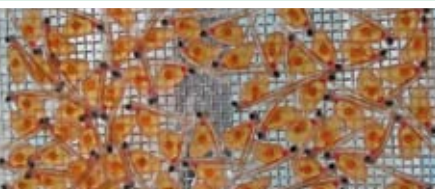


Itämeren lohen M74-oireyhtymä

Suomen jokien seurantatulokset
kevääseen 2007 saakka

Marja Keinänen, Annika Uddström, Jaakko Mikkonen, Juhani Ryttilähti,
Esa-Pekka Juntunen, Soili Nikonen ja Pekka J. Vuorinen



RIISTA - JA KALATALOUS — SELVITYKSIÄ

4/2008

RIISTA- JA KALATALOUS

S E L V I T Y K S I Ä

4 / 2 0 0 8

Itämeren lohen M74-oireyhtymä

Suomen jokien seurantatulokset
kevääseen 2007 saakka

Marja Keinänen, Annika Uddström, Jaakko Mikkonen, Juhani Ryttilahti,
Esa-Pekka Juntunen, Soili Nikonen ja Pekka J. Vuorinen



Julkaisija:
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2008

Kannen kuvat: Pekka J. Vuorinen ja Annika Uddström
Muut kuvat: Jaakko Mikkonen, Annika Uddström ja Pekka J. Vuorinen

Julkaisujen myynti:
www.rktl.fi/julkaisut
www.juvenes.fi/verkkokauppa

Pdf-julkaisu verkossa:
<http://www.rktl.fi/julkaisut/>

ISBN 978-951-776-608-1 (Painettu)
ISBN 978-951-776-609-8 (Verkkojulkaisu)

ISSN 1796-8887 (Painettu)
ISSN 1796-8895 (Verkkojulkaisu)

Painopaikka: Tampereen Yliopistopaino Oy

Sisällys

Tiivistelmä	4
Sammandrag	5
Abstract.....	6
1. Lohen lisääntymishäiriö M74	7
2. Emokalat ja mäti	8
3. Laboratoriohaudonta ja M74-oireet.....	9
4. M74 eri joissa.....	14
4.1. Simojoki	14
4.2. Tornionjoki.....	15
4.3. Kemijoki	17
4.4. Kymijoki	17
5. Kuolleisuuksien ja M74-emojen osuuksien vertailu.....	18
6. Johtopäätökset	20
Viitteet.....	21

Tiivistelmä

Itämeren lohen lisääntymishäiriön M74-oireyhtymän voimakkuutta tarkkaillaan vuosittaisin koehaudonnoin. Emokohtaisessa koehaudonnassa oli keväällä 2007 Simojoen, Tornionjoen, Kemijoen ja Kymijoen lohien mätiä. Simojoen lohien ruskuaispussipoikasten keskimääräinen kuolleisuus oli 26 % eli merkitsevästi suurempaa kuin vuosina 2003–2005. Keväällä 2007 seurannassa olleista Simojoen lohien jälkeläisryhmistä lähes kolmasosassa esiintyi M74-oireita ja 16 prosentissa jälkeläisryhmistä kaikki poikaset kuolivat M74-oireyhtymään. Tornionjoen lohien ruskuaispussipoikaskuolleisuus oli jokseenkin yhtä suuri kuin neljänä edeltävänä vuotena. Yhdessä Tornionjoen lohien jälkeläisryhmässä M74-oireyhtymä oli niin voimakas, että kaikki poikaset kuolivat. Toista kertaa seurannassa mukana olleissa Kemijoen lohissa keskimääräinen ruskuaispussipoikaskuolleisuus (40 %) oli yhtä suuri kuin edellisenä vuonna. Kymijoen lohissa, joissa ei edellisenä vuonna ollut havaittu yhtään M74-tapausta, oli nyt yleisesti M74-oireita (25 prosentissa jälkeläisryhmistä). Yli 10 prosentissa jälkeläisryhmistä kaikki poikaset kuolivat oireyhtymään, ja ruskuaispussipoikasten keskimääräinen kuolleisuus oli yli 20 %. Keskimäärin vuosittaiset ruskuaispussipoikaskuolleisuudet ja M74-emojen osuudet ovat hyvin samansuuntaisia. Kuitenkin sellaisina vuosina, jolloin M74 on useimmissa jälkeläisryhmissä lievää, M74-emojen osuuden ja ruskuaispussipoikaskuolleisuuden erotus voi olla yli 20 prosenttiyksikköä. M74-emojen osuuden ja ruskuaispussipoikaskuolleisuuden erotus oli vuonna 2007 keskimäärin viisi prosenttiyksikköä ja suurin Kemijoen aineistossa (14 prosenttiyksikköä).

Asiasanat: Itämeri, koehaudonta, kuolleisuus, lisääntyminen, lohi, M74-oireyhtymä, ruskuaispussipoikanen, *Salmo salar*

Keinänen, M., Uddström, A., Mikkonen, J., Ryttilahti, J., Juntunen, E.-P., Nikonen, S. & Vuorinen, P. J. 2008. Itämeren lohen M74-oireyhtymä: Suomen jokien seurantatulokset kevääseen 2007 saakka. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 4/2008. 21 s.

Sammandrag

Styrkan i laxens reproduktionsstörning, M74-syndromet, kontrolleras årligen med försöks-inkubering. Under våren 2007 inkuberades laxrom från enskilda moderfiskar från Simo, Torne, Kemi och Kymmene älvar. Dödligheten hos gulesäcksyngel från Simo älvs lax var i genomsnitt 26 % eller betydligt högre än under åren 2003–2005. I grupperna med yngel av Simo älvs lax, förekom i uppföljningen under våren 2007, M74-syndromet hos närmare en tredjedel och i 16 procent av grupperna dog samtliga yngel i M74-syndromet. Dödligheten hos gulesäcksyngel av Torne älvs lax var i stort sett lika hög som under de fyra föregående åren. I en av gruppen yngel från Torne älvs lax var M74-syndromet så kraftigt, att samtliga yngel dog. Den genomsnittliga dödligheten hos gulesäcksyngel av Kemi älvs lax, som var med för andra gången i uppföljningen, var lika stor (40 %), som föregående år. Bland Kymmene älvs lax, där man föregående år inte konstaterat ett enda fall av M74, var M74 symtom nu vanliga (i 25 proc. av yngelgrupperna). I över 10 procent av yngelgrupperna dog samtliga yngel i syndromet och den genomsnittliga dödligheten för gulesäcksynglen var över 20 %. I stort sett sammanfaller de genomsnittliga årliga dödligheterna hos yngel i gulesäcksstadiet och andelen moderfiskar med M74. Under sådana år, då M74 är lindrig i de flesta yngelgrupperna, kan ändå skillnaden mellan andelen moderfiskar med M74 och dödligheten hos gulesäcksyngel vara över 20 procentenheter. Skillnaden mellan andelen M74-moderfiskar och dödlighet hos gulesäcksyngel var år 2007 i genomsnitt fem procentenheter och störst i matrialet från Kemi älv (14 procentenheter).

Nyckelord: lax, M74-syndromet, dödlighet, reproduktion, gulesäcksyngel, *Salmo salar*, Östersjön, provinkubering

Keinänen, M., Uddström, A., Mikkonen, J., Ryttilähti, J., Juntunen, E.-P., Nikonen, S. & Vuorinen, P. J. 2008. Östersjöloxens M74-syndrom: uppföljningsresultat från de finländska älvarna fram till våren 2007. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 4/2008. 21 s.

