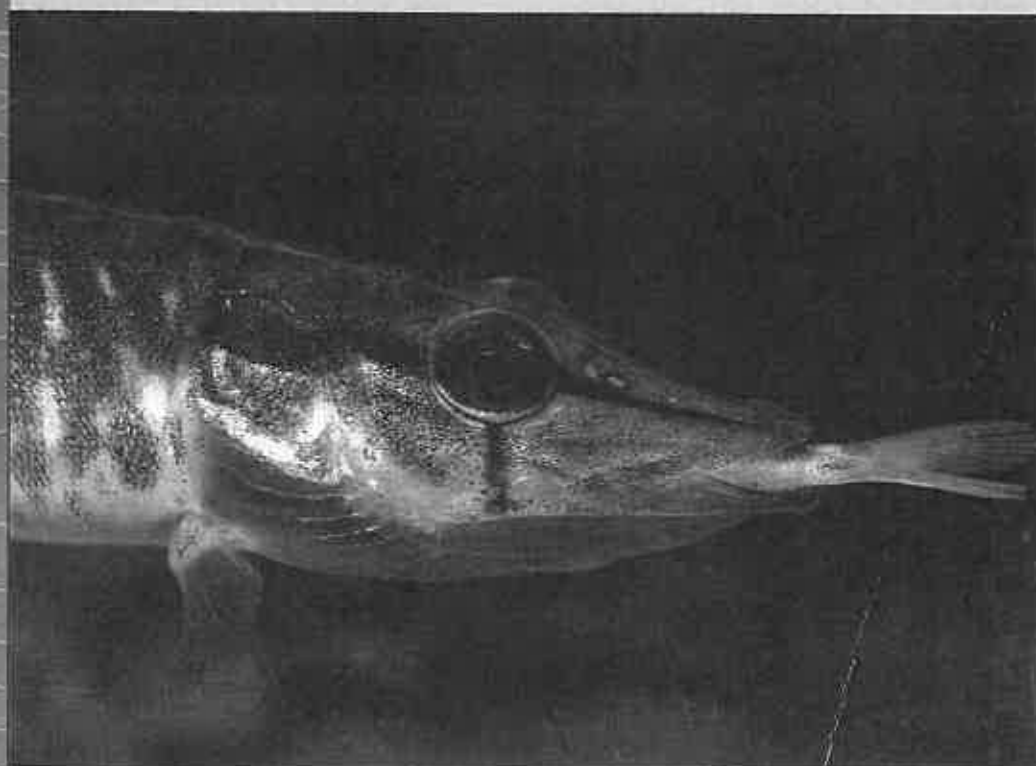


Pekka Korhonen Outi Heikinheimo-Schmid

Suurten petokalojen ravinto
Ontojärvessä ja Lentuassa
ja ravinnonkulutuksen arviointi



93-3806

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA — FISKUNDERSÖKNINGAR

No 70

1993

Suurten petokalojen ravinto Ontojärvessä ja Lentuassa
ja ravinnonkulutuksen arviointi

Pekka Korhonen ja Outi Heikinheimo-Schmid

Helsinki 1993

Vastaava toimittaja: Lauri Urho

Kannen valokuva: Viljo Nylund

Kirjoittajat ovat vastuussa kirjoituksensa sisällöstä, eikä se välttämättä edusta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen virallista kantaa.

ISBN 951-8914-43-5

ISSN 0787-8478

Painatuskeskus Oy

Helsinki 1993

Julkaisija

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Julkaisuika

Elokuu 1993

Tekijä(t)

Korhonen, Pekka ja Heikinheimo-Schmid, Outi

Julkaisun nimi

**Suurten petokalojen ravinto Ontojärnessä ja Lentuassa
ja ravinnonkulutuksen arviointi**

Julkaisun laji

Tutkimusraportti

Toimeksiantaja

Toimeksiantopäivämäärä

Projektin nimi ja numero

Petokalojen predaation vaikutus kalakantoihin Ontojärnessä ja Lentuassa

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää hauen, mateen ja järvitaimenen ravinnon koostumus ja arvioida hauen ja mateen vuotuinen ravinnonkulutus Ontojärnessä ja Lentuassa. Samalla tarkasteltiin erilaisten ravinnonkulutuksen arviointimenetelmien luotettavuutta ja soveltuvuutta Suomen olosuhteissa.

Petokalojen ravinto oli lajikoostumukseltaan monipuolista, mutta kuore oli lukumääräisesti yleisin saalis. Mahojen sisällön painoa tarkasteltaessa myös särki ja ahven olivat tärkeitä ravintokohteita. Taloudellisesti tärkeistä lajeista muikun osuus oli hauen ja mateen ravinnossa vähäinen, mutta Ontojärven taimenen ravinnossa merkittävämpi. Siikaa esiintyi Ontojärven petokalojen mahoissa jonkin verran, mutta Lentuan petokaloissa ei juuri ollenkaan.

Hauen ravinnonkulutusta arvioitiin mahanäytteisiin ja mahan tyhjenemisnopeuteen perustuvalla menetelmällä sekä erilaisilla bioenergeettisillä malleilla, joissa laskentaperusteena on kalan kasvu ja eri elintoimintoihin kuluva energia. Mateeseen sovellettiin pelkästään mahanäytteisiin perustuvaa menetelmää, koska bioenergeettisissä malleissa tarvittavia kertoimia ei ole määritetty mateelle.

Mateen vuotuiseksi ravinnonkulutukseksi saatiin mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä noin 1-2 kertaa kalan oman painon verran. Tuloksia on pidettävä minimiarviona, koska mahanäytteisiin perustuva menetelmä johtaa usein ravinnonkulutuksen aliarviointiin. Bioenergeettisistä malleista joustavin ja monipuolisin oli Hewettin ja Johnsonin (1992) malli, jota sovellettiin Ontojärven ja Lentuan haukiaineistoon korjaamalla eräitä elintoimintojen lämpötilariippuvuutta kuvaavien parametrien arvoja. Tulosten mukaan 1-2-vuotiaat hauet kuluttivat 5-7 kertaa oman painonsa verran ja 3-6-vuotiaat 3-4 kertaa oman painonsa verran ravintoa vuodessa. Tulokset olivat noin kaksinkertaisia verrattuna mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä saatuihin lukuihin. Kasvuun kului nuorilla hauilla noin 20-30 % ravinnon sisältämästä energiasta ja sukukypsillä hauilla lisääntymistuotteet mukaanluettuna keskimäärin 10-20 %.

Asiasanat

Hauki, made, järvitaimen, ravinto, ravinnonkulutus, arviointimenetelmät, bioenergeettiset mallit

Sarjan nimi ja numero

Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 70

ISBN

951-8914-43-5

ISSN

0787-8478

Sivumäärä

52 s.

Kieli

Suomi

Hinta

-

Luottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

PL 202, 00151 Helsinki

Puh. (90) 228 811, Fax. (90) 631 513

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Utgivare

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Utgivningsdatum

Augusti 1993

Författare

Korhonen, Pekka och Heikinheimo-Schmid, Outi

*Publikationens namn***Näring för stora rovfiskar i Ontojärvi och Lentua samt uppskattning av näringsförbrukningen***Typ av publikation*

Forskningsrapport

*Uppdragsgivare**Datum för uppdragsgivandet**Projektnamn och -nummer*

Inverkan av rovfiskarnas predation på fiskstammarna i Ontojärvi och Lentua (2541)

Referat

Undersökningens målsättning var att utreda näringssammansättningen för gädda, lake och insjööring samt uppskatta gäddans och lakens årliga näringskonsumtion i Ontojärvi och Lentua. Samtidigt granskades tillförlitligheten hos olika metoder för uppskattning av näringskonsumtion, samt dessas lämplighet under finländska förhållanden.

Rovfiskarna åt flera olika arters fisk, men norsen var den till antalet viktigaste bytesfisken. Vid granskning maginnehållens vikt visade sig också mört och abborre vara viktiga bytesfiskar. Av de ekonomiskt betydelsefulla fiskarna stod siklöjan endast för en liten del av gäddans och lakens näringskonsumtion, men spelade en större roll som byte för öringen i Ontojärvi. Sik förekom i någon mån i rovfiskens maginnehåll i Ontojärvi, men så gott som inte alls i rovfiskarna i Lentua.

Gäddans näringsintag uppskattades med en metod som baserar sig på magprov och magens tömningshastighet, samt med olika bioenergetiska modeller där basen för beräkningarna utgörs av fiskens tillväxt och den energi som går åt till olika livsfunktioner. För lakens del tillämpades endast den metod som baserar sig på maginnehållet, eftersom de koefficienter som krävs för de bioenergetiska modellerna inte bestämts för lake.

Lakens årliga näringsförbrukning uppgår enligt maginnehållsmetoden till omkring 1-2 gånger fiskens egen vikt. Resultatet måste anses vara ett minimivärde eftersom denna metod ofta leder till en underskattning av näringsförbrukningen. Av de bioenergetiska modellerna var Hewetts & Johnsons (1992) modell den mest smidiga och mångsidiga. Den tillämpades på gäddmaterialet från Ontojärvi och Lentua med korrektion av vissa parametervärden som beskriver olika livsfunktioners temperaturberoende. Enligt resultaten konsumerade de 1-2 år gamla gäddorna en näringsmängd som motsvarar 5-7 gånger deras egen vikt och 3-6 år gamla gäddor 3-4 gånger sin egen vikt per år. Värdena är omkring dubbelt större än de som erhöles genom studium av maginnehållen. Hos unga gäddor åtgick ca 20-30 % av födans energi till tillväxt och hos köns mogna gäddor i genomsnitt 10-20 %, inklusive förökningsprodukter.

Nyckelord

Gädda, lake, insjööring, näring, näringskonsumtion, uppskattningsmetoder, bioenergetiska modeller

Seriens namn och nummer

Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 70

ISBN

951-8914-43-5

ISSN

0787-8478

Sidoantal

52 s.

Språk

Finska

Pris

-

Sekretessgrad

Offentlig

Distribution

Vilt- och fiskeriforskningsinstitut

P.B. 202,

FIN-00151 Helsinki, Finland

Tel. +358-0-228 811, Fax +358-0-631513

Förlag

Vilt- och fiskeriforskningsinstitut

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Publication

August 1993

Author(s)

Korhonen, Pekka and Heikinheimo-Schmid, Outi

*Title of Publication***The Food of Large Predator Fishes in Lakes Ontojärvi and Lentua and the Estimation of Food Consumption***Type of Publication*

Research Report

*Commissioned by**Date of Research Contract**Title and Number of Project*

The Effect of Predator Fishes on the Fish Stocks in Lakes Ontojärvi and Lentua (2541)

Abstract

The food composition of northern pike (*Esox lucius*), burbot (*Lota lota*) and brown trout (*Salmo trutta m. lacustris*) was studied in Lakes Ontojärvi and Lentua, in eastern Finland. For northern pike and burbot, food consumption was estimated and the applicability and reliability of different methods was discussed.

The food of the predator fishes consisted of various prey fish species, but smelt (*Osmerus eperlanus*) was the most common prey in number. In weight, roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) were also important food targets. Considering the economically important prey fish species, the share of vendace (*Coregonus albula*) was negligible in the food of northern pike and burbot, but more remarkable in the stomachs of brown trout from Lake Ontojärvi. Some whitefish (*Coregonus lavaretus s.l.*) were also found in the stomachs of predator fishes in Lake Ontojärvi.

We calculated the food consumption of northern pike using different methods: one method based on stomach samples and gastric evacuation rates; and several bioenergetic models which were based on the observed growth rate and the amount of energy used in the vital processes. For burbot, only the former method was applied because its physiology is poorly known.

According to the method based on stomach samples, the food consumption of burbot was one to two times its own weight, annually. This must be considered a minimum estimate because the method tends to underestimate food consumption.

The most usable of the methods was the model of Hewett and Johnson (1992). The model was applied to the northern pike from Lakes Ontojärvi and Lentua by revising some parameter values connected with the temperature dependence of the vital processes.

The food consumption estimate derived by this model was five to seven times the predators' own weight for one to two year-old pikes and three to four times the predators' weight for three to six year-old pikes, annually. The results were about twofold compared with those obtained by the stomach sample method. About 20-30 % of the ingested energy was used for growth in young pikes, and 10-20 % in mature pikes, including reproductive tissue.

Key words

Northern pike, burbot, brown trout, food, food consumption, methodology, bioenergetics, models

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 70

ISBN

951-8914-43-5

ISSN

0787-8478

Pages

52 p.

Language

Finnish

Price

-

Confidentiality

Public

Distributed by

Finnish Game and Fisheries Research Institute
P.O.Box 202,
FIN-00151 Helsinki, Finland
Phone +358-0-228 811, Fax +358-0-631513

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto	1
2. Tutkimusalue	2
3. Alueen kalasto ja kalastus	2
4. Aineiston kerääminen ja käsittely	4
4.1. Kalanäytteet	4
4.2. Lämpötilatiedot	6
5. Petokalojen kasvu	8
6. Ravinnonkulutuksen arviointimenetelmät	11
6.1. Mahanäytteisiin perustuva menetelmä	11
6.2. Bioenergeettisiin malleihin perustuvat menetelmät	13
7. Ravintoanalyysin tulokset ja tulosten tarkastelu	18
7.1. Mahojen täyteisyys	18
7.2. Kalaravinnon koostumus	20
7.3. Tulosten tarkastelu	22
8. Petokalojen ravinnonkulutus	27
8.1. Hauen ja mateen ravinnonkulutus mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä	27
8.2. Hauen ravinnonkulutus bioenergeettisiin malleihin perustuvilla menetelmillä	32
8.3. Hauen vuotuinen ravinnonkulutus eri menetelmillä	38
8.4. Ravinnonkulutuksen arviointimenetelmien luotettavuus ja virhelähteet	41
8.4.1. Mahanäytteisiin perustuvat menetelmät	41
8.4.2. Bioenergetiikkaan perustuvat menetelmät	42
9. Johtopäätökset ja jatkotutkimusten tarve	44
Kiitokset	45
Kirjallisuus	46
LIITE 1. Hewettin ja Johnsonin (1992) haulle sovelletun bioenergeettisen mallin kuvaus ja yhtälöt	50

1. JOHDANTO

Petokalat ovat lähellä ravintopyramidin huippua ja vaikuttavat voimakkaasti ravinnoksi käyttämiensä kalakantojen kuolevuuteen ja lajisuhteisiin. Tätä kautta vaikutus kohdistuu myös alempiin trofiatasoihin ja koko järviökosysteemin dynamiikkaan. Petokalojen saaliskalakantoihin kohdistuvien vaikutusten selvittämiseksi on petokalojen kuluttaman ravinnon määrä tunnettava. Predaation vaikutusten tutkiminen on myös välttämätön edellytys monilajimallien kehitystyössä.

Kun tunnetaan petokalojen ravinnonkulutus ja ravinnon koostumus sekä peto- ja saaliskalakantojen koko, pystytään laskemaan petokalan predation vaikutus saaliskalalajeihin vuosiluokittain. Tällä tiedolla on suuri merkitys selvittäessä esimerkiksi muikun kannanvaihtelua sääteleviä tekijöitä, predation vaikutusta istutusten tuloksellisuuteen tai petokalojen vaikutusta vähäarvoisten lajien kantojen säätelyssä.

Ravinnonkulutuksen mittaamisen ongelmaa voidaan lähestyä kahdella tavalla. Kulutusta voidaan arvioida mahanäytteiden perusteella tai voidaan käyttää ns. bioenergeettisiä malleja, joissa kulutuksen arviointi perustuu kalan kasvuun ja muihin toimintoihin käyttämien energiamäärien suhteiden tuntemiseen.

Luonnonvesissä elävien petokalojen ravinnonkulutuksen tutkiminen on ollut hyvin vähäistä Suomessa. Heikinheimo-Schmid ja Kolari (1991) ovat selvittäneet Lohjanjärven kuhan ja taimenen ravinnonkulutusta mahanäytteiden perusteella. Bioenergeettisiin malleihin perustuvia tutkimuksia ei ole toistaiseksi julkaistu, mutta tutkimuksia on meneillään tai suunnitteilla eri puolilla Suomea. Laadullisia tutkimuksia petokalojen ravinnosta on jonkin verran olemassa (esim. Mattila 1988 ja Ratala 1988). Vuorimies (1989) on koonnut katsauksen petokalojen ravinnonkäyttöä käsittelevään kirjallisuuteen.

Ontojärven ja Lentuan kalastoa ja kalataloutta on tutkittu aiemmin mm. vesioikeudellisten selvitysten (Salojärvi ja Huusko 1987) ja ECOREGU-projektin (Alasaarela ym. 1989) yhteydessä. Järvissä on parhaillaan meneillään Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tutkimus muikun kannanvaihteluihin vaikuttavista tekijöistä (A. Huusko).

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää petokalojen ravinnon koostumusta ja vuosittain kulutetun ravinnon määrää Ontojärvessä ja Lentuassa. Samalla on tutkittu erilaisten ravinnonkulutuksen arviointimenetelmien soveltuvuutta Suomen olosuhteissa. Petokalanäytteet on kerätty vuosina 1985-1989 Ari Huuskon muikkututkimuksen aineistonkeruun yhteydessä. Tutkitut petokalalajit olivat hauki, made ja taimen.

2. TUTKIMUSALUE

Ontojärvi ja Lentua kuuluvat Oulujoen vesistön Sotkamon reittiin. Molemmat järvet sijaitsevat Kuhmon kaupungin alueella. Ontojärveä on säännöstelty vuodesta 1951 lähtien ja sen vedenpinnan vaihteluväli vuoden aikana on 4,4 metriä. Lentua on luonnontilainen järvi, jonka vedenpinnan korkeus vaihtelee noin metrin vuodessa.

Järvien hydrologiset ominaisuudet ovat säännöstelyä lukuunottamatta melko samanlaiset (taulukko 1). Järvet jäätyvät tavallisesti marraskuun puolessa välissä ja jäät lähtevät toukokuun loppupuolella. Päälyysveden korkeimmat lämpötilat, noin 20 °C, ajoittuvat heinä-elokuuhun. Veden laatu Ontojärvessä ja Lentuassa on alueen järville tyypillinen. Ne ovat vähäravinteisia, runsashappisia ja humuspitoisia. Väriltään järvet ovat ruskeavetisiä (Vesihallitus 1977.)

Taulukko 1. Ontojärven ja Lentuan tärkeimmät hydrologiset ominaisuudet.

	Ontojärvi	Lentua
Pinta-ala (km ²)	101	90
Keskisyvyys (m)	6,4	7,6
Suurin syvyys (m)	22	48
Tilavuus (10 ⁶ m ³)	602	612
Valuma-alue (km ²)	5015	2065
Keskimääräinen vedenpinnan korkeus merenpinnasta (m)	158	168

3. ALUEEN KALASTO JA KALASTUS

Sotkamon reitin vesistöistä on tavattu ainakin seuraavat kalalajit:

vaellussiika	harjus	mutu
järvisiika	kuore	särki
planktonsiika	hauki	made
peledsiika	lahna	kymmenpiikki
muikku	salakka	kiiski
järvitaimen	ruutana	kuha
kirjolohi	seipi	ahven
spleiknieriä	säyne	kivisimppu

Kalastuksellista merkitystä on vain muikulla, hauella, ahvenella, siiioilla, mateella, särjellä ja taimenella. Istutusten johdosta kuhan ja säyneen merkitys saaliissa lienee kasvamassa (Salojärvi ja Huusko 1987).

Ontojärven kokonaissaalis vaihteli vuosina 1985-1988 noin 34 000 ja 46 000 kilon välillä. Tärkein saalislaji oli hauki, jonka osuus kokonaissaaliista vaihteli vuosittain 23 %:sta 28 %:in. Muita merkittäviä lajeja saaliissa olivat ahven, made, muikku ja siika. Koko 80-luvun lopun Ontojärven muikkusaaliit ovat pysyneet pieninä (Moilanen 1991, taulukko 2). Saalistiedot eivät anna oikeaa kuvaa kalaston koostumuksesta, koska esimerkiksi kuoretta ei juurikaan pyydetä.

Taulukko 2. Ontojärven kokonaissaaliit (kg) lajeittain vuosina 1985-1988 (Moilanen 1991).

Vuosi	1985	1986	1987	1988
Siika	3170	3230	4910	3630
Muikku	6440	3040	5010	3910
Taimen	740	530	1260	1050
Harjus	90	110	50	50
Kuore	10	0	10	20
Hauki	12130	10470	11160	7694
Lahna	2910	3390	3360	3110
Säyne	390	390	340	230
Särki	4190	3270	4110	3310
Made	5680	4130	4840	3940
Ahven	10100	7385	6350	6590
Muut	120	840	380	570
Yhteensä	45970	36780	41780	34080

Taulukko 3. Lentuan kokonaissaaliit (kg) lajeittain vuosina 1985 - 1988

Vuosi	1985	1986	1987	1988
Siika	5770	6210	10620	5430
Muikku	13610	11610	16270	2850
Taimen	790	740	1730	1100
Harjus	40	110	60	100
Kuore	1340	1220	2680	0
Hauki	4970	3930	3910	1860
Lahna	0	10	40	40
Säyne	80	160	90	70
Särki	1520	1710	3590	1270
Made	4110	3460	2950	1600
Ahven	4750	3810	3930	1910
Muut	80	40	40	230
Yhteensä	37050	33020	45910	16440

Lentuassa kokonaissaaliin määrä vaihteli rajusti 80-luvun loppupuolella. Vuosina 1985-1987 se oli 33 000 - 46 000 kiloa, mutta putosi vuonna 1988 runsaaseen 16 000 kiloon. Selvästi tärkein saaliskala oli muikku. Sen osuus kokonaissaalista vaihteli 17 % ja 36 %:n välillä. Muista lajeista eniten saatiin siikaa, haukea, ahventa ja madetta. Lentuassa muikkusaaliiden suuret vuosittaiset vaihtelut ovat vaikuttaneet huomattavasti kokonaissaaliin määrään (taulukko 3).

Hauki ja made ovat taloudellisesti merkittäviä saalislajeja sekä Ontojärvestä että Lentuassa. Tärkeimpiä pyydyksiä ovat silmäkooltaan yli 33 mm:n verkot, katiska sekä koukkupyydykset. Hauen hehtaarisaalet 80-luvun loppupuolella olivat Ontojärvellä noin 0,9 kg/ha ja Lentualla noin 0,4 kg/ha. Madetta saatiin Ontojärvestä noin 0,4 kiloa ja Lentuasta noin 0,3 kiloa hehtaarilta. Taimensaaliit ovat pieniä. Taimenta saatiin kummastakin järvestä keskimäärin noin tuhat kiloa vuodessa (Moilanen 1991, Huusko, julkaisematon aineisto).

4. AINEISTON KERÄÄMINEN JA KÄSITTELY

4.1. Kalanäytteet

Aineiston keräsivät vuosina 1985-1989 paikalliset kalastajat. Suurin osa näytteistä on vuodelta 1988, jolloin lähes 1100 kaikkiaan noin 1500 näytekalaista pyydettiin. Vuodelta 1989 oli mukana muutamia Lentuan alkuvuoden näytteitä. Haukia ja mateita aineistossa oli tyydyttävä määrä, mutta taimenaineisto jäi vähäiseksi (taulukko 4).

Taulukko 4. Ontojärvestä ja Lentuasta vuosina 1985-1989 kerätyt petokalojen ravintotutkimuksen aineistot lajeittain.

<u>Järvi/Vuosi</u>	<u>Näytteitä (kpl)</u>		
	Hauki	Made	Taimen
<u>Ontojärvi</u>			
1985	15	9	—
1986	23	23	1
1987	76	123	7
1988	131	195	47
Yhteensä	245	350	55
<u>Lentua</u>			
1986	—	8	—
1987	44	65	6
1988	289	370	23
1989	7	7	—
Yhteensä	340	450	29

Ajallisesti hauki- ja madenäytteet jakautuivat ympäri vuoden, ainoastaan Ontojärvestä ei ollut madenäytteitä ollenkaan kesäkaudelta. Valtaosa näytteistä pyydettiin verkoilla, joiden silmäkoko vaihteli 12 mm:stä 65 mm:in. Yli puolet näytteistä saatiin 35-45 mm:n verkoista. Muutama kala saatiin myös koukuilla, nuotalla tai uistimella. Kaikki verkot olivat joko ranta- tai pohjapyyntissä. Mateiden pyyntisyvyys vaihteli 2:sta 15 metriin. Ontojärvestä pääosa mateista

(noin 55 %) saatiin 6-10 metristä ja Lentuassa yli 10 metrin syvyydestä. Haukien pyynti tapahtui Ontojärvessä 2-15 metrin ja Lentuassa 2-10 metrin syvyydestä. Hauet saatiin pääasiassa jonkin verran matalammasta kuin mateet. Näyte-
taimenet pyydettiin Ontojärvessä matalasta vedestä (1-3 m) ja Lentuassa pääosin noin 10 metrin syvyydestä. Avovesikautena verkot olivat pyynnissä noin vuorokauden kerrallaan, kesäkuukausina vielä lyhyemmän ajan, yleensä yön yli. Talvikalastuksessa verkkojen kokemiskertojen väli oli yleensä 2-4, joskus jopa yli 10 vuorokautta. Pyydysten kokemisesta näytteiden säilömiseen kulunut aika vaihteli alle tunnista 8 tuntiin. Yleensä viive kuitenkin jäi alle 4 tunnin.

Petokalat punnittiin gramman tarkkuudella ja kokonaispituus mitattiin millimetrim tarkkuudella. Kalojen sukupuoli määritettiin. Hauilta otettiin suomunäyte ja cleithrum-luu, mateilta otoliitti ja taimenilta suomunäyte iänmäärittystä varten. Ruuansulatuskanava säilöttiin A16-etanoliin. Lisäksi tutkittiin oliko kala mahdollisesti oksentanut pyydyksessä ollessaan. Oksentaneen kalan maha on pussimainen ja veltto, kun taas tyhjä maha on kokoonvetäytynyt (Treasurer 1988). Oksentaneet kalat poistettiin aineistosta.

Laboratoriossa punnittiin mahan sisällön märkápaino. Syödyt kalat määritettiin lajilleen. Saaliskalojen paino ja pituus mitattiin yksilöittäin. Jos osa syödyistä kaloista oli tunnistuskelvottomiksi sulaneita, vain lajilleen tunnistetut ja mittauskelpoiset kalat katsottiin mahassa olleeksi ravinnoksi.

Saaliskalojen alkuperäisen painon määrittämiseksi kaikista petokalojen mahois-
sa esiintyneistä lajeista kerättiin sekä Ontojärvestä että Lentuasta näytteet. Pääosa näytekalloista pyydettiin alle 30 mm:n verkoilla. Joitakin saaliskalanäyt-
teitä saatiin myös nuottasaaliista. Näytekalat punnittiin gramman ja mitattiin millimetrin tarkkuudella. Kiiskestä ei saatu näytteitä tutkimusjärvistä.

