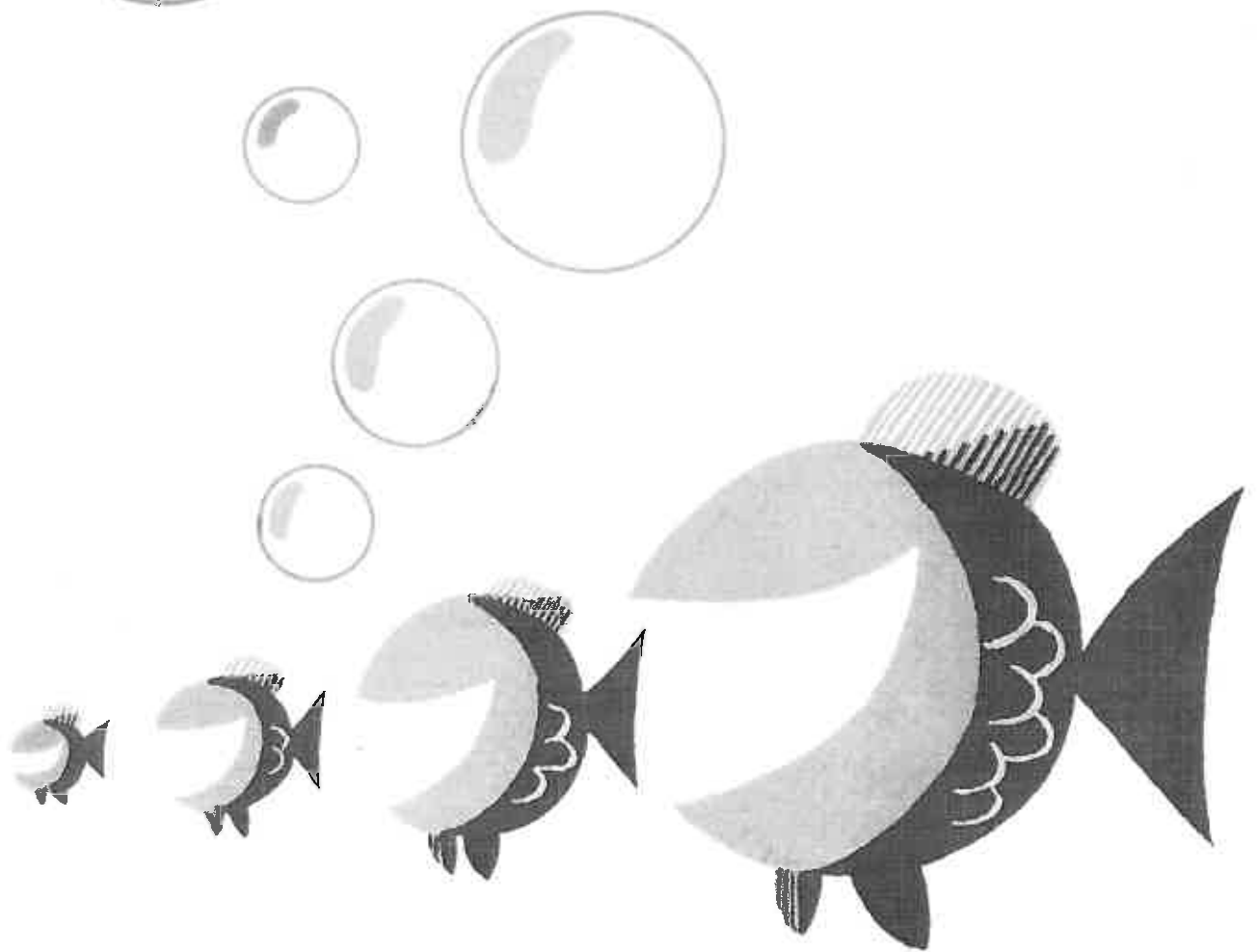


RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO



MONISTETTUJA JULKAISUJA

70
1987





RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALANTUTKIMUSOSASTO

MONISTETTUJA JULKAISUJA

Toimittaja: Viljo Nylund. Toimitussihteerit: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen.

Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston kirjastolle, PL 202, 00151 Helsinki.

Monistettuja julkaisuja on jatkoa sarjalle: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Kalantutkimusosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" ja "Meddelanden".

Redaktör: Viljo Nylund. Redaktionssekreterare: Marja-Liisa Koljonen, Petri Suuronen.

Publikationens distribuering fastställs skilt för varje nummer.

Förfrågningar angående tidskriften riktas till bibliotekarien, Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet, fiskeriforskningsavdelningen, PB 193, 00131 Helsingfors 13.

Tidskriften är fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja". Övriga publikationsserier från fiskeriforskningsavdelningen är "Finnish Fisheries Research", "Suomen kalatalous", "Tiedonantoja" och "Meddelanden".

KALKITUKSEN, LANNOITUKSEN JA ISTUTUSTIHEYDEN VAIKUTUKSET
 INARIN LUONNONRAVINTOLAMMIKOIDEN SIIANPOIKASTUOTTOON
 VUOSINA 1976 - 1983.

Markku Ahonen

1. Johdanto	24
2. Aineisto ja menetelmät	24
2.1. Alueen yleispiirteet	24
2.2. Tuottoarviot	26
2.3. Veden laatu	26
2.4. Eläinplankton	27
2.5. Tilastolliset menetelmät	27
2.6. Virhelähteet	27
3. Kalkitus	28
3.1. Yleistä	28
3.2. Kalkituksen vaikutukset	29
4. Lannoitus	33
4.1. Yleistä	33
4.2. Lannoituksen vaikutukset	34
5. Istutustiheys	38
5.1. Yleistä	38
5.2. Kuolleisuus	38
5.3. Tiheyden vaikutus poikasten kokoon ja lammi- koiden tuottoon	40
6. Tulosten tarkastelu ja yhteenveto	42
7. Kirjallisuus	43

1. Johdanto

Inarijärven säännöstelyn kalanhoitovelvoitetta (KHO:n päätös 27.11. 1975) hoitavat Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitos ja Inarin ja Sarmijärven kalanviljelylaitokset vesihallituksen rahoituksella. Kesänvanhan siian istutusvelvoite on 1 milj. kpl vuodessa, mikä saatiin ensimmäisen kerran toteutetuksi täysimääräisenä v. 1979.

Kesänvanhat pohja- ja planktonsiian poikaset tuotetaan luonnonravintoviljelyllä. Inarin kalanviljelylaitoksen hoidossa on 14 lammikkoa, Sarmijärven laitoksen hoidossa 3 (kuva 1). Lammikoissa on viljelty jonkin verran myös taimenta ja nie-riää. Tässä selvityksessä käsitellään vain siian viljelyä.

Inarin alueen lammikoilla on vuodesta 1976 lähtien kokeiltu erilaisia kalkitus- ja lannoitusmenetelmiä, lisäruokintaa ja erilaisia istutustiheyksiä. Tässä selvityksessä tarkastellaan näiden vaikutuksia lammikoiden veden laatuun ja kalatuottoon.

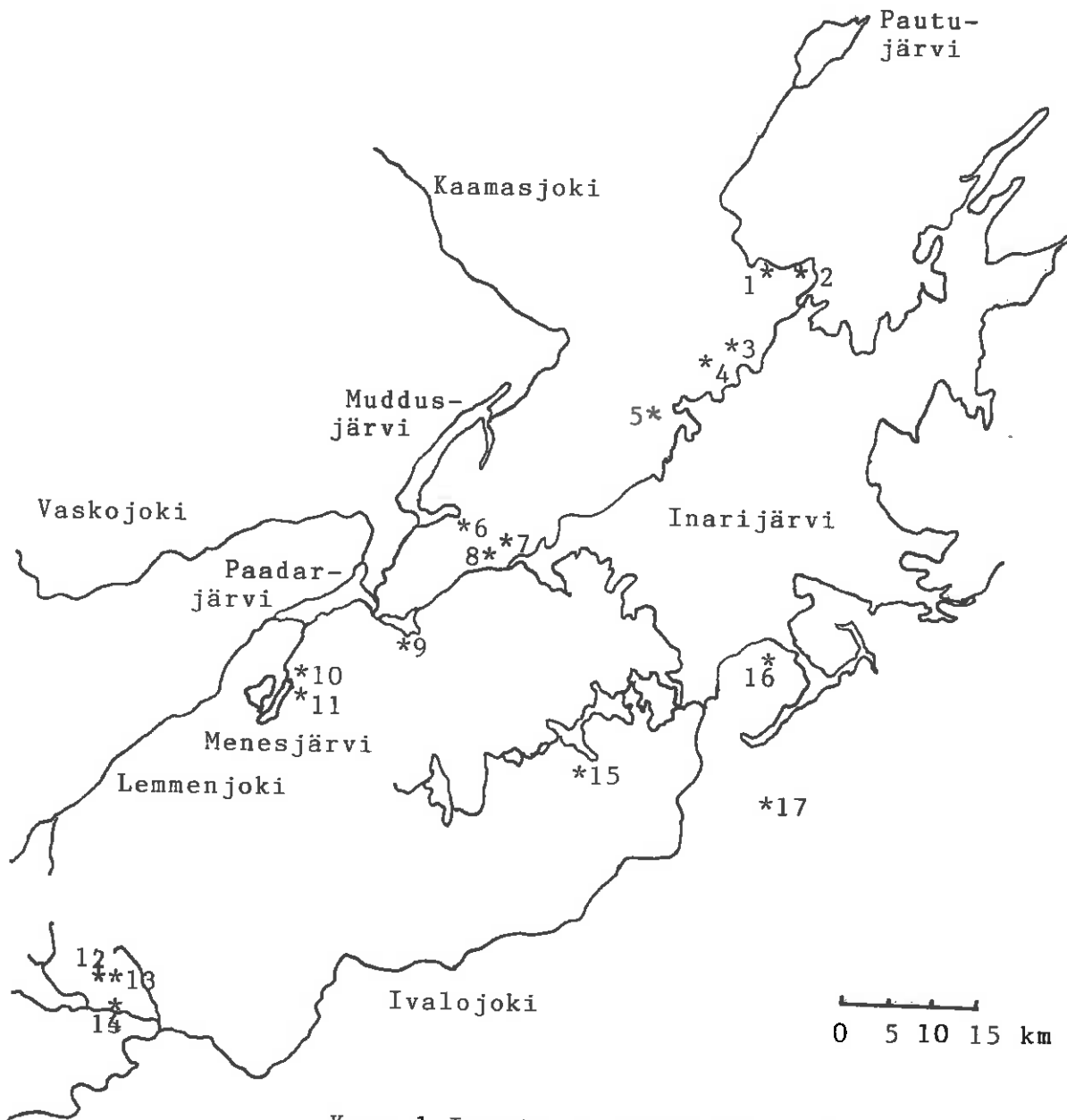
2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Alueen yleispiirteet

Alueen kallioperä koostuu graniittigneissi- ja granuliittimuodostumista (Ohlson 1981). Alue kuuluu Inarin järivialangon ilmastoalueeseen, jossa Jäämeren ilmavirtaukset vaikuttavat tasoittavasti lämpötilaeroihin. Jäämereltä tulevien kylmien tuulien vaikutus tuntuu selvimmin kesä- elokuussa. Terminen kasvukausi on n. 120 vrk ja tehoisa lämpösumma 600-700 °C. Oulun seudulla vastaavat luvut ovat 150 vrk ja 1 050 °C. Auriongon kokonaissäteily touko- syyskuussa on 2,0-2,1 GJ/m², kun se Lounais-Suomessa on 2,6 GJ/m².

