15.11.1999

Liite 8.

INARIJÄRVEN SÄÄNNÖSTELYYN LIITTYVIEN KALATALOUDELLISTEN VELVOITTEIDEN YHDISTÄMINEN

Velvoitteiden yhdistämisen vaikutukset taimen-, muikku- ja siikakantoihin kalakantojen hoitomallilla arvioituna

Petri Kylmälä, Mika Marttunen ja Petri Heinimaa

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

SISÄLLYSLUETTELO

1. LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET 2

2. KALAKANTOJEN HOITOMALLI 2

2.1 Mallin kuvaus 2
2.2 Mallin soveltaminen 3

3. LASKENTA-AJOT 4

3.1 Istutusmäärät 4
3.2 Kuolleisuudet 5
3.3 Erilaiset ravintotilanteet 6

4. TULOKSET 7

4.1 Huono ravintotilanne 7
4.2 Kohtalainen ravintotilanne 8
4.3 Hyvä ravintotilanne 9
4.4 Tulosten tarkastelua 9
4.5 Poikasistutusten tuloksellisuudesta 10

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET 10

LÄHDELUETTELO 11

LIITTEET

Liite 1. Joki-istukkaiden kokonaiskuolleisuus (%) istutuksesta ensimmäisen järvivuoden loppuun mallitarkastelussa käytetyillä joki- ja järvikuolleisuusarvojen yhdistelmillä.

Liite 2. Kalakantojen hoitomallin muutokset sekä mallin kalibrointi Inarijärven hoitovelvoitteiden yhdistämisen laskentoja varten.

1. LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Inarijärven taimenkanta on peräisin Inarijärveen ja sen sivuvesistöihin tehdyistä istutuksista ja luonnonvaraisesta lisääntymisestä. Valtaosa istutuksista on Inarijärven säännöstelystä aiheutuvia velvoiteistutuksia. Pohjois-Suomen vesioikeuden ja Korkeimman hallinto-oikeuden päätöksien (KHO4672/75, 27.11.1975, PSVO81/82/, 22.12.1982, KHO 2037/84, 10.5.1984) mukaiset istutusmäärät on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Velvoitteiden mukaiset Inarijärveen sekä sen sivuvesistöihin istutettavat kalalajit ja istutusmäärät.

Inarijärven velvoite:	Järvitaimen ja järvilohi, vaelluskokoinen	100 000 kpl
	Nieriä ja harmaanieriä, 1-kesäinen	250 000 kpl
	Siika, 1-kesäinen	1 000 000 kpl
Sivuvesistövelvoite:		
Juutuanjoen vesistö:	Järvitaimen, 3-vuotias	5 520 kpl
	Jokisiika, 1-kesäinen	24 000 kpl
Ivalojoen vesistö:	Järvitaimen, 3-vuotias	9 200 kpl
	Jokisiika, 1-kesäinen	84 000 kpl
Siuttajoki:	Järvitaimen, 3-vuotias	150 kpl
Surnujoki:	Järvitaimen, 3-vuotias	80 kpl
Kyyneljoki:	Järvitaimen, 3-vuotias	50 kpl

Inarijärven kalataloudellisen velvoitehoidon kehittämisessä on tavoitteeksi asetettu ns. sopeutuva velvoitehoito, jossa istutuksia toteutettaessa otetaan aikaisempaa enemmän huomioon Inarijärven kalaston ja kalastuksen tila. Petokalaistutuksissa keskeisenä tavoitteena on luontaista lisääntymiskiertoa nykyistä enemmän jäljittelevä hoitotapa ja petokalojen saalistuspaineen alentaminen varsinkin silloin, kun petokalojen ravintotilanne on huono.

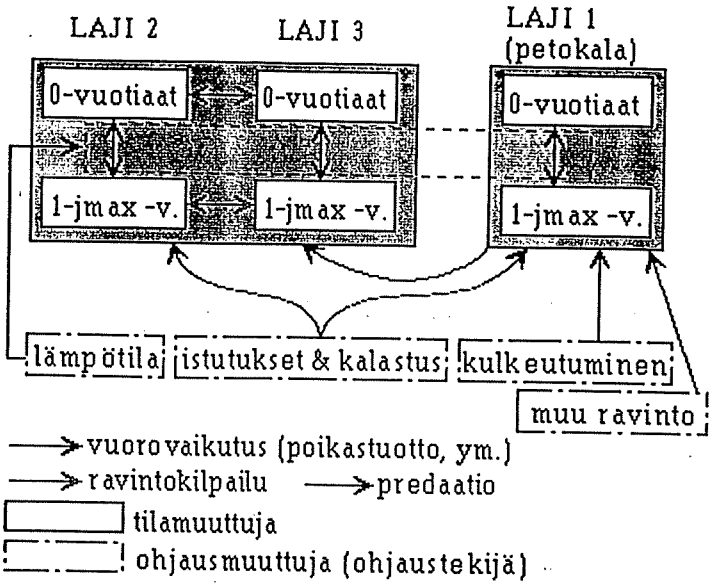
Eräs keino velvoiteistustusten luonnonmukaisuuden lisäämiseksi ja mahdollisesti myös tuloksellisuuden parantamisessa on Inarijärven ja sen sivuvesistöjen kalataloudellisten velvoitteiden yhdistäminen. Se antaisi aikaisempaa suuremman joustomahdollisuuden istutusten toteuttamisessa, koska osa velvoitteena Inarijärveen tehtävistä taimenistutuksista voitaisiin muuntaa sivuvesistöissä tehtäviksi poikasistutuksiksi.

Velvoitteiden yhdistämisen vaikutuksia kalakantoihin on vaikea arvioida monimutkaisten ja osin epälineearisten riippuvuussuhteiden vuoksi. Siksi vaikutusten arvioinnissa on sovellettu Inarijärvi-tutkimuksen yhteydessä kehitettyä ja sovellettua kalakantojen hoitomallia (Marttunen & Kylmälä 1997). Tavoitteena oli arvioida Inarijärven ja sen sivuvesistöjen velvoitteiden yhdistämisen vaikutuksia Inarijärven taimen-, muikku- ja siikakantoihin ja istutusten tuloksellisuuteen. Tässä raportissa esitetään yhteenveto tarkastelun tuloksista.

2. KALAKANTOJEN HOITOMALLI

2.1 Mallin kuvaus

Kalakantojen hoitomalli kuvaa kolmen kalalajin muodostamaa systeemiä. Lajeista yksi on petokala (taimen) ja kaksi muuta lajia ovat petokalan saalislajeja (muikku ja siika), jotka käyttävät muuta ravintoa kuin mallissa mukanaolevia kaloja. Malli kuvaa lajien keskinäisten vuorovaikutusten, saalistus, lisääntyminen ja kasvu, sekä istutusten ja kalastuksen voimakkuuden vaikutusta populaatioihin ja saaliisiin (kuva 1). Ympäristötekijöistä otetaan huomioon poikastuottoon vaikuttava kevään lämpötilakehityksen suotuisuus. Laskennan aika-askel on yksi vuosi ja populaatioita ja saaliita tarkastellaan ikäryhmittäin.



Kuva 1. Kaavioesitys kalakantojen hoitomallin vuorovaikutuksista.

Mallin kuvaus on esitetty julkaisussa "Kalakantojen hoitomalli Inarijärven kalaistutusten vaikutusten arvioinnissa" (Marttunen ja Kylmälä 1997). Tämän jälkeen malliin on tehty lisäyksiä. Näistä osa (lajien 2 ja 3 välinen istukasvaiheen ravintokilpailu) on selostettu mallin Oulujärvisovelluksessa (Vehanen ja Kylmälä 1998). Muut täydennykset on tehty näiden laskentojen yhteydessä ja ne on kuvattu tämä raportin liitteessä 2.

2.2. Mallin soveltaminen

Kalakantojen hoitomallin laskelmissa tarkasteteltiin tilanteita, joissa istutetaan taimenia joko yhdistämällä sivuvesien ja järven velvoiteistutukset (yhdistetty hoito) tai pitämällä sivuvesien istutus muuttumattomana (erillinen hoito). Kalakantojen hoitomallia soveltamalla on pyritty selvittämään velvoitealueiden yhdistämisen vaikutuksia taimen-, siika- ja muikkukantoihin sekä saaliisiin.

