1,9
Kokonais-N N mg/l	0,3	0,8
Kokonais-P P mg/l	0,01	0,06
Rauta Fe mg/l	0,1	1,1
Enterokokit kpl/100 ml .	3	739

Konnevedestä virtaava vesi on hapekkaampaa, vähemmän kasviravinteita sisältävää, kirkkaampaa, puhtaampaa ja sen pH lähempänä

Taulukko 2. Veden laatu Pohjois-Konnevedessä v. 1970.
Table 2. The water quality in the northern part of Lake Konnevesi in 1970.

Pvm *Date*	Syv. *Depth* m	$\varkappa_{20}$ µS	Väri *Colour* Pt mg/l	$KMnO_4$ mg/l	N tot mg/l	P tot mg/l	O_2 mg/l	O_2 %	pH	t °C
25. V.	1	35	20	20	0,25	0,011	—	—	6,5	8,3
	20	35	20	19	0,29	0,006	—	—	6,4	5,3
	38	35	20	19	0,29	0,009	—	—	6,5	5,2
1. VII.	1—5	34	18	18	0,20	0,008	8,6	100	6,9	21,3
	20	34	20	18	0,24	0,008	9,4	85	6,8	9,4
	34	34	20	18	0,31	0,026	9,6	83	6,6	7,6
28. VII.	1—5	35	15	20	0,21	0,004	8,5	93	6,7	18,6
	20	34	20	19	0,30	0,004	8,7	76	6,5	8,2
	24	34	20	19	0,26	0,007	8,8	76	6,6	7,7
7. IX.	1—5	36	12	19	0,14	0,008	9,1	82	7,1	14,5
	20	36	10	19	0,24	0,008	9,0	90	7,0	14,0
	40	36	13	18	0,28	0,021	7,1	59	6,5	6,2
12. X.	1	37	20	18	0,21	0,017	11,5	98	6,8	7,0
	20	36	15	18	0,24	0,027	11,3	97	6,8	7,0
	40	37	15	21	0,26	0,027	11,2	96	6,8	7,0
Σ	1—40	528	258	283	3,72	0,191	112,8	1 035	100,5	147,3
n		15	15	15	15	15	12	12	15	15
$\bar{x}$		35	17	19	0,25	0,013	9,4	86	6,7	9,8

Taulukko 3. Veden laatu Etelä-Konnevedessä v. 1970.
Table 3. The water quality in the southern part of Lake Konnevesi in 1970.

Pvm *Date*	Syv. *Depth* m	$\varkappa_{20}$ µS	Väri *Colour* Pt mg/l	$KMnO_4$ mg/l	N tot mg/l	P tot mg/l	O_2 mg/l	O_2 %	pH	t °C
25. V.	1	36	25	—	0,48	0,012	—	—	6,4	4,5
	20	35	25	—	0,42	0,009	—	—	6,5	4,0
	40	35	24	—	0,32	0,008	—	—	6,5	4,0
1. VII.	1—5	35	35	27	0,29	0,010	9,1	98	6,8	17,5
	20	35	30	26	0,27	0,008	9,0	78	6,7	7,4
	40	35	35	25	0,21	0,009	8,2	70	6,6	6,7
28. VII.	1—5	36	25	28	0,44	0,004	8,3	89	6,6	17,3
	20	35	25	25	0,32	0,003	9,2	80	6,6	8,0
	39	34	20	26	0,27	0,003	8,9	77	6,5	7,5
7. IX.	1—5	36	15	24	0,29	0,012	8,7	81	6,9	13,6
	20	35	20	22	0,19	0,009	7,8	69	6,5	8,6
	37	35	20	22	0,27	0,010	5,3	46	6,6	7,6
12. X.	1	36	15	25	0,36	0,011	10,7	94	6,8	8,1
	20	35	15	24	0,28	0,018	10,6	93	6,8	8,1
	42	36	25	25	0,29	0,020	10,6	93	6,7	8,1
Σ	1—42	529	354	299	4,70	0,146	106,4	968	99,5	131,0
n		15	15	12	15	15	12	12	15	15
$\bar{x}$		35	25	24	0,31	0,010	8,9	81	6,6	8,7

neutraalia kuin Suomen vesistöissä keskimäärin. Hygieenisiä haittoja on havaittavissa, mutta huomattavasti lievempinä kuin koko maan vesistöissä keskimäärin.

Edellä on todettu Vesi-Hydron (1967) laatimien ennusteiden mukaan taajama-asutuksen ja samalla viemäröinnin piiriin joutuvan asutuksen 1980-luvulla lisääntyvän Konneveden vesistöalueella. Samoin on odotettavissa kalanviljelylaitosten tuotannon kasvavan nykyisestään. Tämä merkitsee paikallisten rehevöityneiden alueiden laajenemista sekä hygieenisten haittojen lisääntymistä, mikäli riittävän tehokkaisiin kuormitusta vähentäviin toimenpiteisiin ei ajoissa ryhdytä. Potentiaalisen vaaratekijän veden laadulle muodostaa alueelle mahdollisesti tulevaisuudessa sijoittuva teollisuus. Jätevesihaittojen vähentämiseen tulisi Rautalammen reitin ainutlaatuisuus huomioon ottaen kiinnittää erityistä huomiota sekä asutuksen, teollisuuden, kalanviljelylaitosten että muiden vesistön kuormittajien osalta.

Kirjallisuusluettelo

Arvonen, H. 1970: Savon Taimen Oy:n kalanviljelylaitoksen aiheuttama vesistön kuormitus. — 25 pp. Kuopion vesipiirin vesitoimisto.

Blomqvist, E. 1911: Lisiä Suomen hydrografiaan II. Kymijoki ja sen vesistö. — 235 pp. Suomen tie- ja vesirakennusten ylihallituksen hydrografinen toimisto, Helsinki.

Keski-Suomen vesipiiri: Tarkkailu- ja valvontatutkimusten analyysitulokset Keski-Suomen vesipiirin vesitoimiston arkistossa Jyväskylässä.

Laaksonen, R. 1969: Vesistöjen veden laadusta vesiensuojelun valvontaviranomaisen vuosina 1962—1968 tekemien eräiden tarkkailututkimusten valossa. I osa. — Vesiensuojelutoimiston tiedonantoja 47: 1—512.

Vesi-Hydro 1967: Pohjois-Päijänteen vesistön käyttö- ja hoitosuunnitelma. — 286 pp. Helsinki.

Suomen Kalatalous 46: 11—19. 1972

Konneveden kasviplankton ja perustuotanto vuonna 1970

KAJ GRANBERG [1]

GRANBERG, K. 1972: Konneveden kasviplankton ja perustuotanto vuonna 1970. — Suomen Kalatalous 46 : 11—19.

Aineisto on kerätty touko—syyskuussa vuonna 1970 ja näytteitä on otettu kerran kuukaudessa. Perustuotannon tutkimisessa sovellettiin ns. vakiovalomenetelmää (5 000 luxia, 20° C, 24 t, ainoastaan heinäkuussa tehtiin Etelä-Konnevedellä yksi »in situ» — perustuotantomääritys). Kasviplanktonin lajisukkessiossa tavatut erot Pohjois- ja Etelä-Konneveden välillä oletettiin johtuvan osa-altaiden erilaisesta lämpötilakehityksestä. Lukumääräisesti vallitsivat kasviplanktonryhmät Chrysophyceae ja Cryptophyceae, biomassoissa Cryptophyceae ja Diatomae. Pohjois- ja Etelä-Konneveden keskimääräisten kasviplanktonbiomassojen välillä ei ollut merkitsevää eroa. Pohjois-Konneveden kasvukauden aikainen keskimääräinen perustuotantokyky oli 16,7 mg $C_{ass}/m^3 \cdot 24$ h ja Etelä-Konneveden 13,6 mg $C_{ass}/m^3 \cdot 24$ h. Merkittävää tilastollista eroa ei keskiarvojen välillä ollut. Kasvukauden perustuotanto oli Pohjois-Konnevedellä 88 kg C_{ass}/ha ja Etelä-Konnevedellä 67 kg C_{ass}/ha. Tuotannon vähäisyys ilmentää oligotrofiaa. 90 % perustuotannosta on arvioitu olevan nannoplanktonin varassa, siten nannoplankton on, kuten yleensäkin, ravintoketjun alun pääravintolähde.

GRANBERG, K. 1972: Phytoplankton and primary production of Lake Konnevesi, Central Finland, in 1970. — Suomen Kalatalous 46 : 11—19.

The material was collected once a month during May—September 1970, from two sampling stations situated in the north and south parts of Konnevesi. Primary production was studied by the constant light method (5 000 lux light, 20° C and incubation time 24 hr). In July one »in situ» measurement was made in the south of Konnevesi. The differences in the species succession may have been due to differences in the temperature conditions of the north and south of the lake. Chrysophyceae and Cryptophyceae dominated numerically in the phytoplankton; Cryptophyceae and the diatoms had the greatest biomasses. No significant differences existed between the mean biomasses of the northern and southern parts of Konnevesi. The mean primary production of the northern part of Konnevesi was 16.7 mg C_{ass}/m^3 per 24 hr; in the southern part it was 136 mg C_{ass}/m^3 per 24 hr. There were no significant differences between the mean primary production values of the two sampling stations. The primary production of the growing season was 88 kg C_{ass}/hectare in the northern part of Konnevesi and 67 kg C_{ass}/hectare in the southern part. These low values indicate that the lake is oligotrophic. About 90 % of the primary production relates to the nannoplankton, which thus serves as the main food for the higher trophic levels in the nutrient chain.

Vastaanotettu 20. VII. 1972
Painettu 13. VI. 1973

[1]) Jyväskylän hydrobiologinen tutkimuslaitos, Salmela 40450 Jyväskylä 45.

I. Johdanto

Keski-Suomessa sijaitseva, Rautalammin reittiin kuuluva Konnevesi on edustava, luonnontilainen, oligohumoosinen ja vähäravinteinen suomalainen suurjärvi. Konneveden yleistä limnologista luonnetta on TUUNAINEN (1972) käsitellyt. Tässä tutkimuksessa on tarkoitus selvitellä Konneveden kasviplanktonia, kasviplanktonlajistoa ja perustuotantoa. Aikaisemmin on tiettävästi ainoastaan JÄRNEFELT (1956) tutkinut Konneveden kasviplanktonia. 31. VII. 1946 otetussa kasviplanktonnäytteessä valtalajina oli *Dinobryon bavaricum*. Näytteen biomassa oli 40 mg/m³). JÄRNEFELTin mukaan järvi oli oligotrofinen.

Tutkimus liittyy Konnevettä koskevaan tutkimusohjelmaan (TOIVONEN 1972).

II. Aineisto ja menetelmät

1. Näytteiden otto

Havaintopaikkoja oli kaksi, toinen Pohjois- ja toinen Etelä-Konnevedellä. Näytteet otettiin havaintopaikoilta samanaikaisesti fysikaalis-kemiallisten, eläinplankton- ja pohjaeläinnäytteiden kanssa. 28. VII. 1970 Etelä-Konnevedellä määritettiin »in situ» -perustuotanto. Kasviplankton- ja perustuotantonäytteet otettiin: 25. V. 1970, 1. VII. 1970, 28. VII. 1970, 7. IX. 1970, 12. X. 1970.

28. VII. 1970 Etelä-Konnevedeltä otettu kasviplanktonnäyte pilaantui puutteellisen säilönnän vuoksi.

Kasviplanktonnäytteet on otettu kymmenen metrin päällysvesikerroksesta kokoomanäytteinä ja säilötty J+KJ+etikkahappoliokselle (UTERMÖHL 1958).

2. Näytteiden tutkiminen

Planktonlaskenta suoritettiin ns. sovelletulla Utermöhl-tekniikalla (op. cit.). Näytteistä laskettiin n. 500 levää, mikä riittää kasviplanktonbiomassan luotettavaan määritykseen (vrt. KANGAS & KERMINEN 1969).

Kasviplanktonin biomassat on laskettu dimensioina mg/m³ tuorepainoina (= 10^6 μ^3/l; μg/l) NAULAPÄÄN (1966) valmiiden tilavuustaulukoiden avulla. Seuraavista levistä käytettiin em. taulukosta poikkeavia tilavuuksia:

Melosira ambigua (Goumont) O.F.M.	8 000 μ^3
» *italica* (E.) Krieg.	15 900 μ^3
» *islandica* O.F.M.	22 000 μ^3

Tilavuudet ovat keskimääräisiä tilavuuksia 100 μ:n levärihmaa kohti. Seuraavat levätilavuudet ovat omia mittauksia:

Rhodomonas minuta Skuja	270 μ^3
Flagellata spp.	90 »

Käytännössä riittävän tarkka kasviplanktonin biomassa-arvo saadaan laskemalla näytteessä olevien lukumääräisten valtalajien muodostama biomassa.

Kasviplanktonin määritys on suoritettu PASCHERin (1915), HUBER-PESTALOZZIN (1938—1955), SKUJAN (1956), PRESCOTTin (1962) ja JÄRNEFELTin *et. al.* (1963) määritysoppaiden mukaan.

Kasviplanktonin perustuotannolla tarkoitetaan kasviplanktonin fotosynteesin avulla aikayksikössä syntetisoimaa orgaanisen aineen määrää (vrt. LEHMUSLUOTO 1969). Suurten vesistöjen ollessa kyseessä on ns. korkeampien vesikasvien, esim. putkilokasvien merkitys vesistön kokonaisperustuotannossa yleensä vähäinen, planktonlevät ovat tärkeimmät perustuottajat.

Kasviplanktonin perustuotanto määritettiin STEEMANN NIELSENin (1952) kehittämällä hiili-14-menetelmällä vakiovalossa perustuotantokykynä (valaistus n. 5 000 luksia, inkubointiaika 24 tuntia ja lämpötila n. 20° C) (vrt. LEHMUSLUOTO 1965). Näytteet otettiin kokoomanäytteinä 0,5 litran pulloihin 10 metrin päällysvesikerroksesta samoin kuin kasviplanktonnäytteetkin. Inkubointi tapahtui vuorokauden sisällä näytteenotosta.

28. VII. 1970 Etelä-Konnevedellä määritettiin »in situ» perustuotanto valaistun kerroksen toteamiseksi ja todellisen perustuotannon laskemista varten.

Perustuotantomäärityksen tuloksen laskemiseen tarvittava epäorgaaninen hiili laskettiin alkaliniteetin (seosindikaattori) ja pH:n avulla käyttäen LEHMUSLUODON (1969) julkaisemia taulukoita.

Kasviplanktonin perustuotanto (in situ) arvioitiin perustuotantokykytuloksista seuraavin perustein. Kasviplanktonin maksimiperustuotantoon (mg C/m³) vaikuttavat pääasiallisesti ravinteet, kesäaikana valaistus ja lämpötila eivät yleensä ole rajoittavia tekijöitä. Voidaan olettaa, että perustuotantokyvyn ja maksimiperustuotannon arvot vastaavat suurin piirtein toisiaan (vrt. GRAN-

BERG 1971). Veden optiset olosuhteet (humus, levien varjostus) vaikuttavat perustuotantokäyrän muotoon ja siten pinta-alayksikköä kohti laskettuun perustuotantoon.

Ns. V/O-kvotientin $\frac{\text{max. perustuotanto/m}^3}{\text{perustuotanto/m}^2}$ (RODHE 1958), arvo on riippuvainen mm. leväbiomassasta ja humuksesta. Kertomalla perustuotantokykyarvot, jotka siis edustavat maksimiperustuotantoa/m³, V/O-suhteen käänteisarvolla, saadaan kasviplanktonin perustuotanto neliömetriä kohti. Koska valon määrä vähenee syksyllä, oletettiin, että todellinen perustuotanto oli syyskuussa 50 % ja lokakuussa 20 % lasketusta perustuotannosta pintayksikköä kohti. Tämä arvio perustuu LEHMUSLUODON (1969) esitykseen sekä kirjoittajan kokemuksiin Päijänteen Asikkalanselältä (GRANBERG 1970b).

Koska näytteitä on otettu varsin niukasti, arvioitu perustuotanto ei ole tarkka, joskin se osoittaa kuitenkin suuruusluokan. Yleensä, jotta perustuotanto saataisiin mitatuksi luotettavasti, näytteitä tulisi ottaa vähintään kerran viikossa kasvukauden aikana.

III. Tulokset ja tarkastelu

1. Kasviplanktonin lajisto ja lajisukkessio

Kasviplanktonnäytteistä määritettiin kaikkiaan 101 lajia ja sukua. Seuraavassa on esitetty luettelo tavatuista lajeista ja muodoista.

CYANOPHYTA

Chroococcales

Aphanocapsa delicatissima W. & G. S. West
A. elachista W. & G. S. West
A. sp.
Aphanothece chlathrata W. & G. S. West
Chroococcus limneticus Lemm.
Coelosphaerium kuetzingianum Naeg.
Comphosphaeria aponina Kuetz.
G. lacustris Chod.
E *Microcystis elabens* Kg.
Merismopedia tenuissima Lemm.
Rhabdoderma lineare Schmidle & Lauterb.

Hormogonales

Anabaena sp.
Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs
Oscillatoria tenuis Ag.

CHLOROPHYTA

Protoblepharidinae

Gyromitus sp.

Euchlorophyceae

Carteria sp.
Clamydomonas spp.
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs
A. falcatus v. mirabilis W. & W.
A. f. v. spirilliformis W. S. West
Chlorella sp.
Coccomyxa sp.
O *Crucigenia irregularis* Wille
C. tetrapedia (Kirchn.) W. & G. S. West
C. quadrata Morren
Dictyosphaerium pulchellum Wood
D. simplex Skuja
Elakatothrix gelatinosa Wille
E. cf. viridis (Snow) Prinz
Oocystis borgei Snow
O. crassa Wittr.
O. lacustris Chod.
O. submarina Lagerh.
Quadrigula sp.
E *Scenedemus armatus* Chod. (G. M. Smith)
S. a. v. bicaudatus
S. bicellularis Chod.
S. sp.
Sphaerocystis schroeteri Chod.
E *Tetraedron minimum* (A. Br.) Hansg.