Osittain sulaneiden saaliskalojen alkuperäiset painot laskettiin kunkin lajin pituus-paino -suhteen perusteella (taulukko 5). Seivin kohdalla käytettiin särjen pituus-paino -suhdetta. Kiisken pituus-paino -suhteen laskemisessa käytettiin 7 HAPRO-tutkimukseen kuuluvan järven koekalastuksista saaliiksi saatujen kiiskien pituus- ja painotietoja (Rask, julkaisematon aineisto).

Kasvutiedot Ontojärven ja Lentuan petokaloille laskettiin samasta aineistosta, josta mahanäytteet kerättiin. Lisäksi käytettiin muutamia vuoden 1989 alkupuolen näytteitä. Haukien iät ja taannehtivat kasvut (Lea 1910) määritettiin cleithrum-luista ja suomuista ja taimenten suomuista. Mateiden iät määritettiin otoliiteista.

Taannehtivasti määritetyt pituudet eri ikäisille kaloille muutettiin vastaaviksi painoiksi pituus-paino -suhteen perusteella (taulukko 6). Hauen ja mateen kohdalla pituus-paino -suhteen yhtälöt määritettiin erikseen koiraille ja naaraille.

Taulukko 5. Saaliskalojen pituus-paino -suhteen yhtälöiden parametrit Ontojärvessä (O) ja Lentuassa (L). Pituus mm ja paino g.

$$\text{Paino} = a \cdot \text{Pituus}^b$$

Laji	n	a	b
Kuore O	129	$26,3 \cdot 10^{-6}$	2,63
L	73	$55,3 \cdot 10^{-6}$	2,45
Ahven O	194	$5,6 \cdot 10^{-6}$	3,12
L	160	$0,8 \cdot 10^{-6}$	3,51
Särki O	11	$2,5 \cdot 10^{-6}$	3,25
L	155	$2,4 \cdot 10^{-6}$	3,26
Siika O	86	$5,9 \cdot 10^{-6}$	3,04
L	109	$4,0 \cdot 10^{-6}$	3,14
Muikku O	159	$2,6 \cdot 10^{-6}$	3,20
L	127	$15,9 \cdot 10^{-6}$	2,81
Made O	338	$11,2 \cdot 10^{-6}$	2,92
L	447	$5,1 \cdot 10^{-6}$	3,05
Muikku/Siika O	245	$4,3 \cdot 10^{-6}$	3,10
L	236	$0,9 \cdot 10^{-6}$	3,40
Kiiski	207	$18,9 \cdot 10^{-6}$	2,87

Taulukko 6. Petokalojen pituus-paino -suhteen yhtälöiden parametrit Ontojärvessä (O) ja Lentuassa (L). Hauen ja mateen kohdalla koiraiden (k) ja naaraiden (n) yhtälöt erikseen. Pituus mm ja paino g.

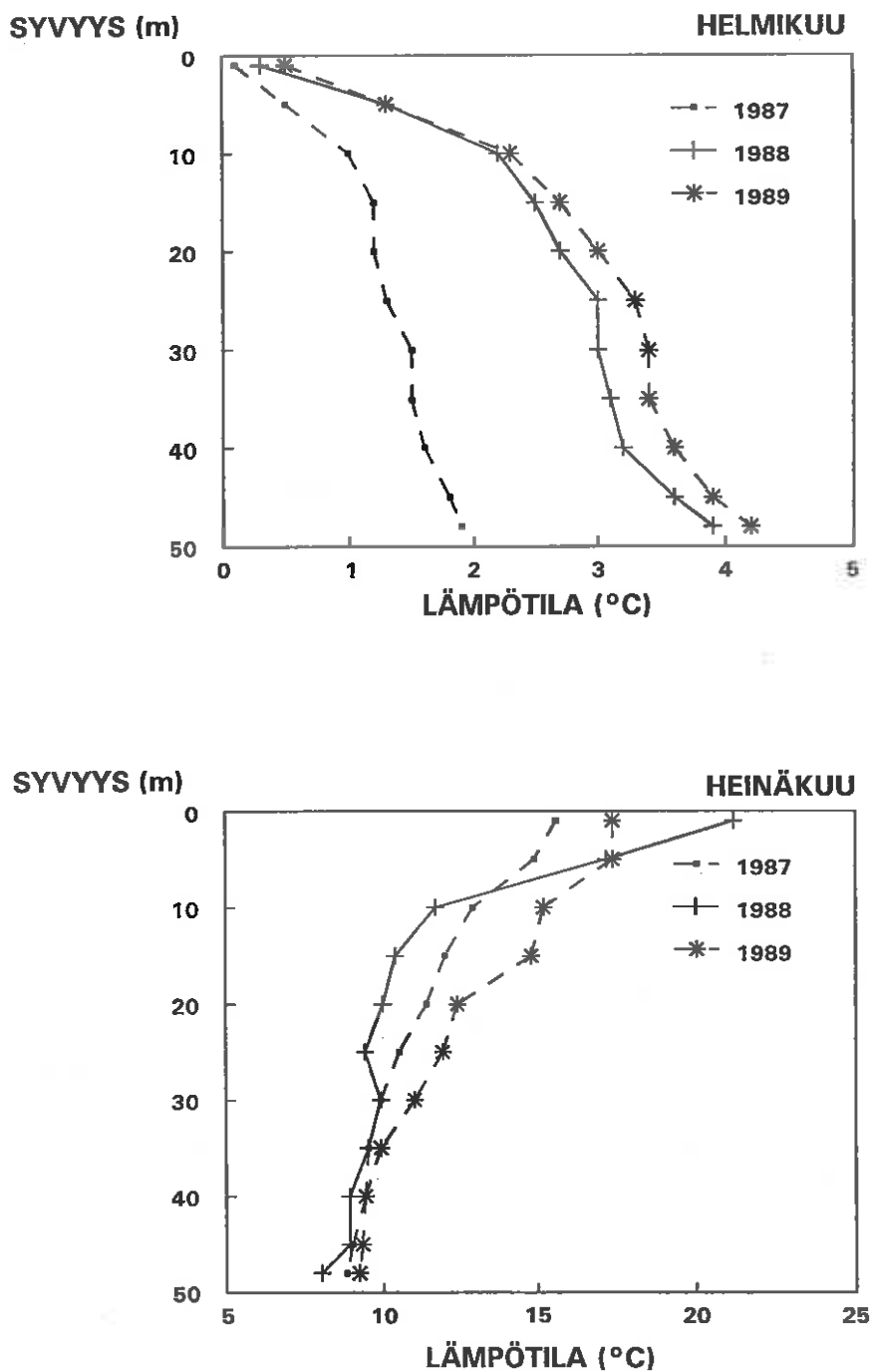
$$\text{Paino} = a \cdot \text{Pituus}^b$$

Laji	n	a	b
Hauki O k	150	$2,6 \cdot 10^{-6}$	3,14
O n	124	$3,6 \cdot 10^{-6}$	3,09
Hauki L k	206	$5,3 \cdot 10^{-6}$	3,03
L n	184	$3,1 \cdot 10^{-6}$	3,12
Made O k	150	$17,7 \cdot 10^{-6}$	2,84
O n	193	$33,2 \cdot 10^{-6}$	2,74
Made L k	269	$3,8 \cdot 10^{-6}$	3,10
L n	242	$6,7 \cdot 10^{-6}$	3,01
Taimen O	22	$3,8 \cdot 10^{-6}$	3,18
L	43	$8,9 \cdot 10^{-6}$	3,03

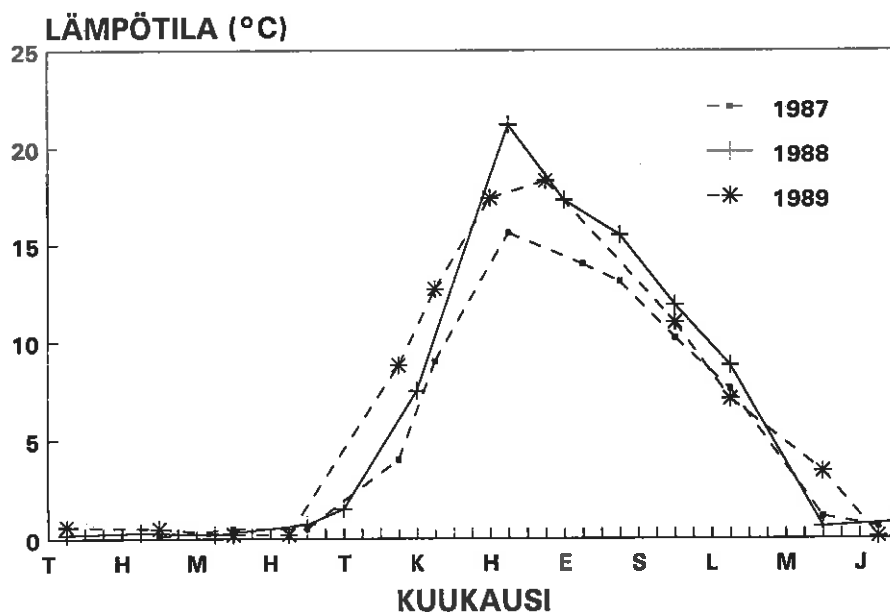
4.2. Lämpötilatiedot

Veden lämpötilatiedot saatiin Kainuun vesi- ja ympäristöpiiristä. Lentuan lämpötilat oli mitattu noin kerran kuussa syvännemittauspaikalta vuosina 1987-1989. Ontojärvestä vastaavat tiedot oli mitattu vain kaksi kertaa vuodessa. Nämä vastasivat hyvin Lentuan lämpötiloja ja Lentuan tietoja käytettiin myös Ontojärven aineistoihin. Helmi- ja heinäkuussa, kun järven vesimassat ovat kerrastununeet, harppauskerros sijaitsee noin 5-15 metrin syvyydessä (kuva 1). Talvella päällysveden lämpötila vaihtelee 0 ja 3 °C:n välillä ja kesällä se pysyttelee yli 10 °C:ssa. Tutkimuksessa käytettiin päällysveden lämpötiloja (kuva 2), jotka on mitattu yhden metrin syvyydestä. Näiden oletettiin parhaiten

edustavan lämpötiloja, joissa tutkittavat petokalat eniten oleskelevat. Em. tietojen pohjalta arvioitiin kuukausittaiset veden keskilämpötilat ravinnonkulutuslaskelmia varten (taulukko 12, s. 14).



Kuva 1. Lentuan helmikuiset ja heinäkuiset veden lämpötilat eri syvyyksissä vuosina 1987-1989.



Kuva 2. Lentuan veden lämpötilat kuukausittain 1 metrin syvyydestä mitattuna vuosina 1987-1989.

5. PETOKALOJEN KASVU

Hauen kasvu oli Ontojärvenissä huomattavasti nopeampaa kuin Lentuassa (taulukot 7 ja 8). Jo kolmivuotiaina Ontojärven hauet olivat selvästi suurempia ja mitä vanhemmaksi kalat tulivat sitä suuremmaksi erot koossa kasvoivat. Kasvuerot eri sukupuolten välillä olivat myös selvät molemmissa järvissä. Naaraat olivat keskipituudeltaan ja -painoltaan suurempia kuin koiraat kaikissa ikäryhmissä. Kasvuerot lisääntyivät merkittävästi sukukypsyyden saavuttamisen jälkeen.

Mateen kohdalla ei ollut selviä kasvueroja sukupuolten välillä. Kaikkein vanhimmissa ikäryhmissä koiraat olivat hieman kookkaampia kuin naaraat (taulukot 9 ja 10). Sitä vastoin eri järvissä oli mateen kasvussa huomattava ero. Ontojärvenissä mateet kasvoivat selvästi nopeammin kuin Lentuassa.

Toisin kuin hauen ja mateen kohdalla taimenet näyttäisivät kasvavan paremmin Lentuassa kuin Ontojärvenissä (taulukko 11). Pienen näytemäärän vuoksi sukupuolia ei eroteltu.

Taulukko 7. Hauen keskipituudet ja -painot ikäryhmittäin ja sukupuolittain Ontojärvessä, sd = keskihajonta.

Ikä	sp	n	pituus mm	(sd)	paino g	(sd)
1	k	150	94	(20)	5	(4)
	n	124	102	(27)	7	(10)
2	k	150	213	(50)	63	(45)
	n	124	226	(56)	82	(60)
3	k	145	329	(56)	229	(116)
	n	124	348	(64)	287	(157)
4	k	125	423	(54)	484	(191)
	n	113	456	(65)	631	(277)
5	k	63	476	(47)	685	(223)
	n	62	533	(80)	1034	(517)
6	k	20	518	(55)	899	(332)
	n	32	618	(106)	1668	(938)
7	k	7	571	(38)	1194	(257)
	n	18	726	(120)	2716	(1363)
8	k	2	582	(32)	1259	(215)
	n	11	815	(119)	3791	(1544)

Taulukko 8. Hauen keskipituudet ja -painot ikäryhmittäin ja sukupuolittain Lentuassa, sd = keskihajonta.

Ikä	sp	n	pituus mm	(sd)	paino g	(sd)
1	k	206	89	(19)	5	(4)
	n	183	94	(21)	5	(3)
2	k	206	204	(47)	61	(46)
	n	183	210	(47)	62	(43)
3	k	181	307	(56)	197	(118)
	n	155	316	(58)	211	(120)
4	k	88	372	(50)	338	(133)
	n	83	398	(65)	421	(212)
5	k	26	408	(47)	441	(150)
	n	31	457	(78)	654	(373)
6	k	4	424	(25)	478	(81)
	n	6	547	(116)	1165	(619)

Taulukko 9. Mateen keskipituudet ja -painot ikäryhmittäin ja sukupuolittain Ontojärven, sd = keskihajonta.

Ikä	sp	n	pituus mm	(sd)	paino g	(sd)
1	k	150	102	(17)	10	(5)
	n	193	102	(17)	11	(7)
2	k	150	177	(25)	45	(19)
	n	193	173	(25)	48	(21)
3	k	147	237	(35)	105	(46)
	n	190	238	(37)	116	(54)
4	k	133	300	(48)	205	(94)
	n	171	304	(50)	229	(112)
5	k	99	365	(59)	360	(163)
	n	114	371	(65)	399	(202)
6	k	38	411	(60)	496	(203)
	n	46	418	(70)	547	(249)
7	k	16	447	(64)	630	(265)
	n	12	433	(78)	607	(298)
8	k	5	503	(108)	917	(555)
	n	4	468	(83)	740	(347)

Taulukko 10. Mateen keskipituudet ja -painot ikäryhmittäin ja sukupuolittain Lentuassa, sd = keskihajonta.

Ikä	sp	n	pituus mm	(sd)	paino g	(sd)
1	k	269	95	(16)	6	(3)
	n	242	95	(15)	6	(3)
2	k	268	158	(24)	27	(14)
	n	241	157	(24)	28	(15)
3	k	266	214	(36)	71	(41)
	n	239	212	(34)	71	(38)
4	k	235	264	(43)	134	(70)
	n	219	263	(43)	137	(72)
5	k	153	304	(52)	210	(121)
	n	149	303	(49)	208	(108)
6	k	73	332	(59)	278	(185)
	n	74	341	(65)	305	(188)
7	k	27	369	(96)	434	(441)
	n	28	379	(74)	421	(263)
8	k	13	427	(129)	716	(750)
	n	11	437	(84)	642	(406)

Taulukko 11. Taimenen keskipituudet ja -painot ikäryhmittäin Ontojärven (O) ja Lentuassa (L), sd = keskihajonta.

Ikä	Järvi	n	pituus (sd) mm		paino (sd) g	
1	O	43	59	(13)	2	(2)
	L	22	70	(12)	3	(2)
2	O	43	124	(21)	22	(12)
	L	22	155	(33)	41	(26)
3	O	42	187	(36)	76	(46)
	L	22	245	(53)	174	(108)
4	O	24	235	(44)	153	(103)
	L	13	313	(50)	356	(174)
5	O	6	323	(94)	437	(323)
	L	6	436	(61)	996	(442)
6	O	2	465	(50)	1110	(356)
	L	-	-	-	-	-

6. RAVINNONKULUTUKSEN ARVIOINTIMENETELMÄT

Petokalojen ravinnonkulutuksen arvioinnissa voidaan käyttää kahta erilaista lähestymistapaa. Kalan mahan sisällön biomassan ja mahan tyhjenemismnopeuden (gastric evacuation rate) avulla voidaan arvioida kalan vuorokaudessa kulluttaman ravinnon määrää (Swenson ja Smith 1973, Elliott ja Persson 1978, Diana 1979). Toisaalta ravinnon kulutusta on mahdollista arvioida kalan kasvuun ja energiatalouteen perustuvilla bioenergeettisillä malleilla (Kitchell ym. 1977, Stewart ym. 1983, Diana 1983, Hewett ja Johnson 1992). Tässä tutkimuksessa arvioitiin Ontojärven ja Lentuan hauen ravinnonkulutusta molemmilla menetelmillä ja vertailtiin saatuja tuloksia keskenään. Mateen ravinnonkulutusta arvioitiin mahanäytteisiin perustuvan menetelmän avulla. Taimenaineisto oli riittämätön ravinnonkulutuksen arviointiin.

6.1. Mahanäytteisiin perustuva menetelmä

Ravinnonkulutusta arvioitiin Dianan (1979) esittämän menetelmän mukaan, joka on kehitetty erityisesti petokaloille. Menetelmässä otetaan huomioon petokalojen ravinnonkäytön tyypilliset piirteet. Petokala syö mahansa kerralla täyteen, jolloin ravinnonottoon kuluva aika on hyvin lyhyt verrattuna ravinnon sulamiseen kuluvaan aikaan. Uutta ravintoa petokala ottaa yleensä vasta sen jälkeen, kun edellinen ateria on sulanut. Lisäksi oletetaan, että petokalot ottavat ravintoa satunnaisesti ympäri vuorokauden (asynkronisesti), joten näytteenottoajalla ei ole merkitystä ravinnonkulutusta arvioitaessa.

Keskimääräinen ravinnonottotiheys (F) voidaan laskea kaavasta 1:

$$F = B'/(S/N) = (B' * N)/S \quad (1)$$

jossa

N = tutkittujen mahojen kokonaismäärä,

S = ravintoa sisältävien mahojen lukumäärä,

B' = aika, jonka kuluessa ravintokohde sulaa
määrityskelvottomaksi (vuorokausia).

Petokalan vuorokaudessa kuluttaman ravinnon määrä (R) on keskimääräisen aterian paino (M) jaettuna keskimääräisellä ravinnonottotiheydellä (F) ja se voidaan laskea kaavasta 2:

$$R = M/((B' * N)/S) = (M * S)/(B' * N), \quad (2)$$

jossa

R = petokalan vuorokaudessa kuluttama ravinnon määrä
(g/kg),

M = ravintokohteiden alkuperäinen keskimääräinen paino
suhteessa petokalan painoon (g/kg)

Mahat, joissa ravinto oli sulanut määrityskelvottomaksi, luettiin tyhjiin mahoihin (Diana 1979). Ravinnonkulutus laskettiin vain kalaravinnon osalta, joten tutkimuksessa ei otettu huomioon muuta ravintoa kuten terrestrisiä hyönteisiä ja pohjaeläimiä.

Dianan (1979) mukaan hauen ravinnon täydelliseen sulamiseen tai oikeammin ravinnon poistumiseen mahasta (gastric evacuation) kuluva aika (B) on 2 °C lämpötilassa 12 vuorokautta ja sulamisaika määrityskelvottomaksi (B') on 8 vuorokautta. Kesälämpötilaa vastaavassa 16 °C vedessä B on 48 tuntia ja B' 30 tuntia. Tulokset on saatu pakkosyöttökokeissa, joissa haukia ruokittiin 2-vuotiailla ahvenilla. Popova (1967) esittää haulle, kuhalle, mateelle, ahvenelle ja monnille seuraavat ravinnon sulamisajat (B):

0,1 - 0,2 °C	9 vrk
8,0 - 10,0 °C	3 vrk
13,0 - 14,0 °C	2 vrk
20,0 - 25,0 °C	1 vrk

Laskettaessa Ontojärven ja Lentuan petokalojen ravinnonkulutusta talvella ja keväällä, jolloin veden lämpötila pysyttelee suurimman osan aikaa alle 2 °C:ssa ja nousee toukokuun lopulla noin 5-10 °C:seen, käytettiin haulle ravinnon sulamisaikana (B') 5-7 ja mateelle 3-5 vuorokautta. Kesällä päällysveden lämpötila pysyttelee suurimman osan ajasta 15 °C:en yläpuolella ja silloin B':n arvona käytettiin haulle ja mateelle 1-3 vuorokautta. Syyskaudella lämpötila

putoaa syyskuun noin 12,5 °C:sta marraskuun noin 2,5 °C:een ja sulamisajaksi arvioitiin 3-5 vuorokautta hauelle ja mateelle.

6.2. Bioenergeettisiin malleihin perustuvat menetelmät

Ontojärven ja Lentuan hauen ravinnonkulutusta arvioitiin energiatasapainoyhtälöön perustuvien bioenergeettisten mallien avulla. Mateen ravinnonkulutusta ei voitu arvioida energiataseyhtälöön perustuvan menetelmän avulla, koska mateelle ei ole määritetty bioenergeettisten parametrien arvoja.

Bioenergeettinen malli laskee ravinnonkulutuksen kasvu- ja lämpötilatietojen ja kalalajikohtaisten fysiologisten parametrien perusteella (esim. Kitchell ym. 1977 ja Rice ja Cochran 1984).

Energiataseyhtälö voidaan esittää perusmuodossa (3):

$$dB/dt = C - (R_{S+A} + R_{SDA} + F + U), \quad (3)$$

jossa

dB/dt = kasvu eli kalan biomassan muutos (dB) aika-
yksikössä (dt),

C = ravinnonkulutus,

R_{S+A} = ylläpitoenergia + liikkuminen,

R_{SDA} = ravinnon sulaminen ja assimiloituminen (SDA eli
specific dynamic action),

F = ulosteet

U = eritteet.

Elintoimintojen ylläpitoon eli standardiaineenvaihduntaan kuluva energia (R_s), liikkumiseen kuluva energia (R_A) ja ravinnon sulamiseen, imeytymiseen ja aineiden pilkkomiseen kuluva energia (R_{SDA}) muodostavat yhteenlaskettuna hengityksen eli respiraation (R).

Hauelle käytettiin kolmea erilaista bioenergeettistä mallia, jotka olivat Dianan (1983) Kanadan Lac Ste. Anne -järven hauille sovittama malli, Carlinen (1987) kaksi yksinkertaistettua hauen ravinnonkulutusyhtälöä ja Wisconsinin yliopistossa kehitetty bioenergeettinen malli mikrotietokoneita varten (Hewett ja Johnson 1992).

Vuotuinen ravinnonkulutus laskettiin Ontojärven 1-8 -vuotiaille ja Lentuassa 1-6 -vuotiaille hauille. Hauen ravinnonkulutus laskettiin erikseen sukupuolitain. Laskelmissa käytetyt lämpötilat on esitetty taulukossa 12. Päiväasteet laskettiin kuukausittaisten keskilämpötilojen perusteella.

Taulukko 12. Bioenergeettisten mallien yhtälöissä käytetyt kuukausittaiset veden keskilämpötilat ja päiväasteet.

Kuukausi	Keskilämpötila °C	Päiväasteita DD >0 °C
Tammikuu	1,0	31
Helmikuu	1,0	28
Maaliskuu	1,0	31
Huhtikuu	1,0	30
Toukokuu	2,5	78
Kesäkuu	12,5	375
Heinäkuu	17,5	543
Elokuu	15,0	465
Syyskuu	12,5	375
Lokakuu	7,5	233
Marraskuu	2,5	75
Joulukuu	1,0	31
Yhteensä		2294

Dianan (1983) malli perustuu hänen määrittämiinsä hengitysparametreihin (Diana 1982) (taulukko 13).

Taulukko 13. Hauen ravinnonkulutusta ennustavassa Dianan (1983) mallissa käytetyt parametrit ja niiden arvot.
B = biomassa (g), C = ravinnonkulutus (kcal) ja
T = lämpötila (°C) (Diana 1982, 1983).

Parametri	Yhtälö	Lähde
Hengitys (cal/g/vrk) ¹⁾	$R_{\text{met}} = 1,6 * B^{-0,18} * e^{0,16 * T}$	Diana 1982
Vakio	1,6	
Eksponentti	-0,18	
Lämpötilakorjaus	0,16	
Ulostteet (F)	0,13 * C	Diana 1982
Eritteet (U)	0,08 * C	Brett & Groves 1979
SDA	0,1042 * C	Diana 1982

¹⁾ Hengitys tarkoittaa tässä pelkkää standardiaineenvaihduntaa

Kuikka (1987) on esittänyt Dianan (1983) mallin hauen ravinnonkulutusyhtälön (4) muodossa. Kulutetun ravinnon energiamäärä on muunnettu tuorekalan painoksi suhteessa 1 g = 1 kcal.

$$CC = (G + 1,6 * W^{-0,18} * e^{0,16 * T}) / 0,69, \quad (4)$$

jossa

CC = ravinnonkulutus (g/vrk),

W = yksilön paino (g),

T = veden keskilämpötila ko. vuorokautena (°C) ja

G = yksilön kasvu (g/vrk).

Dianan (1983) mallissa liikkumisesta aiheutuvaa energiankulutusta ei oteta huomioon ollenkaan. Se on todellisuudessa hyvin vähäistä, sillä hauki pysyttelee paikoillaan yli 90 % ajasta (Diana 1980).

Sovellettaessa Dianan (1983) mallia Ontojärven ja Lentuan aineistoon oletettiin, että hauki kasvaa vain kesällä ja syksyllä, kesäkuun alusta lokakuun loppuun. Tätä oletusta tukee Casselmanin (1978) esittämä tieto, jonka mukaan hauen kasvu on erittäin hidasta, kun lämpötila on alle 4 °C. Päivittäisenä kasvuna käytettiin kunkin ikäryhmän vuotuista keskimääräistä kasvua jaettuna kasvukauden pituudella vuorokausissa.

Carlinen (1987) yksinkertaistetut yhtälöt on johdettu kolmen pohjoisamerikkalaisen järven haukiaineistoista ja ne ennustavat ravinnonkulutusta halutulla aikavälillä alkupainon, painonlisäyksen ja päiväasteiden perusteella. Yhtälössä 7 ei tarvita päiväasteitakaan, vain alkupaino ja painonlisäys.

$$CC = -1758 + 2,39(W_0) + 3,02(dW) + 0,617(DD) \text{ ja} \quad (5)$$

$$CC = 211 + 2,45(W_0) + 3,63(dW), \quad (6)$$

joissa

CC = ravinnonkulutus (g),

W_0 = alkupaino (g),

dW = painonlisäys (g) ja

DD = päiväasteita (>0°C).

Carlinen yhtälöissä hauen liikkumiseen käyttämä energia on otettu huomioon. Keskimääräiseksi hauen uintinopeudeksi on arvioitu 1 cm/s.