Abstract

The incidence and frequency of the reproductive disorder of Baltic salmon, the M74 syndrome, is annually monitored in yolk-sac fry. In spring 2007, salmon eggs from the rivers Simojoki, Tornionjoki, Kemijoki, and Kymijoki were in female-specific experimental incubations. The mean yolk-sac fry mortality of salmon from the River Simojoki was 26%, i.e., significantly higher than it was over the period 2003–2005. In 2007, nearly one third of the salmon offspring groups from the River Simojoki displayed M74 symptoms, and 16% of the offspring groups died entirely because of the syndrome. The offspring mortality rate of the salmon from the River Tornionjoki was at the same level as it was during the previous four years. One of the offspring groups died entirely. Salmon from the River Kemijoki underwent M74-monitoring for the second time, and the mean yolk-sac fry mortality was 40%, the same as in the previous year. While no M74 cases were detected in the salmon from the River Kymijoki in 2006, one quarter of the offspring groups displayed M74 symptoms in 2007. Of the River Kymijoki salmon offspring groups 10% died, and the mean yolk-sac fry mortality exceeded 20%. The mean annual yolk-sac fry mortalities and proportions of M74 females correlate significantly. However, in the years when the M74 syndrome is moderate in most offspring groups, the difference between the proportion of M74 females and mean yolk-sac fry mortality can exceed 20 percentage units. In 2007 this difference was on average 5 percentage units and highest in salmon of the River Kymijoki, i.e. 14 percentage units.

Keywords: salmon, M74 syndrome, reproduction, yolk-sac fry, mortality, experimental incubation, Baltic sea, *Salmo salar*

Keinänen, M., Uddström, A., Mikkonen, J., Ryttilähti, J., Juntunen, E.-P., Nikonen, S. & Vuorinen, P. J. 2008. The M74 syndrome of Baltic salmon: the monitoring results from Finnish rivers up until 2007. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 4/2008. 21 s.

1. Lohen lisääntymishäiriö M74

Itämeren lohen (*Salmo salar* L.) lisääntymishäiriö, M74, on 1990-luvun alusta lähtien heikentänyt huomattavasti Pohjanlahden jokien luonnonlohikantojen poikastuotantoa (Karlström 1999, Romakkaniemi ym. 2003). M74-oireyhtymässä kunkin emon kaikki poikaset – tai lievemmissä tapauksissa osa poikasista – kuolevat ruskuaispussivaiheessa. Ennen kuolemaa poikasissa on havaittavissa tyypillisiä M74-oireita, kuten passiivisuutta ja uintihäiriöitä. M74-oireyhtymä ja siitä aiheutuva ruskuaispussipoikasten suuri kuolleisuus ovat yhteydessä mädin pieneen tiamiinin eli B1-vitamiinin pitoisuuteen (Lundström ym. 1999, Vuorinen ja Keinänen 1999). Myös karotenoidipitoisuus on pienehkö mädissä, josta kuoriutuu M74-oireyhtymästä kärsiviä poikasita (Lundström ym. 1999).

M74-oireyhtymä kuvattiin ensimmäisen kerran vuonna 1974 Ruotsissa. Ruskuaispussi-poikaskuolleisuus pysyi pienenä 1990-luvun alkuun saakka, jolloin se kasvoi hälyttävästi sekä Ruotsissa (Bengtsson ja Hill 1999) että Suomessa (Keinänen ym. 2000). Tällöin yli 50 prosentissa tarkkailuun otettujen naaraiden jälkeläisistä havaittiin M74. Suomessa M74-oireyhtymää esiintyy Pohjanlahden joista ainakin Tornion- ja Simojoen kannoissa, jotka ovat Suomen ainoat luonnossa lisääntyvät Itämeren alkuperäiset lohikannat, sekä Kemijokeen nousevilla, täysin istutuksista peräisin olevilla lohilla. Myös Suomenlahteen laskevaan Kymijokeen nousevilla istutetusta Nevan kannasta polveutuvilla lohilla on havaittu M74-oireyhtymää. Ruotsissakin M74-oireyhtymää on todettu kaikissa niissä Pohjanlahden alkuperäisissä lohikannoissa, joista sitä on tarkkailtu (Börjeson ja Norrgren 1997). Lisäksi Itämeren eteläosaan laskevan Mörrumjoen lohissa on havaittu M74:n kaltaista kuolleisuutta (Börjeson ja Norrgren 1997). Tietoa M74:n esiintymisestä ja voimakkuudesta tarvitaan lohikantojen tilan arvioinnissa ja lohen kalastuksen säätelyssä.

M74-oireyhtymän esiintymisessä on eroja eri jokien lohikantojen välillä, ja samankin populaation emojen välillä M74:n voimakkuudessa on suuria eroja. Samana vuonna toisten emojen jälkeläiset kärsivät voimakkaasta M74:stä ja kuolevat kaikki, kun taas toisten kaikki poikaset ovat normaaleja. M74:n esiintymisellä on päätelty olevan yhteys lohen ravinnon laadun ja syönnösalueiden muutoksiin (Karlsson ym. 1999, Keinänen ym. 2000, Vuorinen ym. 2002, Ikonen 2006).

M74-oireyhtymän esiintymistä seurataan emokohtaisin koehaudonnoin sekä Suomessa että Ruotsissa. Ruotsissa raportoidaan vain niiden emojen osuus, joiden jälkeläisissä esiintyy M74-kuolleisuutta (ICES 2007). Suomessa raportoidaan M74-emojen osuuden lisäksi emokohtainen ruskuaispussipoikaskuolleisuus sekä sellaisten emojen osuus, joiden kaikki poikaset kuolevat oireyhtymään. Poikasten oireita tarkkailemalla varmistetaan, että kuolleisuus johtuu M74-oireyhtymästä. Ruotsin ja Suomen haudontojen tuloksissa on ollut hieman eroja (ICES 2007), koska Ruotsissa haudonnoissa ei ole ollut mukana tasapainohäiriöisiä emoja (H. Börjeson, kirj. ilm.), joiden poikasilla varmuudella olisi M74. Ruotsissa koehaudonnoissa myös käytetään lämpimämpää vettä, jolloin yksilönkehitys on nopeampaa, mikä myös saattaa vaikuttaa tuloksiin.

Tässä raportissa esitetään lisääntymiskauden 2006/2007 seurannan tulokset ja vertailun vuoksi koehaudontojen tulokset koko seuranta-ajalta. Kahden vuosiluvun vinoviivalla mer-

kitty yhdistelmä ilmaisee emojen kudullenoususyksyn / poikasten kuoriutumiskevään. Ruskuaispussi-poikaskuolleisuudesta puhuttaessa raportissa käytetään myös pelkkää kuoriutumiskuolleisuutta ja emoista puhuttaessa kudullenousuvuotta. Lisäksi raportissa tarkastellaan, eroavatko M74-seurannan tulokset, jos kriteerinä käytetään niiden emojen osuuksia, joiden jälkeläisillä esiintyy M74-kuolleisuutta, tai jos tulokset esitetään ruskuaispussi-poikasten keskimääräisenä kuolleisuutena.

2. Emokalat ja mäti

Simojokeen kudulle nousevia lohia on pyydetty koehaudontoja varten rysällä jokisuulta. Tornionjoen lohet on pyydetty ylempää Tornionjoesta tai Muonionjoesta. Yleensä ne on pyydetty verkolla, mutta syksyllä 2005 osa lohista pyydettiin vavalla. Vuonna 2006 Tornionjoesta lohet pyydettiin noin 150 km jokisuulta perholla ja Kemijoesta nuotalla jokisuulta, Isohaaran voimalaitoksen alapuolelta.

Pohjanlahden joista pyydettyjä lohia pidetään lypsyyn saakka Lautiosaaren kalanviljelylaitoksessa ulkona katetuissa lasikuituaitaissa, joihin vesi tulee Kemijoesta. Lokakuussa naarailta lypsetään mäti ja se hedelmöitetään. Emojen pituus mitataan ja ne punnitaan ennen mädin lypsämistä (taulukko 1).

Taulukko 1. Lisääntymiskauden 2006/2007 koehaudonnan emojen keskimääräiset pituudet ja painot sekä lypsyajankohta ja emojen määrä jokikohtaisesti.