Conjugatae

Stichococcus bacillaris Naeg.
Cosmarium sp.
Closterium actum v. variable (Lemm.) Krieg.
Staurastrum spp.

CHRYSOPHYTA

Chrysophyceae

Aulomonas purdyi Lackey
Codonosiga sp.
Chrysococcus sp.
Chrysolykos planktonicus Mack
Ch. skujai (Nauwerck) Junis
O *Diceras chodati* Rev.
Desmarella moniliformis Kt.
Dinobryon acuminatum Ruttn.
O *D. bavaricum* Imhof

D. borgei Lemm.
O *D. cylindricum* Imhof
O *Dinobryon divergens* Imhof.
D. pediformae Lemm.
D. sociale E.
D. suecicum Lemm.
Flagellata spp.
O *Kephyrion* spp.
Lagenoeca sp.
M. acaroides Zach.
M. akrokomos Ruttn.

Heterokontae

Botryococcus braunii Kuetz.
Gloeobotrys sp.

Diatomae

Asterionella formosa Hass.
Cyclotella cf. glomerata Bachm.
C. bodanica Eulenst.
C. cf. ocellata Pant.
C. comta (E) Kg.
C. stelligera Cl. & Grun.
Cymbella sp.
Diatoma elongatum (Lyngb.) Kg.
E *Fragilaria crotonensis* Kitton
F. virescens Ralfs
Gomphonema sp.
Melosira ambigua (Grün.)
M. distans (E.) Krieg.
E *M. islandica* O. M.
M. italica (E.) Krieg.
Navicula spp.
Nitzschia spp.
Pennales spp.
Rhizosolenia longiseta Zach.
Synedra cf. nana Mstr.
Stephanodiscus astraea (E.) Grun.
S. cf. hantszhii Grün.
Surirella spp.
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kg.
T. flocculosa (Roth) Kg

PYRROPHYTA

Cryptophyceae

Cryptomonas spp.
Rhodomonas cf. minuta Skuja
Katablepharis ovalis Skuja

Peridineae

Amphidinium spp.
Glenodinium spp.
Gymnodinium sp.
G. cf. fuscum Stein
Ceratium hirundinella (O. F. M.) Bergh
Peridinium inconspicuum Lemm.

Bacteriophyta

Planctomyces condensatus Skuja
Siderocapsa geminata Skuja

Luetteloon on merkitty JÄRNEFELTin *et al.* (1963) eutrofiaa (= E) ja oligotrofiaa (= O) ilmentävät lajit. Eutrofiaa indikoivia lajeja tavattiin kolme, oligotrofiaa ilmentäviä kuusi. Taulukossa 1 on verrattu Konneveden, oligotrofisen Lammin Pääjärven (GRANBERG 1970a), koko Päijänteen (Helsingin kaupungin vesilaitos 1968) ja Päijänteen Ristiselän (GRANBERG 1969) prosentuaalista lajikoostumusta.

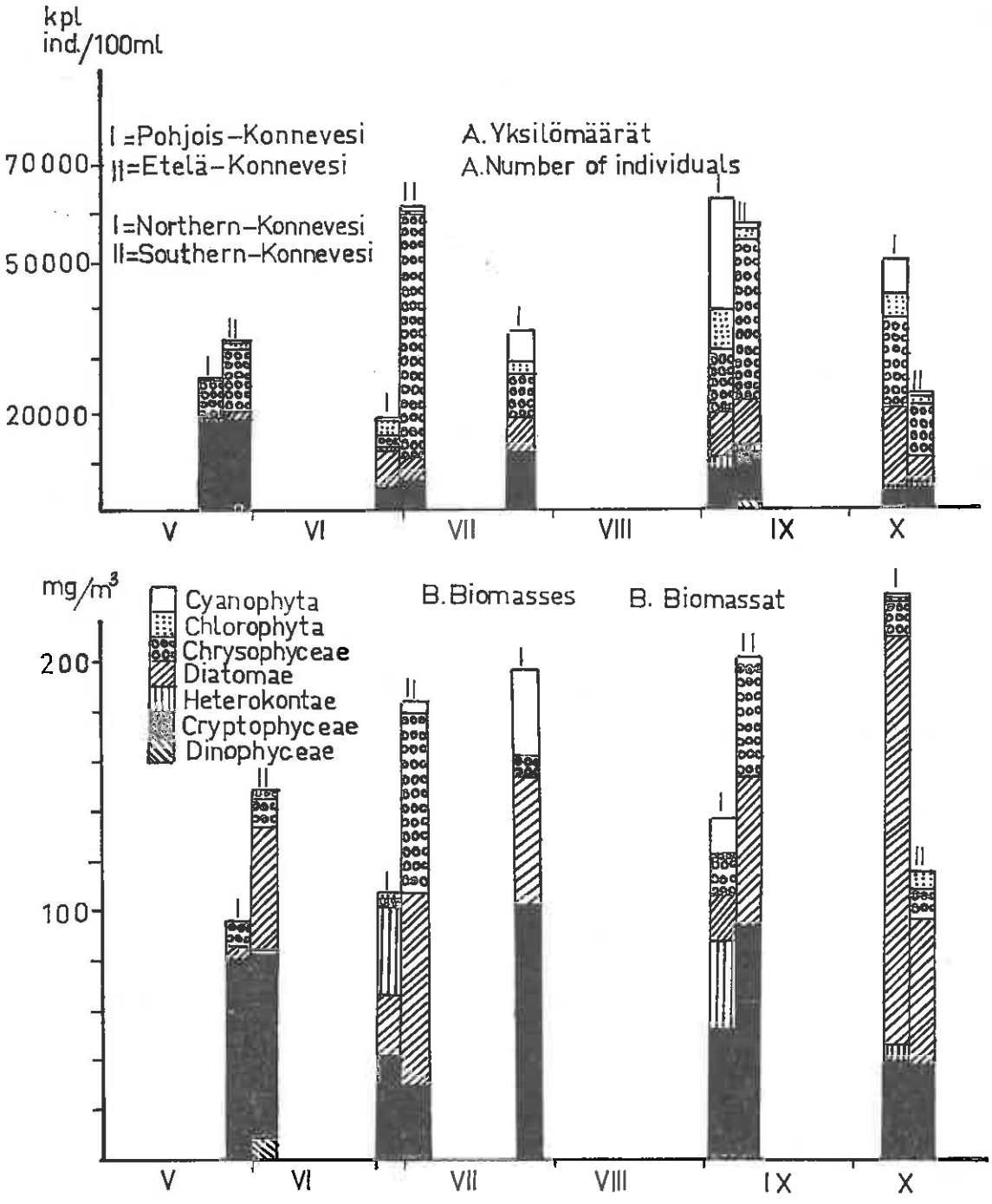
Konnevesi on karuin ja Ristiselkä rehevin. Taulukon perusteella voidaan yleisesti todeta, että rehevöitymisen jatkuessa viherlevien suhteellinen osuus kasvaa lajistossa, ja että kultalevien (*Chrysophyceae*) osuus näyttää vähentyvän. Lajiston perusteella Konnevesi kuuluu lähinnä JÄRNEFELTin (1952) kuvaamiin *Chrysophyceae-Diatomae* -järviin, jotka ovat yleensä oligotrofisia ja humuspitoisia (meso-polyhumoosisia).

Kuvassa 1 on esitetty kasviplanktonin kokonaismäärän ja biomassan vaihtelut eri havaintokerroilla. Kuvioista ilmenevät myös eri kasviplanktonryhmien osuudet kokonaisbiomassoista ja -yksilömääristä. Koska näytteenottovälit olivat pitkät, antavat tulokset vain karkean kuvan levä-sukkessiosta.

Taulukko 1. Konneveden, Pääjärven, koko Päijänteen ja Päijänteen Ristiselän prosentuaalinen lajikoostumus.

Table 1. Percentage composition of phytoplankton species in lakes Konnevesi, Pääjärvi, the whole of Lake Päijänne and Ristiselkä in the northern of Päijänne.

	Konnevesi	Pääjärvi	koko Päijänne	Ristiselkä
Cyanophyta	14	13	12	13
Euchlorophyceae	22	25	31	27
Conjugatae	5	12	15	5
Chrysophyceae ..	22	22	5	18
Diatomeae	24	18	18	31
Muut	13	9	20	6



Kuva 1. Pohjois- ja etelä-Konneveden kasviplanktonin yksilömäärät ja biomassat vuonna 1970.

Fig. 1. Numbers of individuals and biomasses of the phytoplankton of Northern and Southern Lake Konnevesi in 1970.

25. V. otetuissa näytteissä oli sekä Pohjois- että Etelä-Konnevedellä valtaryhminä Chrysophyceae sekä Cryptophyceae. Valtalajeina olivat *Rhodomonae minuta* sekä *Cryptomonas* spp.

Kesäkuun alussa oligotrofisissakin järvissä tavattava kasviplanktonmaksimi ei ilmeisesti tullut toukokuun näytteissä näkyviin, koska Etelä-Konneveden lämpötila oli toukokuun lopulla vielä 4,0—4,5°C. (Pohjois-Konnevedellä pintaveden lämpötila oli jo 8,3°C). Biomassa oli kuitenkin pienempi kuin Etelä-Konnevedellä. Päijänteellä on todettu, että keväällä pintaveden ollessa 8—10°C tapahtuu kasviplanktonin biomassan ja perustuotannon alkukesän nousu (GRANBERG 1970b).

1. VII. Pohjois-Konnevedellä vallitsi *Cyclotella* -suku, ko. laji oli todennäköisesti *Cyclotella cf. ocellata*. Etelä-Konnevedellä valtalajina oli *Dinobryon sociale*.

28. VII. Pohjois-Konnevedellä vallitsivat *Rhodomonas minuta*, Chrysomonadinae-flagellaatit ja *Cyclotella* -suku.

Syyskuussa Pohjois-Konnevedessä oli runsaslukuisesti sinileviä. Pääasiassa kyseessä oli *Merismopedia tenuissima*. Eutrofisille järville tyypillisiä *Aphanizomenon*- ja *Anabaena* -sukujen sinileviä tavattiin Konnevedestä vain satunnaisesti.

Kuvan 1 perusteella on todettavissa, että samanaikaisissa näytteissä eri kasviplanktonryhmien osuudet kokonaismääristä ja -biomassoista olivat Pohjois- ja Etelä-Konnevedessä erilaiset. Eräänä syynä tähän lienee osa-altaiden erilainen lämpötilakehitys. Pienemmän vesitilavuuden omaavana Pohjois-Konnevesi esim. lämpenee keväällä ja jäähtyy syksyllä nopeammin kuin Etelä-Konnevesi.

Eri kasviplanktonryhmien prosentuaalinen osuus kokonaisyksilömäärästä ja -biomassasta on esitetty taulukossa 2.

Lukumääräisesti kultalevät ja keltaruskolevät olivat vallitsevia, biomassassa vallitsivat keltaruskolevät ja piilevät. Eri leväryhmien biomassasuhteiden perusteella Konnevesi on lähinnä Diatomeae-tyyppiä (vrt. JÄRNEFELT 1952).

Keskimääräinen kasviplanktonbiomassa oli

Taulukko 2. Eri kasviplanktonryhmien osuus Konneveden kasviplanktonin keskimääräisestä kokonaisyksilömäärästä.

Table 2. The proportions of different phytoplankton groups in the mean number of specimens and in the mean biomass.

	% yksilömäärästä % *numbers of individuals*	% biomassasta % *biomass*
Cyanophyta	8,1	3,9
Chlorophyta	7,1	1,4
Chrysophyceae	34,1	16,5
Diatomeae	17,3	32,2
Heterokontae	1,3	6,7
Cryptophyceae	26,3	41,3
Dinophyceae	0,7	0,7

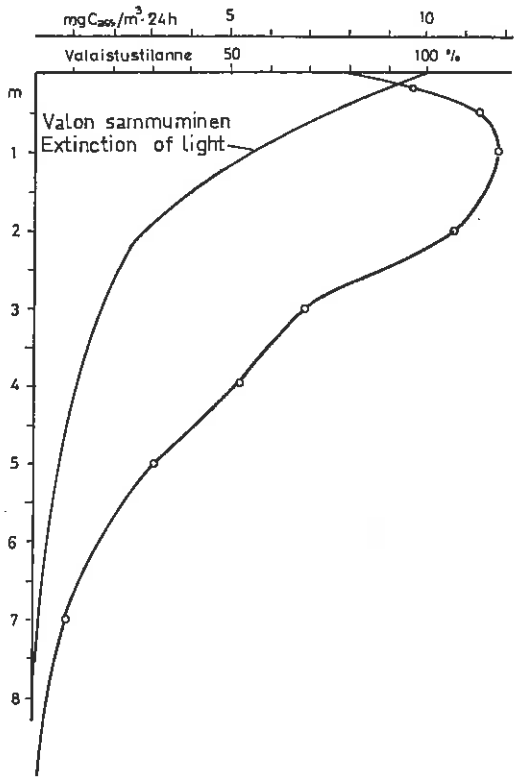
Pohjois-Konnevedessä 142,5 mg/m³, Etelä-Konnevedessä 162,5 mg/m³. Keskiarvon laskusta on jätetty pois 28. 7. 1970 Pohjois-Konnevedestä otettu näyte. T-testin mukaan ($t = 0{,}66$; $P > 50\ \%$) biomassojen keskiarvot eivät eroa merkitsevästi toisistaan.

Biomassojen, lajikoostumuksen ja lajistosuhteiden perusteella Konnevesi on oligotrofinen järvi (vrt. JÄRNEFELT 1952, 1956).

2. Kasviplanktonin perustuotanto

Kuvassa 2. on esitetty 28. VII. 1970 Etelä-Konnevedellä tehdyn »in situ» -perustuotantomittauksen tuloksena saatu käyrä. Lisäksi kuviossa on esitetty valaistustilanne. Tämä on arvioitu olettaen, että eufoottisen kerroksen paksuus on näkösyvyys kerrottuna kahdella (vrt. JÄRNEFELT 1958), valon sammuminen on laskettu käyttämällä apuna TALLINGin (1957) »optisen syvyyden» käsitettä. Eufoottisen kerroksen paksuus oli näkösyvyyshavaintojen mukaan keskimäärin 8,8 m.

Mitattu maksimiperustuotanto oli 11,8 mg $C_{ass}/m^3 \cdot 24$ h ja kokonaisperustuotanto 45 mg $C_{ass}/m^2 \cdot 24$ h. V/O-suhde oli 0,26. Konneveden veden väri on suuruusluokkaa 15—20 mg Pt/l. Vertailun vuoksi mainittakoon, että meromiktiken, oligotrofisen Valkiajärven V/O-suhde oli keskimäärin 0,3 pintaveden värin ollessa 10—30 mg Pt/l (vrt. MERILÄINEN 1967). Saatua V/O-suhdetta voidaan siis pitää Konnevedelle



Kuva 2. Kasviplanktonin perustuotanto Etelä-Konnevedessä 28. 7. 1970.

Fig. 2. Primary production in Southern Lake Konnevesi in 28. 7. 1970.

tyypillisenä arvona. Koska perustuotannon mittaustulokset olivat Konnevedessä alle 100 mg $C_{ass}/m^3 \cdot$ vrk, veden väri määrää perustuotantokäyrän muodon (vrt. LEHMUSLUOTO 1969). Taulukossa 3 on esitetty kasviplanktonin perustuotantokyky eri havaintokerroilla.

Perustuotantokyvyt olivat alhaisia ja LEHMUSLUODON (1969) mukaan ilmentävät oligotrofiaa. Keskimääräisen perustuotantokyvyn perusteella Pohjois-Konnevesi on lievästi Etelä-Konnevettä rehevämpi. T-testin perusteella keskimääräisten perustuotantokykyjen välillä ei kuitenkaan ole merkitsevää eroa ($t = 0{,}434$; $P > 50\ \%$).

Taulukossa 4 on edellisistä tuloksista laskettu perustuotanto pintayksikköä kohti aikaisemmin selostetulla menetelmällä. Tuloksissa on lisäksi

Taulukko 3. Pohjois- ja Etelä-Konneveden kasviplanktonin perustuotantokyky vuonna 1970.

Table 3. Primary productivity »in vitro» in the northern and southern parts of Konnevesi in 1970.

Päivämäärä *Date*	Pohjois-Konnevesi *Northern Konnevesi* mg $C_{ass}/m^3 \cdot 24$ h	Etelä-Konnevesi *Southern Konnevesi* mg $C_{ass}/m^3 \cdot 24$ h
25. V. 1970 ..	8,1	5,8
1. VII. 1970 ..	18,4	3,3
28. VII. 1970 ..	41,9	14,3
7. IX. 1970 ..	9.2	39,2
12. IV. 1970 ..	6,2	2,7
Keskiarvo *(Mean)*	16,7	13,0

otettu huomioon syksyllä tapahtuva valon väheneminen, minkä vuoksi syyskuun näytteet on jaettu kahteen osaan, elokuun loppuun ja syyskuun alkuun. Taulukkoon on merkitty myös ne jaksot, joita kunkin perustuotantomäärityksen oletetaan edustavan.

Pohjois-Konneveden perustuotanto oli siis kasvukauden aikana v. 1970 n. 88 kg C_{ass}/ha ja Etelä-Konneveden n. 67 kg C_{ass}/ha. Aikaisemmin mainitut varaukset huomioon ottaen tulos viittaa siihen, että Pohjois-Konnevesi näyttää olevan lievästi Etelä-Konnevettä rehevämpi. Ero ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevä. Konneveden perustuotanto oli pinta-alayksikköä kohti suurempi kuin Päijänteen Tehinselän ja Asikkalanselän vuonna 1970. Tehinselän tuotanto oli 58 kg C_{ass}/ha ja Asikkalanselän 29 kg C_{ass}/ha (GRANBERG 1971). Perustuotannon keski-

Taulukko 4. Kasviplanktonin perustuotanto Pohjois- ja Etelä-Konnevedessä 15. V.—15. X. 1970.