Inarin vesistöjen väri ja humuspitoisuus vaihtelevat suuresti. Ravinteiden määrät ovat pieniä, esim. Inarijärven kokonaisfosforipitoisuus on 4-10 µg/l ja kokonaistypen määrä 160-230 µg/l (Vesihallitus 1980).

1 Karlinkijärvi	6,2 ha	10 Tomminkämpplampi	8,7 ha
2 Pitkäjärvi	6,5 ha	11 Jaakoppijärvi	21,4 ha
3 Hirvaskaltiojärvi	25,2 ha	12 Nokijärvi	15,5 ha
4 Akuvaaranjätkä	18,0 ha	13 Harjuntausjärvi	16,5 ha
5 Tuolpujärvet	54,0 ha	14 Nauramajätkä	78,7 ha
6 Pesemäjärvi	6,0 ha	15 Matala-Harrijärvi	26,9 ha
7 Korppioja	11,0 ha	16 Isojätkä	15,5 ha
8 Kortelampi	8,2 ha	17 Pikku-Kuivajärvi	<u>7,0 ha</u>
9 Joukhaisjärvi	17,2 ha	yht.	342,5 ha



Kuva 1 Inarin ja Sarmijärven kalanviljelylaitosten hoitamien lammikoiden sijainti.

2.2. Tuottoarviot

Lammikoiden kalatuottoa koskevat tiedot, samoin kuin muukin tämän selvityksen aineisto eläinplanktontuloksia lukuunottamatta, on koottu Inarin ja Sarmijärven kalanviljelylaitosten keräämästä havaintoaineistosta.

Inarin alueen lammikot voidaan jakaa kahteen tyyppiin:

- luonnonlammesta rakennetut
- lammikot, jotka on tehty nostamalla vesi padon avulla suolle (jänkälammikot).

Nämä tyypit on käsitelty erikseen laskettaessa veden laadun, kalkituksen, lannoituksen ja kalatuoton välisiä riippuvuuksia.

Lammikoiden tuottamia kalamääriä on arvioitu seuraavin tavoin:

- paunettipyyntiarvio, jolloin lammikossa on ennen tyhjennystä pidetty paunettia. Paunetin on oletettu pyytävän poikaset yhden yön aikana 1-2 ha alueelta. Lammikon tuotto on arvioitu yhden yön paunettisäiliin perusteella. Tätä menetelmää ei enää käytetä.
- merkintä-takaisinpyynti- eli Petersen-menetelmä (ks. Eskelinen ja Sumari 1977).
- punnitus, jolloin kalat pyydystetään paunetilla tai poistokanavassa olevalla keräilylaitteella, ja koko kalamäärä punnitaan. Kalojen lukumäärä voidaan tällöin laskea niiden keskipainon perusteella.

Tämän selvityksen laskelmissa on käytetty vain Petersen-menetelmällä tai punnitsemalla saatuja lukuja. Plankton- ja pohjasiian poikasia ei ole käsitelty erikseen, sillä Isojängän luonnonravintolammikossa useana vuonna tehtyjen kokeiden perusteella näiden siikamuotojen välillä ei ole eroja kasvussa ja kuolleisuudessa.

2.3. Veden laatu

Vesinäytteet on yleensä otettu kolme kertaa kasvukauden aikana: alkukesällä, heinäkuun puolivälissä ja elokuussa. Sähkönjohtokyky ja pH on tavallisesti määritetty 5-6 kertaa kesässä. Näytteet on otettu lammikon syvimmältä kohdalta 0,5-1 m syvyydeltä Ruttnerin noutimella. Sähkönjohtokyky, pH ja happipitoisuus on määritetty Inarin kalanviljelylaitoksella, ra-

vinnepitouisuudet ja veden väri Lapin vesi- ja ympäristöpiirin laboratoriossa. Laskelmissa on käytetty kasvukauden kasvimääräisiä arvoja.

2.4. Eläinplankton

Eläinplanktontulokset vuosilta 1978 ja 1981 on koottu Hännisen (1978) ja Kokkosen (1982) selvityksistä. Vuosien 1982 ja -83 näytteet laski fil.yo. Arja Söder. Käytetyt menetelmät on esitetty Kokkosen (1982) selvityksessä.

2.5. Tilastolliset menetelmät

Erilaisten lammikon käsittelyjen, veden laadun ja kalatuoton välisiä riippuvuuksia selvitettiin regressioanalyysillä. Riippuvuuden merkitsevyyttä testattiin F-testillä (Mäkinen 1978). Lisäksi laskettiin selitysaste \hat{R}^2 , joka kertoo, kuinka monta prosenttia selitettävän muuttujan vaihtelusta voidaan selittää regressiokäyrän avulla.

2.6. Virhelähteet

Inarin kalanviljelylaitoksella tehdyissä vertailuissa on Petersen-menetelmällä yleensä saatu hieman pienempiä tuottolukuja kuin punnitsemalla (Hänninen julkaisematon aineisto, Heinonen ja Iivari suullinen tiedonanto). Erot ovat kuitenkin niin pieniä, että näillä kahdella tavalla saatuja lukuja voidaan pitää vertailukelpoisina.

Laskettaessa lammikon hehtaarituoitoja on käytetty sitä pinta-alaa, joka lammikolla on sen ollessa täynnä. Lammikoiden vesimäärissä on kuitenkin jonkin verran vuotuisia eroja.

Vesinäytteet on otettu vain yhdestä kohtaa lammikkoa, mikä ei välttämättä anna täyttä kuvaa lammikon veden laadusta. Luonnonravintolammikot ovat kuitenkin matalia ja suhteellisen pieniä, eikä esim. Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen seurannoissa ole havaittu oleellisia eroja veden laadussa eri puolilla lammikkoa.

Luonnonravintolammikon tuottoon vaikuttavat hyvin monet tekijät. Tämän vuoksi ei ole todennäköistä, että tuottoa voitaisiin selittää ainoastaan yhden muuttujan avulla. Monimuuttuja-

menetelmien (askeltava regressioanalyysi, polkuanalyysi) käyttö tämän aineiston käsittelyssä havaittiin kuitenkin hyödyttömäksi, sillä tuoton ja selittävien muuttujien väliset riippuvuudet eivät yleensä ole lineaarisia, eivät edes lineaarisoitavissa.

Aineiston tilastollista käsittelyä vaikeuttaa lisäksi se, että jokainen lammikko on muista poikkeava omine erityispiirteineen. Tästä syystä sama lannoitus tai kalkitus luultavasti vaikuttaa eri lammikoissa eri tavoin.

3. Kalkitus

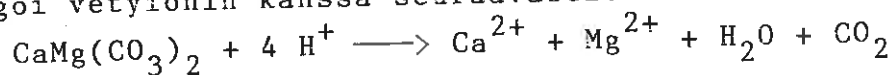
3.1. Yleistä

Kalatuoton kannalta edullisin veden pH-alue on 6,5–8,5. Kalat kyllä pysyvät hengissä happamammassa tai emäksisemmässä vedessä, mutta niiden kasvu hidastuu (EIFAC 1969).

Boydin (1982) mukaan lannoitus ei vaikuta tehokkaasti happamissa vesissä, joiden alkaliniteetti-arvo on pieni, sillä perustuotantoa rajoittavana tekijänä voi olla myös hiili. Tällöin kasviplankton ei pysty käyttämään hyväkseen fosforia, joka adsorboituu pohjamutaan ja muodostaa raudan kanssa vaikealiukoisia yhdisteitä. Kalkitus lisää kasviplanktonin käytävissä olevan hiilen määrää sekä parantaa pohjan mikrobiston toimintaedellytyksiä nopeuttaen näin ravinteiden kiertoa.

Veden pH saattaa nousta rajusti leväsamennusten aikana, sillä yhteyttäminen vähentää veden sisältämän CO₂:n määrää. Liialliset pH:n nousut voivat vähentää kalojen kannalta tärkeän äyriäisplanktonin määrää (O'Brien ja deNoyelles 1972).