Joki	Lypsy aika	Paino, g			Pituus, cm			Emoja
		Keskiarvo	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Minimi	Maksimi	
Simojoki	3.–11.10.	6 060	3 620	12000	88	75	110	31
Tornionjoki	9.–17.10.	7 890	3 000	13 920	93	71	118	22
Kemijoki	10.–19.10.	5 670	3 340	8 680	86	73	96	13
Kymijoki	1.–20.11.	8 170	5 100	10 580	89	77	101	23

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalanviljelylaitoksessa Lautiosaassa Simo-, Tornion- ja Kemijoen lohien mätiä on haudottu viljelyoloissa Kemijoesta tulevassa vedessä ja ruskuaispussi-poikasista on kirjattu kuolleisuus. Lypsystä silmäpistevaiheeseen asti mäti haudotaan aseilla ja sen jälkeen rei'itetyissä rasioissa kooltaan 16 x 9,5 x 9,5 cm. Jalalliset rasiat ovat kaukalon pohjalla, ja vesi pääsee kiertämään rasian pohjan ja seinien läpi.

Kotkan Kalamiehet ry. on järjestänyt lohenpyynnin Kymijoesta M74-seuranta varten. Kymijoesta lohet pyydetään syksyisin jokisuulta (taulukko 1). Lohia on pidetty lypsyyn asti Kotkan Kalamiehet ry:n hautomossa Langinkoskella, jossa myös lypsy ja mädin alkuhaudonta on suoritettu. Lohista on lypsyn yhteydessä otettu Evira:lle tautinäytteet.

Hedelmöittämättömästä mädistä, josta ovaarioneste on poistettu siivilällä mahdollisimman tarkasti, on otettu näyte tiamiini- ja karotenoidipitoisuuden analysointia varten. Lypsyn yhteydessä lohista on otettu myös suomenäyte iän ja alkuperän selvittämiseksi sekä lihasnäyte mahdollisia ympäristömyrkkyanalyysia varten.

Luonnonkudusta peräisin olevien emolohien osuus oli Simojoen emopyyntiaineistossa vuosina 1994 ja 1995 noin 60 %, mutta väheni tasaisesti siitä lähtien, samaan aikaan kun M74-oireyhtymä oli voimakkaimmillaan. Vuosina 1998–2000 luonnonkudusta peräisin olevien emojen osuus oli pienimmillään, ainoastaan 3–4 % (Backman 2004), mutta kasvoi vuonna 2001 yli 20 prosenttiin ja vuonna 2002 yli 40 prosenttiin. Osuuden kasvu johtui pitkälti rannikkokalastuksen aikarajoitusten tiukentamisesta 1990-luvun puolivälin jälkeen, mutta M74-oireyhtymä oli tuolloin myös keskimäärin lievempää. Vuosina 2003–2005 Simojokeen nousseissa lohissa luonnonkudusta peräisin olevien emojen osuus on ollut 77–85 %. Osuuden kasvuun on vaikuttanut suuresti istutusten vähentäminen ja istukkaiden huonompi selviytyminen meressä. Vuonna 2006 Simojolta pyydetystä 31 emosta neljä oli istutettuja, eli 87 % lohista oli luonnonkudusta. Kaikki Tornionjoesta koehaudontoihin pyydettyt lohet olivat luonnonkaloja. Kemijoesta ja Kymijoesta pyydettyt emot olivat todennäköisesti kaikki istutettuja. Istutettujen ja luonnonlohien välillä ei ole havaittu merkitsevää eroa M74:n esiintymisessä (Backman 2004).

3. Laboratoriohaudonta ja M74-oireet

Vuodesta 1993 lähtien mätiä on haudottu RKTL:n Helsingin toimipaikassa laboratorio-oloissa. Ruskuaispussipoikasista on tarkkailtu M74-oireiden ilmenemistä ja M74-oireyhtymästä aiheutuvaa kuolleisuutta, jolloin muista syistä johtuva kuolleisuus rajataan pois. Mäti pyritään tuomaan laboratoriohaudontaan muutamaa viikkoa ennen poikasten kuoriutumista. Keväällä 2007 alkionkehitys oli tavallista pidemmällä lämpimän syksyn vuoksi, minkä takia muutamissa Tornionjoen ja Kemijoen emojen mätierissä osa poikasista kuoriutui jo kuljetuksen aikana.

Keväällä 2007 haudontalaitteisto koostui useasta eri haudontayksiköstä (kuva 1). Jokaisessa haudontayksikössä oli oma sisäinen vedenkierto, ja vettä desinfioidiin UV-lampun avulla. Yksikköön tuli myös jatkuvasti vesijohtoverkosta uutta vettä, joka suodatettiin aktiivihiihli-suodattimella. Mäti haudottiin emokohtaisesti, eli jokaisella haudonta-asetilla oli vain yhden emon mäti. Asetteja puhdistettiin tarpeen mukaan.

Mädit käytiin päivittäin läpi, kuoriutuneet poikaset laskettiin ja siirrettiin niille varattuun lokeroon. Kuolleet munat ja poikaset laskettiin ja poistettiin päivittäin. Kuoriutuneista poikasista tarkkailtiin M74-oireita, ja oireet kirjattiin. Ruskuaispussipoikasista havainnoitavat oireet on valittu kirjallisuuden (Börjeson ja Norrgren 1997, Lundström ym. 1999) ja omien havaintojen (Keinänen ym. 2000) perusteella. Poikasista kuvattiin mikroskooppiin liitetyllä digikameralla. Vastakuoriutuneiden poikasten rasvapيسان väri määritettiin tarkoitusta varten valmistetun värikartan avulla jokaisesta mätiästä muutaman poikasen perusteella.

M74-oireyhtymälle tyypillisten oireiden ilmenemistä ja kehittymistä poikasissa seurataan ruskuaispussivaiheen loppuun eli noin 450 päiväasteeseen asti. Koska veden lämpötila vaikuttaa yksilönkehityksen nopeuteen, on M74-oireiden ja -kuolleisuuden alkamisen ajankohta tapana ilmoittaa päiväasteina eli haudontaveden päivittäisten lämpötilojen summana kuoriutumisesta alkaen. Veden lämpötila mitattiin yleensä kaksi kertaa vuorokaudessa jokaisen mätierän haudonta-asetilta, ja näistä lämpötiloista laskettiin päivittäinen mätieräkohtainen keskiarvo. Sen lisäksi lämpötilat rekisteröitiin haudontayksikkökohtaisesti lämpötilaloggereilla.

M74-oireyhtymää ennakoivia emon ominaisuuksia ovat tasapainohäiriöt sekä mädin vaaleus. Tasapainohäiriöiden takia lohi ei pysy normaalissa uintiasennossaan, vaan ui kyljellään. Kaikilla tällaisten emojen jälkeläisillä esiintyy M74-oireita ja ne kuolevat. Mädisissä olevat karotenoidit, pääosin astaksantiini, värjäävät mädin rasvan oranssiksi. Vaikka kuolleisuutta ei voidakaan mädin vaaleuden perusteella varmuudella ennustaa, yleisesti voidaan sanoa,



Kuva 1. Kuva vasemmalla: Yleiskuva haudontalaitteistosta. Kummassakin rivissä on kaksi haudontakaukaloa. Kuva oikealla ylhäällä: Yksi haudontakaukalo koostuu viidestä asetista. Kuva oikealla alhaalla: Asetissa on yhtä mätierää varten kolme lokeroa, yksi lasketuille (140 kpl) mätimunille, yksi kuoriutuneille poikasille ja kolmas mikroskopointia ja muita tutkimuksia varten varatuille mätimunille ja poikasille. Vesi on ohjattu virtaamaan pohja- ja etuverkon kautta lokeroiden läpi.

että mitä vaaleampaa mäti on, sitä todennäköisemmin poikaskuolleisuus on suuri (Börjeson ja Norrgren 1997, Lundström ym. 1999, Keinänen ym. 2000).

Tarkkailussa olevista mätieristä analysoitiin Evira:ssa tiamiinikomponenttien (menetelmän muunnos: Brown ym. 1998) ja karotenoidien pitoisuudet (menetelmä: Pettersson ja Lignell 1999). Mädisä, josta kuoriutuvat poikaset kärsivät M74-oireyhtymästä, tiamiini- ja karotenoidipitoisuudet ovat keskimäärin pienemmät kuin normaalissa mädisä (taulukko 2) (Lundström ym. 1999, Vuorinen ja Keinänen 1999). Etenkin mädin tiamiinipitoisuuden perusteella voidaankin karkeasti ennakoita kevään M74-tilannetta.