Table 4. Primary production in the northern and southern parts of Konnevesi in the period 15. V.—15. X. 1970.

Aika *Date*	Pohjois-Konnevesi *Northern Konnevesi* mg $C_{ass}/m^3 \cdot 24$ h	Tuotanto *Production* mg/m³	Etelä-Konnevesi *Southern Konnevesi* mg $C_{ass}/m^3 \cdot 24$ h	Tuotanto *Production* mg/m³
15. V.-15. VI.	31	933	22	668
15. VI.-15. VII.	71	2 130	13	380
15. VII.-15. VIII.	161	4 827	45	1 350
15. VIII.-30. VIII.	35	530	150	2 250
1. -15. IX.	18	263	75	1 125
15. IX.-15. X.	5	143	30	900
		8 829		6 673

määräinen maksimiarvo tilavuusyksikköä kohti oli Tehinselällä kuitenkin suurempi kuin Konneveden keskimääräinen perustuotantokyky (op. cit.). Asikkalanselällä arvot olivat samaa suuruusluokkaa. Mainittujen Päijänteen selkien pienempi perustuotanto johtuu tuotantokerrosta rajoittavasta veden väristä.

Keskimääräinen perustuotanto oli Pohjois-Konnevedessä 58,8 mg $C_{ass}/m^2 \cdot 24$ h ja etelä-Konnevedessä 44 mg C_{ass}/m^3 biomassan ollessa vastaavasti 1 530 mg/m³ ja 1 620 mg/m³. Nämä arvot sopivat varsin hyvin Rohden *et al.* (1958) esittämään Erken-järven perustuotannon ja kasviplanktonbiomassan regressiosuoraan (vrt. Nauwerk 1963).

Kasviplanktonbiomassan uusiutumisnopeuden arvioimiseksi laskettiin Pohjois- ja Etelä-Konneveden kasviplanktonille keskimääräiset uusiutumiskertoimet (vrt. Nauwerk 1963), jolloin kasviplanktonia oletettiin jakautuneen tasaisesti päällysveteen, ja kasviplanktonin tuorepainosta oletettiin olevan 10 % hiiltä (Rodhe 1958, Nauwerk 1963). Pohjois-Konnevedellä uusiutumiskertoimen arvo oli keskimäärin 0,38, Etelä-Konnevedellä 0,27. Kasviplanktonin keskimääräinen uusiutumisaika oli siten Pohjois-Konnevedessä hieman alle kolme vuorokautta ja Etelä-Konnevedessä vajaa neljä vuorokautta. Vertailun vuoksi mainittakoon, että vuonna 1970 Tehinselän kasviplanktonin uusiutumisaika oli 5—6 vrk ja Asikkalanselän n. 11 vrk (Granberg 1971). Uusiutumisnopeuteen ovat Konnevedellä vaikuttaneet mm. edullinen valaistustilanne ja pienet kasviplanktonbiomassat.

3. Kasviplankton Konneveden biologisen tuotannon perustana

Kasviplankton on primaarituottajana vesistön biologisen tuotannon perusta. Seuraavan trofiatason muodostaa eläinplankton. Eläinplankton ei kuitenkaan voi käyttää kaikkea kasviplanktonia ravinnoksi, vaan lähinnä nannonplanktonia (vrt. Nauwerk 1963). Erikoisesti kultalevät, keltaruskolevät (Cryptophyceae) ja monet pienet piilevät (*Stephanodiscus*, *Cyclotella*) soveltuvat eläinplanktonin ravinnoksi (op. cit.). Konneveden keskimääräisestä yksilömäärän mukaisesta kasviplanktonkoostumuksesta soveltunee ainakin 70 % ja biomassasta 75 % eläinplanktonin ravinnoksi. Tällöin ravintokohteiksi oletetaan soveltuvan ryhmät Chrysophyceae, Cryptophyceae ja puolet piilevistä.

Kasviplanktonin kokonaismäärien, biomassojen sekä kasviplanktonryhmien Cyanophyta, Chrysophyceae, Diatomae ja Cryptophyceae yksilömäärien ja biomassojen merkitystä perustuotannon kannalta testattiin laskemalla perustuotantokykyjen ja em. ryhmien väliset korrelaatiot. Tulokset osoittivat, että kasviplanktonin perustuotantokyvyn ja biomassojen välillä vallitsi melkein merkitsevä positiivinen korrelaatio ($r = 0{,}72$; $t = 2{,}55^{x}$). Keltaruskolevien (Cryptophyceae) ja perustuotannon välillä oli merkitsevä positiivinen korrelaatio ($r = 0{,}87$; $t = 4{,}35^{xx}$). Tämän mukaan näyttää siltä, että nannonplanktiset keltaruskolevät ovat Konnevedessä tuotannon kannalta merkittävin ryhmä. Laskettaessa energian siirtymistä seuraaville trofiatasoille, voidaan arvioida, että nannonplanktonin tehokkuus tuottajana on kaksi kertaa suurempi kuin muun kasviplanktonin, kuten Nauwerk (1963) on Erken-järven tutkimuksessaan esittänyt. Jos tätä sovelletaan myös Konneveteen, perustuotannosta olisi karkeasti 90 % nannonplanktonin varassa.

Käyttämällä hiilen polttoarvoa 9 400 kcal/kg saadaan Pohjois-Konneveden perustuotannoksi 827 200 kcal/ha energiana, ja Etelä-Konnevedessä 620 400 kcal/ha. Vuonna 1970 Luonetjärven lentoasemalla mitatun kokonaissäteilyn määrä oli 527 780 kcal/m². Tästä energiamäärästä sitoutui kasviplanktoniin Pohjois-Konnevedellä 0,016 % ja Etelä-Konnevedellä 0,012 %. Koska perustuotantoaineisto oli niukka, eivät pohjois- ja Etelä-Konneveden erot ole merkittäviä. Vertailun vuoksi mainittakoon, että vuonna 1969 Tehinselällä sitoutui säteilyenergiasta kasviplanktoniin 0,018 %, ja eutrofisessa Jyväsjärvessä v. 1970 n. 0,2 %. Eutrofisessa Mendota-järvessä vastaava arvo oli 0,35 % (cf. Kormondy 1971).

Kirjallisuusluettelo

GRANBERG, K. 1969: Jyväskylän kaupungin asuma- ja teollisuusjätevesien vaikutuksesta Jyväsjärveen ja Pohjois-Päijänteeseen sekä suositus jätevesien aiheuttamien haittojen vähentämiseksi. (With English summary.) — Jyväskylän hydrobiologinen tutkimuslaitos 2: 1—103.

— 1970a: Seasonal fluctuations in numbers and biomass of the plankton of Lake Pääjärvi, southern Finland. — Ann. Zool. Fennici 7: 1—24.

— 1970b: Kasviplankton- ja perustuotantotutkimus Päijänteellä v. 1969. Alustava tutkimusselostus. (With English summary.) — Jyväskylän hydrobiologinen tutkimuslaitos 5: 1—33.

— 1971: Kasviplankton- ja perustuotantotutkimus Päijänteellä v. 1970. Alustava tutkimusselostus. (Summary: Primary production and phytoplankton during 1970 in lake Päijänne, Central Finland.) — Jyväskylän hydrobiologinen tutkimuslaitos 16: 1—78.

Helsingin kaupungin vesilaitos, 1968: Päijänne ja vedenhankinta. Moniste. 101 pp.

HUBER-PESTALOZZI, G. 1938—1961: Das Phytoplankton des Süsswassers. — Binnengewässer 16: 1—4.

JÄRNEFELT, H. 1952: Plankton als Indikator der Trophiegruppen der Seen. — Ann. Acad. Scient. Fennicae (A IV) 18: 1—29.

— 1956: Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands. XVI. Ann. Zool. Soc. »Vanamo» 17 (7): 1—201.

— 1958: Vesiemme luonnontalous. — 325 pp. Porvoo.

JÄRNEFELT, H., NAULAPÄÄ, A. & TIKKANEN, T. 1963: Planktonopas. — Suomen Kalastusyhdistyksen opaskirjasia 34: 1—133.

KANGAS, I. & KERMINEN, S. 1969: Kasviplanktontutkimuksen metodiikasta. Limnologisymposion 1968: 21—27. — Helsinki.

KORMONDY, E. 1971: Ekologia. — K. J. Gummerus, 205 pp.

LEHMUSLUOTO, P. O. 1965: Hiili-14-menetelmän käyttö Hormajärven kasviplanktonin perustuotannosta. — Manuscript, Dept. Limnol., Univ. Helsinki.

— 1969: Havaintoja polyhumoosisen Hakojärven perustuotannosta. — Limnologian lisensiaattityö, Helsingin yliopisto.

MERILÄINEN, J. 1967: On the primary production of the meromitic lake Valkiajärvi, Central Finland. — Ann. Bot. Fennici. 4: 59—63.

NAULAPÄÄ, A. 1966: Eräiden Suomessa esiintyvien planktereiden tilavuuksien keskiarvoja. — Vesiensuojelutoimiston tiedonantoja 21: 1—26.

NAUWERK, A. 1963: Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken. — Symbolae Bot. Upsalienses 17 (5): 1—163.

PASCHIER, A. 1915: Chlorophyceae II. — Die Süsswasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweitz 5: 1—250.

PRESCOTT, G. W. 1962: Algae of the Western Great Lakes area. — Bull. Cranbrook Inst. Sci. 30: XIII, 946 pp.

RODHE, V. 1958: Primärproduktion und Seetypen. — Verh. Int. Ver. Limnol. 13: 121—141.

RODHE, V., WOLLENWEIDER, R. & NAUWERCK, A. 1958: The primary production and standing crop of phytoplankton. — In: BUZZATI—TRAVERSO, A. A. Perspectives in marine biology: 299—322. Berkeley and Los Angeles.

SKUJA, H. 1956: Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. — Nov. Acta Soc. Sci upsal. Ser. IV. 16: 3. Uppsala.

STEEMANN NIELSEN, E. 1952: The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. — J. Cons. Inst. Explor. Mer. 18: 117—140.

TALLING, J. F. 1957: The phytoplankton population as a compound photosynthetic system. — New Phytologist 56: 133—149.

TOIVONEN, J. 1972: Konneveden tutkimus. (Summary: Lake Konnevssi research). — Suomen Kalatalous 46: 1—2.

TUUNAINEN, P. 1972: Konneveden yleiskuvaus sekä veden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. (Summary: On the hydrological, physical and chemical conditions of Lake Konnevesi, Central Finland). — Suomen Kalatalous 46: 3—10.

UTERMÖHL, H. 1958: Zur Vervollkommung der quantitiven Phytoplanktonmethodik. — Mitt. Int. Verein. Limnol. 9: 1—38.

Suomen Kalatalous 46: 21—28. 1972

Konneveden eläinplanktonin merkityksestä muikun ravintona

LASSE HAKKARI [1]

HAKKARI, L. 1972: Konneveden eläinplanktonin merkityksestä muikun ravintona. — Suomen kalatalous 46 : 21—28.

Tutkimuksessa käsitellään Pohjois- ja Etelä-Konneveden eläinplanktonlajistoa, määrää ja tuotantoa sekä eläinplanktonin merkitystä planktonsyöjäkalojen, lähinnä muikun ravintona touko—lokakuussa 1970 kerättyjen eläinplankton- ja muikkunäytteiden perusteella. Muikun tärkeimmät ravintolajit olivat *Limnocalanus* ja *Bosmina coregoni* Pohjois-Konnevedessä, *Leptodora*, *Bosmina coregoni* ja *Daphnia cristata* Etelä-Konnevedessä. Muikun tuotannon arvioitiin olevan 20—25 kg/ha · v eläinplanktontuotannon perusteella. Muikun predaation todettiin vaikuttavan eläinplanktonkoostumukseen siten, että voimakas predaatio vähentää suurikokoisten (> 0,02 mg) lajien määrää. Tällöin pienten lajien suhteellinen osuus kasvaa.

HAKKARI, L. 1972: The role of zooplankton as food for vendace (*Coregonus albula*) in Lake Konnevesi, Central Finland. — Suomen kalatalous 46 : 21—28.

The amount and production of zooplankton species and the role of zooplankton as food for planktivorous fishes, especially vendace, are examined on the basis of zooplankton and fish samples collected in May—October 1970 from the unpolluted, oligotrophic Lake Konnevesi. The most important prey species of vendace were *Limnocalanus* and *Bosmina coregoni* in the northern part of Konnevesi and *Leptodora*, *Bosmina coregoni* and *Daphnia cristata* in the southern part. The production of vendace was estimated at 20—25 kg/ha per year on the basis of the zooplankton production. The predation of vendace was found to have an effect on the species composition of the zooplankton. Strong predation diminished the amount of large (> 0.02 mg) species, so that the proportion of small species increased.

Vastaanotettu 11. VII. 1972
Painettu 13. VI. 1973

I. Johdanto

Konneveden eläinplanktontutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eläinplanktonlajistoa ja biomassan vaihtelua Pohjois- ja Etelä-Konnevedessä. Aineiston perusteella laskettavan eläinplanktontuotannon avulla oli tarkoitus arvioida eläinplanktonista lähtöisin oleva potentiaalinen kalantuotanto. Muikun ravintotutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään muikun tärkeimmät ravintolajit järven pohjois- ja eteläosassa, sekä koko aineiston perusteella selvittämään eläinplanktonin ja planktonsyöjäkalojen vuorovaikutussuhteita. Tutkimus liittyy osaltaan Konnevettä koskevaan tutkimusohjelmaan (TOIVONEN 1972).

[1]) Biologian laitos, Jyväskylän Yliopisto, Vapaudenkatu 4, 40100 Jyväskylä 10.

II. Tutkimusmenetelmät

1. Näytteenotto

Eläinplanktonnäytteet otettiin Sormusen putkinoutimella, jonka pituus on 1 m ja tilavuus 7,4 l. Näytevesi siivilöitiin haavilla, jonka silmäkoko oli 50 μ. Näytteet otettiin 0—5 m:n, 5—10 m:n ja 10—20 m:n syvyyksistä yhtenäisinä näytepatsaina Pohjois- ja Etelä-Konnevedestä (vrt. kuva 1.). Näytteenottoajat olivat seuraavat: 25. V. 1970, 1. VII. 1970, 28. VII. 1970, 7. IX. 1970 ja 12. X. 1970. Kvantitatiivisia eläinplanktonnäytteitä kerättiin 30 kpl.

Ravintoanalyysiin tarvittavat muikkuerät kalastettiin nuotalla. Pohjois-Konnevedellä nuottauksen suoritti maanviljelijä Kalle Karhu, Etelä-Konnevedellä maanviljelijät Väinö Varis ja August Hänninen. Nuottaus suoritettiin seuraavina päivinä: 25.—26. V. 1970, 1. VII. 1970, 28. VII. 1970 ja 7. IX. 1970. Pohjois-Konnevedellä nuotta-apajat sijaitsivat Tanskan pakalla ja Salkosaaren edustalla, Etelä-Konneveden Kortelahdessa ja Savilahdessa.

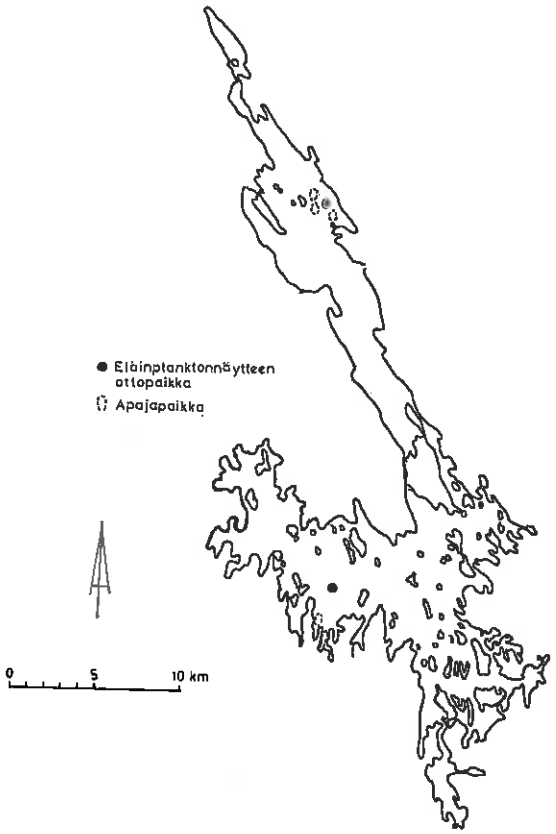
Näytteet säilöttiin välittömästi kalastuksen jälkeen formaliiniin. Poikkeuksena oli 26. V. kalastettu muikkuerä, joka pakastettiin tuoreena. Tässä näytteessä ravinto oli pitemmälle sulanutta kuin formaliininäytteissä.

Nuottauspaikalta otettiin myös kvalitatiivisia eläinplanktonnäytteitä ravintoanalyysin vertailumateriaaliksi.

2. Näytteiden analysointi

Eläinplanktonnäytteet jaettiin mikroskopointia varten Folsomin näytteenjakajalla yleensä 1/4:ään tai 1/8:aan, joten päällysveden näytteistä laskettiin 4,6—9,3. litran plankton, alusveden näytteistä 9,3—18,5 litran plankton. Analysointi suoritettiin planktonmikroskoopilla. Biomassa-arvot laskettiin käyttäen osaksi NAUMANNIN (1966) tilavuusarvoja, osaksi Päijänteen aineistosta mitattuja keskiarvoja (vrt. HAKKARI 1971). Kalojen käyttöön tuleva eläinplanktontuotanto arvioitiin Päijänteen tulosten mukaan (HAKKARI, op. cit.), potentiaalinen kalantuotanto käyttäen eläinplanktonin kaloriarvona 500 cal/g tuorepainoa, kalan kaloriarvona 1 kcal/g tuorepainoa. Ravintokertoimena käytettiin 4:ää, koska tuorepainojen ravintokertoimena on käytetty 8:aa (WINBERG 1966, PHILLIPS *et al.* 1954).