Erityisen kiinnostuksen kohteena on tilanne, jossa mahdolliset haitalliset vaikutukset ovat todennäköisimpiä eli petokalojen huono ravintotilanne. Tällöin petokalaistutusten tuloksellisuus on ollut huono ja ravintotilanteeseen nähden liian suurilla istutuksilla on ollut kielteisiä vaikutuksia kalayhteisössä, esimerkiksi taimenten loisittumisalttius on lisääntynyt.Mallitarkastelulla on pyritty selvittämään, voiko yhdistetty velvoite johtaa Inarijärvellä nykyistä suurempaan taimenen saalistuspaineeseen ravintokaloja kohtaan.

Järvi-istukkaiden osuuden taimensaaliissa on arvioitu olevan noin 80-90 %. Luonnonvaraisen lisääntymisen määrää ei kuitenkaan tarkkaan tunneta. Kutukypsyyden taimen saavuttaa kolmen järvivuoden jälkeen noin 1-1,5 kg:n painoisena. Tärkeimmät lisääntymisjoet ovat Ivalojoki ja Juutuanjoki. Poikaset saavuttavat smolttivaiheen 3-5 vuotiaina. Sivuvesistöjen jokialueille taimenet istutetaan 2-7 gramman painoisina pikkupoikasina.

Velvoitealueen yhdistämisen vaikutusten arviointia vaikeuttaa vajavainen tietämys tarkasteltavan systeemin tilasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Esimerkiksi jokiin tehtävien istutusten tuloksellisuudesta ja poikasten vaeltamisesta Inarijärveen ei ole tarkkaa tietoa. Myöskään järvi-istukkaiden kuolleisuudesta ja sen riippuvuudesta esimerkiksi ravintotilanteesta ei ole riittävästi tietoa.

Lukuisista epävarmuuslähteistä johtuen mallitarkastelussa päähuomio oli sen selvittämisessä, minkälaisilla lähtöoletuksilla ja parametriarvoilla yhdistetty velvoite tuottaa erillistä velvoitetta paremman tuloksen ja minkälaisilla lähtöarvoilla sitä huonomman tuloksen. Lopuksi pyriittiin arvioimaan, mitkä käytetyistä lähtöoletuksista ovat nykykäsityksen mukaan realistisimpia. Tarkastelussa oli kyse siis eräänlaisesta herkkyystarkastelusta, jossa tutkittiin lopputuloksen herkkyyttä lähtöarvojen muuttamiselle.

3. LASKENTA-AJOT

Tarkastelu tehtiin vuosille 1986-1996 kalibroidulle mallille.

3.1 Istutusmäärät

Mallitarkastelua varten määritettiin mahdollisimman realistiset istutusvaihtoehdot sekä erillisen että yhdistetyn velvoitteen mukaisessa tilanteessa (taulukko 2). Istutusmäärät on päätetty erikseen kolmessa ravintotilanteessa: hyvä, keskinkertainen ja huono. Hyvässä ravintotilanteessa erillisen ja yhdistetyn velvoitteen istutukset ovat samat. Huonossa ravintotilanteessa kookkailla harmaanieriöillä korvataan molemmissa hoitotavoissa niin pohjasiika- kuin nieriäistutuksiakin, koska harmaanieriä pystyy käyttämään taimenta ja nieriää suurikokoisempia ravintokohteita, mikä lisää sen käytettävissä olevan ravinnon määrää.

Siikaistutuksina käytettiin nykyistä 750 000 kpl kesänvanhoja (velvoite 1 000 000 kpl), minkä vuoksi istuttamatta jäänyt osuus korvataan petokalojen istutuksilla eri tapauksissa. Hyvässä ravintotilanteessa istutetaan vain taimenia, huonossa vain harmaannieriöitä ja keskinkertaisessa molempia lajeja. Hyvässä ravintotilanteessa tehtiin laskelmat myös 500 000 ja 1 000 000 siikaistukkaalla. Poikasten muuntamisessa eri kokoisiksi poikasiksi ja eri lajeiksi on käytetty nykykäytäntöä (RKTL:n vesiviljelyn hinnastosuhteet), jolloin istutusten arvo on aina sama.

Taulukko 2. Mallitarkastelussa käytetyt istutusmäärät lajeittain sekä istukkaiden koko yhdistetyn ja erillisen velvoitehoidon mukaisessa tilanteessa.

			Istutusmäärä			Istukkaiden paino (g)	
Ravintotilanne	**Siikakompensaatio (1000 kpl)**	**Hoito**	**Siika, 0-v. (1000 kpl)**	**Taimen, järvi (1000 kpl)**	**Taimen, 1-v., sivuvesi (1000 kpl)**	**Taimen, järvi**	**Taimen, sivuvesi**
Huono	**250**	**Erillinen**	**750**	**71.0**	**35**	**160**	**5**
		Yhdistetty	**750**	**35.0**	**354**	**160**	**5**
Kohtalainen	**250**	**Erillinen**	**750**	**76.0**	**35**	**160**	**5**
		Yhdistetty	**750**	**67.4**	**100**	**160**	**5**
Hyvä	**0**	**Erillinen**	**1000**	**100.0**	**35**	**90**	**5**
		Yhdistetty	**1000**	**88.5**	**100**	**90**	**5**
	250	**Erillinen**	**750**	**112.8**	**35**	**90**	**5**
		Yhdistetty	**750**	**101.3**	**100**	**90**	**5**
	500	**Erillinen**	**500**	**125.6**	**35**	**90**	**5**
		Yhdistetty	**500**	**114.1**	**100**	**90**	**5**

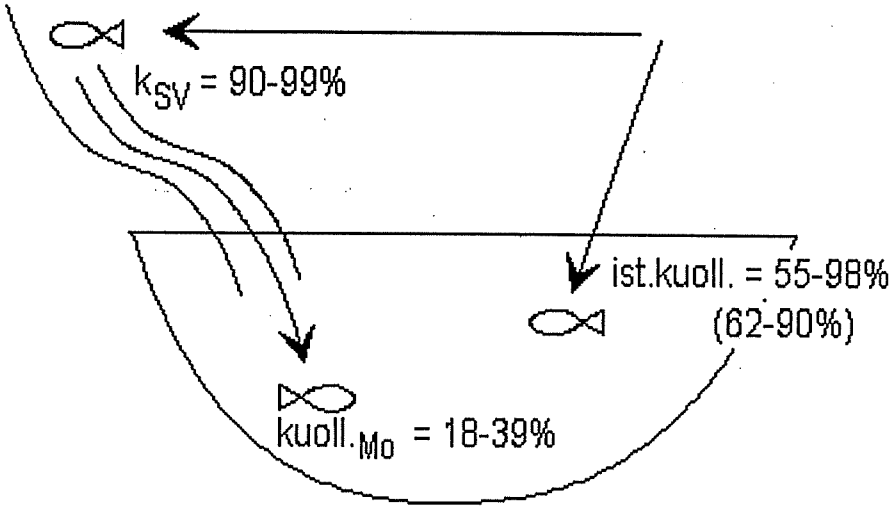
Taimenen sivuvesi-istukkaat ovat pikkupoikasia jokialueille. Istutettavien poikasten lukumäärä muunnetaan rahalliselta arvoltaan vastaavaksi velvoitepäätösten mukaisiksi poikasmääriksi käyttäen hyväksi ns. standardipoikasia (standardipoikasen koko on määritelty velvoitepäätösten pohjalta) sekä arvonmuuntotaulukkoa, joka perustuu Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelytuotteiden hinnastoon. Vaelluskokoisen järvitaimenen ja järvilohen standardikokona käytetään 90 g (20 cm), 1-kesäisen nieriän 5 g ja 1-kesäisen pohjasiian 4 g (9 cm).

Sivuvesiin istutetaan sekä yhdistetyn että erillisen hoidon tapauksessa 6 300 kpl isoja taimenia. Tästä aiheutuvan järveenvaeltamisen oletettiin sisältyvän tehtyyn kalibrointiin ja aineistoon, joten sitä ei otettu kulkeutumisessa huomioon.