Kalkitus nostaa veden pH:ta ja lisää puskurikykyä ehkäisten siten pH:n heilahteluja. Inarin lammikoilla on käytetty dolomiittikalkkia, joka on sikäli turvallinen kalkkilaatu, ettei rajukaan yliannostus nosta pH:ta yli 8,6:n. Dolomiittikalkki reagoi vetyionin kanssa seuraavasti:

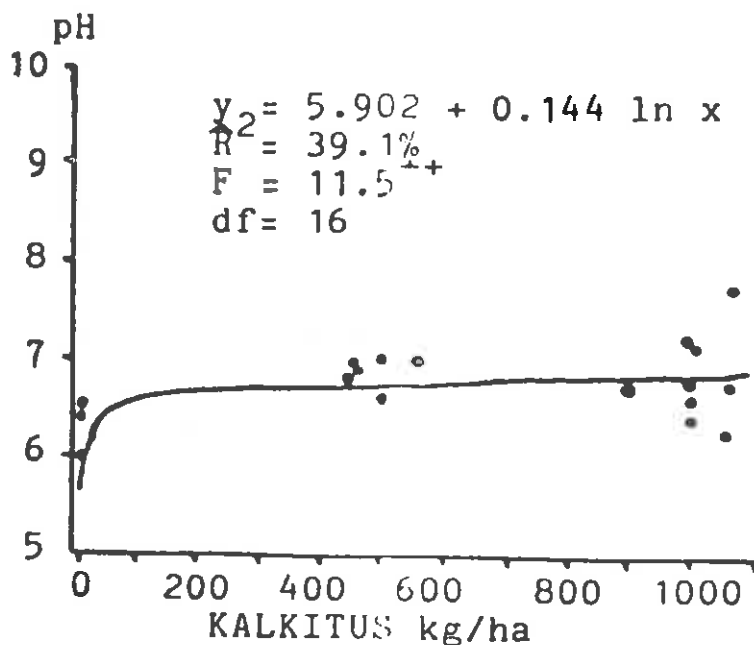


Kalkitus siis nostaa veden kokonaiskovuutta lisäten kalsium- ja magnesiumpitoisuutta. Lisäksi kalkki saostaa humusta, jolloin vesi kirkastuu ja tuottava kerros syvenee (Boyd 1982).

3.2. Kalkituksen vaikutukset

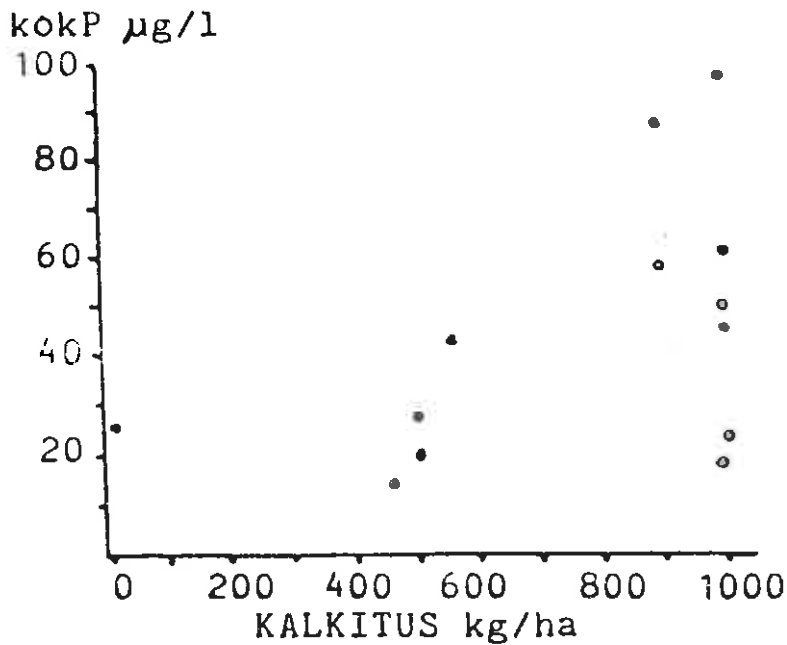
Inarin lammikoilla on käytetty kalkkia 0 - 4 000 kg/ha. Kalkki levitetään keväällä hangelle lammikon päälle. Aikaisemmin levitys tapahtui lapiolla, ja osa kalkista levitettiin kasoihin lähelle rantaa. Nykyään käytetään moottorikelkan vetämää koneellista levittäjää, joka levittää kalkin tasaisesti koko lammikon alueelle. Menettelytavan muutos voi aiheuttaa epätarkkuuksia laskettaessa veden laadun ja kalkituksen välisiä riippuvuuksia, sillä kalkkikasojen pinnalle saostuu humusta, joka estää kalkin liukenemisen ja vaikutukset.

Jänkälammi-koilla kalkitusmäärät vaihtelivat välillä 0 - 1 060 kg/ha. Näitä lammikoita ei lannoitettu. Kalkitus lisäsi veden sähkönjohtokykyä ja nosti pH:ta (kuva 2). Sähkönjohtokyvyn ja pH:n sekä kalatuoton välille ei voitu osoittaa riippuvuutta.



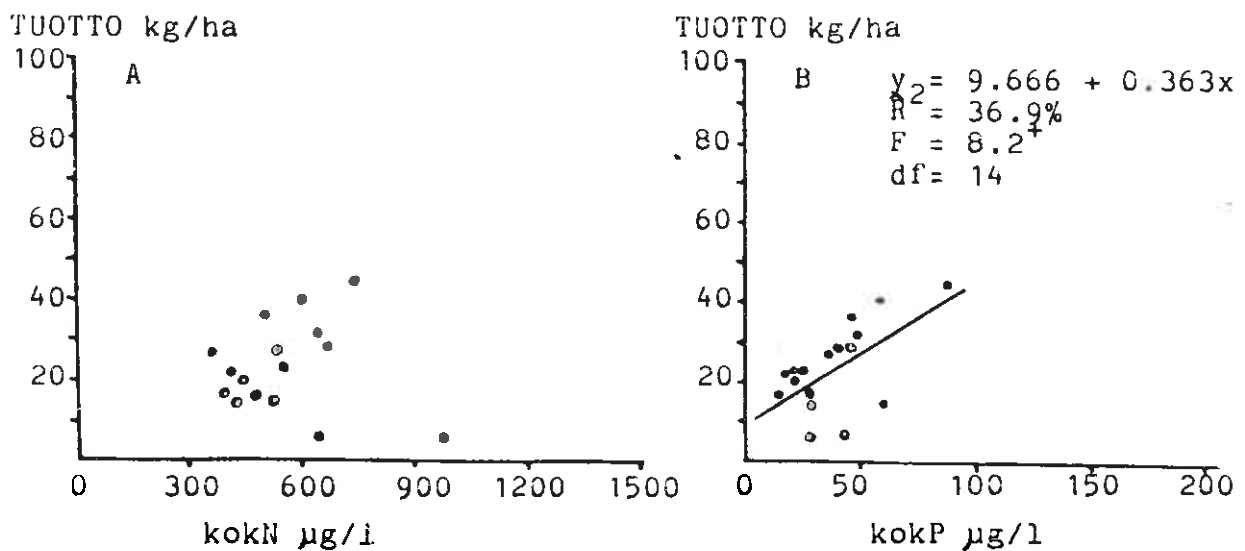
Kuva 2 Kalkituksen ja pH:n välinen riippuvuus jänkälammi-koilla.

Kokonaistypen määrään kalkitus ei vaikuttanut, kun taas kokonaisfosforin määrä kasvoi kalkitusmäärän noustessa (kuva 3).



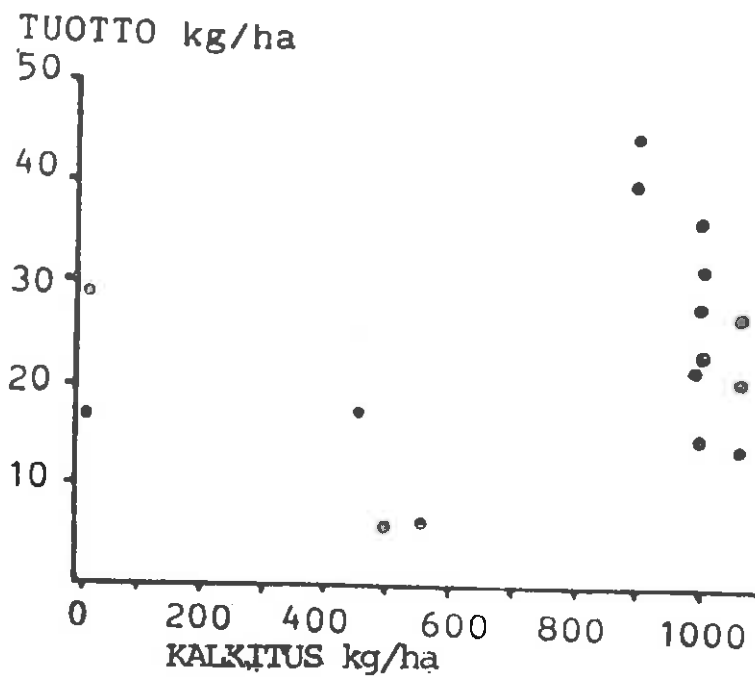
Kuva 3 Kalkituksen ja kokonaisfosforipitoisuuden välinen riippuvuus jänkälammikoilla.

Kokonaistypen ja kalatuoton välillä ei ollut riippuvuutta, mutta fosforipitoisuuden kasvaessa tuotto parani (kuva 4). Lammikoiden kilomääräisen hehtaarit tuoton ja kalkituksen välille ei voitu osoittaa riippuvuutta. Suurimmat tuotot on saatu kalkitusmäärän ollessa 900 - 1 000 kg/ha (kuva 5).



Kuva 4 A: kokonaistypen ja B: kokonaisfosforin ja tuoton välinen riippuvuus jänkälammikoilla.