Vastakuoriutuneiden poikasten ruskuaispussissa olevan ison rasvapisaran väri vastaa mädin väriä. Rasvapisara voi olla väriltään vaaleankeltaisesta tummanoranssiin astaksantiinin määrän mukaan, joten rasvapisara on yleensä vaaleampi niillä poikasryhmillä, joille kehittyi M74-oireyhtymä (taulukko 2). Heti kuoriutumisen jälkeen ei yleensä ole havaittavissa muita ulkoisia oireita.

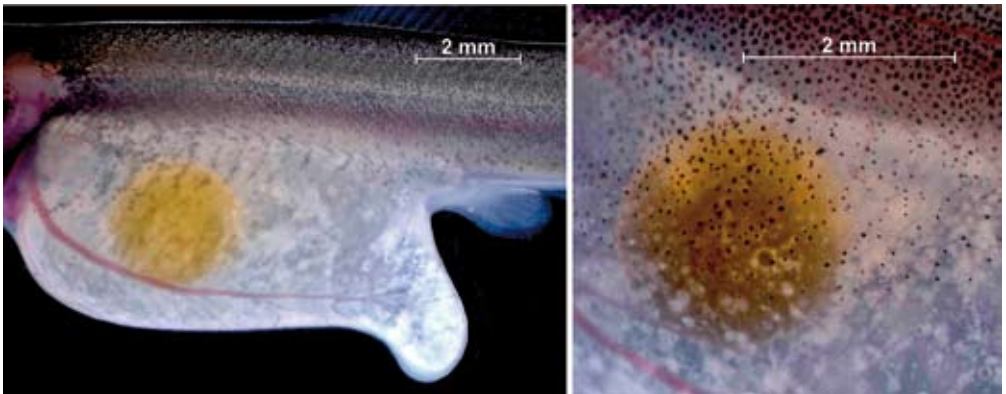
Ensimmäiset M74-oireyhtymästä kärsivät ryhmät havaitaan ruskuaispussipoikasten passiivisuuden perusteella. Vastakuoriutuneina lohen ruskuaispussipoikaset pysyttelevät normaalisti-kin paljon paikoillaan. Normaalit poikaset alkavat kuitenkin melko nuorina reagoida häirintään, esimerkiksi veden puhalteluun pipetillä, yrittämällä lähteä uimaan. Varhaisessa vaiheessa M74-

Taulukko 2. Lisääntymiskaudella 2006/2007 M74-seurannassa olleiden lohien mädistä määritetyt keskimääräiset vapaan tiamiinin ja karotenoidien pitoisuudet sekä vastakuoriutuneista poikasista arvioitu keskimääräinen rasvapisaran värin voimakkuus luokiteltuna jokikohtaisesti emoihin, joiden jälkeläisillä oli M74-oireita (M74-emot) ja joiden jälkeläisillä ei ollut oireita (normaalit emot). Arvojen välillä olevat tähdet kertovat tilastollisen eron merkitsevyydestä (Parittainen t-testi: *** = $p < 0,001$, ** = $p < 0,01$ ja * = $p < 0,05$). Rasvapisaroiden keskimääräisten värien välillä olevaa eroa ei ole testattu tilastollisesti.

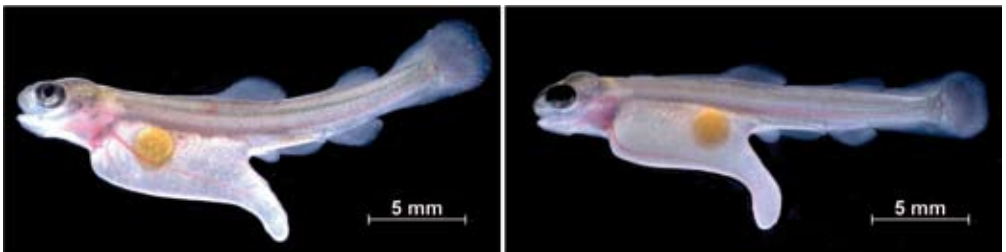
Joki		Tiamiini, nmol/g	Karotenoidit, µg/g	Rasvapisaran väri
Simojoki	M74-emot	0,4 ***	3,8 *	3,8
	Normaalit emot	3,3	4,6	4,0
Tornionjoki	M74-emot	0,4 ***	4,0	3,5
	Normaalit emot	2,8	4,8	3,8
Kemijoki	M74-emot	0,4 ***	3,6 **	3,0
	Normaalit emot	2,0	4,9	4,0
Kymijoki	M74-emot	0,3 ***	3,9	3,0
	Normaalit emot	2,0	4,5	3,6

poikasiksi tunnistettavat poikaset eivät kuitenkaan juuri liiku edes häiritäessä. Lievemmästä, myöhemmin havaittavasta M74-oireyhtymästä kärsivät poikaset vaikuttavat usein vielä tässä vaiheessa aivan normaaleilta. Kehittyessään normaalit poikaset alkavat pyrkiä haudontakaukaloiden nurkkiin valoa pakoon. M74-poikaset eivät kuitenkaan juuri pyri nurkkiin vaan makaavat pohjalla. Jos haudonta-asetin seinää koputtaa, M74-poikaset yleensä säpsähtävät terävästi ylöspäin ja vajoavat saman tien takaisin pohjalle passiivisina. Normaalit poikaset reagoivat tällaiseen häirintään rauhallisemmin, mutta uivat vilkkaasti, jos koputtelua jatketaan.

Varhaisessa vaiheessa M74-oireyhtymästä kärsiviksi tunnistettavilla poikasilla on valkoisia saostumia ruskuaisessa maksan, ison öljypisaran ja erityisesti pienten lipidipisaroiden ympärillä (kuva 2). Sen sijaan myöhemmin, ruskuaispussivaiheen loppupuolella, tunnistettavissa M74-ryhmissä ei tällaisia eroja terveisiin poikasiin verrattuna ole havaittavissa. Lievässä, eli myöhemmissä vaiheissa todettavassa M74:ssä oireyhtymä ilmenee usein aluksi ruskuaispussipoikasten passiivisuudesta ja tummasta yleisvärityksestä. Diagnoosia ei kuitenkaan voida tehdä pelkän värin perusteella, koska poikasilla on luontaisia värieroja.



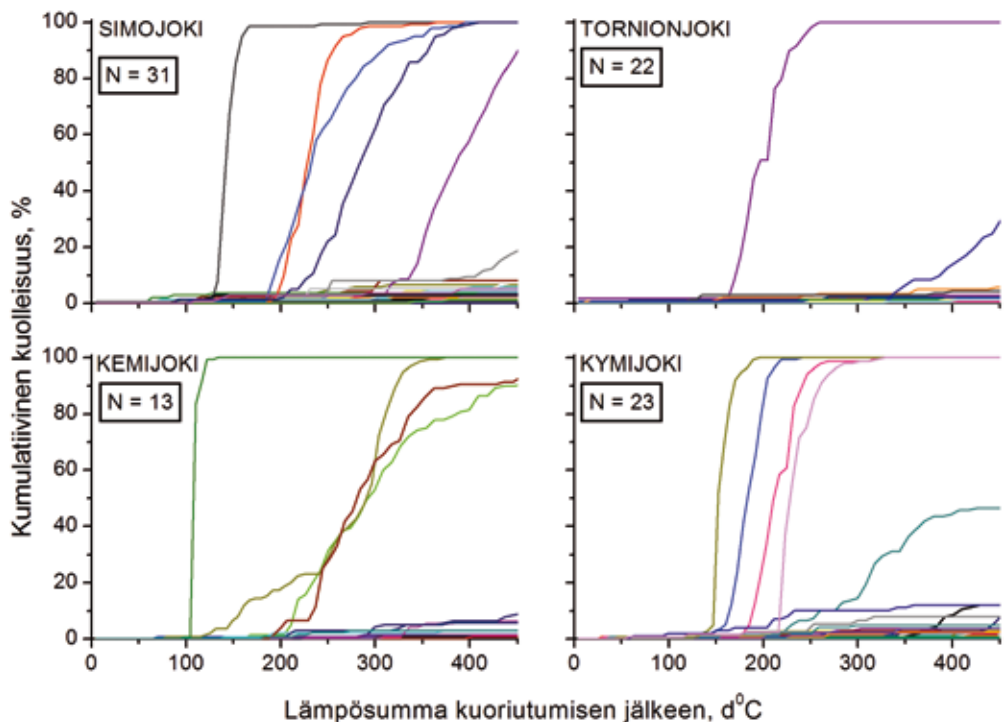
Kuva 2. Vasemmalla on yleiskuva M74-oireisen lohenoikasen ruskuaispussista, jossa on valkoisia saostumia. Oikealla on lähikuva ison öljypisaran ympäristöstä, jossa näkyy runsaasti valkoisia saostumia.