3.2 Kuolleisuudet

Mallitarkastelussa lopputulokseen vaikuttavat ratkaisevasti taimenen järvi- ja joki-istukkaiden kuolleisuusarvot, erityisesti ensimmäisen järvivuoden aikana sekä sivuvesivaiheessa (kuva 2). Koska kuolleisuutta sivuvesivaiheessa (k_SV) ja kulkeutuneiden kalojen 1. järvivuoden kuolevuutta (M_0) ei voinut kalibroida aineiston perusteella, laskennat tehtiin useilla erilaisilla kuolleisuusoletuksilla. Lisäksi tarkasteltiin kahta erilaista järvi-istukkaiden kuolleisuusriippuvuutta (taulukko 3).

Sivuvesikuolleisuuden osalta tarkasteltiin arvoja 0,90, 0,95 ja 0,99 eli tilanteita, joissa sivuvesiin istutetuista kaloista 10 %, 5% tai 1 % palaa järveen 3 vuoden kuluttua istutuksesta. Mallissa palaamiseen kuluvalla ajalla ei ole merkitystä, sillä istutus pysyy laskenta-ajoissa samana ja sen oletetaan olleen sama jo ennen 1. laskentavuotta, joten kulkeutuvien kalojen määrä pysyy yhdessä laskennassa koko ajan samana. Kulkeutuneiden kalojen luonnolliselle kuolleisuudelle 1. järvivuoden aikana (M_0) käytettiin mallissa kahta vaihtoehtoa: 0,2 ja 0,5. Taimenen VPA-laskelmissa kaikkien järvivuosi-ikäryhmien M-j on 0,2. Liitteessä 1 on esitetty kokonaiskuolleisuudet erilaisilla kuolleisuuden arvoilla.



Kuva 2. Taimenistukkaiden luonnolliset kuolleisuudet mallissa 1. järvivuoden loppuun. A. Järveen istutettujen kuolleisuus (ist.kuoll.) on ravintotilanteesta riippuva mallin funktio, joka kalibroidaan aineiston perusteella. Suluissa loivennettu riippuvuus. B. Kuolleisuus sivuvesivaiheessa (k_SV) lasketaan ennen kalojen syöttämistä malliin kulkeutumisena. Kulkeutuneiden kalojen kuolleisuus 1. järvivuoden aikana (kuoll_M0) on luonnollisen kuolevuuden vakioarvosta M_0 (0,2-0,5) laskettu kuolleisuus 1 - exp(-M_0).

Malliin sisältyvää epävarmuutta tarkasteltiin laskemalla malli myös erilaisella järveen istutettujen taimenten kuolleisuusriippuvuudella. Kalibroidussa mallissa järveen istutettujen taimenten kuolleisuus istutusvuonna riippuu melko voimakkaasti ravintotilanteesta. Kuolleisuus on minimissään 55 % ja maksimissaan 98 % (kuva 2). Malli voidaan kalibroida lähes yhtä hyvin myös loivemmalla kuolleisuusriippuvuudella. Laskennoissa käytettiin loivennettua riippuvuutta, jossa taimenistukkaiden kuolleisuus oli ravintotilanteesta riippuen 62-90 %. Kalibrointijaksolla vähemmän jyrkkä kuolleisuusriippuvuus vähensi mallin ja VPA:n välistä vastaavuutta erittäin vähän. Sen sijaan riippuvuuden loiventaminen tehtyä enemmän alkaa vaikuttaa selvästi taimenpopulaatioon ja sitä kautta muikkupopulaatioon. Riippuvuuden muutos kuvannee siten melko hyvin tähän mallin osaan sisältyvän epävarmuuden.

Kalastuksen teho pysyi kaikilla lajeilla kaikissa laskennoissa koko laskentajakson vakiona. Taimenen arvoina olivat VPA:lla arvioidut kertoimet vuodelta 1992, muikulla vuodelta 1993 ja siialta vuodelta 1994. Ne vastaavat kutakuinkin ko. lajien kalastuksen keskimääräistä tasoa.

Taulukko 3. Mallitarkastelussa tehtyjä oletuksia ja käytettyjä lähtöarvoja.

- Ensimmäistä järvivuotta lukuun ottamatta järvi-istukkaiden ja joki-istukkaiden kuolleisuus on yhtä suuri.
- Järveen vaeltaneiden joki-istukkaiden ja järveen suoraan istututettujen taimenten kasvuissa ei ole eroja.
- Järveen istutettujen taimenten kuolleisuus riippuu ravinnon määrästä ja vaihtelee välillä 55 % - 98 %. Joki-istukkaiden kuolleisuus ensimmäisenä järvivuotena on selvästi pienempi kuin järvi-istukkailla ja on 18 % (M=0,2) tai 39 % (M=0,5).
- Joki-istukkaiden kuolleisuus on koko laskentajakson vakio. Jokivaiheen kuolleisuuksina on käytetty arvoja välillä 90-99 %. Kuolleisuusarvoihin sisältyvät myös ne hengissäsäilyvät poikaset, jotka eivät vaella Inarijärveen asti.
- 1-vuotiaiden sivuvesi-istutuksista aiheutuva vaeltaminen lisättiin malliin kulkeutumisena 0-järvivuotiaiden ikäryhmään. Kulkeutuvien kalojen painoksi arvioitiin kaikissa tapauksissa 140 g. Järvi-istukkaiden painona käytettiin 160 g:aa, mikä on hieman enemmän kuin kevät-istukkaiden paino aineistossa keskimäärin. Tarkastelussa kaikki järvi-istutukset tapahtuivat keväällä.

3.3 Erilaiset ravintotilanteet

Järveen istutettujen taimenistukkaiden kuolleisuus riippuu voimakkaasti ravintotilanteesta. Tutkimusten mukaan huonossa ravintotilanteessa lähes kaikki istukkaat menehtyvät. Aikaisemmin Inarijärvelle tehdyssä sovelluksessa arvioitiin huonossa ravintotilanteessa taimenistukkaista kuolevan 99 %.

Tässä tarkastelussa ravintotilanteena käytettiin mallin laskemaa ravintobiomassaa arvoa, joka määräytyy suurimmalta osaltaan 0- ja 1-vuotiaista muikuista [1]:
- hyvä ravintotilanne: 140 000 (yli 100 000) kg,
- kohtalainen ravintotilanne: 70 000 (50 000 - 100 000) kg,
- huono ravintotilanne: 30 000 kg (alle 50 000) kg.

Huono ravintotilanne jaettiin kahteen eri vaihtoehtoon, joista toisessa taimenen ravintotilanne pidetään mallia manipuloimalla koko laskentajakson alhaisena ("jatkuva huono") ja toisessa sen annetaan (mahdollisesti) elpyä kalibroidun mallin mukaisesti ("elpyvä huono"). Ensimainitussa laskentajakso oli 5 vuotta ja toisessa 10 vuotta. Kohtalaisessa ja hyvässä ravintotilanteessa laskentajakso oli 10 vuotta.

Jatkuva ja elpyvä huono sekä kohtalainen ravintotilanne laskettiin kaikilla edelläkuvatuilla sivuvesi-istukkaiden kuolleisuusyhdistelmillä, joita on kuusi kappaletta: kolme eri jokivaiheen (k_ SV) kuolleisuutta ja kaksi erilaista järvivaiheen kuolleisuutta_(M_0) arvoa. Huonot ravintotilanteet kaikilla k_SV- ja M_0-yhdistelmillä laskettiin myös mallilla, jossa järvi-istukkaiden kuolleisuusriippuvuus oli loivennettu. Hyvässä ravintotilanteessa malli laskettiin kolmella pienimmällä k_SV- ja M_0-yhdistelmällä: 0,90 ja 0,2 / 0,90 ja 0,5 / 0,95 ja 0,2. Yhdistelmät laskettiin kaikille eri siikakompensaation vaihtoehdoille (taulukko 2).

[1] Vain noin 5 % taimenen ravinnosta koostuu mallissa siioista. 1990-luvun loppupuolella heikon muikkukannan aikana ja reeskakannan vahvistuttua reeskan osuus taimenen ravinnossa on ollut huomattava. Vaikka mallissa hyvä ravintotilanne on määritetty lähinnä muikkukannan tiheyden perusteella, voidaan olettaa, että ravintobiomassa kuvaa taimenelle sopivan ja käytettävissä olevan ravinnon määrää yleisemminkin.

4. TULOKSET

Laskentojen vuosikeskiarvoissa on sekä saaliin että populaation osalta jätetty 1. vuosi pois. Tulosten populaatio- ja saaliskeskiarvot ovat samoilta vuosilta (laskennan vuodet 2-5 ja 2-10).