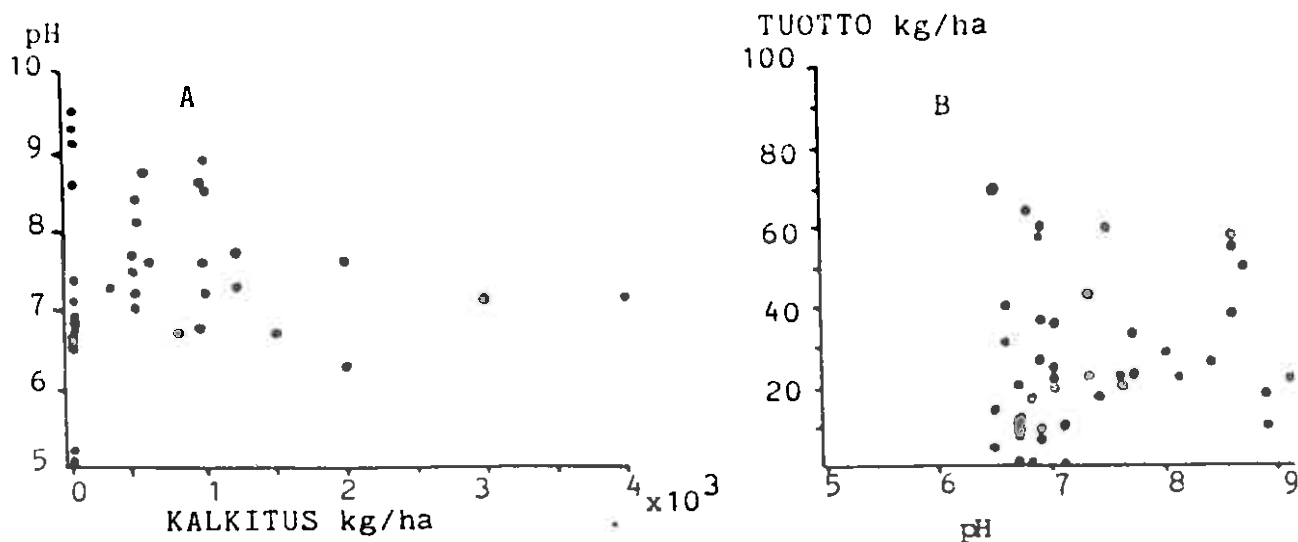
Jänkälammi-koilla ovat kalatuottoa rajoittavina tekijöinä ilmeisesti alhainen pH ja fosfori vähyys. Tulosten perusteella näyttää siltä, että pH:n nostamiseen n. pH 7:n tasolle riittää luokkaa 500-600 kg/ha oleva kalkitus. Lievä superfosfaattilannoitus (esim. 20 kg/ha) yhdessä kalkituksen kanssa lisäisi käytettävissä olevan fosforin määrää, ja voimistunut yhteyttäminen osaltaan nostaisi pH:ta.



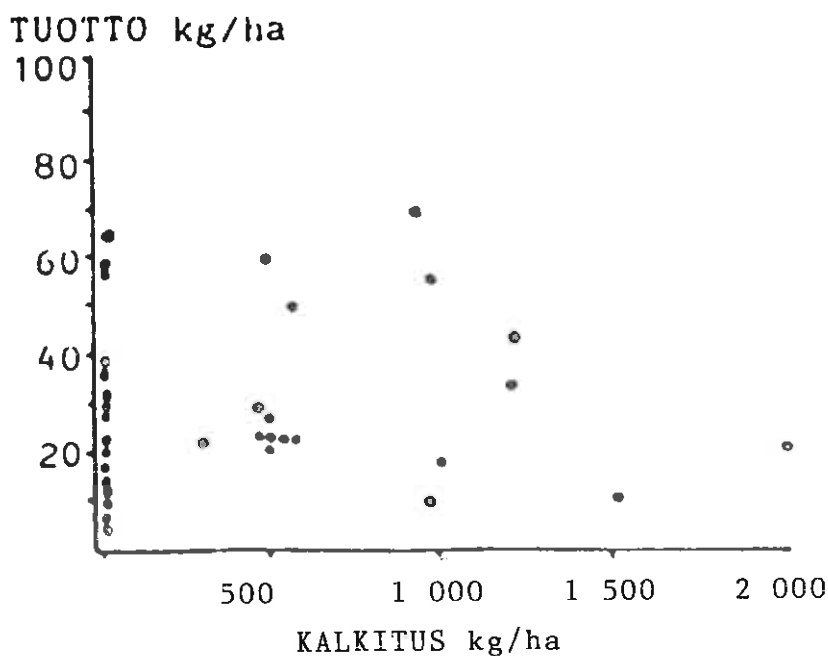
Kuva 5 Kalkituksen ja tuoton riippuvuus jänkälammi-koilla.

Luonnonlammista tehdyillä lammikoilla kalkituksella ei ollut vaikutusta veden sähkönjohtokykyyn. Kalkituksen ja pH:n suhde oli sitävastoin mielenkiintoinen: kalkitsemattomien lammikoiden kasvukauden keskimääräinen pH vaihteli välillä 5-9,5, mutta jo luokkaa 500 kg/ha oleva kalkitus vakautti pH:n välille 7-9, joka oli kalatuoton kannalta sopiva happamuusalue (kuva 6).

Ravinnepitoisuuksien ja kalkituksen välille ei voitu osoittaa riippuvuutta, mikä johtunee siitä, että näitä lammikoita yleensä myös lannoitetaan. Myöskään kalkituksen ja kalatuoton välillä ei ollut riippuvuutta (kuva 7).



Kuva 6 A: kalkituksen ja pH:n, B: pH:n ja tuoton välinen riippuvuus.



Kuva 7 Kalkituksen ja tuoton riippuvuus.

Mikäli veden kokonaisalkaliniteetti, joka kuvaa puskurikykyä, alittaa arvon 20 mg CaCO₃/l, on lammikkoa Boydin (1976) mukaan kalkittava, jotta lannoituksesta olisi hyötyä. Boyd (1976) ja Boyd ja Cuenco (1980) ovat kehittäneet lammikon pohjamudan pH:n mittaamiseen perustuvan menetelmän, jonka avulla voidaan arvioida kalkitusmäärä, joka nostaa alkaliniteetin

yli mainitun 20 mg/l. Tätä menetelmää kannattaisi kokeilla meilläkin ja sovittaa sitä oloihimme soveltuvaksi.

Mikäli lammikon vesi ei lainkaan vaihtuisi, kestäisi kalkituksen vaikutus teoriassa ikuisesti. Luonnonravintolammikot tyhjennetään vuosittain, joten kalkituksen vaikutus vähitellen häviää. Laboratoriokokeiden perusteella Boyd ja Cuenco (1980) päättelivät, että kalkituksen vaikutus lakkaa lammikon veden vaihduttua n. 10 kertaa. Kalalammikoilla, jotka tyhjennetään joka vuosi, kalkitus vaikutti 3 kuukaudesta 3 vuoteen. Boyd (1982) esittää, että lammikko tulisi ensin kalkita sen pohjamudan pH:n vaatimalla kalkkimäärällä (Boyd 1976, Boyd ja Cuenco 1980), ja sen jälkeen vuosittain määrällä, joka on 1/4 peruskalkituksesta. Kalkki pitäisi levittää mahdollisimman hienojakoisena koko lammikon alueelle.

Kalkitus ei korvaa lannoitusta, vaan se on useimmilla lammikoilla tarvittava perustoimenpide, jotta lannoitus vaikuttaisi toivotulla tavalla kalatuottoa nostavasti.

4. Lannoitus

4.1. Yleistä

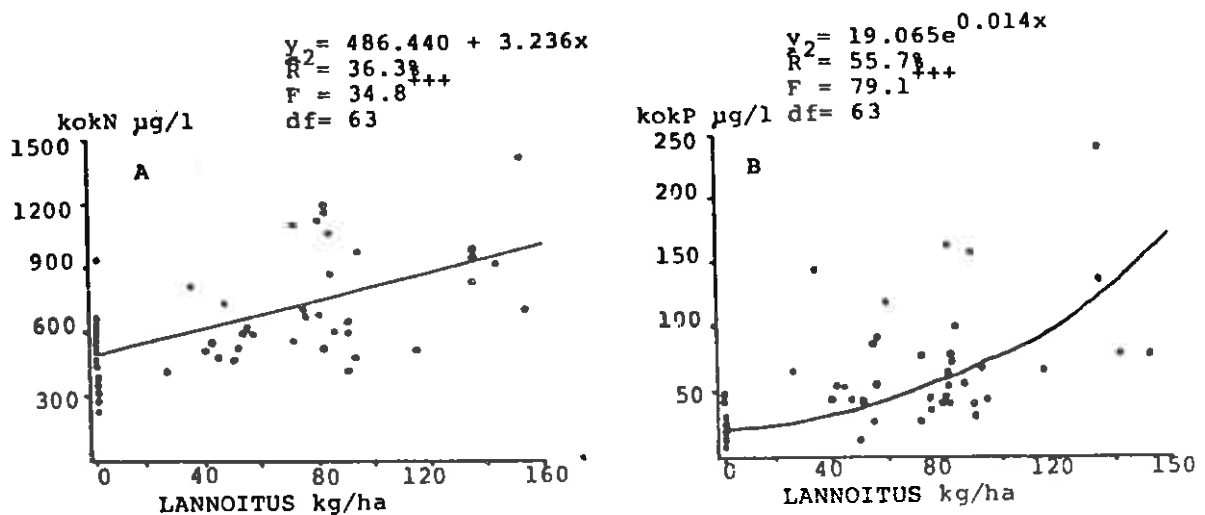
Luonnonravintolammikko muodostaa oman ekosysteeminsä, jonka ravintoketjujen yläpäässä on kalanpoikanen. Lammikon kalatuotto riippuu perustuotannon määrästä. Tuottavaa porrasta lammikossa edustaa pääasiassa kasviplankton. Perustuotantoa rajoittavia tekijöitä ovat valo, lämpö ja ravinteet (P, N, K, S, Ca, Mg, Fe). Näistä tekijöistä kalanviljelijä voi käytännössä vaikuttaa lähinnä ravinteiden määrään. Tämä tapahtuu lisäämällä perustuotantoa rajoittavien ravinteiden määrää epäorgaanisten (kaupallisten) tai orgaanisten (lähinnä karjanlanta) lannoitteiden avulla.