Wisconsinin yliopistossa mikrotietokoneita varten kehitetty bioenergeettinen malli mahdollistaa eri lajien ravinnonkulutuksen arvioinnin kasvutietojen perusteella ja päinvastoin (Hewett ja Johnson 1992). Ohjelmassa tarvitaan alkutietoja lämpötilasta, petokalan fysiologiasta ja ravinnon koostumuksesta sekä saaliin ja saalistajan energiasisällöstä. Malli koostuu erillisistä kulutusta, hengitystä ja ulostusta ja erityistä kuvaavista yhtälöistä. Ohjelmaan on koottu 18 eri kalalajin tai lajiryhmän fysiologisten parametrien arvot. Hauelle esitetyt parametrien arvot ovat alustavia ja perustuvat suurimmaksi osaksi Bevelhimerin ym. (1985) laboratoriokokeiden tuloksiin. Mallin kuvaus ja hauelle käytetyt parametrien arvot on esitetty liitteessä 1.

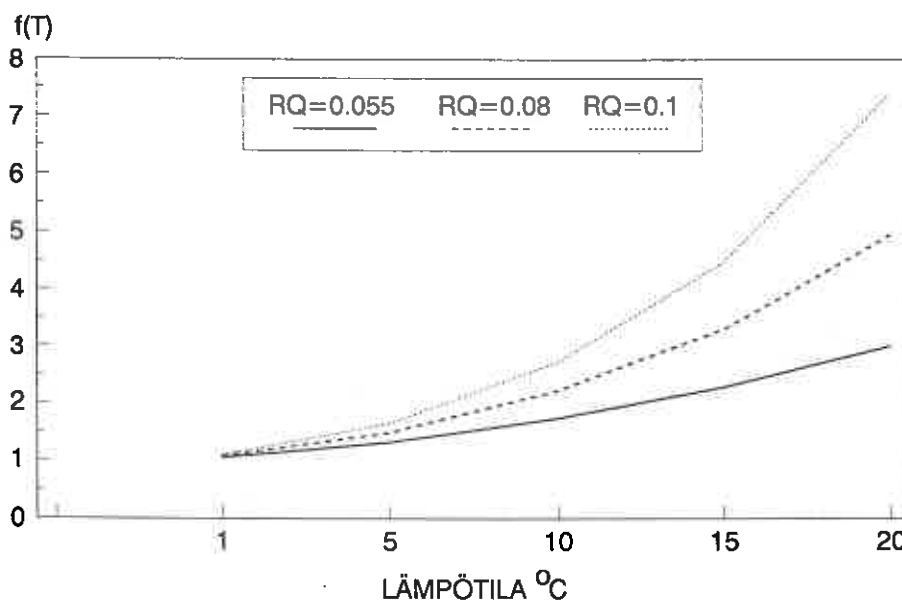
Ravinnonkulutuksen arviointimenetelmien vertailun helpottamiseksi Hewettin ja Johnsonin (1992) ohjelmaa sovellettiin mahdollisimman yksinkertaisessa muodossa. Eri saalislajeja ei eroteltu vaan oletettiin kaikkien olevan energiasisällöltään samanarvoisia (1000 cal/g). Myös hauen energiasisältö oletettiin vakioksi painoyksikköä kohden (860 cal/g). Malli tuotti hauelle suositelluilla yhtälöillä ja parametrien arvoilla heilahtelevan kasvukäyrän, jonka mukaan se kasvaisi lämpimän veden aikana voimakkaasti ja kylmän veden aikana laihtuisi lähes saman verran. Todennäköisimmin virhe oli lämpötilan vaikutusta kuvaava-

vien parametrien arvoissa, koska Bevelhimerin ym. (1985) kokeissaan käyttämät hauet olivat lämpimään veteen sopeutuneita. Heidän määrittystensä mukaan hauen optimilämpötila oli 24 °C ja maksimilämpötila 34 °C. Casselmanin (1978) mukaan taas nuorten haukien fysiologinen optimi on välillä 19 ja 21 °C ja letaaliämpötila 29 °C, joten hauki on luokiteltavissa viileän veden kalaksi. Casselmaninkin haukiaineisto oli peräisin Ontariosta huomattavasti eteläisemmiltä leveysasteilta kuin Kainuun järvet (45 ° N). Ontojärven ja Lentuan haukipopulaatioille käytettiin optimilämpötilana 17 °C ja maksimilämpötilana 24 °C. Maksimilämpötilalla ei tässä tapauksessa ole suurta merkitystä, koska 17,5 °C oli korkein lämpötila tässä aineistossa. Korhonen (käsikirjoitus) käytti samoja optimi- ja maksimilämpötiloja Kokemäenjoen haukiaineistolle.

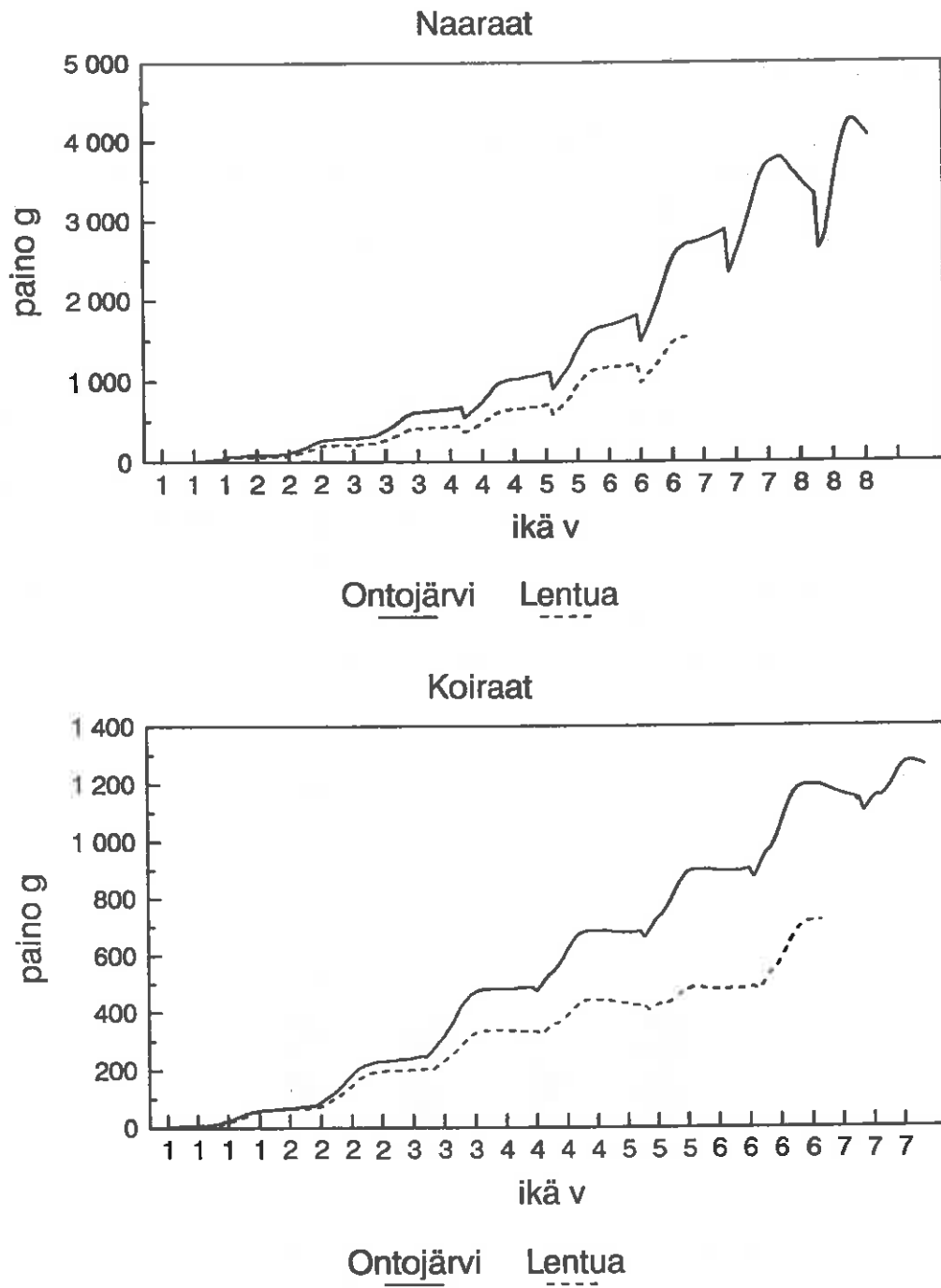
Ontojärven ja Lentuan aineisto tuotti näilläkin lämpötilaparametreilla heilahtelevan kasvukäyrän. Bevelhimer ym. (1985) havaitsivat, että viileän veden haukipopulaatiolla tehdyissä kokeissa hapenkulutus kasvoi lämpötilan noustessa huomattavasti jyrkemmin kuin heidän omien tulostensa mukaan, jotka tehtiin lämpimään veteen sopeutuneilla hauilla. Tämä merkitsee sitä, että respiraation lämpötilariippuvuutta kuvaavan parametrin RQ arvo on viileän veden kaloilla suurempi (kuva 3). Tästä syystä korjattiin Ontojärven ja Lentuan aineistoa varten RQ:n arvoa 0,055:stä 0,08:aan, jolloin malli simuloi kasvun vuoden-aikaista vaihtelua huomattavasti paremmin (kuva 4).

Kudun aiheuttamaksi painon alenemiseksi arvioitiin haukinaarilla 20 % ja koirilla 4 % (Raat 1988, kuva 4).

Bevelhimerin ym. (1985) esittämien parametrien mukaan liikkumisesta aiheutuva energiankulutuksen lisäys on 13 % standardiaineenvaihdunnasta.



Kuva 3. Respiraation lämpötilariippuvuusfunktion $f(T) = e^{(\Theta \cdot T)}$ (Hewett ja Johnson 1992, liite 1) kuvaaja eri Θ :n (=RQ) arvoilla. T = lämpötila.



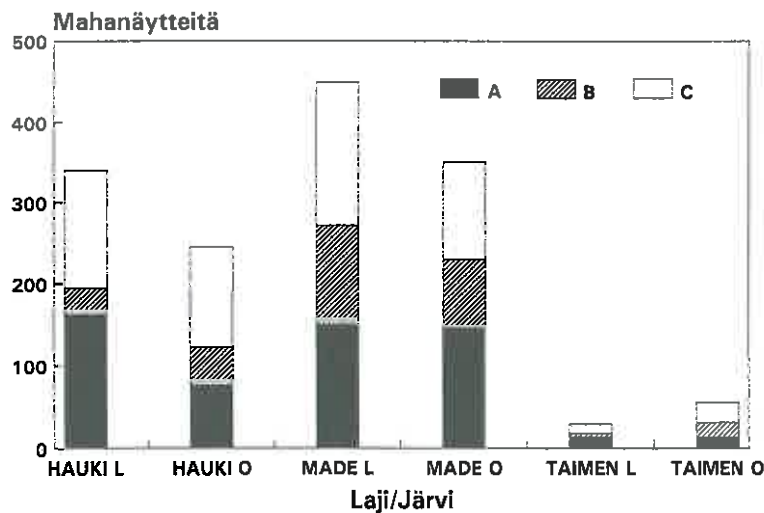
Kuva 4. Hauen kasvu Ontojärvessä ja Lentuassa Hewettin ja Johnsonin (1992) mallilla simuloituna.

7. RAVINTOANALYYSIN TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

7.1. Mahojen täyteisyys

Ontojärven hauilla tyhjien mahojen osuus oli 50 % ja määrityskelpoista kalaravintoa sisälsi noin kolmannes tutkituista hauen mahoista (kuva 5). Kuukausittain tarkasteltuna tyhjien mahojen osuus vaihteli 13 %:sta 80 %:in (kuva 6). Tyhjiä mahoja oli eniten vuoden alkupuolella, tammi-elokuussa. Kalaravinnon määrä oli suurimmillaan kesällä (2,9 % hauen painosta) ja pienimmillään talvella (1,8 %) (taulukko 14, s. 28).

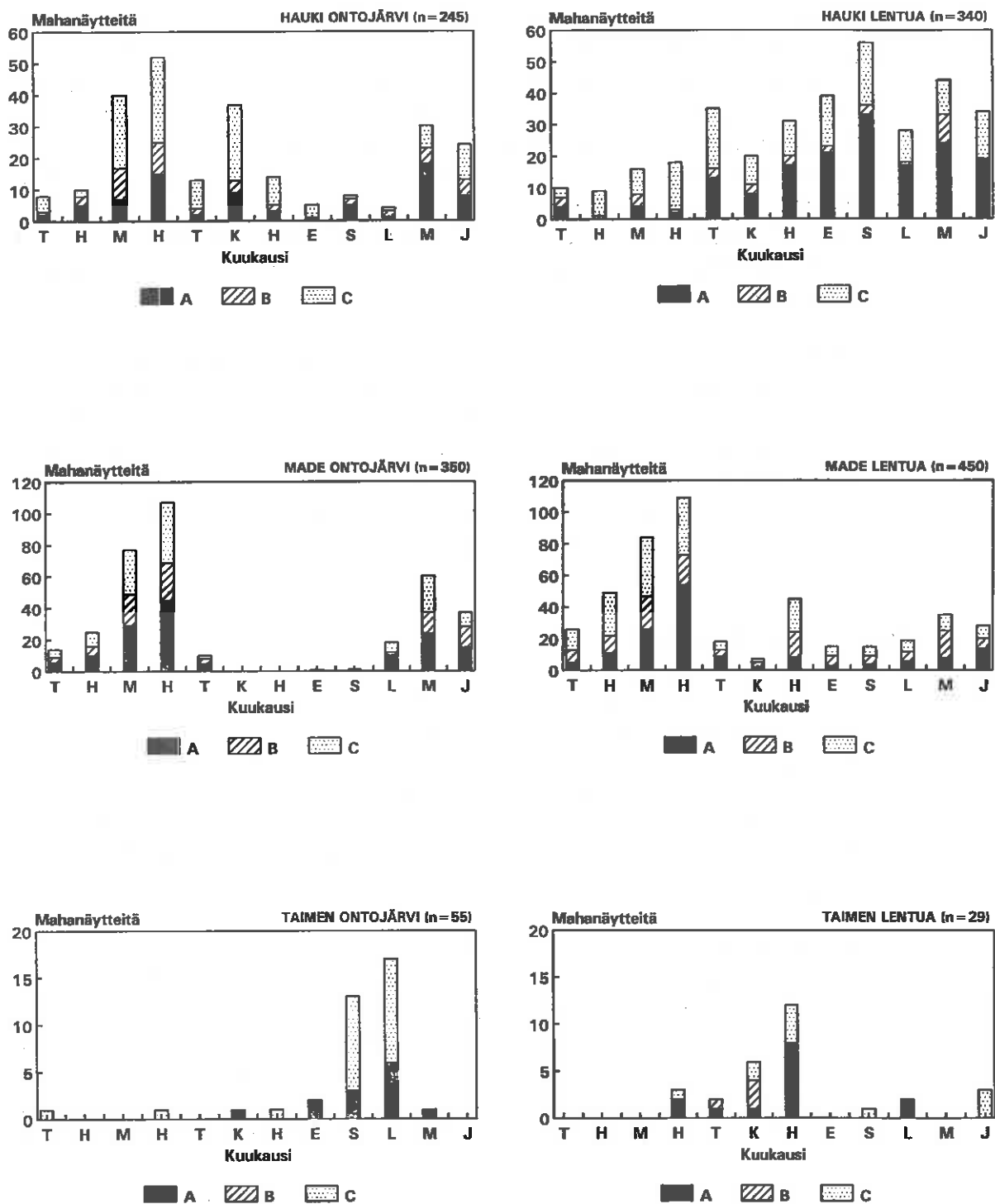
Lentuassa 43 % kaikista tutkituista hauen mahoista oli tyhjiä ja lähes joka toinen maha (48 %) sisälsi määrityskelpoisia saaliskaloja (kuva 5). Loput 9 % sisälsi joko tunnistuskelvotonta kalaravintoa tai muuta ravintoa (esim. pohjaeläimiä tai hyönteisiä). Kuukausittain tyhjien mahojen osuus vaihteli 25 %:sta 89 %:in. Keväällä, helmi-toukokuussa, tyhjien mahojen osuus oli yli 50 % kaikista mahoista, kun taas vuoden loppupuolella, heinä-joulukuussa, niiden osuus oli huomattavasti pienempi (kuva 6). Kalaravintoa syöneiden haukien mahojen sisältämän kalaravinnon määrä (% petokalan painosta) oli suurimmillaan kesällä (n. 3,5 %) ja pienimmillään talvella (n. 1 %) (taulukko 15, s. 29).



Kuva 5. Mahanäytteiden lukumäärä ja sisältö hauella, mateella ja taimenella Ontojärven ja Lentuassa vuosina 1985-1988.

L = Lentua, O = Ontojärvi.

- A = määrityskelpoista kalaravintoa sisältänyt maha
- B = sulanutta kalaravintoa tai muuta ravintoa (esim. hyönteiset ja pohjaeläimet) sisältänyt maha
- C = tyhjä maha.



Kuva 6. Mahanäytteiden lukumäärä ja sisältö hauella, mateella ja taimenella Ontojärvessä ja Lentuassa kuukausittain vuosina 1985-1988.

- A = määrityskelpoista kalaravintoa sisältänyt maha
 B = sulanutta kalaravintoa tai muuta ravintoa (esim. hyönteiset ja pohjaeläimet) sisältänyt maha
 C = tyhjä maha.

Mateella täysin tyhjiä mahoja oli jonkin verran pienempi kuin hauella ja vaihtelu kuukausien välillä oli lievempää. Ontojärvestä tyhjiä mahoja oli 34 % ja Lentuassa 40 % kaikista tutkituista (kuva 5). Tunnistuskelpoista kalaravintoa oli Ontojärvestä 42 %:ssa ja Lentuassa 33 %:ssa kaikista mahoista. Kuukausittain tyhjiä mahoja oli Ontojärvestä 20 %:sta 38 %:in ja Lentuassa 28 %:sta 55 %:in (kuva 6). Mateen mahoja sisältävän kalaravinnon määrä oli suurimmillaan keväällä, vajaat 4 % mateen painosta kummassakin järvestä (taulukot 16 ja 17, s. 30-31). Pienimmillään kalaravinnon määrä oli Lentuassa kesällä, 1,4 % kalan painosta. Ontojärvestä ei ollut madenäyhteitä kesäkaudelta.

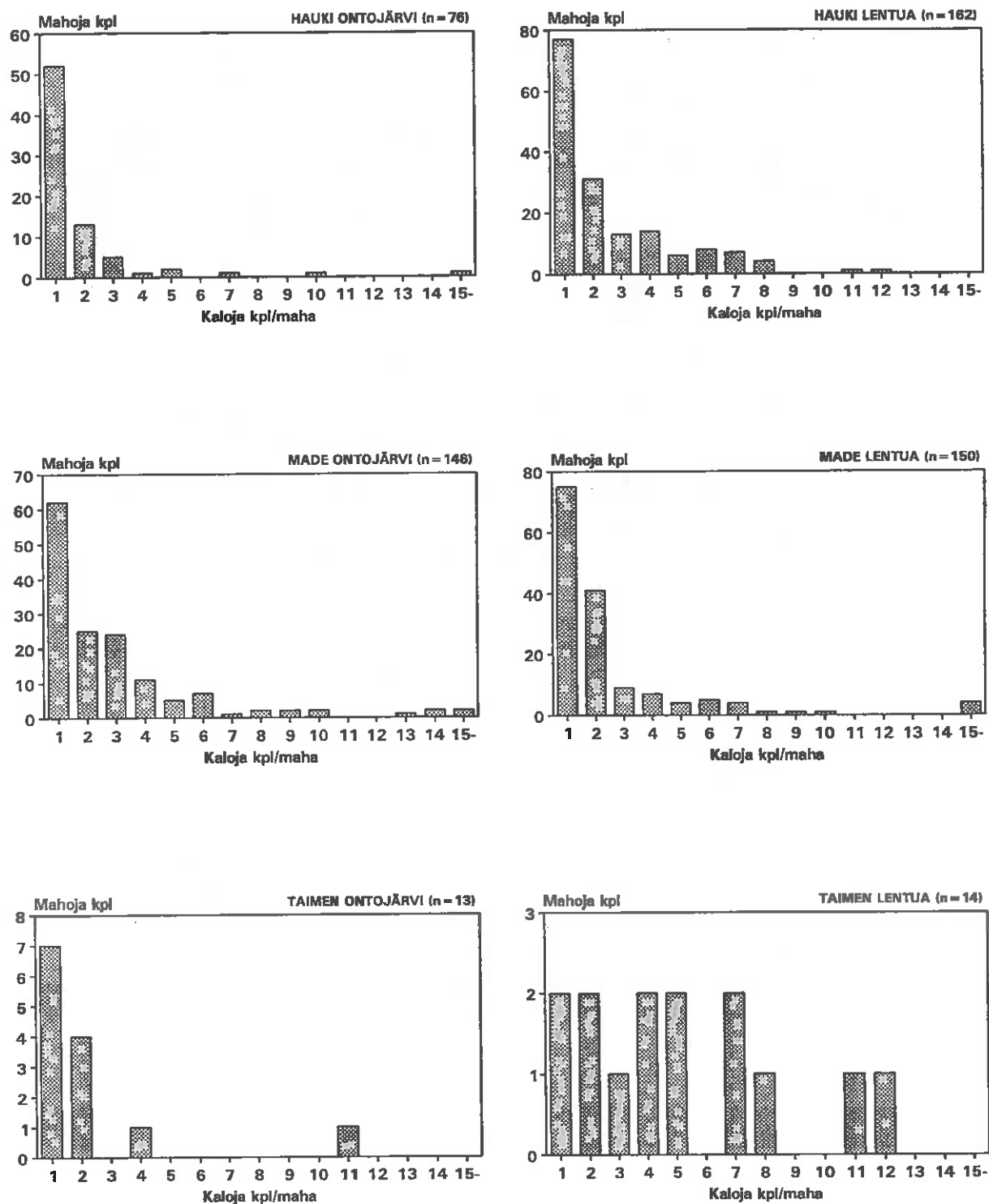
Taimenella tyhjiä mahoja oli noin 40 % molemmissa järvissä (kuva 5). Muun kuin kalaravinnon merkitys oli huomattavasti suurempi taimenelle ja mateelle kuin hauelle. Hauen mahoista alle 1 % sisälsi muuta ravintoa. Mateella pohjaeläinten ja taimenella hyönteisten osuus ravinnossa oli kohtalainen. Ontojärvestä 5 % ja Lentuassa 21 % tutkituista mateen mahoista sisälsi pohjaeläin- tai hyönteisravintoa. Taimenen mahoissa muun kuin kalaravinnon esiintymisfrekvenssi oli Ontojärvestä 24 % ja Lentuassa 14 %.

7.2. Kalaravinnon koostumus

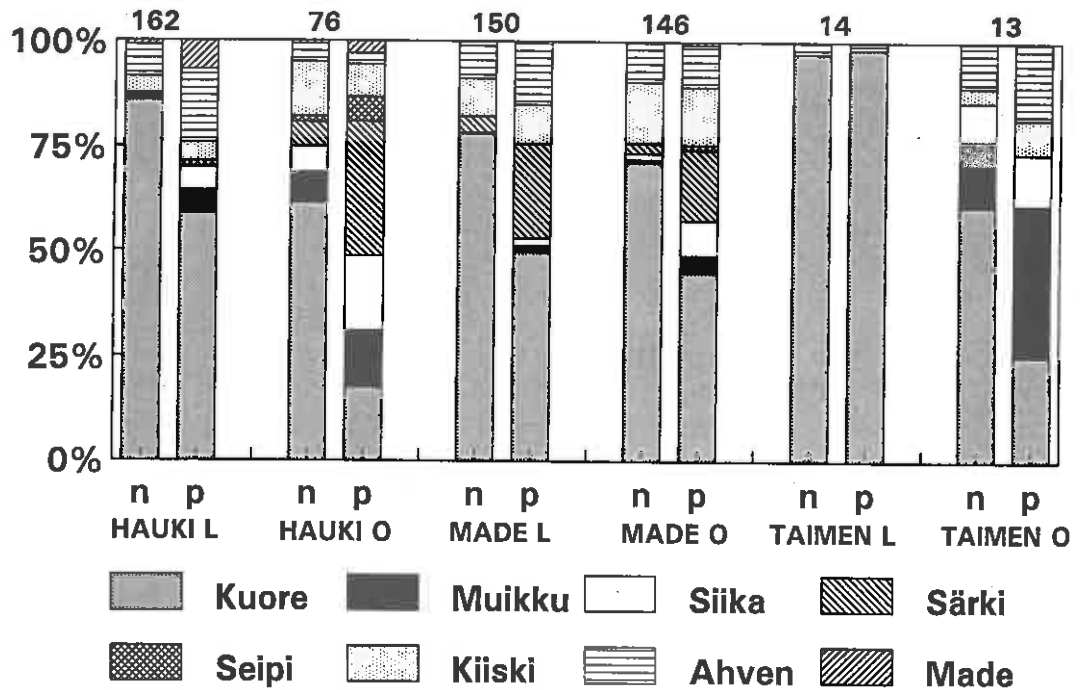
Valtaosa mateen ja hauen aterioista koostui 1-3 kalasta. Noin puolella kalaravintoa käyttäneistä mateista ja Lentuan hauista oli vain yksi saaliskala mahassaan (kuva 7). Ontojärvestä lähes kaksi kolmasosaa hauista oli syönyt ainoastaan yhden kalan kerrallaan. Yli kymmenen kalaa sisältävät mahat olivat poikkeustapauksia. Erään mateen mahasta löytyi kuitenkin jopa 34 kuoretta. Taimenen ateriat koostuivat Ontojärvestä 1-2 kalasta ja Lentuassa keskimäärin 4-6 kalasta.

Kaikkiaan tutkituista petokaloiden mahoista löytyi 8 eri saalislajia, jotka olivat kuore, muikku, siika, särki, seipi, kiiski, ahven ja made. Yksilömäärien perusteella arvioituna oli kuore tärkein saalislaji kaikille petolajeille (kuva 8), etenkin Lentuassa. Ravinnon painoa tarkasteltaessa kuoreen merkitys vähenee ja muiden lajien lisääntyminen, koska kuoreet olivat pienikokoisia. Muikun osuus ravinnossa oli pienin mateella ja suurin taimenella. Tutkittujen Ontojärven taimenten ravinnon painosta lähes 40 % oli muikkua ja yli 10 % siikaa. Ontojärven haukien ravinnosta oli painon perusteella lähes viidennes siikaa ja 14 % muikkua. Ontojärvestä muikun ja siian osuus petojen ravinnossa oli jonkin verran suurempi kuin Lentuassa. Suurimpia saaliskaloja olivat särjet. Vaikka särki oli saaliina harvalukuinen, painon perusteella se oli hauelle ja mateelle tärkeä ravintokohde.