4.1 Huono ravintotilanne

Sivuvesi-istukkaiden kuolleisuuksilla oli voimakas vaikutus erillisen ja yhdistetyn hoidon vertailussa. Taimenpopulaation osalta vedenjakajana oli toiseksi suurin kuolleisuusyhdistelmä: k_SV = 0,99 ja M_0 = 0,2, jolloin yhdistetyn ja erillisen hoidon tulokset eivät poikenneet paljoa toisistaan ja suuruusjärjestys oli erilainen elpyvässä ja jatkuvassa huonossa ravintotilanteessa. Sitä suuremmalla kuolleisuudella (0,99 ja 0,5) hoidon yhdistäminen johti aina pienempään taimenkantaan ja sitä pienemmillä kuolleisuuksilla suurempaan. Pienimmillä kuolleisuuksilla (k_SV = 0,90) yhdistetty hoito kasvatti taimenkantaa merkittävästi.

Vaikutukset taimensaaliisiin (kg, jakson keskiarvot) olivat aina samansuuntaiset kuin populaatioon. Samoin ero hoitojen välillä muodostui suureksi laskettaessa malli pienimmillä sivuvesikuolleisuuksilla. Elpyvässä ravintotilanteessa hoidon yhdistäminen muutti vuosisaaliiden keskiarvoa -20 - 50 %. Jatkuvassa huonossa ravintotilanteessa saalis lähes kaksinkertaistui yhdistetyssä hoidossa pienimmällä sivuvesikuolleisuudella, mutta pieneni vain vähän maksimikuolleisuuksilla (- 2 - 90 %).

Muikku- ja siikapopulaation osalta yhdistetty ja erillinen hoito antoivat suurinpiirtein saman tuloksen, kun k_SV = 0,95 ja M_0 = 0,5. Sitä suuremmilla kuolleisuusarvoilla muikku- ja siikapopulaatio oli yhdistetyssä hoidossa aina suurempi kuin erillisessä.

Muikkusaaliisiin kuolleisuuksien muuttuminen vaikutti erillinen-yhdistetty -vertailussa aina samaan suuntaan kuin populaatioonkin. Yhdistetyn ja erillisen hoidon välinen ero saaliissa oli suurempi, kun ravintotilanne oli elpyvä. Elpyvässä ravintotilanteessa hoidon yhdistäminen muutti vuosisaaliiden keskiarvoa -50 - +40 % ja jatkuvassa huonossa -20 - +10 %.

Siikasaaliisiin velvoitehoitovaihtoehtojen vaikutus oli pieni; ero yhdistetyn ja erillisen hoidon tuottamassa saaliissa oli kaikissa tapauksissa alle 10 %, keskimäärin n. 3 %. Jatkuvassa huonossa taimenen ravintotilanteessa vaikutus saaliiseen oli päinvastainen kuin populaatioon: yhdistetty hoito antoi suuremman saaliin aina, kun k_SV oli pienempi kuin 0,99. Elpyvässä ravintotilanteessa saatiin yhdistetyllä hoidolla aina suurempi saalis kuin erillisellä riippumatta kulkeutuvien taimenten kuolleisuudesta.

Jatkuva huono ravintotilanne aiheutti yhdistetyssä hoidossa 0,90:n joki-istukaskuolleisuudella M_0:sta riippumatta tilanteen, jossa järvi-istukkaiden kuolleisuus on koko ajan maksimissaan (98 %). Kun kulkeutujien kuolleisuus järvessä oli vakio (M_0 = 0,2 tai 0,5), niin malli tuotti jatkuvasti vakiomäärän 1-vuotiaita taimenia.

Yhdistetty hoito ja pienin joki-istukkaiden kuolleisuus-yhdistelmä (k_SV = 0,90 ja M_0 = 0,2) aiheutti myös elpyvässä vaihtoehdossa ravintotilanteen jatkuvan huononemisen 3 lasketun vuoden jälkeen siten, että istukkaiden kuolleisuus nousi maksimiin. Kaikilla muilla vaihtoehdoilla elpyvän ravintotuotannon vaihtoehdossa päädyttiin enemmän tai vähemmän elpyvään ravintotilanteeseen.

Taulukko 4. Yhteenveto tarkasteltujen vaihtoehtojen vaikutuksista muikkusaaliiseen. k_sv on poikasten kuolleisuus jokivaiheessa, M_0 on jokipoikasten kuolleisuus ensimmäisenä järvivuotena. Kuolleisuudet, jotka yhditetyssä velvoitehoidossa johtavat korkeampiin muikkusaaliisiin on lihavoitu.

				Järvi-ist. kuoll.		Muikkusaalis, keskiarvo			
Ravintotilanne	Siika-kompens. (1000 kpl)	k_SV	M_0	Erillinen hoito	Yhdistetty hoito	Erillinen hoito (kg)	Yhdistetty hoito (kg)	Muutos (%)	Muutos >= 0
Huono, jatkuva	250	**0.99**	**0.5**	0.87	0.79	12977	14338	10	+
		0.99	**0.2**	0.87	0.80	12970	14241	10	+
		0.95	0.5	0.87	0.88	12850	12784	-1	
		0.95	0.2	0.88	0.92	12812	12362	-4	
		0.90	0.5	0.88	0.98	12692	11040	-13	
		0.90	0.2	0.89	0.98	12619	10266	-19	
Huono, elpyvä	250	**0.99**	**0.5**	0.76	0.68	24245	34998	44	+
		0.99	**0.2**	0.76	0.68	24192	34174	41	+
		0.95	**0.5**	0.76	0.75	23497	24003	2	+
		0.95	0.2	0.77	0.79	23241	20884	-10	
		0.90	0.5	0.77	0.91	22593	14340	-37	
		0.90	0.2	0.78	0.98	22103	10433	-53	
Kohtalainen	250	**0.99**	**0.5**	0.67	0.66	60799	65548	8	+
		0.99	**0.2**	0.67	0.66	60702	65265	8	+
		0.95	**0.5**	0.68	0.67	59365	61328	3	+
		0.95	**0.2**	0.68	0.67	58884	59924	2	+
		0.90	0.5	0.68	0.69	57575	56069	-3	
		0.90	0.2	0.68	0.70	56616	53282	-6	
Hyvä	0	**0.95**	**0.2**	0.65	0.64	83768	87354	4	+
		0.90	**0.5**	0.65	0.65	82518	83688	1	+
		0.90	0.2	0.65	0.65	81603	81018	-1	
Hyvä	250	**0.95**	**0.2**	0.67	0.66	75422	78817	5	+
		0.90	**0.5**	0.67	0.67	74133	75103	1	+
		0.90	0.2	0.67	0.68	73189	72341	-1	
Hyvä	500	**0.95**	**0.2**	0.69	0.68	67081	70303	5	+
		0.90	**0.5**	0.69	0.69	65789	66519	1	+
		0.90	0.2	0.70	0.70	64845	63752	-2	

Laskennan loppuvuosina päädyttiin epärealistisen hyviin ravintotilanteisiin, erityisesti suurimpien sivuvesikuolleisuuksien kohdalla. Ravintomäärät olivat jopa samaa luokkaa kuin mallin laskemat arvot muikun huippuvuosille 1987-88. Tämä on merkki siitä, että mallia sovellettiin tällöin kelpoisuusalueensa ulkopuolella, jolloin sen antamat tulokset eivät ole kovin luotettavia.

Järvikuolleisuuden vaikutuksen arvioimiseksi laskelmat tehtiin myös tilanteessa, jossa taimenistukkaiden ravinnosta riippuvaa kuolleisuutta loivennettiin. Tämä ei kuitenkaan muuttanut tarkastelun tuloksia oleellisesti eikä järvikuolleisuuden arviointiin liittyvällä epävarmuudella siten ollut vaikutusta tarkastelun johtopäätöksiin.

4.2 Kohtalainen ravintotilanne

Kohtalaisessa ravintotilanteessa erot yhdistetyn ja erillisen hoidon välillä olivat selvästi pienemmät kuin huonossa ravintotilanteessa. Tämä johtui osaksi siitä, että ero yhdistetyn ja erillisen velvoitteen istutusmäärissä oli pienempi kuin huonossa ravintotilanteessa. Taimenella hoidon yhdistämisen aiheuttaman muutoksen suuruus vuosisaaliiden keskiarvossa oli maksimissaan 6 %, muikulla 8 % ja siialla 0,6 %.