Tavallisimmin perustuotantoa vesiekosysteemissä rajoittaa fosforin puute (Hutchinson 1957, Boyd 1982). Tämä pätee myös Lapissa, mutta täällä voi tyypikin olla rajoittava tekijä (Tolonen 1980, Kallio ym. 1981). Inarin luonnonlammista tehdyillä lammikoilla lannoitteena on käytetty normaalia Y-lannosta ($N:P_2O_5:K_2O = 16:16:16$). Lannoite on levitetty kesä-

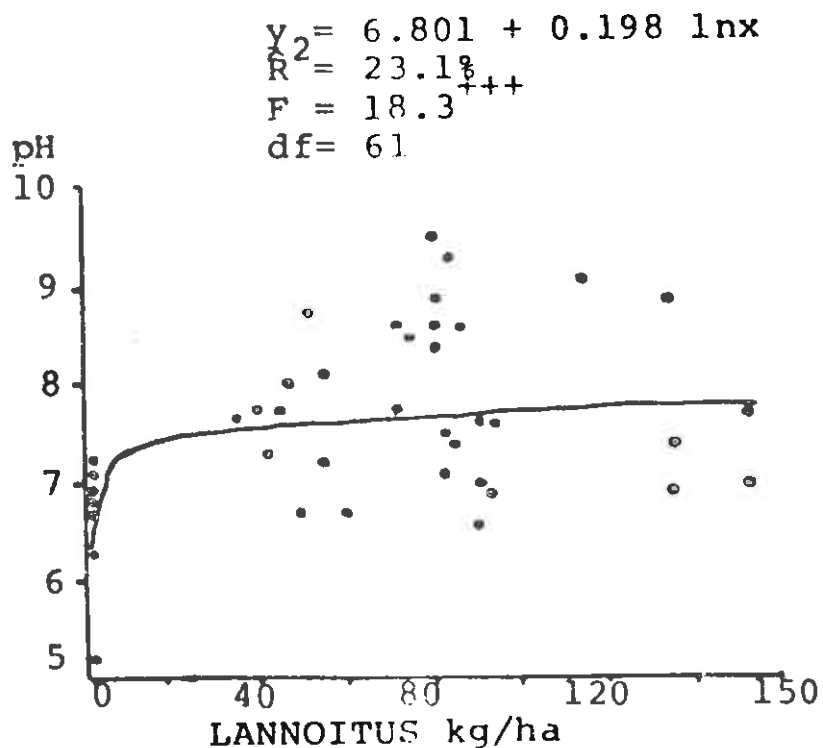
heinäkuussa kelluvien metalliverkkolaatikoiden avulla. Lannoitemäärät ovat vaihdelleet välillä 0 - 153 kg/ha.

4.2. Lannoituksen vaikutukset

Sekä veden kokonaistypen että kokonaisfosforin määrät kasvivat lannoitusmäärän noustessa (kuva 8). Sähkönjohtokyvyn ja lannoituksen välillä ei havaittu riippuvuutta. Sen sijaan pH näytti nousevan lannoitusmäärän kasvaessa. Suurilla lannoitusmäärillä pH:n vaihtelu oli voimakasta (kuva 9).

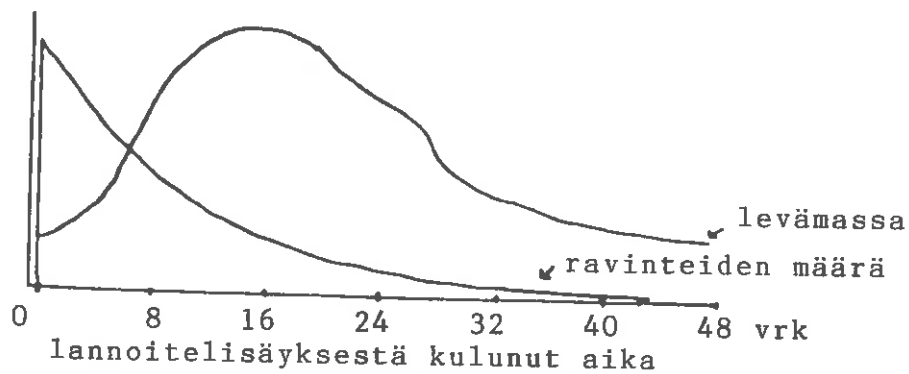


Kuva 8 Lannoituksen ja A: kokonaistypen ja B: kokonaisfosforin määrien välinen riippuvuus.



Kuva 9 Lannoituksen ja pH:n välinen riippuvuus.

Ravinteiden määrän lisääntyminen saa aikaan levämassan kasvun (kuva 10). Samalla levälajiston runsaussuhteet muuttuvat, sillä eri lajit reagoivat eri tavoin ravinteiden määrän kasvuun. Erittäin voimakkaasti lannoitetuissa lammikoissa kasviplankton koostuu pääasiassa suurista viher- ja sinileivistä, joita eläinplankton ei pysty hyödyntämään. Tämä on ilmeisesti eräs syy siihen, ettei lannoitus aina tehoa toivotulla tavalla (Dickman ja Efford 1972, deNoyelles ja O'Brien 1978, Boyd 1982).



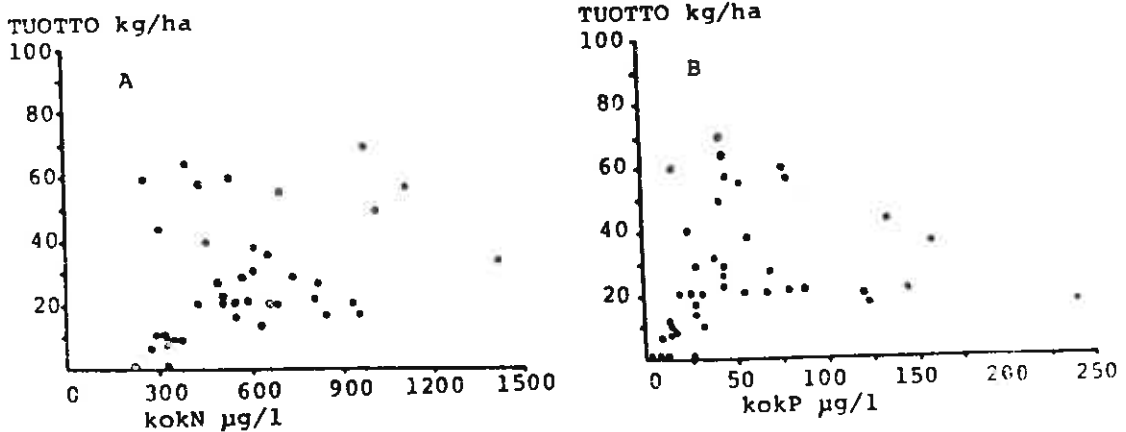
Kuva 10 Levämassan ja ravinteiden määrä vedessä lannoitelisäyksen jälkeen Dickman ja Effordin (1972) mukaan.

Toinen tuloksen epävarmuutta lisäävä tekijä ovat lannoituksesta johtuvien leväsamennusten aikana esiintyvät veden laadun muutokset, pH:n rajut heilahtelut ja mahdolliset yölliset happikadot. Happikatojen välttämiseksi lannoitus lopetetaan heinäkuun lopulla öiden alkaessa hämärtyä, ja pH:n muutoksia ehkäistään kalkituksella.

Lannoituksesta johtuva perustuotannon kasvu aikaan pohja-eläinten ja eläinplanktonin (rataseläinten ja äyriäisten) määrän kohoamisen. Tämä pitää kuitenkin paikkansa vain tiettyihin rajoihin saakka: ylimitoitettu lannoitus lisää sian poikasten ravinnoksi kelpaamattomien rataseläinten määrää, mutta vähentää tärkeän äyriäisplanktonin (vesikirppujen ja hankajalkaisten) määrää (O'Brien ja deNoyelles 1972, Ejsmont-Karabin ym. 1980).

Inarin lammikoilla ei kokonaistypen ja kalatuoton välillä havaittu riippuvuutta. Kokonaisfosforin ja tuoton suhde on sen sijaan kiintoisa: suurimmat tuotot on saatu, kun kasvukauden keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus on ollut

20-75 $\mu\text{g/l}$ (kuva 11). Optimina, jonka molemmiin puolin tuotto laskee, voidaan pitää tasoa 50-75 $\mu\text{g/l}$. Syitä huonoon tuottoon ovat ilmeisesti ravinteiden puute lannoittamattomilla lammikoilla ja edellä esitetyt haitat liian runsaasti lannoitetuilla lammikoilla. Leväsamennuksia ja suuria pH:n vaihteluja on havaittu esim. Harjuntausjärvässä, jossa ke-säkuussa 1984 oli Asterionella formosa-piilevän aiheuttama samennus, jonka aikana pH oli lähes 10.

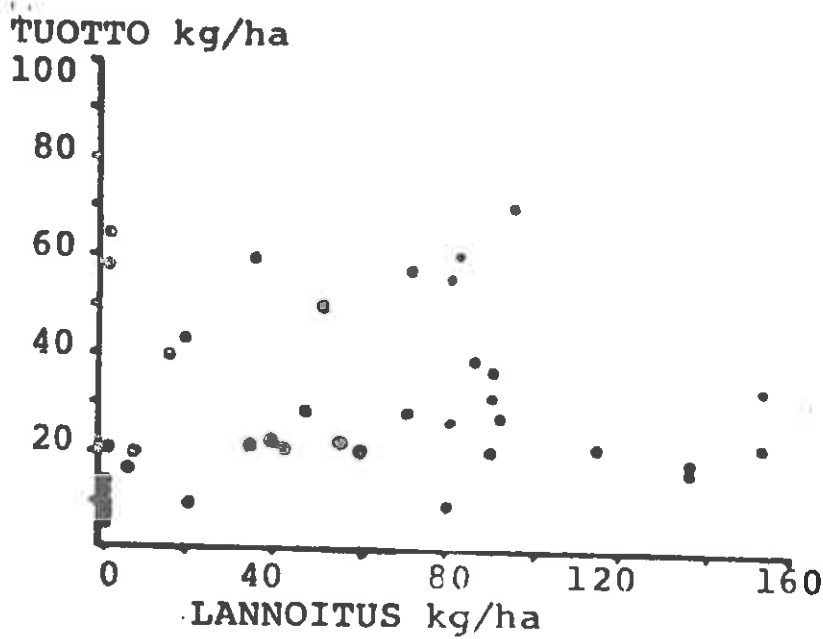


Kuva 11 A: kokonaistypen ja B: kokonaisfosforin ja kalatuoton välinen riippuvuus.

Eskelisen (1983) mukaan on keskisuomalaisilla lammikoilla kokonaisfosforin ja tuoton välillä selvä positiivinen korrelaatio. Hänen tutkimiaan lammikoita ei lannoitettu, ja kokonaisfosforimäärät olivat alle 50 $\mu\text{g/l}$.