Muikun ravintoanalyysi suoritettiin kustakin muikkuerästä summittain otetusta yhdeksästä kalasta. Ravinnon koostumus tarkastettiin mahan etuosasta, jotta näytteenottopaikan eläinplanktonin lajisuhteet ja muikun ravintonäytteet olisivat vertailukelpoisia. Samalla tarkastettiin ravinnon määrä mahassa.



Kuva 1. Konnevesi. Näytteenotto- ja apajapaikat.
Fig. 1. The study area. Zooplankton sampling sites (●) and seining grounds (⌒).

Nuottauspaikan eläinplanktonnäytteistä laskettiin suurikokoisten lajien (äyriäiset, *Asplancha* ja *Conochilus*-koloniat) runsaussuhteet.

Ravintonäytteiden eläinplanktonlajeja ei voitu erotella nuoriin ja aikuisiin kuten eläinplanktonnäytteiden analysoinnissa tehtiin. Sen tähden laadittiin kullekin lajille yksilöiden tilavuuksien keskiarvot:

	$10^6\mu^3$		$10^6\mu^3$
Limnosida frontosa	30	*Bythotrephes longimanus*	400
Diaphanosoma brachyurum	»	*Leptodora kindti*	500
Holopedium gibberum	35	*Eurytemora lacustris*	30
Daphnia cristata	30	*Heterocope appendiculata*	70
Bosmina coregoni	15	*Eudiaptomus* spp.	30
		Cyclos spp.	10

*Limnocalanus*in yksilökoko laskettiin erikseen näytteistä, samoin *Conochilus*-kolonioiden koko.

III. Tulokset ja tarkastelu

1. Eläinplanktonlajisto

Näytesarjaa (laimennuksesta riippuen 18,5—37,0 l:n vesimäärää) kohti laskettu lajiluku oli eri näytteenottokertoina seuraava:

	Pohjois-Konnevesi	Etelä-Konnevesi	Pohjois-Konnevesi	Etelä-Konnevesi
25. V.	22	25		
1. VII.	28	29		
28. VII.	27	30	k.a. 27,4	27,6
7. IX.	33	33		
12. X.	27	21		

Näytteistä tavattiin seuraavat lajit:

Protozoa:

Difflugia limnetica
Tintinnopsis lacustris
Tintinnidum fluviatile
Epistylis sp.
Vorticella sp.
Laboea sp.

Rotatoria:

Notholca caudata
Kellicottia longispina
Keratella cochlearis
Euchlanis dilatata
Trichocerca cylindrica
T. porcellus
T. rousseleti
Gastropus stylifer
Ascomorpha ecaudis
A. saltans
Asplancha priodonta
A. herricki
Synchaeta spp.
Polyarthra vulgaris
P. major
P. dolichoptera
P. remata
Ploesoma hudsoni
Ploesoma triacanthum
Conochilus hippocrepis
C. unicornis
Filinia terminalis
Collotheca spp.

Cladocera:

Limnosida frontosa
Diaphanosoma brachyurum
Holopedium gibberum
Daphnia cristata
D. galeata
Bosmina longirostris
B. coregoni coregoni
B. c. lilljeborgi
B. c. obtusirostris
B. c. longispina
Alonella nana
Chydorus sphaericus
Bythotrephes longimanus
Leptodora kindti

Copepoda:

Limnocalanus macrurus
Eurytemora lacustris
Heterocope appendiculata
Eudiaptomus gracilis
E. graciloides
Cyclops strenuus s. lat.
Mesocyclops leuckarti
M. oithonoides

Yhteensä määritettiin 47 lajia. Lisäksi tavattiin viiden sellaisen suvun edustajia, joita ei määritetty lajin tarkkuudella. Näytteiden laskennassa ei erotettu *Eudiaptomus*-lajeja eikä *Cyclops*-lajeja.

2. Eläinplanktonbiomassa

Eläinplanktonin biomassa oli eri näytteenottokerroilla seuraava:

Pohjois-Konnevesi (g/m³):

		25. V.	1. VII.	28. VII.	7. IX.	12. X.	k.a.
0—5 m	Kok.-B.	0,30	1,15	1,78	0,54	0,97	0,95
	Äyr.-B.	0,23	0,94	1,40	0,49	0,65	0,44
5—10 m	Kok.-B.	0,51	0,24	0,63	0,71	0,63	0,54
	Äyr.-B.	0,37	0,09	0,59	0,65	0,46	0,43
10—20 m	Kok.-B.	0,07	0,45	0,33	0,64	0,40	0,38
	Äyr.-B.	0,05	0,29	0,16	0,57	0,31	0,27

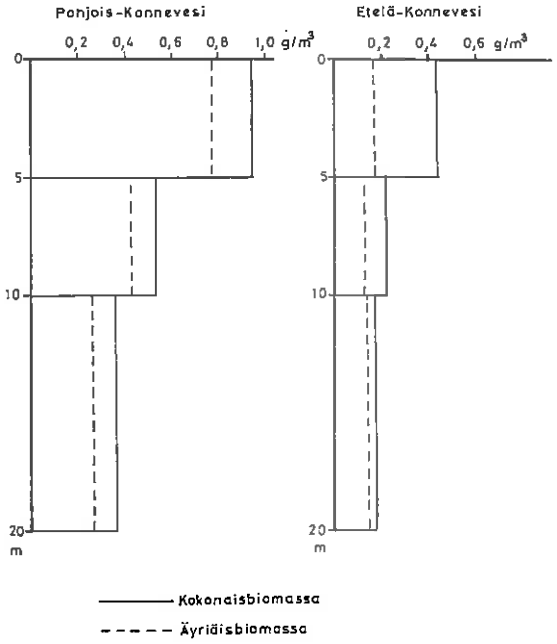
Eri vesikerrosten tilavuuksien mukaan painotetut keskiarvot olivat Pohjois-Konnevedessä: kokonaisbiomassa 0,74 g/m³, äyriäisbiomassa 0,60 g/m³. Neliömetriä kohti vastaavat arvot olivat 5,62 g/m² ja 4,56 g/m², hehtaaria kohti 56 kg ja 46 kg.

Etelä-Konnevesi (g/m³):

		25. V.	1. VII.	28. VII.	7. IX.	12. X.	k.a.
0—5 m	Kok.-B.	0,03	0,81	0,86	0,31	0,20	0,44
	Äyr.-B.	0,02	0,27	0,35	0,17	0,07	0,18
5—10 m	Kok.-B.	0,08	0,29	0,33	0,26	0,15	0,22
	Äyr.-B.	0,02	0,12	0,26	0,20	0,08	0,14
10—20 m	Kok.-B.	0,06	0,05	0,16	0,38	0,25	0,18
	Äyr.-B.	0,05	0,04	0,15	0,37	0,09	0,14

Painotettu keskiarvo kokonaisbiomassan osalta oli Etelä-Konnevedessä 0,28 g/m³ = 3,08 g/m² = 31 kg/ha, äyriäisten osalta 0,15 g/m³ = 1,65 g/m² = 17 kg/ha.

Edellä esitetyistä taulukoista voidaan nähdä myös pääpiirtein eläinplanktonin vertikaalijakautuminen, joka on esitetty kuvassa 2. Biomassa väheni alaspäin siten, että 5—10 m:n syvyydessä biomassa oli keskimäärin 50—60 % 0—5 m:n biomassasta. Alimman, 10—20 m:n näytteen bio-



Kuva 2. Eläinplanktonin vertikaalijakautuminen Konnevedessä v. 1970.

Fig. 2. The vertical distribution of zooplankton in the northern and southern parts of Konnevesi (— total biomass, - - - - crustacean biomass).

massa oli pintanäytteen eläinplanktonmäärästä keskimäärin n. 40 %. Rataseläimet olivat keskittyneet selvemmin 0—5 m:n syvyyteen kuin äyriäiset. Äyriäisten vertikaalijakautuminen noudatti järven pohjoisosassa likimain kokonaisbiomassan jakautumista, Etelä-Konnevedessä äyriäisbiomassa oli tilavuusyksikköä kohti lähes sama eri syvyyksissä.

Pohjois-Konneveden eläinplanktonin yksilömäärä oli keskimäärin 1 144 yks/10 l, Etelä-Konneveden 907 yks/10 l. Määrät eivät siten eronneet merkittävästi toisistaan. Sen sijaan keskimääräinen yksilökoko oli Pohjois-Konnevedessä noin kaksinkertainen (6,4 $10^6 \mu^3$) Etelä-Konneveden arvoon verrattuna (3,1 $10^6 \mu^3$).

3. Eläinplanktontuotanto

Aineiston suppeuden vuoksi ei lajikohtaisia tuotantoarvoja voitu laskea, vaan oli tyydyttävä arvioimaan kalojen käyttöön tuleva tuotanto Päijänteen havaintojen perusteella (vrt. HAKKARI 1970a, 1970b, 1971). SHUSKINAN (1966) mukaan kalojen käytettäväksi tuleva eläinplanktontuotanto (P) voidaan laskea seuraavasti:

$$P = P_o - R_e + P_e,$$

jossa P_o merkitsee herbivorituotantoa, R_e eläinplanktonpredaatiota ja P_e eläinplanktonpredatorien tuotantoa. Päijänteen tulosten perusteella P on Pohjois-Konnevedessä n. 400 kg/ha x v, Etelä-Konnevedessä n. 270 kg/ha x v, kun otetaan huomioon rataseläinten suuri osuus (47 %) Etelä-Konneveden biomassasta ja rataseläinten 2—4-kertaa nopeampi tuotanto äyriäisiin verrattuna (vrt. GALKOVSKAJA 1965).

Potentiaalinen kalantuotanto arvioitiin Konnevedessä seuraavaksi:

	Pohjois-Konnevesi	Etelä-Konnevesi
Eläinplankton-	40 g/m² · v	27 g/m² · v
tuotanto	= 20 kcal/m² · v	= 14 kcal/m² · v
Kalantuotanto (k=4)	5 —»—	3,5 —»—
40 %:n käytöllä	2 —»—	
70 %:n »		2,45 —»—
	2 kcal/m² · v	2,45 kcal/m² · v
	= 2 g/m² · v	= 2,5 g/m² · v
	= 20 kg/ha · v	= 25 kg/ha · v

Suurin mahdollinen planktonsyöjäkalojen tuotanto olisi siten Pohjois-Konnevedessä 50 kg/ha x v, Etelä-Konnevedessä 35 kg/ha x v. Tällöin tulisi käytetyksi koko kalojen osalle jäävä eläinplanktontuotanto. Hyväksikäyttöprosentti on Pohjois-Konnevedessä eläinplanktonkoostumuksesta päätellen paljon pienempi kuin järven eteläosassa. Pohjois-Konnevedessä hyväksikäyttöprosentti on arviolta Tehinselän luokkaa eli n. 40 % ja Etelä-Konnevedessä arviolta 70 %. Tällöin saadaan todennäköiseksi muikku- ja kuoretuotannoksi Pohjois-Konnevedessä n. 20 kh/ha x v, Etelä-Konnevedessä n. 25 kg/ha x v.

KEINÄSEN (1971) keräämien kalastustietojen mukaan muikkusaalis oli v. 1969 Pohjois-Konne-

vedellä 4,0 kg/ha x v, Etelä-Konnevedellä 5,4 kg/ha x v kuoresaaliin ollessa keskimäärin alle 0,1 kg/ha. TUUNAISEN (1970) mukaan Päijänteen Tehinselän vuotuinen muikku- ja kuoresaalis on n. 10 kg/ha, jonka arvioidaan olevan n. 50 % muikun ja kuoreen tuotannosta. Konneveden eläinplanktontuotanto samoinkuin arvioitu muikku- ja kuoretuotanto ovat Tehinselän luokkaa, mutta tästä tuotannosta kalastetaan vain 20 %. Konnevesi on siten planktonsyöjäkalojen osalta tuntuvasti alikalastettu järvi.

4. Muikun ravinto

Muikun ravinnon on todettu koostuvan lähinnä vesikirpuista (Cladocera) ja hankajalkaisäyriäisistä (Copepoda) (vrt. esim. JÄRVI 1919, NISSINEN 1966, AIRAKSINEN 1967). Ravinnon valintaan vaikuttaa toisaalta planktonkoostumus, toisaalta muikun koko, eli siivilähampaiden tiheys. Mm. NISSINEN (op. cit.) mukaan suurikokoinen muikku painuu Puruvedellä syvänteisiin seuratessaan isokokoista *Limnocalanus*-äyriäistä, joka on viileän veden laji, ja oleskelee keski- ja syyskesällä alusvedessä. Pieni muikku oleskelee Puruvedessä sen sijaan lähellä pintaa ja käyttää ravinnokseen pienempiä planktonlajeja. AIRAKSISEN (op. cit.) havainnot viittaavat samantapaiseen ravinnonvalintaan. 0+ -ikäluokka käytti Varmavirralla ravinnokseen eniten aikuisia copepodeja, joista yleisin oli *Eudiaptomus gracilis*.

Muikun ravinnon koostumus oli Pohjois- ja Etelä-Konnevedessä varsin erilainen. Seuraavat lajit ja ryhmät muodostivat yli 95 tilavuusprosenttia muikun ravinnosta:

	Pohjois-Konnevesi %	Etelä-Konnevesi %
Limnocalanus macrurus	69	9
Bosmina coregoni	19	18
Leptodora kindti	—	23
Daphnia cristata	+	17
Chironomidae (larv.& pup.)	7	9
Cyclops spp.	2	9
Heterocope appendiculata	—	6
Eudiaptomus spp.	+	3
Bythotrephes longimanus	—	2

Taulukosta samoinkuin kuvasta 3 havaitaan, että *Limnocalanus* oli Pohjois-Konnevedessä selvästi tärkein ravintokohde heinäkuussa, jolloin kalojen keskipituus yläleuan kärjestä pyrstöevän kärkiin oli 15—16 cm. *Bosmina* oli Pohjois-Konnevedessä tärkein ravintokohde toukokuussa, jolloin tutkittujen kalojen keskipituus oli 10,9 cm. Etelä-Konneveden muikun tärkein ravintolaji oli *Leptodora*, *Limnocalanus*takin suurikokoisempi vesikirppu. Se muodosti heinäkuun lopulla muikun ravinnon pääosan. Tällöin muikkujen keskikoko oli 10,4 cm. Ravintoon kuului myös pitkän perälisäkkeensä vuoksi vaikeasti nieltäviä *Bythotrepheksiä*, joiden pituus saattoi olla 1,5 cm. Edellisen nojalla on todennäköistä, että 10 cm:n pituiset muikut pystyvät käyttämään ravinnokseen myös kaikkein suurimmat eläinplanktonlajit.

Pohjois- ja Etelä-Konneveden ravintoprosenttien vertailua vaikeuttaa se, että syyskuun näyte puuttuu Pohjois-Konnevedestä tällöin vallinneiden huonojen säiden vuoksi. Tästä huolimatta eroja järvenosien välillä voidaan pitää merkittävinä. *Leptodora*, *Daphnia*, *Heterocope* ja *Bythotrephes* olivat kaikki yleisempiä Pohjois- kuin Etelä-Konnevedessä. Ne ovat lisäksi jokainen varsin suurikokoisia planktereita. Siitä huolimatta ne puuttuivat tutkittujen Pohjois-Konneveden muikkujen ravintonäytteistä. Syynä tähän saattaa olla se, että em. lajit esiintyivät Konnevedessä lähes yksinomaan päällysveden alueella. *Limnocalanus* oleskeli keskikesällä harppauskerroksessa ja alusvedessä. Pohjois-Konneveden muikun syönnösalue on näytteenottoaikaan (klo 18—21) heinäkuussa sijainnut alusvedessä ja harppauskerroksessa, yli 10 m:n syvyydessä.

Etelä-Konnevedessä, Savilahden ja Kortelahden apajilla, tilanne on ollut olennaisesti toinen. Heinäkuuhun mennessä tiheä muikkupopulaatio oli kuluttanut *Limnocalanus*-kannan jo varsin pieneksi, joten tällöin *Limnocalanuksella* ei enää ollut ravintolajina samaa merkitystä kuin Pohjois-Konnevedessä. Etelä-Konneveden muikun ravinto viittaakin siihen, että syönnösalue on sijainnut lähinnä harppauskerroksen ja päällysveden alueella.

veden eläinplanktonlajistossa ja -biomassassa (kuva 4).

Muikun vaikutusta eläinplanktoniin tutkittiin vertaamalla kunkin lajin osalta Etelä-Konneveden biomassaa Pohjois-Konneveden arvoon. Jos lajit jaetaan kahteen kokoluokkaan käyttäen rajana 0,02 mg:aa, voidaan näiden ryhmien todeta eroavan merkittävästi toisistaan. Pienet lajit olivat lähes poikkeuksetta yleisempiä Etelä-Konnevedessä, kun taas suurten lajien yksilömäärä oli huomattavasti suurempi järven pohjoisosassa (kuva 5).

Syynä eivät voi olla fysikaalis-kemialliset tai ravintobiologiset seikat, koska merkittäviä eroja näiden ympäristötekijöiden suhteen ei ollut havaittavissa (vrt. GRANBERG 1972, TUUNAINEN 1972). Ainoaksi tekijäksi jää valikoiva predaatio, joka on Etelä-Konneveden alueella voimakkaampaa kuin Pohjois-Konnevedessä. On siten todennäköistä, että 0,01—0,02 mg on raja, jota pienempiä eläimiä vuoden 1970 runsaimmat muikkuikäluokat eivät pystyneet siivilöimään kuin sattumalta.

Kirjallisuusluettelo

AIRAKSINEN, K. 1967: Varmavirran muikku. Summary: The vendace (Coregonus albuna L.) of Varmavirta, in the northern part of Lake Saimaa (SE-Finland)). — Suomen Kalatalous — Finlands Fiskerier 30: 1—32.