Muikku- ja siikapopulaation sekä muikkusaaliin osalta yhdistetty hoito antoi suuremman tuloksen kaikilla kuolleisuuksilla, joissa k_SV oli suurempi kuin 0,90, ts. 4 tapauksessa tarkastelluista 6 yhdistelmästä. Vaikutus siikasaaliiseen oli jokaisella kuolleisuusyhdistelmällä päinvastainen kuin populaatioon.

Samoin kuin huonon ravintotilanteen elpyvässä vaihtoehdossa päädyttiin kohtalaisen ravintotilanteen laskennan loppuvuosina epärealistisen hyviin ravintotilanteisiin.

4.3 Hyvä ravintotilanne

Myös hyvässä ravintotilanteessa erot yhdistetyn ja erillisen hoidon välillä jäivät hyvin pieniksi, mikä johtuu istutusten suhteellisen eron pienuudesta ja osin myös tarkastellusta suppeammasta kuolleisuusalueesta. Hoidon yhdistäminen muutti saaliin keskiarvoa taimenen kohdalla +4 - -1 %, muikun -2 - +5 % ja siian kohdalla vain +0,1 - -1 %. Tästä huolimatta tuloksissa oli nähtävissä vastaava kuolleisuuksien vaikutussuunta kuin huonompien ravintotilanteiden laskennoissa.

Tarkastellusta kolmesta sivuvesi-istukkaiden kuolleisuusyhdistelmästä vain pienin (k_SV = 0,90 ja M_0 = 0,2) antaa tulokset, joissa muikku- ja siikapopulaatio sekä muikkusaalis vähenevät, jos siirrytään yhdistettyyn hoitoon. Riippumatta siikakompensaation vaihtoehdosta (vrt. taulukko 2) kaikki suuremmat kuolleisuudet johtavat suurempaan muikku- ja siikakantaan, kun hoito yhdistetään.

4.4 Tulosten tarkastelua

Mallitarkastelussa keskeiset lopputulokseen vaikuttavat tekijät ovat istutusmäärät, taimenten kuolleisuus, erisuuruiset taimenpredaatiot ja kasvun kompensaatio. Mallitarkastelussa kalastuskuolleisuus vakioitiin. Yhdistetty hoito tarkoittaa järveen istutettavan taimenmäärän pienentämistä sekä sivuvesistöistutusten ja siten myös Inarijärveen kulkeutuvan taimenmäärän kasvua. Kun kuolleisuusarvoja k-SV ja M-0 kasvatetaan, kulkeutumisesta aiheutuva taimenpopulaation kasvu vähenee. Näistä kuolleisuus jokivaiheessa (k_SV) vaikuttaa selvästi voimakkaammin; kuolevuus 1. järvivuotena (M_0) on pienempi ja kohdistuu jo suuremman vähennyksen läpikäyneeseen kantaan.

Taimenistutusten osittainen siirtäminen sivuvesistöihin ja toisaalta sivuvesistöistukkaiden kuolleisuudet muodostavat tilanteen, jossa tietyssä istutusvaihtoehdossa ja ravintotilanteessa tietyt kuolleisuudet johtavat suurinpiirtein samansuuruiseen taimenkantaan erillisessä ja yhdistetyssä hoidossa. Niitä suuremmillla kuolleisuuksilla Inarijärven taimenkanta pienenee siirryttäessä yhdistettyyn hoitoon ja niitä pienemmillä kuolleisuuksilla se kasvaa.

Taimenkannan kasvu vaikutti laskennoissa lähes poikkeuksetta vähentävästi sekä muikku- että siikapopulaatioon. Muikkusaaliissa vaikutussuunta oli poikkeuksetta sama kuin populaatiossa, mutta siian tapauksessa jyrkemmän kasvun ja kannantiheyden välisen riippuvuuden, kasvukompensaation, vaikutuksesta muutos kg-saaliissa oli useimmiten populaatioon nähden päinvastainen ja joka tapauksessa aina selvästi vähäisempi. Kompensaatiota vahvisti se, että siian kasvu riippuu mallissa myös muikkukannasta, johon predaation vaihtelu vaikuttaa aina samansuuntaisesti kuin siikapopulaatioon.

Yhdistetyn hoidon vaikutus Inarijärven kalayhteisöön riippuu ratkaisevasti siitä, mikä on sivuvesi-istukkaiden kuolleisuus jokivaiheen aikana (k_SV) ja 1. järvivuoden aikana (M_0). Tämä koskee erityisesti huonoa ravintotilannetta. Tarkastelluista kuolleisuusarvoista pienimmät vaikuttivat siten, että verrattuna erilliseen hoitoon taimenkanta ja predaatiopaine kasvoivat, ja vastaavasti suuremmilla kuolleisuuksilla taimenkanta ja predaatio väheni.

Toisaalta, vertailtaessa saman hoidon eri kuolleisuuksilla tehtyjä laskentoja keskenään, nähdään, että M_0:lla ei ole juuri merkitystä, kun kulkeutuvia kaloja on vain muutama tuhat tai vähemmän. Luonnollisen kuolevuuden suuruudella 1. järvivuoden aikana on siten vaikutusta kokonaistuloksen kannalta yhdistetyn hoidon tapauksessa silloin, kun joki-istukkaiden kuolleisuus on vähemmän kuin 0,99.

Kohtalaisessa sekä hyvässä ravintotilanteessa yhdistetyn ja erillisen hoidon välinen ero jäi melko pieneksi. Erityisesti hyvässä ravintotilanteessa mallin epävarmuus on todennäköiseti tätä erottelukykyä suurempi, kun tarkastellaan yksittäisten laskentojen tuloksia. Sivuvesi-is-

tukkaiden kuolleisuuden vaikutus yhdistetyn hoidon edullisuuteen tuli kuitenkin näissä laskennoissa esille aivan yhtä johdonmukaisena kuin huonossa ravintotilanteessa, jossa tulokset muuttuivat selvemmin.

Laskelmissa joki-istukkaiden kuolleisuus jokivaiheessa vaihteli välillä 90 - 99 % ja ensimmäisenä järvivuotena 20 - 40 %. Tarkastelun perusteella ravintotilanteen parantuessa kuolleisuusalue, jolla hoidon yhdistäminen parantaa muikkukannan tilaa, kasvaa. Karkeasti voidaan sanoa, että huonossa ravintotilanteessa predaatiopaine kasvoi, kun enemmän kuin 1 % jokipoikasistutuksista vaelsi Inarijärveen. Kohtalaisessa ravintotilanteessa predaatiopaine kasvoi, kun enemmän kuin 5 % poikasista vaelsi Inarijärveen. Hyvässä ravintotilanteessa erillinen velvoitehoito ei vaikuttanut millään käytetyistä kuolevuuksista muikkusaaliiseen.

4.5 Poikasistutusten tuloksellisuudesta

Taimenen jokipoikasistutusten tuloksellisuudesta on tietoa hyvin vähän (Huusko, suullinen tiedonanto). Kuusamossa taimenen luonnonpoikasten säilyvyydeksi 0+ -poikasesta 1+ -poikaseen on arvioitu 10-15 %. Todennäköisesti poikasten kuolleisuuden hajonta on suurta ja riippuu monista tekijöistä mm. istutustiheydestä, istutuspaikasta ja esimerkiksi sääolosuhteista.

Lohen poikasistutuksista on enemmän tietoa kuin taimenen poikasistutuksista. Kymijoen lohi-istutuksissa on keskimääräinen eloonjäänti vastakuoriutuneesta kesänvanhaan poikaseen ollut 2 %. Vehkajoen Myllykoskella vastaluoriutuneista keskimäärin 4,5 % on kehittynyt kaksikesäiseksi (Niemi & Päivärinta 1996). Tornionjoella 1-vuotiaista lohipoikasista selviytyy vaelluspoikasksi noin 10% ja Simojoella jopa 20-25 % (Romakkaniemi, suullinen tiedonanto).

