

RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA- FISKUNDERSÖKNINGAR



1
1990



RIISTA-JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS

KALATUTKIMUKSIA - FISKUNDERSÖKNINGAR



Vastaava toimittaja: Eero Aro

Toimittajat: Mikael Hildén, Aimo Järvinen, Marja-Liisa Koljonen, Finn Löf, Eija Nylander, Riitta Rahkonen, Petri Suuronen, Lauri Urho ja Aune Vihervuori

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Kalantutkimusosasto
Kalanviljelyosasto
PL 202
00151 Helsinki

puh. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar sarjassa julkaistaan kalatalouteen liittyviä tutkimuksia, suunnitelmia, raportteja, selvityksiä, lausuntoja, esitelmiä sekä tutkimusten aineistoja tai muita vastaavia kirjoituksia. Julkaisukieliä ovat pääsääntöisesti suomi ja ruotsi. Kirjoitusohjeita on saatavilla Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tietopalvelussa (PL 202, 00151 Helsinki).

Julkaisun jakelusta päätetään kunkin numeron osalta erikseen. Julkaisua koskevat tiedustelut osoitetaan tietopalveluun.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar on jatkoa sarjoille: "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (no:t 1–97), "Tiedonantoja" (no:t 1–24) ja "Meddelanden" (no:t 1–21).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston ja kalanviljelyosaston muut julkaisusarjat ovat "Finnish Fisheries Research" ja "Suomen Kalatalous".

Ansvarig redaktör: Eero Aro

Redaktörer: Mikael Hildén, Aimo Järvinen, Marja-Liisa Koljonen, Finn Löf, Eija Nylander, Riitta Rahkonen, Petri Suuronen, Lauri Urho ja Aune Vihervuori

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
Fiskeriforskningsavdelningen
Fiskodlingsavdelningen
PB 202
00151 Helsingfors

tel. 90 - 624 211
telex 19101236 vdx sf
telefax 90 - 631 513
telebox tbx668

I serien Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar publiceras undersökningar, planer, rapporter, utredningar, utlåtanden, föredrag samt forskningsmaterial eller motsvarande artiklar som behandlar fiskerihushållningen. Publikationsspråken är i huvudsak finska och svenska. Skrivinstruktioner erhålls från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets informationstjänst (PB 202, 00151 Helsingfors).

Publikationens distribuerings fastställes skilt för varje nummer. Förfrågningar angående tidskriften riktas till informationstjänst.

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar är fortsättning på "Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–42) ja "Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja" (nr 1–97), "Tiedonantoja" (nr 1–24) och "Meddelanden" (nr 1–21).

Övriga publikationsserier från Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets fiskeriforskningsavdelningen och fiskodlingsavdelningen är "Finnish Fisheries Research" och "Suomen Kalatalous".

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 1

1990

Kalantutkimus puntarissa: Suomalainen kalantutkimus 1980-luvulla

Jouko Sarvala

**Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen siianpoikasten viljelyyn
käytettyjen luonnonravintolammikoiden tuotosta ja tuottoon
vaikuttavista tekijöistä**

Teppo Vehanen ja Vesa Niemitalo

Helsinki 1990

ISSN 0787-8478
Helsinki 1990
• Yliopistopaino

**POHJOIS-SUOMEN KESKUSKALANVILJELYLAITOKSEN SIIANPOIKASTEN
VILJELYYN KÄYTETTYJEN LUONNONRAVINTOLAMMIKOIDEN TUOTOSTA JA
TUOTTOON VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ**

TEPPO VEHANEN JA VESA NIEMITALO

SISÄLLYS

1. Johdanto.....	25
2. Tutkimusalue.....	27
2.1 Alueen yleiskuvaus.....	29
2.1.1 Kallio- ja maaperä.....	29
2.1.2 Ilmasto.....	29
3. Aineisto ja menetelmät.....	30
3.1 Tuottotiedot.....	30
3.2 Vesinäytteet.....	30
3.3 Viljellyt kalat.....	31
3.4 Luonnonravintolammikot ja niiden hoito.....	31
3.5 Tilastolliset menetelmät.....	32
4. Tulokset.....	34
4.1 Lammikoiden vedenlaatu.....	34
4.1.1 Lammikoiden välinen vedenlaadun vaihtelu.....	34
4.1.2 Lammikoiden sisäinen vedenlaadun vaihtelu.....	38
4.2 Luonnonravintolammikoiden tuotto.....	39
4.2.1 Poikasten kasvu.....	42
4.2.2 Poikasten kuolleisuus.....	42
4.3 Tuottoon vaikuttavat tekijät.....	43
4.3.1 Istutustiheys.....	43
4.3.2 Istutustiheyden vaikutus poikasen kokoon.....	45
4.3.3 Vedenlaadun ja poikastuoton riippuvuus.....	48
4.3.4 Lannoitus.....	51
4.3.5 Kalkitus.....	55
5. Tulosten tarkastelu.....	60
5.1 Lammikoiden vedenlaatu.....	60
5.1.1 Lammikoiden välinen vedenlaadun vaihtelu.....	62
5.1.2 Lammikoiden sisäinen vedenlaadun vaihtelu.....	63
5.2 Luonnonravintolammikoiden tuotto.....	64
5.2.1 Poikasten kasvu.....	65
5.2.2 Poikasten kuolleisuus.....	66
5.3 Tuottoon vaikuttavat tekijät.....	68
5.3.1 Istutustiheys.....	68
5.3.2 Istutustiheyden vaikutus poikasen kokoon.....	69
5.3.3 Vedenlaadun ja poikastuoton riippuvuus.....	71
5.3.4 Lannoitus.....	72
5.3.5 Kalkitus.....	75

6. Johtopäätökset.....	80
7. Tiivistelmä.....	82
8. Kirjallisuus.....	86
Liitteet.....	93

1. JOHDANTO

Luonnonravintoviljelyllä tarkoitetaan kalanviljelyä, jossa poikaset käyttävät lammikossa kehittynyttä tai sinne muualta joutunutta ravintoa. Vastakuoriutuneet poikaset istutetaan lammikkoon keväällä ja siirretään varsinaiseen istutusveteen syksyllä. Istutusikä voi lajista riippuen kuitenkin vaihdella muutamasta viikosta (esikeseäinen hauki, Esox lucius L.) muutama vuoteen (esim. taimen Salmo trutta L.). Lammikot täyttyvät keväällä valumavesistä, ja ne tyhjennetään yleensä syksyllä. Tyhjennyksen etuna on poikasten helppo keräys poistokanavaan sijoitetusta keräilylaitteesta. Näin myös varmistetaan, että lammikkoon ei jää ylivuotisia poikasia tai muita kaloja.

Lammikoiden tuotantoa parannetaan kalkituksin ja lannoituksin. Kalkituksella pyritään kohottamaan veden pH sopivalle tasolle ja puskuroimaan vesi pH:n muutoksia vastaan. Lannoituksella pyritään kasviravinteita lisäämällä kohottamaan perustuotantoa ja sitä kautta myös lisäämään kalatuottoa. Lammikoiden hoitoon kuuluu lisäksi veden korkeuden ja virtauksen säätely, sekä mahdollisten kalaa syövien vahinkoeläinten poistaminen.

Luonnonravintoviljely on suhteellisen edullista. Maa- ja metsätalousministeriön asettaman valtion kalanviljelyn tavoitetyöryhmän (1988) mukaan 1-kesäisen luonnonravintolammikkopoikasen omakustannushinta jää valtion kalanviljelytoiminnassa alle 35 penniä/poikanen. Korhonen (1978) esittää, että poikanen on myös laitospoikasta elinkykyisempi, koska sen ravinnossa ei istutuksen jälkeen tapahdu merkittävää muutosta. Kesänvanha siianpoikanen antaa suuremman kokonsa vuoksi paremman saaliin istutuksista kuin vastakuoriutunut poikanen (esim. Salojärvi 1980).

Suurimmassa osassa Suomen luonnonravintolammikoista tuotetaan siian (Coregonus sp.) 1-kesäisiä poikasia. Siianpoikaset muodostavat noin 90 % lammikoista istutuksiin toimitetuista poikasista (MMM 1988). Muita viljeltyjä lajeja ovat mm. harjus (Thymallus thymallus L.), hauki (Esox lucius L.), kuha (Stizostedion lucioperca L.), toutain (Aspius Aspius L.) säyne (Leuciscus idus L.), lahna (Abramis brama L.), taimen (Salmo

trutta L.), nieriä (Salvelinus alpinus L.) ja lohi (Salmo salar L.).

Pääosa lammikkopinta-alasta sijaitsee Pohjois-Suomessa. Tämä johtuu paitsi arvokalojen hoitotarpeesta ja hyvistä lammikko-paikoista, myös valtion Pohjois-Suomeen myöntämistä työllisyysvaroista, joiden turvin suuri osa lammikoista on rakennettu (Aro 1977).

Siianpoikasten kasvatusta lammikoissa ilman ruokintaa yksi- ja kaksikesäisiksi harrastettiin Suomessa jo tämän vuosisadan alussa (Brofeldt 1920). Laajemmassa mittakaavassa kesänvanhojen siianpoikasten lammikkoviljely aloitettiin 1960-luvulla (Sormunen 1968). Vuonna 1978 tuotettiin 20,6 miljoonaa 1-kesäistä siianpoikasta (Sumari ja Eskelinen 1980). Vuonna 1986 1-kesäisten siianpoikasten tuotanto oli noussut yli 38:n miljoonan kappaleen (RKTL 1988), mutta ilmeisesti ylituotannon vuoksi vuonna 1987 tuotettiin enää hieman yli 30 miljoonaa poikasta (RKTL 1989). Vuonna 1987 lammikoiden yhteispinta-ala oli 9495 hehtaaria (RKTL 1989). Viljelyä harjoittavat mm. riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL), metsähallitus, voimalaitosyhtiöt, vesi- ja ympäristöhallitus, kalastuskunnat sekä muut yhteisöt ja yksityiset viljelijät.

Ensimmäiset tutkimustulokset luonnonravintolammikkoviljelystä ovat Iijoelta 1960-luvulta (Sormunen ym. 1969). Siikalammikoiden tutkimuksia ovat 1970-luvun lopulta lähtien tehneet mm. Pulkkinen 1978, Kolari 1981, Torssonen 1981, 1982, Hiltunen 1982, Kokkonen 1982, Lindqvist ja Pärjälä 1982, Salojärvi 1982, 1983, Ahonen 1984, 1987, Ahtela 1988 ja Vehanen 1989.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen käytössä oli 2241 ha (91 kpl) lammikoita vuonna 1986, mikä on 22,9 % koko maan lammikkopinta-alasta (MMM 1988). RKTL:n luonnonravintolammikoissa on tuotettu 1-kesäisiä siikoja, kuhia, harjuksia, nieriöitä, toutaimia, lohia, taimenia sekä vähäisemmässä määrin vanhempia siikoja, järvitaimenia ja lohia (MMM 1988). Poikasia on käytetty velvoiteistutuksiin, merialueen vaellussiikaistutuksiin, emokalakantojen perustamiseen, mädinhankinnan turvaamiseen, tutkimustarkoituksiin, yleishyödyllisiin istutuksiin sekä eri-

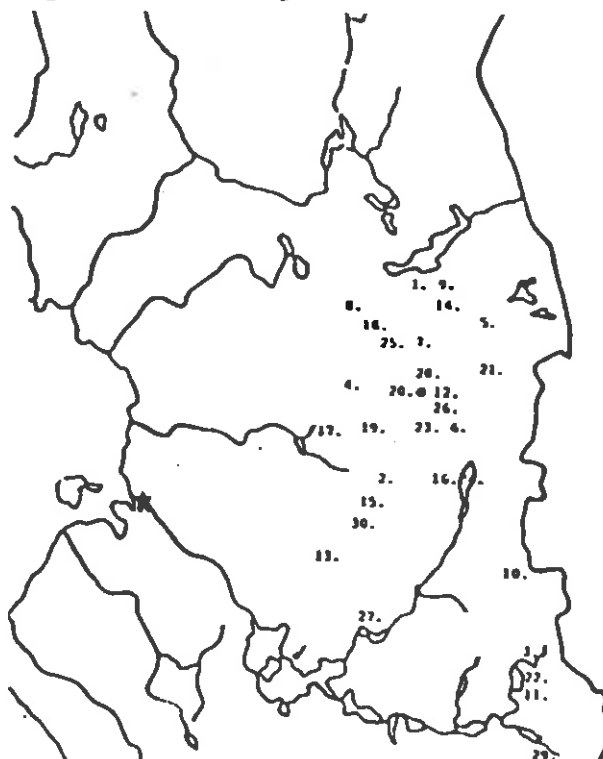
laisiin korvauksiin ja lammikoiden vuokriin.

RKTL istutti vuonna 1986 1-kesäisiä siikoja 8,41 miljoonaa kappaletta. Tästä määrästä oli vaellussiikaa (Coregonus lavaretus L.) 3,55 miljoonaa kappaletta, planktonsiikaa (Coregonus muksun Pallas) 3,24, pohjasiikaa (Coregonus pidschian Gmelin) 1,47 ja peledsiikaa (Coregonus peled Gmelin) 0,16 miljoonaa kappaletta (MMM 1988). Näiden istutusten arvo oli vuoden 1986 poikashintojen perusteella mukaan noin 5,05 milj.markkaa.

Luonnonravintoviljelyn poikastuotanto vaihtelee suuresti eri lammikoiden ja vuosien välillä. Tämän työn tarkoituksena on tarkastella poikastiheyden ja vedenlaadun vaikutuksia Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen (PSKKVL) hoitamilla siianviljelyyn käytetyillä luonnonravintolammikoilla.

2. TUTKIMUSALUE

Tutkimukseen käytettyjen lr-lammikoiden sijainti on esitetty kuvassa 1. Taulukossa 1 on esitetty lr-lammikoiden pinta-alat, sijaintikunta ja vesistöalue.



- | | |
|-------------------|---------------------------|
| 1. Heinälampi | 19. Raatelampi |
| 2. Hukkalampi | 20. Ryötilampi |
| 3. Iso-Nuolilampi | 21. Sarvijärvi |
| 4. Kaakkuri | 22. Sulatuslampi |
| 5. Kaattari | 23. Suomussalmen |
| 6. Kellojärvi | Ahvenlampi |
| 7. Kerkkämännikkö | 24. Särkilampi |
| 8. Kivilampi | 25. Taivalkosken |
| 9. Koivulampi | Ahvenlampi |
| 10. Koljatinlampi | 26. Valkea-Iso-Mustalampi |
| 11. Koppelolampi | 27. Varsajärvi |
| 12. Lapinlampi | 28. Vesanlampi |
| 13. Lautinjärvi | 29. Viitajalampi |
| 14. Matkalampi | 30. Kylä I |
| 15. Nuottipuro | * Taivalkoski |
| 16. Pahalampi | * Oulu |
| 17. Pikku-Nuti | |
| 18. Pikkuniemi | |

Kuva 1. Tutkimukseen käytettyjen luonnonravintolammikoiden sijainti.

Taulukko 1. Tutkimuslammikoiden pinta-ala, sijaintikunta ja vesistöalue.

Lammikko	Kunta	Pinta-ala	Vesistöalue
Ahvenlampi	Suomussalmi	34,0	Oulujoki
Ahvenlampi	Taivalkoski	4,0	Iijoki
Heinälampi	Posio	5,8	Iijoki
Iso-Nuolilampi	Kuhmo	12,0	Oulujoki
Kaakkurilampi	Pudasjärvi	3,0	Iijoki
Kaattarilampi	Kuusamo	8,0	Iijoki
Kellojärvi	Suomussalmi	73,0	Oulujoki
Kerkkämännikkö	Taivalkoski	6,3	Iijoki
Kivilampi	Pudasjärvi	6,0	Iijoki
Koivulampi	Kuusamo	20,0	Iijoki
Koljatinlampi	Suomussalmi	19,0	Oulujoki
Koppelolampi	Kuhmo	7,0	Oulujoki
Lapinlampi	Suomussalmi	23,5	Oulujoki
Lautinjärvi	Puolanka	56,0	Oulujoki
Matkalampi	Kuusamo	27,0	Iijoki
Nuottipuro	Puolanka	1,1	Iijoki
Pahalampi	Suomussalmi	11,8	Oulujoki
Pikku-Nuti	Pudasjärvi	7,0	Iijoki
Pikkuniemi	Taivalkoski	6,4	Iijoki
Raatelampi	Taivalkoski	16,0	Iijoki
Ryöttilampi	Taivalkoski	20,0	Iijoki
Sarvijärvi	Taivalkoski	27,5	Oulujoki
Sulatuslampi	Kuhmo	27,5	Oulujoki
Särkilampi	Suomussalmi	23,0	Oulujoki
Valkea-Iso-Mustal.	Suomussalmi	26,8	Oulujoki
Varsajärvi	Paltamo	69,0	Oulujoki
Vesanlampi	Taivalkoski	7,5	Iijoki
Viitajalampi	Kuhmo	11,0	Oulujoki
Äylö I	Puolanka	0,8	Kiiminkijoki

2.1 ALUEEN YLEISKUVAUS

2.1.1 KALLIO- JA MAAPERÄ

Ii- ja Kiiminkijoen vesistöalueen kallioperä muodostuu pääosin kiteisistä liuskeista, joista suurimman osan muodostaa laaja graniitti-gneissialue (Vesihallitus 1977b). Oulujoen vesistöalueella Kainuun kallioperä kuuluu Suomen karjalaiseen vyöhykkeeseen, jonka pääalue toisaalta jakaantuu graniittivaltaisiin, toisaalta liuskevaltaisiin alueisiin (Vesihallitus 1977a). Kainuun itäosassa on laaja gneissi-graniittialue, jossa tavataan myös liuskeita.

Kivennäismaalajien suhteen alue on pääosin moreenin peittämä (Vesihallitus 1977a,b). Aluetta halkovat muutamat suurehkot pitkittäisharjujaksot, jotka suuntautuvat idästä länteen. Korkeimmissa selänteissä esiintyy soraa ja kivikkoa. Hiekkaa ja hietaa esiintyy harjujaksojen yhteydessä. Hiesu ja saviesiintymät ovat alueella harvinaisia.

Eloperäisistä maalajeista hallitsevin on turve, joka monin paikoin peittää kivennäismaalajit (Vesihallitus 1977a,b). Alue kuuluu maamme soisimpiin.

2.1.2 ILMASTO

Vuoden keskilämpötila tutkimusalueella on 0 - +2 °C astetta (Suomen kartasto 1987) Heinäkuun keskilämpötila on +16 - +14 °C. Lämpötilan keskimääräinen absoluuttinen vuosimaksimi on 28 °C.

+5 °C isotermin ajankohta keväällä on alueen eteläosassa noin 10.5 ja pohjoisosassa 15.5 (Suomen kartasto 1987). Termisen kasvukauden (+5 < > +5 °C) pituus on 130-145 vuorokautta. Termisen kasvukauden keskilämpötila on +11-+12 °C. Kasvukauden tehoisan lämpötilan summa on alueen pohjoisosassa 800 °C ja nousee eteläosissa lähelle 1 000 °C (Suomen kartasto 1987).

Tutkimusalue kuuluu maamme runsassateisimpiin alueisiin. Sadepäiviä on vuodessa 160-180 kappaletta. Vuotuinen korjattu sa-

demäärä on 600-800 mm. Touko-syyskuun sademäärä on 300-350 mm. Lumena sataa 250-300 mm.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineistona on käytetty PSKKVL:n hoidossa vuosina 1979-1988 olleiden lammikoiden tuotto- ja vesianalyysitietoja.

3.1 TUOTTOTIEDOT

Kalatuottoon vaikuttavia tekijöitä tarkasteltaessa aineistosta on jätetty pois ne havainnot, jolloin tuotto on pelkästään arvioitu tai tuottoon on havaittu vaikuttaneen jonkin ylimääräisen häiriötekijän: ylivuotiset poikaset, petokalat ja muut pedot tai lammikon tyhjentämisvaikeudet. Kaikkia ylimääräisiä häiriötekijöitä ei puutteellisen raportoinnin vuoksi ilmeisesti kyetty poistamaan.

Poikaset on kerätty lammikoista paunetilla ja/tai keräilylaitteella. Tuoton määrittäminen on tapahtunut punnitsemalla kaikki lammikosta saadut poikaset. Keskipainon perusteella on lukuääräinen tuotto voitu laskea. Joinain vuosina tuotto on määritetty merkintä-takaisinpyynti eli Petersenin menetelmällä (esim. Eskelinen ja Sumari 1977). Poikasten kasvua on yleensä seurattu 2-5 kertaa tehdyin mittauksin.

3.2 VESINÄYTTEET

Vesinäytteet on otettu Ruttner-noutimella 0,2-1,0 metrin syvyydestä joko kokoomanäytteenä eri puolilta lampea tai lammikon keskiosasta. Joissain tapauksissa näyte on jouduttu ottamaan lammikon rannasta tai poistokanavasta. Eri tavoin otettuja näytteitä ei ole käsitelty erikseen.

Taivalkoskella sijaitsevien luonnonravintolammikoiden vedenlaatua on seurattu 1-2 viikon välein. Muualla sijaitsevilta lammikoilta vesinäytteitä on otettu harvemmin kasvatuskauden aikana. Vesianalyysi- ja lannoitustietoja on käytetty myös harjus- ja taimenlammikoilta.

Vesianalyysit on tehty PSKKVL:n vesilaboratoriossa Ohtaojalla. Näytteistä on määritetty happipitoisuus, pH, sähkönjohtokyky, veden väri, alkaliniteetti, kokonaisfosfori ja kokonaisrauta.

3.3 VILJELLYT KALAT

Pääosa aineiston tuottotiedoista (N=76) koostuu planktonsiias-
ta. Vähemmässä määrin viljelyssä on ollut vaellussiikaa (N=9).
Eri lajeja ei ole käsitelty erikseen, koska eri siikalajien
poikasten välillä ei ilmeisesti ensimmäisenä kesänä tapahdu
merkittävää erikoistumista. Eri siikalajien välillä ei lammi-
koilla ole havaittu eroja kasvussa tai kuolleisuudessa (Ahonen
1987), eikä ravinnossa (Torssonen 1982).

Luonnonravintolammikoihin istutetut siianpoikaset on haudottu
PSKKVL:n hautomossa. Mäti on peräisin PSKKVL:n viljelyssä ole-
vista emokaloista tai mädinhankintapyyynnistä. Laitoksella on
viljelyssä Kontiolahden, Nivanvirran ja Koitajoen planktonsi-
kakantoja. Poikaset on kuljetettu lammikoihin happipakkauksis-
sa mahdollisimman nopeasti kuoriutumisen jälkeen.

3.4 LUONNONRAVINTOLAMMIKOT JA NIIDEN HOITO

Lähes kaikki tässä käsitelty lammikot ovat luonnonlammista
tai -järvistä kanavoimalla rakennettuja. Metsähallituksen
omistamat Nuottipuro ja Äylö I on rakennettu patoamalla puron
varteen.

Lammikoiden pohja on yleisesti pehmeä liejupohja. Poikkeuksena
on Sarvijärven lammikko, jossa pohja on osittain kova kivikko-
pohja sekä padotuista lammikoista Nuottipuro, joka on savi-
pohjainen ja Äylö I kangaspohjainen.

Lammikot on kalkittu keväällä hangen päälle. Kalkki on levi-
tetty lammikkoalueelle pääasiassa miestyönä. Vuonna 1988 on
käytetty moottorikelkkaan kytkettyä levitintä. Kalkitusaineena
on käytetty dolomiittikalkkia, joka sisältää 25-48 % CaO, 3-20
% MgO, 6-15 % SiO₂, 0-2,5 % Al₂O₃ ja enintään 2,5 % Fe₂O₃
(Heikkinen ja Alasaarela 1988). Tämän lisäksi dolomiittijau-
heet sisältävät epäpuhtautena mm. fosforia enintään 450 mg/kg

kalkkijauhetta. Raekoko vaikuttanee voimakkaasti kalkin liukenevuuteen ja edelleen kalkituksen tehoon. Raekoon mahdollista vaihtelua eri kalkituserien välillä ei voitu tässä aineistossa ottaa huomioon kalkituksen vaikutuksia arvioitaessa.

Lammikoita on lannoitettu rakeisilla lannoitteilla. Lannoite on joko levitetty kevättalvella jään päälle tai sijoitettu kasvukauden aikana vedessä kelluville lannoitelautoille. Näiden eri lannoitustapojen vaikutusta on käsitelty erikseen.

Lannoitteena on käytetty superfosfaattia (8,7 % P), normaali y-lannosta (7,0 % P, 16,0 % N, 13,3 % K) ja puutarhan y-lannosta (7,0 % P, 10,0 % N, 14,1 % K). Eri lannoitteiden ravinemäärät on suhteutettu laskemalla lannoituksen sisältämä kokonaisfosfori-, kokonaistyyppi- ja kaliummäärä kiloina lammikkohehtaaria kohti.

Taivalkoskella sijaitsevat PSKKVL:n luonnonravintolammikot ovat olleet laitoksen henkilökunnan säännöllisessä hoidossa ja jatkuvan tarkkailun kohteena, koska lammikot ovat lähellä kalanviljelylaitosta. Taivalkosken lammikoiden tuottoa on tästä syystä osittain käsitelty omana ryhmänään.

3.5 TILASTOLLISET MENETELMÄT

Aineiston tilastollinen analyysi tehtiin PSKKVL:llä SAS (Statistical Analysis System) mikro-ohjelmistolla.

Aineiston perustilastotietojen ja normaali jakauman testaamisen yhteydessä havaittiin, että muuttujien jakauma ei kaikilta osin seuraa normaali jakaumaa. Koska esim. monimuuttujamenetelmiä käytettäessä jakauman normalisuus on tärkeää (esim. Digby ja Kempton 1987), jakauman normalisuutta parannettiin monimuuttujamenetelmiä käytettäessä muunnoksien avulla. Logaritmuunnosta ($\log 10$) käytettiin veden värin, kokonaisraudan ja sähköjohtokyvyn ja neliöjuurimuunnosta kokonaisfosforin, pH:n, alkaliniteetin ja happipitoisuuden osalla.

Pääkomponenttianalyysillä (principal component analysis, PCA) haluttiin selvittää mitkä tekijät aiheuttavat vedenlaadun

vaihtelua lammikoiden välillä ja muodostavatko lammikoiden vedenlaatuhavainnot yhtenäisiä lammikonsisäisiä ryhmiä vaihtelua kuvaavassa ordinaatioavaruudessa. PCA:n avulla useista keskenään korreloivista vedenlaadun muuttujista voitiin muodostaa aiempaa pienempi määrä keskenään korreloimattomia akseleita. PCA:n vedenlaatua kuvaavien akselien ja lammikoiden tuoton riippuvuutta tutkittiin korrelaatioanalyysillä.

Erotteluanalyysillä (discriminant analysis) haluttiin selvittää mitkä tekijät parhaiten erottelevat lammikoita vedenlaadun suhteen, ja miten lammikot sijoittuvat erottelua kuvaavien akselien suhteen. Analyysin tuloksena saadaan muuttujien lineaarikombinaatioita, joista jokainen erottelee otokset (tässä eri lammikoiden vedenlaatuhavainnot) toisistaan (Ranta ym. 1989) Tälläisiä kombinaatioita kutsutaan kanonisiksi erottelufunktioiksi (Ranta ym. 1989) . Ensimmäinen niistä erottelee ryhmät (lammikot) parhaiten ja kukin seuraava edellistä huonommin. Erottelun merkitsevyys testattiin Kruskal-Wallis testillä.

Kerkkämännikön luonnonravintolammikon laiturerannalta, lammikon keskeltä ja poistokanavasta otettujen vesinäytteiden mahdollisten erojen tilastollista merkitsevyyttä testattiin 2-suuntaisella varianssianalyysillä. Parittainen tarkastelu tehtiin Tukeyn testillä.