Hauella saaliskalojen koko vaihteli noin 1 cm:stä aina 23 cm:in asti (kuva 9). Noin puolet syödyistä kaloista kuului pituusluokkaan 8-10 cm. Toiseksi yleisin pituusluokka oli 6-8 cm. Suurin osa näistä kaloista oli kuoreita. Mitään selvää suhdetta hauen pituuden ja saaliskalan pituuden välillä ei esiintynyt (kuvat 10 ja 11).



Kuva 7. Saaliskalojen lukumäärä kalaravintoa sisältänyttä mahaa kohti hauella, mateella ja taimenella Ontojärvessä ja Lentuassa vuosina 1985-1988.



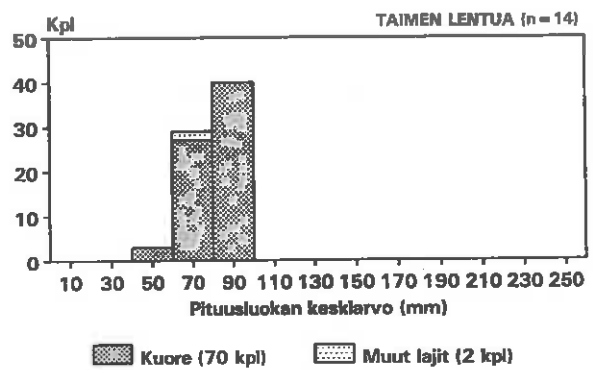
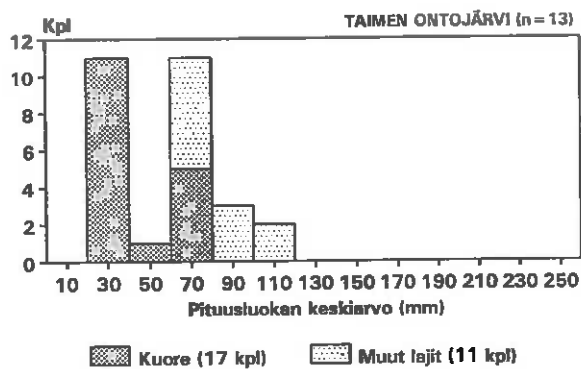
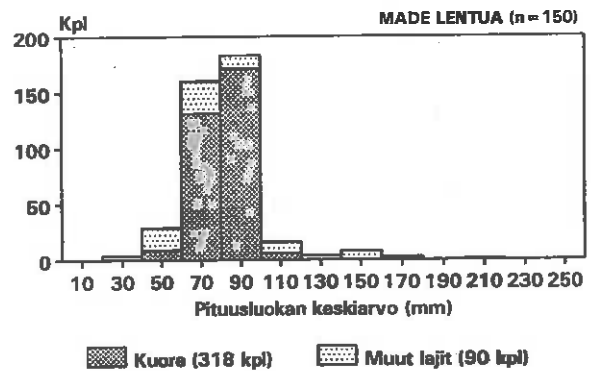
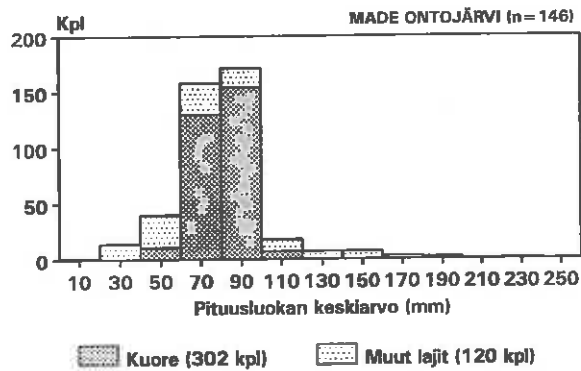
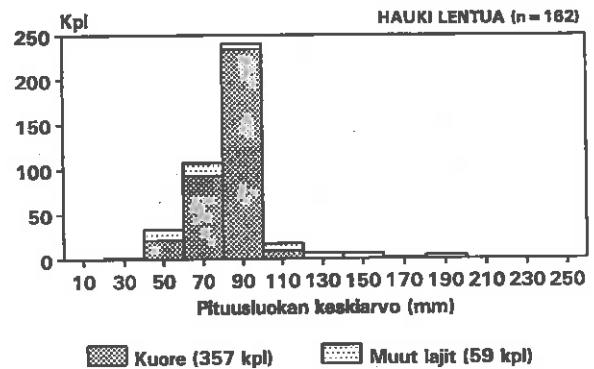
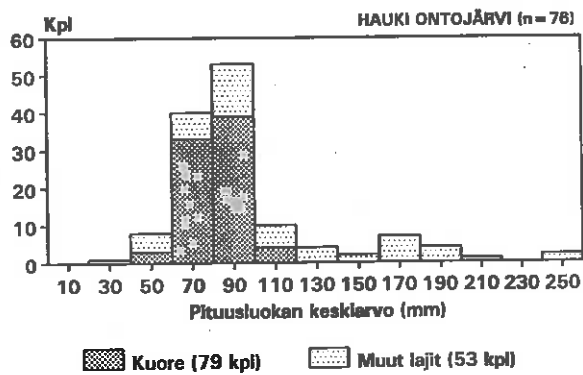
Kuva 8. Hauen, mateen ja taimenen saaliskalojen lajijakauma Ontojärvässä ja Lentuassa vuosina 1985-1988. L = Lentua, O = Ontojärvi, n = yksilömäärästä laskettu prosenttiosuus, p = painosta laskettu prosenttiosuus.

Mateen ravinnokseen käyttämät kalat olivat keskimäärin samankokoisia kuin hauella. Saaliskalojen pituus vaihteli noin 2 cm:stä 24 cm:in (kuva 9). Suurin saaliskalojen pituusluokka sekä Lentuassa että Ontojärvässä oli 8-10 cm. Molemmissa järvissä lähes puolet mateen ravinnosta kuului tähän luokkaan. Myöskään mateen kohdalla ei ole huomattavissa selvää korrelaatiota saalistajan ja saaliin pituuksien välillä (kuvat 12 ja 13).

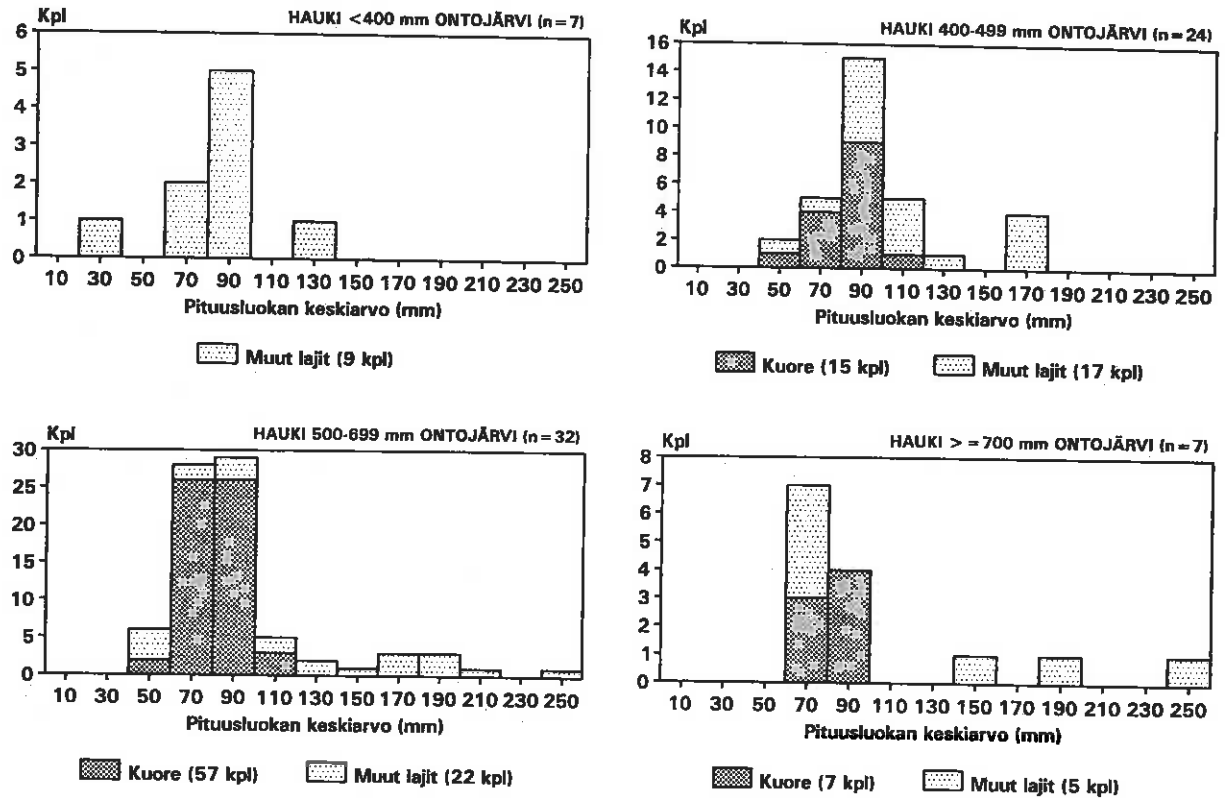
Taimenen saalis koostui suhteellisen pienistä kaloista. Niiden pituus vaihteli 2 cm:n ja 12 cm:n välillä (kuva 9).

7.3. Tulosten tarkastelu

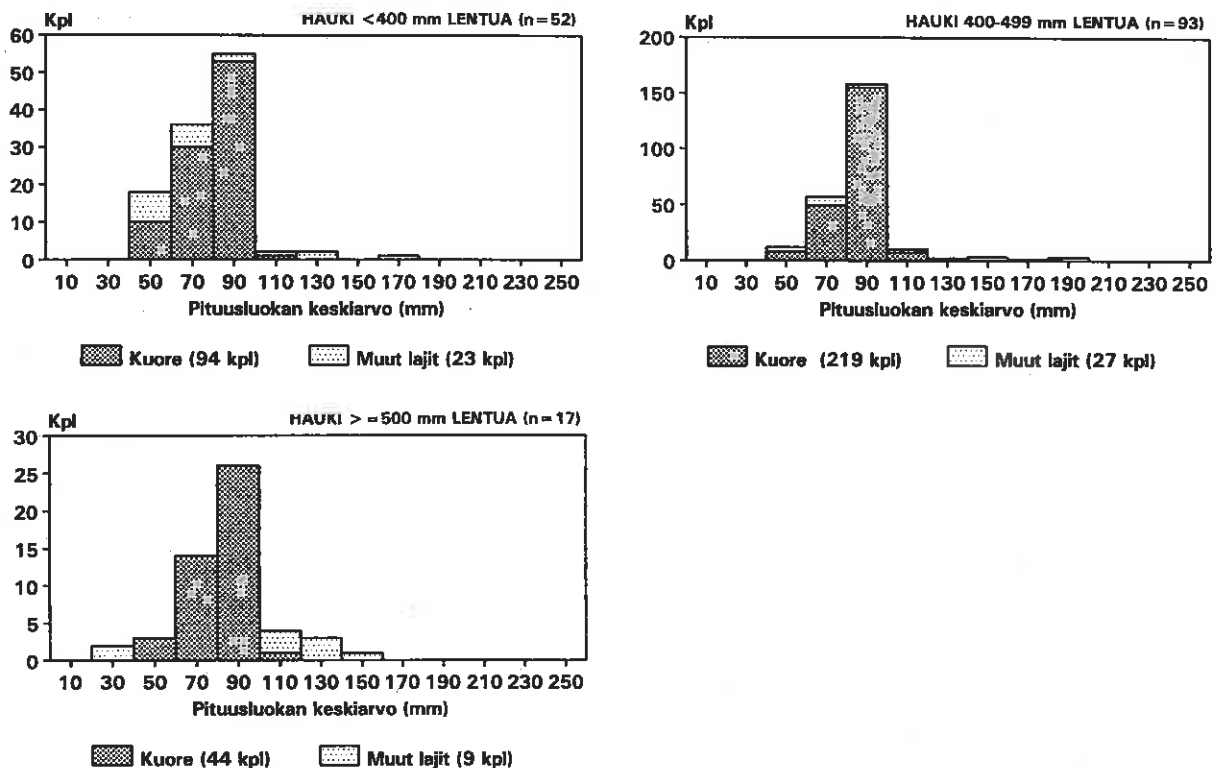
Lentuassa niin hauen, mateen kuin taimenenkin tärkein saalislaji oli kuore sekä yksilömäärässä että painossa mitattuna. Samoin kuore oli Ontojärvässä pääasiallinen ravintokohde kaikille petolajeille, jos tarkastellaan yksilömääriä. Painossa mitattuna hauen tärkein saalislaji oli Ontojärvässä särki ja taimenen muikku.



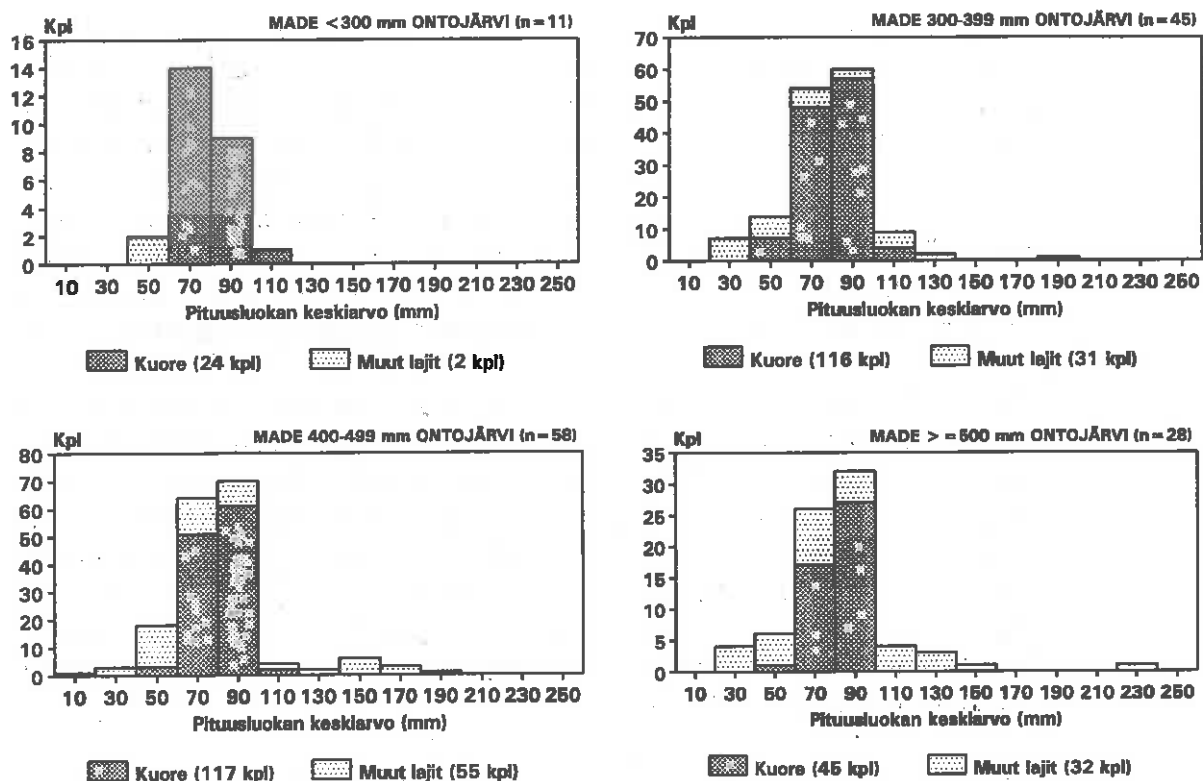
Kuva 9. Hauen, mateen ja taimenen saaliskalojen kokojakauma Ontojärvessä ja Lentuassa.



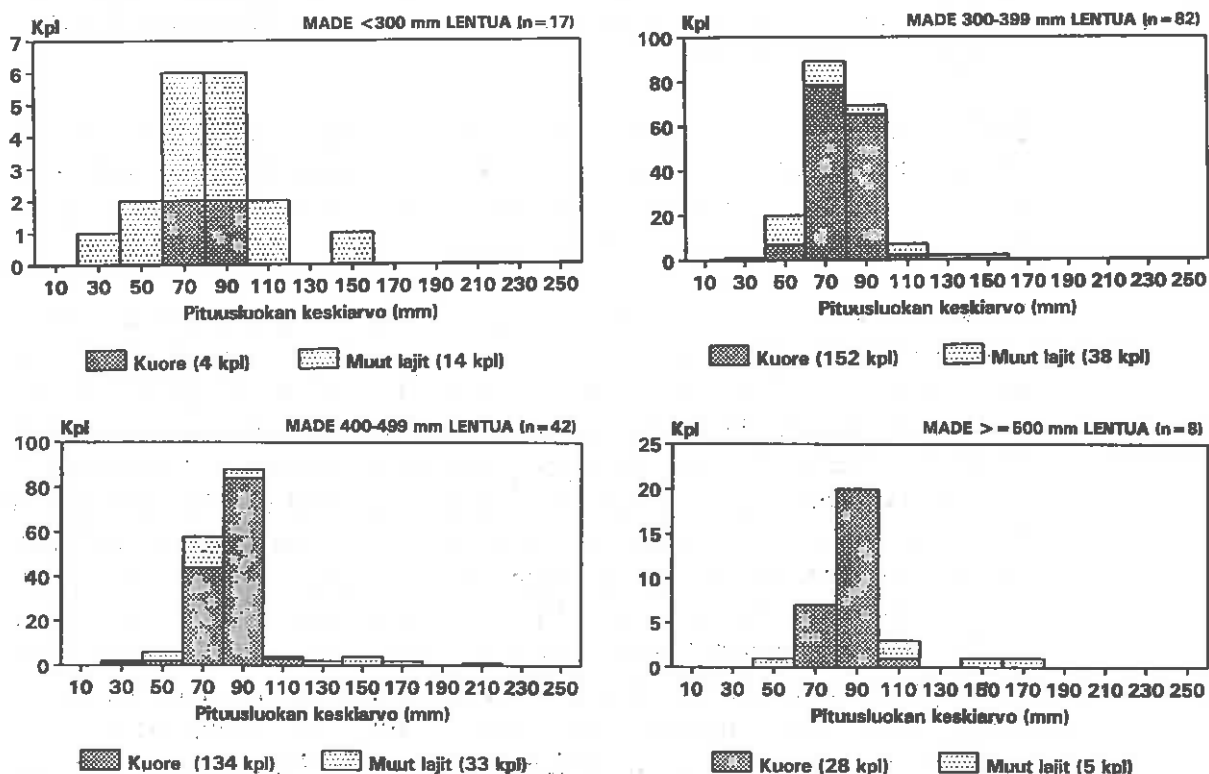
Kuva 10. Hauen saaliskalojen kokojakauma pituusluokittain Ontojärvessä.



Kuva 11. Hauen saaliskalojen kokojakauma pituusluokittain Lentuassa.



Kuva 12. Mateen saaliskalojen kokojakauma pituusluokittain Ontojärviessä.



Kuva 13. Mateen saaliskalojen kokojakauma pituusluokittain Lentuassa.

Petokalan ravinnon koostumuksen määrää suureksi osaksi eri ravintolajien saatavuus, johon taas vaikuttavat mm. saalislajin runsaus, yksilökoko, morfologiset suojautumiskeinot kuten piikkisyys, kyky piiloutua tai paeta, piilopaikkojen määrä habitaatissa, parveutuminen. Valikoinnilla näyttää olevan vähäinen merkitys päätellen siitä, että petokalojen ravinnon koostumus vaihtelee eri järvissä ja samassakin järvessä eri vuodenaikoina. Valikoinnin osuutta voidaan tarkastella, kun saalislajien populaatiokoko on tiedossa. Kalansaalistilastot antavat kalaston koostumuksesta harhaanjohtavan kuvan, koska kuoretta ei pyydetä juuri lainkaan ja useimpien lajien nuoret ikäryhmät puuttuvat saaliista.

Hauen tärkeimpinä ravintokohteina on mainittu kuore Kuhmon Kellojärvessä ja Vuosanganjärvessä, ahven ja kiiski Lammasjärvessä (Ratala 1988). Mateen tärkein saaliskala Kello-, Lammas- ja Vuosanganjärvessä oli ahven. Vuosanganjärvessä myös kuore oli merkittävä ravintokohde (Mattila 1988). Ylä-Tuuloman tekojärvessä mateen pääasiallinen ravintokohde (95 % ravinnon määrästä) oli muikku (Nelichik 1972). Guthruffin ym. (1990) mukaan made käytti Sveitsissä Biel-järvessä ravinnokseen pääasiassa ahventa ja särkeä. Taimenen ja kuhan ravinto koostui Lohjanjärvessä lähes yksinomaan kuoreesta (Heikinheimo-Schmid ja Kolari 1991).

Kuoreen runsaus ja petokaloille sopiva koko voivat olla syinä sen suureen osuuteen petokalojen ravinnossa. Sisävesissä hidaskasvuisena ja pieneksi jäävänä lajina kuore on pitkän ajan petojen saalistuksen kohteena. Lisäksi sopiva muoto ja pehmeys tekevät sen saaliina helposti käsiteltäväksi. Esimerkiksi hauki suosii ravinnossaan pehmeäviäisiä kaloja (Beyerle ja Williams 1968, Mauck ja Coble 1971).

Muikku kasvaa Ontojärvessä ja Lentuassa selvästi kookkaammaksi kuin kuore. Esimerkiksi Lentuassa vuosien 1987-1988 nuottasaaliissa kuoreiden pituus oli 5 - 13 cm ja muikkujen 10 - 21 cm (Huusko, julkaisematon aineisto). Valtaosa petokalojen saaliskaloista alle 10 cm:n pituisia kuoreita.

Petokalan ravinnon muotoutuminen saaliiden runsauden ja saatavuuden perusteella selittää myös sen, miksei Ontojärvessä ja Lentuassa petokalan ja sen saaliin koon välillä ole havaittavissa selvää yhteyttä, kuten usein esitetään (Frost 1954, Lawler 1965 ja Mann 1982). Suurikokoinen petokala ei etsi varta vasten kookkaita ravintokohteita, jos pieniä ravintokohteita on runsaasti ja helposti pyydettävissä. Toisaalta eri petolajit näyttävät syövän eri kokoisia kaloja. Hauki ja made käyttivät Ontojärvessä ja Lentuassa ravinnokseen suunnilleen samankokoisia kaloja. Taimenet söivät haukiin ja mateisiin verrattuna keskimäärin pienempiä kaloja. Saman seikan ovat Heikinheimo-Schmid ja Kolari (1991) havainneet Lohjanjärven kuhan ja taimenen välillä. Erot suun ja nielun suhteellisessa koossa ja rakenteessa eri petolajeilla ovat todennäköisesti syynä tähän. Eri petokalajit elävät myös osittain eri habitaateissa, joissa saaliskalojen saatavuuskin on erilainen. Popovan (1978) mukaan pelagiset pedot ovat erikoistuneet pienempiin saaliskaloihin kuin rantavyöhykkeen pedot.

8. PETOKALOJEN RAVINNONKULUTUS

8.1. Hauen ja mateen ravinnonkulutus mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä

Dianan (1979) menetelmällä laskettuna hauet kuluttivat Ontojärvässä ja Lentuassa ravintoa talvi- ja kevätkaudella keskimäärin 0,1 % omasta painostaan vuorokautta kohti (taulukot 14 ja 15). Jos sulamisaikana (tunnistamattomaksi sulamiseen kuluva aika B') käytettiin 7 vrk, ravinnonkulutusarvio oli noin kolmanneksen pienempi verrattuna 5 vrk:n sulamisaikaan. Kesällä vastaava vuorokautinen ravinnonkulutus oli Ontojärvässä alle 1 % ja Lentuassa vajaat 2 % hauen painosta, kun sulamisaikana (B') käytettiin 1 vrk, mikä on todennäköisesti lähinnä oikeaa arvoa kesällä. Kolmen vuorokauden sulamisajalla ravinnonkulutus olisi vain kolmanneksen edellä mainituista arvoista. Syksyllä kulutusarvio oli 0,4 % hauen painosta 5 vrk:n sulamisajalla ja 0,2 % 7 vrk:n sulamisajalla molemmissa järvissä.

Vuotuinen kalaravinnon kulutus olisi näiden tulosten perusteella sulamisajan B' arvoista riippuen Ontojärvässä 60 - 120 % ja Lentuassa 90 - 220 % hauen painosta. Hauet kasvoivat kuitenkin Ontojärvässä paremmin kuin Lentuassa.

Mateen ravinnonkulutus Lentuassa ja Ontojärvässä vaihteli 0,2 ja 0,5 %:n välillä vuorokaudessa ympäri vuoden (taulukot 16 ja 17). Keväällä ja syksyllä kulutus oli hieman voimakkaampaa kuin kesällä ja talvella.

Lentuassa alle 30 cm:n pituiset mateet kuluttivat vuodessa kalaravintoa mahanäytteiden perusteella noin 1,5-2 kertaa oman painonsa verran. Sitä suuremmat mateet kuluttivat vain noin oman painonsa verran (78-126 %) vuodessa. Ontojärvestä ei ravinnon vuotuista kulutusta voitu arvioida, koska kesäkaudelta ei ole näytteitä. Kulutusarviot ovat pieniä verrattaessa niitä Ivanovan (1968) esittämiin lukuihin, joiden mukaan 35-70 cm:n mateet kuluttivat Rybinskin tekojärvässä noin 3 kertaa oman painonsa verran ravintoa vuodessa.

Taulukko 14. Hauen ravinnonkulutus Ontojärvenssä vuodenajoinnain ja pituusluokittain vuosina 1985-1988 kerättyistä mahanäytteistä laskettuna.