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että jokiin istutettujen taimenen poikasten kuolevuuden arviointi on hyvin epävarmalla pohjalla. Oletettavasti poikasten säilyvyys kesänvanhasta smolttivaiheeseen (3-vuotiaaseen) on luokkaa 5-10 %. Arvioitaessa laskelmissa käytettyjen kuolevuuksien realistisuutta on otettava huomioon, että kaikki elossa säilyneet poikaset eivät vaella Inarijärveen, vaan osa jää sivuvesistöihin. Siitä, kuinka suuri tämä osuus on, ei ole tietoa.

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tehtyyn mallitarkasteluun sisältyy monenlaista epävarmuutta liittyen kala-aineistoon, mallin rakenteeseen ja mallissa käytettyihin parametriarvoihin. Tästä syystä laskelmia on tehty useilla erilaisilla parametriarvoilla. Tavoitteena on ollut selvittää, minkälaisilla mallin oletuksilla yhdistetty velvoitehoito tuottaa nykyistä velvoitteen hoitotapaa paremman tuloksen ja minkälaisilla sitä huonomman tuloksen. Erityisesti on haluttu selvittää, voiko yhdistetty velvoitehoito lisätä saalistuspainetta taimenen ravintokaloihin huonossa ravintotilanteessa.

Saalistuspaineen voimakkuutta kuvaavana mittarina on käytetty muikkusaalista. Jos taimenpredaatio kasvaa, muikkukanta ja -saalis pienenevät ja vaikutuksen on arvioitu olevan kalayhteisön, kalastuksen ja istutusten tuloksellisuuden kannalta negatiivinen ainakin silloin, kun petokalojen ravintotilanne oli huono. Muikkusaaliissa tapahtuneiden muutosten on katsottu siis heijastelevan yleisemminkin taimenistutusten vaikutuksia kalayhteisöön.

Lopputulokseen vaikuttaa ratkaisevasti se, kuinka paljon sivuvesi-istutuksilla tuotetaan vaelluspoikasia Inarijärveen verrattuna tilanteeseen, jossa istutukset tehdään suoraan järveen, ja kuinka paljon järvi-istukkaita tehokkaampia saalistajia ja selviytyjiä ovat voimakkaamman luonnonvalinnan läpikäyneet joki-istukkaat. Lisäksi lopputulokseen vaikuttaa muuntokerroin, jolla taimenen järvi-istukas muunnetaan joki-istutukkaiksi. Velvoitealueiden yhdistämisen vaikutusten tarkempaa arviointia varten tarvitaan nykyistä enemmän tietoa taimenistukkaiden kuolleisuudesta jokivaiheesta.

Tarkastelun perusteella yhdistetty velvoitehoito voi tuottaa suuremman taimenpopulaation ja suuremman saalistuspaineen kohtuullisen realistisen tuntuisilla parametriyhdistelmillä. Tulok-

sista voi myös päätellä, että petokalojen istutusmäärät ovat huonossa ravintotilanteessa ylimitoitetut ja siirto sivuvesiin parantaa/pitää ennallaan tuloksen vain, kun lähes kaikki sivuvesiistukkaat (99%) kuolevat tai jäävät sivuvesiin. Erot tuloksissa erillisen ja yhdistetyn hoitotavan välillä ovat kuitenkin useimmilla kuolleisuusyhdistelmillä aika pienet. Hyvässä ja kohtalaisessa ravintotilanteessa velvoitealueiden yhdistäminen voi mallitarkastelun perusteella tuottaa useimmilla kuolleisuusyhdistelmillä nykyistä velvoitteen hoitotapaa suuremman taimensaaliin.

Velvoitealueiden yhdistäminen ei kaikissa tilanteissa varmuudella johda tarkoituksenmukaisempaan ja tuloksellisempaan velvoitehoitoon. Pitkäkestoisessa huonossa ravintotilanteessa velvoitealueiden yhdistäminen ei ole riittävä toimenpide velvoitehoidon tuloksellisuuden parantamiseksi ja haittojen vähentämiseksi. Varovaisuusperiaatteen mukaista olisi toteuttaa joki-istutukset siten, että istukkaista Inarijärveen vaeltaisi mahdollisimman pieni osa. Käytännössä tämä tarkoittaa istutusten kohdentamista esimerkiksi runsasjärvisiin sivuvesistöihin.

Tehokkaamman luonnonvalinnan läpikäyneet poikaset ovat tarkkailun tuottaman tiedon perusteella tehokkaampia ravinnonkäyttäjiä ja selviytyjiä. Hyvässä ja kohtalaisessa ravintotilanteessa tämä voisi parantaa taimensaaliita ja huonossa ravintotilanteessa joki-istukkaiden loisittumisalttius voi olla järvi-istukkaita pienempi. Velvoitehoidon kehittämisen eräänä keskeisenä tavoitteena on pidetty siirtymistä nykyistä enemmän luontaista lisääntymiskiertoa jäljittelevään hoitotapaan. Velvoitealueet yhdistämällä mahdollisuudet tähän paranisivat huomattavasti.

LÄHDELUETTELO

Marttunen, M. & Kylmälä, P. 1997. Kalakantojen hoitomalli Inarijärven kalaistutusten vaikutusten arvioinnissa. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 117. 86 s.

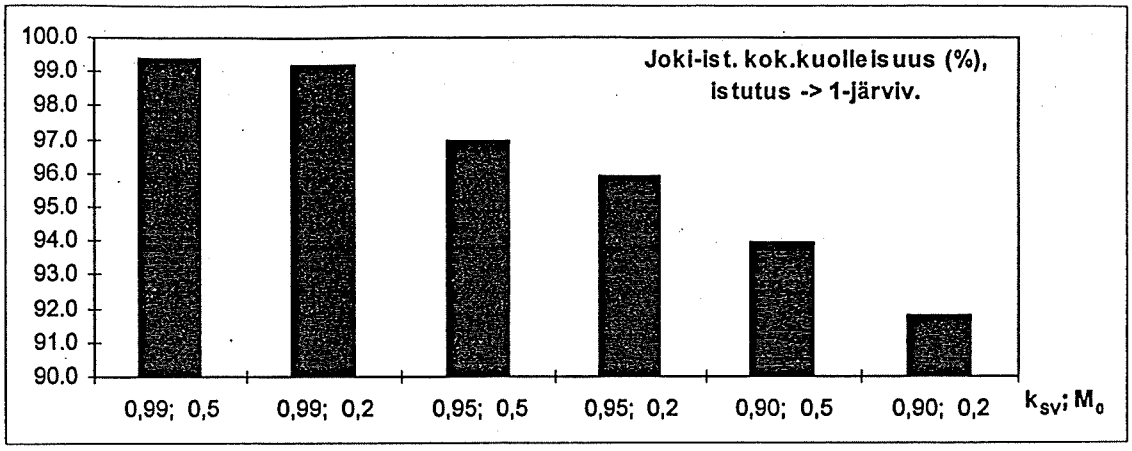
Niemi, A. & Päivärinta P. 1996. Lohen mädin ja pienpoikasten istutusten tuloksia Kymijoen koskialueilta 1990-1995. Moniste. Kymen maaseutuelinkeinopiiri. Kouvola. 9 s.

Salonen, E. 1998. The vendance stock and fisheries in Lake Inari. Boreal Envinronment Research 3:307-319.

Vehanen, T. & Hyvärinen, P. & Huusko, A. 1998. Oulujärven kalatalouden monitavoitteinen kehittäminen, osaraportti 2: Taimenen ja kuhan ravinnonkulutus bioenergeettisellä mallilla arvioituna. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja 106. 24 s.

Vehanen, T. & Kylmälä, P. 1998. Oulunjärven kalatalouden monitavoitteinen kehittäminen, osaraportti 5: Kalakantojen hoitomallin Oulujärvi-sovellus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja 109. 55 s.

Liite 1. Joki-istukkaiden kokonaiskuolleisuus (%) istutuksesta ensimmäisen järvivuoden loppuun mallitarkasteluissa käytetyillä joki- ja järvikuolleisuusarvojen yhdistelmillä.



12.03.1999 Petri Kylmälä

Kalakantojen hoitomallin muutokset sekä kalibrointi Inarijärven hoitovelvoitteiden yhdistämisen laskentoja varten.