Saman lammikon vedenlaadun vaihtelua eri vuosina testattiin Kruskal-Wallis testillä. Emokalajärvistä ja laitosemokalosta haudotusta mädistä saatujen poikasten tuoton eroavuuden merkitsevyyttä testattiin Mann-Whitneyn U-testillä. Kalatuoton, vedenlaadun ja lammikoiden käsittelyjen välisiä riippuvuuksia testattiin korrelaatioanalyysillä ja lineaarisella sekä ei-lineaarisella regressioanalyysillä.

Riskitasoista on käytetty seuraavia symboleita: riskitaso 0,05, jokseenkin merkitsevä (*); 0,01, merkitsevä (**); 0,001, erittäin merkitsevä (***) ja NS, ei tilastollista merkitsevyyttä.

4. TULOKSET

4.1 LAMMIKOIDEN VEDENLAATU

Vedenlaadun muuttujien vaihtelu eri lr-lammikoilla on esitetty liitteessä 1.

4.1.1 LAMMIKOIDEN VÄLINEN VEDENLAADUN VAIHTELU

Pääkomponenttialalyysillä useista vedenlaadun muuttujista muodostettiin keskenään korreloimattomia akseleita. Näin vesianalyysien antamaa tietoa voitiin tiivistää ja yhdistää samalle akselille usean muuttujan vaihtelua. PCA:n yhteenvedo on esitetty taulukossa 2. Kolme ensimmäistä PCA:n akselia selittävät yli 80 % lammikoiden välisestä vedenlaadun vaihtelusta. Ykkösakselilla selitysaste on 38,6 %. Tärkeimmät tekijät ykkösakselilla ovat alkaliniteetti, sähkönjohtokyky ja pH. Kakkosakseli selittää 29,4 % lammikoiden välisestä vedenlaadun vaihtelusta. Parhaiten akselin kanssa korreloi kokonaisrauta ja veden väri. Kolmosakselin selitysaste on enää 12,2 %. Akselin merkittävimmät tekijät ovat pH ja kokonaisfosfori. Taivalkosken ja Suomussalmen lammikoiden sijoittuminen PCA:n ykkös- ja kakkosakseleiden ordinaatiossa on esitetty kuvassa 2.

Taulukko 2. Yhteenvedo pääkomponenttialalyysistä eri lampien vedenlaatuhavainnoilla. Alkuperäisten muuttujien korrelaatiot ($p \leq 0,05$) akselien kanssa on esitetty.

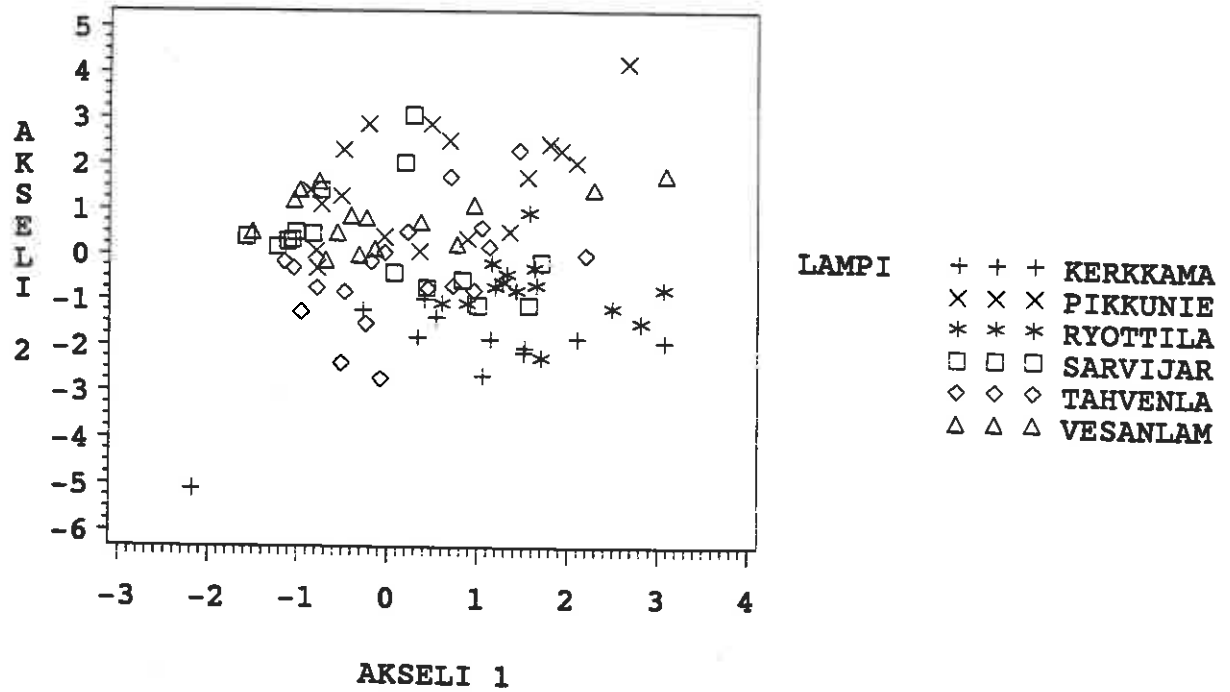
AKSELI	I	II	III
Ominaisarvo	2,31	1,76	0,73
Selitysaste (%)	38,6	29,4	12,3
Kumulat. selitysaste (%)	38,6	68,0	80,3
pH	0,45		0,63
Kokonaisfosfori	0,23	0,45	0,48
Kokonaisrauta	-0,13	0,63	-0,33
Veden väri	-0,14	0,62	
Sähkönjohtavuus	0,59		-0,40
Alkaliniteetti	0,60		-0,30

Erotteluanalyysillä luotiin akseleita (komponentteja), jotka parhaiten erottelevat lammikoita vedenlaadun suhteen. Erotteluanalyysin yhteenveto on esitetty taulukossa 3. Ykkösakseli selitti erotteluinformaatiosta 46,5 % ja kakkosakseli 21,9 %. Erottelun merkitsevyys oli Kruskal-Wallis testin mukaan erittäin merkitsevää kahdella ensimmäisellä akselilla. Kanonisten kertoimien valossa merkittävimmät lammikoita erottelevat vedenlaadun muuttujat olivat alkaliniteetti ja sähkönjohtokyky. Taivalkosken ja Suomussalmen lammikoiden sijoittuminen ykkös- ja kakkosakseleiden ordinaatiossa on esitetty kuvassa 3.

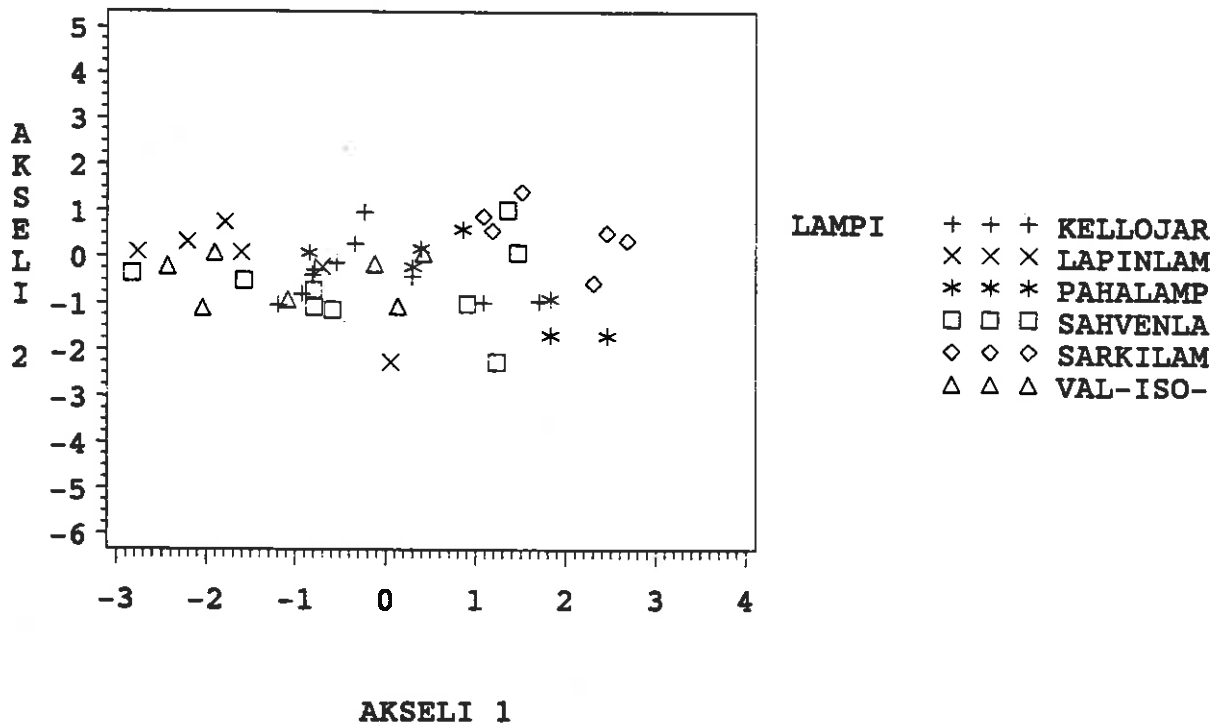
Taulukko 3. Erotteluanalyysin yhteenveto vedenlaatuaineistolla.

AKSELI	EROTTELUFUNKTIO	
	I	II
Ominaisarvo	3,06	1,44
Erotteluinformaatio %	46,6	21,9
Kumulat.erotteluinform. %	46,6	68,5
Erottelun merkitsevyys (Kruskal-Wallis)	113,58***	87,70***
STANDARDOIDUT KANONISET KERTOIMET		
pH	-0,24	0,47
Kokonaisfosfori	0,35	-0,16
Kokonaisrauta	-0,77	0,52
Sähkönjohtokyky	-1,17	-2,37
Alkaliniteetti	2,07	2,07
Veden väri	-0,82	0,32

TAIVALKOSKEN LAMMIKOT

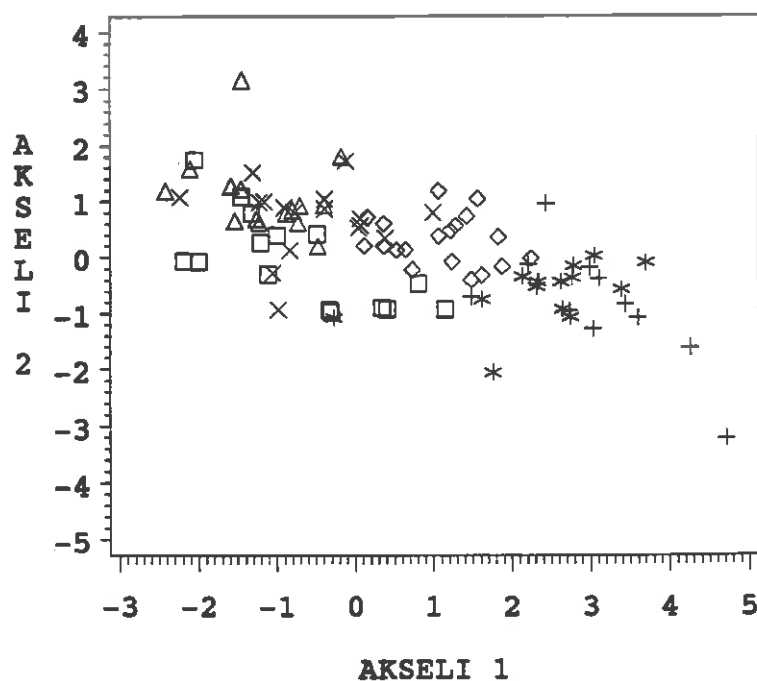


SUOMUSSALMEN LAMMIKOT



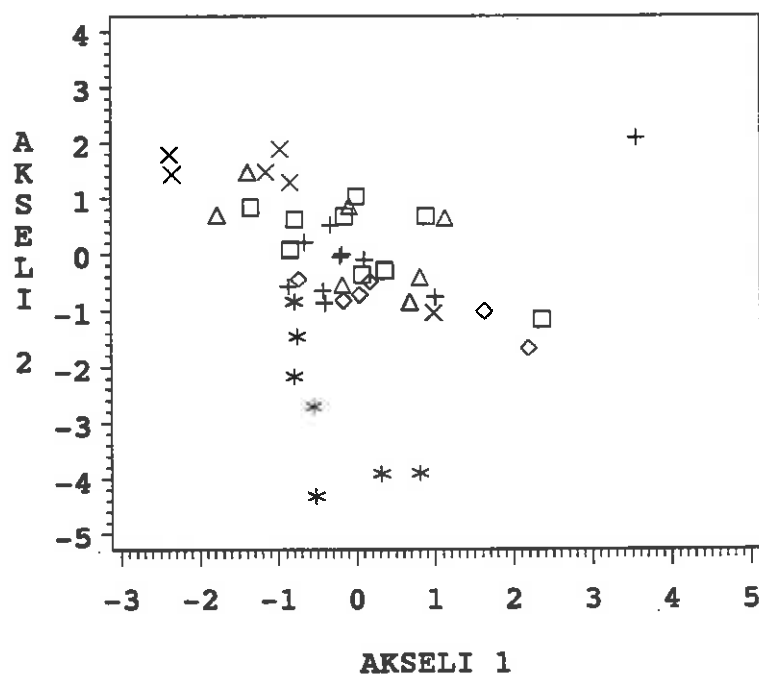
Kuva 2. A: Taivalkosken ja B: Suomussalmen luonnonravintolammikoiden vedenlaatuhavaintojen sijoittuminen PCA:lla luotujen lammikoiden vedenlaatua kuvaavien akseleiden ordinaatiossa.

TAIVALKOSKEN LAMMIKOT



LAMPI + + + KERKKAMA
 x x x PIKKUNIE
 * * * RYOTILA
 □ □ □ SARVIJAR
 ◇ ◇ ◇ TAHVENLA
 △ △ △ VESANLAM

SUOMUSSALMEN LAMMIKOT



LAMPI + + + KELLOJAR
 x x x LAPINLAM
 * * * PAHALAMP
 □ □ □ SAHVENLA
 ◇ ◇ ◇ SARKILAM
 △ △ △ VAL-ISO-

Kuva 3. A: Taivalkosken ja B: Suomussalmen luonnonravintolammikoiden vedenlaatuhavaintojen sijoittuminen erotteluanalyysillä luotujen lammikoiden vedenlaadun eroja kuvaavien akselien ordinaatiossa.

4.1.2 LAMMIKOIDEN SISÄINEN VEDENLAADUN VAIHTELU

Sitä, eroavatko vedenlaatutekijät tilastollisesti toisistaan samassa lammikossa eri vuosina testattiin Kruskal-Wallisn ei-parametrisellä testillä. Testissä käytettiin niiden lammikoiden vuosittaisia vedenlaatuhavaintoja, joista vesinäytteitä on otettu vähintään kolme kertaa kasvukauden aikana. Tulokset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Luonnonravintolammikoiden eri vuosien vedenlaatuhavaintojen vertailu Kruskal-Wallisn testillä.

Vuosi	Muuttuja	DF	H
LAMMIKKO			
KERKKÄMÄNNIKÖ			
1979-1988	pH	8	105,65***
1979-1988	sähkönjohtokyky	8	127,24***
1979-1988	veden väri	8	202,65***
1985, 1987-1988	alkaliniteetti	2	1,25 NS
1981-1985, 1987-1988	kokonaisfosfori	6	104,12***
PIKKUNIEMI			
1979-1988	pH	8	34,84***
1980-1988	happi (mg)	6	9,57 NS
1979-1988	sähkönjohtokyky	8	28,0***
1979-1988	veden väri	8	13,38 NS
1985-1988	alkaliniteetti	3	15,79**
1983-1988	kokonaisfosfori	5	5,67 NS
SARVIJÄRVI			
1985-1988	pH	3	4,90 NS
1985-1988	sähkönjohtokyky	3	21,88***
1985-1988	veden väri	3	23,52***
1985-1988	alkaliniteetti	3	21,80***
1985-1988	kokonaisfosfori	3	4,83 NS

Taulukko 5.

Jatkoa.

TAIVALKOSKEN AHVENLAMPI

1979-1988	pH	9	30,69***
1979-1988	sähkönjohtokyky	9	56,65***
1979-1988	veden väri	9	23,09***
1985-1988	alkaliniteetti	3	17,28***
1981-1988	kokonaisfosfori	7	24,64***

Kerkkämännikön 1r-lammikolla vesinäyte on otettu lammikon poistokanavasta, laiturirannasta ja lammikon keskialueelta. Näytepaikkojen mahdollisia eroavaisuuksia vedenlaadun suhteen testattiin 2-suuntaisella varianssianalyysillä. Tarkoituksena oli tutkia, vaikuttaako lammikon vesinäytteen ottaminen lammikon eri osista vedenlaatuun. Tulokset on esitetty taulukossa 5. Parittain suoritettussa Tukeyn testissä ainoastaan rannan ja poistokanavan näytteissä oli merkitseviä ($p < 0,05$) eroja alkaliniteetissa ja sähkönjohtokyvyssä.

Taulukko 5. Kerkkämännikön luonnonravintolammikon eri havaintopaikkojen vedenlaadun vertailu varianssianalyysillä.

HAVAINTOPAIKKA	N	MUUTTUJA	F
poistokanava	152	pH	0,96 NS
ranta	120	sähkönjohtokyky	5,93**
lampi	130	alkaliniteetti	3,36*
		veden väri	2,97 NS
		kokonaisrauta	1,30 NS
		kokonaisfosfori	1,07 NS

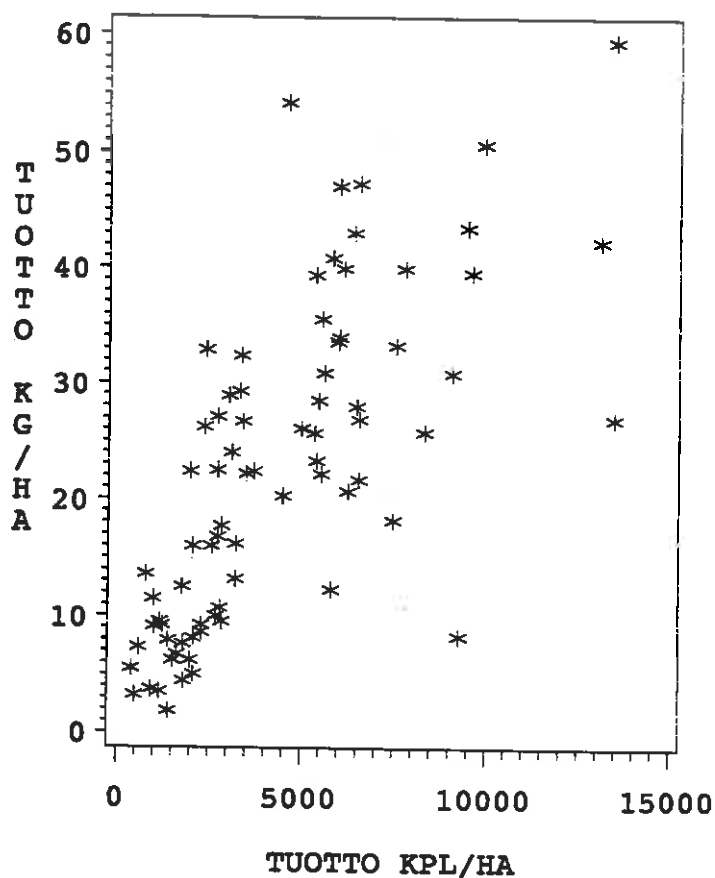
4.2 LUONNONRAVINTOLAMMIKOIDEN TUOTTO

Kilomääräisen ja kappalemääräisen tuoton riippuvuus on esitetty kuvassa 4. Suurilla tuottotiheyksillä kappaletuoton ja kilotuoton välinen vaihtelu selvästi lisääntyy.

Kilomääräisen tuoton vuosittainen vaihtelu Taivalkosken ja

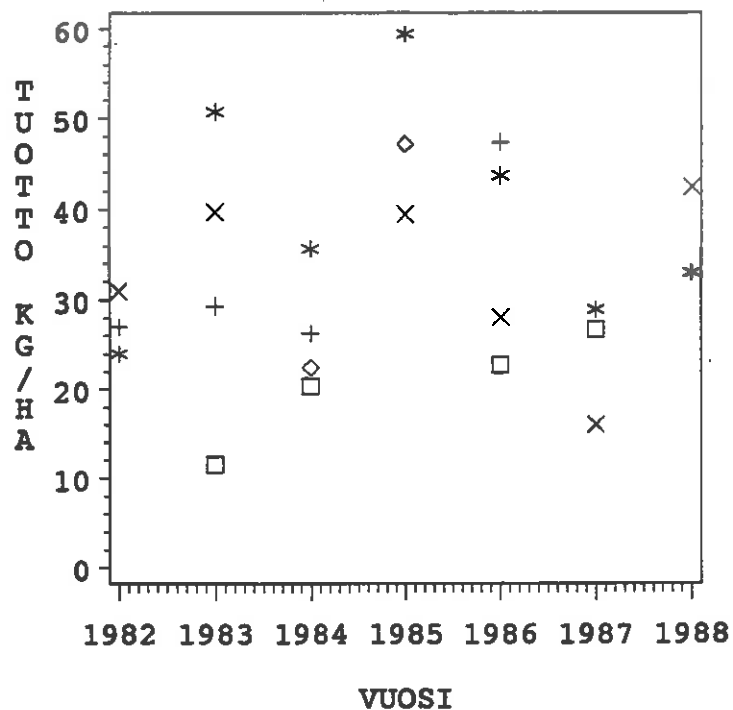
Suomussalmen lammikoilla on esitetty kuvassa 5. Tuoton vaihtelu vuosien välillä on ollut huomattavaa.

Keskimääräinen kilotuotto siikalammikoilla on ollut 22,4 kg/ha ($N=78$, $SD=13,8$), vaihdellen välillä 1,8-59,4 kg/ha. Kappale-tuotto on ollut keskimäärin 4356 kpl/ha ($N=80$, $SD=3045$), vaihdellen välillä 410-13500 kpl/ha. Taivalkosken lammikoiden tuotto on ollut koko aineiston keskimääräistä tuottoa korkeampi: 32,7 kg/ha ($N=23$, $SD=11,8$) ja 6164 kpl/ha ($N=22$, $SD=3958$). Laitosemokaloista ja emokalajärvien mädinhankintapyyynnistä saadusta mädistä peräisin olevien poikasten tuotto ei eronnut toisistaan.



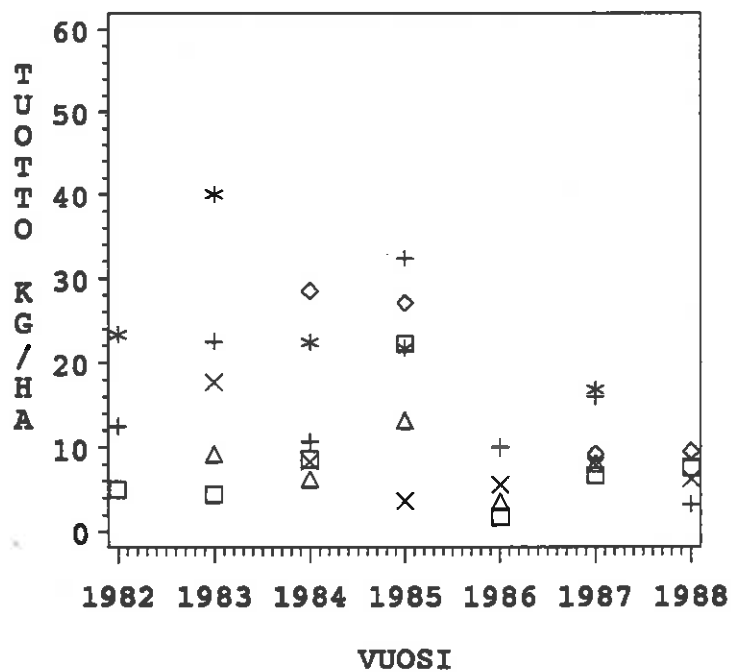
Kuva 4. Kappaletuoton ja kilotuoton ($N=78$) riippuvuus luonnonravintolammikoilla.

TAIVALKOSKEN LAMMIKOT



LAMPI + + + KERKKAMA
 x x x PIKKUNIE
 * * * RYOTILA
 □ □ □ SARVIJAR
 ◇ ◇ ◇ VESANLAM

SUOMUSSALMEN LAMMIKOT

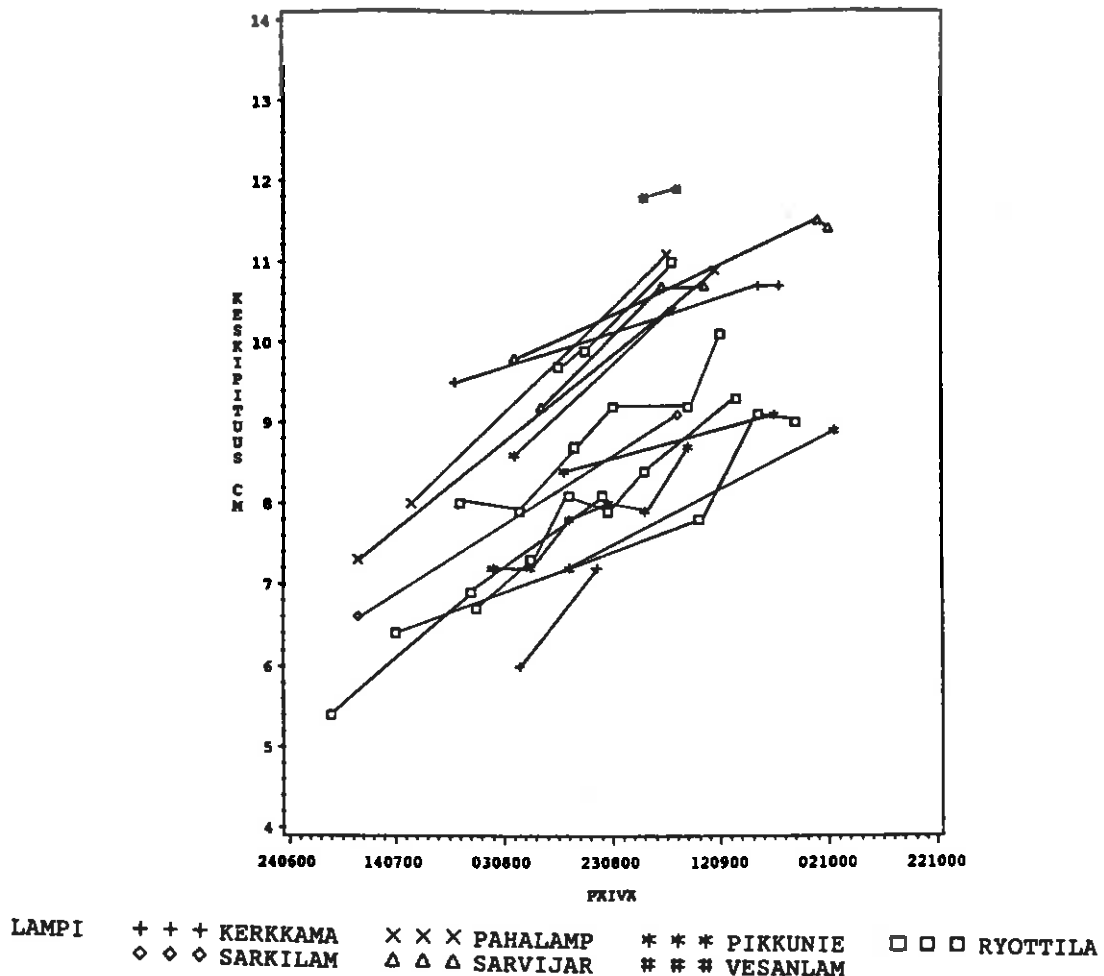


LAMPI + + + KELLOJAR
 x x x LAPINLAM
 * * * PAHALAMP
 □ □ □ SAHVENLA
 ◇ ◇ ◇ SARKILAM
 △ △ △ VAL-ISO-

Kuva 5. Vuosittainen kilomääräisen tuoton vaihtelu A: Taivalkosken ja B: Suomussalmen lr-lammikoilla.