Inarissa kokonaisfosforin taso 50 $\mu\text{g/l}$ saavutetaan kuvan 8 mukaan keskimäärin 60 kg/ha lannoituksella. Kokonaisfosforin ja kokonaistypen määrien suhteen tulisi olla noin 1:10, joten lannoituksella tulisi pyrkiä kokonaistypen tasoon 500 - 600 $\mu\text{g/l}$. Tämä taso saavutetaan luokkaa 40 - 50 kg/ha olevalla lannoituksella (kuva 8).

Boydin (1982) mukaan lammikon kalatuotto lisääntyy lannoitusmäärän kasvaessa tiettyyn rajaan saakka. Inarin lammikoilla lannoitusmäärän ja kalatuoton välillä ei havaittu suoraa riippuvuutta (kuva 12). Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että lannoituksen tehoon vaikuttavat paitsi käytetty lannoitemäärä, myös kalkitukset ja lammikoiden luontaisten rehevyystasojen erot.



Kuva 12 Lannoituksen ja tuoton välinen riippuvuus.

Yhdysvalloissa on pilkkupiikkimonnin (*Ictalurus punctatus*) kasvatukseen käytettyjen lammikoiden tehokkaimmaksi lannoitustavaksi havaittu nestemäisen lannoitteen levittäminen lammikkoon esim. viikon välein (Boyd 1982). Inarissa ja Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksella on käytetty "lannoituspönttöjä mallia Salojärvi", pohjaan ankkuroidun narun päässä styroxkehikon varassa kelluvia fosforipronssi-verkosta tehtyjä laatikoita, joihin mahtuu kerralla 25 - 30 kg lannoitetta. Pönttöjä tulisi olla 2 - 3 kpl/ha. Lannoite liukenee hiljalleen verkon läpi tuulen liikutellessa pönttöä. Lannoitetta lisätään n. 2 viikon välein. Nytemmin on siirrytty käyttämään 2"x4"-lankusta tehtyjä 60x60 cm² suuruisia verkkopohjaisia kehikoita, jotka kantavat n. 5 kg lannoitetta. Näihin on lannoitetta lisättävä viikottain. Lannoitteen liuottaminen veteen vähitellen on tehokas menetelmä, sillä se estää ravinnemäärien äkilliset muutokset (vrt. kuva 10). Lannoitus aloitetaan heti kun jäät ovat sulaneet, ja sitä jatketaan heinäkuun lopulle.

Hutchinsonin (1957) mukaan "fosforin keinotekoisella lisäämisellä yhtenä tai kahtena vuonna peräkkäin ei ole mitään pysyvää vaikutusta järven biokemiaan. Järvi on itsesäätelvä systeemi, joka palaa kaikkien siinä toimivien muuttujien säätelymään vakiotilaansa sen jälkeen, kun yhtä näistä

muuttujista on väliaikaisesti häiritty."

Luonnonravintolammikoita lannoitetaan yleensä joka vuosi, mutta ne myös tyhjennetään vuosittain. Boydin (1982) kokemusten mukaan jopa 20 vuotta lannoitettu lammikko tuottaa saman määrän kalaa kuin koskaan lannoittamaton lammikko, jos lannoitus lopetetaan. Vuosittain tyhjennettävää lammikkoa voitaneen verrata säännösteltyyn järveen, joka köyhtyy vuosien kuluessa. Näyttää siltä, että lannoitus ei vaikuta kuin yhden kesän, joten se on toistettava vuosittain. Tosin eräiden israelilaisten tutkimusten mukaan lannoituksessa voidaan muutaman vuoden välein pitää tauko tuoton siitä kärsimättä (Eren ym. 1977). Luonnonravintolammikoiden ravinnetaseet ja niiden dynamiikka vaativat kuitenkin runsaasti tutkimusta, jotta tehokkaimmat hoito- ja lannoitustavat voidaan selvittää.

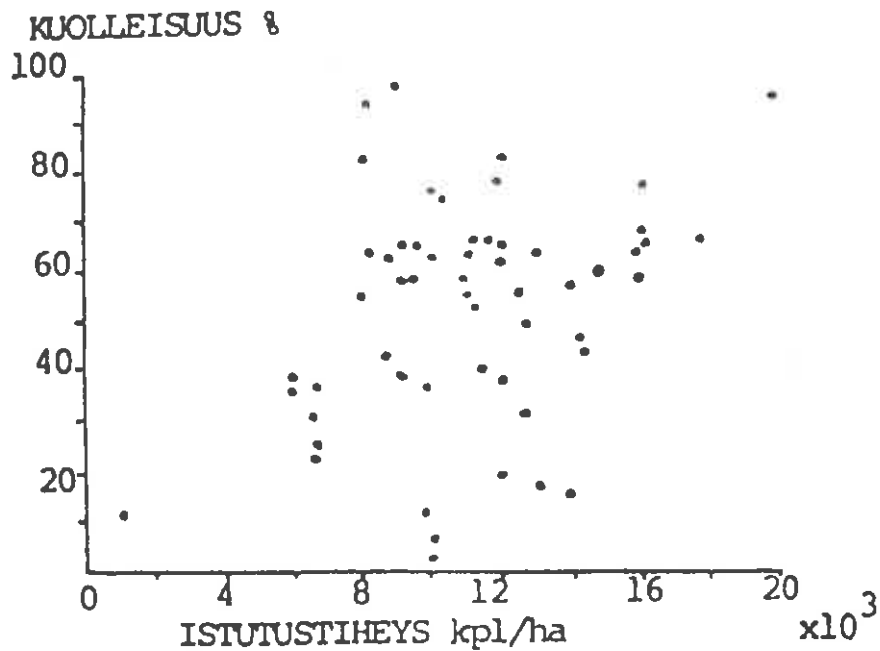
5. Istutustiheys

5.1. Yleistä

Istutustiheyden vaikutusta kalalammikon tuottoon on tutkittu pääasiassa karpilla. Nikolskii (1969) on tiivistänyt näiden tutkimusten tulokset seuraavasti: "Tuotto kasvaa istutustiheyden noustessa tiettyyn rajaan saakka ja kalojen koko pienee, mutta tuotto alkaa vähetä istutustiheyden ylittäessä optimin." Sama ilmiö on havaittu myös siian poikasilla (Snetkov ja Reshetnikov 1980, Salojärvi 1982, Ahonen 1984). Tuoton pieneneminen käytettäessä ylisuuria tiheyksiä johtuu lisääntyvästä kuolleisuudesta ja heikentyneestä kasvusta. Suurin kuolleisuus ajoittuu vaiheeseen, jolloin ruskuaispussin sisältämä ravinto loppuu, ja poikaset siirtyvät ulkoiseen ravinnonottoon. Kuolleisuus johtuu ravinnon vähäisyydestä (Cushing 1974, May 1974).

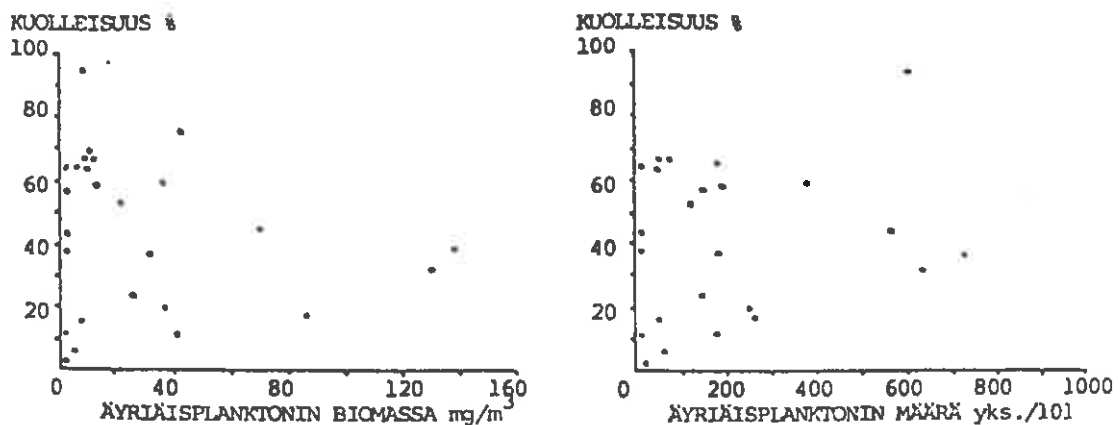
5.2. Kuolleisuus

Inarin lammikoilla istutustiheydet ovat vaihdelleet välillä 4 800 - 20 000 kpl vastakuoriutunutta poikasta/ha, paitsi kerran on Karlinkijärvässä kokeiltu tiheyttä 1 000 kpl/ha. Istutustiheyden ja kuolleisuuden välillä ei ollut selvää numerista riippuvuutta. Kuolleisuus näytti kuitenkin nousevan istutustiheyden kasvaessa (kuva 13). Keskimääräinen kuolleisuus oli 55%.



Kuva 13 Istutustiheyden ja kuolleisuuden välinen riippuvuus.

Poikasten istutushetken aikaisen ravintotilanteen eli äyriäisplanktonin määrän (Kokkonen 1982) ja kuolleisuuden välillä ei ollut riippuvuutta (kuva 14). Tähän lienee eräänä syynä käytetyt menetelmä: kahdesta pisteestä otetut 36 l näytteet eivät välttämättä anna oikeaa kuvaa lammikon eläinplanktonitilanteesta, Planktonin parveutumisen aiheuttaman virheen välttämiseksi näytteitä tulisi ottaa useammasta kohdasta lammikkoa. Planktonmääriä olisi seurattava ainakin joka toinen päivä n. viikon ajan istutuksen jälkeen, jotta poikasten käytettävissä olevan ravinnon määrä saataisiin selville. Istutushetken aikaisen veden lämpötilan ja poikasten kuolleisuuden välillä ei ollut riippuvuutta.