Vuosi- neljännes	Pituus- luokka	Mahoja			Kalaravinto			Ravinnonkulutus					
		Ravintoa		Tyhjiiä Yht. kpl	Kpl/maha	g/maha	% pedon painosta	% pedon painosta/vrk					
		kpl	kpl					1 vrk	3 vrk	5 vrk	7 vrk		
Talvi	 mm	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl	 kpl
	< 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	400-499	2	2	4	1,0	19,1	3,4	0,34	0,24	0,34	0,24	0,34	0,24
	500-699	7	15	22	1,3	20,8	1,4	0,09	0,07	0,09	0,07	0,09	0,07
	≥ 700	3	1	4	1,3	50,5	1,6	0,25	0,18	0,25	0,18	0,25	0,18
	Yhteensä	12	18	30	1,2	23,7	1,8	0,14	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10
Kevät	< 400	-	4	4	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	400-499	13	44	57	1,2	13,4	2,2	0,10	0,07	0,10	0,07	0,10	0,07
	500-699	6	28	34	1,8	37,1	3,2	0,11	0,08	0,11	0,08	0,11	0,08
	≥ 700	4	5	9	2,0	26,4	0,7	0,06	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04
	Yhteensä	23	81	104	1,5	21,0	2,2	0,10	0,07	0,10	0,07	0,10	0,07
Kesä	< 400	4	9	13	1,0	7,2	2,1	0,65	0,22	0,65	0,22	0,65	0,22
	400-499	4	21	25	1,3	13,4	2,8	0,45	0,15	0,45	0,15	0,45	0,15
	500-699	5	10	15	1,8	50,4	3,5	1,15	0,38	1,15	0,38	1,15	0,38
	≥ 700	-	2	2	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Yhteensä	13	42	55	1,4	25,7	2,9	0,67	0,22	0,67	0,22	0,67	0,22
Syksy	< 400	3	3	6	1,7	11,1	4,0	0,66	0,40	0,66	0,40	0,66	0,40
	400-499	5	4	9	1,8	11,8	2,9	0,54	0,32	0,54	0,32	0,54	0,32
	500-699	14	7	21	3,6	14,5	1,3	0,28	0,17	0,28	0,17	0,28	0,17
	≥ 700	-	1	1	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Yhteensä	22	15	37	2,8	12,7	2,0	0,40	0,24	0,40	0,24	0,40	0,24

Taulukko 15. Hauen ravinnonkulutus Lentuassa vuodenajoinnain ja pituusluokittain vuosina 1987-1988
kerätyistä mahanäytteistä laskettuna.

Vuosi- neljännes	Pituus- luokka	Mahoja			Kalaravinto			Ravinnonkulutus % pedon painosta/vrk				
		Ravintoa		Yht.	Kpl/maha	g/maha	% pedon painosta	B' =				
		sis. kpl	Tyhjiä kpl									
	mm							1 vrk	3 vrk	5 vrk	7 vrk	
Talvi	< 400	7	9	16	1,3	4,0	1,2	0,11	0,08			
	400-499	13	16	29	1,5	4,5	0,8	0,07	0,05			
	≥ 500	3	5	8	2,7	6,3	0,7	0,05	0,04			
	Yhteensä	23	30	53	1,6	4,6	0,9	0,08	0,06			
Kevät	< 400	7	19	26	1,3	8,1	2,2	0,12	0,08			
	400-499	11	24	35	1,6	14,9	2,9	0,18	0,13			
	≥ 500	1	7	8	8,0	28,1	3,5	0,09	0,06			
	Yhteensä	19	50	69	1,8	13,1	2,7	0,15	0,10			
Kesä	< 400	15	17	32	3,1	13,5	3,7	1,81	0,60			
	400-499	27	25	52	3,5	17,2	3,6	1,86	0,62			
	≥ 500	4	2	6	2,0	10,9	1,4	0,95	0,32			
	Yhteensä	46	44	90	3,2	15,5	3,5	1,78	0,59			
Syksy	< 400	23	12	35	2,3	6,7	2,2	0,48	0,29			
	400-499	42	36	78	2,7	8,3	1,8	0,32	0,19			
	≥ 500	9	4	13	3,2	18,4	2,3	0,54	0,32			
	Yhteensä	74	52	126	2,6	9,0	2,0	0,38	0,23			

Taulukko 16. Mateen ravinnonkulutus Ontojärven vuodenajoittain ja pituusluokittain vuosina 1985-1988 kerättyistä mahanäytteistä laskettuna. Kesäkaudelta ei näytteitä.

Vuosi- neljännes	Pituus- luokka	Mahoja			Kalaravinto			Ravinnonkulutus % pedon painosta/vrk				
		Ravintoa		Yht.	Kpl/maha	g/maha	% pedon painosta	B' =				
		sis. kpl	tyhjää kpl					1 vrk	3 vrk	5 vrk	1 vrk	5 vrk
Talvi	< 300	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
	300-399	5	5	10	3,0	12,0	3,3	0,55	0,33	0,33	0,55	0,33
	400-499	16	25	41	2,1	15,6	2,3	0,30	0,18	0,18	0,30	0,18
	≥ 500	9	8	17	1,7	18,2	1,2	0,22	0,13	0,13	0,22	0,13
	Yhteensä	30	39	69	2,1	15,7	2,1	0,31	0,19	0,19	0,31	0,19
Kevät	< 300	10	9	19	2,5	7,4	4,1	0,72	0,43	0,43	0,72	0,43
	300-399	33	41	74	3,4	13,8	4,7	0,70	0,41	0,41	0,70	0,41
	400-499	25	54	79	4,1	16,1	2,5	0,27	0,16	0,16	0,27	0,16
	≥ 500	10	10	20	4,3	20,7	1,9	0,31	0,19	0,19	0,31	0,19
	Yhteensä	78	114	192	3,6	14,5	3,6	0,48	0,29	0,29	0,48	0,29
Syksy	< 300	1	4	5	1,0	2,1	1,8	0,12	0,07	0,07	0,12	0,07
	300-399	7	5	12	2,7	11,7	6,0	1,16	0,69	0,69	1,16	0,69
	400-499	17	20	37	2,1	15,3	2,6	0,40	0,24	0,24	0,40	0,24
	≥ 500	9	13	22	2,1	9,9	1,0	0,14	0,08	0,08	0,14	0,08
	Yhteensä	34	42	76	2,2	12,6	2,8	0,42	0,25	0,25	0,42	0,25

Taulukko 17. Mateen ravinnonkulutus lentuassa vuodenajoittain ja pituusluokittain vuosina 1986-1988 kerätyistä mahanäytteistä laskettuna.

Vuosi- neljännes	Pituus- luokka	Mahoja				Kalaravinto			Ravinnonkulutus						
		Ravintoa sis.		Tyhjiä		Yht.	Kpl/maha	g/maha	% pedon painosta	% pedon painosta/vrk					
		kpl		kpl						1 vrk	3 vrk	5 vrk	B' =		
	mm														
Talvi	< 300	3		14		17	1,0	14,7	7,5		0,44	0,27			
	300-399	17		36		53	2,0	6,5	2,1		0,22	0,13			
	400-499	7		16		23	1,6	3,5	0,6		0,06	0,04			
	≥ 500	2		6		8	1,0	42,6	5,8		0,48	0,29			
	Yhteensä	29		72		101	1,7	8,9	2,5		0,24	0,14			
Kevät	< 300	8		17		25	1,1	8,1	6,1		0,65	0,39			
	300-399	46		69		115	2,7	9,4	3,3		0,43	0,26			
	400-499	30		26		56	5,0	23,5	4,2		0,75	0,45			
	≥ 500	5		8		13	6,0	22,2	2,0		0,26	0,16			
	Yhteensä	89		120		209	3,5	14,7	3,8		0,53	0,32			
Kesä	< 300	1		2		3	1,0	1,1	1,7	0,57	0,19				
	300-399	10		37		47	1,9	4,9	1,5	0,31	0,10				
	400-499	1		15		16	1,0	4,4	0,8	0,05	0,02				
	≥ 500	1		-		1	1,0	3,3	0,3	0,33	0,11				
	Yhteensä	13		54		67	1,7	4,5	1,4	0,26	0,08				
Syksy	< 300	5		13		18	1,0	4,0	5,5		0,51	0,30			
	300-399	9		26		35	1,4	5,6	1,8		0,16	0,09			
	400-499	4		10		14	1,5	20,8	5,1		0,48	0,29			
	≥ 500	-		2		2	-	-	-		-	-			
	Yhteensä	18		51		69	1,3	8,5	3,6		0,31	0,19			

8.2. Hauen ravinnonkulutus bioenergeettisiin malleihin perustuvilla menetelmillä

Hauen vuosittaisen ravinnonkulutuksen arviot erosivat huomattavasti toisistaan menetelmästä riippuen (taulukot 18 ja 19). Pienimmän ravinnonkulutuksen antoi Dianan (1983) bioenergeettinen malli. Tällöin kasvuun käytetyn energian osuus oli suurin, vanhimmissakin ikäryhmissä 20 - 30 %. Hewettin ja Johnsonin (1992) menetelmällä laskettuna hauen ravinnonkulutus oli nuorimmissa ikäryhmissä 30-60 % suurempi verrattuna Dianan (1983) menetelmällä lasketuun ja vanhemmissa jopa kaksinkertainen. Kasvun osuus oli tällöin 3-7-vuotiailla kaloilla 10 - 20 %:n luokkaa, naarailla suurempi kuin koirilla (kuvat 14 ja 15). Koirilla kasvun osuus oli joissakin ikäryhmissä vain 2 % ravinnonkulutuksesta. Muu osa saadusta energiasta kuluu suurimmaksi osaksi hengitykseen ja ravinnon sulamiseen ja siihen liittyvään aineenvaihduntaan. Osa saadusta energiasta poistuu ulostuksen ja eritteiden mukana (kuva 16).

Carlinen (1987) yhtälö, jossa lämpötila otetaan huomioon päiväästeina (yhtälö 5), antoi 1-vuotiaille hauille negatiivisia kulutusarvioita. Ikäryhmässä 2 ravinnonkulutusarvio oli pienempi kuin Dianan (1983) ja Hewettin ja Johnsonin (1992) mallilla. Vanhemmissa ikäryhmissä tulokset ylittivät Dianan (1983) menetelmällä lasketut ravinnonkulutusarviot, mutta jäivät jonkin verran alle Hewettin ja Johnsonin (1992) mallin antamien arvojen.

Carlinen toisen yhtälön (yhtälö 6) antamat arviot kulutuksesta olivat yli kaksinkertaisia Dianan malliin verrattuna. Myös Hewettin ja Johnsonin (1992) ohjelmalla laskettuihin arvioihin verrattuna olivat yhtälöllä 6 lasketut arviot nuorimmissa ikäryhmissä selvästi suurempia, mutta ikäryhmästä 3 alkaen osuivat varsin lähelle .

Ontojärven hauen ravinnonkulutus oli bioenergeettisillä menetelmillä arvioituna huomattavasti suurempaa kuin Lentuassa, koska Ontojärven hauet kasvoivat nopeammin. Erot olivat 1-2-vuotiailla hauilla pieniä, mutta vanhemmissa ikäryhmissä jopa yli kaksinkertaisia (kuvat 14 ja 15).

Ravinnonkulutus painoyksikköä kohti (cal/g) on suuri nuorissa ikäryhmissä ja alenee iän mukana. Hewettin ja Johnsonin (1992) mallilla tehdyn simuloinnin mukaan nuorimmat ikäryhmät kasvavat talvellakin jonkin verran, mutta vanhemmissa ikäryhmissä kasvu lakkaa kylmän veden aikana. Elintoimintoihin kuluu lämpimimpänä aikana noin kolminkertainen määrä energiaa talvikauteen verrattuna (kuva 16).

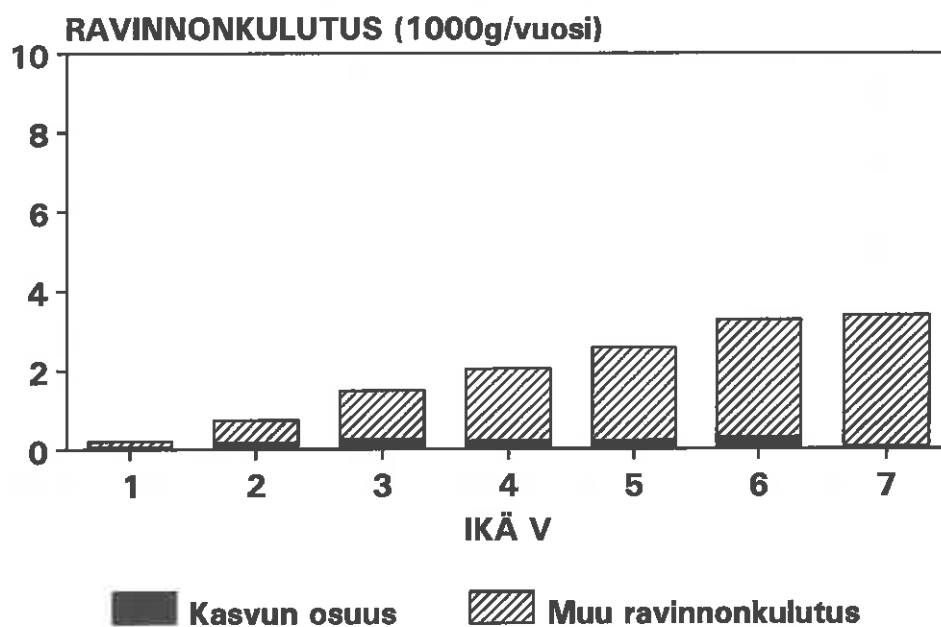
Taulukko 18. Hauen ravinnonkulutus Ontojarvessa ikäryhmittäin ja sukupuolittain Dianan (1983), Hewettin ja Johnsonin (1992) sekä Carlinen (1987) menetelmien mukaan. Suluissa kasvun osuus (%) ravinnonkulutuksesta.

Ikä	sp	n	Alku- paino g	Kasvu/ vuosi g	Ravinnonkulutus (g/vuosi)			
					DIANA 1983	H & J 1992	CARLINE 1987 Yhtälö 6	Yhtälö 7
1	k n	150 124	5 7	58 75	154 (38 %) 194 (38 %)	205 (28 %) 262 (29 %)	(-156) (-101)	434 (13 %) 498 (15 %)
2	k n	150 124	63 82	166 205	470 (35 %) 575 (36 %)	727 (23 %) 890 (23 %)	308 (54 %) 471 (44 %)	967 (17 %) 1155 (18 %)
3	k n	145 124	229 287	256 345	849 (30 %) 1088 (32 %)	1482 (17 %) 1856 (19 %)	976 (26 %) 1383 (25 %)	1699 (15 %) 2164 (16 %)
4	k n	125 113	484 631	201 403	1009 (20 %) 1543 (26 %)	2018 (10 %) 2922 (14 %)	1422 (14 %) 2383 (17 %)	2127 (9 %) 3221 (13 %)
5	k n	63 62	685 1034	214 633	1230 (17 %) 2344 (27 %)	2564 (8 %) 4469 (14 %)	1940 (11 %) 4042 (16 %)	2666 (8 %) 5044 (13 %)
6	k n	20 32	899 1668	295 1048	1585 (19 %) 3639 (28 %)	3235 (9 %) 6777 (15 %)	2698 (11 %) 6808 (15 %)	3486 (8 %) 8101 (13 %)
7	k n	7 18	1194 2716	64 1074	1411 (5 %) 4489 (24 %)	3373 (2 %) 9104 (12 %)	2707 (2 %) 9394 (11 %)	3372 (2 %) 10767 (10 %)
8	k n	2 11	1259 3791	- 254	- 3782 (7 %)	- 7594 (3 %)	- 9484 (3 %)	- 10420 (2 %)

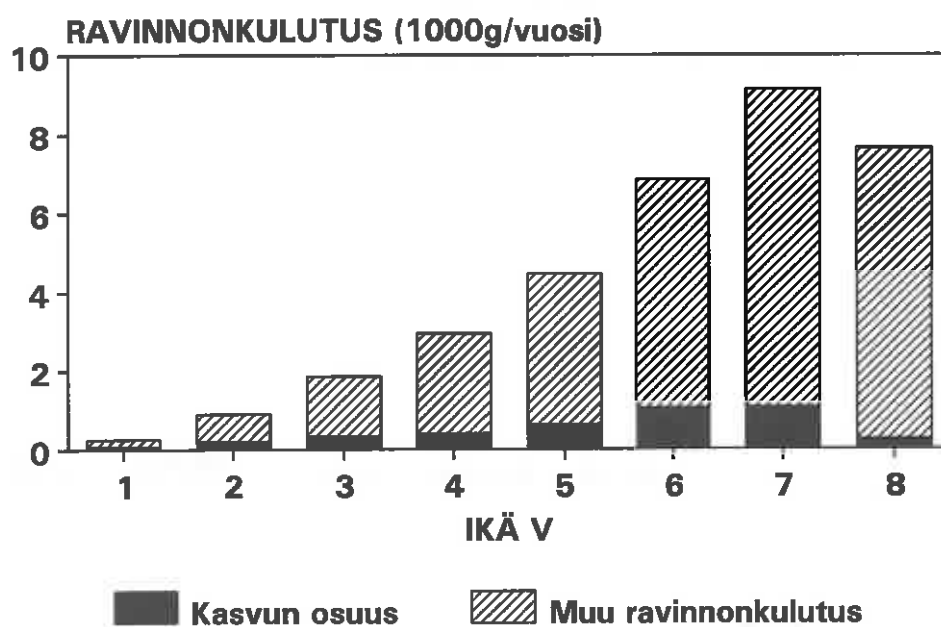
Taulukko 19. Hauen ravinnonkulutus Lentuassa ikäryhmittäin ja sukupuolittain Dianan (1983), Hewettin ja Johnsonin (1992) sekä Carlinen (1987) menetelmien mukaan. Suluissa kasvun osuus (%) ravinnonkulutuksesta.

Ikä	sp	n	Alku- paino g	Kasvu/ vuosi g	Ravinnonkulutus (g/vuosi)			
					DIANA 1983	H & J 1992	CARLINE 1987 Yhtälö 6	Yhtälö 7
1	k	206	5	56	149 (38 %)	200 (28 %)	(-163)	426 (15 %)
	n	183	5	57	151 (38 %)	202 (28 %)	(-159)	430 (13 %)
2	k	206	61	137	406 (34 %)	645 (21 %)	215 (64 %)	856 (16 %)
	n	183	62	149	434 (34 %)	682 (22 %)	256 (58 %)	905 (16 %)
3	k	181	197	141	582 (24 %)	1104 (13 %)	554 (25 %)	1206 (12 %)
	n	155	211	210	737 (28 %)	1316 (16 %)	796 (26 %)	1490 (14 %)
4	k	88	338	103	663 (15 %)	1393 (7 %)	776 (13 %)	1412 (7 %)
	n	83	421	233	1007 (23 %)	1970 (12 %)	1366 (17 %)	2087 (11 %)
5	k	26	441	37	643 (5 %)	1508 (2 %)	823 (5 %)	1426 (3 %)
	n	31	654	511	1772 (29 %)	3259 (16 %)	2764 (18 %)	3669 (14 %)
6	k	4	478	243	1085 (22 %)	2122 (11 %)	1534 (16 %)	2265 (11 %)
	n	6	1165	377	1975 (19 %)	4148 (9 %)	3581 (11 %)	4435 (9 %)

ONTOJÄRVI, KOIRAAT

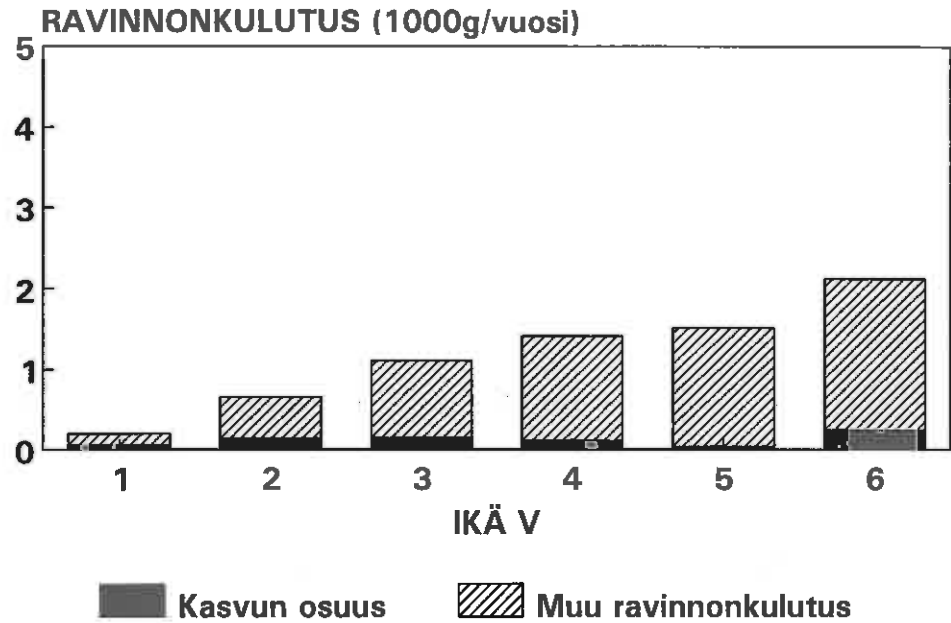


ONTOJÄRVI, NAARAAT

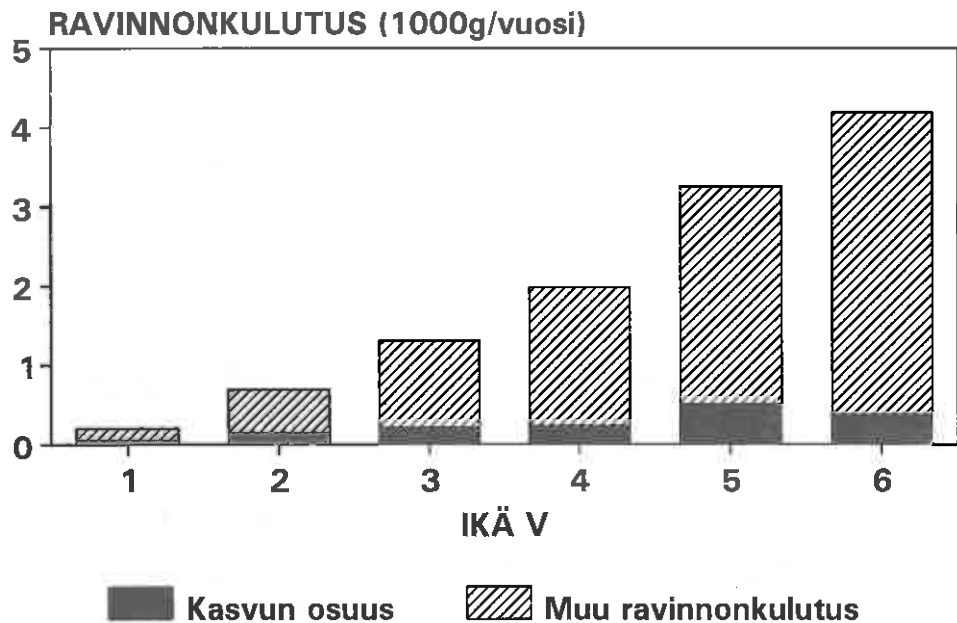


Kuva 14. Hauen ravinnonkulutus ikäryhmittäin ja sukupuolittain Ontojärvessä Hewettin ja Johnsonin (1992) mallilla laskettuna.

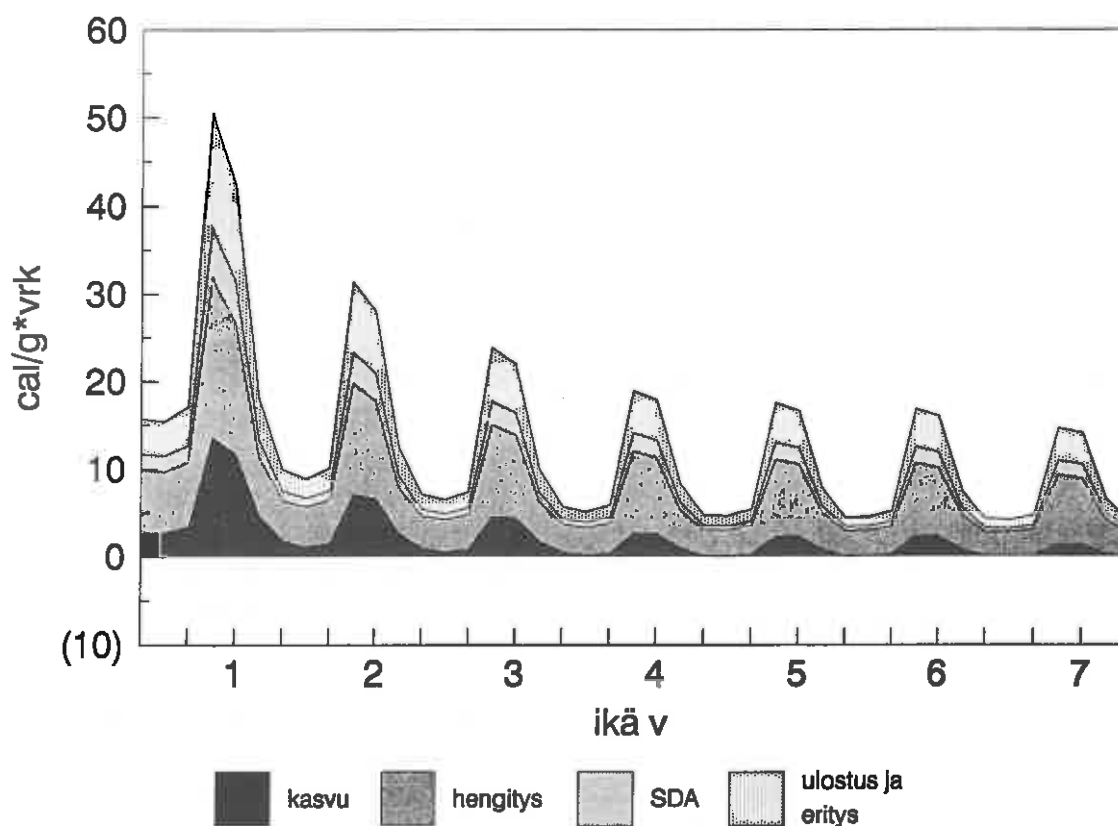
LENTUA, KOIRAAT



LENTUA, NAARAAT



Kuva 15. Hauen ravinnonkulutus ikäryhmittäin ja sukupuolittain Lentuassa Hewettin ja Johnsonin (1992) mallilla laskettuna.



Kuva 16. Hauen suhteellinen ravinnonkulutus (specific consumption) ikäryhmittäin kaloreina grammaa kohti vuorokaudessa ja saadun energian jakautuminen eri elintoimintoihin Hewettin ja Johnsonin (1992) mallilla laskettuna.

Kirjallisuustietojen mukaan nuorten haukien (0-1 v) kasvuun käyttämä osuus kulutetusta ravinnosta (gross efficiency) on keskimäärin noin 30 % (Johnson 1966, Diana 1982, Bevelhimer ym. 1985, Raat 1988). Sukukypsillä hauilla vastaava osuus on noin 10 - 20 % (Mann 1982, Backiel 1971, Ivanova 1968, Raat 1988). Dianan (1983) tulosten mukaan alle 1-vuotias hauki käytti keskimäärin 40 % saadusta energiasta kasvuun ja 1-3-vuotias hauki vastaavasti keskimäärin 5-10 %. Lisääntymiseen kuluvan energian osuudessa on suuria eroja koiraiden ja naaraiden välillä. Dianan (1983) mukaan 1-3-vuotiaat koirashauet käyttivät lisääntymistuotteisiin 4-5 % saadusta energiasta ja naaraat 11-16 %.