4.2.1 POIKASTEN KASVU

Siianpoikasten keskipituudet kasvatuskauden aikana on esitetty kuvassa 6. Mitattujen kalojen määrä on ollut pienimmillään 6 kpl ja suurimmillaan 188 kpl.



Kuva 6. Siianpoikasten keskipituudet kasvatuskaudella. Eri lammikot on esitetty omina symboleinaan. Saman vuoden havainnot on yhdistetty.

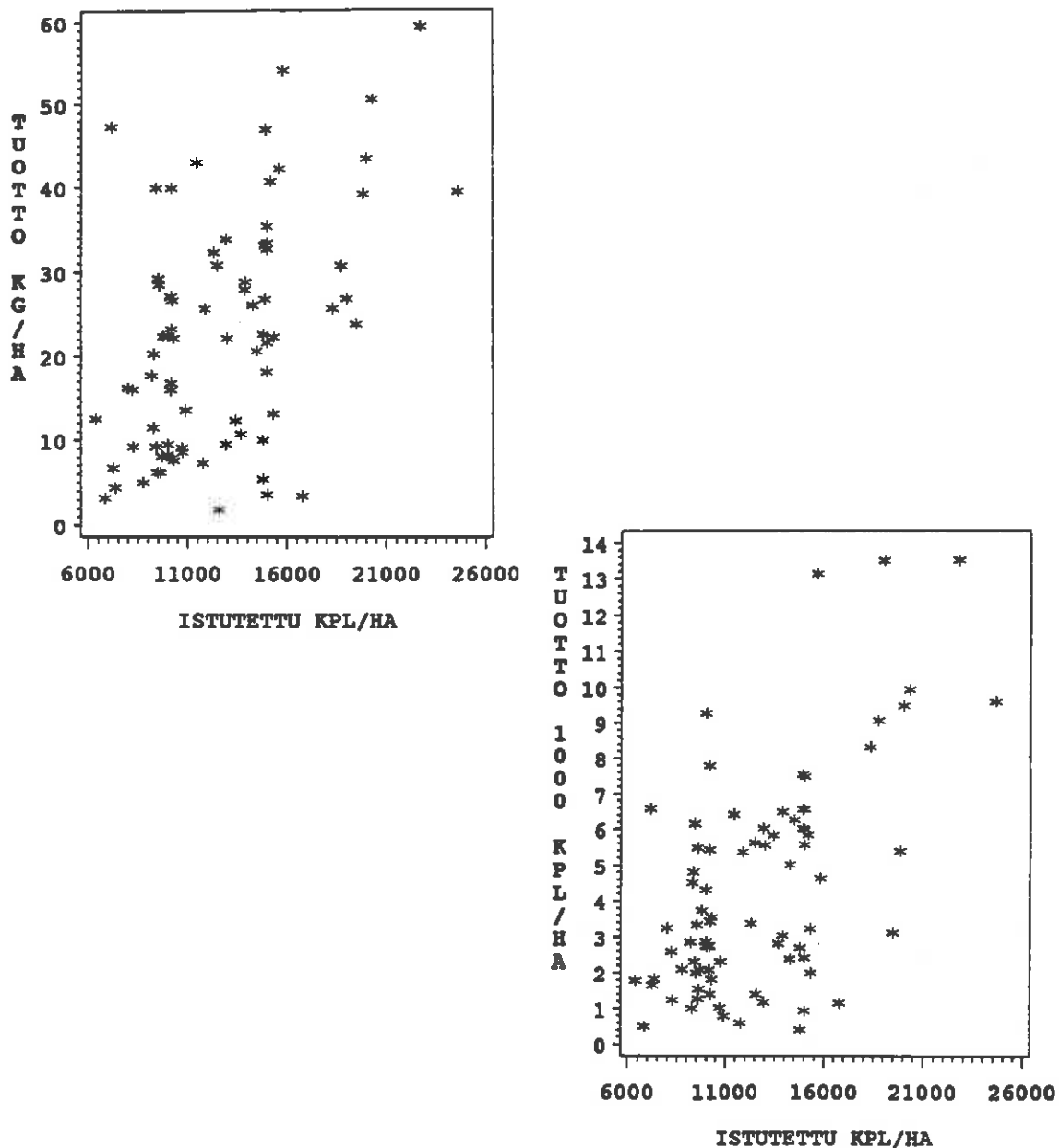
4.2.2 POIKASTEN KUOLLEISUUS

Keskimääräinen tuottoprosentti lammikoilla on ollut 33,4 % (N=82, SD=18,6), eli keskimäärin 2/3 istutetuista poikasista on kuollut syksyyn mennessä. Kuolleisuus on vaihdellut välillä 97,2-8,0 %. Istutustiheydellä ei käytetyillä tiheyksillä ollut vaikutusta kuolleisuuteen.

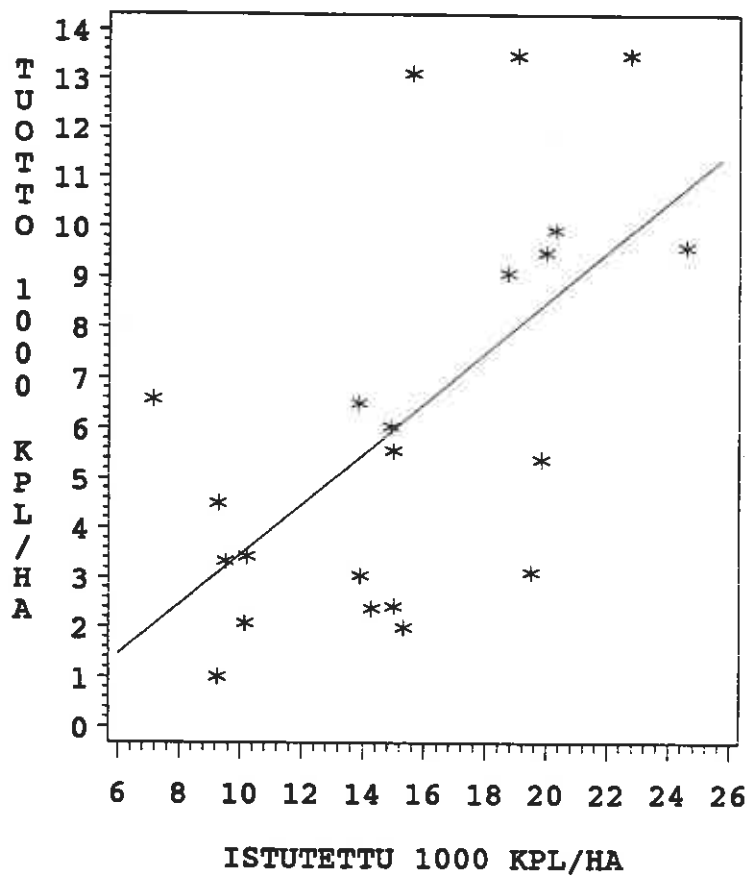
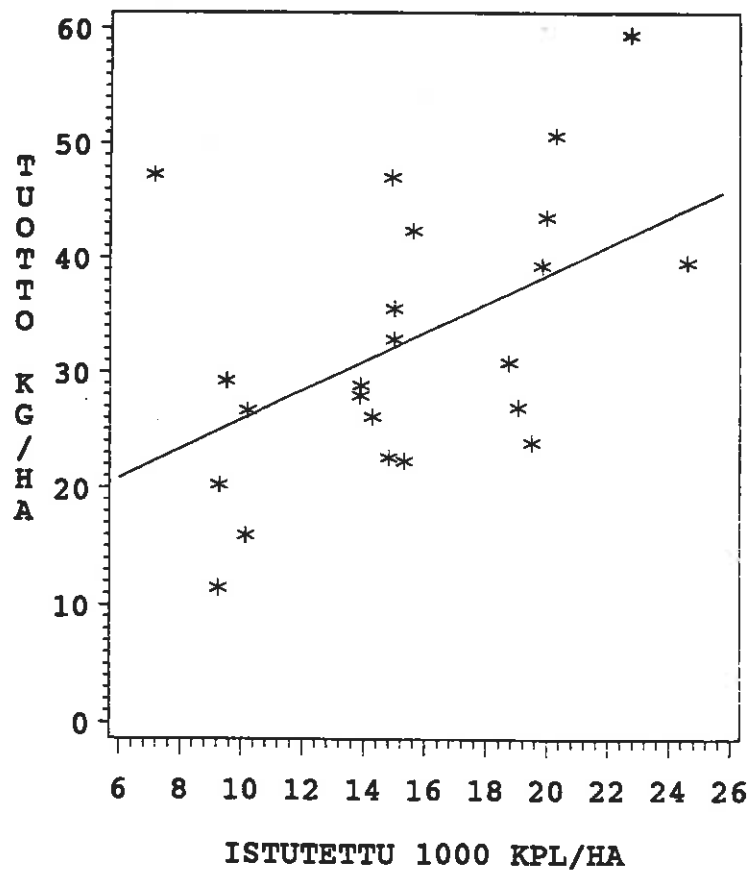
4.3 TUOTTOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

4.3.1 ISTUTUSTIHEYYS

Istutustiheyden ja kilomääräisen tuoton (kuva 7) sekä istutustiheyden ja kappalemääräisen tuoton välillä oli koko aineistossa merkitsevä riippuvuus. Kilo- ja kappaletuotto kasvoivat kun istutustiheyttä kasvatettiin. Vaihtelu oli kuitenkin huomattavan suurta. Istutustiheyden vaikutus kilo- ja kappaletuottoon oli Taivalkosken lammikoilla huomattavasti selkeämpi (kuva 8).



Kuva 7. A: Kilomääräisen (N=78) ja B: kappalemääräisen (N=80) tuoton riippuvuus istutustiheydestä koko aineistossa.

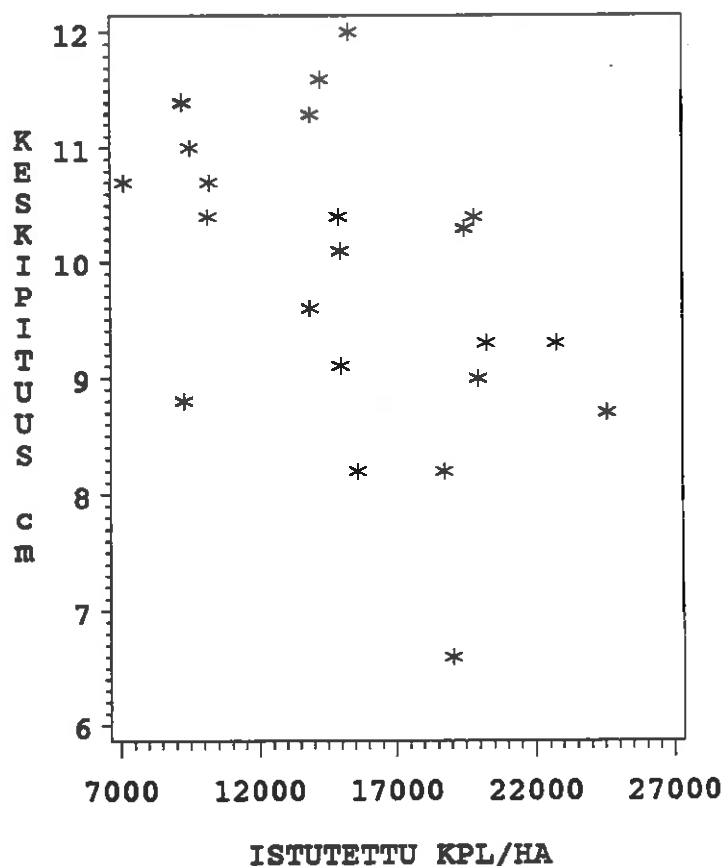


Kuva 8. A: Kilomääräisen ja B: kappalemääräisen tuoton riippuvuus istutustiheydestä Taivalkosken lr-lammikoilla.

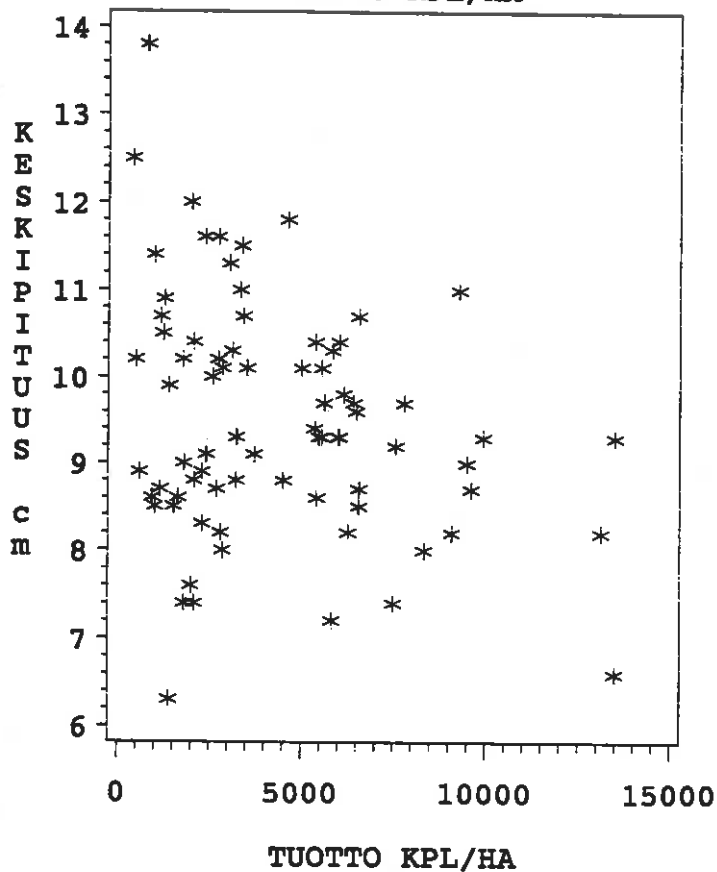
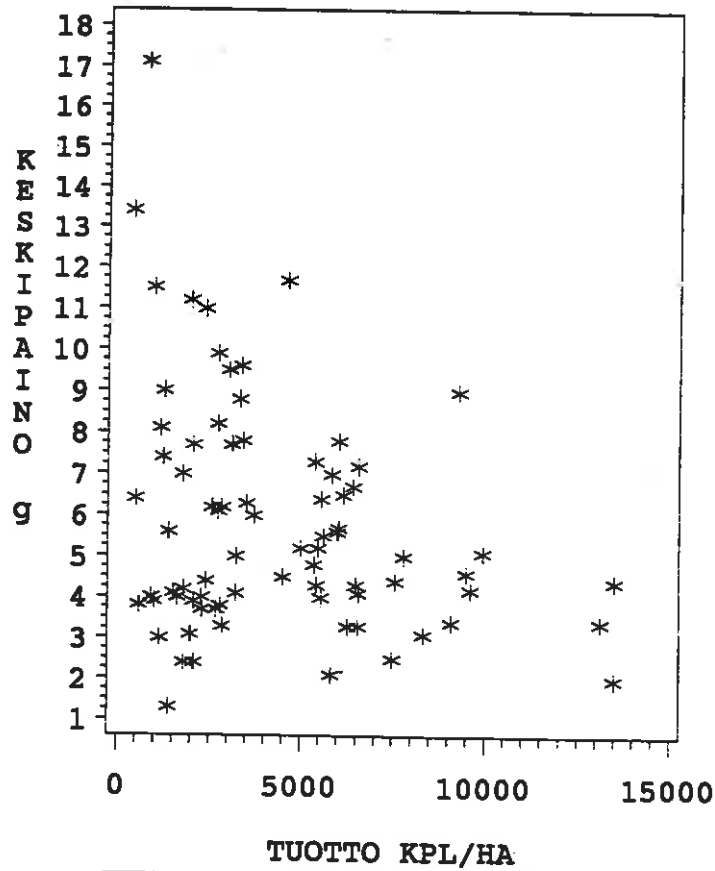
4.3.2 ISTUTUSTIHEYDEN VAIKUTUS POIKASEN KOKOON

Istutustiheydellä ei koko aineistossa ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kesänvanhan siianpoikasen kokoon, vaan vaikutus jäi laajan vaihtelun alle. Taivalkosken lammikoilla poikasen koko pieneni merkitsevästi istutustiheyden kasvaessa (kuva 9).

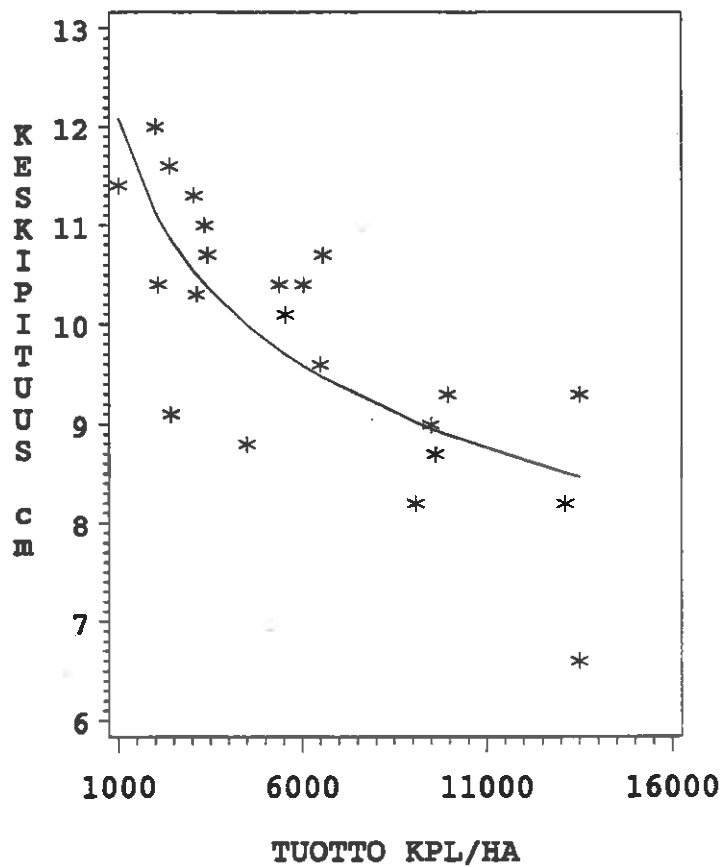
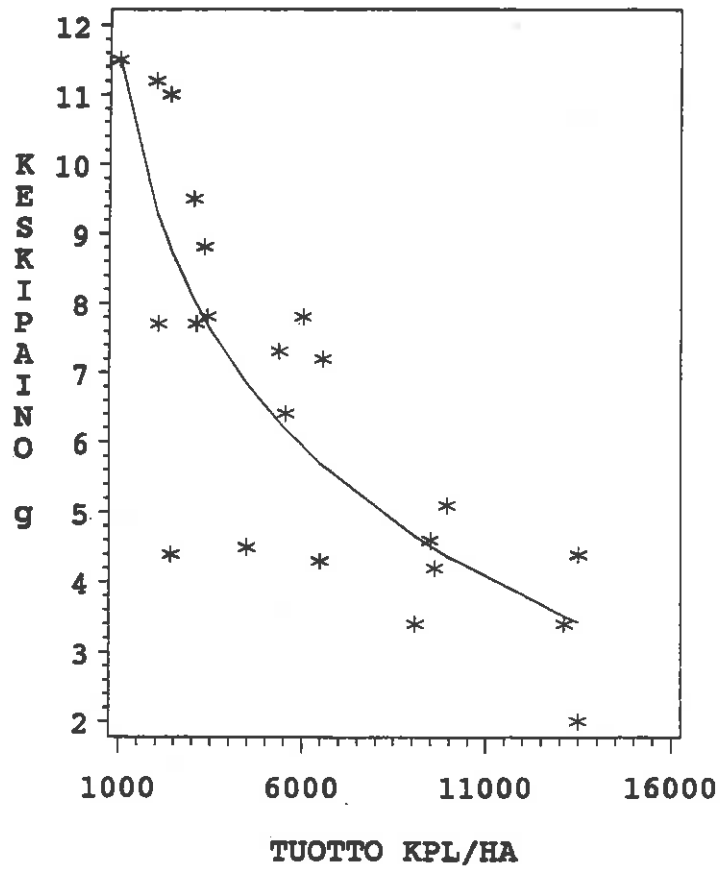
Kesänvanhojen poikasten tiheydellä oli suurempi vaikutus poikasen kokoon kuin istutustiheydellä (kuva 10). Tämä näkyi myös koko aineistossa, vaikka lammikoiden välinen vaihtelu oli huomattavaa. Taivalkosken lammikoilla kesänvanhojen poikasten vaikutus poikasen kokoon on esitetty kuvassa 11.



Kuva 9. Kesänvanhojen siianpoikasten keskipituuden (N=22) riippuvuus istutustiheydestä Taivalkosken luonnonravintolammikoilla.



Kuva 10. A: Keskipainon (N=78) ja B: keskipituuden (N=78) riippuvuus kesänvanhojen siianpoikasten tiheydestä koko aineistossa. Pienen merkitsevyyden vuoksi kuvaan ei ole piirretty regressiokäyrää (vrt. kuva 11).



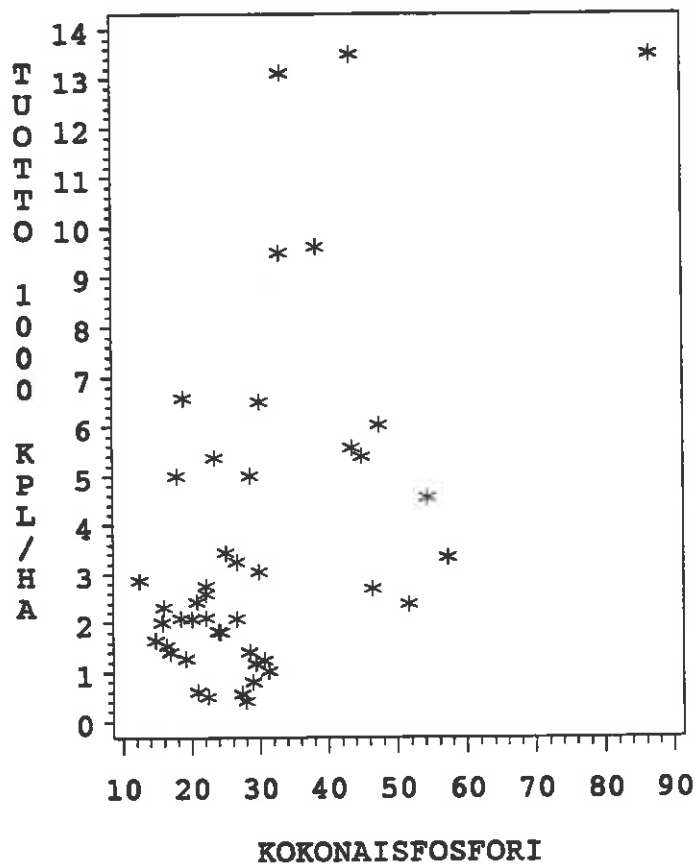
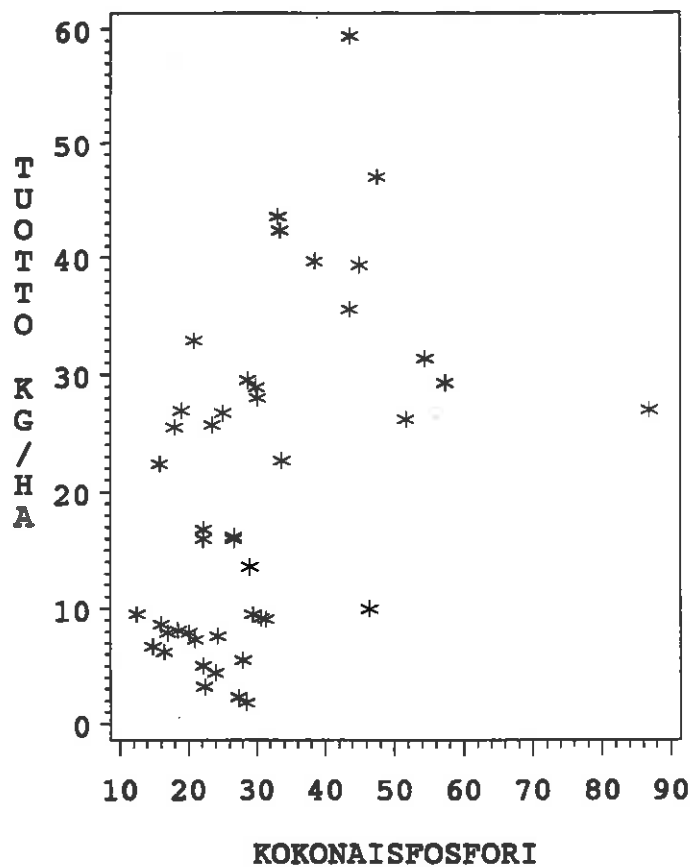
Kuva 11. A: Keskikilopainon ja B: keskipituuden riippuvuus kesänvanhojen siianpoikasten tiheydestä Taivalkosken lammikoilla.

4.3.3 VEDENLAADUN JA POIKASTUOTON RIIPPUVUUS

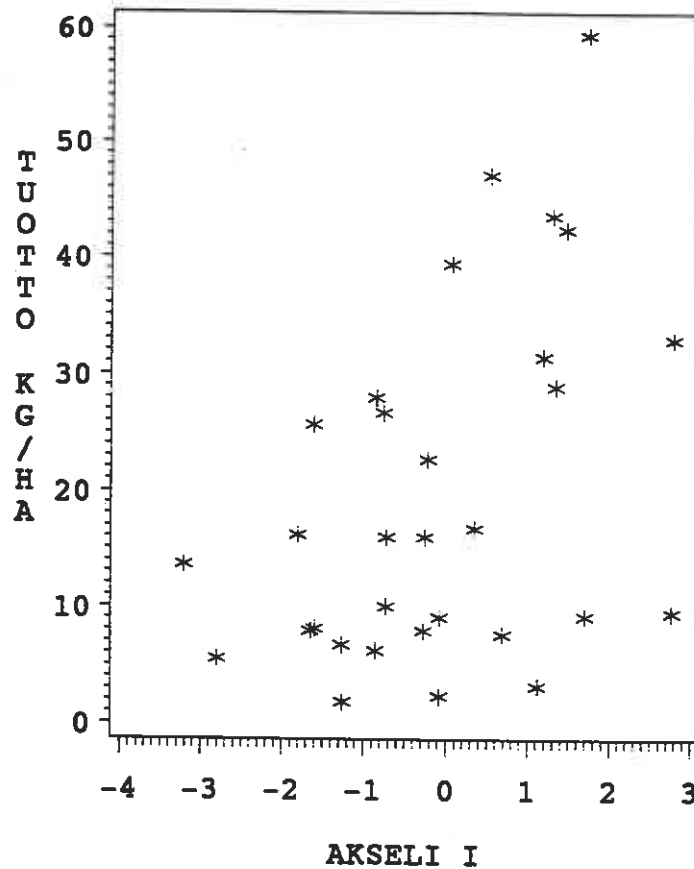
Vedenlaadun ja poikastuoton yhteyksiä voitiin tutkia lammikkovuosilta, joilta oli sekä luotettavat tuottotiedot että vesianalyysitiedot. Vedenlaadun muuttujina on käytetty kasvukauden keskimääräisiä arvoja. Yksittäisistä vedenlaadun muuttujista kasvukauden keskimääräinen kokonaisfosfori korreloi erittäin merkitsevästi kilomääräisen tuoton ($0,48^{***}$, $N=45$), kappalemääräisen tuoton ($0,53^{***}$, $N=45$) ja merkitsevästi tuottoprosentin ($0,40^{**}$, $N=46$) kanssa. Kasvukauden keskimääräisen kokonaisfosforin ja kappale- ja kilomääräisen tuoton riippuvuus on esitetty kuvassa 12.