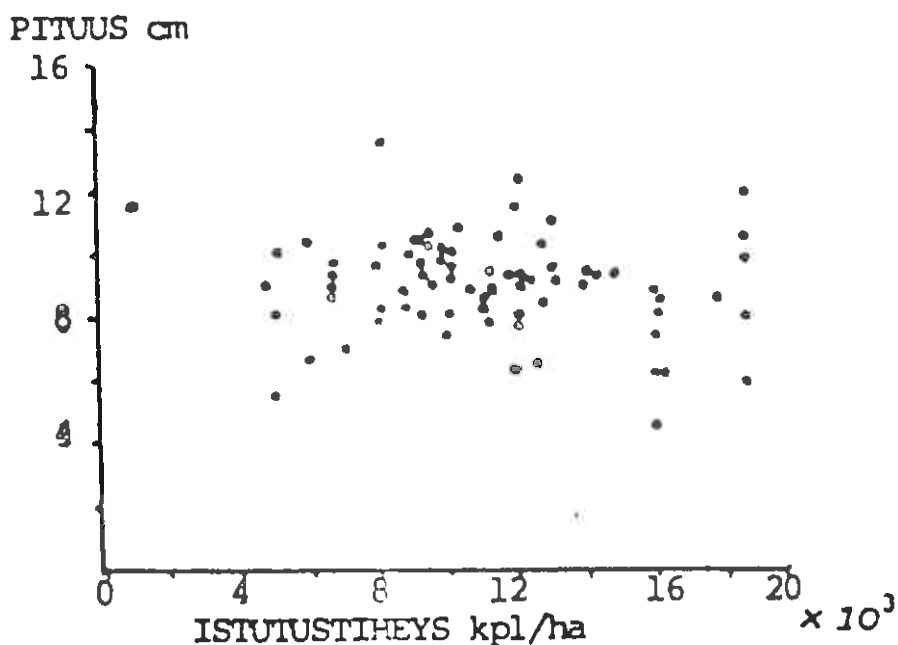


Kuva 14 Istutusajankohdan äyriäisplanktonmäärän ja poikasten kuolleisuuden välinen riippuvuus.

5.3. Tiheyden vaikutus poikasten kokoon ja lammikoiden tuottoon

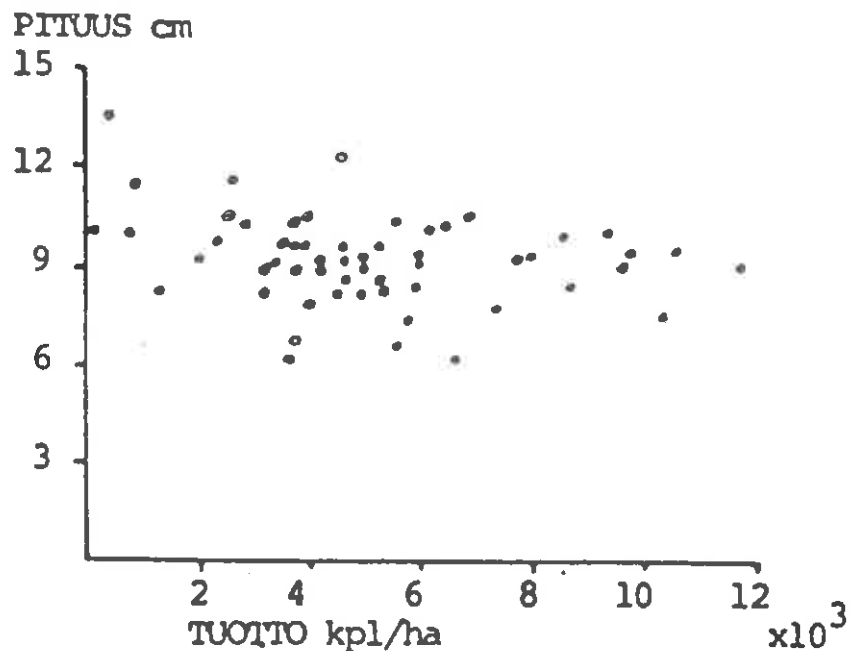
Kalojen kasvun on jo kauan tiedetty riippuvan kannan tiheydestä: esim. Järvi (1919) painotti muikkujen kasvunopeuden riippuvan populaation tiheydestä. Myös luonnonravintolammikoissa poikasten on havaittu jäävän suurilla istutustiheyksillä pieniksi (Nosatova 1980, Snetkov ja Reshetnikov 1980, Eskelinen 1983).

Inarin lammikoilla istutustiheys ei vaikuttanut kesänvanhojen poikasten kokoon (kuva 15). Tämä selittyy ilmeisesti sillä, että istutustiheydet eivät vaihdelleet kovinkaan paljon (4 800 - 20 000 kpl/ha) lukuunottamatta yhtä tiheydellä 1 000 kpl/ha tehtyä istutusta. Näinkään alhainen tiheys ei sanottavasti nostanut poikasten keskipituutta.



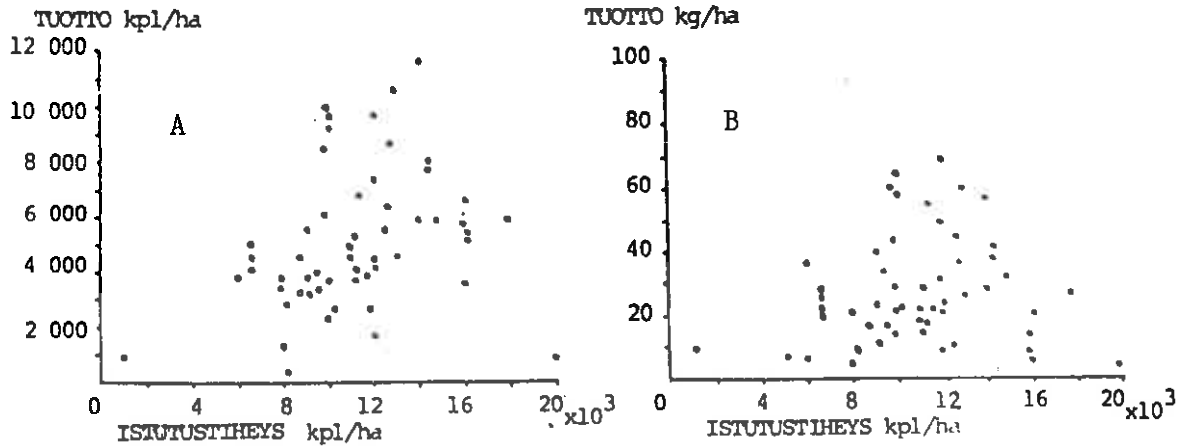
Kuva 15 Istutustiheyden ja kesänvanhojen poikasten pituuden välinen riippuyuus.

Myöskään kasvukauden lopun poikastiheyden ja poikasten koon välillä ei ollut riippuvuutta. Ainoastaan tiheyden ollessa alle 1 000 kpl/ha olivat poikaset hieman keskimääräistä suurempia (kuva 16). Poikasten keskipituus kuvien 15 ja 16 aineistossa oli 9,3 cm. Kun on kyse tavanomaisista viljelytiheyksistä, ei istutustiheyden valinnalla voida paljoakaan vaikuttaa poikasten kokoon. Inarin olosuhteissa on ilmeisesti hyvin vaikeata nostaa poikasten keskipituus yli 10 cm:n lammikon tuoton suuresti kärsimättä.



Kuva 16 Lammikoiden tuoton ja kesänvanhojen poikasten pituuden välinen riippuvuus.

Parhaat tuotot saatiin istutustiheyksillä 10 000 - 14 000 kpl/ha (kuva 17). Inarissa optimitiheys on huomattavasti alhaisempi kuin muualla Suomessa ja Neuvosto-Karjalassa, jossa suurimmat tuotot on saatu istutustiheyksien ollessa 50 000 - 60 000 kpl/ha (Snetkov ja Reshetnikov 1980, Salojärvi 1982).



Kuva 17 Istutustiheyden ja A: kappalemääräisen ja B: kilomääräisen tuoton välinen riippuvuus.

6. Tulosten tarkastelu ja yhteenveto

Inarissa siian poikasten kasvatuksessa käytettyjen luonnonravintolammikoiden tuotto parani vuosittain tarkastelujakson 1976 - 1983 aikana (taulukko 1). Syynä oli lammikoiden rakentamistekniikan ohella kalkitus- ja lannoitusmenetelmien kehittyminen. Esimerkiksi kesien lämpösummien eroilla paranemista ei voida selittää. Vuonna 1983 Inarin lammikoiden keskimääräinen tuotto oli 34 kg/ha ja 7 312 kpl/ha, eli samaa luokkaa kuin muualla Pohjois-Suomessa (Salojärvi 1983). Todennäköisesti Inarin lammikoiden tuotto olisi etelämpänä sijaitsevien lammikoiden tuotto huomppi, mikäli kalkituksia ja lannoituksia ei käytettäisi (ks. kappale 2.1.).

Yhteenvetona tämän selvityksen tuloksista voidaan esittää inarilaisen "keskivertolammikon" viljelyohjeet:

A. Jänkälammikot:

- kalkitus 600 kg/ha
- lannoitus superfosfaattia 20 kg/ha
- istutustiheys 12 000 - 14 000 kpl/ha

B. Luonnonlammesta tehdyt lammikot:

- kalkitus 500 kg/ha
- lannoitus normaalia Ylannosta 40-50 kg/ha
- istutustiheys 12 000 - 14 000 kpl/ha.

Taulukko 1 Inarin alueen luonnonravintolammikoiden siikatuotto vuosina 1976-1983.

vuosi	lammikoiden pinta-ala ha	kg	kpl	kg/ha	kpl/ha
1976	130.0	-	228 290*	-	1 756*
1977	169.0	-	282 820	-	1 673
1978	180.0	1 320	505 400	7.4	2 808
1979	303.4	6 556	1 259 300	21.7	4 146
1980	325.6	7 495	1 428 265	23.0	4 387
1981	332.7	7 881	1 700 180	23.7	5 110
1982	323.1	10 241	1 773 330	31.6	5 471
1983	305.5	10 396	2 233 882	34.0	7 312

*perustuu vain paunettiarvioihin

7. Kirjallisuus

- Ahonen, M. 1984: Kokeellinen selvitys istutustiheyden vaikutuksesta siianpoikasten kasvuun ja lammikoiden tuottoon. - Pro gradu-tutkielma, Oulun yliopisto.
- Boyd, C. 1976: Lime Requirement and Application in Fish Ponds. - Teoksessa: Pillay, T. ja Dill, Wm. (toim.): Advances in Aquaculture, ss. 120 - 123, Farnham.
- Boyd, C. 1982: Water Quality Management for Pond Fish Culture. - 1. painos, 318 s., Amsterdam.
- Boyd, C. ja Cuenco, M. 1980: Refinements of the lime requirement procedure for fish ponds. - Aquaculture 21: 293 - 299.
- Cushing, D. 1974: The Possible Density-Dependance of Larval Mortality and Adult Mortality in Fishes. - Teoksessa: Blaxter, J. (toim.): The Early Life History of Fish, ss. 103 - 111, Heidelberg.
- deNoyelles, F. ja O'Brien, W. 1978: Phytoplankton succession in nutrient enriched experimental ponds as related to changing carbon, nitrogen and phosphorus conditions. - Arch. Hydrobiol. 84: 137 - 165.
- Dickman, M. ja Efford, I. 1972: Some effects of artificial fertilization on inclosed plankton populations in Marion Lake, British Columbia. - J. Fish. Res. Bd Canada 29: 1595 - 1604.
- EIFAC 1969: Water quality criteria for European freshwater fish - extreme pH values and inland fisheries. - Water Res. 3: 593 - 611.