Ontojärven ja Lentuan haukien ravinnonkulutus Dianan (1983) menetelmällä laskettuna oli vähäistä suhteessa kasvuun. Hewettin ja Johnsonin (1992) menetelmä antoi lähinnä kirjallisuudessa esitettyjä tietoja vastaavia tuloksia kasvuun käytetyn energian osuudesta. Carlinen (1987) yhtälöt vastasivat sukukypsyyden saavuttaneissa ikäryhmissä Hewettin ja Johnsonin (1992) mallilla saatuja tuloksia, mutta yhtälö 5 antoi nuorissa ikäryhmissä liian pieniä, jopa negatiivisia ravinnonkulutusarvoja ja yhtälö 6 taas kasvuun käytetyn

energian osuudesta päätellen liian suuria arvoja. Mitä kookkaammaksi hauki kasvaa, sitä suurempi osuus saadusta energiasta kuluu elintoimintojen ylläpitoon (kuvat 14, 15 ja 16). Eri tutkimuksista saatujen tulosten vertailukelpoisuutta heikentää se, että lämpötila vaikuttaa suuresti ylläpitoon kuluvan energian osuuteen. Toisaalta kuitenkin laajalle maantieteelliselle alueelle levinneillä kalalajeilla sopeutumiskyky on suuri, jolloin eri ilmastovyöhykkeistä peräisin olevat populaatiot poikkeavat optimi- ja maksimilämpötilojensa suhteen toisistaan (Bevelhimer ym. 1985).

8.3. Hauen vuotuinen ravinnonkulutus eri menetelmillä

Eri menetelmillä saatujen ravinnonkulutustulosten vertailua varten mahanäytteistä Dianan (1979) menetelmällä määritetty hauen vuorokautinen ravinnonkulutus muunnettiin koko vuotta vastaavaksi ja pituusluokat vastaaviksi ikäryhmiksi (taulukko 20). Sukupuolia ei voitu käsitellä erikseen, koska mahanäyteaineistossa ei sukupuolia ollut eroteltu. Ravinnon sulamisaikana (B') käytettiin talvella ja keväällä 7 vrk, kesällä 1 vrk ja syksyllä 3 vrk.

Mahanäytteiden perusteella Dianan (1979) menetelmällä lasketut vuotuiset ravinnonkulutusarvot olivat yleisesti ottaen samaa suuruusluokkaa kuin Dianan (1983) bioenergeettisellä mallilla saadut tulokset. Ontojärven bioenergeettinen menetelmä antoi nuoremmissa ikäryhmissä suuremman ravinnonkulutuksen ja Lentuan hauilla pituusluokassa 40 - 49 cm taas pienemmät tulokset kuin Dianan (1979) menetelmä. Mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä vuotuinen ravinnonkulutus Ontojärven oli 1,2 - 1,5 g/g, toisin sanoen hauki kuluttaisi vuodessa kalaravintoa 1,2 - 1,5 kertaa oman painonsa verran. Lentuassa ravinnonkulutus oli tällä menetelmällä laskettuna suurempi, 1,5 - 2,2 g/g vuodessa. Bioenergeettisellä yhtälöllä (Diana 1983) saatiin hauen ravinnonkulutukseksi Ontojärven 1,4 - 2,4 g/g ja Lentuassa 1,6 - 2,2 g/g vuodessa. Molemmissa järvissä hauet kuluttivat painoonsa nähden suunnilleen yhtä paljon ravintoa tällä menetelmällä laskettuna (taulukko 20).

Hewettin ja Johnsonin (1992) bioenergeettinen malli antoi edellisiin verrattuna noin kaksinkertaiset ravinnonkulutusarvot. Alle 40 cm:n pituiset hauet kuluttaisivat sen mukaan noin 4 kertaa ja suuremmat hauet 3 - 4 kertaa oman painonsa verran kalaa vuodessa (taulukko 20).

Taulukko 20. Hauen vuotuinen ravinnonkulutus (g/g * vuosi) Ontojärven ja Lentuassa Dianan (1979) mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä ja kahdella bioenergeettiseen malliin perustuvalla menetelmällä (Diana 1983 ja Hewett ja Johnson 1992).
O = Ontojärvi, L = Lentua; sp = sukupuoli, k = koiras, n = naaras.

Pituus- luokka	Järvi	sp	Ikä	Keski- paino	R A V I N N O N K U L U T U S		
					MAHANÄYTTEET	BIOENERG. MALLIT	
					Diana 1979 g/ g* vuosi	Diana 1983 g/ g * vuosi	H. & J. 1992 g/ g * vuosi
mm				g			
< 400	O	k	3	357	1,5	2,4	4,2
		n	3	459	1,5	2,4	4,0
	L	k	3	268	2,2	2,2	4,1
		n	3	316	2,2	2,3	4,2
400-499	O	k	4-5	692	1,2	1,6	3,3
		n	4	833	1,2	1,9	3,5
	L	k	4-5	408	2,2	1,6	3,6
		n	4	535	2,2	1,9	3,7
500-699	O	k	6-7	1079	1,4	1,4	3,1
		n	5-6	1875	1,4	1,6	3,0
	L	n	5	910	1,5	1,9	3,6

Bioenergeettisillä malleilla ja mahanäytteisiin perustuvilla menetelmillä saatuja hauen ravinnonkulutustuloksia ovat vertailleet Diana (1983) ja Wahl ja Stein (1991).

Samoin kuin tässä tutkimuksessa, Diana (1983) sai Lac Ste. Anne -järven hauille mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä (Diana 1979) ja bioenergeettisellä mallillaan suunnilleen samaa luokkaa olevia tuloksia, vaikkakin kuukausittaisissa arvoissa oli suuriakin heittoja. Bioenergeettisen mallin mukaan 3-vuotiaiden haukien ravinnonkulutus vaihteli kesällä 10 - 20 kcal/ kg vuorokaudessa eli 1-2 % pedon painosta. Mahanäytteistä tehtyjen määritysten mukaan ravinnonkulutus oli koirilla keskimäärin 11,4 kcal/ kg (1,1 % pedon painosta) ja naarailla 17,4 kcal/kg (1,7 % pedon painosta) vuorokaudessa. Talviaikana bioenergeettinen malli antoi jopa negatiivisia ravinnonkulutusarvioita. Mahanäytteisiin perustuvan menetelmän mukaan ravinnonkulutus oli talvella 0,4 kcal/kg koirilla ja 0,9 kcal/kg naarailla (0,04 % ja 0,09 % pedon painosta).

Diana (1983) päätteli, että suurin virhelähde piilee mahanäytteistä määritetyssä ravinnonkulutuksessa ja päätyi käyttämään bioenergeettistä yhtälöä ja kasvutietoja ravinnonkulutuksen laskemiseen.

Wahl ja Stein (1991) vertasivat Swensonin ja Smithin (1973) mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä laskettuja alle vuoden ikäisten hauen ravinnonkulutusarvioita Kitchellin ym. (1977) bioenergeettisellä mallilla laskettuihin. Trendi

oli sama kummallakin menetelmällä saaduissa tuloksissa, mutta bioenergeettinen malli antoi lähes aina suuremman ravinnonkulutuksen kuin Swensonin ja Smithin (1973) menetelmä. Bioenergeettisellä mallilla saadut vuorokautisen ravinnonkulutuksen arvot olivat syys - lokakuussa 0,04 - 0,05 g/ g (4-5 % pedon painosta) ja talvella 0,01 - 0,02 g/g tai vähemmän. Tähän verrattuna Ontojärven ja Lentuan 1-vuotiaille hauille Hewettin ja Johnsonin (1992) mallilla saadut tulokset olivat jonkin verran pienemmät, syys-lokakuussa 0,02 - 0,04 g/g ja talvella noin 0,01 g/g vuorokaudessa. Wahl ja Stein (1991) eivät esittäneet lämpötilatietoja tutkimusajalta.

Lucas ym. 1991 tutkivat haukien ravinnonkulutusta sydäntelemetrian avulla, toisin sanoen telemetrisillä laitteilla seurataan sydämen lyöntitiheyden muutoksia, jotka vastaavat muutoksia kalan energiankulutuksessa. Kesällä hauen vuorokautinen ravinnonkulutus oli 1,5 % pedon painosta vajaan kilon painoisilla hauilla, kun veden lämpötila oli n. 15 - 23 asteen välillä. Ontojärven ja Lentuan tulokset Hewettin ja Johnsonin menetelmällä samankokoisille hauille ovat hieman suurempia lämpimimpänä aikana. Ontojärven 5-vuotiaat naaraat kuluttivat ravintoa kesällä noin 2 % omasta painostaan vuorokaudessa, 6-vuotiaat koiraat 1,6 - 1,8 % ja Lentuassa 6-vuotiaat naaraat 1,7 - 1,9 % painostaan vuorokaudessa. Mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä (Diana 1979) Lentuan hauet kuluttivat kesällä 1,8 % ja Ontojärven samankokoiset hauet vain 0,7 % painostaan vuorokaudessa.

Fortunovan ja Popovan (1973) sekä Ivanovan (1968) mukaan 40-90 cm:n hauet kuluttivat Volgan suistossa lähes 3,5 kertaa ja Rybinskin tekojärvessä noin 3 kertaa oman painonsa verran ravintoa vuodessa. Orlovan ja Azhigaliyevan (1984) mukaan hauen vuotuinen ravinnonkulutus Volgan suistossa vaihteli suuresti ravinnon saatavuudesta riippuen, noin 150 %:sta 300 %:iin hauen painosta. Päivittäin hauet ottivat ravintoa noin 1-2 % painostaan. Neuvostoliittolaiset ravinnonkulutuksen määrittelyt perustuivat mahanäytteisiin.

Kuten edellä esitetyt esimerkit osoittavat, hauen ravinnonkulutusarvot riippuvat suuresti käytetystä menetelmästä. Myös vuosittainen vaihtelu ravinnonkulutuksessa voi olla huomattavaa. Eri tutkimustulosten vertailua vaikeuttaa se, että lämpötila on merkittävä tekijä ravinnonkulutuksen määräytymisessä, eikä lämpötilatietoja ole edes kaikissa tutkimusjulkaisuissa mainittu. Kun samaa aineistoa on tutkittu eri menetelmillä, mahanäytteisiin perustuvat menetelmät antavat tulokseksi alhaisemman ravinnonkulutuksen kuin bioenergeetiikkaan perustuvat menetelmät. Dianan (1983) arvion mukaan mahanäytteisiin perustuvat tulokset olivat virheellisiä, kun taas Wahl ja Stein (1991) olettivat bioenergeettisten parametriarvojen olevan virheellisiä ja mahanäytteisiin perustuvan menetelmän antavan oikeat tulokset. Tämän tutkimuksen mukaan mahanäytteisiin perustuvan menetelmän tuottamat ravinnonkulutusarvot ovat selvästi ristiriidassa kasvatustietojen kanssa. Ontojärvessä ravinnonkulutus olisi pienempi kuin Lentuassa, vaikka siellä hauet kasvoivat nopeammin kuin Lentuassa. Vuotuisia ja päivittäisiä ravinnonkulutusarvioita verrattaessa Hewettin ja Johnsonin (1992) malli näyttää antavan lähinnä kirjallisuudessa esitettyjä tietoja olevia tuloksia.

8.4. Ravinnonkulutuksen arviointimenetelmien luotettavuus ja virhelähteet

8.4.1. Mahanäytteisiin perustuvat menetelmät

Verrattaessa mahanäytteisiin perustuvia ravinnonkulutuksen arviointimenetelmiä (esim. Diana 1979) ja bioenergeettisiä malleja, ensinmainitut menetelmät antavat yleensä keskimäärin pienempiä ravinnonkulutusarvioita kuin bioenergeettiset mallit (Diana 1983, Wahl ja Stein 1991). Mahanäytteitä kerättyä ja käsiteltyä vaikuttavat useat tekijät siihen suuntaan, että ravinnonkulutus tulee aliarvioituksi.

Mikäli kalat joutuvat olemaan pitkään pyydyksessä ennen kokemista tai näytteen säilöntä viivästyy, ravinnon sulamista ehtii tapahtua mahassa ja osa ravintokohteista muuttua tunnistamattomiksi, etenkin korkeissa lämpötiloissa. Oksentamista tapahtuu erityisesti silloin, kun kala nostetaan syvästä vedestä pyydystä koettaessa. Oksentamisherkkyys riippuu myös lajista. Vaikka oksentaneet kalat on periaatteessa mahdollista tunnistaa mahan ohutseinäisyyden ja velttouden perusteella (Treasurer 1988), on virhetulkinnan mahdollisuus olemassa. Ontojärven kohdalla tyhjen mahojen suuri osuus antaa aiheutta olettaa, että näytteenotto on jossain suhteessa epäonnistunut. Mahanäytteisiin perustuvalla menetelmällä saatu tulos, jonka mukaan Ontojärven hauet kuluttaisivat vähemmän ravintoa kuin Lentuan hauet, vaikka kasvu on Ontojärvessä nopeampaa, on ilmeisesti virheellinen. Kirjallisuustietojen perusteella Lentuan hauille Dianan (1979) menetelmällä saadut tulokset ovat lähempänä oikeaa, mutta edustavat minimiarviota ravinnonkulutuksesta.

Ravinnon sulamisnopeus tai mahan tyhjenemisnopeus (gastric evacuation rate) riippuu lämpötilasta, ravinnon laadusta ja aterian koosta. Dianan (1979) menetelmä olettaa eri saalislajien sulavan samalla tavalla ja sulamisen olevan lineaarista ravinnon määrän, saaliin koon ja ajan suhteen, mikä ei tosiasiallisesti pidä aina paikkaansa. Karpevitchin ja Bakoffin (1937) mukaan ravinnon sulaminen on kaksivaiheinen tapahtuma. Noin 90 % ravinnosta sulaa nopeasti ensimmäisessä vaiheessa. Jälkimmäisessä vaiheessa (residuaalivaihe) kovat ravinnon osat, kuten esim. ruodot, pehmenevät huomattavasti hitaammin. Residuaalivaiheen pituus on enemmän riippuvainen ravinnon laadusta kuin nopean sulamisen vaiheen pituus. Residuaalivaiheen poisjättäminen sulamisajasta, kuten Dianan (1979) menetelmässä tehdään, lisää määrityksen tarkkuutta (Swenson ja Smith 1973). Residuaalivaiheen kesto on jopa puolet koko sulamiseen kuluva ajasta. Elliottin (1972) mukaan taimenella ravinnon sulamiseen 99-prosenttisesti kuluva aika on kaksinkertainen 90-prosenttiseen sulamiseen verrattuna. Dianan (1979) tulokset haulle osoittavat ravinnon koko sulamiseen kuluvan ajan (B) olevan noin kolmanneksen pitemmän kuin määrityskelvottomaksi sulamiseen kuluvan ajan (B').

Lämpötilan vaikutus ravinnon sulamisnopeuteen on eksponentiaalista (Elliott 1972 ja Molnar ym. 1967). Toisaalta myös muut ympäristötekijät, kuten

esimerkiksi päivän pituus (Cunjak ja Power 1987), voivat vaikuttaa ravinnon sulamisnopeuteen.

Mahan tyhjenemisnopeuden määritykset perustuvat yleensä laboratoriokokeisiin. Pakkosityöttö saattaa hidastaa ruoansulatuksen etenemistä, jolloin tyhjenemisaika pitenee ja siihen perustuva ravinnonkulutus tulee aliarvioituksi (Swenson ja Smith 1973). Tyhjenemisaika saattaa riippua myös kysymyksessä olevan populaation lämpötilapreferenssistä, jolloin laboratoriokokeiden tulokset eivät välttämättä ole yleistettävissä.

Mateelle käytettiin tässä tutkimuksessa hauelle määritettyjä mahan tyhjenemisnopeuksia, kuten Popova (1967) on esittänyt, koska muuta tietoa ei ollut käytettävissä. Talviaktiivisuutensa vuoksi mateen voidaan olettaa olevan kylmään veteen sopeutunut laji, jolloin mahan tyhjeneminen olisi alhaisissa lämpötiloissa nopeampaa kuin hauella. Alustavat tiedot mateella tehdyistä laboratoriokokeista viittaavat kuitenkin siihen, että mateen optimilämpötila on itse asiassa varsin korkea, ja ravinnon sulaminen kylmässä vedessä on hidasta kuten hauellakin (Marjomäki, suullinen tieto). Mateen ravinnonkulutusarvioita koskevat joka tapauksessa samat virhelähteet kuin edellä on lueteltu mahanäytteisiin perustuvista menetelmistä, ja saadut tulokset ovat minimiarvioita.

8.4.2. Bioenergetiikkaan perustuvat menetelmät

Bioenergeettisten menetelmien luotettavuutta kalojen ravinnonkulutuksen määrityksessä ovat tarkastelleet mm. Kitchell ym. (1977) ja Bartell ym. (1986). Eri parametrien herkkyys riippuu käytetystä mallista ja tutkittavasta lajista (Bartell ym. 1986). Pääsääntöisesti herkimpiä ovat kulutusta ja respiraatiota kuvaavien allometristen funktioiden parametrit a ja b (CA, CB), α ja β (RA, RB) ja ravinnon saatavuutta kuvaava P-arvo (Kitchell ym. 1977, Bartell ym. 1986). Hewettin ja Johnsonin ohjelma sovittaa P-arvon annettujen kasvutietojen mukaan. Rice ja Cochran (1984) totesivat kulutuksen ja hengityksen lämpötilariippuvuuksien olevan tärkeitä tekijöitä. Helminen (1989), joka sovelsi Hewettin ja Johnsonin (1992) mallia muikulle, havaitsi hengitysparametrien olevan fysiologisista parametreista kaikkein herkimpiä. Eritystä ja ulostusta kuvaavilla parametreilla on lopputuloksen kannalta suhteellisen vähäinen merkitys (Kitchell ym. 1977, Bartell ym. 1986).

Tässä tutkimuksessa käytetyistä bioenergeettisistä menetelmistä kehittynein ja monipuolisin on Hewettin ja Johnsonin (1992) malli, johon on itse asiassa kerätty tähänastinen tietous kalojen bioenergetiikasta. Yksinkertaisemmat Dianan (1983) ja Carlinen (1987) yhtälöt saattavat soveltua tapauksiin, joissa monimutkaisemman käsittelyn vaatimaa tietoa ei ole saatavissa (Carline 1987).

Bevelhimerin ym. (1985) hauelle määrittämät aineenvaihduntaparametrit samoin kuin Carlinen (1987) yksinkertaistetut bioenergeettiset yhtälöt koskevat Ontojärveen ja Lentuaan verrattuna huomattavasti lämpimämpien vesien olosuhteita. Esimerkiksi Carlinen (1987) aineistossa vuotuinen päiväasteiden

summa vaihteli 3000 ja 6000 välillä, kun taas Lentualla päiväasteiden summa oli noin 2300. Dianan (1983) määrittämien parametrien voisi tällä perusteella olettaa soveltuvan parhaiten Kainuun olosuhteisiin. Ilmeisesti Dianan (1983) käyttämät parametriarvot ovat kuitenkin osittain virheellisiä (Bevelhimer ym. 1985). Respiraation lämpötilariippuvuutta kuvaavan tekijän määrittämisessä hän käytti ainoastaan kahta eri lämpötilaa, mikä lisää huomattavasti virheen mahdollisuutta (Bevelhimer ym. 1985). Hänen saamansa lämpötilariippuvuuden (RQ, ks. liite 1) arvo (0,16) poikkesikin ratkaisevasti Bevelhimerin vastavasta viidellä eri lämpötilalla määritetystä luvusta (0,055).

Hewettin ja Johnsonin (1992) mukaan ohjelmassa annettujen lajikohtaisten parametriarvojen muuttaminen voi olla tarpeen, jos kysymyksessä on eri maantieteelliseltä alueelta oleva kanta, jonka lämpötilapreferenssi on erilainen. Casselman (1978) esittää hauen optimilämpötilaksi noin 20 °C Kanadassa tehtyjen tutkimusten perusteella. Bevelhimer ym. (1985) saivat hauen kasvun optimilämpötilaksi noin 25 °C Yhdysvaltojen Ohiossa. Näin korkeat optimilämpötilat ovat epätodennäköisiä Kainuun leveysasteilla. Kun optimilämpötila korjattiin 17 °C:ksi ja respiraation lämpötilariippuvuutta kuvaavan RQ:n arvo suuremmaksi, malli simuloi suhteellisen hyvin hauen vuosittaista kasvurytmiä. Tässä tutkimuksessa käytetty RQ:n arvo 0,08 vastaa Hewettin ja Johnsonin (1992) muille viileän veden kaloille suosittelemia arvoja (0,07 - 0,09).

Tässä tutkimuksessa pääosin käytettyjä Bevelhimerin ym. (1985) parametriarvoja ovat kritisoineet Wahl ja Stein (1991), joiden mukaan Bevelhimerin arvoilla respiraatioon kuluva osuus assimiloidusta energiasta tulee yliarvioitua. Wahl ja Stein (1991) lähtivät kuitenkin oletuksesta, että mahanäytteisiin perustuvan Swensonin ja Smithin (1973) menetelmän antamat tulokset ovat oikeita, mikä ei välttämättä pidä paikkaansa. Hauen aineenvaihduntaa koskevissa tutkimuksissa on saatu yleensä suhteellisen yhdenmukaisia tuloksia kasvuun ja respiraatioon kuluvaan energiaosuudesta. Hewettin ja Johnsonin (1992) menetelmän antamat tulokset liitteessä 1 esitetyillä parametriarvoilla eivät poikenneet olennaisesti näistä.

Tutkimusalueelta mitatut lämpötilat saattavat aiheuttaa virhettä myös siitä syystä, että hauella on taipumus hakeutua sopivaan lämpötilaan (Headrick 1985, ref. Wahl ja Stein 1991). Tässä tutkimuksessa ei esiintynyt 18°C korkeampia lämpötiloja, joten virhelähde ei liene merkittävä.

Sekä hauen että saaliskalojen energiasisältö voi myös vaihdella ajanjaksoittain. Hauen energiasisältö on Wahlin ja Steinin (1991) mukaan suhteellisen vakaa, mutta saaliskaloissa voi olla suuria vaihteluja. Tässä tutkimuksessa ei saaliskaloja eroteltu bioenergeettisessä käsittelyssä.

Ravinnon saatavuuden kausittainen vaihtelu voi vaikuttaa huomattavasti ravinnonkulutukseen ja sitä kautta kasvuun (Popova 1967, Orlova ja Azhigaliyeva 1984). Lisäksi kalojen aineenvaihduntanopeus ei riipu yksinomaan lämpötilasta, kuten mallit olettavat, vaan myös vuodenaikasta (Evans 1984).

Liikkumiseen kuluvan energian osuus on hauella Bevelhimerin ym. (1985) parametrien mukaan 13 % standardimetaboliasta. Diana (1983) jätti liikkumisen kokonaan huomiotta, koska hauki on paikoillaan 90 % ajasta. Lucas ym. (1991) saivat aktiviteettiin kuluvan energian osuudeksi vain noin 1 % kokonaisrespiraatiosta keskimääräisen uintinopeuden perusteella. Todellisuudessa hauen aktiviteetti koostuu lyhytaikaisista voimakkaista liikkumisjaksoista, joiden välillä hauki lepää. Mittaamalla erikseen ja laskemalla yhteen näiden aktiviteettijaksojen kuluttaman energian, Lucas ym. (1991) saivat liikuntaan kuluvan energian osuudeksi 5 - 10 % kokonaisrespiraatiosta. Ilmeisesti aktiviteetin osuus hauen energiankulutuksesta on joka tapauksessa suhteellisen vähäinen, vaikkakin vaikeasti arvioitavissa, eikä sillä ole ravinnonkulutuksen kannalta kovin suurta merkitystä.

Kalanpoikasten aineenvaihdunnan kuvaamisessa malli tuottaa todennäköisimmin virheellisiä tuloksia, jos käytetään samoja parametreja kaikissa ikäryhmissä. Hewettin ja Johnsonin (1992) mukaan aikuisille kaloille tarkoitetut parametrit sopivat kuitenkin jo yli 10 gramman painoisille poikasille. Tätä pienempien poikasten aineenvaihdunta ja kulutus on suhteessa nopeampaa kuin aikuisilla ja vaatii parametrien muuttamista näiltä osin. Myös energiasäilytys voi poiketa aikuisista kaloista.

9. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUSTEN TARVE

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Ontojärven ja Lentuan suurten petokalojen ravinnon koostumus ja kehittää menetelmä niiden ravinnonkulutuksen arvioimiseksi, jotta petokalojen predaation vaikutus saaliskalakantoihin voidaan arvioida.

Petokalojen ravinto oli lajikoostumukseltaan varsin monipuolista. Kuore erottui lukumääräisesti selvästi yleisimpänä ravintokohteena. Muikun osuus hauen ja mateen ravinnossa oli vähäinen, mutta Ontojärven taimenen ravinnossa merkittävämpi. Siikaa esiintyi Ontojärven petokalojen mahoissa jonkin verran, Lentuassa ei juuri ollenkaan. Kun tutkimusvuosina muikkukanta oli heikko tutkituissa järvissä, tilanne voi olennaisesti muuttua, kun muikkukanta voimistuu. Tätä tutkimusta seuraavina vuosina kerätty aineisto tuonee valaistusta tähän asiaan. Petokalojen predaation kohdistuminen särkeen ja ahvenen on kiinnostuksen arvoinen mahdollisena kalayhteisön koostumukseen ja kilpailutilanteeseen vaikuttavana tekijänä.

Petokalojen ravinnonkulutuksen arviointiin käytettyjen menetelmien vertailu hauella osoitti, että menetelmästä riippuen voidaan saada varsin erilaisia tuloksia. Mahanäytteisiin perustuvaan ravinnonkulutuksen arviointiin liittyy suuria virhelähteitä etenkin, jos näytepyyntiä ja näytteiden säilöntää ei voida toteuttaa optimaalisella tavalla, mikä vaatisi huomattavia resursseja ja koulutet-

tua työvoimaa. Sen sijaan ravinnon laadullinen koostumus pystytään riittävällä tarkkuudella selvittämään, vaikka osa näytteistä ei olisi ensiluokkaisia.

Bioenergeettinen lähestymistapa on tulosten perusteella se tie, jolla petokalojen ravinnonkulutuksesta saadaan luotettavinta tietoa. Hewettin ja Johnsonin (1992) bioenergetiikkaan perustuva malli on tähän mennessä lupaavin menetelmä, jonka avulla voidaan ottaa huomioon kaikki ravinnonkulutukseen vaikuttavat tekijät ja niissä tapahtuva kausittainen vaihtelu. Lisäksi mallin avulla voidaan ennustaa erilaisten ympäristötekijöissä tai esimerkiksi kalastuksessa tapahtuvien muutosten vaikutuksia petokaloihin ja saaliskalakantoihin.