Kilomääräisen tuoton kanssa jokseenkin merkitsevästi korreloivat myös alkaliniteetti ($0,36^*$, $N=31$) ja sähkönjohtokyky ($0,28^*$, $N=51$). Koska vedenlaadun muuttujat korreloivat usein vahvasti keskenään ja niiden vaikutuksia on vaikea erottaa toisistaan, muodostettiin pääkomponenttianalyysin avulla keskenään korreloimattomia akseleita. Yhteenvedo on esitetty taulukossa 6. Tässä analyysissä voitiin käyttää havaintoina vain niitä lammikkovuosia, joilta on täydelliset tuotto- ja vesianalyysitiedot (vrt. taulukko 2).

PCA:n ykkösakselin selityssaste on vajaat 50 %. Muiden akselien selityssaste jää niin paljon pienemmäksi, ettei niitä tässä oteta huomioon. Merkittävimmät tekijät ykkösakselilla ovat alkaliniteetti, pH ja sähkönjohtokyky. Ykkösakseli korreloi jokseenkin merkitsevästi kilotuoton kanssa ($0,42^*$, $N=31$). Ykkösakselin ja kilotuoton riippuvuus on esitetty kuvassa 13.



Kuva 12. A: Kilotuoton (N=45) ja B: kappaletuoton (N=45) riippuvuus keskimääräisestä kokonaisfosforipitoisuudesta (g/l).



Kuva 13. Kilotuoton ja PCA:lla muodostettujen vedenlaatuvaavien (ks. taulukko 6) ykkösakselin riippuvuus (N=32) .

Taulukko 6. Pääkomponenttianalyysin yhteenveto vedenlaatuaineistolla. Alkuperäisten muuttujien korrelaatiot akselien kanssa on esitetty.

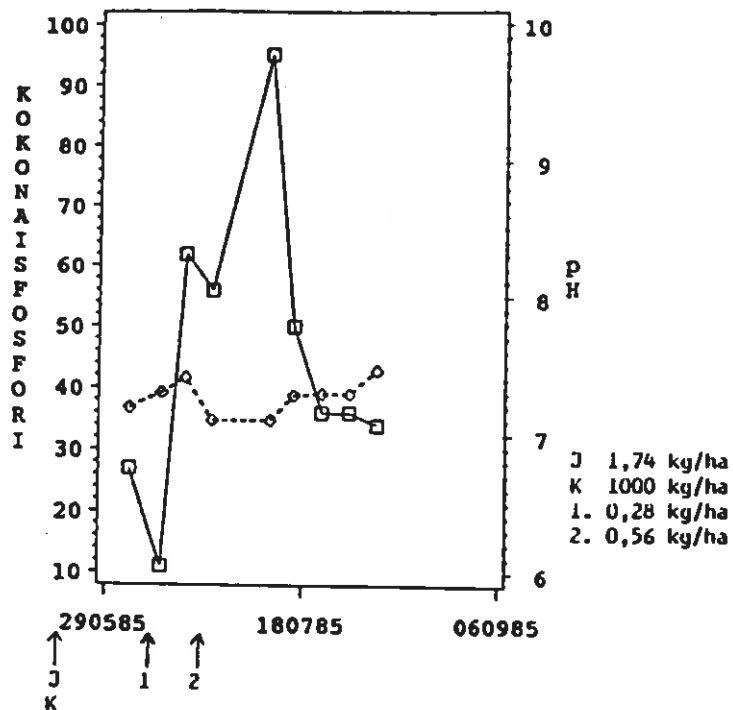
AKSELI	I	II
Ominaisarvo	2,42	1,24
Selitysaste %	48,5	23,4
Kumulat.selitysaste %	48,5	71,9
pH	0,53	-0,12
Kokonaisfosfori	0,13	-0,72
Veden väri	-0,24	0,55
Sähkönjohtokyky	0,54	0,30
Alkaliniteetti	0,58	0,23

4.3.4 LANNOITUS

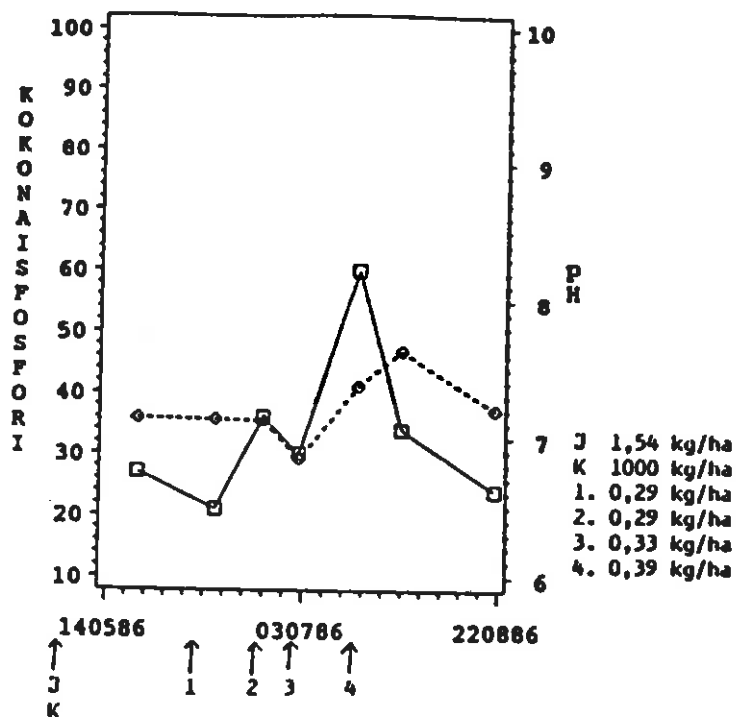
Lr-lammikoita on lannoitettu rakeisilla lannoitteilla sekä kelluvilta lannoitelautoilta että levittämällä lannoitetta jään päälle. Lammikoita, joissa lannoite on levitetty jään päälle, on yleensä lannoitettu kasvatuskauden aikana myös lautoilta. Lisätyt lannoitemäärät ovat kokonaisfosforiksi laskettuna olleet lannoitelautoilta 0,22-2,48 P kg/ha (keskiarvo=1,08, N=54) kasvukautta kohden ja jään päälle levitettynä 0,69-4,35 P kg/ha (keskiarvo=1,88, N=30) kasvukautta kohti. Kokonaisfosforin ja pH:n vaihtelut osalla lannoitetuista lammikoista on esitetty kuvissa 14-16.

Jään päälle lannoitetuissa lammikoissa lannoitus ei juurikaan näkynyt kohonneina fosforipitoisuuksina toukokuun ensimmäisissä vesinäytteissä (ks. kuva 14, 16). Lannoitteen lisääminen kelluville lannoitelautoille aiheutti kokonaisfosforipitoisuuden nopean nousun. Fosforipitoisuus laskee kuitenkin melko nopeasti lähes lannoitusta edeltävälle tasolle (ks. kuvat 14-16). Ravinteiden lisäyksen aiheuttama planktontuotannon nousu ilmeisesti aiheuttaa havaitut pH:n nopeat vaihtelut.

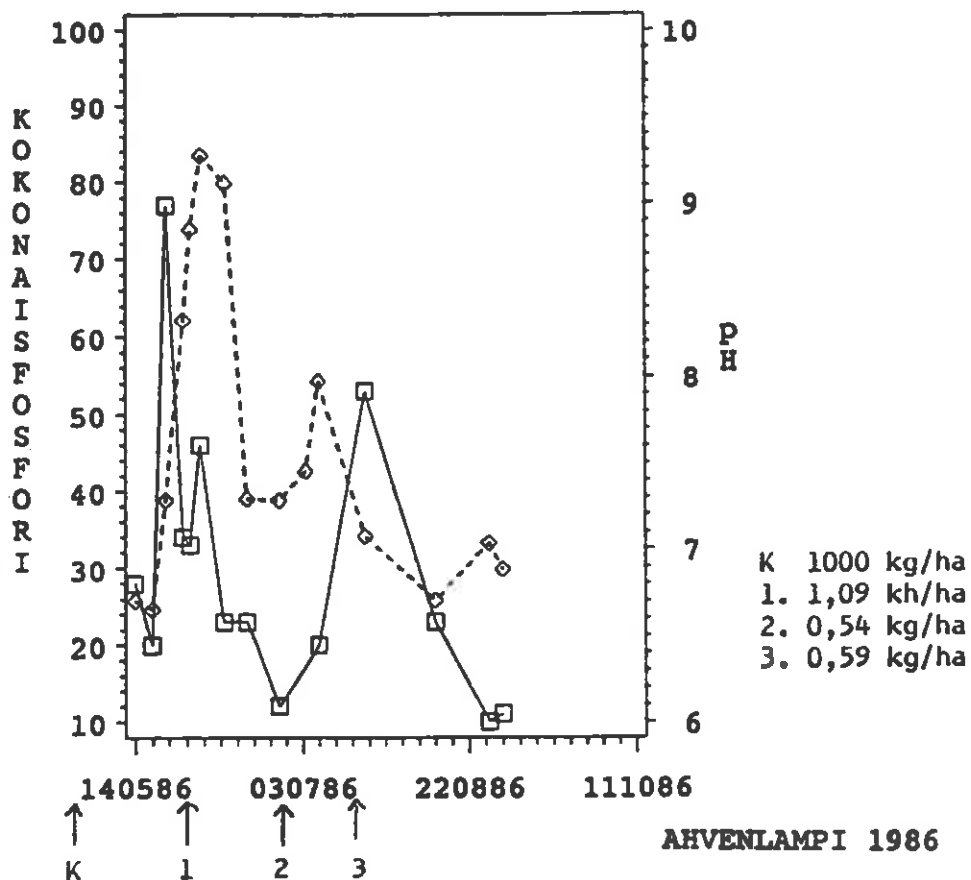
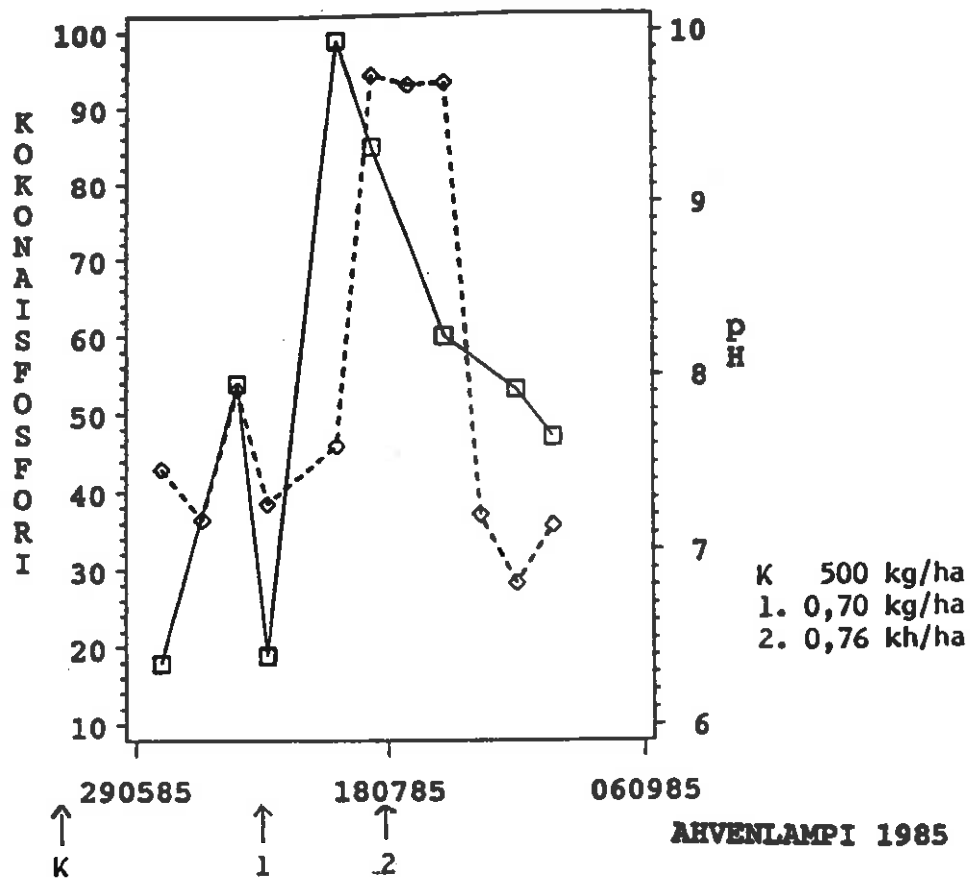
RYÖTTILAMPI 1985



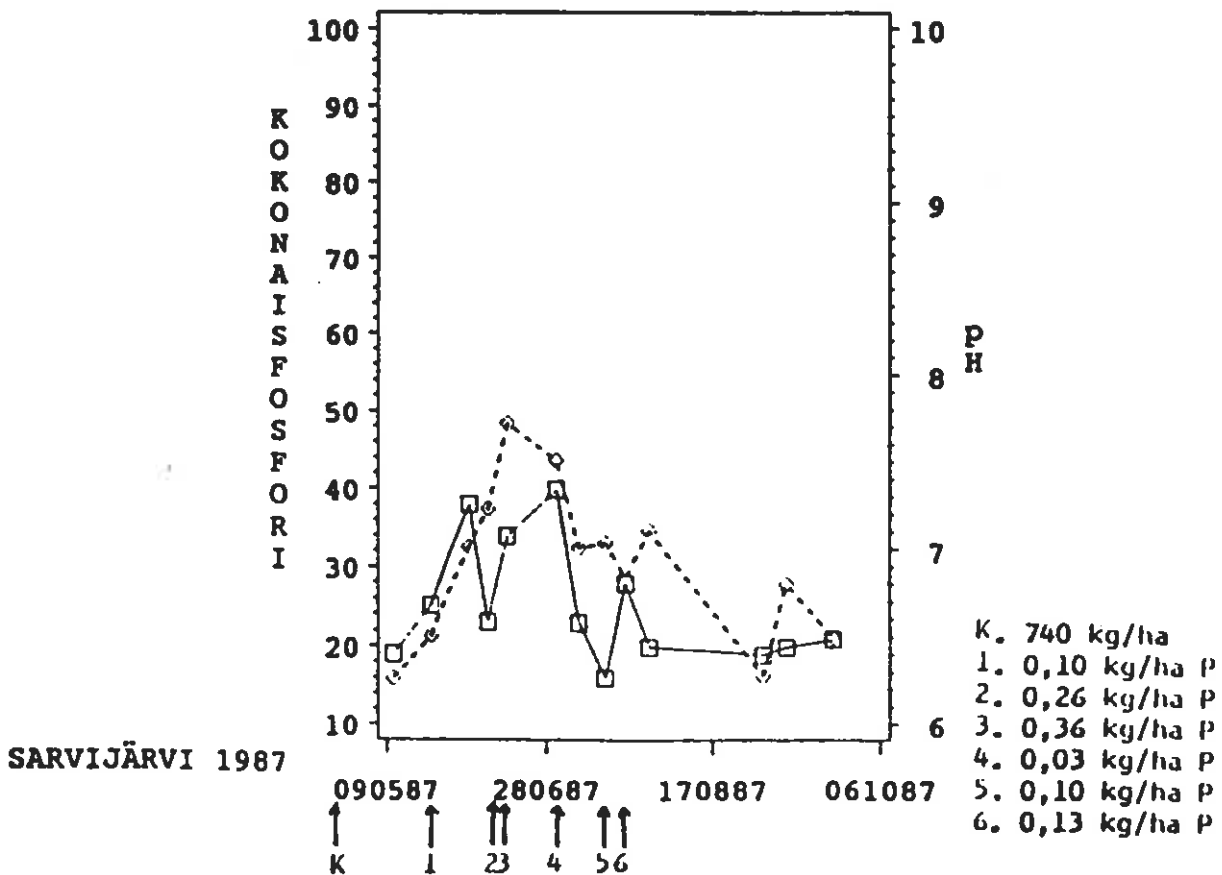
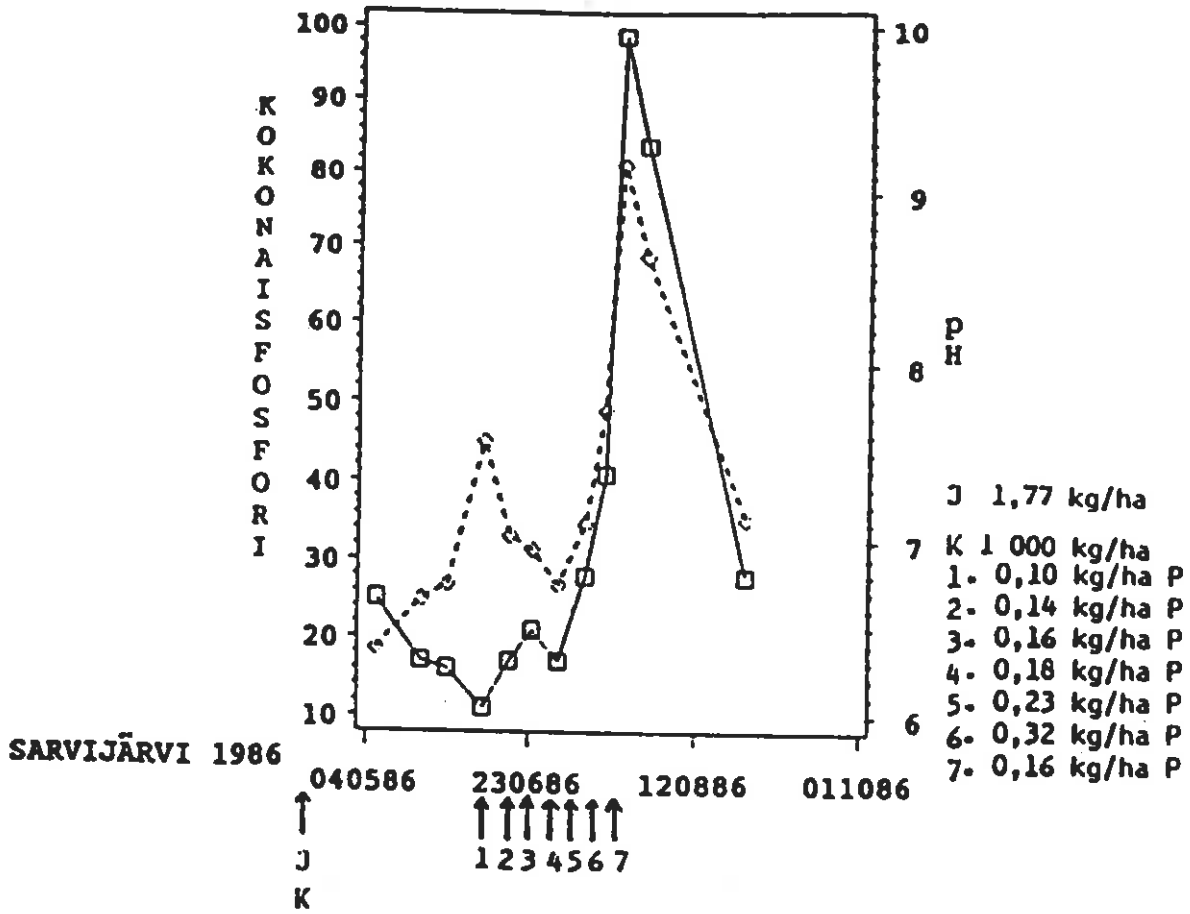
RYÖTTILAMPI 1986



Kuva 14. Kokonaisfosforipitoisuuden ($\mu\text{g/l}$) ja pH:n vaihtelu Ryöttilammissa A: 1985 ja B: 1986. Kokonaisfosfori on kuvattu yhtenäisellä viivalla, pH katkoviivalla. Jään päälle tehty lannoitus on merkitty J:llä, kalkitus K:llä. Lannoitelautoille lisätyn lannoitteen ajankohta on merkitty numerolla ja lannoitemäärä ilmoitettu kokonaisfosforina hehtaaria kohti.



Kuva 15. Kokonaisfosforipitoisuuden ($\mu\text{g/l}$) ja pH:n vaihtelu Ahvenlammissa A: 1985 ja B: 1986. Symbolit kuten kuva 14.

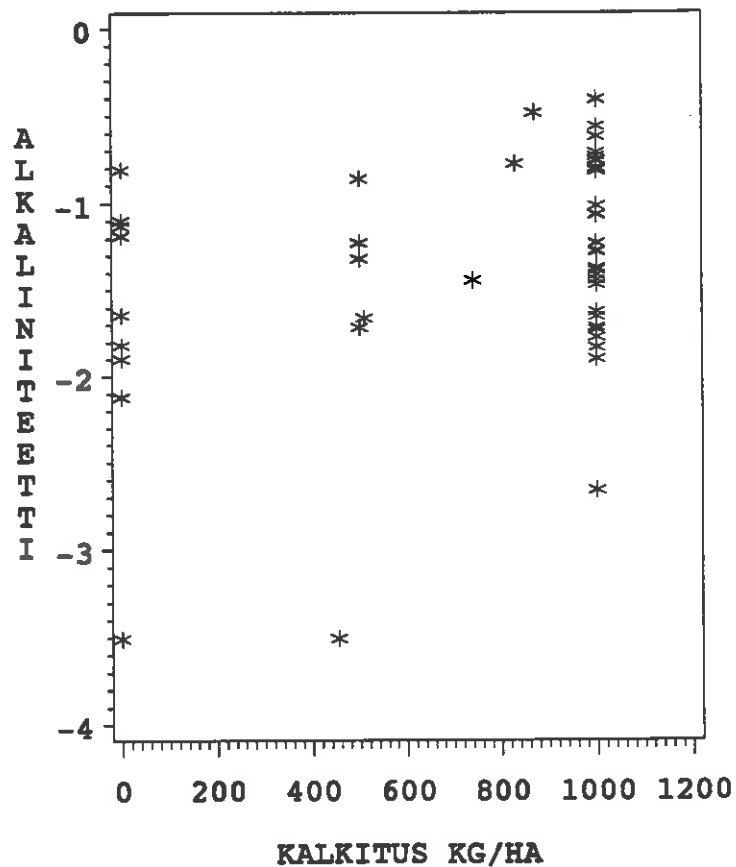


Kuva 16. Kokonaisfosforipitoisuuden ($\mu\text{g/l}$) ja pH:n vaihtelu Sarvijärvessä A: 1986 ja B: 1987. Symbolit kuten kuva 14.

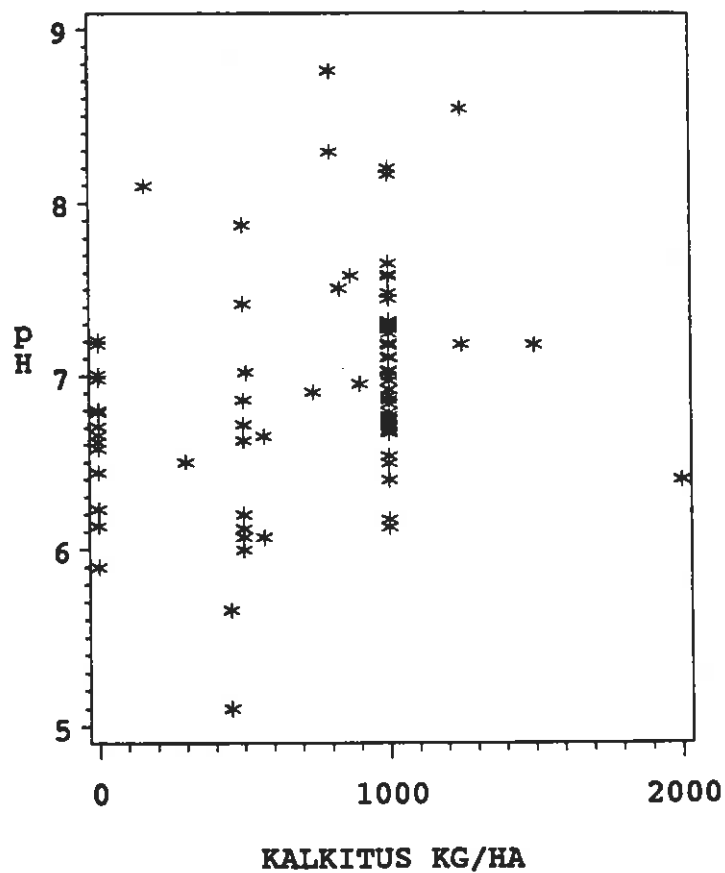
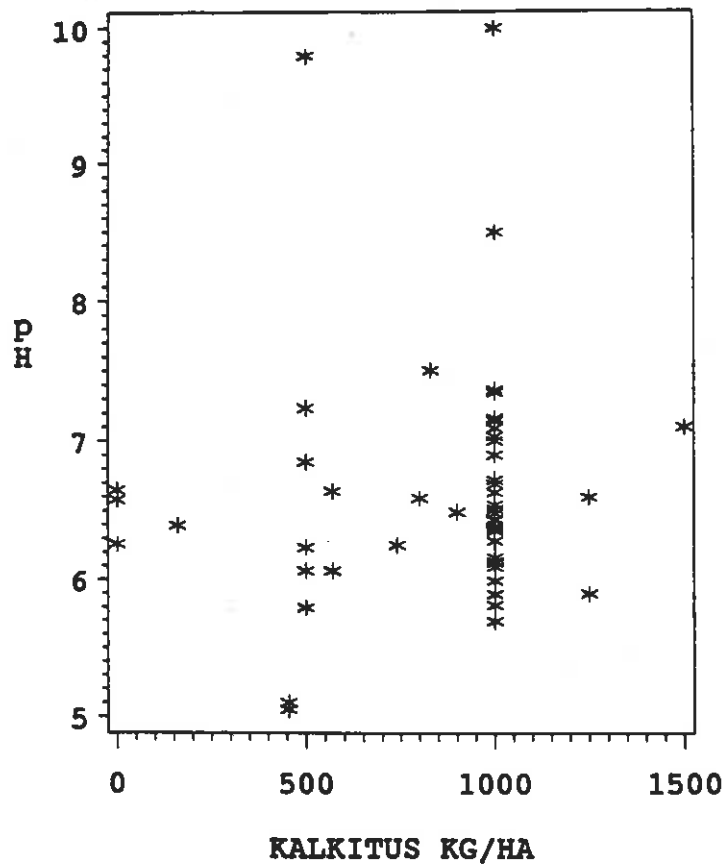
4.3.5 KALKITUS

Lammikoiden kalkitukseen on käytetty dolomiittikalkkia 50-3750 kg/ha. Kalkitusmäärä on ollut yleensä 1 000 kg/ha.