Kuva 3. Vasemmanpuoleisessa kuvassa lähellä kuolemaa oleva M74-oireinen lohenoikanen, jonka selkä on mennyt notkolle. Oikeanpuoleisessa kuvassa terve ruskuaispussipoikanen.

Uintihäiriöitä on havaittavissa muutamaa päivää ennen kuin poikasia alkaa kuolla. Poikaset uivat häiritäessä vain lyhyen aikaa ja saattavat silloin nytkähdellä puolelta toiselle, kouristella tai uida vatsa ylöspäin. Kuoleman lähestyessä M74-poikaset tulevat yhä passiivisemmiksi. Häiritäessä niiden tekemät uintipyrähdykset lyhenevät entisestään, ja poikasten hengitystiheys ja sydämenlyönnit harvenevat. Ennen kuolemaa poikaset harmaantuvat ja niiden selkä menee pyrstöpuolelta notkolle (kuva 3). Lopulta poikaset lakkaavat reagoimasta kosketukseen. Sydän voi lyödä harvakseltaan pitkään muuten täysin kuolleen näköisellä poikasella. Koehaudonnassa kuolleeksi on tulkittu poikanen, joka ei reagoi kosketukseen.

Vakavissa M74-tapauksissa kaikki emon poikaset kuolevat oireyhtymään ruskuaispussivaiheen alkupuolella nopeasti oireiden alkamisen jälkeen. Oireiden alkaessa myöhemmin oireyhtymä esiintyy lievempänä, ja vain osa poikasista saattaa kuolla (Keinänen ym. 2000). Kevään 2007 sellaisissa jälkeläisryhmissä, joissa kaikki ruskuaispussipoikaset kuolivat, niitä alkoi kuolla, kun kuoriutumisesta oli 100–200 päiväastetta (kuva 4). Pahimmissa tapauksissa kaikki poikaset kuolivat heti sadan päivästeen jälkeen. Lisääntymiskaudella 2006/2007 jokaisessa joessa oli emoja, joiden kaikki poikaset kuolivat.



Kuva 4. Ruskuaispussipoikasten kumulatiivinen kuolleisuus eri joissa lisääntymiskautena 2006/2007. Kukin viiva kuvaa yhden emon jälkeläisten kumulatiivista kuolleisuutta kuoriutumisesta ruskuaispussivaiheen loppuun. N = emojen lukumäärä.

4. M74 eri joissa

Vuosina 2003–2005 ruskuaispussipoikaskuolleisuus oli Pohjanlahden joissa alle 5 %, mutta vuosina 2006–2007 keskimäärin 20 %. Lisääntymiskautena 2006/2007 seurannassa oli eniten emoja Simojosta (taulukko 3).

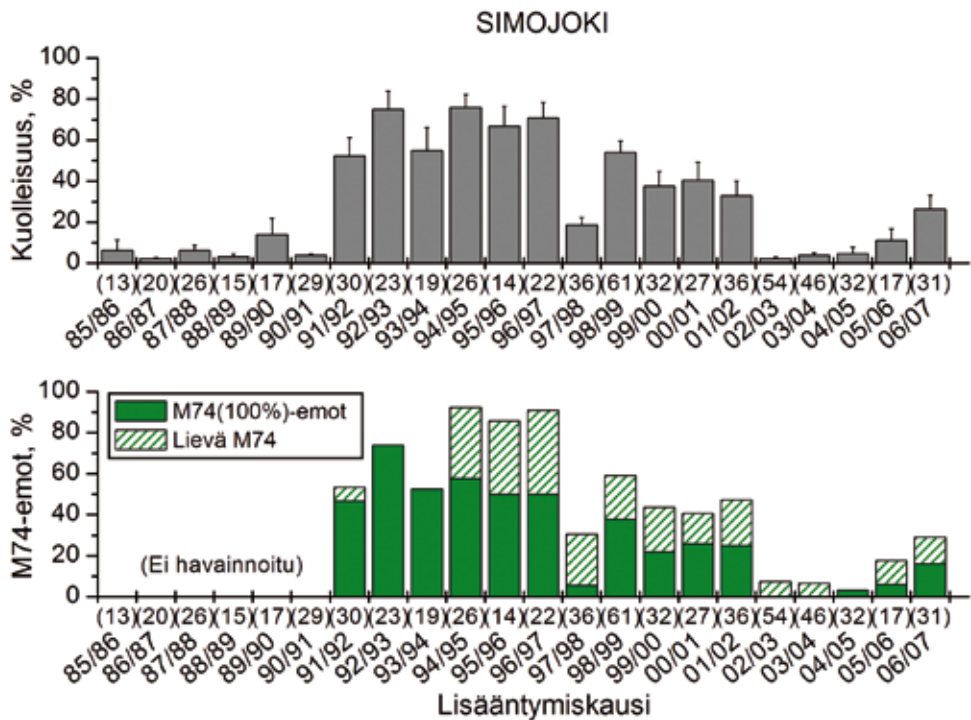
Taulukko 3. M74-oireyhtymän voimakkuus Simojoen, Tornionjoen, Kemijoen ja Kymijoen lohissa lisääntymiskautena 2006/2007: (1) Kaikkien niiden syksyllä 2006 kudulle nousseiden M74-seurantaan otettujen lohien osuudet, joiden mädistä keväällä 2007 kuoriutuneet poikaset kärsivät ainakin jonkinasteisista M74-oireista, (2) Niiden emojen osuudet, joiden kaikki poikaset menehtyivät M74-oireyhtymän vuoksi, (3) Keskimääräinen ruskuaispussipoikasten M74-kuolleisuus ja (4) Emojen eli koehaudonnassa olleiden mätierien lukumäärä.

Joki	(1) M74-emojen osuus, %	(2) 100 % M74- emojen osuus, %	(3) Keskim. rpp- kuolleisuus, %	(4) Emoja
Simojoki	29	16	26	31
Tornionjoki	9	5	8	22
Kemijoki	54	31	40	13
Kymijoki	26	13	23	23

4.1. Simojoki

Simojoen lohien ruskuaispussipoikaskuolleisuutta on seurattu emokohtaisesti lisääntymiskaudesta 1985/1986 alkaen (kuva 5). M74-oireita on havainnointi ruskuaispussipoikasista lisääntymiskaudesta 1991/1992 alkaen, ja havaintojen perusteella on laskettu M74-emojen osuuksia eli sellaisten emojen osuuksia, joiden poikasissa esiintyy M74-oireyhtymää. 1990-luvun alussa ruskuaispussipoikaskuolleisuus kasvoi rajusti, yli 50 prosenttiin. Lisääntymiskausina 1991/1992–1996/1997 M74-emojen osuus oli 50–90 % ja ruskuaispussipoikaskuolleisuus 50–75 %.

Lisääntymiskautena 1997/1998 ruskuaispussipoikaskuolleisuus, M74-emojen osuus ja sellaisten emojen osuus, joiden kaikki poikaset kuolivat oireyhtymään, oli alle 50 % ensimmäistä kertaa lisääntymiskauden 1991/1992 jälkeen. Ruskuaispussipoikasista kuoli viidesosa, ja M74-emoja oli kolmasosa emoista. Sellaisten emojen osuus, joiden kaikki poikaset kuolivat, oli noin viisi prosenttia. Seuraavina neljänä lisääntymiskautena, kauteen 2001/2002 asti, ruskuaispussipoikasista kuoli kuitenkin taas kolmasosa. Lisääntymiskautena 2002/2003 ruskuaispussipoikaskuolleisuus pieneni alle viiteen prosenttiin. Yhdenkään emon kaikki jälkeläiset eivät kuolleet oireyhtymään. Ruskuaispussipoikaskuolleisuus pysyi myös seuraavat kaksi lisääntymiskautta alle viidessä prosentissa. Lisääntymiskautena 2004/2005 kuitenkin taas yhden emon kaikki poikaset kuolivat oireyhtymään.