- Ejsmont-Karabin, J., Bownik-Dylinska, L., Weglanska, T. ja Karabin, A. 1979: The effect of mineral fertilization on lake zooplankton. - *Ekol. Pol.* 28: 3 - 4.
- Eren, Y., Tsur, T. ja Avnimelech, Y. 1977: Phosphorous fertilization of fishponds in the Upper Galilee. - *Bamidgeh* 29: 87 - 93.
- Eskelinen, U. 1983: Luonnonravintoviljelyn biotekniikka. - Esitelmä, Kainuun kalataloussymposium 14.06. 1983, Kajaani.
- Eskelinen, U. ja Sumari, O. 1977: Luonnonravintolammikoiden kalamäärien arviointi Petersen-menetelmällä. - *Suomen Kalastuslehti* 84: 6 - 9.
- Hänninen, K. 1978: Eläinplanktontulokset Inarin luonnonravintolammikoilta, kesäkuu -78. Moniste, Pohjois-Suomen keskusalanviljelylaitos.
- Hutchinson, G. 1957: A Treatise on Limnology. Volume I: Geography, Physics, and Chemistry. - 1. painos, ss. 727 - 752, Lontoo.
- Järvi, T. H. 1919: Muikku ja muikkukannat (*Coregonus albula* L.) eräissä Suomen järvissä. 1. Keitele. Suomen Kalatalous 5., 284 s.
- Kallio, P., Karunen, P., Mikola, H., Pihakaski, K., Pihakaski, S. ja Salin, M. 1981: Kasvien pohjoinen stressi ja sopeuttaminen. - *Luonnon tutkija* 85: 98 - 107.
- Kokkonen, A.-M. 1982: Eläinplanktonista ja sen osuudesta plankton- ja pohjasiiian poikasten ravinnossa eräissä Inarin luonnonravintolammikoissa. - Moniste, Pohjois-Suomen keskusalanviljelylaitos.
- May, R. 1974: Larval Mortality in Marine Fishes and the critical Period Concept. - Teoksessa: Blaxter, J. (toim.): *The Early Life History of Fish*, ss. 3 - 19, Heidelberg.
- Mäkinen, Y. 1978: Tilastotiedettä biologeille. - 4. painos, 306 s., Turku.
- Nikolskii, G. 1969: Fish Population Dynamics. - 1. painos, ss. 68 - 78, Edinburgh.
- Nosatova, G. 1980: Rearing of Baikal Omul, Coregonus autumnalis migratorius, in Lakes of Karelia. - *J. Ichtyol.* 20(4): 116 - 121.

- O'Brien, W. ja deNoyelles, F. 1972: Photosynthetically elevated ph as a factor in zooplankton mortality in nutrient enriched ponds. - Ecology 53: 605 - 614.
- Ohlson, B. 1981: Utsjoen-Inarin Lapin ilmasto-oloista ja kallioperästä. - Luonnon tutkija 85: 75 - 78.
- Salojärvi, K. 1982: Spawning ecology, larval food supplies and causes of larval mortality in the whitefish (Coregonus lavaretus L.) - Polskie Arch. Hydrob. 29: 159 - 178.
- Salojärvi, K. 1983: Siian luonnonravintolammikkoviljely ja kesänvanhojen poikasten istutusten tulokset Pohjois-suomen sisävesissä. - Suomen Kalatalous 51: 51 - 66.
- Snetkov, M. ja Reshetnikov, Y. 1980: Possible Use of a Modified Beverton-Holt Recruitment Model to Estimate the Optimum Stocking Density of Larval Coregonidae. - J. Ichtyol. 20(6): 143 - 146.
- Tolonen, A. 1980: Kilpisjärven kasviplanktonin perustuotannosta. - Luonnon tutkija 84: 49 - 51.
- Vesihallitus 1980: Lapin vesien käytön kokonaissuunnitelma. Osa I: suunnittelualue ja vesivarat. - Tiedotus 186, 150 s.

**RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS,
KALANTUTKIMUSOSASTO**

MONISTETTUJA JULKAISUJA

- No 53. Papers presented at ICES Statutory Meetings in 1984—86 by Finnish participants. Helsinki 1986. 260 pp.
- No 54. JÄRVENPÄÄ, T.: Veden vähähappisuuden ja happamuuden vaikutukset ravun hemolymfaan. Helsinki 1986. 64 s.
- No 55. NYLUND, V.: Ravun loisen, *Psorospermium haeckeli* Hilgendorf rakenne, haittavaikutukset ja taksonominen asema. Helsinki 1986. 60 s.
- No 56. KETTUNEN, J. ja HILDÉN, M.: Populaatioanalyysi ja sen herkkyys parametrien muutoksille. Helsinki 1986. 50 s.
- No 57. IKONEN, E., JUTILA, E., KOLJONEN, M-L., PRUUKI, V. ja ROMAKKANIEMI, A.: Tornionjoen vesistön meritaimenkantojen tila, geneettiset erot ja viljelytarpeet. Helsinki 1986. 103 s.
- No 58. SALOJÄRVI, K. ja HUUSKO, A.: Sotkamon reitin velvoitehoidon tulokset v. 1981—1985, tuloksiin vaikuttavat tekijät ja suositukset hoidon kehittämiseksi. Helsinki 1987. 311 s.
- No 59. HEINONEN, M.: Suur-Saimaan siikojen taksonomia ja geneettinen muuntelu. Helsinki 1987. 88 s.
- No 60. PENNANEN, J.T.: Kokemäenjoen vesistön toutaimen hoito- ja suojeluohjelma. Helsinki 1987. 56 s.
- No 61. Suunnitelma Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston toiminnaksi vuodelle 1987. Helsinki 1987. 184 s.
- No 62. IKONEN, E., AHLFORS, P., MIKKOLA, J. ja SAURA, A.: Meritaimenen ja lohen elvyttäminen Vantaanjoen vesistössä. Helsinki 1987. 106 s.
- No 63. WESTMAN, K., SOIVIO, A., AUTTI, M., JUOLA, M., ARO, M., NENONEN, O. ja TUUNAINEN, P.: Kemi- ja Iijoen lohivelvoitteen hoito. Helsinki 1987. 81 s.
- No 64. JUNTUNEN, K.: Kromosomimääritys apuna siikojen taksonomisten ongelmien ratkaisemisessa. Helsinki 1987. 77 s.
- No 65. PARTANEN, H.: Kalan markkinoinnin nykytila ja kehittäminen Inarin kunnan alueella. Helsinki 1987. 110 s.
- No 66. SARJAMO, H. ja HONKASALO, L.: Kirakkajoen vesistön säännöstelyn vaikutukset Rahajärven, Hammasjärven ja Ukonjärven kalakantoihin sekä kalakantojen hoitosuunnitelma. Helsinki 1987. 70 s.
- No 67. TUUNAINEN, P., VUORINEN, P.J., RASK, M., JÄRVENPÄÄ, T. ja VUORINEN, M.: Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin. Raportti vuodelta 1986. English summary: Effects of acidic deposition on fish, Report 1986. Helsinki 1987. 72 s.
- No 68. HEIKINHEIMO-SCHMID, O., NENONEN, M., LIEKONEN, E. ja HUUSKO, A.: Kalastus Kemijärvässä vuonna 1980. s. 1—42.
HEIKINHEIMO-SCHMID, O.: Kalastus Kemijärvässä vuonna 1982. s. 43—82.
PARTANEN, H.: Selvitys Kemijärven kalan markkinoinnista. s. 83—111.
NENONEN, M.: Selvitys Kemijärven kaloissa esiintyvistä haju- ja makuvirheistä. s. 113—147.
TIKKANEN, P. ja HELLSTEN, S.: Muikun kutualueista ja mädin selviytymisestä Kemijärvässä vuosina 1982—1985. s. 149—173.
HUUSKO, A. ja KARTTUNEN, V.: Kalanpoikasten esiintymisestä Kemijärvässä vuonna 1985. s. 175—194.
HUUSKO, A.: Siian ja ahvenen ravinnosta Kemijärvässä. s. 195—222.
HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja HUUSKO, A.: Kalojen vaellus Kemijärvestä alavirtaan. s. 223—251. Helsinki 1987.
- No 69. HEIKINHEIMO-SCHMID, O. ja HUUSKO, A.: Kemijärven kalatalouden nykytila ja ehdotukset kalakantojen hoitotoimenpiteiksi. Helsinki 1987. 212 s.

SISÄLTÖ

AHLFORS, P., KUMMU, P. ja WESTMAN, K.: Karppi Suomessa — Katsaus viljely- ja istutustoimintaan 1951—1981.	1—22
AHONEN, M.: Kalkituksen, lannoituksen ja istutustiheyden vaikutukset Inarin luonnonravintolammikoiden siianpoikastuottoon vuosina 1976—1983	23—45
KALLIO-NYBERG, I. ja PRUUKI, V.: Tornionjoen lohikannan kutunousu ja monimuotoisuus	47—74
SARJAMO, H.: Jerisjärven kalastus ja siikakannat vuosina 1978—1982	75—104

ISBN 951-9092-99-4
ISSN 0358-4623