GALKOWSKAJA, G. A. 1965: Planktonic rotifers and their role in the productivity of water bodies. Author's report on her dissertation (ven.).

GRANBERG, K. 1972: Konneveden kasviplankton ja perustuotanto vuonna 1970. (Summary: Primary production and phytoplankton during 1970 in Lake Konnevesi). — Suomen Kalatalous 46: 00—00.

HAKKARI, L. 1970a: Eläinplanktonin merkitys järven kalantuotannossa. — Suomen Kalastuslehti 77: 36—38.

— 1970b: Päijänteen Tehinselän eläinplanktonlajisto, -määrä ja -tuotanto avovesikaudella 1969. (Summary: The composition, amount, and production of the zooplankton in Tehinselkä (Lake Päijänne, Central Finland) in May—November 1969.) — Jyväskylän hydrobiol. tutkimuslait. tied. 14: 1—54.

— 1971: Päijänteen nykytila ja siihen johtanut kehitys. II Biologiset selvitykset. Eläinplankton. (Summary: Biological research of Lake Päijänne, Central Finland. Zooplankton.) — Käsikirjoitus/manuscript.

JÄRVI, T. H. 1919: Muikku ja muikkukannat. 1. Keitele. — Suomen Kalatalous 5: 1—287.

KEINÄNEN, A. 1971: Konneveden kalasto ja kalastus vuosina 1969—1970. Moniste/mimeographed.

NAULAPÄÄ, A. 1966: Eräiden Suomessa esiintyvien planktereiden tilavuuksien keskiarvoja. — Vesiensuojelutoimiston tiedonantoja 21: 1—26.

NISSINEN, T. 1966: Miksi muikku »menee hautaan»?. — Kalataloudellisen tutkimustoimiston tiedonantoja 1: 5—9.

PHILLIPS, A. M. Jr., NIELSEN, R. S. & BROCKWAY, D. R. 1954: A comparison of hatchery diets and natural food. — Progr. Fish-Culturist 16: 153—157.

SHUSKINA, E. A. 1966: The estimation of zooplankton production in different lakes. — Verh. Int. Ver. Limnol. 16: 419—424.

TOIVONEN, J. 1972: Konneveden tutkimus. (Summary: Lake Konnevesi research.) — Suomen Kalatalous 46: 1—2.

TUUNAINEN, P. 1970: Päijänteen kalataloustutkimus. Alustava tutkimusselostus ja hoitosuunnitelma I. — Jyväskylän hydrobiol. tutkimuslait. tied. 7: 1—101.

— 1972: Konneveden yleiskuvaus sekä veden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. (Summary: On the hydrological, physical and chemical conditions of Lake Konnevesi, Central Finland.) — Suomen Kalatalous 46: 3—10.

WINBERG, G. G. 1966: Limnologische Grundlagen der Binnenfischerei. — Verh. Int. Ver. Limnol. 16: 1135—1144.

Suomen Kalatalous 46: 29—37. 1972

Konneveden pohjaeläimistö

JUKKA SÄRKKÄ [1]

SÄRKKÄ, J. 1972: Konneveden pohjaeläimistö. — Suomen Kalatalous 46 : 29—37

Makrofaunan yksilömäärä on minimissään harppauskerroksen seudulla ja suurimmissa syvyyksissä. Profundaalin valtalaji on *Pisidium conventus*. Sublitoraalissa vallitsevat eri tyyppiset surviaissääskien toukat. Järven eteläisen ja pohjoisen osan välillä ei havaita merkitseviä eroja, kun tarkastellaan kokonaisyksilömääriä, kokonaisbiomassoja tai valtaryhmien yksilömääriä. Reliktiäyriäisistä esiintyvät *Gammaracanthus lacustris*, *Pallasea quadrispinosa*, *Pontoporeia affinis* ja *Mysis relicta*, joista ei ole aikaisempia havaintoja Konnevedestä. Monipuolisuusindeksi H′ vaihtelee välillä 2,84—4,05 ja on suurin sublitoraalissa.

SÄRKKÄ, J. 1972: Bottom fauna of Lake Konnevesi. — Suomen Kalatalous 46 : 29—37.

The density of the macrofauna has a minimum at the depth of the thermocline and at the greatest depths. In the profundal the dominant species is *Pisidium conventus*; in the sublittoral various chironomid larvae dominate. There are no significant differences between the southern and northern parts of the lake in the densities of the dominant species, or the total macrofaunal densities and biomasses. The glacial relicts comprised *Gammaracanthus lacustris*, *Pallasea quadrispinosa*, *Pontoporeia affinis*, and *Mysis relicta*, which have not been found earlier in Lake Konnevesi. The diversity index H′ varies between 2.89 and 4.05 and is greatest in the sublittoral.

Vastaanotettu 14. V. 1972
Painettu 13. VI. 1973

I. Johdanto

Oligotrofinen Konnevesi, joka on yksi Kymijoen vesistön suurista järvistä ja sijaitsee Keski-Suomessa, on vielä monessa suhteessa luonnontilainen. Järvi kuuluu Rautalammin reittiin, joka on eräs vähiten häiriintyneistä Suomen suurista järvireiteistä, sillä reitin varsilla ei ole huomattavia likaajia ja veden pinta on säännöstelemätön (lähemmin TUUNAINEN 1972). Monet muut Suomen järvet ovat rehevöitymisen vuoksi muuttumassa luonteeltaan. Tietoja näiden muutosten biologisista vaikutuksista on alettu kerätä mm. Päijänteestä, joka on jo ehtinyt kokea melkoisia muutoksia (esim. TUUNAINEN *et al.* 1972). Konnevettä voidaan pitää hyvänä luonnontilaisena vertailukohteena. Tutkimus kuuluu Konnevettä koskevaan tutkimussarjaan (ks. TOIVONEN 1972).

[1]) Biologian laitos, Jyväskylän Yliopisto, Vapaudenkatu 4, 40100 Jyväskylä 10.

II. Veden ominaisuudet ja pohjan laatu

TUUNAINEN (1972) on esittänyt havaintoja Konneveden veden laadusta.

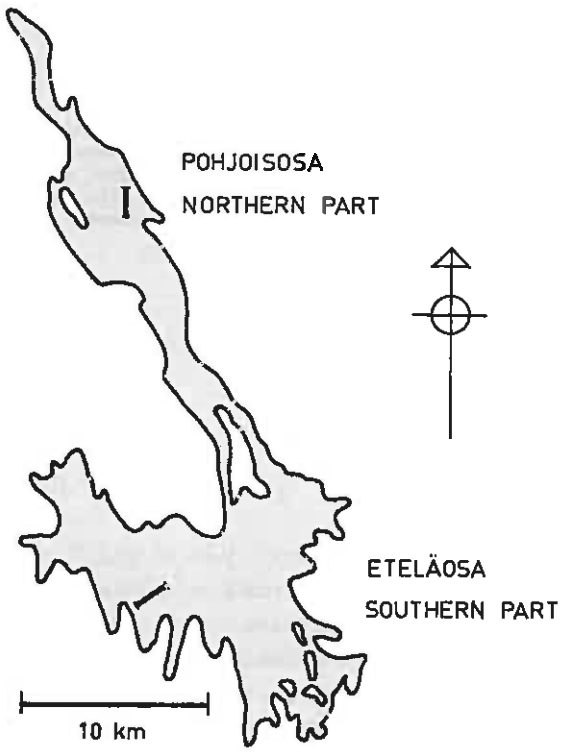
Pohja on alusveden alueella tavallisesti jonkin verran pehmeämpää kuin esimerkiksi Päijänteessä, sillä Ekman-noudin uppoaa Konnevedessä tavallisesti 10—12 cm:n syvyyteen, kun se Päijänteessä ottaa tavallisimmin vain n. 6—10 cm:n paksuisen näytteen (SÄRKKÄ & PAASIVIRTA 1972). Profundaalivyöhykkeen alueella pohja on ruskean harmaata liejua, jonka ruskea väri on voimakkain sedimentin pintakerroksessa. Järvimalmia esiintyy rynsaasti sublitoraalissa ja paikoitellen myös profundaalissa n. 20 metrin syvyydessä. Korkeampaa vesikasvillisuutta esiintyy runsaasti ainakin 3 metrin syvyyteen asti.

III. Menetelmät

Pohjaeläinnäytteet otettiin 25. V. ja 12. X. 1970 välisenä aikana viidella näytteenottomatkalla muun näytteenoton yhteydessä. Näytteet ovat 2,8—45 metrin syvyydestä. Järven eteläosasta on 17 näytettä ja pohjoisosasta 11 näytettä (ks. kuvaa 1), ja näytteet ovat yhteensä 2,0 m^2:n suuruiselta alalta. Näytteet otettiin Ekman-noutimella ja näytteen suuruus oli 3 noutimellista = 1/12 m^2 muualla paitsi matalimmilla näytteenottokohdilla, missä pohja-aineksen vaikean käsiteltävyyden takia jouduttiin ottamaan pienempiä näytteitä. Seulonnassa käytettiin 0,8 mm:n seulaa, ja kolmen noutimellisen sarja seulottiin aina peräkkäin tyhjentämättä seulaa eri noutimellisten välillä. Eläimet poimittiin elävinä laboratoriossa valkeaa alustaa, voimakasta pöytävalaisinta ja suurennuslasia käyttäen.

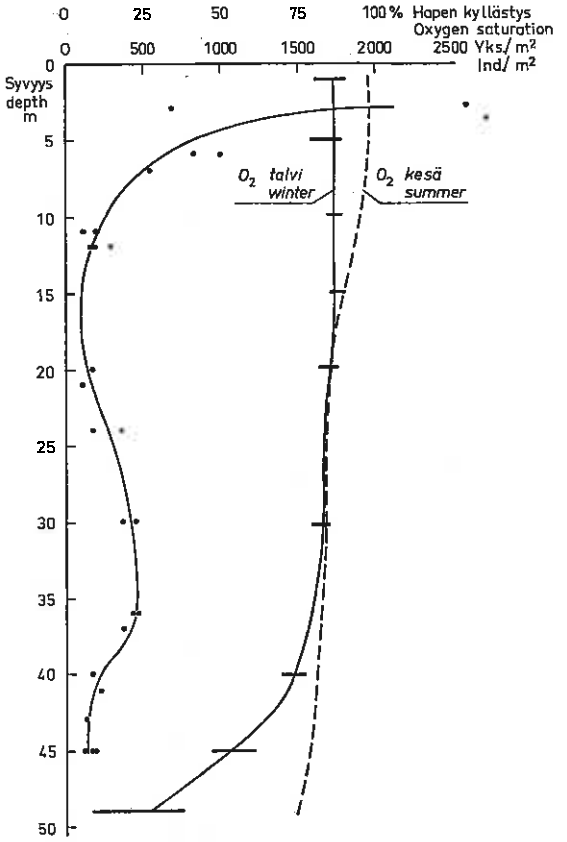
Reliktiäyriäisiä kerättiin ns. kelkkaharalla (eli pohjakelkalla t. rekihaavilla) etelä- ja pohjoisosan syvänteistä. Näytteet otettiin tekijän suunnittelemalla noutimella, joka lasketaan pohjaan takaperin siten, että eläimiä ei jää pelagisesta tilasta sen pussiin laskettaessa noudinta. Noudinta vedettiin noin 100 m pitkin pohjaa, minkä jälkeen se nostettiin muutaman metrin pohjan yläpuolelle. Tämän jälkeen pudotettiin laukaisuluoti, joka saa noutimen kääntymään ylösalaisin, jolloin taaskaan planktisia eläimiä ei joudu noutimen pussiin noudinta nostettaessa. Pussin sisältö tyhjennettiin nurinpäin sankoon ja tästä seulan kautta muovitölkkiin. Noutimen pussin suun mitat ovat 20 × 50 cm eli 0,1 m^2, joten 100 metrin vedolla noin 10 m^3 aivan pohjan yläpuolella olevaa vettä kulkee pussin läpi ja noudin kulkee noin 50 m^2:n suuruisen alueen yli.

Pohjaeläinnäytteiden biomassojen punnitseminen suoritettiin alkoholiin säilötystä materiaalista.



Kuva 1. Konneveden näytteenottolinjat.
Fig. 1. Lake Konnevesi and the sampling lines.

IV. Pohjaeläimistö



Kuva 2. Pohjaeläimistön yksilömäärän syvyysjakautuma Konnevedessä sekä hapen kyllästysasteen syvyysjakautuma kesällä ja talvella. Happikäyrät piirretty Keski-Suomen vesipiirin vuosien 1965—71 havaintojen keskiarvojen mukaan, ja talvihavaintojen vaihteluväli esitetty vaakasuoralla janalla. Pohjaeläimistön määrän syvyysjakautuman käyrä piirretty silmämääräisesti, pisteet tarkoittavat yksittäisiä näytteitä.

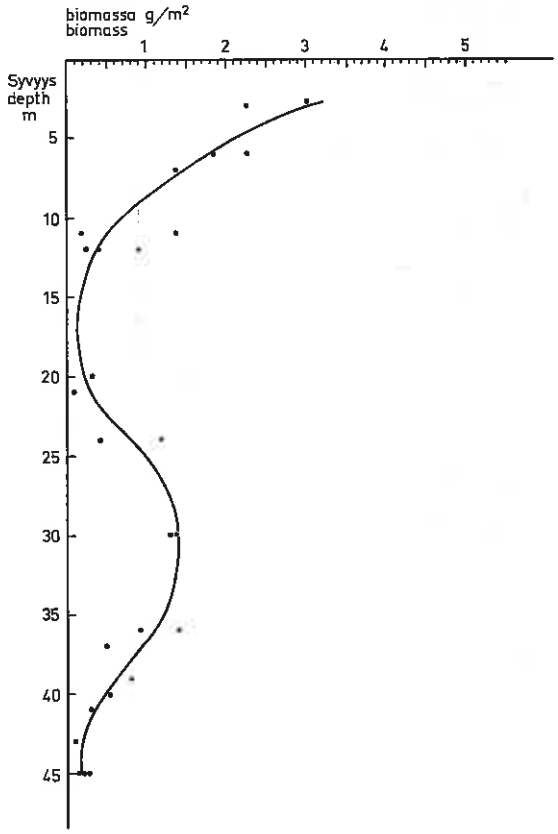
Fig. 2. Vertical distribution of numbers of individuals (curve drawn by eye), and curves of oxygen saturation in summer and in winter. The horizontal lines across the oxygen curve of winter express the range.

1. Syvyysjakautuma

Yksilömäärien ja biomassojen vertikaalijakautuma nähdään kuvista 2 ja 3. Kuvasta 2 nähdään myös hapen kyllästysasteen syvyysjakautuma kesällä ja talvella.

2. Valtalajisto

Taulukosta 1 nähdään eri lajien tai ryhmien runsaudet eri syvyysvyöhykkeissä ja järven etelä- ja pohjoisosassa. Taulukon luvut ovat keskimääräisiä yksilömääriä neliömetrillä. Taulukossa 2 käsitellään lajeja tai ryhmiä, joiden prosentuaalinen osuus kunkin kysymyksessä olevan osa-alueen kokonaisyksilömäärästä ylittää 5 %. Luvut on laskettu järven etelä- ja pohjoisosasta sekä koko järvestä. Aineisto on jaoiteltu kolmeen syvyysvyöhykkeeseen, litoraali-, sublitoraali- ja profundaalivyöhykkeeseen, ja tämän syvyysjaoittelun perusteita on käsitelty tarkem-



Kuva 3. Pohjaeläimistön biomassan syvyysjakautuma Konnevedessä. Pisteet tarkoittavat yksittäisiä näytteitä. Käyrä piirretty silmämääräisesti.

Fig. 3. The vertical distribution of biomasses. The curve is drawn by eye.

Taulukko 1. Eri syvyysvyöhykkeiden pohjaeläimistön yksilömäärät neliömetriä kohden.
Table 1. Average numbers of individuals of the species or groups of bottom fauna in different depth zones and in the southern and northern parts of the lake.