1. Mallin muutokset

1.1 Predaattorin ravinnonkulutuspotentiaali

Ennen tässä kuvattuja muutoksia mallissa kuvattiin predaatiopainetta kasvupotentiaalilla $B_{POT,i}$, joka on summa ikäryhmien kasvupotentiaaleista B_{JPOT}, eli lukumääristä kerrottuna maksimikasvulla (Marttunen & Kylmälä 1997):

$$B_{POT,i} = j\Sigma\, B_{JPOT,i,j} = j\Sigma\, (N_{kesä,i,j} \cdot g_{MAX,j}) \qquad (1)$$

missä i = vuosi ja j = ikäryhmä,

$N_{kesä}$ = populaation lkm vuoden 1. puoliskon kalastuksen jälkeen.
$g_{MAX,j}$ = ikäryhmän j maksimikasvu (parametri).

Ravinnonkulutuksen ja kasvun suhde kuvattiin yhdellä parametrilla, b_{PRD} (kulutus / kasvu).

Po. laskelmissa käytetyssä mallissa otetaan huomioon ikäryhmien erilainen ravinnonkulutuksen ja kasvun välinen suhde. Kullekin ikäryhmälle annetaan oma parametri p_G, ikäryhmän ravinnonkulutuksen ja kasvun suhde. Kun ikäryhmien kasvupotentiaalit kerrotaan $p_{G,j}$:llä, saadaan niistä ravinnonkulutuksen potentiaaleja ja summasta kokonaisravinnonkulutuspotentiaali. Merkintä on edelleen B_{POT}:

$$j\Sigma\, B_{JPOT,i,j} = j\Sigma\, (N_{kesä,i,j} * g_{MAX,j} * p_{G,j}) \qquad (2)$$

Koko ravinnonkulutus predaatiossa ΔB_{RAV} on

$$\Delta B_{RAV} = b_{PRD} * B_{POT} * \text{PREDNOPEUS} \qquad (3)$$

PREDNOPEUS on Michaelis-Menton-funktiolla laskettu kokonaisravintomäärästä B_{RAV} riippuva predaationopeus, jonka maksimiarvo on 1, mikä vastaa maksimikasvujen saavuttamiseksi tarvittavaa ravinnonkulutusta. Alkuperäiseen funktioon on lisätty parametri c, jolla voidaan muuttaa käyrän muotoa:

$$\text{PREDNOPEUS} = B_{RAV}^{c} \;/\; (k_{RAV}^{c} + B_{RAV}^{c}) \qquad (4)$$

Koska B_{POT} sisältää nyt potentiaalisen kulutuksen (ei pot. kasvua kuten aiemmin), ei parametrilla b_{PRD} kuvata enää kulutuksen ja kasvun suhdetta. B_{POT}* PREDNOPEUS sisältää predaattorin kokonaisravinnonkulutuksen (3). Osa predaattorin ravinnosta koostuu kuitenkin muusta kuin mallin lajeista 2 ja 3 (muikku ja siika). Tarkastellut populaatiomäärät sekä niistä laskettu ravintomäärä B_{RAV} ovat myös epävarmoja arvoja ja saattavat sisältää suurehkon systemaattisen virheen. Näistä syistä tarvitaan kerroin, joka muuntaa lasketun kokonaisravinnonkulutuksen mallin saalislajien kulutukseksi. Kertoimena on parametri b_{PRD} (3).

Parametrin b_{PRD} arvo on määrättävä kalibroinnissa erilaisia arvoja kokeilemalla. Kun arvo on alle 1, voidaan se tulkita siten, että suhteellinen osuus 1 - b_{PRD} ravinnosta koostuu muista kuin mallin lajeista. Todellisuudessa arvoon vaikuttaa myös se, että saalislajeista laskettu ravintomäärä ei vastaa todellisuutta tai sen suhde predaattoripopulaatioon poikkeaa systemaattisesti todellisesta

1.2 Predattorin kulkeutuminen

Predaattorikantaan voidaan lisätä ohjaustekijänä eri ikäryhmiin kulkeutuvia kaloja. Kulkeutunut määrä lisätään vuoden alun kantaan ja kulkeutuneiden kalojen ikäryhmien keskipainot otetaan huomioon kannan keskipainossa; uusi keskipaino on lukumäärillä painotettu keskiarvo.

Kulkeutuneet kalat kuuluvat mallissa tämän jälkeen luonnonkaloihin (ei-istutettuihin), joihin kohdistuu vakio luonnollinen kuolevuus M_j. (Mallissa kuolevuuden laskennassa kaikki, paitsi ko. vuonna järveen istutetut kalat, ovat 'luonnonkaloja'.)

Samoin kuin muut mallin ohjaustekijät kulkeutuneet kalat voidaan antaa vakioarvona (joka vuosi sama määrä saman painoisia kaloja) tai aikasarjana (joka vuoden arvot, lukumäärä ja paino, määrätään erikseen).

1.3 Predattorin muu ravinto

Mallissa lasketaan predaattorin käytettävissä oleva ravintomäärä B_{RAV}, joka vaikuttaa predaattorin kasvuun, predaattori-istukkaiden kuolevuuteen sekä predaation suuruuteen. Mallissa B_{RAV} on se osa lajien 2 ja 3 biomassasta, joka paino- ja lajisopivuuskertoimien perusteella on predaattorin hyödynnettävissä, vrt. julkaisun (Marttunen & Kylmälä 1997) kaava 9.

Tähän määrään voidaan tehdä lisäys $B_{RAV,EXT}$, joka kuvaa muuta käytettävissä olevaa ravintoa. Kun aikaisemmin vain lajeista 2 ja 3 laskettua ravintoa kuvataan $B_{RAV,2\&3}$:lla saadaan lopullinen ravintomäärä yksinkertaisesti kaavalla 5. Tätä arvoa käytetään mallin laskennassa kuten aikaisemminkin.

$$B_{RAV} = B_{RAV,2\&3} + B_{RAV,EXT} \qquad (5)$$

Malliin lisätyt ravintomäärät annetaan vakioarvona tai aikasarjana. Arvojen on oltava yhteismitallisia mallin laskeman ravintomärän $B_{RAV,2\&3}$ kanssa. Haluttaessa esimerkiksi lisätä tietyn neljännen lajin vaikutus, on $B_{RAV,EXT}$:n arvot laskettava/arvioitava ennen malliin syöttämistä ko. lajin lukumäärien, keskipainojen, kalastuskertointen sekä mallin kokosopivuusparametrien ja arvioidun lajisopivuuden perusteella; vrt. julkaisun (Marttunen & Kylmälä 1997) kaavat 4, 9 ja 10.

Mallin vuorovaikutuksissa on periaattena se, että eri tekijöitä mallinnetaan siltä osin kuin ne riippuvat mallissa tarkastelluista lajeista, eikä niin, että ne riippuisivat ainoastaan mallin lajeista. Esimerkiksi tietty osa lajien 2 ja 3 kuolleisuudesta on muuta kuin lajin 1 aiheuttamaa predaatiota, ja lajin 1 ravinnosta B_{RAV} muodostaa osuuden, joka määrätään parametrilla b_{PRD} (3). Kun systeemiin syötetään muuta ravintoa (5), ravintomäärästä riippuvien vuorovaikutusten parametriarvoissa on otettava huomioon se, että mallinnus tapahtuu suhteessa suurempaan ravintomäärään.

Jos muuta ravintoa lisätään malliin eikä muuteta parametriarvoja, primääriset vaikutukset (ennen mahdollisten kompensaatioiden ilmenemistä) ovat seuraavat:

- predaattorin kasvu suurenee ja istukkaiden kuolevuus pienenee,
- useimmissa tapauksissa lajien 2 ja 3 predaatiohävikki pienenee ja populaatioiden koko vastaavasti kasvaa.