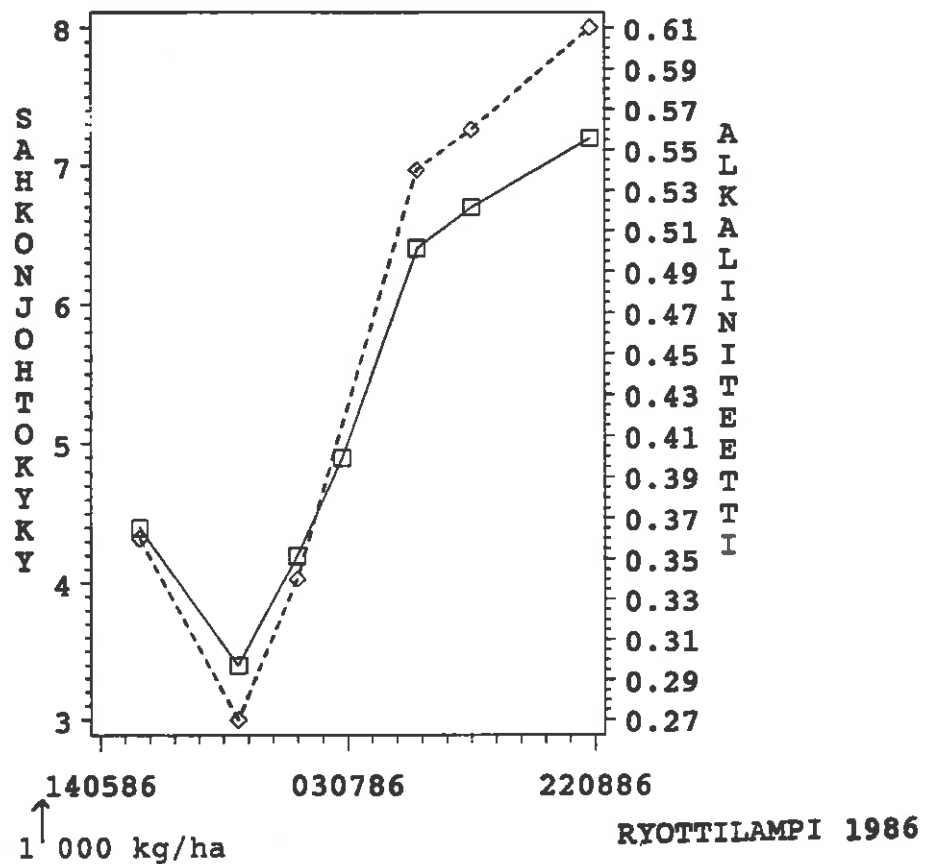
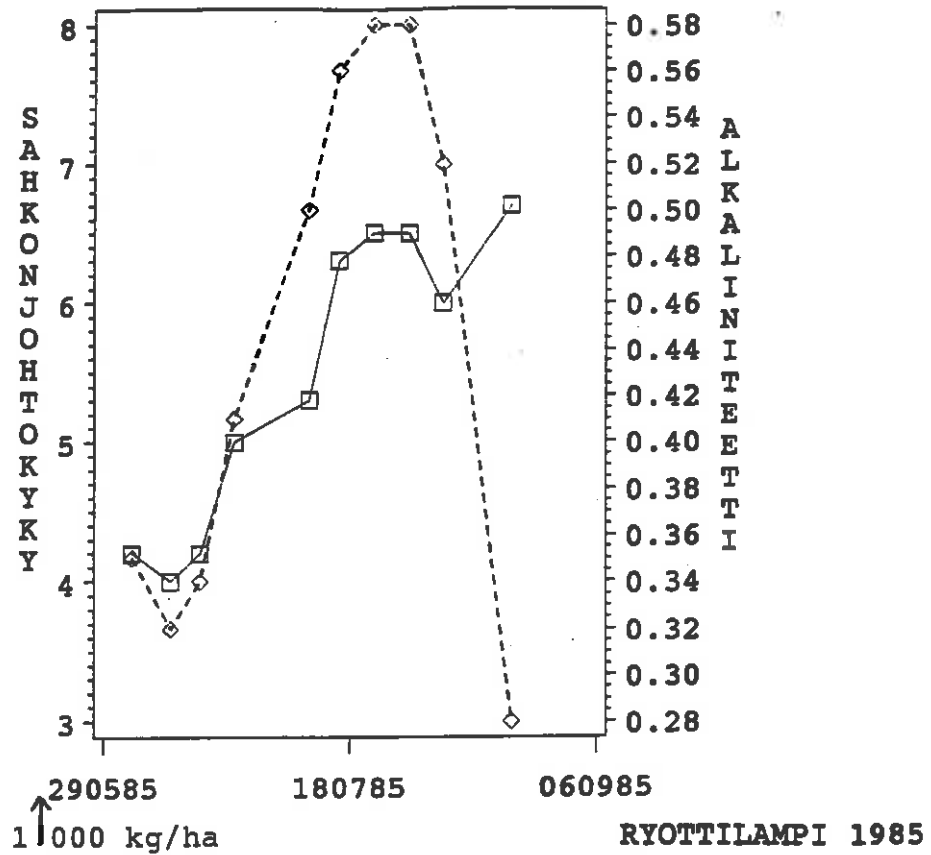
Kalkitusmäärän kasvaessa kasvatuskauden keskimääräinen alkaliniteetti hieman kohosi (kuva 17), mutta lammikoiden välinen vaihtelu on kuitenkin huomattavaa. Kalkitusmäärällä ei näyttänyt olevan vaikutusta lammikon sulamisen jälkeen toukokuun aikana otetun ensimmäisen vesinäytteen pH-arvoon (kuva 18 A:). Ilmeisesti muut tekijät, kuten esimerkiksi kalkin liukeneminen, planktonituotannon käynnistyminen jne. ovat määräävämpiä tekijöitä veden pH arvoon kuin kalkitusmäärä. Myös kalkituksen ja kasvukauden keskimääräisen pH:n suhteessa oli runsaasti vaihtelua (kuva 18 B:). Sähkönjohtokyvyn ja alkaliniteetin vaihtelu kalkituilla lammikoilla on esitetty kuvissa 19-21.



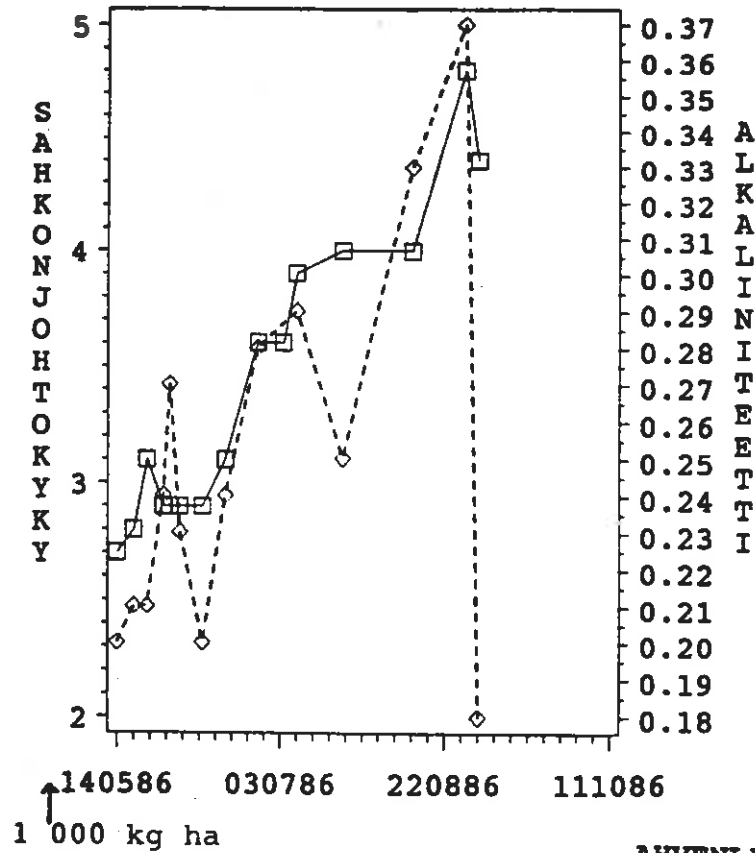
Kuva 17. Kasvatuskauden keskimääräisen alkaliniteetin (logaritminen asteikko, mmol/l) riippuvuus kalkitusmäärästä (N=49).



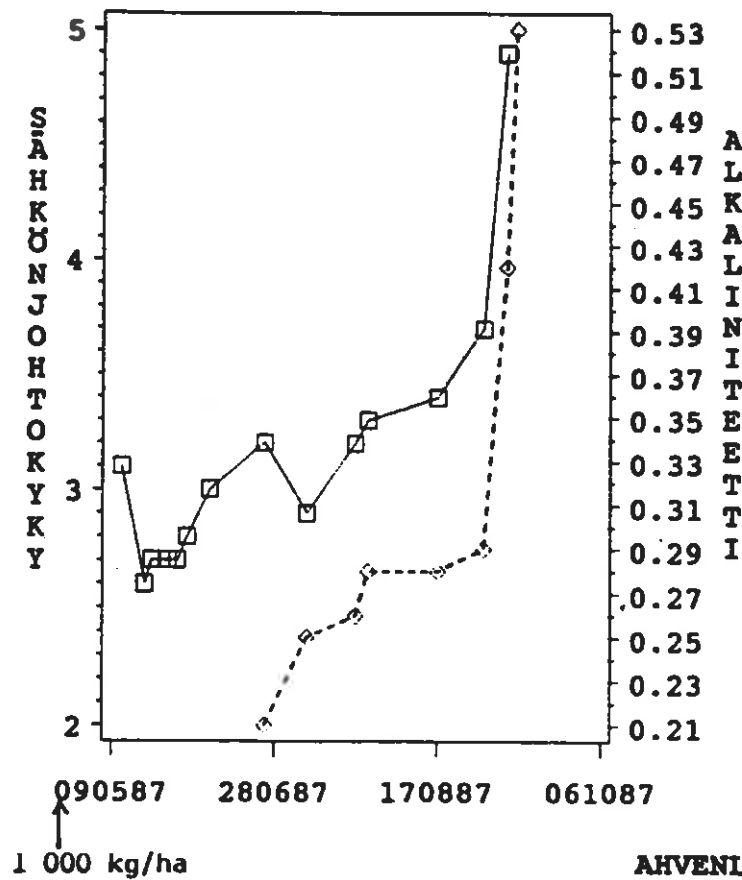
Kuva 18. A: Toukokuun ensimmäisen vesianalyysin pH:n (N=49) ja B: kasvukauden keskimääräisen pH:n (N=87) riippuvuus kalkitusmäärästä.



Kuva 19. Alkaliniteetin (mmol/l, katkoviiva) ja sähkönjohtokyvyn (κ_{25} mS/m) vaihtelu Ryötilammissa A: 1985 B: 1986 kasvatuskauden aikana. Kalkitusmäärä on merkitty nuolella.

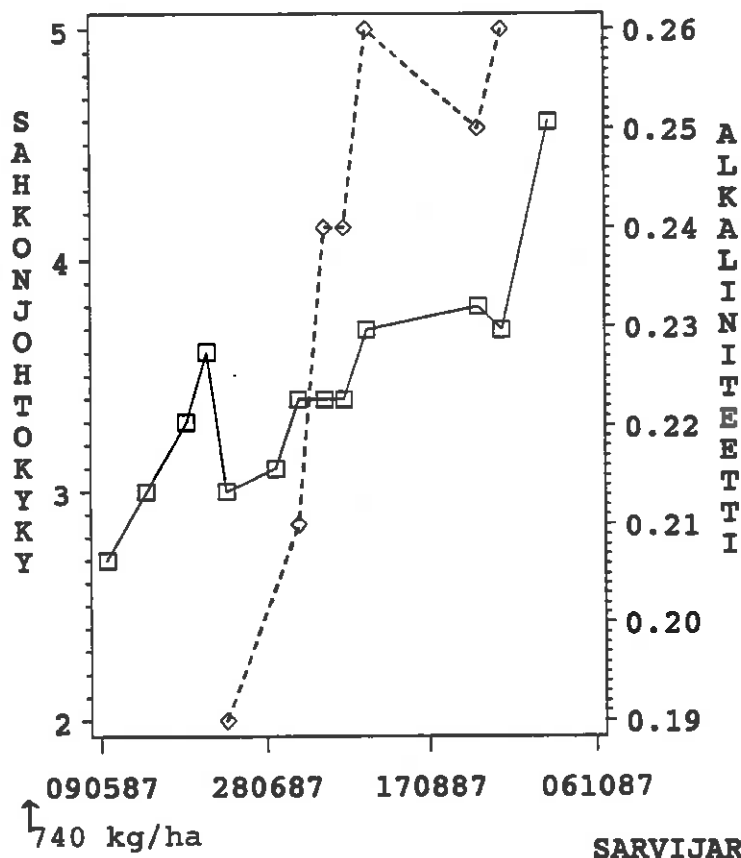
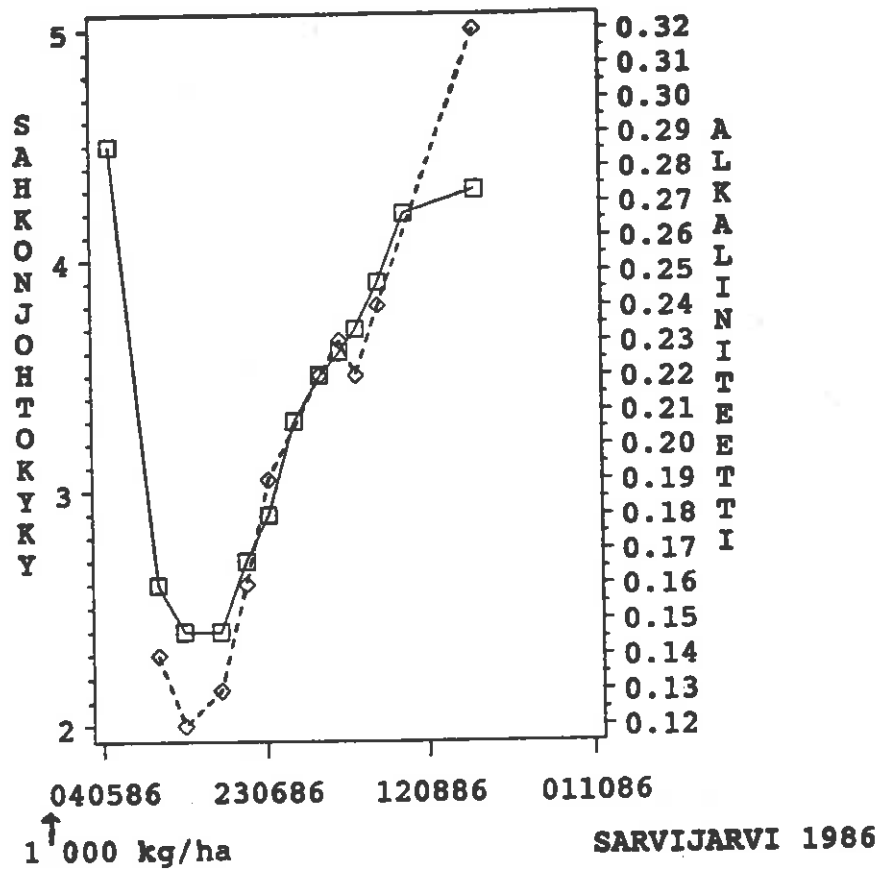


AHVENLAMPI 1986



AHVENLAMPI 1987

Kuva 20. Alkaliniteetin (mmol/l, katkoviiva) ja sähkönjohtokyvyn (κ_{25} mS/m) vaihtelu Ahvenlammissa A: 1986 B: 1987 kasvatuskauden aikana. Kalkitusmäärä on merkitty nuolella.



Kuva 21. Alkaliniteetin (mmol/l, katkoviiva) ja sähkönjohtokyvyn (κ_{25} mS/m) vaihtelu Sarvijärvessä A: 1986 B: 1987 kasvatuskauden aikana. Kalkitusmäärä on merkitty nuolella.

5. TULOSTEN TARKASTELU

5.1 LAMMIKOIDEN VEDENLAATU

Kokonaisfosforipitoisuudet ovat vaihdelleet lammikoilla yleensä 20-40 g/l kasvukauden keskiarvoina laskettuina. Suomessa optimitasona on pidetty noin 50-70 g/l (esim. Eskelinen 1986, Ahonen 1987). Tämän mukaan lammikoiden ravinnetasoa tulisi kohottaa. Tasainen ravinnetaso on vaikea saavuttaa lannoituksen avulla. Käytetyt lannoitemäärät on lammikkokohtaisia ja niiden tulee perustua paitsi lammikon vedenlaatutietoihin, myös luotettavan tutkimustiedon puuttuessa kokemuksiin lammikon käyttäytymisestä.

Alkaliniteetti kuvaa veden puskurikykyä. Luonnonravintolammikoilla lannoituksen aiheuttama planktonituotannon nousu voi aiheuttaa rajuja pH:n muutoksia. Toisaalta runsaiden sateiden tuomat happamat humusaineet voivat aiheuttaa nopean pH:n laskun. Siksi hyvä puskurikyky on tärkeää veden pH:n pitämiseksi poikasillemme edullisella tasolla. PSKKVL:n hoidossa olleilla lr-lammikoilla kasvukauden keskimääräinen alkaliniteetti on vaihdellut 0,03-0,55 mmol/l. Alhaisimmillaan veden puskurikyky on ollut huono, parhaissa tapauksissa puskurikykyä voidaan pitää hyvänä (esim. Roponen ja Lindqvist 1986). Lindqvist ja Pärjälä (1982) suosittelevat lammikoille alkaliniteetiksi jopa yli 1,0 mmol/l.

Veden väri ilmentää veden humuspitoisuutta (Hutchinson 1957). Korkeiden väriarvojen ei ole yleensä katsottu haittaavan lammikoiden tuotantoa (esim. Sormunen 1968), tosin joissain tapauksissa on viitteitä siikalammikoiden tuoton alenemisesta väriarvojen ollessa korkeita (Vehanen 1989). Tässä työssä ei havaittu yhteyttä tuoton ja värin välillä, mikä johtunee lammikoiden mataluudesta ja siitä, että kasvatuskauden keskimääräiset väriarvot olivat suhteellisen alhaisia. Suurimmillaan kasvatuskauden keskimääräiset väriarvot olivat alle 120 mg Pt/l, joten veden väri ei muodosta ongelmaa tuotannolle.

Lr-lammikot ovat yleensä matalia, tummapohjaisia lammikoita, joissa auringon säteily voi hellekausilla aiheuttaa lämpötilan

kohoamisen haitalliselle tasolle. Mäkisen ja Koskelän (1988) mukaan planktonsiian vastakuoriutuneista poikasista 50-60 % kuoli +26-27,8 °C lämpötilassa. Korkein mitattu lämpötila luonnonravintolammikoilla oli 26,8 °C, joten lämpötila korkeimmillaan on ilmeisesti aiheuttanut suoranaisia kalakuolemia (Vesanlammen kalakuolemat 1988, Karjalainen suull.). Lämpötila kohoaa näin korkealle vain harvoin, joten se ei selitä lammikoiden keskimääräisiä suuria kuolleisuuslukuja. Kuitenkin jo letaalilämpötilaa alemmilla lämpötiloilla on kasvutulosta heikentävä tulos.

Kalatuoton kannalta edullisena pH:na pidetään 6,5-9,0 (Boyd 1979b). Lr-lammikoille keväällä tuleva vesi on hyvin hapanta. Tässä aineistossa alhaisin mitattu pH oli 4,7, mikä voi olla vastakuoriutuneille poikasille letaali pH-arvo (esim. Tuunainen ym. 1987). Lammikon täyttymisen ja poikasten istutusajan kohdan välisenä aikana pH kuitenkin kohoaa edullisemmalle tasolle.

Kalkituissa lammikoissa pH ei ollut yleensä kalojen kannalta liian alhaisella tasolla kasvatuskauden aikana. Sen sijaan voimakkaan kasviplanktontuotannon aikana pH kohosi joillain lammikoilla yli 9:n, parhaimmillaan 10,9:ään. Siianpoikasten sietokyvyn yläraja ei ole tiedossa, mutta Boyd (1982) esittää yleiseksi ylärajaksi pH 11:ta. Täten korkeimmat pH arvot ovat vaarallisen korkeita poikasille. Alhainen tai korkea pH vaikuttaa kalan kaasujen vaihtoa ja ionisäätelyä. Suoran vaikutuksen lisäksi pH:n nousu voi vaikuttaa välillisesti kalaan esim. tappamalla eläinplanktonin vedestä (O'Brien ja deNoyelles 1972).

Lohikalojen viihtyvyyden alarajana pidetaan 4-5 mg/l happea. Luonnonravintolammikoilla on happea yleensä riittävästi. Lammikot ovat matalia ja vesi pääsee tuulten vaikutuksesta sekoittumaan kokonaan. PSKKVL:n lammikoissa happea oli alhaisimmillaan 3,5 mg/l. Hapen puute voi muodostua ongelmaksi syksyllä, mikäli planktontuotannon ollessa korkealla tasolla hajoitustoiminta kuluttaa vuorokauden pimeän jakson aikana veden suhteellisen korkean lämpötilan vuoksi hapen loppuun. Tästä ei ole kuitenkaan PSKKVL:n lammikoilla havaintoa.

Rautapitoisuus on luonnonravintolammikoilla todennäköisesti suurimmillaan keväällä lammikoiden täyttyessä valumavesistä. Suomen pintavesien keskimääräinen rautapitoisuus on 1,1 mg/l (Seppänen 1984). PSKKVL:n hoitamilla lammikoilla keskimääräiset arvot jäivät huomattavasti tämän alapuolelle, mutta suurimmillaan rautaa on ollut yli 2,0 mg/l. Raudan myrkkyyvaikutus on yhteydessä alhaiseen pH-arvoon, sekä ennen kaikkea raudan ionimuotoon. Sateiden myötä huuhtoutunut ferrosulfaatti voi happamissa oloissa hapettua kalan emäksisillä kiduksilla ferriraudaksi ja aiheuttaa tukehtumiskuoleman (Ovaskainen 1969). Normaaliolosuhteissa rauta tuskin aiheuttaa kuolleisuutta, eikä kokonaisrautapitoisuuden havaittu tässä aineistossa vaikuttavan lammikon tuottoon.

Sähkönjohtokyky riippuu ionisoituneiden aineiden määrästä ja laadusta, mutta on yleisesti ottaen sitä suurempi, mitä suurempi ionien määrä vedessä on (Boyd 1979b). Suomen vesien sähkönjohtokyky on alhainen: esimerkiksi maamme itäosissa alle 3,3 mS/m (Seppänen 1984). Joillain PSKKVL:n hoitamilla lammi-koilla keskimääräinen sähkönjohtokyky jäi alle 3,0 mS/m, mutta esimerkiksi Taivalkosken säännöllisesti kalkituilla lammikoilla se oli yli 3,3 mS/m. Lindqvist ja Pärjälän (1982) mukaan sähkönjohtokyky ilmaisee tietyin varauksin myös veden tuotto-kykyä.

5.1.1 LAMMIKOIDEN VÄLINEN VEDENLAADUN VAIHTELU

Ensimmäiset pääkomponenttianalyysin akseleista kuvaavat suurinta kokonaisvaihtelun selitysastetta (esim. Ludwig ja Reynolds 1988). Akseleiden tulkinta oli tässä tapauksessa biologisesti mielekäästä. Ykkösakselin vahvimmat korrelaatiot olivat sähkönjohtokyvyllä ja alkaliniteetillä, joiden vaihtelu lammi-koilla on hyvin samansuuntaista (esim. kuvat 19-21). Kakkosakselilla merkittävimmät tekijät olivat veden väri ja kokonaisrauta, jotka molemmat kohoavat humuspitoisuuden kasvaessa, joten akseli kuvaa veden humuspitoisuutta. Kolmosakselilla merkittävimmät muuttujat ovat pH ja kokonaisfosfori. Niiden välillä on selvä yhteys korkean ravinnepitoisuuden kohottaessa perustuotantoa, jolloin myös pH kohoaa. Kolmosakseli kuvaa

parhaiten veden ravinnepitoisuutta.

Ykkös- ja kakkosakseleiden ordinaatiossa Taivalkosken ja Suomussalmen eri lammikoiden vedenlaatuhavainnot eivät eriytyneet toisistaan. Vedenlaatuhavainnoissa oli sen verran vaihtelua lammikoiden sisäisestikin, että eri lammikoiden havainnot menivät päällekkäin. Vaihtelua voi aiheuttaa esim. lammikoiden lannoitus. Lammikoiden vedenlaatuhavainnot muodostivat omia rajattavia, tosin osin päällekkäisiä ryhmiä. Esimerkiksi Taivalkosken lammikoilla ykkösakselilla Ryötilammen havainnot sijoittuvat akselin positiiviseen päähän ja suurin osa Sarvijärven vedenlaatuhavainnoista negatiiviseen päähän. Kakkosakselilla negatiiviseen päähän sijoittuu Kerkkämännikkö ja positiiviseen päähän Pikkuniemi. Vedenlaadun vaihtelua lammikoiden välillä voidaan periaatteessa käyttää hoitotoimenpiteitä suunniteltaessa, mutta vaihtelu on suurta. Suomussalmen lammikoiden sisäinen vaihtelu oli vielä laajempaa kuin Taivalkosken lammikoilla, mikä voi johtua epäsäännöllisestä hoidosta.

Erotteluanalyysin mukaan tärkeimmät luonnonravintolammikoita vedenlaadun suhteen erottelevat tekijät olivat kahdella ensimmäisellä akselilla sähkönjohtokyky ja alkaliniteetti. Erottelun merkitsevyys Kruskal-Wallis testin perusteella oli erittäin merkitsevä, joten lammikoiden vedenlaadussa on merkitseviä eroja. Lammikot erosivat ykkös- ja kakkosakseleiden ordinaatiossa pääkomponenttianalyysiä selkeämmin toisistaan, vaikka päällekkäisyyttä edelleen esiintyi. Esimerkiksi ykkösakselin positiiviseen päähän sijoittuu Kerkkämännikön ja Ryötilammen vedenlaatuhavainnot, negatiiviseen päähän Sarvijärven ja Vesanlammen havainnot. Kakkosakselin suhteen lampien eriytyminen on vähäisempää.

5.1.2 LAMMIKOIDEN SISÄINEN VEDENLAADUN VAIHTELU

Luonnonravintolammikoiden mahdollisia vedenlaadun erojen merkitsevyyksiä eri vuosina tarkasteltiin useilta lammikoilta. Tulosten mukaan samankin lammikon vedenlaadussa on eroja eri vuosien välillä. Vuosittaiset vedenlaadun erot voivat selittää lammikoiden kalatuoton laajaa vaihtelua eri vuosien välillä. Vedenlaadun vaihtelua voivat aiheuttaa kasvukauden erilaiset

sääolosuhteet, valuma-alueella tehtävät toimenpiteet sekä ennen kaikkea lammikon kalkitus ja lannoitus. Ahtelan (1988) mukaan kevään sääolosuhteet vaikuttavat merkittävästi vedenlaatuun.

Kerkkämännikön laajaa vedenlaatuaineistoa hyödynnettiin testaamalla eri kohdasta lammikkoa otettujen vesinäytteiden mahdollisia eroja. Eri kohdasta otettujen vesinäytteiden välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja alkaliniteetissä ja sähkönjohtokyvyssä. Parittaisessa testissä poistokanavan ja laiturirannan vesinäytteet erosivat toisistaan. Vaikka rannan ja keskilammikon vesinäytteiden välillä ei ollut tilastollisia eroja, olisi suositeltavaa ottaa vesinäyte kokoomänäytteenä eri puolilta lammikkoa. Tätä tukee myös Ahtelan (1988) havainto, että lannoitetuissa lammikoissa fosforipitoisuus voi vaihdella eri puolilla lammikkoa.

5.2 LUONNONRAVINTOLAMMIKOIDEN TUOTTO

Lammikoiden tuotto vaihtelee lammikoittain vuosien välillä huomattavasti. Joinakin vuosina on havaittavissa yhdensuuntaista vaihtelua. Tämä voisi selittyä poikasilte edullisilla lämpöolosuhteilla; mm. edullisella keväällä. Kolmena viimeisenä aineiston vuotena (1986-1988) on Suomussalmen lammikoiden tuotto jatkuvasti jäänyt alle 20 kg/ha, mikä on Taivalkosken lammikoiden tuottoja alhaisempi. Tässä näkyy mitä ilmeisimmin lammikoiden hoidon merkitys; Taivalkosken lammikot ovat intensiivisemmin hoidettuja kuin muut aineiston lammikot.