	Eteläosa *Southern part*			Pohjoisosa *Northern part*			Etelä- ja pohjoisosa *Southern- and northern part*		
	Syvyysvyöhyke — *Depth zone*, m								
	> 20	6—12	3	> 20	6—12	3	> 20	6—12	3
Turbellaria	—	—	—	2,2	—	49,3	0.8	—	25,2
Nematoda	1,1	—	—	—	—	—	0,8	—	—
Peloscolex ferox	11,2	2,5	9,0	63,8	3,9	29,6	31,9	3,3	19,4
Psammoryctes barbatus	—	11,3	26,9	—	—	29,6	—	7,0	27,2
Limnodrilus hoffmeisteri	—	—	—	—	—	36,1	—	—	17,5
Tubifex tubifex	1,1	—	9,0	2,2	—	—	1,5	—	3,9
Stylodrilus heringianus	3,6	—	—	5,9	—	—	5,4	—	—
Lumbriculus variegatus	—	6,4	9,0	—	—	55,8	—	3,7	33,0
Lumbriculidae spp.	31,7	—	—	73,9	22,1	49,3	47,2	8,7	25,2
Enchytraeidae	—	—	—	—	—	149	—	—	77,6
Pisidium spp.	—	7,9	35,8	—	—	107	—	4,6	72,0
P. conventus	49,6	16,3	—	77,6	3,9	—	59,7	11,6	—
P. subtruncatum	9,6	7,9	—	4,0	—	18,1	7,4	4,6	7,8
P. lilljeborgi	2,5	46,4	26,9	—	3,9	36,1	1,5	27,3	31,0
P. henslowanum	—	15,3	9,0	—	5,9	6,6	—	11,6	7,8
P. casertanum	—	6,4	69,4	—	—	—	—	3,7	34,9
P. hibernicum	—	—	35,8	—	—	6,6	—	—	19,4
Valvata cristata	—	—	—	—	—	6,6	—	—	0,2
V. piscinalis	—	—	35,8	—	—	—	—	—	17,5
Gyraulus albus	—	—	69,4	—	—	—	—	—	34,9
Pontoporeia affinis	25,4	8,9	—	—	6,2	—	15,8	7,9	—
Pallasea quadrispinosa	1,8	—	—	2,2	12,0	—	1,8	4,6	—
Mysis relicta	2,5	—	—	—	—	—	1,5	—	—
Asellus aquaticus	—	15,3	273	—	36,1	749	—	23,6	532
Copepoda	5,4	11,3	—	2,2	—	—	3,3	7,0	—
Eurycercus lamellatus	—	—	35,8	—	—	18,1	—	—	25,2
Hydracarina	—	36,5	17,9	2,2	—	—	0,8	22,8	7,8
Tanypodinae	11,6	30,6	195	9,9	44,0	18,1	11,0	41,4	105
Tanytarsini	46,0	83,4	522	9,9	3,9	73,9	32,4	50,5	295
Orthocladinae	1,1	16,3	53,7	24,0	16,0	—	9,7	16,6	25,2
Chironomini, ilman verik. — *no bloodgills*	14,5	30,6	298	24,0	70,0	24,6	18,1	46,0	159
Chironomini, verikiduksellisia — *with bloodgills*	—	3,9	17,9	—	—	—	—	2,5	7,8
Chironomidae, muut toukat — *other larvae*	1,1	84,3	132	—	16,0	11,5	0,8	59,2	71,8
Chironomidae, kotel. + aik. — *pupae + adults*	2,5	26,6	98,5	4,4	—	24,6	3,1	16,2	58,2
Ceratopogonidae	—	11,3	80,6	—	12,0	—	—	11,6	38,8
Chaoborus flavicans	1,1	—	—	—	—	—	0,8	—	—
Diptera spp.	—	2,5	—	—	—	6,6	—	1,7	1,9
Trichoptera	—	—	26,9	—	—	107	—	—	67,9
Ephemera vulgata	—	11,3	44,8	—	24,1	29,6	—	16,6	36,9
Caenis spp.	—	—	71,6	—	—	—	—	—	34,9
Sialis spp.	—	—	35,8	—	—	—	—	—	17,5
Yhteensä *Exx./m²*	223	493	2 238	308	280	1 642	255	414	1 940

min luvussa V.1. Taulukossa 2 on esitetty keskimääräiset yksilömäärät, keskimääräiset prosenttiosuudet koko yksilömäärästä ja keskiarvon keskivirheet (jolloin yhden syvyysvyöhykkeen kaikkia näytteitä on pidetty rinnakkaisnäytteinä).

Lajeista, joiden keskimääräinen yksilömäärä ylittää 10 % kokonaisyksilömäärästä, on suoritettu etelä- ja pohjoisosien määrien vertailu. Yhdenkään lajin määrissä ei t-testillä todettu edes »jokseenkin merkitsevää» eroa (riskitaso

Taulukko 2. Valtalajien tai -ryhmien yksilömäärä prosentteina osa-alueen kokonaisyksilömäärästä, keskimääräinen yksilömäärä neliömetriä kohden ja keskiarvon keskivirhe (SE). Tiedot on esitetty vain lajeista tai ryhmistä, joiden määrä on vähintään 5 % koko yksilömäärästä, litoraalissa vähintään 10 %. Samat tiedot lisäksi kunkin osa-alueen kokonaisyksilömäärästä ja kokonaisbiomassasta.

Table 2. Average abundances and percentages of dominant species or groups, and standard errors of mean (SE). Values are given for groups exceeding 5 %, and in the littoral 10 %.

	Eteläosa *Southern part*			Pohjoisosa *Northern part*			Etelä- ja pohjoisosa *Southern and northern part*		
	%	Yks./m² *Exx./m²*	± SE	%	Yks./m² *Exx./m²*	± SE	%	Yks./m² *Exx./m²*	± SE
Profundaali									
Pisidium conventus	22,3	49,6	11,4	25,3	77,6	22,1	23,4	59,7	12,9
Lumbriculidae	15,8	35,3	16,7	25,9	79,8	22,1	20,6	52,6	13,8
Tanytarsini	20,7	46,0	15,4	—	—	—	12,7	32,4	10,8
Pelosolex ferox	5,0	11,2	5,8	20,8	63,8	25,9	12,5	31,9	11,7
Chironomini, ilman verik. — *no blood-gills*	6,5	14,5	3,8	7,8	24,0	12,7	7,1	18,1	5,0
Pontoporeia affinis	11,4	25,4	16,9	—	—	—	6,2	15,8	10,8
Tanypodinae	5,2	11,6	4,5	—	—	—	—	—	—
Orthocladinae	—	—	—	7,8	24,0	9,8	—	—	—
Kokonaismäärä — *Total fauna*	100,0	223	23,3	100,0	308	50,0	100,0	255	30,1
Biomassa — *Biomass*, /m²	—	0,45	0,15	—	0,87	0,15	—	0,61	0,12
Sublitoraali									
Chironomidae, »muut» — *undetermined*	17,2	84,3	46,3	5,7	16,0	10,6	14,3	59,2	30,3
Tanytarsini	16,9	83,4	41,2	—	—	—	12,2	50,5	27,9
Chironomini, ilman verik. — *no blood-gills*	6,2	30,6	12,4	25,0	70,0	55,1	11,1	46,0	20,9
Tanypodinae	6,2	30,6	25,5	15,7	44,0	32,7	10,0	41,4	18,6
Pisidium lilljeborgi	9,4	46,4	22,9	—	—	—	6,6	27,3	15,6
Asellus aquaticus	—	—	—	12,9	36,1	29,1	5,7	23,6	13,5
Hydracarina	7,4	36,5	23,8	—	—	—	5,5	22,8	15,6
Ephemera vulgata	—	—	—	8,6	24,1	24,0	—	—	—
Lumbriculidae	—	—	—	7,9	22,1	4,3	—	—	—
Orthocladinae	—	—	—	5,7	16,0	16,0	—	—	—
Kokonaismäärä — *Total fauna*	100,0	493	177	100,0	280	132	100,0	414	121
Biomassa — *Biomass*, g/m²	—	1,13	0,39	—	0,96	0,41	—	1,06	0,27
Litoraali									
Asellus aquaticus	12,2	273	224	—	—	—	27,4	532	376
Tanytarsini	23,4	522	117	—	—	—	15,2	295	139
Chironomini, ilman verik. — *no blood-gills*	13,3	298	126	—	—	—	—	—	—
Kokonaismäärä — *Total fauna*	100,0	2 338	531	—	1 642	1 061	100,0	1 940	161
Biomassa — *Biomass*, g/m²	—	7,06	1,59	—	2,64	0,38	—	4,85	1,44

< 0,05) etelä- ja pohjoisosan välillä. Myöskään etelä- ja pohjoisosan toisiaan vastaavien syvyysvyöhykkeiden kokonaisyksilömäärissä tai biomassoissa ei todettu edes jokseenkin merkitseviä eroja.

Kuten on nähtävissä taulukosta 2, profundaalin valtalaji on tällä näytteenottomenettelyllä saadun aineiston mukaan *Pisidium conventus*. Seuraavaksi eniten on ryhmää Lumbriculidae, johon kuuluvista yksilöistä ainakin osa on lajia *Stylodrilus heringianus*. Sublitoraalissa eri ryhmiin kuuluvat surviaissääskien (Chironomidae) toukat muodostavat enemmän kuin puolet makrofaunan yksilömäärästä sekä etelä- että pohjoisosassa. Litoraalin aineisto on varsin pieni, mutta siitä voidaan kuitenkin saada jonkinlainen yleiskuva tärkeimmistä lajeista. Runsaimmin esiintyy *Asellus aquaticus*ta ja surviaissääskien toukkia. Litoraalivyöhykkeessä esiintyviä, mutta syvästä vedestä puuttuvia eläimiä ovat *Asellukse*n lisäksi mm. ryhmät Enchytraeidae, Gastropoda, Trichoptera ja Ephemeroptera.

3. Reliktiäyriäiset

Konnevedestä on saatu kaikki neljä Suomen sisävesissä pohjalla tai pohjan lähellä elävää ns. glasiaalireliktiä: *Gammaracanthus lacustris*, *Pallasea quadrispinosa*, *Pontoporeia affinis* sekä *Mysis relicta*. SEGERSTRÅLE (1956) ilmoittaa Konnevedessä relikteistä aikaisemmin tavatun vain härkäsimpun, *Myoxocephalus quadricornis*. SEGERSTRÅLEN mukaan kaikki mainitut neljä äyriäislajia on tavattu Suomessa aikaisemmin vain neljässä järvessä: Päijänteessä, Kallavedessä, Lohjanjärvessä ja Artjärven Pyhäjärvessä. *Mysis*tä, *Pallasea*a ja *Pontoporeia*a tavataan lukuisissa Suomen järvissä, mutta *Gammaracanthuksen* tiedetään esiintyvän mainittujen neljän järven lisäksi vain Puulavedessä, Pyhäselässä, Kolimajärvessä, Maaninkajärvessä ja Kajaanin Rehjanselässä (SEGERSTRÅLE 1956). Myöhemmin laji on löydetty vielä Lammin Pääjärvestä.

Kelkkahara on sovelias erityisesti reliktiäyriäisten esiintymisen selvittämiseen. Sillä saadaan kuitenkin myös muita pohjaeläimiä, kuten nähdään taulukosta 3. *Pontoporeia*a on esiintynyt monessa pohjanäytteessä, mutta ei kuitenkaan kelkkaharanäytteissä. *Gammaracanthus*ta puolestaan saatiin vain kelkkaharalla. *Pallasea* ja *Mysis* esiintyivät sekä Ekman- että kelkkaharanäytteissä, samoin puoliksi planktinen *Chaoborus flavicans*. VALLEN (1936) mukaan *Pontoporeia*a saadaan parhaiten varsinaisilla pohjanoutimilla, *Pallasea*a kelkkaharalla, mutta ei ollenkaan Ekman-noutimella ja *Chaoborus*ta kelkkaharalla mutta melko useasti myös pohjanoutimella.

Taulukko 3. Kelkkaharanäytteissä esiintyneet eläimet.
Table 3. Samples taken with the trawl.

	Alue — *Area*		
	Etelä *South*	Pohj. *North*	Pohj. *North*
	Syvyys — *Depth*		
	45 m	36 m	36 m
Peloscolex ferox	—	—	7
Stylodrilus heringianus	—	—	3
Lumbriculidae spp.	—	1	—
Pisidium conventus	1	—	—
Pallasea quadrispinosa	—	—	1
Gammaracanthus lacustris	1	—	—
Mysis relicta, alle 1-vuot. — *juv.*	10	—	—
M. relicta, yli 1-vuot. — > *1-year-old*	6	—	—
Tanytarsini	1	—	—
Chaoborus flavicans f. *alpinus*, kotel. — *pupae*	4	—	—
C. flavicans, toukkia — *larvae*	5	—	—

Taulukko 4. Lajidiversiteetin arvot.
Table 4. Specis diversity values.

Syvyysvyöhyke *Depth zone*	Eteläosa *Southern part*	Pohjoisosa *Northern part*
> 20 m	3,28	2,89
6—12 m	4,05	3,34
3 m	3,83	3,10

Käytettäessä tässä tutkimuksessa käytetyn tyyppistä kelkkaharaa eliminoituu mahdollisuus, että esim. *Chaoborus*ta joutuisi näytteeseen pelagisesta tilasta noudinta laskettaessa tai nostettaessa.

4. Monipuolisuusindeksit

Aineistosta on laskettu lajidiversiteetin arvoja SHANNONin & WEAVERin (1963) informaatioteoriasta johtaman kaavan mukaan, missä diversiteetti $H' = -\Sigma p_i \log_2 p_i$ ($p_i = n_i/n$, n_i = kunkin lajin yksilömäärä, n = koko yksilömäärä). Diversiteetti-indeksin avulla on helppo vertailla eri alueilla esiintyviä eliöyhdyskuntia toisiinsa ja myös esim. eri tutkijoiden saamia tai eri tutkimuksissa saatuja tuloksia. Diversiteetti voidaan laskea mistä tahansa kvantitatiivisesta aineistosta, joka sisältää useita lajeja ja useita yksilöitä, ja se kuvaa eliöyhdyskunnan yksittäisen lajin suhteellista tärkeyttä. Indeksi H' ilmaisee aineiston sisältämän informaation määrää binääriyksikköinä/yksilö (PIELOUN 1966 mukaan).

Konneveden pohjan makrofaunan diversiteetit, jotka on laskettu eri syvyysvyöhykkeistä ja etelä- ja pohjoisosasta, vaihtelevat välillä 2,89—4,05 (taulukko 4). Sublitoraalin arvot ovat suurimpia ja profundaalin pienimpiä. Konneveden

diversiteettiarvot ovat tyypillisiä puhtaan biotoopin arvoja. Esimerkiksi Päijänteessä, missä tietyillä alueilla esiintyy huomattavaa pilaantumista, diversiteetti H' on puhtaimmilla alueilla suurempi kuin 3 ja pahimmin likaantuneilla alueilla alle 1 (SÄRKKÄ 1972). Hyvin samankaltaisia tuloksia on saanut esim. WILHM (1970) virtaavista vesistä.

Tarkasteltaessa Konneveden pohjaeläinaineiston diversiteettejä on huomattava mm. seuraavien virhetekijöiden vaikuttavan tuloksiin: Määritystyössä ei kaikkien eläinten kohdalla ole päästy lajeihin asti, minkä johdosta diversiteetit jäävät liian pieniksi, koska muutamat lajiluettelon taksonomista yksiköistä koostuvat todennäköisesti useasta lajista. Todellista lajimäärää ei ainakaan litoraalissa ole saavutettu näytemäärän pienuuden johdosta, mikä myös pienentää saatuja diversiteettejä todellisesta. Lisäksi on huomattava, että yhtä trofiatasoa ei tarkastella kokonaisuutena, eikä myöskään tietyn tyyppistä biotooppia (kuten »pohjaa») kokonaisuutena. Pohjaeläimistön kaikki lajit eivät nimittäin kuulu samaan trofiatasoon. Seulontamenettely taas aiheuttaa sen, että eläinyhdyskunnan sellaiset lajit, joiden koko ei ylitä tiettyä rajaa, eivät joudu näytteisiin, minkä vuoksi ei siis kaikkia yksilöitä eikä edes kaikkia pohjalla eläviä lajeja saada näyteaineistoon.

Se, että sublitoraalivyöhykkeen diversiteettiarvot ovat suurimpia, voi osaksi johtua siitä, että tässä syvyysvyöhykkeessä esiintyy sekä litoraalista että profundaalista fauna-ainesta (lajistoa). Viimeksimainittu seikka saattaa tietyssä määrin olla syynä myös siihen, että yksilömäärä on pienin juuri sublitoraalissa.

V. Tulosten tarkastelua

1. Syvyysjakautumaan vaikuttavista tekijöistä

Litoraaliin kuuluvaksi luetaan yleisesti alue rantaviivasta siihen syvyyteen, missä vielä esiintyy korkeampaa vesikasvillisuutta (esim. ALLEE *et al.* 1950, JÄRNEFELT 1953). Tämän ohella on litoraalin alarajana pidetty mm. syvyyttä, joka on sama kuin keskimääräinen näkösyvyys (VALLE 1927) tai syvyyttä, missä litoraalin eliölajisto loppuu (BRUNDIN 1949). Sublitoraaliksi määritellään alue vesikasvillisuuden alarajan ja hypolimnionin keskimääräisen ylärajan välillä ja profundaaliksi tätä syvemmällä oleva pohja (esim. ALLEE *et al.* 1950).

Konnevedestä ei ole selvitetty putkilokasvien esiintymisen alarajaa. Keskimääräisen näkösyvyyden perusteella litoraali ulottuu 5,4 metrin syvyyteen. Litoraalin eläimiä kuten *Asellus aquaticus*ta tavataan vielä 6—7 metrin syvyydessä. Edellä olevien seikkojen perusteella voitaisiin sublitoraalin katsoa alkavan tutkituilla näytelinjoilla noin 6 metrin syvyydestä, jolloin noin 3 metrin syvyydestä otettuja näytteitä voitaisiin pitää tyypillisesti litoraalia edustavina, 6—12 metrin näytteitä sublitoraalia ja yli 20 metrin näytteitä selvästi profundaalia edustavina.

Yksilömäärät ja biomassat ovat kuvioiden 2 ja 3 mukaan selvästi suurimpia litoraalissa, pienimpiä 12—20 metrin syvyysvyöhykkeessä ja kasvavat jälleen profundaalissa alaspäin noin 35 metrin syvyyteen asti. Profundaalin suurimmissa syvyyksissä yksilömäärät ja biomassat pienenevät jälleen.

Eräänä syynä harppauskerroksen seuduilla esiintyvään minimiin voi olla, kuten jo on mainittu, se, että litoraalin lajisto häviää, mutta profundaalin lajistoa ei vielä ala esiintyä. Yhtenä tekijänä voi olla pohjasedimentin eläimille epäedullinen rakenne, sillä pehmeää, hienojakoista ainesta alkaa tutkimuksen näytteenottolinjoilla esiintyä runsaasti vasta yli 20 metrin syvyydessä. Määrien pieneneminen profundaalin syvimmissä osissa johtuu ilmeisesti happipitoisuuden voi-

makkaasta pienenemisestä lopputalvella (ks. kuvaa 2), mutta vaikutusta voi olla myös sillä seikalla, että päällysvedessä perustuotannossa tuotettu aines, joka vajoaa alaspäin, on suurimmissa syvyyksissä ehtinyt jo hajota niin paljon, että pohjaeläinten ravinnon määrä pienenee tämän johdosta.