Kuva 5. Ylemmässä kuvassa Simojokeen kudulle nousseiden emojen jälkeläisten eli ruskuaispussi-poikasten keskimääräinen kuolleisuus ja keskiarvon keskivirhe (pystysuora jana) eri vuosina. Alemmassa kuvassa koko pylväät kuvaavat M74-emojen osuutta Simojokeessa eri vuosina. M74(100 %) -emot = niiden emojen osuus, joiden kaikki poikaset kuolivat. Lievä M74 = niiden emojen osuus, joiden poikasilla on ollut M74-oireita, mutta kaikki eivät ole kuolleet. Vuosiluku on kuvissa ilmoitettu kahtena lukuna, joista ensimmäinen kuvaa kutuvuotta ja toinen poikasten kuoriutumivuotta. Aika-akselilla on suluissa annettu naaraiden eli mätierien lukumäärä kunakin vuonna.

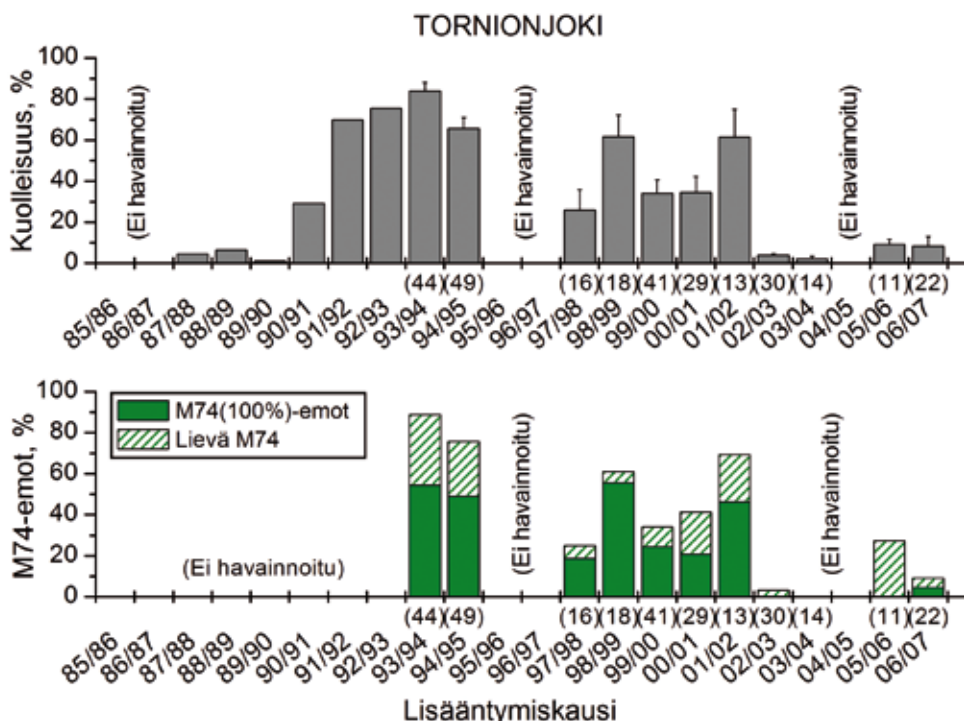
Lisäntymiskautena 2005/2006 ruskuaispussi-poikasista kuoli yli kymmenesosa ja 2006/2007 jo neljäsosa poikasista. Ruskuaispussi-poikaskuolleisuus, M74-emojen osuus ja sellaisten emojen osuus, joiden kaikki poikaset kuolivat oireyhtymään, olivat lisäntymiskautena 2006/2007 tilastollisesti suurempia kuin 2002/2003–2004/2005. Kautena 2006/2007 M74-emojen osuus oli lähes 30 % ja lähes kuudesosassa seurannassa olleista jälkeläisryhmistä kaikki poikaset kuolivat oireyhtymään.

4.2. Tornionjoki

Tornionjoen lohen ruskuaispussi-poikaskuolleisuutta on seurattu emokohtaisesti lisäntymiskaudesta 1987/1988 lähtien muutamaa välivuotta lukuun ottamatta (kuva 6). Lisäntymiskaudesta 1993/1994 lähtien on tarkkailtu myös jälkeläisten M74-oireita ja niiden perusteella

laskettu M74-emojen osuuksia. M74-oireyhtymän esiintyminen on seurannan aikana ollut Tornionjoessa samansuuntaista kuin Simojoessa. Tornionjoessa ruskuaispussipoikaskuolleisuus kasvoi 1990-luvun alussa, kuten Simojoessakin. Lisääntymiskausina 1991/1992–1994/1995 ruskuaispussipoikaskuolleisuus oli 65–85 %.

Lisääntymiskautena 1997/1998 ruskuaispussipoikasista kuoli noin neljäsosa, eli ensimmäistä kertaa lisääntymiskauden 1991/1992 jälkeen kuolleisuus oli alle 50 %, kuten Simojoessakin. Lisääntymiskausina 1998/1999–2001/2002 ruskuaispussipoikasista kuoli jälleen yli kolmasosa ja 2001/2002 peräti 60 %. Kausina 2002/2003 ja 2003/2004 ruskuaispussipoikas-kuolleisuus oli alle viisi prosenttia, kuten Simojoessakin. Kautena 2004/2005 ei saatu seurantaan lohia syksyn 2004 hankalan tulvan vuoksi. Lisääntymiskautena 2005/2006 yli neljäsosa emoista tuotti M74-oireista kärsiviä poikasia, mutta ruskuaispussipoikasista kuoli vajaa kymmenesosa. Lisääntymiskautena 2006/2007 ruskuaispussipoikaskuolleisuus ja M74-emojen osuus olivat alle 10 % ja sellaisten emojen osuus, joiden kaikki poikaset kuolivat, alle viisi prosenttia.



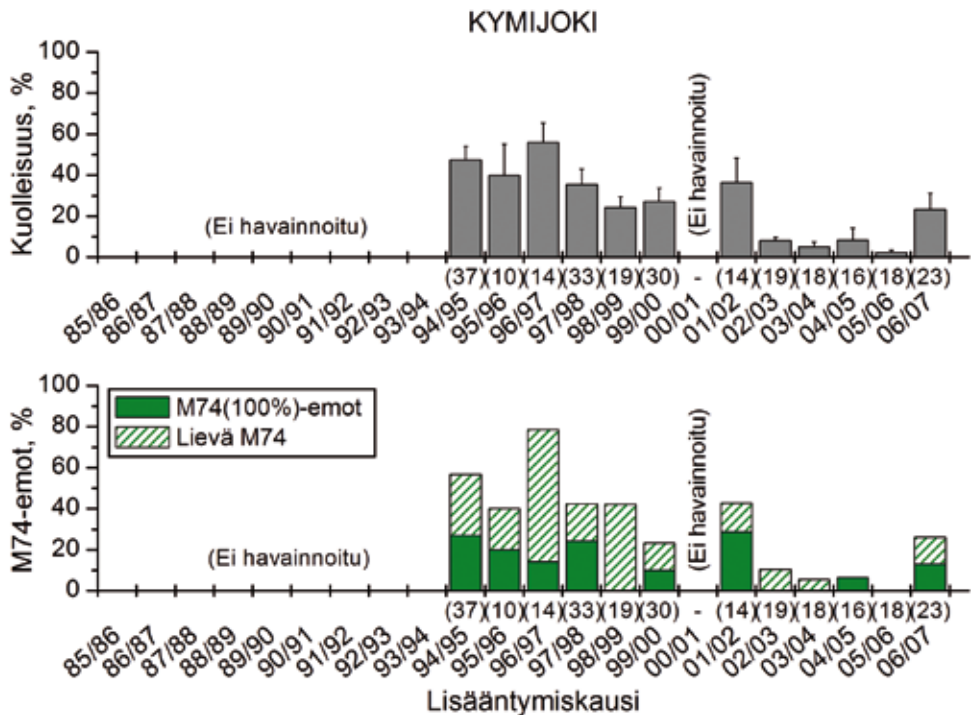
Kuva 6. Ylemmässä kuvassa Tornionjokeen kudulle nousseiden emojen jälkeläisten keskimääräinen kuolleisuus ja keskiarvon keskivirhe (pystysuora jana) eri vuosina. Alemmassa kuvassa koko pylväät kuvaavat M74-emojen osuutta Tornionjoessa eri vuosina. Katso muut selitykset kuvan 5 tekstistä.