Hauen osalta fysiologisten parametrien arvot ovat vielä alustavia, ja tutkijat ovat erimielisiä niiden oikeellisuudesta. Erityisesti tarvitaan tietoa eri maantieteellisillä alueilla elävien populaatioiden eroista ja lämpötilapreferensseistä sekä näiden vaikutuksista respiraatioon. Mateen fysiologiasta ei ole tutkimustuloksia. Mallin soveltaminen mateeseen tai muihin "uusiin" lajeihin on mahdollista käyttämällä sitä aluksi mahdollisimman yksinkertaisessa muodossa ja kokeilemalla jonkin muun petokalalajin parametriarvoja (Hewett ja Johnson 1992). Taimenen fysiologiaa ja ravinnonkulutusta on tutkittu suhteellisen runsaasti. Taimenen ei tässä tutkimuksessa sovellettu bioenergeettistä mallia, koska aineisto oli niukka.

Tutkimuksen seuraavassa vaiheessa haulle käytetyille parametreille tehdään herkkyyksianalyysi (Kitchell ym. 1977) ja tarkennetaan vuosittaisen ravinnonkulutuksen arviota tutkimalla kasvun ja ravinnonkulutuksen kausittaista vaihtelu sekä ottamalla huomioon eri saaliskalojen energiasisällöt ajanjaksoittain. Seuraavina vuosina kerätty lisäaineisto antaa mahdollisuuden tutkia ravinnonkulutuksen vaihtelua vuosittain ja vuosiluokittain ja selvittää yhteydet saaliskalakantojen vaihteluihin. Hewettin ja Johnsonin (1992) mallin sovellus mateelle pyritään kehittämään. Mahanäytteistä saatuja ravinnonkulutustuloksia voidaan käyttää minimiarvioina. Petokalakantojen ja tärkeimpien saaliskalakantojen koot on arvioitava, jotta petojen predaation vaikutus voidaan kvantifioida.

Kiitokset

Tässä tutkimuksessa käytetyt petokalanäytteet keräsi ja käsitteli Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Kainuun toimipisteen henkilökunta FL Ari Huuskon johdolla. Kenttätöitä valvoi Arto Immonen. Mahanäytteet analysoivat LuK Anna Tervo ja FK Päivi Liimatainen. Petokalojen iät määritteli FK Olli van der Meer. Kaikille näille henkilöille esitämme parhaat kiitoksemme. Kiitämme myös kaikkia niitä, jotka esittivät kommentteja ja parannusehdotuksia käsikirjoitukseen, erityisesti FT Antti Soiviota.

KIRJALLISUUS

Alasaarela, E., Hellsten, S., Huusko, A. & Tikkanen, P. 1989. Ekologiset näkökohdat joidenkin Pohjois-Suomen järvien säännöstelyssä. Osa 5. Säännöstelykäytäntö ja ekologiset vaikutukset. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tiedotteita 988. 49 s.

Backiel, T. 1971. Production and food consumption of predatory fish in the Vistula River. *J. Fish. Biol.* 3, p. 369-405.

Bartell, S.M., Breck, J.E., Gardner, R.H. & Brenkert, A.L. 1986. Individual parameter perturbation and error analysis of fish bioenergetics models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43, p. 160-168.

Bevelhimer, M.S., Stein, R.A. & Carline, R.F. 1985. Assessing significance of physiological differences among three esocids with a bioenergetics model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42, p. 57-69.

Beyerle, G.B. & Williams, J.E. 1968. Some observations of food selectivity by northern pike in aquaria. *Trans. Am. Fish. Soc.* 97 (1), p. 28-31.

Brett, J.R. & Groves, T.D.D. 1978. Physiological energetics. In: *Fish physiology*, vol. 8. Ed. W.S. Hoar, D.J. Randall, & J.R. Brett. New York, Academic Press, p. 279-352.

Carline, R.F. 1987. Simplified method based on bioenergetics modeling to estimate food consumption by largemouth bass and northern pike. *Trans. Am. Fish. Soc.* 116, p. 224-231.

Casselman, J.M. 1978. Effects of environmental factors on growth, survival, activity and exploitation of northern pike. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.* 11, p. 114-128.

Cunjak, R.A. & Power, G. 1987. The feeding and energetics of stream resident trout in winter. *J. Fish. Biol.* 31, p. 493-511.

Diana, J.S. 1979. The feeding pattern and daily ration of a top carnivore, the northern pike (*Esox lucius*). *Can. J. Zool.* 57, p. 2121-2127.

Diana, J.S. 1980. Diel activity pattern and swimming speeds of northern pike in Lac Ste. Anne, Alberta. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, p. 1454-1458.

Diana, J.S. 1982. An experimental analysis of the metabolic rate and food utilization of northern pike. *Comp. Biochem. Physiol.* 71A, p. 395-399.

Diana, J.S. 1983. An energy budget for northern pike (*Esox lucius*). *Can. J. Zool.* 61, p. 1968-1975.

Elliott, J.M. 1972. Rates of gastric evacuation in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Freshwater Biology* 2, p. 1-18.

Elliott, J.M. & Persson, L. 1978. The estimation of daily rates of food consumption for fish. *J. Animal Ecol.* 47, p. 977-991.

Evans, D.O. 1984. Temperature independence of the annual cycle of standard metabolism in the pumpkinseed. *Trans. Am. Fish. Soc.* 113, p. 494-512.

Fortunova, K.R. & Popova, O.A. 1973. Nutrition and trophic relationships of predatory fishes in Volga delta. Nauka Press. Moscow. p. 298. (Ref. Popova 1978).

Frost, W.E. 1954. The food of pike (*Esox lucius* L.) in Windermere. *J. Anim. Ecol.* 23, p. 339-360.

Guthruf, J., Gerster, S. & Tschumi, P-A. 1990. The diet of burbot (*Lota lota* L.) in Lake Biel, Switzerland. *Arch. Hydrobiol.* 119 (1), p. 103-114.

Headrick, M.R. 1985. Bioenergetic constraints on habitat use by northern pike (*Esox lucius*) in Ohio reservoirs. Doctoral dissertation. Ohio State University, Columbus. (Ref. Wahl, D.H. & Stein, R.A. 1991)

Heikinheimo-Schmid, O. ja Kolari, I. 1991. Kuhan ja taimenen talviaikainen ravinto ja ravinnonkulutus Lohjanjärvessä. Helsinki. RKTL, Kalantutkimusosasto. (Moniste).

Helminen, H. 1989. Säkylän Pyhäjärven muikun (*Coregonus albula*) ravinnonkulutuksen arviointi bioenergeettisen mallin avulla. Turku. Turun Yliopisto, Biologian laitos. Pro gradu- tutkielma. 63 s. + 4 liites.

Hewett, S.W. & Johnson, B.L. 1992. Fish Bioenergetics Model 2. University of Wisconsin-Madison. UW Sea Grant Technical Report No. WIS-SG-92-250. 79 p.

Ivanova, M.N. 1968. Food rations and food coefficients of predaceous fishes of Rybinsk reservoir. *Trudy Inst. Biol. Vnutr. Vod (Borok)* 17 (20), p. 180-198. (Ref. Popova 1978).

Johnson, L. 1966. Experimental determination of food consumption of pike, *Esox lucius*, for growth and maintenance. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 23, p. 1495-1505.

Karpevitch, A. & Bakoff, E. 1937. The rate of digestion in marine fishes. *Zool. Zh.* 16, p. 28-44.

Kitchell, J.F., Koonce, J. F., O'Neill, R.V., Shugart, H.H. Jr., Magnuson, J.J. & Booth, R.S. 1974. Model of fish biomass dynamics. *Trans. Am. Fish. Soc.* 103, p. 786-798.

Kitchell, J.F., Stewart, D.J. & Weininger, D. 1977. Applications of a bioenergetics model to yellow perch (*Perca flavescens*) and walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). *J. Fish. Res. Bd. Can.* 34, p. 1922-1935.

Kuikka, S. 1987. Hauen kalastuksen suunnittelu. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Limnologian laitos. Helsinki. 71 s.

Lawler, G. H. 1965. The food of pike (*Esox lucius*) in Heming Lake, Manitoba. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 22 (6), p. 1357-1377.

Lea, E. 1910. On the methods used in the herring investigations. *Conseil Perm. Internat. Explor. Mer, Publ. de Circonstance*, No. 53.

Lucas, M.C., Priede, I.G., Armstrong, J.D., Gindy, A.N.Z. & De Vera, L. 1991. Direct measurements of metabolism, activity and feeding behaviour of pike, *Esox lucius* L., in the wild, by the use of heart rate telemetry. *J. Fish Biol.* 39, p. 325-345.

Mann, R.H.K. 1982. The annual food consumption and prey preferences of pike (*Esox lucius*) in the river Frome, Dorset. *J. Anim. Ecol.* 51 (1), p. 81-95.

Mattila, T. 1988. Mateen (*Lota lota* L.) iästä, kasvusta ja ravinnosta Kuhmon vesissä. Pro gradu -tutkielma. Oulun yliopisto, Eläintieteen laitos. Oulu.

Mauck, W.L. & Coble, D.W. 1971. Vulnerability of some fishes to northern pike (*Esox lucius*) predation. *J. Fish. Res. Board Can.* 28, p. 957-969.

Moilanen, P. 1991. Siikaistutukset, kalastus ja siikakantojen vaihtelu säännötellyssä Ontojärvessä. Pro gradu -tutkielma. Helsingin Yliopisto, Limnologian laitos. Helsinki. 38 s.

Molnar, G., Tamassy, E. & Tölg, J. 1967. The gastric digestion of living predatory fish. In: Gerking, S.D. (ed.). *The biological basis of freshwater fish production*. Oxford. Blackwell Scientific Publication, p. 135-149.

Nelichik, V.A. 1973. The burbot (*Lota lota* L.) of Upper Tuloma Reservoir. *Journal of Ichthyology (Voprosy ihtologii)* 13 (1). p. 834-840.

Orlova, E.L. & Azhigaliyeva, G.K. 1984. Food availability and growth of pike in the Volga Delta. *Hydrobiological Journal* 20, p. 26-31.

Popova, O.A. 1967. The 'predator-prey' relationship among fish. (A survey of Soviet papers.) In: Gerking, S.D. (ed.). *The biological basis of freshwater fish production*. Oxford & Edinburgh. Blackwell Scientific Publications, p. 359-376.

- Popova, O.A. 1978. The role of predaceous fish in ecosystems. In: Gerking, S. D. (ed.). Ecology of freshwater fish production. Oxford, Blackwell Scientific Publications, p. 215-249.
- Raat, A.J.P. 1988. Synopsis of biological data on the northern pike, *Esox lucius* Linnaeus 1758. FAO, Rome. FAO Fisheries Synopsis No. 30, Rev. 2. 178 p.
- Ratala, Vesa 1988. Hauen (*Esox lucius* L.) kasvusta, kunnosta ja ravinnosta Kuhmossa v. 1984-85. Pro gradu -tutkielma. Oulun yliopisto, Eläintieteen laitos. Oulu. 46 s.
- Rice, J.A. & Cochran, P.A. 1984. Independent evaluation of a bioenergetic model for largemouth bass. Ecology 65, p. 732-739.
- Salojärvi, K. ja Huusko, A. 1987. Sotkamon reitin velvoitehoidon tulokset v. 1981-1985, tuloksiin vaikuttavat tekijät ja suositukset hoidon kehittämiseksi. Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 58, 311 s.
- Stewart, D.J., Weininger, D., Rottiers, D.V. & Edsall, T.A. 1983. An energetics model for lake trout (*Salvelinus namaycush*): application to the Lake Michigan population. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40, p. 681-698.
- Stewart, D.J. & Binkowski, F.P. 1986. Dynamics of consumption and food conversion by Lake Michigan alewives: an energetics modeling synthesis. Trans. Am. Fish. Soc. 115, p. 643-661.
- Swenson, W.A. & Smith, L.L. Jr. 1973. Gastric digestion, food consumption, feeding periodicity, and food conversion efficiency in walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). J. Fish. Res. Bd. Can. 30, p. 1327-1336.
- Treasurer, J.W. 1988. Measurement of regurgitation in feeding studies of predatory fishes. J. Fish. Biol. 33, p. 267-271.
- Vesihallitus 1977. Oulujoen vesistön vesien käytön kokonaissuunnitelma. Osa 1. Suunnittelualue ja vesivarat. Helsinki. Vesihallitus, Tiedotus 125 (1), 101 s.
- Vuorimies, O. 1989. Petokalojen, erityisesti hauen, ravinnonkäyttö. Kirjallisuuskatsaus. Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 90, 69 s.
- Wahl, D.H. & Stein, R.A. 1991. Food consumption and growth of three Esocids: Field tests of a bioenergetic model. Trans. Am. Fish. Soc. 120, p. 230-246.

HEWETTIN JA JOHNSONIN (1992) HAUELLE SOVELLETUN BIOENERGEETTISEN MALLIN KUVAUS JA YHTÄLÖT

Malli koostuu kolmesta osamallista: ravinnonkulutus, hengitys eli respiraatio sekä ulostus ja erityis. Hauelle käytetyt parametriarvot ovat taulukossa 1.

1. Ravinnonkulutus

Maksimiravinnonkulutus on kalan painon funktio. Tämä kerrotaan lämpötilasta riippuvalla funktiolla ja vakiotermillä, joka edustaa ravinnon saatavuutta. Tämän vakiotermin malli laskee kalan painossa tapahtuvien muutosten perusteella. Perusyhtälöt ravinnonkulutuksen laskemiseksi ovat:

$$C_{\max} = a * W^b, \quad (1)$$

$$C = C_{\max} * P_{\text{value}} * f(T), \quad (2)$$

missä:

$C_{\max}$ = suhteellisen kulutusnopeuden maksimi (g/g/vrk),

W = kalan paino (g),

a = vakiokerroin,

b = eksponentti,

C = suhteellinen kulutusnopeus (g/g/vrk),

P_{value} = vakiotermi (osuus, jonka kala käyttää maksimiravinnonkulutuksesta ($C_{\max}$), saa arvoja väliltä 0-1),

$f(T)$ = lämpötilasta riippuva funktio ja

T = lämpötila (°C).

Lämpötilariippuvuutta kuvaava yhtälö (Kitchell ym. 1977) (3):

$$f(T) = V^x * e^{(X*(1-V))}, \quad (3)$$

missä:

$$V = (T_M - T) / (T_M - T_0)$$

$$X = (Z^2 * (1 + (1 + 40/Y)^{0.5})^2) / 400$$

$$Z = \ln \Theta * (T_M - T_0)$$

$$Y = \ln \Theta * (T_M - T_0 + 2)$$

T_M = kulutuksen maksimilämpötila,

T_0 = kulutuksen optimilämpötila,

Θ = lämpötilariippuvuutta kuvaava vakiokerroin

2. Hengitys

Vakioaineenvaihduntaan kuluva energia, joka on kalayksilön painon funktio, kerrotaan lämpötilafunktiolla ja tekijällä, joka edustaa liikkumiseen kuluva energiaa. SDA (special dynamic action) eli ruuansulatukseen ja siihen liittyviin aineenvaihduntareaktioihin kuluva energia on vakio-osuus assimiloidusta energiasta.

$$R = \alpha * W^B * f(T) * ACTIVITY, \quad (4)$$

$$S = SDA * (C - F), \quad (5)$$

missä:

R = hengityksen suhteellinen nopeus (g/g/vrk),

W = kalan paino (g),

α = vakiokerroin,

B = eksponentti,

$f(T)$ = lämpötilasta riippuva funktio,

T = lämpötila ($^{\circ}\text{C}$),

$ACTIVITY$ = liikkumisesta aiheutuva energiankulutuksen lisäys,

S = SDA:han kuluva energia,

SDA = assimiloidun energian osuus, joka kuluu ruuansulatukseen ja orgaanisen aineen uudelleen organisointiin,

C = ravinnonkulutuksen suhteellinen nopeus ja

F = ulostuksen suhteellinen nopeus.

Hauelle käytetyssä hengitysmallissa lämpötilariippuvuuden funktio on muotoa (Kitchell ym. 1977, Kitchell ja Breck 1980):

$$f(T) = e^{(T - T_L)} \quad (6)$$

ja aktiivisuusfunktio seuraavassa muodossa (Stewart ym. 1983):

$$ACTIVITY = e^{(T - T_L) * VEL} \quad (7)$$

missä:

$$VEL = K1 * W^{(K4)}, \text{ jos } T > T_L \text{ tai}$$

$$VEL = ACT * e^{(BACT * T)} * W^{(K4)}, \text{ jos } T \leq T_L.$$

Hauen kysymyksessä ollessa uintinopeus oletetaan vakioksi ja T_L , TM , $K4$ ja $BACT$ asetetaan nolaksi (0) ja $K1$ ja ACT ykköseksi (1), jolloin yhtälö (7) supistuu yksinkertaiseen muotoon

$$ACTIVITY = e^{T_0}$$

Yhtälöissä (6) ja (7) Θ ja T_o ovat vakiokerttoimia.

3. Kuonahäviöt

Hauelle käytetyssä osamallissa kuona-ainehäviöiden oletetaan olevan vakioita ravinnonkulutusnopeuden suhteen (Kitchell ym. 1974, Bartell ym. 1986):

$$F = FA * C, \quad (8)$$

$$U = UA * (C - F), \quad (9)$$

missä:

F = suhteellinen ulostusnopeus (g/g/vrk),

FA = ulostuksen osuus kulutuksesta,

U = suhteellinen erityisnopeus (g/g/vrk) ja

UA = erityksen osuus kulutuksesta, josta on vähennetty ulostus.

Taulukko 1. Hewettin ja Johnsonin (1992) mallissa hauelle käytetyt parametriarvot. Korjatut parametriarvot vahvennettu, suluissa Hewettin ja Johnsonin hauelle suosittelemat arvot.

Prosessi	Symboli	Parametrin kuvaus	Muuttujan nimi	Parametrin arvo
Ravinnonkulutus (C) (Kitchell ym. 1977)	a	Vakiokerroin	CA	0,2045
	b	EkspONENTTI	CB	-0,18
	T_o	Optimilämpötila	CTO	17 (24)
	T_M	Maksimilämpötila	CTM	24 (34)
	Θ	Lämpötilariippuvuuden vakiokerroin	CQ	2,59
Hengitys (R) (Stewart ym. 1983, Stewart & Binkowski 1986)	α	Vakiokerroin	RA	0,00246
	β	EkspONENTTI	RB	-0,18
	Θ	Lämpötilariippuvuuden vakiokerroin	RQ	0,08 (0,055)
	T_o	Uintinopeudesta riippuvuutta kuvaava vakiokerroin	RTO	0,1222
	T_M	Parametrejä, jotka kuvaavat	RTM	0
	T_L	uintinopeuden riippuvuutta	RTL	0
	K1	painosta ja lämpötilasta,	RK1	1
	K4	ks. Hewett ja Johnson 1992.	RK4	0
	ACT		ACT	1
	BACT		BACT	0
	SDA	"Specific dynamic action"	SDA	0,14
Ulostus (F)	FA	Vakio-osuus C:sta	FA	0,20
Eritys (U) (Kitchell ym. 1974)	UA	Vakio-osuus (C-FA):sta	UA	0,07

KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR -sarjassa ilmestyneet niteet

- 1 SARVALA, J. Kalantutkimus puntarissa: Suomalainen kalantutkimus 1980-luvulla. Sammandrag: Fiskeriforskningen i Finland under 1980-talet - en analys baserat på publikationer. (Fisheries research in Finland during the 1980s - an analysis based on published papers) s. 1-19.

VEHANEN, T. ja NIEMITALO, V. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen siianpoikasten viljelyyn käytettyjen luonnonravintolammikoiden tuotosta ja tuottoon vaikuttavista tekijöistä. (Produktion som inverkar på produktionen av sikyngel i naturfoderdammar vid Norra Finlands Centralfiskodlingsanstalt). (Production of natural food rearing ponds and the factors affecting it in whitefish culture at the Central Fish Culture Station for Northern Finland) s. 21-99. Helsinki 1990.
- 2 HEIKINHEIMO-SCHMID, O., RAHKONEN, R., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P. Country report of Finland for the intersessional period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1988-1989. (Suomen kansallinen raportti Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) istuntojen väliseltä ajalta 1988-1989). (Finlands nationella rapport gällande perioden mellan Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) sessioner 1988-1989) 33 s. Helsinki 1990.
- 3 Status of crayfish stocks, fisheries, diseases and culture in Europe. Report of the FAO European Inland Fishery Advisory Commission (EIFAC) Working Party on Crayfish. (Rapukannat, ravustus, taudit ja viljely Euroopassa. Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) raputyöryhmän raportti). (Kräftstammar, kräftfiske, sjukdomar och odling i Europa. Rapport från Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) kräftarbetsgrupp). Edited by (toim.) Westman, K., Pursiainen, M. and Westman, P. 206 p. Helsinki 1990.
- 4 KALLIO-NYBERG, I. ja KOLJONEN, M-L. Kalakantarekisteri: siika, muikku ja harjus. (Sammandrag: Fiskstamregister: sik, siklöja och harr). (Abstract: The Finnish fish stock register: whitefish, vendace and grayling). 54 s. Helsinki 1990.
- 5 ERKAMO, E. Ravun (*Astacus astacus* L.) biologiasta, kannanarvioinnista ja istutuksen kannattavuudesta pienessä hapanketussa metsäjärvessä. (Sammandrag: Kräftan (*Astacus astacus* L.) i ett litet surt träsk: Biologi, uppskattning av populationsstorleken och lönsamheten av utplanteringarna). (Summary: Crayfish, *Astacus astacus* L., in a small, acidic forest lake: Biology, stock assessment and profitability of stocking). 97 s. Helsinki 1990.
- 6 LEHTONEN, H. Vuorikemian tehtaiden jätevesien kalataloudellisista vaikutuksista Porin edustan merialueella. (Sammandrag: Fiskeriekonomiska effekter av avloppsvattnen från Vuorikemias fabriker i havsområdet utanför Björneborg) (Summary: Effect of effluent from the Vuorikemia titanium dioxide factory on fish stocks and fisheries off Pori, the Bothnian Sea) s. 1-10.

PARMANNE, R. ja SALMI, J. Silakoiden vaelukset Selkämerellä keväällä 1982 suoritettujen merkintöjen perusteella. (Strömmingens vandringar i Bottenhavet enligt märkningar utförda våren 1982) (Migration of Baltic herring in the Bothnian Sea revealed by tagging experiments in spring 1982) s. 11-24.

PARMANNE, R. ja SALMI, J. Silakan troolipyyntin kehittyminen Porin edustan merialueella syksyllä 1976-1985 ja silakoiden kasvu, kuntoskerroin ja poikasten määrä Selkämerellä. (Utvecklingen av strömmingsfisket med trål i på höstarna i havsområdet utanför Björneborg under perioden 1976-1985 samt strömmingens tillväxt, kondition och yngelmängd i Bottenhavet) (Development of the Baltic herring trawl fishery off Pori in the autums of 1976-1985 and the growth, condition factor and larval abundance of Baltic herring in the Bothnian Sea) s. 25-35.

LEHTONEN, H. ja JÄRVINEN, A. Kalastajien havaintoja pyydyksissä tapahtuneista kalakuolemista Selkämerellä 1980-luvulla. (Fiskarobservationer av fiskdöd i fångstredskapen i Bottenhavet under 1980-talet) (Observations of fishermen on fish deaths in fishing gear in the Bothnian Sea in the 1980s) s. 37-47.

JÄRVINEN, A. ja LEHTONEN, H. Siian mädin sumputuskokeet Porin edustalla 1985. (Sumpförsök med sikrom i vattnen utanför Björneborg år 1985) (Cage incubation experiments with whitefish eggs off Pori in 1985) s. 49-58.

- JÄRVINEN, A., LEHTONEN, H. ja BYLUND, G. Kalojen sumputuskokeet Porin edustalla 1985. (Sumpfförsök med fish i vattnen utanför Björneborg år 1985) (Fish cage experiments off Pori in 1985) s. 59-73.
- OULASVIRTA, P. ja RISSANEN, J. Vuorikemian tehtaiden jätevesien vaikutuksista silakan alkionkehitykseen ja poikasten elinkykyyn. (Effekterna av avloppsvattnen från Vuorikemias fabriker på embryonalutvecklingen och ynglens livskraft hos strömming) (Effect of effluent from the Vuorikemia titanium dioxide factory on the embryonal development and larval fitness of Baltic herring) s. 75-108. Helsinki 1990.
- 7 MIKKOLA, J., SAURA, A., IKONEN, E. ja POIKOLA, K. Kymijoen kalaportaiden rakentamiseen liittyvät kalataloudelliset selvitykset 1987-1988. (Fiskeriutredning 1987-1988 för konstruktion av fisktrappor i Kymmene älv) (Fisheries investigation related to construction of fish ladders in the Kymijoki River in 1987-1988). 37 s. Helsinki 199.
 - 8 TUUNAINEN, P., VUORINEN, P. J., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T., VUORINEN, M. ja NIEMELÄ, E. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin ja rapuihin. Raportti vuodelta 1989. (Sammandrag: Effekterna av asurt nedfall på fish och kräftor. Rapport för år 1989) (Summary: Effects of acidic deposition on fish and crayfish. Report 1989). 97 s. Helsinki 1990.
 - 9 HYVÄRINEN, P. Yksikkösaaliin vaihtelu ja siihen vaikuttavat tekijät Oulujärvellä. (Sammandrag: Enhetsfångsternas variation i Ule träsk och de faktorer som påverkar dem). (The variation of catch per unit effort in Lake Oulujärvi and the factors influencing it). 72 s. Helsinki 1990.
 - 10 ROMAkkANIEMI, A. Tornion-Muonionjoen harjus ja harjuksen kalastus. (Sammandrag: Harr och harrfiske i Torne- och Muonioälv). (Grayling stocks and fisheries in the River Tornion-Muonionjoki). 111 s. Helsinki 1990.
 - 11 RAHKONEN, R. ja WESTMAN, K. Tarttuvat kalataudit. Tilanne Suomessa, tautien leviäminen ja torjunta. (Sammandrag: Smittsamma fisksjukdomar. Sjukdomsläge i Finland, spridning av sjukdomar och bekämpningsmetoder). (Infectious diseases of fish. The situation in Finland, spread of the diseases and their prevention). 88 s. Helsinki 1990.
 - 12 LEHTONEN, H. Kalanimistö: suomi, latina, ruotsi, norja, englanti, saksa ja ranska. (Lista över fisknamn på finska, latin, svenska, norska, engelska, tyska och franska) (Multilingual list of fish names in Finnish, Latin, Swedish, Norwegian, English, German and French). 27 s. Helsinki 1990.
 - 13 HUUSKO, A. Kirjallisuusselvitys kalojen määti- ja poikasvaiheiden ekologiasta. (Sammandrag: Litteraturutredning angående fiskars rom- och yngelstadiers ekologi) (Ecology of eggs and larvae of freshwater fish - a review of literature). 58 s. Helsinki 1990.
 - 14 HUUSKO, A. Kuusinkijoen vesistöalueen kalatalousselvitys. (Sammandrag: Utredning av fiskeri och fiskbestånd inom Kuusinkijoki vattendragsområde) (Fisheries and fish stocks in the Kuusinkijoki river system, Northern Finland, with remarks on the adverse effects of a small hydropower station located on the upper reach of the river). 238 s. Helsinki 1990.
 - 15 TOIVONEN, J., KOKKO, U., AUVINEN, S. ja AUVINEN, H. Tulokset merkittyjen järvitaimenpoikasten istutuksista Suomessa vuosina 1970-1979. (Utsättningsresultaten av märkta insjööringyngel i Finland åren 1970-1979) (Summary: Results of stocking with tagged brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris*) young in Finland in 1970-1979). 31 s. Helsinki 1991.
 - 16 BÖHLING, P., HUDD, R., LEHTONEN, H. och PARMANNE, R. Fiskevården i havsområdet utanför Jakobstad. (Tiivistelmä: Kalakannat ja kalakantojen hoito Pietarsaaren edustan merialueella) (Fish stocks and their management in the sea area off Jakobstad, northern Finland). 82 s. Helsinki 1991.
 - 17 NYBERG, K. Vastakuoriutuneiden hauenpoikasten istutusten tuloksellisuus. (Sammandrag: Resultaten av utplantering av nyläckta gäddyngel) (Success of stocking with newlyhatched pike fry). 88 s. Helsinki 1991.
 - 18 Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1990. (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990)

(Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990) . s. 1-39.