Luonnonravintolammikoiden tuottoon vaikuttaa myös kasvukauden pituus. Eteläisessä Suomessa lammikot tuottavat pohjoista paremmin. Eskelisen (1983) mukaan tuotto keskisessä Suomessa on noin 60 kg/ha. Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen selvityksen mukaan laitoksen siikalammikoiden tuotto vuosina 1976-1981 vaihteli välillä 13,0-125,9 kg/ha, ja oli keskimäärin 56,9 kg/ha (Ruohonen 1986). Kuopion läänissä sijaitsevilla valtion ja kalastuskuntien hallitsemilla siikalammikoilla hehtaari-tuotto oli vuosina 1982-1984 keskimäärin 35,3 kg/ha, vaihdellen 0-100 kg/ha (Roponen ja Lingvist 1985). Näillä eteläisimmillä lammikoilla tuotto on selvästi PSKKVL:n lammikoita pa-

rempi.

Metsähallituksen Pohjanmaan piirikunnan luonnonravintolammikoilla, jotka sijaitsevat lähes samalla alueella kuin PSKKVL:n lammikot, on siikalammikoiden tuotto ollut vuosina 1977-1987 keskimäärin 24,7 kg/ha ($n=77$, $SD=18,33$) (Vehanen 1989). Kun tästä metsähallituksen aineistosta poistetaan arvioidut tuotot ja petokalojen ym. aiheuttamat nollatuotot, tuotto on ollut 30,8 kg/ha ($N=50$, $SD=17,2$). Salojärven (1984) mukaan siikalammikoiden tuotto Pohjois-Suomessa on ollut $31,8 \pm 3,7$ kg/ha ($N=103$). Inarin alueella siikalammikoiden keskimääräinen tuotto on vuosina 1978-1983 vaihdellut välillä 7,4-34,0 kg/ha (keskiarvo 23,5 kg/ha) (Ahonen 1987).

PSKKVL:n lammikoiden keskimääräinen tuotto jää hieman pohjoisten lr-lammikoiden tuoton alapuolelle. Taivalkosken säännöllisessä hoidossa olleiden lammikoiden tuotto (32,7 kg/ha, $N=23$, $SD=11,8$) on kuitenkin Pohjois-Suomen keskimääräistä tasoa parempi.

Kilomääräinen tuotto kasvaa alhaisilla tiheyksillä tasaisesti kappaletuoton kasvaessa. Suurilla tiheyksillä samalla kappaletuotolla voidaan saada hyvin vaihtelevia kilotuottoja kalan koon vaihtelun vuoksi.

5.2.1 POIKASTEN KASVU

Poikasten kasvussa on lammikoilla selviä eroja. Kasvueroja aiheuttavat tiheyserot, ravintotilanteen muutokset sekä vedenlaatu. Nopeat muutokset kasvunopeudessa esimerkiksi Ryöttilämmessä 1984 ovat todennäköisemmin pienen näytemäärän (alin 6 kpl) aiheuttamaa vaihtelua kuin todellisia muutoksia. Kuitenkin esimerkiksi Pikkuniemen lammikolla näytemäärä on ollut 45-120 kalaan mittauskertaa kohti ja kasvussa on havaittavissa selvää nopeuden vaihtelua. Ravintotilanteen muutokset, kuten eläinplanktonin kehityksen syklisyys, voivat heijastua kasvuun, jos korvaavaa ravintoa ei ole saatavilla. Toisaalta koeroja voivat aiheuttaa myös eri näytteenottopaikat; poistokanavaan elämään jääneet poikaset jäävät huomattavasti muita poikasia pienemmiksi (Hokki, suull.).

Mielenkiintoisinta kasvumittaustuloksissa on, että kasvu jatkuu vielä syyskuun alkupuolella. Kasvun taantumista tapahtuu vasta syyskuun puolessa välissä. Eläinplanktonin määrä alkaa usein elokuun lopulla lepovaiheiden muodostamisen seurauksena vähetä. Tämä ei kuitenkaan näy kasvun pysähtymisenä. Surviais-sääskien (Chironomidae) toukat, joiden osuus lammikoiden eläimistöä lisääntyy rajusti heinäkuun aikana, ilmeisesti korvaavat eläinplanktonravinnon (Niemitalo, julkaisematon).

5.2.2 POIKASTEN KUOLLEISUUS

PSKKVL:n hoitamista lammikoista saatiin takaisin 33.0 %, eli keskimäärin kolmannes istutetuista poikasista. Tuottoprosentti vaihteli kuitenkin laajalti. Aineiston perusteella ei voida sanoa missä vaiheessa kuolleisuus on tapahtunut, mutta nykyisen käsityksen mukaan kalanpoikasten kuolleisuus on suurinta larval-vaiheessa (esim. May 1974) eli välittömästi istutuksen jälkeen.

Syitä suureen kuolleisuuteen välittömästi istutuksen jälkeen voi olla useita. Esimerkiksi kevään epäedulliset sääolot ja selkärangattomien eläinten predaatio voivat aiheuttaa kuolleisuutta. Luonnonravintolammikoilla tavataan ajoittain suuria määriä petokovakuoriaisia (Kolari 1981). Pääsyyinä kalanpoikasten kuolleisuuteen tässä vaiheessa pidetään kuitenkin sopivan ravinnon puutteesta aiheutunutta nälkiintymistä (esim. Pitcher ja Hart 1982). Herkin vaihe on silloin kun poikanen ruskuaisravinnon vähetessä siirtyy käyttämään ulkoista ravintoa (Braun 1978). Mikäli sopivaa ravintoa tässä vaiheessa ei ole saatavissa, poikanen heikkenee eikä onnistu ruokailussaan, vaikka ravintoa olisi saatavilla. Lämpötila vaikuttaa poikasten ravinnon tarpeeseen ja aikaan, jonka kuluessa ruskuaisravinto kulutetaan loppuun. Jezierska ym. (1978) mukaan vaellussiian poikasilla havaittiin vaikeuksia saaliin kiinniottossa kun ensimmäinen syöttö tapahtui 10 päivää kuoriutumisen jälkeen. Hoagmanin (1973) mukaan kriittinen vaihe ei ole sillisiialla (Coregonus clupeaformis Mitchill) välttämättä merkittävä ilmiö, koska poikanen aloittaa ravinnonoton ennen kuin ruskuais-

ravinto on loppunut. Lindströmin (1962) mukaan siialla on harvoin ravintoa suolessaan ruskuaispussivaiheessa. PSKKVL:lla tehdyissä tutkimuksissa siianpoikasten, jotka on otettu lammi-
kosta 3-5 päivää istutuksen jälkeen, on havaittu aloittaneen ravinnonoton. Siianpoikasten ravinto on tässä vaiheessa on koostunut vesikirppujen (Cladocera) juvenile-yksilöistä, hankajalkaisten (Copepoda) nauplius-toukista sekä pienistä (todennäköisesti planktisisista) surviaissääskien toukista (Niemitalo ym., julkaisematon).

Salojärven (1982) tutkimusten tulokset Oulujoen vesistöalueen luonnonravintolammikoilla tukevat havaintoja, että siianpoikasten kuolleisuus on suurinta ensimmäisinä elinviikkoina. Kuolleisuuden pääsyynä on ollut nälkiintyminen.

Kuolleisuuden vähentämiseksi olisi tärkeää, että lammikon eläinplanktontuotanto olisi käynnistynyt riittävän ajoissa ennen istutusta. Lammikoiden tyhjennyksen vuoksi eläinplanktonin on talvehdittava lammikon pohjaliejuissa lepomunina tai diapaussiin vaipuneina kopepodiihteina. Näiden kehitys on keväällä pääosin lämpötilasta riippuvainen (Bottrell ym. 1976). Puolalaisten tutkimusten mukaan lammikon täytön ja istutuksen välin tulisi olla vähintään kaksi viikkoa, jotta eläinplanktontuotanto olisi ehtinyt käynnistyä (Losos ja Hetesa 1973). Suomessa on vastaavaksi ajaksi arvioitu kymmenen päivää lammikon sulamisesta (Korhonen 1978). Taivalkosken Ahvenlammella vuosina 1986-1987 tehdyissä tutkimuksissa eläinplanktontuotannon käynnistymisen havaittiin ajoittuvan vesikirppujen ja hankajalkaisten osalta 10-15 vuorokautta lammikon täyttymisen jälkeen. Vuosien väliset vaihtelut ovat kuitenkin tässä suhteessa erittäin suuret, eikä luonnonravintolammikoiden kasvukauden aikaista eläinplanktontuotantoa voida käytännössä ennustaa (Niemitalo, julkaisematon).

Yksi keino kuolleisuuden vähentämiseksi olisi viivästyttää poikasten kuoriutumista hautomalla mätää loppukeväällä viileällä vedellä. Tällöin siianpoikaset voitaisiin istuttaa lammikkoon kun eläinplanktontuotanto on käynnistynyt. Nosatovan (1980) mukaan siianpoikaset kärsivät tilapäisestä nälkiintymisestä, mikäli ne istutettiin eläinplanktonin biomassan olles-

sa alhainen. Myöhemmin istutetuilla viivästetyillä poikasilla tätä ei havaittu. PSKKVL:llä ei ole kokemuksia viivästetyistä poikasista. Yksityisten kasvattajien kokemusten mukaan viivästetty poikanen saavuttaa kasvussaan normaalipoikasen kasvukauden lyhenemisestä huolimatta (Vääräniemi, suull.). Keväiset ylijukuksutukset, jotka voivat aiheuttaa poikastappioita, eivät ole haittana myöhästettyä istutusta käytettäessä. Kohlman ja Luczynskin (1986) mukaan vaellussiian viivästetty poikanen ei eronnut kasvussa tai kuolleisuudessa normaalipoikasesta.

Toinen mahdollisuus olisi kasvattaa poikaset kriittisen vaiheen yli kuivarehulla. Aikaisemmat kokeet esimerkiksi taimen- ja kuorerehuilla ovat johtaneet suureen kuolleisuuteen (Bogdanova 1980, Kolari 1981). Nykyisin siian alkukasvatuksesta on saatu jo hyviä kokemuksia (Rösch ja Eckman 1986, Koskela 1988).

5.3 TUOTTOON VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

5.3.1 ISTUTUSTIHEYS

PSKKVL:n hoitamilla luonnonravintolammikoilla, suuresta vaihtelusta huolimatta, tuotto parani istutustiheyden kasvaessa. Suurin käytetty istutustiheys oli vajaat 25 000 kpl/ha vasta-kuoriutuneita siianpoikasista.

Eskelisen (1983) mukaan siianpoikasten kuolleisuus oli istutustiheydestä riippumaton ja kappaletuotto kasvaa istutustiheyden noustessa. Hänen aineistossaan istutustiheys vaihteli 11 000–28 000 kpl/ha, joten tulokset ovat samansuuntaisia tämän aineiston kanssa.

Metsähallituksen Pohjanmaan piirikunnan luonnonravinto, lähes PSKKVL:n lammikoita vastaavalla alueella ja vastaavilla istutustiheyksillä (7 000–26 000 kpl/ha), kappaletuotto parani istutustiheyden kasvaessa (Vehanen 1989), mikä myös tukee tästä aineistosta saatuja tuloksia. Eskelisen (1983) ja Vehasen (1989) mukaan istutustiheydellä ei kuitenkaan juurikaan pystytty vaikuttamaan kilomääräiseen tuottoon. PSKKVL:n hoitamilla lammikoilla myös kilotuotto parani istutustiheyden kasvaes-

sa. Tämä saattaa johtua PSKKVL:n hoitamien joidenkin lammikoiden säännöllisestä lannoituksesta, mikä on parantanut tuottoa.

Salojärven (1982) ja Ahosen (1984) mukaan siianpoikasten kapaletuotto nousee istutustiheyden kasvaessa 40 000-50 000 kpl/ha oleviin istutustiheyksiin saakka. Snetkov ja Reshetnikov (1980) ovat kehittäneet Karjalassa sijaitsevia luonnonravintolammikoita vastaavia järviä varten matemaattisen mallin siianpoikasten optimaalisen istutustiheyden laskemiseksi. Mallilla päädytään samansuuntaisiin tuloksiin kuin Salojärvi (1982) ja Ahonen (1984). Näiden tulosten mukaan kuolleisuus lisääntyy ja tuotto kääntyy laskuun istutustiheyden ylittäessä optimin. PSKKVL:n hoitamiin lammikkoihin verrattuna tulokset ovat pitkälti samansuuntaisia niiltä osin kun istutustiheydet ovat yhteneviä. Ahosen (1984) mukaan myös paras kilotuotto saavutetaan 40 000-50 000 kpl/ha istutustiheydellä.

Ahosen (1987) mukaan paras tuotto saavutetaan Inarin alueen lammikoilla 10 000-14 000 kpl/ha istutustiheydellä, mikä on huomattavasti alle muualla havaitun. Osin tämä voi johtua lammikoiden pohjoisesta sijainnista.

Lindqvist ja Pärjälä (1982) tutkivat pohjasiiian poikasia Inarissa kassikasvatuskokeessa, jossa poikasia ruokittiin kerätyllä eläinplanktonilla. Heidän mukaansa siianpoikaset kestävät huomattavasti nykyisin käytettyjä suurempia tiheyksiä (8-16 poikasta/m² = 80 000-160 000 kpl/ha), kun sopivaa ravintoa on tarjolla. Lindqvist ja Pärjälä arvelevat, että on mahdollista kasvattaa 50 000-120 000 poikasta hehtaarilla kuolleisuuden nousematta yli 20 %:n, mikäli poikasia ruokitaan. PSKKVL:n luonnonravintolammikoilla ruokintaa kuivarehun avulla on kokeiltu vaihtelevin tuloksin. Ruokinnan vaikutusta on kuitenkin vaikea erottaa luontaisesta tuoton vaihtelusta (Määttä suull.).

5.3.2 ISTUTUSTIHEYDEN VAIKUTUS POIKASEN KOKOON

Istutustiheyden ja kesänvanhojen poikasten koon välillä ei ko-ko aineistossa havaittu tilastollista merkitsevyyttä aineiston suuren vaihtelun ja muiden kokoon vaikuttavien tekijöiden

vuoksi. Kuitenkin Taivalkosken säännöllisesti hoidetuilla lammikoilla poikasen koko pieneni istutustiheyden kasvaessa. Poikasen koon pienenemisen istutustiheyden kasvaessa on havainnut myös Nosatova (1980). Inarin alueella istutustiheys ei vaikuttanut poikasen kokoon (Ahonen 1987).

Kasvatuskauden lopun poikastiheyden ja poikasen koon välinen yhteys oli selkeä. Tiheyden kasvaessa poikasen koko pieneni. Tämä havaittiin myös koko lammikkoaineistossa, vaikka vaihtelu lammikoiden välillä oli suuri. Kasvun heikkenemisen poikastiheyden kasvaessa on havainnut mm. Eskelinen (1983).

Tiheydestä johtuva kasvun heikkeneminen johtuu ravintokilpailusta (Backiel ja LeCren 1978). Yksinkertaisissa yhteisöissä suuret muutokset yksilötiheyksissä aiheuttavat vastaavan muutoksen kasvussa. Pienemmillä tiheyksillä tiheyden aiheuttamat kasvun muutokset ovat nopeampia kuin suurissa tiheyksissä (Backiel ja LeCren 1978), joka myös tässä aineistossa Taivalkosken lammikoilla havaittiin. Metsähallituksen vastaavalla alueella sijaitsevilla luonnonravintolammikoilla istutustiheyden nosto aiheutti poikastiheyden nousun. Samalla kalojen kasvu kuitenkin heikkeni niin, että kilotuotto ei juurikaan parantunut (Vehanen 1989). PSKKVL:n hoitamilla lammikoilla kilotuotto kuitenkin kasvoi poikastiheyttä lisättäessä.

Useissa tutkimuksissa on havaittu ympäristötekijöiden ja tiheyden yhteisvaikutus kasvuun (esim. Iles 1973, Peterman ja Bradford 1987). Ilesin (1973) mukaan ympäristötekijöiden ja tiheyden vaikutusten erottaminen toisistaan ja näiden eri vaikutusten osoittaminen kasvuun on vaikeaa. Kun olosuhteet lammikossa ovat huonot on kasvu enemmän riippuvainen tiheydestä kuin hyvissä olosuhteissa, eli huonoissa olosuhteissa ravintokilpailun merkitys suurenee. Huonosti tuottavissa lammikoissa poikasen koko pienenee jo huomattavasti alhaisemmilla tiheyksillä kuin hyvin tuottavissa lammikoissa. Tästä aiheutuvaa lammikoiden välistä vaihtelua havaittiin myös tässä aineistossa.

Kesänvanhan poikasen koko on tärkeä, jos ajatellaan esimerkiksi yksityistä kasvattajaa. Poikasen hinta putoaa nopeasti koon

pienetessä. Istutuksia ajatellen pieni poikanen kestää heikommin kuljetusta ja käsittelyä kuin suurikokoinen poikanen. Lehtimäen (1984) mukaan pieni poikanen voi istutuksen jälkeen saavuttaa kasvussaan suuremman poikasen. Hän kuitenkin havaitsi, että mitä suurempi istukkaan koko on, sitä parempi on istutuksesta saatava saalis. Täten luonnonravintoviljelyssä kannattaa kiinnittää huomiota poikasen riittävän suureen kokoon. Siikaistukkaalle on jatkuvasti vaadittu alamittaa, joka on ollut esimerkiksi 10 cm (Tuikkala 1986). Velvoiteistutuksiin käytettyjen siianpoikasten alamittana on käytetty tapauksesta riippuen vähintään 8 cm:iä (Määttä, suull.).

Kun siianpoikasten istutustiheys ylittää Taivalkosken lammikoilla noin 14 000 kpl/ha, vaara että poikasten koko jää alle 10 cm:n kasvaa voimakkaasti (kuva 9). Tällöin istutustiheyden tulisi olla tarpeeksi alhainen, esimerkiksi Taivalkoskella ≤ 14 000 kpl/ha, jotta varmistettaisiin poikasen riittävän suuri koko (>10 cm). Huonommin tuottavilla lammikoilla istutustiheyden tulisi olla vielä alhaisempi.

5.3.3 VEDENLAADUN JA POIKASTUOTON RIIPPUVUUS

Kasvukauden keskimääräisen kokonaisfosforipitoisuuden ja lammikoiden tuoton välillä havaittiin PSKKVL:n hoitamilla lammikoilla yhteys. Kokonaisfosforipitoisuuden lisääntyessä kilo- ja kappaletuotto kohosi. Suurimmillaan keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli vajaat 90 g/l. Lannoituksen tuoma ravinnepitoisuuden nousu on ilmeisesti useimmilla lammikolla kyetty hyödyntämään perustuotannon kohoamisena ja sitä kautta myös siianpoikasten ravintovararat ovat parantuneet.

Eskelisen (1983) mukaan Keski-Suomessa on myös havaittu yhteys luonnonravintolammikoiden kokonaisfosforin ja tuoton välillä. Ahosen (1987) mukaan kokonaisfosforin optimitasona lammikoilla voidaan pitää 50-75 g/l.

Fosforin lisäyksellä ei voida kuitenkaan selittää kaikkea tuotannon vaihtelua. Myös ravintoverkon suhteet säätelevät vahvasti vesistöjen tuotantoa (esim. Carpenter ym. 1987).

Pääkomponenttianalyysillä muodostettu ykkösakseli korreloi jokseenkin merkitsevästi kilotuoton kanssa. Parhaat tuotot on saatu kun akselin pistearvot ovat suurimmillaan. Täten akselin merkittävimmät tekijät pH, alkaliniteetti ja sähköjohtokyky kuvaavat ilmeisesti myös poikasille edullisia olosuhteita. Muuttujat korreloivat lammikoilla vahvasti keskenään. Sähkönjohtokyky osaltaan kuvaa ionien määrää. pH:lla on vahva yhteys perustuotannon kanssa. Lammikoiden on sanottu olevan sitä tuottavampia mitä suurempi alkaliniteetti on (Sormunen 1968, Ovaskainen 1969). Myös monissa ulkomaisissa tutkimuksissa on havaittu yhteys alkaliniteetin ja tuoton välillä (Boyd 1979b). Boydin mukaan tämä suhde on olemassa kun alkaliniteetti on alhainen ($<20 \text{ mg/l CaCO}_3$ $0,20 \text{ mmol/l}$). PSKKVL:n hoitamilla lammikoilla alkaliniteetti oli yleensä tätä korkeampi. Edelleen suuremmilla alkaliniteetin arvoilla ei Boydin mukaan alkaliniteetin ja tuoton välillä ole suhdetta. Alkaliniteetin ja tuoton suhde riippuukin pikemminkin muiden alkaliniteetin myötä paranevien vesikemiallisten tekijöiden, kuten paremmasta fosforin saannista, kuin alkaliniteetista itsestään.

5.3.4 LANNOITUS

Luonnonravintolammikoiden lannoituksella pyritään ravinteita lisäämällä kohottamaan perustuotantoa ja sitä kautta kalatuottoa. Minimiravinteena lammikoilla on yleensä fosfori (esim. Ahonen 1987). Pelkkä fosforilannoitus voi kuitenkin aiheuttaa typen puutetta, jolloin typpeä sitovat sinilevät lisääntyvät (Ahtela 1988). Sinilevät ovat osittain kokonsa puolesta sopimattomia eläinplanktonin ravinnoksi ja lisäksi ne voivat erittää myrkyllisiä aineita.

Typen tarve lisääntyy pohjoisessa (Wrobel 1971). Kylmässä vedessä bakteerien ja levien typensitomiskyky heikkenee, ravinteiden kierto hidastuu ja typpi sitoutuu orgaaniseen aineeseen (Wrobel 1971). Tästä syystä typpi-fosfori-seoksen käyttö on suositeltavaa, tosin runsashumuksisissa vesissä typpi on mahdollista saada kiertokulkuun kalkituksen avulla.

Puolalaisten tutkimusten mukaan levien määrä ja kasviplanktonin lajikoostumus muodostuu paremmaksi, kun lannoitus aloite-

taan heti kasviplanktonin kehityksen alkaessa (Januszko 1977). Taivalkoskella lannoituksen aikainen aloittaminen on joissain tapauksissa aiheuttanut keväisiä piileväkukintoja.

Jään päälle tehty lannoitus ei esimerkkinä olleissa luonnonravintolammikoissa (Sarvijärvi 1986, Ryöttilampi 1985, 1986) juurikaan näkynyt kevään vesinäytteissä kohonneina fosforipitoisuuksina. Ilmeisesti suuri osa jään päälle levitetystä lannoitteesta menetetään mm. kalkin mukana pohjamutaan sedimentoituneena. Boydin (1982) mukaan vain 4 % superfosfaatin sisältämästä fosforista liukeni sen kulkiessa 2 m vesipatsaan läpi.

Lannoitelautoille tehdyn lannoitelisäyksen jälkeen kokonaisfosforipitoisuus kohoaa nopeasti ja alkaa myös nopeasti laskea lannoitusta edeltävälle tasolle. pH:n muutoksista päätellen myös perustuotanto seuraa nopeasti kokonaisfosforipitoisuutta. O'Brien ja deNoyelles (1974) havaitsivat laboratorio-olosuhteissa yhteyden ravinnelisiäysten määrän ja Pandorina morum-levän tuotannon välillä. Suoraa yhteyttä ei usein luonnossa havaita, koska muutkin tekijät rajoittavat kasviplanktontuotantoa. Näistä tärkein on eläinplanktonin laidunnus (O'Brien ja deNoyelles 1974). Eläinplanktonin tiheyttä ja laatua säätelee voimakkaasti kalojen valikoiva predaatio (esim. Nilsson ja Pejler 1973, Andersson ym. 1978, Langeland 1982).

Suuri osa lisätystä fosforista otetaan käyttöön jo muutamassa minuutissa (Boyd 1982). Radioaktiivisella fosforilla tehdyn tutkimuksen mukaan veteen lisätyn fosforin ottavat ensimmäisenä käyttöön bakteerit ja pienet (<10 μ m) levät (Levine ym. 1986). Kasviplankton (>10 μ m) ja eläinplankton käyttävät fosforia hitaammin (Levine ym. 1986). Ahtelan (1988) mukaan PSKKVL:n Suomussalmen lammikoilla veteen lisätty fosfori varastoitui pohjaan lähes kokonaan syksyyn mennessä. Fosfori sioutuu lähinnä humuksen rauta- ja alumiiniyhdisteisiin (Jackson ja Shindler 1975). Fosforin liukeneminen pohjasta on esimerkkien valossa ilmeisen hidasta, koska kokonaisfosforipitoisuus laskee nopeasti lannoitusta edeltävälle tasolle (kuvat 14-16).

Tasaisen ravinnepitoisuuden ja tasaisen tuotannon ylläpitäminen lannoituksen avulla on luonnonravintolammikolla vaikeaa. Suurehkot fosforilisäykset saavat aikaan kokonaisfosforin ja pH:n hyppäyksellisen nousun ja nopean laskun. Pienillä lisäyksillä (<0.20 P kg/ha) lannoitteen vaikutus kokonaisfosforipitoisuuteen jää pieneksi. Esimerkiksi Sarvijärven lammikolla 1986 on fosforia lisätty lyhyin välein $0,10-0,18$ P kg/ha neljä kertaa (ks. kuva 16). Kokonaisfosforipitoisuus on kuitenkin pysynyt alhaisella tasolla. Sen jälkeen lannoitusta on hieman lisätty, jolloin fosforipitoisuus on ilmeisesti kumulatiivisen vaikutuksen vuoksi noussut lähelle 100 g/l ja pH yli $9:n$. Jos tavoitteeksi otetaan tasainen kokonaisfosforitaso $50-70$ g/l, paras tapa tapa voisi olla lisätä $0,30-0,60$ P kg/ha ($2,60-5,20$ kg/ha superfosfaattina) vaikutuksesta riippuen sopivin välein. Lannoitelisäyksen väli on myös kustannuskysymys, jossa tulee ottaa palkka- ja matkustuskulut huomioon. Lyhyt lannoitusväli olisi tehokas, mutta lisäisi huomattavasti kustannuksia. Monet yksityiset kasvattajat lannoittavat lammikoita lähes päivittäin. Tasaisen vaikutuksen saamiseksi lannoitelauttoja tulisi pitää mahdollisimman tiheässä.

Lannoitteen lisääminen nestemäisessä muodossa voi olla hyvä tapa pitää ravinnepitoisuudet tasaisina luonnonravintolammikoilla. Nestemäisiä tai liuotettuja lannoitteita on käytetty esimerkiksi Norjassa järvien lannoitukseen. (esim. Johannessen ym. 1984). USA:ssa on saavutettu hyviä tuloksia kalalammikoiden lannoituksessa nestemäisillä lannoitteilla (Boyd 1982).

Voimakkaasti lannoitetuissa lammikoissa rihmamaiset tai limaa ympärilleen erittävät levät voivat lisääntyä ja näin pienentää tuotantoa (O'Brien ja deNoyelles 1974). Kookkaat levät ovat liian suuria eläinplanktonin ravinnoksi, ja ne voivat tukkia eläinplanktereiden ravinnonsuodatusjärjestelmän. Lisäksi jotkin sinilevät muodostavat toksisia kantoja. Liiallisen lannoituksen seurauksena pH voi kohota eläinplanktonille letaaliksi (O'Brien ja deNoyelles 1972). O'Brien ja deNoyellesin mukaan eläinplanktonille letaali pH voi olla yleinen voimakkaasti lannoitetuissa ja alhaisen puskurikyvyn lammikoissa. Heidän kokeissaan letaali pH-arvo oli lähellä $11:sta$. PSKKVL:n lammikoilla näin korkeita pH-arvoja ei ole havaittu, mutta pH voi

korkean perustuotannon aikana vaihdella nopeasti vuorokauden eri aikoina.