4.3. Kemijoki

Kemijoki, johon nousevat lohet ovat istutettuja, on ollut M74-seurannassa vasta kaksi kautta. Lisääntymiskautena 2005/2006 Kemijoesta oli seurannassa kaikista joista eniten emoja, 31. Ruskuaispussipoikasista kuoli neljäsosa, M74-emojen osuus oli 40 % ja sellaisia emoja, joiden kaikki poikaset kuolivat, oli viidennes emoista. Lisääntymiskautena 2006/2007 ruskuaispussipoikaskuolleisuus oli keskimäärin 40 %, M74-emoja oli puolet emoista ja sellaisia emoja, joiden kaikki poikaset kuolivat, oli lähes kolmasosa kaikista emoista.

4.4. Kymijoki

Kymijoki on ollut mukana M74-seurannassa lisääntymiskaudesta 1994/1995 alkaen (kuva 7), jolloin ruskuaispussipoikaskuolleisuus ja M74-emojen osuus olivat lähes 50 %. Lisääntymiskauteen 2001/2002 asti Kymijoessa ruskuaispussipoikaskuolleisuus oli 20–55 % ja M74-emojen osuus 20–75 %. Lisääntymiskausi 1998/1999 oli Kymijoessa poikkeuksellinen, koska M74-emojen osuus oli yli 40 %, mutta yhdenkään emon kaikki poikaset eivät



Kuva 7. Ylemmässä kuvassa Kymijokeen kudulle nousseiden emojen jälkeläisten keskimääräinen kuolleisuus ja keskiarvon keskivirhe (pystysuora jana) eri vuosina. Alemmassa kuvassa koko pylväät kuvaavat M74-emojen osuutta Kymijoessa eri vuosina. Katso muut selitykset kuvan 5 tekstistä.

kuolleet, eli M74 oli kaikissa jälkeläisryhmissä lievää ja ruskuaispussipoikaskuolleisuus jäi 25 prosenttiin.

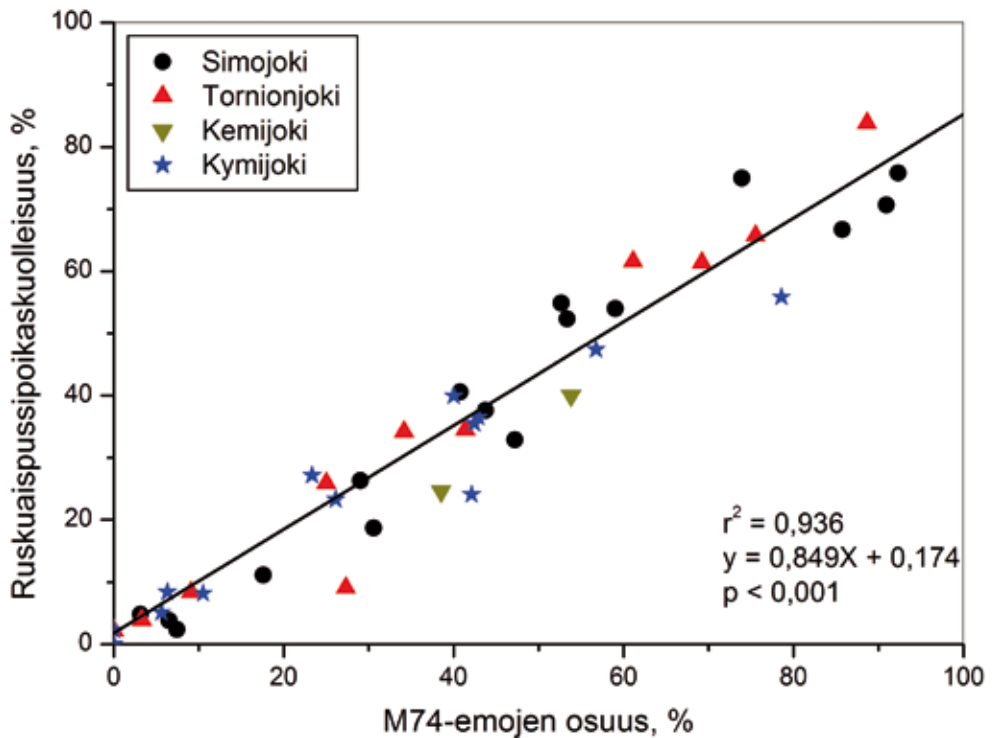
Lisääntymiskautena 2001/2002 kolmasosa Kymijoen lohien ruskuaispussipoikasista kuoli. Kuten Simojoen ja Torniojoen lohien jälkeläisryhmissä, M74-oireyhtymä pieneni lisääntymiskautena 2002/2003: ruskuaispussipoikaskuolleisuus ja M74-emojen osuus olivat noin kymmenen prosenttia, eivätkä yhdenkään emon kaikki poikaset kuolleet oireyhtymään. Ruskuaispussipoikaskuolleisuus pysyi alle kymmenessä prosentissa lisääntymiskautteen 2005/2006 asti. Ainoa lisääntymiskausi, jolloin seurannassa ei ole havaittu Kymijoelta yhtään M74-emoa, oli 2005/2006. Lisääntymiskautena 2006/2007 M74 jälleen paheni niin, että neljännes emoista oli M74-emoja ja ruskuaispussipoikasista kuoli lähes neljäsosa. Joka kymmenennen emon kaikki poikaset kuolivat.

5. Kuolleisuuksien ja M74-emojen osuuksien vertailu

Ruskuaispussipoikaskuolleisuus ja M74-emojen osuus ovat Suomen havainnoinneissa olleet vuosittain hyvin samansuuntaisia; M74-emojen osuuden ollessa suuri, myös keskimääräinen ruskuaispussipoikaskuolleisuus on suurta (kuva 8).

M74-emojen osuus on kuitenkin yleensä jonkin verran suurempi kuin ruskuaispussipoikaskuolleisuus, eli niiden erotus on positiivinen luku (taulukko 4). Näin on erityisesti vuosina, jolloin M74 on useassa jälkeläisryhmässä lievää eli vain osa poikasista kuolee. M74-kuolleisuuden lisäksi esiintyy lähes aina jonkin verran myös muuta kuolleisuutta, joten erotus saattaa olla lievästi negatiivinenkin. Erotus voi olla negatiivinen vuosina, jolloin lähes jokaisen M74-emon kaikki poikaset kuolevat ja toisaalta myös silloin, jos M74-tapauksia ei ole.

Simojoen seuranta-aineistossa, jota on yhtäjaksoisesti lisääntymiskaudesta 1991/1992 lähtien, M74-emojen osuuden ja keskimääräisen ruskuaispussipoikaskuolleisuuden erotus on ollut keskimäärin seitsemän prosenttiyksikköä (taulukko 4). Suurimmillaan erotus oli Simojossa lisääntymiskaudella 1996/1997, jolloin se oli 20 prosenttiyksikköä. Silloin M74-emojen osuus oli 90 %, mutta sellaisia emoja, joiden kaikki poikaset kuolivat, oli 50 % kaikista emoista. Tornionjoessa erotus oli suurimmillaan, 18 prosenttiyksikköä, lisääntymiskaudella 2005/2006. M74-emoja oli lähes 30 %, mutta yhdenkään kaikki poikaset eivät kuolleet. Kemijoen erotus oli molempina seurantavuosina 14 prosenttiyksikköä. Kymijoen erotus oli suurimmillaan lisääntymiskautena 1996/1997, jolloin se oli 23 prosenttiyksikköä. M74-emojen osuus oli lähes 80 %, mutta sellaisia emoja, joiden kaikki poikaset kuolivat, oli vain 15 % kaikista emoista. Lisääntymiskautena 2006/2007 kaikkien jokien M74-emojen osuuden ja ruskuaispussipoikaskuolleisuuden erotus oli keskimäärin viisi prosenttiyksikköä. Erotus oli suurin Kemijoen, 14 prosenttiyksikköä.