Jälkimmäinen seikka johtuu siitä, että vaikka predaationopeus (4) ja sen myötä absoluuttinen ravinnonkulutus ΔB_{RAV} (3) suurenee, se ei suurene yhtä paljon kuin ravintomäärä B_{RAV}, jolloin suhteellinen predaatiohävikki f_{SPRD} (6) pienenee. Toisin sanoen käytettävissä olevasta ravintomäärästä syödään pienempi osuus. Tämä osuus määrää lajien 2 ja 3 predaatiohävikin tason. Vaikutus on periaatteeltaan sama kuin todellisuudessa; pienempi osuus syödystä ravintomäärästä koostuu lajeista 2 ja 3.

$$f_{SPRD} = \Delta B_{RAV} / B_{RAV} \qquad (6)$$

Kun malliin lisätään muun ravinnon muodosssa esimerkiksi neljännen lajin vaikutus, kalibrointi tapahtunee helpoiten seuraavalla periaatteella. Lisätään ensin vakiosuuruinen ravintolisäys (sama arvo joka vuodelle), joka voi olla esimerkiksi arvioidun muun ravintomäärän keskiarvo tai mediaani. Tämän jälkeen lasketaan mallia ja muutetaan parametriarvoja, kunnes saadaan lisäravinnon kanssa suunnilleen samat tulokset kuin ennen ravinnon lisäämistä: Parametrin b_{PRD} arvoa kasvatetaan kunnes predaatio on entisellä tasolla ja predaattorin kasvun ja istukaskuolleisuuden parametreja korjataan niin, että että kasvut ja kuolleisuudet pysyvät entisellään muuttuneessa ravintomäärässä. Vasta tämän jälkeen syötetään malliin muun ravinnon aikasarja, eli oma arvio joka vuodelle. Kun malli nyt lasketaan, nähdään lisätyn ravinnon vaikutus lajien dynamiikkaan ilman lisäyksen aiheuttamaa systemaattista muutosta.

Mallia voi tämän jälkeen laskea samoilla parametriarvoilla ylimääräisen ravintokalan vaikutus huomioonottaen tai ilman sitä, kun vastaavasti vaihdetaan aikasarjamuotoisesta muun ravinnon syötöstä vakioarvoon.

2. Mallin kalibrointi

Tässä kalibroinnissa ei otettu huomioon lisäravintoa eikä kulkeutumista. Kalibrointijakson kulkeutuminen vastaa siten mallissa 0-kulkeutumista ja vain sitä suuremmat määrät lisätään populaatioon ja pienemmät määrät merkitsevät vastaavasti negatiivista kulkeutumista.

Malli laskettiin vuosille 1986-1996. Muikulla oli vertailutiedot 1996:een saakka, siialla 1994:ään ja taimenella 1992:een. Kaikki lajien väliset riippuvuudet (ks. Marttunen ja Kylmälä, 1997) olivat 'päällä', lukuunottamatta lajien 2 ja 3 välistä poikastuoton yhteisvaikutusta (poikasvaiheen kilpailu), joka huononsi siikasovitetta sekä uusilla että vanhoilla parametreilla. Lajien 2 ja 3 istukasvaiheen kilpailu (siikaistukkaiden syksyn 0-vuotiaiden populaatiosta riippuva kuolleisuus) oli voimassa, mutta se riippuu vain siikapopulaatiosta ja -istutuksista.

Taimenikäryhmien kasvutehot $p_{G,j}$ (ravinnonkulutus / kasvu) arvioitiin Vehasen ym. (1998) mukaan. Taulukossa L1 on Oulujärveen istutettujen taimenten kasvun osuus koko ravinnonkulutuksesta sekä niitä vastaavat ikäryhmien p_G-parametrit, jotka on laskettu: 100 / kasvuun käytetty prosenttiosuus.

Taulukko L1. Oulujärven taimenten kasvuun käyttämä osuus ravinnosta 2-3 -vuotiaille ja 4-6 -vuotiaille istukkaille. $p_{G,j}$ on järvi-ikäryhmän vastaava mallin parametri: ravinnon kulutus / kasvu.

Istutusikä	2-3 vuotta					4-6 vuotta				
järvi-ikä	0 v.	1 v.	2 v.	3 v.	4 v.	0 v.	1 v.	2 v.	3 v.	4 v.
kasvuun(%)	23	14	11	8,6	2,0	17	8,2	4,2	2,6	1,5
$p_{G,j}$	4,3	7,1	9,1	12	50	5,9	12	24	38	67

Inarijärveen istutetaan 2-4 vuotiaita taimenia, joista suurin osa on ollut 3-vuotiaita keväällä istutettavia kaloja. Oulujärvelle arvioitujen tietojen perusteella arvioitiin ikäryhmien (järvivuotiaat) suhteellisen ravinnonkulutuksen arvot laskemalla keskiarvo Oulujärven 2-3- ja 4-6 -vuotiaiden istukkaiden kertoimista niin, että ensinmainitun painotus oli 2/3 ja jälkimmäisen 1/3. 5-järvivuotiaiden tehoksi arvioitiin sama kuin suurin Oulujärven ravinnonkulutus (67). Inarin ravinnonkulutuskeroimille saatiin näin arvot, jotka ovat taulukossa L2.

Taulukko L2. Arvioidut parametrit $p_{G,j}$ Inarijärvelle

järvi-ikä	0 v.	1 v.	2 v.	3 v.	4 v.	5 v.
$p_{G,j}$	4,9	8,8	14	21	56	67

Kalibroinnissa ei ole lopulta merkitystä sillä, ovatko p_G-arvot absoluuttiselta tasolta oikeita, vaan ainoastaan sillä, ovatko ikäryhmien kertoimien suhteet oikein. Yhtä hyvin voitaisiin antaa esim. tehokkaimmalle ikäryhmälle arvo 1 ja muille arvot suhteena tähän. Tämä johtuu siitä, että predaation kokonaistaso on jokatapauksessa saatettava kohdalleen b_{PRD}:n avulla (3). b_{PRD}:n arvo ja tulkinta tietysti muuttuu, jos annetaan vain suhteellinen teho.

Predaatiopotentiaalia kuvaavan B_{POT}:n muuttaminen taimenen kasvupotentiaalista ravinnonkulutuspotentiaaliksi (2) muuttaa voimakaasti B_{POT}:n ja siitä riippuvan laskennallisen ravintotilanteen D (7) arvoja. Taimenen ravintotilanteesta riippuvat osamallit, kasvu sekä istukkaiden kuolleisuus, päivitettiin mallin 'kuvaukset'-osan graafisten esitysten avulla vastaamaan uusia B_{POT}-arvoja siten, että kasvu ja kuolleisuus vastasivat aikaisempaa mallia. Taimenen maksimikasvuja ei muutettu.

$$D_{taimen} = B_{POT} / B_{RAV} \qquad (7)$$

Predaation kokonaismäärän keskeisin parametri b_{PRD} päivitettiin samoin alustavasti osakuvausnäytöllä ja arvoa tarkennettiin mallia laskemalla. Lopullinen arvio oli 0,29.

Ikäryhmien varsin erisuuren kasvutehon huomioonottaminen muutti mallin tuloksia yllättävän vähän. Vaikutus oli lisäksi lähinnä positiivinen. Sekä muikun että taimenen populaatiosovite parani hieman; mallissa lajien kannalta ratkaiseva 1-vuotiaiden mää-

rä ja sen myötä koko populaatio noudatti entistä enemmän VPA:lla arvioitua vaihtelua. Vaikutus saaliiseen oli kuitenkin vähäinen.

Sekä vanha että uusi (p_G-arvot mukana) kalibrointi antavat muikun populaatiokehityksestä ja kpl-saaliista 1994-97 hieman liian hyvän kuvan: populaatiossa 1-2 miljoonaa yli 2 vuotiasta ja vanhempaa muikkua, VPA-arviossa 600-400 tuhatta, ero saaliissa vastaava. Koska taso on 'datassa' hyvin alhainen ja mallia toisaalta tässä vaiheessa laskettu alkutilanteesta eteenpäin lähes 10 vuotta, ei parametreja lähdetty tarkentamaan. Mallilla ei muutenkaan ole syytä pyrkiä aivan täsmälleen samaan tulokseen kuin VPA:lla.

Siian osalta tulokset muuttuivat vain marginaalisesti. Populaatiosovite VPA:han verrattuna parani osin, mutta jäi 1992-94 hieman liian pieneksi. Saalisbiomassan osalta tämän kompensoi kalojen suurempi kasvu.

Viitteet

Marttunen, M. & Kylmälä, P. 1997. Kalakantojen hoitomalli Inarijärven kalaistutusten vaikutusten arvioinnissa. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 117. 86 s.

Salonen, E. 1998. The vendance stock and fisheries in Lake Inari. Boreal Envinronment Research 3:307-319.

Vehanen, T. & Hyvärinen, P. & Huusko, A. 1998. Oulujärven monitavoitteinen kehittäminen, osaraportti 2: Taimenen ja kuhan ravinnonkulutus bioenergeettisellä mallilla arvioituna. Kala- ja riistaraportteja 106. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.