JÄRNEFELTin (1955) mukaan pohjoiseurooppalaisissa syvissä oligotrofisissa järvissä profundaalin yksilömäärät suunnilleen yhtä usein lisääntyvät kuin vähentyvät syvyyden kasvaessa. JÄRNEFELTin mukaan vertikaalijakautumassa esiintyy melkoista epäsäännöllisyyttä siksi, koska pohjaeläimistö on riippuvainen niin monista ympäristötekijöistä. Esimerkiksi ravinnon määrän kasvusta on useimmiten seurauksena happipitoisuuden pienentyminen.

2. Järvityypeistä

Pohjaeläimistö on ollut limnologisessa järvityyppiopissa yhtenä luokittelun perustana. Tyyppejä on muodostettu koko makrofaunan avulla (esim. VALLE 1927, JÄRNEFELT 1953) tai vain pelkkien chironomiditoukkien mukaan (esim. BRUNDIN 1949, 1958). VALLE (1927) on erottanut tyyppejä ns. johtomuotojen (Leitformen) mukaan, millä ei aina tarkoiteta samaa kuin dominoivat (valta-) lajit tai ryhmät, ja antanut järvityypeille nimiä näiden »karakterististen muotojen» mukaan. BRUNDIN ja JÄRNEFELT eivät selvästi mainitse, kuinka dominoivassa asemassa on niiden lajien tai ryhmien oltava, joiden perusteella järvityyppien erottelu tapahtuu. Myöskin eri syvyysvyöhykkeiden tarkastelutavasta puuttuu järvityyppiopissa yhtenäinen menettely.

Jos Konnevesi haluttaisiin pohjaeläimistön perusteella sijoittaa johonkin JÄRNEFELTin järvityyppiin, järvi olisi lähimpänä reliktiäyriäisjärveä tai hernesimpukkajärveä. JÄRNEFELTin reliktiäyriäisjärvikin voi kuitenkin olla joko eutrofinen tai oligotrofinen. Oligotrofisessa esiintyy sublitoraalissa Stictochironomusta (joka kuuluu verikiduksettomiin chironomineihin) ja tanypodineja, profundaalissa mm. reliktiäyriäisiä. Hernesimpukkajärvessä, mikäli se on oligotrofinen, esiintyy useita hernesimpukkalajeja sekä Stictochironomusta.

VALLEN (1927) tutkimat järvet ovat Konnevettä pienempiä. VALLE jakaa tutkimusalueensa järvet eutrofisiin, mesotrofisiin ja oligotrofisiin ja nämä edelleen useisiin alatyyppeihin. Konnevesi ei muistuta mitään VALLEN oligotrofisista tyypeistä. Jos Konnevesi halutaan sijoittaa VALLEN järvityyppeihin, todetaan sen muistuttavan eniten mesotrofista alatyyppiä *Lumbriculus*-reliktijärvet (mikäli VALLEN *Lumbriculukseen* sisältyy myös *Stylodrilusta*, mikä on todennäköistä). Konnevesi voisi kuitenkin kuulua myös eutrofiseen *Tubifex-Pontoporeia*-alatyyppiin (missä *Tubifex* tarkoittaa »*Tubifex ferox*ia», joka on nykyisen nimistön mukaan *Peloscolex ferox*).

Järvityyppien sijasta olisi pohjaeläimistön yhteydessä ilmeisesti selvempää puhua vain eläinyhdyskunnista (eliöyhteisöistä). Nämä voivat olla erilaisia eri syvyysvyöhykkeissä, järven eri osissa ja eri järvissä. Näille eläinyhdyskunnille voidaan haluttaessa antaa nimiä valtalajien mukaan. Pohjaeläimistön perusteella muodostettua järvien tyypittelyä rasittaa muun epämääräisyyden ohella se, että siinä ovat olleet keskeisessä asemassa surviaissääskien toukat, joiden systematiikka ei nykyisen käsityksen mukaan vastaa paremmin tunnettua aikuisten systematiikkaa.

Kirjallisuusluettelo

ALLEE, W. C., EMERSON, A. E., PARK, O., PARK, T. & SCHMIDT, K. P. 1950: Principles of animal ecology. — 837 pp. Philadelphia.

BRUNDIN, L. 1949: Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgsseen. — Inst. Freshwater Res. Drottningholm, Rep. 30: 1—914.

BRUNDIN, L. 1958: The bottom faunistical lake type system and its application to the southern hemisphere. Moreover a theory of glacial erosion as a factor of productivity in lakes and oceans. — Verh. Internat. Ver. Limnol. 13: 28—297.

JÄRNEFELT, H. 1953: Die Seetypen in bodenfaunistischer Hinsicht. — Ann. Zool. Soc. Vanamo 15 (6): 1—38.

— 1955: Die vertikale Verteilung der Bodenfauna im Profundal. — Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 8 (suppl.): 165—181.

PIELOU, E. C. 1966: Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. — J. Theor. Biol. 10: 370—383.

SEGERSTRÅLE, S. G. 1956: The distribution of glacial relicts in Finland and adjacent Russian areas. — Soc. Scient. Fennica, Comm. Biol. 15 (18): 1—35.

SHANNON, C. E. & WEAVER, W. 1963: The mathematical theory of communication. — Urbana. 117 pp.

SÄRKKÄ, J. 1972: Päijänteen yhteenvetotutkimus II. Nykytila ja siihen johtanut kehitys: biologiset selvitykset. Pohjaeläimistö. (Summary: Biological research of Lake Päijänne, Finland. Bottom fauna.) — Vesihallitus. Tiedotus 27: 144—179. (National Bd. Wat., Finland, Rep. 27: 144—179).

SÄRKKÄ, J. & PAASIVIRTA, L. 1972: Vertical distribution and abundance of the macro- and meiofauna in the profundal sediments of Lake Päijänne, Finland. — Ann. Zool. Fennici 9: 1—9.

TOIVONEN, J. 1972: Konneveden tutkimus. (Summary: Lake Konnevesi research.) — Suomen Kalatalous 46: 1—2.

TUUNAINEN, P. 1972: Konneveden yleiskuvaus sekä veden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. (Summary: On the hydrological, physical and chemical conditions of Lake Konnevesi, Central Finland.) — Suomen Kalatalous 46: 3—10.

TUUNAINEN, P., GRANBERG, K., HAKKARI, L. & SÄRKKÄ, J. 1972: Effects of eutrophication on Lake Päijänne, Finland. — Verh. Internat. Ver. Limnol. 18: 388—402.

VALLE, K. J. 1927: Ökologisch-limnologische Untersuchungen über die Boden- und Tiefenfauna in einigen Seen nördlich vom Ladoga-See. — Acta Zool. Fennica 2: 1—180.

— 1936: Fortgeführte boden- und tiefentierökologische Untersuchungen in einigen südostfinnischen Seen. — Ann. Zool. Soc. Vanamo 4 (4): 1—45.

Vesi-Hydro 1967: Pohjois-Päijänteen vesistön käyttö- ja hoitosuunnitelma. — 286 pp. Helsinki.

WILHM, J. L. 1970: Range of diversity index in benthic macroinvertebrate populations. — J. Water Pollution Control Feder. 42: R 221—224.

Suomen Kalatalous 46: 39—44. 1972

Konneveden kalasto

JORMA TOIVONEN [1]

TOIVONEN, J. 1972: Konneveden kalasto. — Suomen Kalatalous 46 : 39—44.

Konnevedestä on tavattu 25 kalalajia. Lisäksi on siihen istutettu kirjolohta (*Salmo gairdneri* Richardson) ja puronieriää (*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)), mutta näiden luonnonvaraista lisääntymistä ei ole todettu. Vuosina 1969 ja 1970 on Konnevedessä suoritettu monipuolista koekalastusta pohjaan ja väliveteen asetetuilla verkkosarjoilla kalalajien runsaussuhteiden selvittämiseksi. Yleisluonteeltaan syvässä Etelä-Konnevedessä olivat dominoivat lajit runsauden mukaisessa järjestyksessä: muikku, ahven, made ja siika, jotka yhdessä muodostavat 87,8 % koekalastussaaliin painosta. Suhteellisen matalassa Pohjois-Konnevedessä olivat valtalajeina ahven, muikku, särki ja siika, jotka muodostavat 93,1 % saaliista.

TOIVONEN, J. 1972: The fish fauna of Lake Konnevesi. — Suomen Kalatalous 46 : 39—44.

Altogether 25 fish species have been found in Lake Konnevesi. In addition, rainbow trout and brook trout have been introduced, but no natural reproduction of these fish has been observed. During 1969 and 1970 extensive test fishing was carried out in the benthic and pelagic waters, with series of gill nets, to elucidate the abundance of the different species. The southern part of Konnevesi is mainly deep, and here the dominant fish species, in descending order of abundance, were: vendace, perch, burbot and whitefish. These constituted 87.8 % of the weight of the catches. The northern part of Konnevesi is rather shallow and here the most abundant fish species were; perch, vendace, roach and whitefish. They constituted 93.1 % of the weight of the catches.

Vastaanotettu 20. XII. 1972
Painettu 13. VI. 1973

1. Kalalajisto

Konnevedestä on tavattu PYNNÖSEN (1957) ja KEINÄSEN (1971) kokoamien tietojen mukaan seuraavat kalalajit:

Pikkunahkiainen	*Petromyzon lampetra planeri*
Taimen	*Salmo trutta m. lacustris*
Siika	*Coregonus lavaretus*
Planktonsiika	*Coregonus muksun*
Muikku	*Coregonus albula*
Harjus	*Thymallus thymallus*
Kuore	*Osmerus eperlanus*
Hauki	*Esox lucius*
Lahna	*Abramis brama*
Salakka	*Alburnus alburnus*
Pasuri	*Blicca bjoerkna*
Säynävä	*Leuciscus idus*
Mutu	*Phoxinus phoxinus*
Särki	*Rutilus rutilus*
Sorva	*Scardinius erythropthalmus*
Ruutana	*Carassius carassius*
Kivennuoliainen	*Nemacheilus barbatulus*
Ankerias	*Anguilla anguilla*
Made	*Lota lota*
Kymmenpiikki	*Pungitius pungitius*
Kiiski	*Acerina cernua*
Kuha	*Lucioperca lucioperca*
Ahven	*Perca fluviatilis*
Kivisimppu	*Cottus cobio*
Härkäsimppu	*Myoxocephalus quadricornis*

[1]) Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto, Pitkänsillanranta 1 A, 00530 Helsinki 53, Finland.

Taulukko 1. Kiduskaarilisäkkeiden lukumäärät Konneveden siioilla (P. VALKEAJÄRVI, Jyväskylän Yliopisto; julkaisematon aineisto).

*Table 1. Numbers of gillrakers among the whitefish in Lake Konnevesi (*P. VALKEAJÄRVI, *University of Jyväskylä; unpublished material).*

Näyte *Sample*	Kiduskaarilisäkkeiden lukumäärä — *Numbers of gillrakers*																										
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Konnekoski 1971																															
46 kalaa — *fish*	–	–	–	–	2	2	–	–	1	–	1	2	–	1	3	–	6	2	3	7	6	2	1	2	2	2	–	–	–	–	1
Pohjois-Konnevesi 1972 — *Northern Konnevesi 1972*																															
31 kalaa — *fish*	2	3	4	–	7	4	2	1	1	1	3	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Yhteensä — *Total*, 77 kalaa — *fish*	2	3	4	–	9	6	2	1	2	1	4	5	–	1	3	–	6	2	3	7	6	2	1	2	2	2	–	–	–	–	1
					$\bar{x}$ 35,7																$\bar{x}$ 49,1										

Edellä lueteltujen lajien lisäksi on Konneveteen ja siihen liittyviin vesiin istutettu kirjolohta (*Salmo gairdneri*) ja puronieriää (*Salvelinus fontinalis*), mutta näiden luonnonvaraista lisääntymistä ei ole todettu.

Kirjoeväsimppu (*Cottus poecilopus* Heckel) on tavattu Konneveden yläpuolella olevasta Rautalammin reittiin kuuluvasta Virmasvedestä (VALLE 1934, KOLI 1962) ja sen esiintyminen myös Konnevedessä on varsin mahdollinen.

Konnevedessä tavataan kaksi siikaa: pienikokoiseksi jäävä ns. murokas, joka kutee järven rannoilla, mutta nousee myös kudulle esim. Konnekoskeen sekä toisaalta suurikokoiseksi kasvava siika, joka kutee mm. Konnekoskessa ja järven luusuan koskessa, Siikakoskessa. Konneveden siikojen lajikysymyksen selvittämiseksi on P. Valkeapää Konneveden siikaa koskeviin tutkimuksiinsa (julkaisematon aineisto) liittyen laskenut kiduskaarilisäkkeiden lukumäärät ja tulokset esitetään taulukossa 1. Tämän perusteella näyttää siltä, että Konneveden pikkusiika (kiduskaaren lisäkkeitä keskim. 35,7) kuuluu lajiin *Coregonus lavaretus* (L.) ja isosiika (lisäkkeitä keskim. 49,1) on ns. planktonsiika (*Coregonus muksun* (Pallas)).

Edellä esitetty lajiluettelo osoittaa, että Konneveden kalasto on monipuolinen sisältäen monilta eläinmaantieteellisiltä alueilta peräisin olevia lajeja. BANARESCUN (1969) ryhmittelyn mukaan Pohjois-Atlantin lajeja ovat mm. taimen ja nahkiainen. Härkäsimppu on lähtöisin Jäämerestä. Siperian arktisen alueen murtovesistä ja joista ovat alkuaan siiat, harjus, kuore ja kymmenpiikki. Siperian pohjoisen havumetsävyöhykkeen lajeja ovat mm. ahven, hauki, kiiski, made, muikku, mutu ja särki. Eteläistä ja itäistä ainesta edustavat kuha, lahna, pasuri ja sorva.

2. Kalalajien väliset runsaussuhteet

Vuosien 1969 ja 1970 aikana on Konnevedessä suoritettu monipuolista koekalastusta verkkosarjoilla (KEINÄNEN 1973). Tässä kalastuksessa käytettiin toisaalta pohjaverkkoja sekä toisaalta pelagisten lajien runsassuhteiden selvittämiseksi välivesipyyntiä ja porraspyyntiä. Lisäksi antaa KEINÄSEN (op. cit.) kokoama, vuoden 1969 saalista koskeva tilasto oman kuvansa eri lajien runsaussuhteista.

Vuoden 1969 koekalastus suoritettiin pohjapyyntinä verkkosarjalle, jossa oli 1,5 m:n korkuisia verkkoja 9 (12, 17, 25, 30, 35, 40, 45, 50 ja 60 mm:n solmuväliset). Verkkosarjat olivat pyynnissä Konneveden eteläosassa 32 kertaa ja pohjoisosassa 15 kertaa. Saaliin prosentuaalinen jakautuma ja keskimääräinen saalis verkkosarjasta esitetään taulukossa 2. Tämän mukaan on ahvenella dominoiva asema bentisistä kalalajeista. Sen osuus on saaliin painosta noin 50 %. Ahvenen ohella esiintyvät runsaina särki, siika, kiiski ja made. Pohjois-Konnevedestä saatu keskimääräinen kilosaalis verkkosarjasta oli 2,5 kertainen

Taulukko 2. Keskimääräiset saaliit verkkosarjoista sekä lajien väliset runsaussuhteet (%) Konneveden koekalastuksissa vuosina 1969 ja 1970.

Table 2. Average fish numbers and weights of catches with series of nets, and percentages of numbers and weights relating to different species in test fishing in Lake Konnevesi in 1969 and 1970.

Kalalaji *Fish species*	Pohjaverkkopyynti — *Benthic fishing* 1969		Pohjaverkkopyynti — *Benthic fishing* 1970		Välivesipyynti *Pelagic fishing in epilimnion* 1970		Porraspyynti *Pelagic fishing at different depths* 1970		Yhteensä $\bar{x}$ *Total* $\bar{x}$ 1969—1970	
	lukum. *number*	paino *weight*	lukum. *number*	paino *weight*	lukum. *number*	paino *weight*	lukum. *number*	paino *weight*	lukum. *number*	paino *weight*
Etelä-Konnevesi — *Southern Konnevesi*										
Saalis verkkosarjasta $\bar{x}$ kpl ja *g — Avg fish number and weight (g) of catch series* ..	37,8	1 412	15,4	2 566	72,8	638	43,5	373	42,4	1 247
Ahven — *Perch*	38,7	46,2	36,0	22,4	3,0	12,9	1,9	3,3	19,9	21,2
Ahven — *Pike*	0,4	4,5	2,9	9,8	—	—	—	—	0,8	3,6
Kiiski — *Ruffe*	20,7	5,7	—	—	—	—	—	—	5,2	1,4
Kuore — *Smelt*	0,5	0,1	0,7	0,1	6,4	4,9	1,4	1,0	2,2	1,5
Made — *Burbot*	0,9	10,4	15,8	32,6	—	—	—	—	4,2	10,8
Muikku — *Vendace*	24,6	7,3	0,7	0,1	90,2	80,6	96,9	95,7	53,1	45,9
Siika — *Whitefish*	2,7	9,8	34,5	29,3	0,2	0,5	—	—	9,3	9,9
Särki — *Roach*	11,5	16,0	9,4	5,7	—	—	—	—	5,3	5,7
Salakka — *Bleak*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pohjois-Konnevesi — *Northern Konnevesi*										
Saalis verkkosarjasta $\bar{x}$ kpl ja *g — Avg fish number and weight (g) of catch series* ..	120,3	3 457	23,8	3 657	114,9	3 195	58,3	1 563	79,3	2 969
Ahven — *Perch*	46,8	55,9	48,6	45,1	67,7	56,2	45,9	40,8	53,3	49,5
Hauki — *Pike*	0,1	1,1	1,9	10,9	—	—	—	—	0,5	3,0
Kiiski — *Ruffe*	17,8	9,0	0,5	0,0	—	—	5,1	0,6	5,9	2,4
Kuore — *Smelt*	—	—	0,0	0,1	4,6	1,3	3,9	0,8	2,1	0,5
Made — *Burbot*	—	—	0,5	2,2	—	—	—	—	0,1	0,5
Muikku — *Vendace*	13.2	7,7	0,5	0,1	23,6	27,5	35,2	39,0	18,1	18,6
Siika — *Whitefish*	3,4	8,2	9,8	8,1	2,4	10,4	6,9	15,6	5,6	10,6
Särki — *Roach*	18,7	18,1	38,2	33,6	1,7	4,6	1,1	1,3	14,5	14,4
Salakka — *Bleak*	—	—	—	—	—	—	1,9	1,9	0,5	0,5
Koko Konnevesi — *Whole of Konnevesi*										
Saalis verkkosarjasta $\bar{x}$ kpl ja *g — Avg fish number and weight (g) of catch series* ..	64,2	2 364	19,6	3 163	92,6	1 841	53,1	1 563	57,3	2 233
Ahven — *Perch*	43,5	51,1	93,6	35,6	40,8	48,2	33,1	36,5	40,2	42,9
Hauki — *Pike*	0,2	2,7	2,3	10,5	—	—	—	—	0,6	3,3
Kiiski — *Ruffe*	19,0	7,5	0,3	0,0	—	—	3,7	0,5	5,8	2,0
Kuore — *Smelt*	0,2	0,1	0,3	0,0	5,3	1,9	3,1	0,9	2,2	0,7
Made — *Burbot*	0,4	4,9	6,5	15,0	—	—	—	—	1,7	5,0
Muikku — *Vendace*	17,8	7,5	0,6	0,1	51,3	37,3	53,1	45,6	30,7	22,6
Siika — *Whitefish*	3,1	9,0	19,5	17,0	1,5	8,6	4,9	13,8	7,3	12,1
Särki — *Roach*	15,8	17,2	26,9	21,8	1,1	4,0	0,8	1,1	11,2	11,0
Salakka — *Bleak*	—	—	—	—	—	—	1,3	1,6	0,3	0,4

Etelä-Konnevedestä saatuun saaliiseen nähden.