Koska tutkimustulosten mukaan pH useimmiten seurailee kokonaisfosforipitoisuuksia, lannoituksen vaikutuksia on mahdollista seurata pH-mittarin avulla. Tulosten mukaan, jos pH-arvo nousee yli 7.5:en, lannoitus on syytä ainakin väliaikaisesti lopettaa.

Epäorgaanisten ravinteiden lisäämä tuotanto on riippuvainen aurinkoenergian määrästä. Orgaanisilla lannoitteilla ei ole tätä rajoitusta. Keski-Suomessa karjanlanta on havaittu parhaaksi lannoitteeksi (Roponen ja Lindqvist 1986). Orgaanista lannoitetta käytettäessä heterotrofinen mikrobitoiminta kasvaa voimakkaasti. Bakteerit voivat kasviplanktonin lisäksi muodostaa erittäin tärkeän tuottajaryhmän orgaanisilla lannoitteilla lannoitetuissa lammikoissa (Noriega-Curtis 1979).

Lannoitus tulee lopettaa heinäkuun lopulla öiden pimetessä. Muutoin lisääntynyt hajoitustoiminta ja hengitys voivat aiheuttaa happikatoja. Lannoituksen vaikutus on lyhytaikainen; kun lannoitus lopetetaan alkaa tuotanto palautua entiselle tasolle.

5.3.5 KALKITUS

Luonnonravintolammikoiden kalkituksella pyritään kohottamaan pH kalojen kannalta edulliselle tasolle ja puskuroimaan vesikiillisiä pH:n muutoksia vastaan. Kalkituksella voidaan myös poistaa happamuuden aiheuttamia haittoja eliöstölle ja palauttaa happamuuden aiheuttaman stressin heikentämä kasvu (Nikunen ja Soivio 1984) normaalille tasolle.

Lammikot kalkitaan yleensä keväällä hangen päälle. Kalkin levittämällä suoraan veden pinnalle voi olla välittömiä negatiivisia vaikutuksia kasviplanktoniin. Kasviplanktonin biomassassa voi voimakkaasti vähetä kalkin levittämisen jälkeen (Stenson 1984 (ref.) Heikkinen ja Alasaarela 1988). Tämä johtuu pääasissa veden pH:n kohoamisesta sekä fosforin saostumisesta. Täten kevättalvella jään päälle levitetyn lannoitteen

fosfori voi sitoutua kalkin sisältämän kalsiumin kanssa.

Kalkitus katsotaan luonnonravintolammikoilla tarpeelliseksi, kun pH laskee lähelle arvoa 6 (esim. Sormunen 1968, Palomäki 1982). Boyd (1979b) suosittelee kalkitusta kun alkaliniteetti on alle 20 mg CaCO_3 (0,20 mmol/l). Kalkitus on tarpeellinen toimenpide humuspitoisissa vesissä ja lannoitetuissa lammikoissa. Esimerkiksi Boydin (1979a) mukaan lannoitus ei saa aikaan korkeaa kasviplanktontuotantoa, jos alkaliniteetti on alle 10 mg CaCO_3 (0,10 mmol/l). Kun alkaliniteetti on 10-20 mg CaCO_3 (0,10-0,20 mmol/l) on lannoituksen teho vaihteleva. PSKKVL:n hoitamilla lammikoilla tämä taso useimmiten ylitettiin vuosittain tehtävän kalkituksen ansiosta.

Kalkituksen on todettu nostavan alkaliniteettia (esim. Palomäki 1982). PSKKVL:n lammikoilla kalkitusmäärällä oli alkaliniteettia hieman kohottava vaikutus. Kasvukauden keskimääräinen pH, samoin kuin toukokuun ensimmäisen vesinäytteen pH vaihtelivat laajasti eri lammikoilla eri kalkitusmääristä huolimatta. Ahtela (1988) ei havainnut eri kalkitustasoilla suuria tai yksiselitteisiä eroja pH:n tai alkaliniteetin arvoissa. Hänen mukaansa kalkin liukenevuus parani kalkitusmääriä vähennettäessä. Ahtelan (1988) mukaan 30 mg/l dolomiittikalkkia riittää nostamaan pH:n yli 6:n. Ahosen (1987) mukaan Inarin luonnonravintolammikoilla 500-600 kg/ha dolomiittikalkkia riitti pitämään pH:n kalanpoikasille edullisella tasolla.

Kalkituksen vaikutus riippuu kalkin liukenevuudesta. Raekoko vaikuttaa ratkaisevasti kalkin liukenevuuteen. Kalkin liukenevuus voidaan jakaa välittömästi ja pitkän ajan kuluessa tapahtuvaan liukenemiseen (Ahtela 1988). Ahtelan mukaan Suomussalmella (Ahvenlampi, Lapinlampi) lammikkoihin lisätystä kalkista liukeni noin 17-38 % syksyyn mennessä.

PSKKVL:n kalkituilla luonnonravintolammikoilla alkaliniteetti ja sähkönjohtokyky kohosivat kasvatuskauden aikana. Ahtelan (1988) mukaan sähkönjohtokyvyn kohoaminen kalkituilla lammikoilla lienee pääasiassa kalsium-ionin aiheuttamaa. Alkaliniteetin ja sähkönjohtokyvyn nousu viittaa siihen, että kalkkia liukenee jatkuvasti lammikon pohjaliejusta.

Useimmat PSKKVL:n lammikoista ovat säännöllisesti vuosittain kalkittuja. Lammikon pohjaliejussa on todennäköisesti riittävä määrä kalkkia neutraloimaan pohjalieju. Tällöin kalkitusmääränä voidaan käyttää kalkkimäärää, joka laskennallisesti riittää neutraloimaan lammikolle tulevan vesimäärän. Laskennallisesti tarvittavat kalkkimäärät valumaveden pH:n ja alkaliniteetin kohottamiseksi arvoihin 6,5-7,0 ja $>0,1$ mekv/l ($>0,05$ mmol/l) ja käytetyt todelliset kalkkimäärät Taivalkosken lammikoilla vuonna 1988 on esitetty taulukossa 8. Kalkkikivijauheen (0-0,5 mm, 50 % CaO) annos happamuudeltaan erilaisissa vesissä pH:n ja alkaliniteetin kohottamiseksi näihin edellä esitettyihin arvoihin on esitetty taulukossa 7. Kalkkikivijauheen annos on laskettu olettaen että veden väriarvo on alle 100 mgPt/l, mikä joissakin lammikoissa (esim. Pikkuniemi) kuitenkin ylitettiin.

Taulukko 7. Kalkkikivijauheen annos veden pH:n ja alkaliniteetin kohottamiseksi arvoihin 6,5-7,0 ja $>0,1$ mekv/l ($>0,05$ mmol/l) happamuudeltaan erilaisissa vesissä (Fiskeristytrelsen 1982).

<u>veden alkuperäinen pH</u>	<u>kalkkikivijauheannos g/m³</u>
4,0-4,5	30
4,6-5,0	20
5,1-5,5	15
5,6-6,0	10

Lr-lammikoille tuleva vesi koostuu pääasiassa sadevedestä. Veden alkuperäisenä pH:na on käytetty sadeveden pH:ta. Sadeveden pH on esimerkiksi Kuusamossa vuosina 1971-1977 vaihdellut mediaaniarvojen mukaan 4,7-5,0 välillä ja Kuhmossa 4,4-5,1 välillä (Järvinen ja Haapala 1980). Käytetystä kalkista on arvioitu liukenevan 25 % (ks. Heikkinen ja Alasaarela 1988). Dolomiittikalkkia tarvitaan 1,09 kertaa kalkkikiven (CaCO_3) määrä (Boyd 1982). Esimerkiksi Ahvenlammen tilavuus on 44600 m^3 . Veden neutraloitumiseen tarvittava kalkkimäärä on $20 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \cdot 44600 \text{ m}^3 = 892 \text{ kg}$. Koska 25 % kalkista liukenee, jälle levitettävä kalkkimäärä on 3568 kg eli 892 kg/ha.

Taulukko 8. Laskennalliset dolomiittikalkkimäärät veden pH:n ja alkaliniteetin kohottamiseksi arvoihin 6,5-7,0 ja >0,1 mekv/l (>0,05 mmol/l) ja todelliset käytetyt kalkkimäärät Taivalkosken luonnonravintolammikoilla vuonna 1988.

Lammikko	laskettu kalkitusmäärä kg/ha	käytetty kalkitusmäärä kg/ha
Ahvenlampi	892	1000
Kerkkämännikkö	927	1000
Pikkuniemi	496	1000
Ryöttilampi	480	1000
Vesanlampi	632	1000
Sarvijärvi	622	1000

Laskennalliset kalkitusmäärät ovat säännöllisesti käytettyjä kalkitusmääriä pienempiä. Suurempia kalkitusmääriä puoltaa kuitenkin se, että lannoitetuissa lammikoissa alkaliniteetti tulisi olla huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi 0,05 mmol/l. Tällöin kalkin liukenevuus tulee ongelmaksi. Ahtelan (1988) mukaan kalkitusmäärän laskiessa kalkin liukenevuus parani. Paras, mutta työläs tapa olisi kalkin levitys liukoises-
sa muodossa. Rakeisena levitettynä kalkin tulisi olla mahdollisimman hienojakoista.

Muutamalla lammikolla (Sarvijärvi 1986, Ryöttilampi 1985, 1986, ks. kuvat 19, 21) havaittu sähkönjohtokyvyn ja alkaliniteetin aleneminen keväällä johtuu siitä, että lammikko edelleen täyttyy valumavesistä. Runsaat sateet ja sadeveden tuoma humusaines voivat alentaa alkaliniteettiä nopeasti, kuten on ilmeisesti käynyt Ryöttilammessa syksyllä 1985 ja Ahvenlammissa syksyllä 1986.

Kalkituksesta huolimatta veden puskurikyky ei pystynyt lammikoilla (esimerkeissä Sarvijärvi 1986, Ahvenlampi 1985, 1986, kuvat 15, 16) lannoituksen jälkeen pitämään pH:ta poikaille edullisella tasolla. pH nousi yli 9:n, Ahvenlammissa jo-

pa lähelle 10:tä. Alkaliniteetti oli näillä lammikoilla pH nousun aikaan alle 0,3 mmol/l. Voimakkaasti lannoitetuilla luonnonravintolammikoilla alkaliniteetti tulisi kohottaa korkeammalle tasolle.

Kalkituksen myötä kohonnut pH lisää mikrobitoimintaa, jolloin hajoitustoiminta kiihtyy ja ravinteita vapautuu. Dolomiittijauheet sisältävät myös epäpuhtautena enintään 450 mg/kg fosforia. Täten esimerkiksi 1 000 kg/ha oleva kalkitus tuo enintään 0,45 P kg/ha. Kalkin mukana tuleva fosfori ei ilmeisesti kuitenkaan liukene kokonaisuudessaan veteen, vaan pysyy sitoutuneena kalkitusaineeseen liueten niukasti veteen. Tässä aineistossa ei havaittu yhteyttä kalkituksen ja kokonaisfosforipitoisuuden välillä. Fosforipitoisuuksiin vaikuttaakin voimakkaammin lammikoiden lannoitus kuin kalkitus.

Typen määrän on havaittu voimakkaasti humuspitoisissa vesissä moninkertaistuneen kalkituksen jälkeen (Hillbricht-Ilkowska ym. 1977). PSKKVL:n hoitamilla lammikoilla tyypeä ei ole vesinäytteestä määritetty, joten kalkituksen vaikutusta typpipitoisuuteen ei voitu tutkia.

Kalkitus myös vähentää useiden metallien määrää vedessä (Yan ja Dillon (ref.) Heikkinen ja Alasaarela 1988). Veden väriä kalkitus voi kohottaa, kun pH:n kohotessa humusaineet hajoavat (Fiskeristytelsen och Statens naturvårdsverk 1981). Toisaalta voimakas kalkitus kirkastaa vettä humusaineiden saostuessa pohjalle (Fiskeristytelsen och Statens naturvårdsverk 1981).

Kalkituksen vaikutuksen kesto riippuu pääosin veden vaihtuvuudesta, mutta ilmeisesti myös kalkitusmäärästä. Myllymaan (1984) mukaan Oulun vesipiirin alueella kalkittiin Tervajärvi käyttäen 7 000 kg/ha kalkkia. Haluttu pH-taso oli riittävä vielä yhdeksän vuotta kalkituksen jälkeen. Luonnonravintolammikoilla, jotka tyhjenetään syksyllä, kalkitus tulee tehdä vuosittain ainakin lammikkoon tulevan vesimäärän neutraloimiseen riittävällä määrällä.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Lammikoiden vedenlaatu oli siiankasvatukseen sopivaa. Ravinnetoimituksia tulisi useilla luonnonravintolammikoilla kohottaa. Joillain lammikoilla sähkönjohtokyky ja alkaliniteetti olivat alhaisia. Veden väri ja rautapitoisuus eivät normaaliolosuhteissa haittaa tuotantoa. Lämpötila on korkeimmillaan ollut lähellä letaalilämpötilaa. Alhainen pH on haittana keväällä. pH voi lannoitetuissa lammikoissa nousta kesän aikana haitallisen korkealle. Yleisesti pH oli kuitenkin poikasille sopivalla tasolla. Happipitoisuus oli lammikoilla muutamaa tapaa lukuunottamatta riittävän korkea.

Erotteluanalyysin mukaan sähkönjohtokyky ja alkaliniteetti olivat merkittävimmät tekijät luonnonravintolammikoiden vedenlaadun erottelussa. Lammikot erosivat vedenlaadultaan toisistaan erittäin merkitsevästi. Erot tulisi ottaa huomioon hoitotoimenpiteitä suunniteltaessa.

Vedenlaatu vaihtelee myös samassa lammikossa eri vuosina. Vaihtelua aiheuttaa kalkituksen ja lannoituksen erilainen vaikutus ja ilmeisesti myös säätekijät. Vedenlaadun vaihtelu voi osaltaan vaikuttaa lammikon tuoton vaihteluun.

Samana lammikon eri kohdista otettujen vesinäytteiden välillä voi olla tilastollisesti merkitseviä eroja. Tämän vuoksi vesinäytteen ottaminen kokoomänäytteenä on suositeltavaa.

Luonnonravintolammikoiden tuotto vaihtelee voimakkaasti eri vuosina. Osittain vaihtelussa oli yhdenmukaisuutta, joka ilmeisesti johtuu kasvatuskauden erilaisista sääoloista. Kokonaisuudessaan PSKKVL:n hoitamien lammikoiden tuotto jäi alle Pohjois-Suomen keskiarvon. Kuitenkin Taivalkosken alueen lammikoiden tuotto oli tätä keskiarvoa parempi. Tässä näkyy säännöllisen hoidon vaikutus lammikoiden tuottoon. Kaikkien lammikoiden tuoton parantaminen vaatisi asiantuntevan hoidon ja hoitajien lisäämistä. Myös tutkimustietoa mm. lannoituksen ja kalkituksen oikein järjestämisestä tarvitaan edelleen.

Istutustiheyden kasvaessa kappale- ja kilotuotto parani. Istu-

tustiheyden ja poikasen koon välillä ei suuren vaihtelun ja muiden kokoon vaikuttavien tekijöiden vuoksi havaittu yhteyttä. Taivalkosken lammikoilla poikasen koko pieneni istutustiheyden kasvaessa. Kesänvanhojen siianpoikasten tiheyden kasvaessa poikasen koko pieneni. Poikasen koon pienenemisen vuoksi ei istutustiheyttä kannata nostaa yli 14 000 kpl/ha, mikäli halutaan saada yli 10 cm:n pituisia poikasia. Huonosti tuottavilla lammikoilla istutustiheyden tulee olla vielä pienempi.

Siianpoikasten kuolleisuutta voitaisiin luonnonravintolammikoilla ilmeisesti vähentää myöhästyttämällä poikasen kuoriutumista ja istuttamalla poikaset lammikkoon kun eläinplankton-tuotanto on käynnistynyt. Siian alkukasvatuksesta kuivarehulla on hyviä kokemuksia (Koskela 1988).

Vedenlaadun muuttujista kokonaisfosforipitoisuuden kasvaessa tuotto parani. Suurin keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli vajaat 90 g/l, jota korkeampiin pitoisuuksiin ei kannattane pyrkiä. Pääkomponenttianalyysin mukaan myös alkaliniteetti, sähkönjohtokyky ja pH kuvasivat poikasille suotuisia olosuhteita.

Esimerkiksi luokkaa 1 000 kg/ha oleva kalkitusmäärä ei vakauttanut pH:ta neutraalille tasolle, vaan pH vaihteli laajalti eri lammikoilla. Kalkitusmäärällä oli hiukan alkaliniteettia kohottava vaikutus. Veden puskurikyky ei kalkituksesta huolimatta kuitenkaan riittänyt lannoitetuissa lammikoissa tuotantohuippujen aikana pitämään pH:ta poikasille edullisella tasolla. Tämä puoltaisi nyt käytettyjä suurempia kalkitusmääriä puskurikyvyn parantamiseksi tai lannoitelisäysten kertamäärien pienentämistä. Kalkin liukenevuus on kuitenkin ongelmana puskurikyvyn kohottamisessa suuria kalkitusmääriä käytettäessä. Kalkin levittämistä liuenneessa muodossa tulisi kokeilla. Alkaliniteetti ja sähkönjohtokyky paranivat kasvatuskauden aikana, joten kalkkia liukeni jatkuvasti pohjaliejusta.

Jään päälle suoritettu lannoitus jäi tehottomaksi. Ilmeisesti suurin osa lannoitteesta sedimentoitui pohjaan tai sitoutui kalkitusaineseen. Jään päälle lannoituksesta tulisikin luopua.

Lannoitteen lisääminen lannoitelautoille aiheuttaa kokonaisfosforipitoisuuden nopean kohoamisen. Fosforipitoisuus alkaa myös melko nopeasti laskea. pH:n muutoksista päätellen myös myös perustuotanto seuraa useimmiten kokonaisfosforipitoisuutta. Suurehkojen fosforimäärien (0,7-1,0 P kg/ha) lisääminen voi aiheuttaa pH:n kohoamisen poikasille haitalliselle tasolle. Pienillä (<0.2 P kg/ha) fosforimäärien lisäyksillä lannoituksen välitön vaikutus ravinnetasoon on yleensä vähäinen. Tasaisten tuotannon ja ravinnetason aikaansaaminen lannoituksella on vaikeaa. Tulosten mukaan paras tapa suhteellisten tasaisten ja riittävän korkeiden fosforitasojen ylläpitämiseksi olisi, kustannukset huomioon ottaen, lisätä 0,3-0,6 P kg/ha sopivin välein lammikosta riippuen tiheässä oleville lannoitelautoille. Nestemäisen tai orgaanisen lannoitteen käyttöä tulisi kokeilla.

Koska pH yleensä kohoaa ja laskee fosforipitoisuutta seurailleen, lannoituksen vaikutusta voidaan karkeasti seurata pH-mittarin avulla. Jos pH nousee yli 7,5:en, tulisi lannoitus ainakin hetkellisesti lopettaa liiallisen lannoituksen haittavaikutusten välttämiseksi.

Luonnonravintolammikoilla eri lammikoiden ja eri vuosien erilaiset olosuhteet aiheuttavat huomattavaa vaihtelua lammikoiden tuottoon ja mm. lammikoiden käsittelyjen vaikutuksiin. Tämän vuoksi luotettavan tutkimustiedon hankkiminen olosuhteiltaan erilaisilla lammikoilla on vaikeaa. Luonnonravintolammikoiden tutkimusyksikön perustaminen, jossa olosuhteet voitaisiin pitkälti vakioida, olisi tutkimustiedon hankkimiseksi tärkeää.

7. TIIVISTELMÄ

Tässä työssä käsiteltiin Pohjois-Suomen keskuskalanviljelylaitoksen hoidossa olleiden siianpoikasten viljelyyn käytettyjen luonnonravintolammikoiden poikastuotantoa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Aineistona käytettiin PSKKVL:n luonnonravintolammikoiden tuottotietoja ja vesianalyysitietoja.

Pääosan viljellystä kalasta on muodostanut planktonsiika. Vä-

hemmässä määrin viljelyssä on ollut vaellussiika. Luonnonravintolammikoihin istutetut poikaset on haudottu PSKKVL:n hautomossa. Mäti on peräisin PSKKVL:n viljelyssä olevista emokaloista tai se on hankittu mädinhankintapyynnillä.

Poikasten keräily lammikosta on tapahtunut paunettia tai keräilylaitetta käyttäen. Tuoton määrittäminen on tapahtunut punnitusmenetelmällä tai joinakin vuosina Petersenin-menetelmällä. Poikasten kasvua on yleensä seurattu 2-5 kertaa tapahtunein mittauksin.

Vesinäytteet on otettu Ruttner-tyyppisellä noutimella 0,2-1,0 metrin syvyydestä. Vedenlaatua on yleensä seurattu useasti kasvatuskauden aikana. Määritykset on tehty PSKKVL:n vesilaboratoriossa Ohtaojalla. Näytteistä on määritetty happipitoisuus, pH, sähkönjohtokyky, veden väri, alkaliniteetti, kokonaisfosfori ja kokonaisrauta.

Lähes kaikki luonnonravintolammikot on luonnonlammista kana-voimalla rakennettuja. Lammikoita on hoidettu kalkitseminen ja lannoittaminen. Kalkitus on tehty keväällä hangen päälle. Kalkitusaineena on käytetty dolomiittikalkkia.

Lammikoita on lannoitettu rakeisilla lannoitteilla. Lannoite on levitetty kevättalvella jään päälle tai sijoitettu kasvatuskauden aikana kelluville lannoitelautoille. Lannoitteena on käytetty superfosfaattia (8,7 % P), normaali y-lannosta (7,0 % P, 16,0 % N, 13,3 % K) ja puutarhan y-lannosta (7,0 % P, 10,0 % N, 14,1 % K).

Tilastollinen analyysi tehtiin PSKKVL:llä SAS (Statistical Analysis System) mikro-ohjelmistolla.

Lammikoiden vedenlaatu oli yleisesti siiankasvatukseen sopivaa. Kokonaisfosforipitoisuuksia tulisi useilla lammikoilla kohottaa. Myös alkaliniteetti ja sähkönjohtokyky olivat joillakin lammikoilla kalanviljelyn kannalta alhaisia. pH on usein haitallisen alhainen keväällä, mutta voi toisaalta nousta alhaisen puskurikyvyn omaavissa lannoitetuissa lammikoissa kasvatuskaudella haitallisen korkeaksi. Veden korkea lämpötila on

ainakin kerran aiheuttanut kalakuolemia.

Vedenlaadun merkittävimmät erottelevat tekijät olivat lammikoiden välillä sähkönjohtokyky ja alkaliniteetti. Lammikot erosivat erittäin merkitsevästi vedenlaadultaan toisistaan.

Myös samassa luonnonravintolammikossa voi vedenlaatu vuosittain vaihdella merkitsevästi. Saman lammikon eri kohdista otettujen vesinäytteiden laadussa voi olla tilastollisesti merkitseviä eroja.

PSKKVL:n lammikoiden poikastuotto jäi kokonaisuudessaan alle Pohjois-Suomen keskiarvon. Toisaalta Taivalkosken säännöllisesti hoidettujen lammikoiden tuotto oli tätä keskiarvoa parempi. Laitoksen emokaloista tai mädinhankintapyynnillä hankitusta mädistä peräisi olevien poikasten tuotossa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa.

Poikasten kasvussa on vuosittain ja lammikoittain suuria eroja. Siianpoikasten kasvu jatkuu syyskuun alkupuolelle.

Koko aineistossa kuoli istutetuista poikasista keskimäärin 2/3 syksyyn mennessä.

Istutustiheyttä kasvattamalla pystyttiin kappale- ja kilotuottoa parantamaan. Tiheyden kasvaessa poikasen koko kuitenkin pieneni.

Veden kokonaisfosforipitoisuuden kasvaessa lammikoiden siikatuotto parani. Pääkomponenttianalyysin mukaan myös pH, alkaliniteetti ja sähkönjohtokyky kuvasivat poikasille suotuisia olosuhteita.

Jään päälle lannoitus osoittautui tehottomaksi. Lannoitelautoille lisätty lannoite aiheutti yleensä fosforipitoisuuden nopean nousun. Fosforipitoisuus myös laski nopeasti nousun jälkeen. pH muutoksista päätellen perustuotanto kohosi ja laski fosforipitoisuuksia seuraten. Suurehkot lannoitelisäykset lautoille saivat aikaan pH:n kohoamisen haitallisen korkealle kalkituksesta huolimatta.

Kalkitusmäärällä oli vain vähäinen alkaliniteettiä kohottava vaikutus. pH vaihteli laajalti eri lammikoilla kalkitusmäärästä riippumatta. Kalkkia liukeni kasvatuskauden aikana jatkuvasti pohjaliejusta.

KIRJALLISUUS

- Ahonen, M. 1984. Kokeellinen selvitys istutustiheyden vaikutuksesta siianpoikasten kasvuun ja lammikoiden tuottoon. Pro gradu-tutkielma. Oulun yliopisto, Eläintieteen laitos. 31 s.
- Ahonen, M. 1987. Kalkituksen, lannoituksen ja istutustiheyden vaikutukset Inarin luonnonravintolammikoiden siianpoikastuottoon vuosina 1976-1983. Helsinki. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 70, s. 23-45.
- Ahtela, I. 1988. Luonnonravintolammikoiden kalkituksen ja lannoituksen vaikutuksista. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, Limnologian laitos. 105 s.
- Andersson, G., Berggren, H., Cronberg, G. & Gelin, C. 1978. Effects of planktivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. *Hydrobiologia* 59, s. 9-15.
- Aro, M. 1977. Työllisyysvaroilla rakennettujen luonnonravintolammikoiden käyttö ja hoito. *Suomen Kalastuslehti* 84, s. 10-13.
- Backiel, T. & LeCren, E.D. 1978. Some density relationships for fish populations parameters. In: Gerking, S.D. (ed.). *Ecology of freshwater fish production*. Oxford, Blackwell. p. 279-302.
- Bogdanova, L.S. 1980. The development and feeding of the larvae of the Lake Syamozero whitefish, *Coregonus lavaretus pallasii* n. *exilis*, under different temperature conditions and feeding regimes. *J. Ichtyol.* 20, p. 66-74.
- Bottrell, H.H., Duncan, A., Gliwicz, Z.M., Grygierek, E., Hertzberg, A., Hillbricht-Ilkowska, A., Kurasawa, H., Larsson, P. & Weglenska, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. *Norw. J. Zool.* 24, p. 419-456.
- Boyd, C.E. 1979a. Lime requirement and application in fish ponds. In: Pillay, T.R.V. & Dill, Vm.A. (ed.). *Advances in Aquaculture*. Farnham, FAO (Fishing news books). p. 120-123
- Boyd, C.E. 1979b. Water quality in warmwater fish ponds. Alabama. Auburn University agricultural experiment station. 299 p.