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1990. (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990). s. 41-65. Helsinki 1991.

- 19 Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1991. (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991) (Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991). s. 1-43.

Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1991. (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991). s. 45-78. Helsinki 1991.

- 20 SALMI, P., SIKANEN, A., TOIVONEN, P. Ammattikalastus Vuoksen vesistön eteläosissa vuonna 1988. (Sammandrag: Yrkesfisket i södra delen av Vuoksens insjösystem år 1988) (Professional fishing in the southern parts of the Vuoksi lake area in 1988). 36 s. Helsinki 1991.
- 21 HONKASALO, L., PENNANEN, J., LAPPALAINEN, A. Kalakannoille aiheutuneet vahingot ja niiden kompensointi Kokemäenjoen vesistössä Nokian alapuolella. (Fiskebeståndsskador och kompensationen av dessa i Kumo vattendrag nedanför Nokia) (Damage caused to the fish stocks and its compensation in the Kokemäenjoki watercourse downstream of the town of Nokia). 125 s. Helsinki 1991.
- 22 MUTENIA, A., SALONEN, E. Järvitaimenen ja järvilohen velvoiteistutukset, kalastus ja saaliit sekä istutustulokset Inarijärnessä vuosina 1976-1988. (Sammandrag: Ålagda utplanteringar, fiske, fångster och utplanteringsresultat för insjööring och insjölox i Enare träsk åren 1976-1988) (Brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris* (L.)) and landlocked salmon (*Salmo salar* L.) in Lake Inari, northern Finland: statutory stocking, its results, and the fishery and catches in 1976-1988). s. 1-70.
- MUTENIA, A., AHVONEN, A. Inarijärven verkkosarjakoekalastukset vuosina 1968-1986. (Sammandrag: Provfiske med nätserier i Enare träsk 1968-1987) (Test fishing with gill net series in Lake Inari, northern Finland, in 1968-1986). s. 71-98. Helsinki 1991.
- 23 HONKANEN, A., KUMMUNSAALO, J., PARTANEN, H., HILDÉN, M. Kotitalouksien ja suurtalouksien kalankäyttö vuonna 1988. (Sammandrag: Hushållens och storkökens fiskkonsumtion år 1988) (Fish consumption in private households and in institutes, restaurants, etc., in Finland in 1988). 32 s. Helsinki 1991.
- 24 Inarijärvi-symposium. Toim. Erno Salonen. 158 s. Helsinki 1991.
- 25 KANGASPUNTA, M. Valtion kalanistutusten kannattavuuden arviointi (Evaluation of the profitability of the state fish stocking) (Uppskattning av de statliga fiskutsättningarnas lönsamhet). 106 s. Helsinki 1991.
- 26 WESTMAN, K. Kalakantarekisteri ja uhanalaisten arvokalakantojen säilyttäminen (The Finnish fish stock register and the conservation of valuable and threatened fish stocks) s.1-14
- KALLIO-NYBERG, I. ja KOLJONEN, M.-L. Kalakantarekisteri: lohi, taimen ja nieriä (The Finnish fish stock register: salmon (*Salmo salar*), trout (*Salmo trutta*) and char (*Salvelinus alpinus*)) s. 15-115. Helsinki 1991.
- 27 TOIVONEN, A.-L., HUDD, R. ja HEIKKILÄ, P. Siika- ja lohiloukkurakenteet eteläisen Perämeren alueella (Construction of trap nets for whitefish (*Coregonus lavaretus*) and salmon (*Salmo salar*) in the southern Bothnian Bay). Helsinki 1991. 43 s.
- 28 KARTTUNEN, VESA. Tornion-Muonionjoen siika ja siian kalastus (Whitefish stocks and fisheries in the River Tornion-Muonionjoki). Helsinki 1991. 72 s.

- 29 HILDÉN, M., MICKWITZ, P., PAANANEN, T., PARTANEN, H., SETÄLÄ, I., SÖDERKULTALAH-TI, P. ja VIHervuori, A. Merialueen ammattikalastuksen ja kalan jalostuksen kapasiteetti Suomessa (The capacity of marine professional fishing and fish processing in Finland). Helsinki 1991. 72 s.
- 30 SALMI, J. ja SALMI, P. Silakan kalastuksesta monilajikalastukseen. Pohjois-Satakunnan rannikon ammattikalastuksen muutokset (Transformation of the Blatic herring fishery to a multispecies fishery of the Finnish coast of the Bothnian Sea). Helsinki 1991. 140 s.
- 31 Valtion kalanviljelyn XIII neuvottelupäivät. Uhanalaisten arvokalalajien ja -kantojen säilyttäminen: tavoitteet ja keinot (State fish culture conference, No. XIII. Conservation of valuable and threatened fish species and stocks: objectives and methods) (Statens XIII fishodlings konferens. Bevarande av värdefulla och utrotningshotade fiskarter och fiskstammar: målsättningar och metoder). 5. - 6.4.1989, Jyväskylä. U. Eskelinen, M. Pursiainen ja R. Rahkonen (toim.). 74 s. Helsinki 1991.
- 32 JUNTUNEN, K., MUJE, P. Isokoskeloiden (*Mergus merganser*) saalistuksen vaikutus Inarin Juutuanjoen taimenistutusten tuloksellisuuteen (Predation by mergansers (*Mergus merganser*) on planted brown trout smolts in the River Juutuanjoki) (Sammandrag: Predationen av skräken (*Mergus merganser*) på nyuttsatt odlad öring i Älven Juutuanjoki). 58 s. Helsinki 1991.
- 33 SALMINIITY, J. Merialueen kalanviljely-yritysten taloudellisen kehityksen arviointi perinteisen tilin-päätösanalyysin avulla (Economic development of marine fish farms evaluated from analysis of account) (Sammandrag: Utvärdering av den ekonomiska utvecklingen hos havsområdenas fiskodlingsföretag med hjälp av traditionell bokslutsanalys). 70 s. Helsinki 1991.
- 34 VALKEAJÄRVI, P., BAGGE, P., HAKKARI, L., JANHONEN, I. ja OLKIO, K. Konneveden nuotta-apajat (Seining sites in Lake Konnevesi) (Sammandrag: Notdragsställen i sjön Konnevesi). 28 s. + 22 karttaa. Helsinki 1991.
- 35 Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston toimintakertomus vuodelta 1989 (Report on the activities of the Fisheries Division and Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1989) (Berättelse över fiskeriforskningsavdelningens och fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1989). s. 1-70.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston toimintakertomus vuodelta 1990 (Report on the activities of the Fisheries Division and Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1990) (Berättelse över fiskeriforskningsavdelningens och fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1990). s. 71-148. Helsinki 1991.
- 36 NYLANDER, E., AHVONEN, A. ja PRUUKI, V. Kalastustilastoja Tornionjoen vesistöstä vuosilta 1987-1989 (Statistics on fishing in the Tornionjoki River basin in 1987-1989) (Sammandrag: Fiskeristatistik för Torneälvsvattendrag åren 1987-1989). s. 1-48.

KARTTUNEN, V., ROMAkkANIEMI, A. ja PRUUKI, V. Kalastustilastoja Tornionjoen vesistöstä vuodelta 1990 (Statistics on fishing in the Tornionjoki River basin in 1990) (Sammandrag: Fiskeristatistik för Torneälvsvattendrag åren 1990). s. 49-78.

AHVONEN, A. Kalastuskirjanpidon käyttökelpoisuus Tornion-Muonionjoen kalakantojen seurannassa (The value of fishermen's book-keeping data in monitoring fish stocks in the Rivers Tornionjoki and Muonionjoki) (Sammandrag: Fångstbokföringens användbarhet vid uppföljningen av Torne-Muonioälvsv fiskebestånd). s. 79-113. Helsinki 1991.
- 37 MUTENIA, A. ja SALONEN, E. Lokan ja Porttipahdan peled- ja vaellussiikakantojen tila vuosina 1982-1989 (The state of peled(*Coregonus peled*(Gmelin) and migratory whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) in the Lokka and Porttipahta reservoirs, Northern Finland, in 1982-1989) (Sammandrag: Tillståndet hos stammarna av peled- och vandringsik i de konstgjorda sjöarna Lokka och Porttipahta 1982-1989). 68 s. Helsinki 1991.
- 38 AHONEN, M., JÄÄSKÖ, O., HEINIMAA, P., PASANEN, P. ja SIMOLA, O. Inarijärveen vuosina 1972-1985 tehtyjen harmaanierian Carlin-merkintöjen tulokset (Results of Carlin tagging experiments

with lake trout (*Salvelinus namaycush* (Walbaum) in Lake Inari in 1972-1985) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkningar av kanadaröding i Enare Träsk 1972-1985) (Oohtankeásu: Aanaarjáávrrán ivij 1972-1985 tohhum ránsrávdui Carlin-meárkkumij poatuseh). 53 s. Helsinki 1991.

- 39 LEHTONEN, H. Suomen ja Japanin välisen elintarvikealan tutkimusyhteistyön ja tutkijavaihdon kehittämisen arviointivaltuuskunnan matka Japanniin (Report of the visit of Finnish group to Japan for evaluating targets for advancement of scientific collaboration and exchange of scientist in food research between Finland and Japan). s. 1-12.
- TUUNAINEN, P., WESTMAN, K. ja PARMANNE, R. Suomen ja Japanin kalatalouden tieteellisen ja teknisen yhteistyön kehittäminen (Possibilities to develop scientific cooperation in fisheries between Finland and Japan). s. 13-48.
- RUOHONEN, K. Japanin vesiviljelystä ja sen tutkimuksesta (Aquaculture and its research in Japan). s. 49-104.
- SUURONEN, P. Pyyntitekniikasta ja sen tutkimuksesta Japanissa (Fishing technology in Japan). s. 105-157. Helsinki 1991.
- 40 Rapu-Kräft-Symposium (Symposium on Crayfish). 23.-24.8.1990, Hämeenlinna. Wallin, I. ja Westman, K. (toim.). 116 s. Helsinki 1991.
- 41 HEIKINHEIMO-SCHMID, O., RAHKONEN, R., WESTMAN, K. and TUUNAINEN, P. Country report of Finland for the intersessional period of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) 1990-1991 (Suomen kansallinen raportti Euroopan sisävesikalastuskomission (EIFAC) istuntojen väliseltä ajalta 1990-1991) (Finlands nationella rapport gällande perioden mellan Europeiska sötvattensfiskekommissionens (EIFAC) sessioner 1990-1991). 29 p. Helsinki 1992.
- 42 Valtion kalanviljelyn XI neuvottelupäivät. Kalatautien torjunta. Valtion kalanviljelylaitosten suunnittelun ja rakentamisen nykytila. (State fish culture conference, No. XI. Prevention of fish diseases. The present situation in the planning and building of the state fish culture stations) (Statens XI fiskodlings konferens. Bekämpning av fisksjukdomar. Nyläge inom planeringen och konstruktionen av statens fiskodlingsanstalter). 31.3-1.4.1987, Polvijärvi. Lavikainen, R. ja Rahkonen, R. (toim.) 68 s. Helsinki 1992.
- 43 AHONEN, M. Inarijärveen vuosina 1965-1986 tehtyjen nieriän Carlin-merkintöjen tulokset (Results of Carlin tagging experiments with arctic char (*Salvelinus alpinus* (L.)) in the Lake Inari in 1965-1986) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkningar av röding i Enare Träsk åren 1965-1986) (Oohtankeásu: Aanaarjáávrrán ivij 1965-1986 tohhum rávdui Carlin-meárkkumij poatuseh). 38 s. Helsinki 1992.
- 44 SETÄLÄ, J. ja KLEMOLA, O. Siian kalastajahinnanmuodostus Merenkurkussa (Factors affecting the price in the whitefish fishery in the northern Quark, the Baltic Sea) (Sammandrag: Sikens fiskarprisbildning i Kvarkenområdet) s. 1-46.
- SETÄLÄ, J. ja AHLFORS, A. Siian fileoinnin kannattavuus (Profitability of filleting whitefish (*Coregonus lavaretus* s.l.)) (Sammandrag: Sikfilingens lönsamhet) s. 47-77. Helsinki 1992.
- 45 AHVONEN, A., JUTILA, E., JÄRVENPÄÄ, T., LAPPALAINEN, A., RASK, M. ja VUORINEN, P. Metsätalouden vaikutukset kaloihin, rapuihin ja kalatalouteen. Kirjallisuusselvitys (Effects of forestry on fish, crayfish and fishery. A review of the literature) (Sammandrag: Litteraturutredning angående skogsbrukets effekter på fisk, kräftor och fiskeri). 69 s. Helsinki 1992.
- 46 LECKLIN, T. Nukutusaineiden toissijaiset fysiologiset vaikutukset järvitäimenessä (The secondary physiological effects of some anesthetics on brown trout (*Salmo trutta m. lacustris* (L.)) (Sammandrag: De sekundära fysiologiska effekterna av några bedövningsmedel på insjööring). 38 s. Helsinki 1992.
- 47 LEHTONEN, H., LAPPALAINEN, J., FORSMAN, L., SOIVIO, A., URHO, L., VUORINEN, P. J. ja TIGERSTEDT, C. Ilmaston muutosten vaikutukset kaloihin, kalanviljelyyn, kalakantoihin ja kalastukseen. Kirjallisuusselvitys (The effects of climate change on fishes, aquaculture, fish stocks and fishing. A review of the literature) (Sammandrag: Litteraturutredning angående klimatförändringarnas effekter på fisk, fiskodling, fiskbestånd och fiske). 119 s. Helsinki 1992.

- 48 Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1992 (Plan för fiskeriforskningsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1992) (Programme for the Fisheries Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1992) s. 1-56.
- Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelyosaston toiminnaksi vuodelle 1992 (Plan för fiskodlingsavdelningens verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1992) (Programme for the Aquaculture Division of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1992) s. 57-86. Helsinki 1992.
- 49 KARTTUNEN, V. ja PRUUKI, V. Torninjoen lohi ja lohen kalastus. (Status of the salmon stock and fisheries in the River Tornionjoki) (Sammandrag: Laxen och laxfisket i Torneälv). 57 s. Helsinki 1992.
- 50 SALONEN, E. Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Nykytila (A plan for the fisheries use and management of Lake Inari. The present stage) (Sammandrag: Bruks- och skötselplan för fiskerihushållningen för Enare träsk. Nutillstånd). 157 s. Helsinki 1992.
- 51 TOIVONEN, A-L., HUDD, R. ja SVANBÄCK, G. Pohjanlahden siikaloukkujen lajivalikoivuuden kehittäminen (Reduction of salmon bycatch in whitefish trap nets in the Gulf of Bothnia (Baltic)) (Sammandrag: Förbättring av artselektivitet hos sikfällor i Bottniska viken). 46 s. Helsinki 1992.
- 52 SAURA, A., MIKKOLA, J. ja IKONEN, E. Kymijoen vaelluskalatutkimukset 1989-1991 (Report on the studies of migratory fish species in River Kymijoki in 1989-1991) (Sammandrag: Resultaten av forskningsprojektet om vandrande fiskarter i Kymmene älv åren 1989-1991). s. 1-79.
- LEINONEN, K. ja LEHTONEN, H. Virkistyskalastuksen motiivit (Motives for recreational fishing) (Sammandrag: Motiven för fritidsfisket) s. 81-101. Helsinki 1992.
- 53 RUNEBERG, J. Behandling av spillvattnen på Östra Finlands Centralfiskodlingsanstalt (Summary: Treatment of the effluent on Central Fish Culture and Fisheries Research Station for Eastern Finland) (Tiivistelmä: Itä-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen poistoveden käsittely). 81 s. Helsinki 1992.
- 54 JÄRVINEN, A., RASK, M., NIEMELÄ, E., RAITANIEMI, J. ja TURUNEN, T. Yhdennetyn ympäristöseurannan järvien koekalastukset (The results of test fishings in the lakes of integrated monitoring) (Sammandrag: Provfiske i de sjöar som ingår i programmet för integrerad monitoring 1988-1990). s. 1-10.
- ERKINARO, J., NIEMELÄ, E. ja RASK, M. Lapin happamoitumistutkimus - taimenen poikastutkimukset Lutto- ja Paatsjoen vesistöalueilla (Acidification survey in Lapland - studies on brown trout (*Salmo trutta* L.) juveniles in Luttojoki and Paatsjoki river systems) (Sammandrag: Försurningsundersökning i Lappland - yngelforskning hos öring inom Luttojokis och Pasviksälvs insjösystem). s. 11-34.
- JÄRVINEN, M., RASK, M., KUOPPAMÄKI, K., MAKKONEN, E., RUUHIJÄRVI, J. ja ARVOLA, L. Iso Valöjärven kalkituskokeilun vesikemialliset ja biologiset tutkimukset (Hydrochemical and biological studies of the liming experiment in Lake Iso Valkjärvi) (Sammandrag: Vattenkemiska och biologiska undersökningar av kalkningsprov i Iso Valkjärvi). s. 35-60.
- VUORINEN, P., PEURANEN, S., VUORINEN, M. ja RASK, M. Kalkituksen akuutit vaikutukset ahvenen ja pitkäaikaiset vaikutukset siian elintoimintoihin Isossa Valkjärvessä (The Iso Valkjärvi liming experiment: acute effects on perch (*Perca fluviatilis* L.) and long-term effects on whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) (Sammandrag: Kalkningens akuta effekter på abborrens och långvariga på sikens livsfunktioner i Iso Valkjärvi). s. 61-84.
- RAITANIEMI, J., RASK, M., JÄRVINEN, A. ja NYBERG, K. Kalakantojen kehitys Etelä-Suomen pienissä happamoituneissa järvissä kalkituksen jälkeisinä vuosina (Observations on the development of fish populations in small acidified lakes in southern Finland during a few year's period after liming) (Sammandrag: Fiskebeståndens utveckling i södra Finlands små försurade sjöar under åren efter kalkningen). s. 85-102.
- LAPPALAINEN, A. Suomalaisten suhtautuminen vesistöjen happamoitumisen torjuntatoimenpiteisiin (The attitudes towards emission control and liming of the acidified lakes in Finland) (Sammandrag: Finländarnas åsikter angående bekämpningsåtgärder av insjösystemens försurning). s. 103-126. Helsinki

1992.

- 55 Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen toimintakertomus vuodelta 1991 (Report on the activities of the Finnish Game and Fisheries Research Institute in 1991) (Berättelse över verksamhet vid Vilt- och fiskeriforskningsinstitut år 1991). 159 s. Helsinki 1992.
- 56 Valtion kalanviljelyn XIV neuvottelupäivät. Kalanviljely, vesiensuojelu ja valvonta (State fish culture conference, No. XIV. Fish culture, protection of waters and inspection) (Statens XIV fiskodlings konferens. Fiskodling, vattenskydd och övervakning). 10.-11.4.1990, Sotkamo. Toim. Pursiainen, M. ja Rahkonen, R. 121 s. Helsinki 1992.
- 57 Valtion kalanviljelyn XV neuvottelupäivät. Tulosjohtaminen ja valtion kalanviljelyn tavoitteet. Kalanviljelyn rakenteet ja tekniikka (State fish culture conference, No. XV. Result oriented management and objectives of State fish culture. Constructions and technique of fish culture) (Statens XV fiskodlings konferens. Resultatstyrning och Statens fiskodlings målprogram. Fiskodlingens anläggningar och teknik). 9.-10.4.1991, Pudasjärvi. H. Simola ja R. Rahkonen (toim.) 121 s. Helsinki 1992.
- 58 RINTAMÄKI, P. Montan, Raasakan, Ossauskosken ja Keminmaan kalanviljelylaitosten kalaloiset ja -taudit vuosina 1984-1991 (Fish parasites and diseases at the fish farms of Montta, Raasakka, Ossauskoski and Keminmaa, Northern Finland in 1984-1991) (Sammandrag: Fiskparasiter och -sjukdomar vid Montta, Raasakka, Ossauskoski och Keminmaa fiskodlingsanstalter åren 1984-1991). 44 s. Helsinki 1993.
- 59 Valtion kalanviljelyn XVI neuvottelupäivät. Luonnonravintolammikkoviljely, uudet lajit ja rodunjalostus (State fish culture conference, No. XVI. Natural food pond culture, new fish species and selective breeding) (Statens XVI fiskodlings konferens. Naturfoderdamm odling, nya arter och djursföreläring). 1.-2.4.1992, Kuopio. R. Lavikainen ja R. Rahkonen (toim.) 103 s. Helsinki 1993.
- 60 Valtion kalanviljelyn XVII neuvottelupäivät. Mänttuotanto ja emokalojen viljely (State fish culture conference, No. XVII. Fish egg production and brood fish breeding) (Statens XVII fiskodlings konferens, Romproduktion och avelsfiskodling). 31.3.-1.4.1993, Tampere. K. Ruohonen ja J. Ruuhijärvi (toim.). 109 s. Helsinki 1993.
- 61 AHONEN, M. Vastakuoriutuneiden ja yksivuotiaiden taimenten istutustulokset Ylä-Menesjoella vuosina 1989-1991. (Results of newly hatched and one-year-old brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris*) stockings on River Ylä-Menesjoki in 1989-1991) (Sammandrag: Utplanteringsresultat för nykläckta och ettåriga öringar i Ylä-Menesjoki under åren 1989-1991) s. 1-30.
- AHONEN, M. Inarijärveen laskevien vesien järvitäminen vuosien 1971-1989 Carlin-merkintöjen tulokset. (Results of Carlin tagging experiments with brown trout (*Salmo trutta* m. *lacustris*) in Lake Inari tributaries in 1971-1989) (Sammandrag: Resultat för Carlin-märkningarna gjorda under åren 1971-1989 på öringar i vattendrag som utmynnar i Enare träsk). s. 31-58. Helsinki 1993.
- 62 VEHANEN, T., PASANEN, P., LEHTINEN, E. ja SIMOLA, O. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen lohi-istutusten (*Salmo salar* L.) Carlin-merkintätulokset vuosilta 1973-1988 (Report on salmon (*Salmo salar* L.) tagging experiments performed by Taivalkoski State Aquaculture in 1973-1988) (Sammandrag: Resultat av Carlin-märkningarna av lax (*Salmo salar* L.) som utfördes Norra Finlands centralfiskodlingsanstalt åren 1973-1988) 75 s. Helsinki 1993.
- 63 SAURA, A. Polttomerkinnän soveltuvuus yksikesäisten kalanpoikasten merkintään (The use of hot branding in the marking of one-summer-old juvenile fish) (Sammandrag: Brännmärkningsmetoden som gruppmarkningsmetod för ensomriga fiskungar). 38 s. Helsinki 1993.
- 64 JOKIKOKKO, E. ja JUTILA, E. Simojoen ylimmän osan ja sivujokien kalastus selvitys ja koskikartoitukset (Utredning av fiskbestånd och kartläggning av forsar i Simojokis övre lopp och biflöden) (A study of the fish fauna and rapid areas of the uppermost reaches and tributaries of the Simojoki River) s. 1-39.
- KARTTUNEN, V. ja JUTILA, E. Kalastustilastoja Simon ja Ranuan kunnista vuosilta 1986 ja 1990. (Fiskeristatistik för kommunerna Simo och Ranua åren 1986 och 1990) (Fishery statistics from the municipalities of Simo and Ranua in 1986 and 1990) s. 43-77. Helsinki 1993.
- 65 VUORINEN, P. J., PAASIVIRTA, J., VUORINEN, M., PEURANEN, S. ja HOIKKA, J. Lohen ja

meritaimenen ympäristömyrkkypitoisuudet ja lohen alkio- ja poikaskuolleisuus (Laxens och havsöringens halter utav miljögifter och laxens embryo- och yngeldödlighet) (Organochlorines in salmon and sea trout and the mortality of the eggs and yolk sac fry of salmon) 71 s. Helsinki 1993.

- 66 Lohen ja meritaimenen sopimuskasvatus ja istutukset. Sopimusviljelytyöryhmän muistio. (Kontraktuppfödning och utplantering av lax och havsörin. Kontraktodlingsarbetsgruppens memorandum.) (State-subsidized rearing and releasing of Salmonids. Memorandum of the working group on the state-subsidized rearing and releasing of Salmonids) 76 s. + 41 liites. Helsinki 1993.
- 67 SALONEN, E. ja MUTENIA, A. Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunitelma. Osa 2. Suunitelma. (Fiskeriekonomisk användnings- och skötselplan för Enare träsk. Del 2. Plan.) (The fisheries' use and management plan for Lake Inari. Part 2. Plan.) 73 s. + 7 liites. Helsinki 1993.
- 68 RAHKONEN, R. Kuhanpoikasten loiset kahdessa erityyppisessä luonnonravintolammikossa. (Parasiter på gösyngel i två naturfoderdammar av olika typ.) (Parasites of pike-perch fry reared in two different types of natural food ponds in Finland), 22 s. Helsinki 1993.
- 69 Metsätalouden vaikutukset kaloihin ja kalatalouteen. Osahankkeiden raportit vuosien 1990-1992 tulokista. (Skogsbrukets effekter på fisk och fiske. Delprojektens rapporter över resultaten 1990-1992.) (Effects of Forestry On Fish and Fisheries. The Sub-project Reports of the Results between 1990-1992.) Toim. A. Lappalainen ja M. Rask. 137 s. Helsinki 1993.
- 70 KORHONEN, P. ja HEIKINHEIMO-SCHMID, O. Suurten petokalojen ravinto Lentuassa ja Ontojärvessä ja ravinnonkulutuksen arviointi. (Näring för stora rovfiskar i Lentua och Ontojärvi samt uppskattning av näringsförbrukningen.) (The food of large predator fishes in Lakes Ontojärvi and Lentua and the estimation of food consumption.) 52 s. Helsinki 1993.