Vuonna 1970 suoritettiin pohjaverkkopyynti verkkosarjoilla, joissa oli 2,1 metrin korkuisia verkkoja 8 (24, 27, 30, 35, 40, 45, 50 ja 60 mm:n harvuiset). Pyyntikertoja oli sekä pohjois- että eteläosassa 9. Vuoden 1969 tuloksiin nähden voidaan todeta, että tiheiden verkkojen (alle 24 mm:n solmuvälisten) puuttuessa on kiisken osuus v. 1970 jäänyt varsin vähäiseksi. Sensijaan särjen, siian ja mateen osuus on tullut selvemmin esille. Konneveden etelä- ja pohjoisosan välillä on selvä ero siten, että made ja siika ovat runsaampia eteläosassa ja pohjoisosassa puolestaan särki on ahvenen ohella runsaslukuisin laji.

Pelaagisten kalojen esiintymistä selviteltiin vuonna 1970 välivesipyynnillä ja porraspyynnillä. Välivesipyynti tehtiin kuuden verkon sarjalla (8, 10, 12, 14, 17 ja 21 mm:n solmuväliset 2,1 metrin korkuiset monofiiliverkot) siten, että verkot laskettiin 7 metrin kohonaruilla väliveteen. Pyynti tehtiin kahden viikon välein kesäkuun alusta lokakuun lopulle aina samoissa paikoissa Etelä- ja Pohjois-Konnevedessä. Konneveden eteläosassa muikun dominoiva osuus (90,2 % painosta ja 80,6 % lukumäärästä) on selvä (taulukko 2). Pohjoisosassa sensijaan ahven on ollut runsaimpana esiintynyt laji (67,7 % ja 56,2 %) ja muikku on ollut vasta toisella sijalla (23,2 % ja 27,5 %). Ero Konneveden eri osien välillä johtuu ilmeisesti suurelta osalta siitä, että eteläosan verkot olivat koko kesäkauden harppauskerroksessa (7—9 metrin syvyydessä) < 15° lämpöisessä vedessä, mutta pohjoisosassa harppauskerros painui heinäkuun puolivälissä tämän syvyysvyöhykkeen alle ollen elokuun lopussa 20—25 metrin syvyydessä (ks. TUUNAINEN 1972). Tällöin välivesiverkot olivat pohjoisosassa epilimnionissa 1 kuukauden ajan ja ahven on esiintynyt tässä lämpimässä (17°—18°) pintavedessä pelaagisena.

Kesällä 1970 suoritettiin ns. porraspyynti siten, että eri harvuiset verkot (8, 10, 12, 14, 17 ja 21 mm:n solmuväliset) laskettiin kohonarujen avulla kukin verkko vuorotellen seuraaviin syvyyksiin: 0,5—3,1, 3,1—5,7, 5,7—8,3, 8,3—10,9, 10,9—13,5, 13,5—16,1, 16,1—18,7, 18,7—21,3 m (ks. lähemmin KEINÄNEN 1973).

Porraspyynnin tulokset osoittavat selvästi muikun hallitsevan aseman pelaagisella alueella. Pohjoisosassa oli muikun ohella ahven esiintynyt runsaana vapaassa vedessä ja myös siikaa, särkeä, kuoretta ja salakkaa saatiin porraspyynnissä. Salakan esiintyminen rajoittui selvästi pinnassa olleisiin verkkoihin.

Samoinkuin pohjapyynnissä on myös pelaagisten kalojen pyynnissä välivedestä ja porraspyynnistä saatu Pohjois-Konnevedestä selvästi suurempia (4—5 kertaisia) kilosaaliita keskimäärin verkkosarjasta kuin Etelä-Konnevedestä.

Eri kalastustapojen (pohjaverkkopyynti 1969 ja 1970 sekä välivesipyynti ja porraspyynti) tulosten yhdistelmä taulukossa 3 antaa parhaan kuvan eri kalalajien välisistä runsaussuhteista. Vertailua varten on tähän taulukkoon otettu myös KEINÄSEN (1973) kokoamasta saalistilastosta lasketut prosentuaaliset runsaussuhteet saaliissa. Kalas-

Taulukko 3. Kalalajien runsaussuhteet (%) koekalastusten (1969 ja 1970) ja saalistilaston (1969) mukaan Konnevedessä.

Table 3. Persentages of fish numbers and weights of catches relating to different in test fishing results (1969 and 1970) and catch statistics (1969) from Lake Konnevesi.

Kalalaji *Fish species*	Etelä-Konnevesi *Southern Konnevesi*			Pohjois-Konnevesi *Northern Konnevesi*			Koko Konnevesi *Whole of Konnevesi*		
	Koekalastus *Test fishing*		Saalistilasto *Catch statistics*	Koekalastus *Test fishing*		Saalistilasto *Catch statistics*	Koekalastus *Test fishing*		Saalistilasto *Catch statistics*
	lukum. *number*	paino *weight*	paino *weight*	lukum. *number*	paino *weight*	paino *weight*	lukum. *number*	paino *weight*	paino *weight*
Ahven — *Perch*	19,9	21,2	5,8	52,3	49,5	14,2	40,2	42,9	8,6
Hauki — *Pike*	0,8	3,6	4,5	0,1	3,0	6,1	0,0	3,3	5,0
Kuha — *Pike perch*	—	—	0,0	—	—	—	—	—	0,0
Kuore — *Smelt*	2,2	1,5	0,0	2,1	0,5	1,2	2,2	0,7	0,4
Lahna — *Bream*	—	—	0,8	—	—	2,8	—	—	1,5
Made — *Burbot*	4,2	10,8	3,6	0,1	0,5	3,0	1,7	5,0	3,4
Muikku — *Vendace*	53,1	45,9	81,2	18,1	18,6	61,2	30,7	22,6	74,6
Siika — *Shitefish*	9,3	9,9	1,8	5,6	10,6	4,2	7,3	12,1	2,6
Särki — *Roach*	5,3	5,7	1,5	14,9	14,4	3,5	11,2	11,0	2,1
Säyne — *Id*	—	—	0,0	—	—	0,0	—	—	0,0
Taimen — *Brown trout*	—	—	0,7	—	—	0,3	—	—	0,6
Kiiski — *Ruffe*	5,2	1,4	0,1	5,9	2,4	3,5	5,8	2,0	1,2
Salakka — *Bleak*				0,5	0,5		0,3	0,4	

tus on valikoivaa, joten saaliista saadut runsausluvut eivät sellaisenaan osoita Konneveden kalalajien välisiä runsauseroja. Kalastuksen painopiste on muikun pyynnissä ja tällöin jäävät mm. ahven, kuore, siika ja särki koekalastuksen osittamaa runsautta vähemmälle saalistilastossa. Siian osalta on otettava huomioon, että koekalastuksissa saatiin runsaasti nuoria, alle kalastuskokoisia kaloja. Haukea on saalistilastossa suhteellisesti runsaammin kuin koekalastuksien mukaan järvessä on asianlaita. Koekalastus ei kuitenkaan anna todellista kuvaa eri lajien runsaudesta ja esiintymisestä. Tämän osoittaa jo se, että monet Konnevedessä tavattavat kalat (mm. kuha, lahna, säyne ja taimen) puuttuvat koekalastustuloksista, vaikka ne esiintyvät saalistilastossa. Lisäksi monet Konneveden kalalajilistalla olevat lajit puuttuvat sekä koekalastustaulukoista että saalistilastoista. Näistä mainittakoon härkäsimppu, jota saatiin kuitenkin erillisessä verkkopyynnissä syksyllä 1970 yhteensä 11 kalaa 12, 14 ja 17 mm:n verkoista keskipainon ollessa 12,3 g (ks. KEINÄNEN 1973: taulukko 17).

3. Tarkastelu

Euroopan suurten, karujen järvien kalafaunoille tyypillisiä lajeja ovat mm. taimen, nieriä, siiat, muikku, harjus, hauki, mutu, made ja ahven (TOIVONEN 1972). Näistä puuttuu Konnevedestä vain nicriä. Nieriän eteläisissä esiintymisjärvissä (mm. Genevenjärvi, Windermere, Vättern ja Laatokka) on suuri yhtenäinen syvänne. Konneveden eteläosassa on alusveden tilavuus kylläkin suhteellisen suuri, mutta se jakautuu useisiin erillisiin pienialaisiin syvänteisiin ja tämä voi olla syynä siihen, ettei Konnevedessä enää tavata nieriää vaikka se jääkauden jälkeen on melkoisella varmuudella levinnyt tämän järven alueelle.

Etelä-Konnevettä voidaan pitää esimerkkinä Järvi-Suomen alueen suuresta, oligotrofisesta järvestä. Se on karu veden laadun puolesta, mutta myös morfologisesti, sillä siinä on selvästi kehittynyt harppauskerros ja alusveden tilavuus on suuri päällysveden tilavuuteen verrattuna (ks. TUUNAINEN 1972). Etelä-Konnevedelle tunnusomaisimpia kalalajeja ovat koekalastusten mukaan muikku, ahven, made ja siika sekä näiden lisäksi myös särki, kiiski ja kuore.

Pohjois-Konnevesi on luonteeltaan vähemmän karu kuin Etelä-Konnevesi, mikä johtuu pääasiassa morfologisista ominaisuuksista, sillä veden laadussa ei järven eri osien välillä ole sanottavia eroja. Pohjois-Konnevesi on yleisluonteeltaan matala ja harppauskerros painuu syvälle niin että harppauskerroksen alaisen pohjan pinta-ala on vain 1—2 % Konneveden pohjoisosan pinta-alasta ja tilavuus alle 2 % tämän järvenosan kokonaistilavuudesta (TUUNAINEN op. cit.). Perustuotantoa ja planktonia koskeneet tutkimukset (GRANBERG 1972, HAKKARI 1972) osoittavat Konneveden pohjoisosan eteläosaa produktiivisemmaksi. Kalaston koostumuksessa trofiaero näkyy siten, että ahven ja särki ovat pohjois-osassa suhteellisesti runsaampilukuisempia, mutta made ja muikku vähälukuisempia. Toisaalta keskimääräinen kilosaalis verkkosarjoista on Pohjois-Konnevedestä huomattavasti korkeampi kuin Etelä-Konnevedestä, mikä viittaa suurempaan biomassaan pohjoisosassa.

Järven eutrofoituminen jätevesien vaikutuksen ansiosta on Saimaan alueella suoritettujen koekalastusten perusteella (HEINONEN & FALCK 1971) lisännyt verkkosarjasta saadun saaliin kilomäärää. Rehevöityneellä alueella Saimaan eteläosassa esiintyvät runsaimpina kiiski, särki ja kuha. Saimaan länsiosassa rehevöityneen alueen kalastossa olivat valtalajeina särki, ahven ja lahna. Luonnontilaisiksi katsottujen Saimaan osien kalasto vastasi ahvenen ja särjen osalta Pohjois-Konneveden runsaussuhteita. Kiiskeä ja siikaa oli Pohjois-Konnevedessä runsaammin, ja niiden tilalla oli Saimaassa lähinnä kuhaa ja lahnaa. Saimaalla oli harjoitettu vain pohjaverkkopyyntiä ja vertailu Konneveteen on tällöin tehtävä vuoden 1969 pohjaverkkopyynnin perusteella. Koekalastuksissa Päijänteellä (TUUNAINEN 1971) olivat biomassaltaan runsaimmat lajit särki, ahven, made, kiiski ja lahna. Kysymyksessä oli pohjaverkkopyynti. Päijänteen pohjoisosan voi-

makkaimmin rehevöityneellä alueella esiintyvät runsaimpina särki, lahna, ahven ja hauki. Eteläosassa luonnontilaisemmassa osassa olivat valtalajeina puolestaan ahven, särki, made ja kiiski.

Eutrofoituminen näyttää Suomen keskiosan suurissa järvissä merkitsevän seuraavia muutoksia dominoivissa kalalajeissa. Oligotrofisissa olosuhteissa (esimerkkinä Etelä-Konnevesi, ks. taulukko 3) ovat valtalajeina muikku, ahven, made ja siika, jotka muodostavat 87,8 % koekalastussaaliin painosta. Ensimmäisessä vaiheessa trofiaasteen muutos rehevämpään suuntaan näyttää merkitsevän ennen muuta särjen selvää runsastumista sekä ahvenen ja kiisken suhteellisen osuuden kasvua. Esimerkiksi voidaan ottaa Pohjois-Konnevesi, joka eroaa Etelä-Konnevedestä lähinnä järvialtaan syvyyssuhteiden johdosta. Valtalajeina Pohjois-Konnevedessä ovat ahven, muikku, särki ja siika, jotka muodostavat 93,1 % koekalastussaaliin biomassasta.

Järven eutrofoituminen veden laadun muuttuessa merkitsee muikun ja siian jyrkkää vähenemistä ja useimmiten häviämistä. Kalaston valtalajeiksi tulevat särki, lahna, ahven ja hauki (Päijänteen pohjoisosa) tai särki, ahven, lahna ja kiiski (Saimaan länsiosa) tai kiiski, särki, kuha ja lahna (Saimaan eteläosa).

Kalaston runsaussuhteiden selvittely koekalastuksen avulla on suhteellisen vaikea tehtävä. Konnevedessä kalastoa tutkittiin verkkosarjakalastusten avulla. Eri kalalajit jäävät verkkoon toisistaan poikkeavasti ja tämä jo aiheuttaa virheitä tuloksiin. Välivesipyynti ja porraspyynti osoittavat, että pelkällä pohjaverkkopyynnillä saadaan varsin puutteellinen kuva kalalajien runsaussuhteista. Kalastoselvityksiin olisi siten aina pohjaverkkopyynnin lisäksi sisällytettävä kohoverkkopyynti pelaagisten lajien runsauden selvittämiseksi. Suurin puutteellisuus Konneveden koekalastuksissa lienee se, että litoraalialueen kasvillisuusvyöhykkeiden kalalajit (mm. lahna, pasuri, sorva, säynävä) eivät tulleet esille. Myöskin kivikkorantojen taloudellisesti merkityksettömät lajit (mm. kivennuoliainen, kivisimppu ja mutu) jäävät koekalastusten ulkopuolelle. Viimemainittujen lajien esiintymistä voitaisiin parhaiten selvittää sähkökalastuksen avulla.

Kirjallisuusluettelo

Banarescu, P. 1960: Einige Fragen zur Herkunft und Verbreitung der Süsswasserfishfauna der europäisch-Mediterranen Unterregion. — Arch. Hydrob. 57, 1/2.

Granberg, K. 1972: Konneveden kasviplankton ja perustuotanto vuonna 1970. (Summary: Phytoplankton and primary production of Lake Konnevesi, Central Finland, in 1970.) — Suomen Kalatalous 46: 11—19.

Hakkari, L. 1972: Konneveden eläinplanktonin merkityksestä muikun ravintona. (Summary: The role of the zooplankton as food of vendace (Coregonus albula) in Lake Konnevesi, Central Finland.) — Suomen Kalatalous 46: 21—28.

Heinonen, P. & Falck, P. 1971: The effect of waste water on fish. — Aqua Fennica 1971: 105—110.

Keinänen, A. 1973: Konneveden kalasto ja kalastus vuosina 1969—1970. — Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Tiedonantoja 2. (Painossa.)

Koli, L. 1962: Retkeilijän kalaopas. — 120 pp. Helsinki.

Pynnönen, A. 1957: Über die Reichlickeit der Fische und Reptilien im Kirchspiel Konnevesi einst und jetzt. — Arch. Soc. Vanamo 11: 171—182.

Toivonen, J. 1972: The fish fauna and limnology of large oligotrophic glacial lakes in Europe (about 1800 A.D.) — J. Fish. Res. Bd. Canada 29: 629—627.

Tuunainen, P. 1971: Observations on the composition and abundance of fish fauna in lake Päijänne, Central Finland. Preliminary report. — Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 15: 1—19.

— 1972: Konneveden yleiskuvaus sekä veden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. (Summary: On the hydrological, physical and chemical conditions of Lake Konnevesi, Central Finland.) — Suomen Kalatalous 46: 3—10.

Valle, K. J. 1934: Suomen kalat. — 228 pp, Helsinki.