- Boyd, C.E. 1982. Water quality management for pond fish culture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science 9. Amsterdam, Elsevier. 318 p.
- Braum, E. 1978. Ecological aspects of the survival of fish eggs, embryos and larvae. In. Gerking, S.D. (ed.). Ecology of freshwater fish production. Oxford, Blackwell. p. 102-131.
- Brofeldt, P. 1920. Evon kalastuskoeasema. 25-vuotinen toiminta ja tulokset 1892-1917. Suomen Kalatalous 6. 141 s.
- Carpenter, S.R., Kitchel, J.F., Hotgson, J.R., Cochran, A., Elser, J.J., Elser, M.M. & Lodge, D.M. 1987. Regulation of lake primary productivity by food web structure. Ecology 68, p. 1863-1867.
- Digby, P.G.N. & Kempton R.A. 1987. Multivariate analysis of ecological communities. London, Chapman & Hall. p. 206
- Eskelinen, U. 1983. Luonnonravintoviljelyn biotekniikka. Esitelmä, Kainuun ja Neuvosto-Karjalan kalataloussymposium 14.6.1983, Kajaani.
- Eskelinen, U. & Sumari, O. 1977. Luonnonravintolammikoiden kalamäärien arviointi Petersen menetelmällä. Suomen Kalastuslehti 84, s. 6-9.
- Eskelinen, P. 1986. Pöksönlammen luonnonravintolammikon lannoituskoe. Laukaan keskuskalanviljelylaitoksen moniste. 6 s.
- Fiskeristytrelsen 1982. Råd och riktlinjer för kalkning av sjöar och vattendrag. Medd. från Fiskeristytrelsen 1.
- Fiskeristytrelsen och Statens naturvårdsverk 1981. Kalkning av sjöar och vattendrag 1977-1981. Inf. Sötvattens. lab. Drottningholm 4. 201 s.
- Heikkinen, K. & Alasaarela, E. 1988. Happamoituneiden vesistöjen neutralointi. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisu- ja 18. 93 s.
- Hillbricht-Ilkowska, A., Rybak, J.I., Kajak, Z., Dusoge, K., Ejsmont-Karabin, J., Spondiniewska, I., Weglenska, T. & Godlewska-Lipova, W.A. 1977. Effect of liming of a humic lake. Ekol. Pol. 25, p. 379-420.
- Hiltunen, J. 1982. Siianpoikasten luonnonravintoviljelystä, tuotannosta ja kustannuksista metsähallinnon Pohjanmaan piirikunnassa. Erikoistyö, Valtion kalatalousopisto. 29 s.

- Hoagman, W.J. 1973. The hatching, distribution, abundance, growth and food of the larval lake whitefish (*Coregonus clupeaformis* Mitchill) Central Green Bay, Lake Michigan. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 53, p. 1-21.
- Hutchinson, G.E. 1957. A treatise on limnology, vol 1. New York, John Wiley & Sons. 1015 p.
- Iles, T.D. 1973. Pacific sardine; as revealed by analysis of density dependent 0-group growth. Rapp. Cons. int. Expl. Mer. 164, p. 247-254.
- Jackson, T.A. & Shindler, D.W. 1975. The biogeochemistry of phosphorus in an experimental lake environment: evidence for the formation of humic-metal-phosphate complexes. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19, p. 211-221.
- Januszko, M. 1977. The influence of fertilization on phytoplankton in ponds with varied development of biocoenose. Ecol. Pol. 25, p. 625-634.
- Jezierska, B., Korwin-Kossakowski, M. & Jowko, G. 1978. Influence of starvation on whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) larvae. Verh. Internat. Verein. Limnol. 20, p. 2134-2136.
- Johannessen, M., Lande, A. & Rognerud, S. 1984. Fertilization of 6 small mountain lakes in Telemark, southern Norway. Verh. Internat. Verein. Limnol. 22, p. 673-678.
- Järvinen, O & Haapala, K. 1980. Sadeveden laatu Suomessa 1971-1977. Helsinki Vesihallituksen tiedotus 198. 102 s.
- Kohlman, R. & Luczynski, M. 1986. Survival and growth rates of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) larvae after experimental delayed hatching. Aquaculture 51, p. 207-210.
- Kokkonen, A-M. 1982. Eläinplanktonista ja sen osuudesta plankton ja pohjasiian poikasten ravinnossa eräissä Inarin luonnonravintolammikoissa. RKTL, Pohjois-Suomen keskus-kalanviljelylaitos. 50 s.
- Kolari, I. 1981. Mineraalilannoituksen ja rehuruokinnan vaikutuksista kalankasvatustammikoiden eläinplanktoniin sekä peledsiian poikasten kasvuun ja ravinnonkäyttöön. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Biologian laitos. 61 s.
- Korhonen, M. 1978. Kalanpoikasten luonnonravintoviljely. Vammala. Suomen Kalastusyhdistys n.o 68. 48 s.

- Koskela, J. 1988. Siian alkukasvatuksesta kuivarehulla. Suomen kalankasvattaja 4, s. 26-28.
- Langeland, A. 1982. Interactions between zooplankton and fish in a fertilized lake. Holarct. Ecol. 5, p. 273-310.
- Lehtimäki, V. 1984. Siikaistukkaiden koon vaikutuksesta istutuksen onnistumiseen. Suomen kalastuslehti 91, p. 168-171.
- Levine, S.N., Stainton, M.P. & Shindler, D.W. 1986. A radiotracer study of phosphorus cycling in a eutrophic Canadian Shield lake, Lake 227, northwestern Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43. p. 366-378.
- Lindqvist, O.V. & Pärjälä, E. 1982. Tutkimus luonnonravintolammikoista ja niiden poikastuotannosta Inarissa. Moniste. Kuopion korkeakoulu, Soveltavan eläintieteen laitos. 120 s.
- Lindström, T. 1962. Life history of whitefish young (Coregonus) in two lake reservoirs. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 44., p. 113-144.
- Losos, B. & Hetesa, J. 1973. The effect of mineral fertilization and carp fry on the composition and dynamics of plankton. Hydrobiological Studies 3, p. 173-217.
- Ludwig, J.A. & Reynolds, J.F. 1988. Statistical ecology. A primer on methods and computing. New York, John Wiley & Sons.
- Maa- ja metsätalousministeriö 1988. Valtion kalanviljelyn tavoitetyöryhmän mietintö. Helsinki. Työryhmämuistio 14. 69 s.
- May, R.C 1974. Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In. Blaxter, J.H.S. (ed.). The early life history of fish. Berlin, Springer-Verlag. p. 3-19.
- Myllymaa, U. 1984. Järvien kalkituksesta Oulun vesipiirissä. Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 261. 33 s.
- Mäkinen, T. & Koskela, J. 1988. Temperature tolerance of newly hatched whitefish (Coregonus muksun Pallas) larvae. Finnish fisheries research 9, p. 333-337.
- Nikunen, E. & Soivio, A. 1984. Happamoitumisen vaikutukset kaloihin. Kirjallisuuskatsaus. Suomen Voimalaitosyhdistys ry. 33 s.

- Nilsson, N-A. & Pejler, B. 1973. On the relation between fish fauna and zooplankton composition in North Swedish lakes. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 53, p. 51-77.
- Noriega-Curtis, P. 1979. Primary productivity and related fish yield in intensely manured fishponds. Aquaculture 17, p. 335-344.
- Nosatova, G.M. 1980. Rearing of Baikal Omul, *Coregonus autumnalis migratorius*, in lakes of Karelia. J. Ichtyol. 20, p. 116-120.
- O'Brien W.J. & deNoyelles F. 1972. Photosynthetically elevated pH as a factor in zooplankton mortality in nutrient enriched ponds. Ecology 53, p. 605-614.
- O'Brien W.J. & deNoyelles F. 1974. Relationship between nutrient concentration, phytoplankton density and zooplankton density in nutrient-enriched experimental ponds. Hydrobiologia 44, p. 105-125.
- Ovaskainen, R. 1969. Luonnonravintolammikon tuotantobiologiaa 2. Suomen kalastuslehti 76, s. 113-117.
- Palomäki, A. 1982. Kainuun luonnonravintolammikoiden vedenlaadusta, eläinplanktontuotannosta sekä vaikutuksista alapuoliseen vesistöön. Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 130. 24 s.
- Peterman, R.M. & Bradford, M.J. 1987. Density-dependent growth of age 1 english sole (*Parophrys vetulus*) in Oregon and Washington coastal waters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44, p. 48-53.
- Pitcher, T.J. & Hart, P.J.B. 1982. Fisheries ecology. London & Canberra, Croom Helm. 414 p.
- Pulkkinen, E. 1978. Luonnonravintolammikoiden eläinplanktonin koostumuksesta, tuotannosta ja ja osuudesta planktonsiian poikasten ravinnossa. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Biologian laitos. 58 s.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1988. Kalanviljely vuonna 1986. Suomen Kalastuslehti 95, s. 26.
- Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1989. Kalanviljely vuonna 1987. Suomen Kalastuslehti 96, s. 92-93.
- Roponen, T. & Lindqvist, O.V. 1985. Kalanpoikasten istutustoiminnan ja luonnonravintoviljelyn kehittäminen Pohjois-Savossa, osa 1. Kuopio. Pohjois-Savon seutukaavaliiton julkaisu A.73.

- Roponen, T. & Lindqvist, O.V. 1986. Kalanpoikasten istutustoiminnan ja luonnonravintoviljelyn kehittäminen Pohjois-Savossa, osa 2. Kuopio. Pohjois-Savon seutukaavaliiton julkaisu A.76.
- Ruohonen, K. 1986. Luonnonravintolammikon limnologian vaikutuksesta lammikon tuottoon. Esitelmä, Valtion kalanviljelyn 10. neuvottelupäivät 22-24.4, Kajaani. 10 s.
- Rösch, R. & Eckmann, P. 1986. Survival and growth of prefed *Coregonus lavaretus* L. held in illuminated net cages. *Aquaculture* 52, p. 245-252.
- Salojärvi, K. 1980. Siikaistutusten tuloksista ja kannattavuudesta. *Suomen Kalastuslehti* 87, s. 82-89.
- Salojärvi, K. 1982. Spawning ecology, larval food supplies and causes of larval mortality in the whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). *Pol. Arch. Hydrobiol.* 29, p. 159-178.
- Salojärvi, K. 1983. Siian luonnonravintolammikkoviljely ja kesänvanhojen poikasten istutusten tulokset Pohjois-Suomen sisävesissä. *Suomen Kalatalous* 51. s. 51-66.
- Salojärvi, K. 1984. Review of whitefish (*C. lavaretus* L.) fingerling rearing and stocking in Finland. Symposium on biology, exploitation, rearing and management of Coregonid fishes, Thonon, France 2-4 October 1984.
- Seppänen, H. 1984. Sovellettu limnologia 1. Espoo. Otakustantamo. 224 s.
- Snetkov, M.A. & Reshetnikov, Yu.S. 1980. Possible use of a modified Beverton-Holt recruitment model to estimate the optimum stocking density of larval Coregonids. *J. Ichtyol.* 20, p. 143-146.
- Sormunen, T. 1968. Arvokalojen istutuspoikasten luonnonravintoviljely. *Suomen Kalastuslehti* 75, s. 148-150.
- Sormunen, T., Kostiaainen, R., Korhonen, M., Hakkari, L. & Dahlström, H. 1969. Luonnonravintoviljelyn alkutuloksia Iijoella. *Suomen Kalastuslehti* 76, s. 101-113.
- Stenson, J. 1984. Biologisk utveckling efter kalkning, Gårdsjön. SNV PM 1786. p. 58-62. Ref. Heikkinen ja Alasarela 1988.
- Sumari, O. & Eskelinen, U. 1980. Kalanviljely vuonna 1978. *Suomen Kalastuslehti* 87, s. 68-72.
- Suomen Kartasto 1987. Vihko 131, Ilmasto. 31 s.

- Torssonen, M. 1981. Kalanpoikasten luonnonravintoviljelystä. LuK-tutkielma. Oulun yliopisto, Eläintieteen laitos. 36 s.
- Torssonen, M. 1982. Siianpoikasten ravinnosta eräissä luonnonravintolammikoissa. Pro gradu-tutkielma. Oulun yliopisto, Eläintieteen laitos. 46 s.
- Tuikkala, A. 1986. Ovatko siikaistukkaat alamittaisia ? Suomen Kalastuslehti 93, s. 62-64
- Tuunainen, P., Vuorinen, P.J., Rask, M., Järvenpää, T. & Vuorinen, M. 1987. Happaman laskeuman vaikutukset kaloihin - Raportti vuodelta 1986. - Helsinki. RKTL, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 67. 72 s.
- Vehanen, T. 1989. Metsähallituksen Pohjanmaan piirikunnan siianpoikasten (*Coregonus lavaretus* L s.l.) viljelyyn käytettyjen luonnonravintolammikoiden tuotannosta ja tuottoon vaikuttavista tekijöistä vuosina 1977-1987. Pro gradu-tutkielma. Oulun yliopisto, Eläintieteen laitos. 89 s.
- Vesihallitus 1977a. Oulujoen vesistön vesien käytön kokonaissuunnitelma. Helsinki. Vesihallituksen tiedotus 125. 102 s.
- Vesihallitus 1977b. Ii- ja Kiiminkijoen sekä Kuusamon vesistöjen vesien käytön kokonaissuunnitelma. Helsinki. Vesihallituksen tiedotus 136. 331.
- Wrobel, S. 1971. Produktion of basic communities in ponds with mineral fertilization. Ponds - fertilization and description. Pol. Arch. Hydrobiol. 18, p. 167-173.
- Yan, N. & Dillon, P.J. 1984. Experimental neutralization of lakes near Sudbury, Ontario. In: Nriagu, J.O. (ed.). Environmental impact of smelters. New York. John Wiley and sons. Ref. Heikkinen ja Alasaarela 1988.

Liite 1. Veden laadun muuttujien vaihtelu eri l- -lamikoilla. Muuttujista on esitetty keskiarvo, keskiha-
jonta (SD), minimi ja maksimi.

VEISÄNLAMPI	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	40	15,7	4,8	6,3	26,8
pH	45	7,05	0,61	5,67	9,58
SAHKONJOHTAVUUS	45	3,8	1,1	1,8	6,5
a25 aS/m					
VEDEN VARI mgPt/l	45	99,0	24,0	70,0	180,0
ALKALINITEETTI mmol/l	32	0,32	0,12	0,10	0,61
KOKONAISRAUTA µg/l	18	516,0	167,0	306,0	836,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	40	31,0	18,0	12,0	88,0
HAPPI mg/l	13	9,7	1,2	6,6	11,8
VIITAJÄLKI	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	6	13,5	4,4	7,2	17,1
pH	6	5,74	0,35	5,05	6,05
SAHKONJOHTAVUUS	6	3,6	0,5	3,0	4,0
a25 aS/m					
VEDEN VARI mgPt/l	6	108,0	28,0	90,0	160,0
ALKALINITEETTI mmol/l	3	0,03	0,01	0,02	0,04
KOKONAISRAUTA µg/l	6	769,0	337,0	463,0	1385,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	6	27,0	11,0	11,0	41,0
HAPPI mg/l	2	7,2	0,3	7,0	7,4
RYÖTILÄMPI	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	48	13,9	5,3	1,0	24,8
pH	54	7,16	0,47	6,14	8,64
SAHKONJOHTAVUUS	54	5,4	1,5	2,0	8,7
a25 aS/m					
VEDEN VARI mgPt/l	54	65,0	17,0	40,0	110,0
ALKALINITEETTI mmol/l	32	0,52	0,14	0,27	0,87
KOKONAISRAUTA µg/l	25	125,0	65,0	54,0	311,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	39	35,0	18,0	11,0	95,0
HAPPI mg/l	23	8,7	1,7	3,8	11,0
SUONUSSALMEN RAIVENLAMPI	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	70	14,4	3,9	3,0	22,8
pH	72	7,31	0,79	4,70	9,70
SAHKONJOHTAVUUS	71	3,4	1,0	1,3	6,4
a25 aS/m					
VEDEN VARI mgPt/l	72	62,0	18,0	30,0	110,0
ALKALINITEETTI mmol/l	11	0,30	0,15	0,11	0,55

KOKONAISRAUTA $\mu\text{g/l}$	13	238,0	177,0	36,0	771,0
KOKONAISFOSFORI $\mu\text{g/l}$	62	20,0	15,0	3,0	83,0
HAPPI mg/l	54	9,6	1,0	7,8	12,5
SARKILAMPI	N	KESKIAARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA $^{\circ}\text{C}$	7	15,0	4,3	10,0	23,5
pH	8	7,48	0,43	7,01	8,34
SAHKONJOHTAVUUS	8	6,8	1,3	5,0	8,6
$\text{a}25 \text{ nS/m}$					
VEDEN VARI mgPt/l	8	86,0	12,0	70,0	100,0
ALKALINITEETTI mmol/l	6	0,55	0,10	0,46	0,68
KOKONAISRAUTA $\mu\text{g/l}$	8	269,0	117,0	94,0	469,0
KOKONAISFOSFORI $\mu\text{g/l}$	8	30,0	7,0	17,0	38,0
HAPPI mg/l	0	-	-	-	-
SARVIJÄRVI	N	KESKIAARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA $^{\circ}\text{C}$	50	14,4	5,5	0,6	26,2
pH	50	7,14	0,51	6,26	9,17
SAHKONJOHTAVUUS	50	4,0	1,2	2,4	7,3
$\text{a}25 \text{ nS/m}$					
VEDEN VARI mgPt/l	50	72,0	17,0	25,0	130,0
ALKALINITEETTI mmol/l	37	0,29	0,11	0,12	0,59
KOKONAISRAUTA $\mu\text{g/l}$	25	669,0	410,0	215,0	1843,0
KOKONAISFOSFORI $\mu\text{g/l}$	46	30,0	19,0	11,0	99,0
HAPPI mg/l	17	9,1	1,0	6,4	10,3
SULATUSLAMPI	N	KESKIAARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA $^{\circ}\text{C}$	5	11,3	4,8	6,6	18,2
pH	5	6,75	0,38	6,24	7,29
SAHKONJOHTAVUUS	5	4,6	0,8	3,3	5,3
$\text{a}25 \text{ nS/m}$					
VEDEN VARI mgPt/l	5	93,0	22,0	60,0	120,0
ALKALINITEETTI mmol/l	3	0,29	0,02	0,28	0,32
KOKONAISRAUTA $\mu\text{g/l}$	4	541,0	673,0	144,0	1548,0
KOKONAISFOSFORI $\mu\text{g/l}$	5	28,0	19,0	10,0	56,0
HAPPI mg/l	0	-	-	-	-
TAIVALKOSKEN AHVENLAMPI	N	KESKIAARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA $^{\circ}\text{C}$	126	14,0	4,5	1,0	22,5
pH	127	7,46	0,91	5,90	10,0
SAHKONJOHTAVUUS	117	3,5	1,0	1,9	6,9
$\text{a}25 \text{ nS/m}$					
VEDEN VARI mgPt/l	116	58,0	18,0	30,0	120,0

ALKALINITEETTI mmol/l
KOKONAISRAUTA µg/l
KOKONAISFOSFORI µg/l
HAPPI mg/l

46 0,32
30 360,0
87 26,0
95 9,8

0,12
392,0
18,0
1,4

0,17
45,0
2,0
5,8

0,62
1838,0
99,0
15,4

VALKEA-ISO-MUSTALAMPI

KESKIVARVO

SD

MINIMI

MAKSIMI

LAMPOTILA °C
pH
SAHKONJOHTAVUUS
µ25 aS/m
VEDEN VARI mgPt/l
ALKALINITEETTI mmol/l
KOKONAISRAUTA µg/l
KOKONAISFOSFORI µg/l
HAPPI mg/l

10 12,5
10 6,96
10 3,3
10 87,0
7 0,22
10 189,0
9 23,0
0 -

5,1
0,42
0,8
23,0
0,07
163,0
10,0
-

6,0
6,35
2,5
60,0
0,15
58,0
11,0
-

21,8
7,63
4,5
135,0
0,32
505,0
38,0
-

VARSJÄRVÄ

KESKIVARVO

SD

MINIMI

MAKSIMI

LAMPOTILA °C
pH
SAHKONJOHTAVUUS
µ25 aS/m
VEDEN VARI mgPt/l
ALKALINITEETTI mmol/l
KOKONAISRAUTA µg/l
KOKONAISFOSFORI µg/l
HAPPI mg/l

5 12,4
5 6,70
5 3,2
5 119,0
4 0,18
4 719,0
5 22,0
0 -

6,4
0,29
0,3
28,0
0,01
393,0
6,0
-

4,9
6,23
2,7
95,0
0,17
341,0
17,0
-

20,2
7,02
3,6
150,0
0,19
1060,0
28,0
-

NUOTTIPURO

KESKIVARVO

SD

MINIMI

MAKSIMI

LAMPOTILA °C
pH
SAHKONJOHTAVUUS
µ25 aS/m
VEDEN VARI mgPt/l
ALKALINITEETTI mmol/l
KOKONAISRAUTA µg/l
KOKONAISFOSFORI µg/l
HAPPI mg/l

19 15,7
19 6,99
19 4,2
19 59,0
18 0,32
0 -
17 28,0
17 9,5

3,2
0,32
0,8
13,0
0,08
-
15,0
1,5

8,3
6,57
2,9
40,0
0,18
-
9,0
6,1

20,3
7,78
5,2
80,0
0,41
-
52,0
14,1

PÄÄLAMPI

KESKIVARVO

SD

MINIMI

MAKSIMI

LAMPOTILA °C
pH
SAHKONJOHTAVUUS
µ25 aS/m

8 14,6
8 7,17
8 7,5

5,2
0,53
1,9

6,2
5,98
5,4

24,5
7,69
9,8

VEDEN VARI mgPt/l	8	72,0	22,0	40,0	100,0
ALKALINITEETTI mmol/l	7	0,40	0,09	0,29	0,50
KOKONAISRAUTA µg/l	8	201,0	129,0	116,0	470,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	8	21,0	3,0	14,0	25,0
HAPPI mg/l	0	-	-	-	-
PIKKU-NUTTI	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	7	16,7	3,1	10,4	19,2
pH	11	7,27	1,06	6,15	8,9
SAKONJOHTAVUUS	10	1,9	0,3	1,3	2,9
a25 mS/m					
VEDEN VARI mgPt/l	11	67,0	13,0	40,0	85,0
ALKALINITEETTI mmol/l	0	-	-	-	-
KOKONAISRAUTA µg/l	0	-	-	-	-
KOKONAISFOSFORI µg/l	0	-	-	-	-
HAPPI mg/l	8	9,5	1,1	7,0	10,3
PIKKUNIEMI	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	81	14,1	4,8	2,8	23,6
pH	93	6,85	0,40	5,70	7,62
SAKONJOHTAVUUS	88	4,3	1,5	1,5	9,4
a25 mS/m					
VEDEN VARI mgPt/l	90	120,0	32,0	60,0	200,0
ALKALINITEETTI mmol/l	39	0,41	0,20	0,16	0,91
KOKONAISRAUTA µg/l	25	698,0	508,0	225,0	2003,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	60	35,0	16,0	11,0	95,0
HAPPI mg/l	55	8,4	1,3	5,0	11,5
RATTELAMPPI	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	11	15,2	4,9	5,4	20,3
pH	12	7,68	0,98	6,61	9,74
SAKONJOHTAVUUS	12	3,7	0,6	2,8	4,7
a25 mS/m					
VEDEN VARI mgPt/l	12	71,0	12,0	60,0	90,0
ALKALINITEETTI mmol/l	10	0,23	0,06	0,16	0,32
KOKONAISRAUTA µg/l	0	-	-	-	-
KOKONAISFOSFORI µg/l	11	39,0	24,0	13,0	93,0
HAPPI mg/l	12	9,7	2,1	5,1	12,5
KERKKANVANNIKKO	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	281	14,7	3,8	5,0	23,8
pH	287	7,92	1,06	6,01	10,9
SAKONJOHTAVUUS	275	3,8	1,2	1,7	6,9

LAUTINJÄRVI					
SAKKONJONHTAVUUS a25 mS/m	9	2,7	0,9	1,7	4,7
VEDEN VARI mgPt/l	9	104,0	29,0	70,0	150,0
ALKALINITEETTI mmol/l	7	0,19	0,09	0,07	0,35
KOKONAISRAUTA µg/l	8	399,0	427,0	30,0	1413,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	8	18,0	5,0	11,0	28,0
HAPPI mg/l	1	10,9	-	10,9	10,9
N	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	10	13,8	6,1	5,4	24,5
pH	17	6,86	0,45	6,08	7,85
SAKKONJONHTAVUUS a25 mS/m	17	3,7	1,5	1,9	8,6
VEDEN VARI mgPt/l	17	118,0	39,0	35,0	160,0
ALKALINITEETTI mmol/l	11	0,23	0,12	0,12	0,51
KOKONAISRAUTA µg/l	10	831,0	613,0	114,0	1844,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	13	28,0	11,0	12,0	52,0
HAPPI mg/l	0	-	-	-	-
N	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
AYLÖ I					
LAMPÖTILA °C	18	14,5	4,0	5,8	19,0
pH	18	7,07	0,80	6,26	9,20
SAKKONJONHTAVUUS a25 mS/m	18	2,7	0,5	1,8	3,4
VEDEN VARI mgPt/l	18	57,0	10,0	40,0	80,0
ALKALINITEETTI mmol/l	17	0,17	0,06	0,08	0,24
KOKONAISRAUTA µg/l	0	-	-	-	-
KOKONAISFOSFORI µg/l	16	28,0	18,0	7,0	65,0
HAPPI mg/l	17	2,1	9,7	5,4	13,1
N	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
HUKKALAMPI					
LAMPÖTILA °C	4	12,9	7,6	4,5	20,9
pH	4	6,73	0,27	6,38	6,95
SAKKONJONHTAVUUS a25 mS/m	4	4,0	1,1	3,0	5,5
VEDEN VARI mgPt/l	4	69,0	13,0	50,0	80,0
ALKALINITEETTI mmol/l	3	0,19	0,03	0,16	0,22
KOKONAISRAUTA µg/l	1	400,0	-	400,0	400,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	3	19,0	9,0	10,0	28,0
HAPPI mg/l	2	8,6	2,0	7,2	10,0
N	N	KESKIARVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
ISO-NUOLILAMPI					
LAMPÖTILA	6	11,5	5,2	3,4	16,8

pH	6	6,13	0,20	5,80	6,40
SAKONJOHTAVUUS	6	2,6	0,2	2,4	2,8
a25 mS/m					
VEDEN VARI mg/l	6	109,0	20,0	80,0	140,0
ALKALINITEETTI mmol/l	0	-	-	-	-
KOKONAISRAUTA µg/l	5	556,0	301,0	259,0	962,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	6	15,0	6,0	6,0	21,0
HAPPI mg/l	1	8,5	-	8,5	8,5
KÄRKURILAPPI	N	KESKIAVVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	6	12,0	6,6	1,4	19,7
pH	8	6,84	0,36	6,40	7,32
SAKONJOHTAVUUS	8	2,9	1,2	1,4	5,4
a25 mS/m					
VEDEN VARI mg/l	8	61,0	19,0	25,0	90,0
ALKALINITEETTI mmol/l	4	0,28	0,15	0,17	0,49
KOKONAISRAUTA µg/l	4	114,0	43,0	68,0	159,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	4	21,0	10,0	10,0	34,0
HAPPI mg/l	1	3,5	-	3,5	3,5
KELLOJARVI	N	KESKIAVVO	SD	MINIMI	MAKSIMI
LAMPÖTILA °C	11	12,3	5,4	3,1	22,6
pH	14	7,06	0,38	6,29	7,62
SAKONJOHTAVUUS	14	3,9	1,0	2,4	5,8
a25 mS/m					
VEDEN VARI mg/l	14	73,0	32,0	35,0	180,0
ALKALINITEETTI mmol/l	12	0,30	0,17	0,09	0,78
KOKONAISRAUTA µg/l	12	477,0	584,0	126,0	2249,0
KOKONAISFOSFORI µg/l	13	26,0	11,0	16,0	54,0
HAPPI mg/l	0	-	-	-	-