Kuva 8. Vuosittaisen keskimääräisen ruskuaispussipoikaskuolleisuuden ja M74-emojen osuuden suhde jokikohtaisesti. Simojoesta tiedot ovat lisääntymiskausilta 1991/1992–2006/2007, Tornionjoesta kausilta 1993/1994–2006/2007, Kemijoesta kausilta 2005/2006–2006/2007 ja Kymijoesta kausilta 1994/1995–2006/2007. Regressioanalyysin perusteella M74-emojen osuuden ja ruskuaispussipoikaskuolleisuuden välillä on erittäin merkitsevä positiivinen riippuvuussuhde.

Taulukko 4. M74-oireyhtymästä kärsiviä jälkeläisiä tuottaneiden emojen osuuden ja ruskuaispussipoikaskuolleisuuden erotus eri lisääntymiskausina (kutuvuosi/poikasten kuoritumisvuosi) koehaudonnassa olleista lohista.

Vuosi	Simojoki	Tornionjoki	Kemijoki	Kymijoki
1991/1992	1,0			
1992/1993	-1,0			
1993/1994	-2,2	4,8		
1994/1995	16,5	9,8		9,4
1995/1996	19,0			0,1
1996/1997	20,3			22,7
1997/1998	11,9	-0,9		6,9
1998/1999	5,0	-0,5		18,0
1999/2000	6,2	0,0		-3,8
2000/2001	0,2	6,9		
2001/2002	14,3	7,8		6,4
2002/2003	5,0	-0,6		2,3
2003/2004	2,7	-2,2		0,5
2004/2005	-1,7			-2,1
2005/2006	6,5	18,2	13,9	-2,3
2006/2007	2,7	0,7	13,8	3,4
Keskimäärin	6,7	4,0	13,9	5,1

6. Johtopäätökset

Vuonna 2007 ruskuaispussipoikasten M74-kuolleisuus oli samaa suuruusluokkaa kuin vuosituhatosen vaihteessa ja vähäisempää kuin 1990-luvun pahimpina vuosina. Tilanne oli kuitenkin selkeästi huonompi kuin vuosina 2003–2005, jolloin M74-kuolleisuus oli kaikissa joissa alle 10 %. Jo vuonna 2005 muutama vakava M74-tapaus viittasi tilanteen pahenemiseen.

Vuosittaiset M74-emojen osuudet ja ruskuaispussipoikaskuolleisuudet ovat keskimäärin hyvin samansuuntaisia, joten M74-emojen osuus kuvastaa melko hyvin M74-oireyhtymän aiheuttamaa poikastuotannon vähenemistä. Kuitenkin sellaisina vuosina, jolloin M74 on lievää monessa poikasryhmässä, M74-emojen osuus voi olla jopa yli 20 prosenttiyksikköä suurempi kuin ruskuaispussipoikaskuolleisuus. Vuosina, jolloin on paljon lieviä M74-tapauksia, oireyhtymän vaikutus poikastuotantoon saatetaankin yliarvioida, jos arviointiperusteena käytetään vain M74-emojen määrää. Toisaalta ei ole tiedossa, kuinka elinkelpoisia sellaisten jälkeläisryhmien henkiin jääneet poikaset ovat, joissa M74 on ollut lievää.

Viitteet

- Backman, J. 2004. Itämeren hydrologisten vaihteluiden sekä biologisten tekijöiden yhteys lohen M74-oireyhtymään. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Akvaattiset tieteet/hydrobiologia, Toukokuu 2004. 53 s.
- Bengtsson, B.-E. & Hill, C. 1999. The REDFISH-project "Nordic Cooperation on Reproductive Disturbances in Fish": background, description and evaluation. *TemaNord* 1999(530): 11–20.
- Börjeson, H. & Norrgren, L. 1997. M74 syndrome: a review of potential etiological factors. Teoksessa: Roland, R. M., Gilbertson, M. & Peterson, R. E. (toim.), *Chemically induced alterations in functional development and reproduction of fishes. Proceedings from a session at the 1995 Wingspread Conference. SETAC*. Pensacola, Florida. ss. 153–166.
- Brown, S. B., Honeyfield, D. C. & Vandenbyllaardt, L. 1998. Thiamine analysis in fish tissues. Teoksessa: McDonald, G., Fitzsimons, J. D. & Honeyfield, D. C. (toim.), *Early life stage mortality syndrome in fishes of the Great Lakes and the Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium 21*, Bethesda, Maryland. ss. 73–81.
- ICES 2007. *Report of the Baltic salmon and trout working group (WGBAST), 11–20 April 2007, Vilnius, Lithuania*. ICES Advisory Committee on Fishery Management ICES CM 2007/ACFM:12. 250 s.
- Ikonen, E. 2006. The role of the feeding migration and diet of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in yolk-sac fry mortality (M74) in the Baltic Sea. Väitöskirja. The Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences, University of Helsinki and Finnish Game and Fisheries Research Institute. 34 s.
- Karlsson, L., Ikonen, E., Mitans, A. & Hansson, S. 1999. The diet of salmon (*Salmo salar*) in the Baltic sea and connections with the M74 syndrome. *Ambio* 28: 37–42.
- Karlström, Ö. 1999. Development of the M74 syndrome in wild populations of Baltic salmon (*Salmo salar*) in Swedish rivers. *Ambio* 28: 82–86.
- Keinänen, M., Tolonen, T., Ikonen, E., Parmanne, R., Tigerstedt, C., Ryttilahti, J., Soivio, A. & Vuorinen, P. J. 2000. Itämeren lohen lisääntymishäiriö - M74 (English abstract: Reproduction disorder of Baltic salmon – the M74 syndrome). *Kalatuutkimuksia - Fiskundersökningar* 165. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 38 s.
- Lundström, J., Carney, B., Amcoff, P., Pettersson, A., Börjeson, H., Förlin, L. & Norrgren, L. 1999. Antioxidative systems, detoxifying enzymes and thiamine levels in Baltic salmon (*Salmo salar*) that develop M74. *Ambio* 28: 24–29.
- Pettersson, A. & Lignell, Å. 1999. Astaxanthin deficiency in eggs and fry of Baltic salmon (*Salmo salar*) with the M74 syndrome. *Ambio* 28: 43–47.
- Romakkaniemi, A., Pera, I., Karlsson, L., Jutila, E., Carlsson, U. & Pakarinen, T. 2003. Development of wild Atlantic salmon stocks in the rivers of the northern Baltic Sea in response to management measures. *ICES Journal of Marine Science* 60: 329–342.
- Vuorinen, P. J. & Keinänen, M. 1999. Environmental toxicants and thiamine in connection with the M74 syndrome in Baltic salmon (*Salmo salar*). *TemaNord* 1999(530): 25–37.
- Vuorinen, P. J., Parmanne, R., Vartiainen, T., Keinänen, M., Kiviranta, H., Kotovuori, O. & Halling, F. 2002. PCDD, PCDF, PCB and thiamine in Baltic herring (*Clupea harengus* L.) and sprat (*Sprattus sprattus* L.) as a background to the M74 syndrome of Baltic salmon (*Salmo salar* L.). *ICES Journal of Marine Science* 59: 480–496.

Muiden kuin RKTL:n henkilöstön yhteystiedot:

Soili Nikonen, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira,
Mustialankatu 3, 00790 Helsinki



JULKAISIJA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viikinkaari 4

PL 2

00791 Helsinki

Puh. 0205 7511, faksi 0205 751 201

www.rktl.fi