

Hvordan kan vi "lære" laksen å leve med Gyro?

Av Ragnar Salte og Hans Bernhard Bentsen

Ragnar Salte og Hans Bernhard Bentsen
er ansatt i Akvaforsk på Ås

Innlegg på fagtreff 12. okt. 2000.

Rotenonbehandling av vassdrag for å utrydde lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* er mislykket dersom den ikke er 100% effektiv. Hvis noen parasitter overlever og fører til nye infeksjoner, er situasjonen mer eller mindre den samme som før behandlingen. Det er ikke aktuelt med gjentatte behandlinger over lang tid bare for å holde parasitten i sjakk, jfr. Statens Forurensingstilsyns skjerpede holdning til nye søknader. Vi vet ikke om det er mulig med 100% effektiv rotenonbehandling av store geografiske områder, og det er dessuten usikkert om den korte avstanden til mange infiserte Østersjøvassdrag, smitta vassdrag i nord-Finland og på Kola-halvøya kan føre til ny smitte i framtida. Behovet for å utforske alternative strategier er derfor stort. Dette gjelder særlig strategier for å øke villaksens evne til å overleve i gyroinfiserte elver dersom utryddingsstrategien slår feil, slik det også framgår av Rieber-Mohn utvalget sine

tilrådinger (NOU 1999:9). Det vi snakker om er altså sjukdomskontroll (alle tiltak som iverksettes for å redusere forekomst av sjukdom og dødelighet som følge av sjukdom).

Siden utryddingsstrategien allerede er betraktet som uaktuell i enkelte infiserte laksevassdrag på Østlandet finnes det gode muligheter til å prøve ut alternative strategier. Dette arbeidet burde allerede vært i gang og bør i alle fall startes umiddelbart, siden erfaringene med rotenonbehandling har vært svært blandet de siste årene. Forskere fra AKVAFORSK, NINA/NIKU og Universitetet i Oslo har allerede utarbeidet planer for et forskningsprosjekt som tar sikte på å framskynde og øke den arvelige motstandsevnen mot gyro hos laks i Drammensvassdraget og Lierelva. Resultatene fra prosjektet vil senere kunne overføres til andre vassdrag dersom det viser seg at utryddingsstrategier ikke fører fram. Planene har til nå ikke blitt satt ut i livet på grunn av manglende finansiering.

Bakgrunnen for planene

Forholdet mellom gyro og norsk villaks er et tradisjonelt forhold mellom parasitt og vert. Det finnes eksempler i naturen på at parasitter kan utrydde vertsorganismen. Dette er likevel et unntak fra regelen, og må betraktes som en mislykket tilpasning hos parasitten. Uten verten vil parasitten nemlig ikke overleve. Det vanlige er at parasitt og vert utvikler en "våpenhvile" gjennom naturlig seleksjon. Parasitt-individer som ikke dreper verten sin vil ha et utviklingsmessig fortrinn, og vertsfisk som tåler parasitten best vil ha størst sjanse til å formere seg. Resultatet blir en parasitt som påfører verten så lite skade som mulig og en vert som tolererer parasitten bra.

De fleste eksemplene på mislykkede tilpasninger, der parasitten helt eller delvis utrydder verten, finner vi når vert og parasitt har hatt liten eller ingen kontakt opp gjennom utviklingshistorien. Den høye dødeligheten hos villaksen i gyroinfiserte vassdrag i Norge tyder på at sameksistensen mellom vert og parasitt er nokså dårlig utviklet. At villaks og gyro kan utvikle en bedre tilpasning til hverandre finnes det eksempler på f.eks. hos Neva-stammen i Østersjøen (Bakke et al., 1992), der gyro og laks antakelig har levd sammen over svært lang tid. Det finnes også laksestammer i Norge som viser en viss motstandskraft mot gyro, for eksempel i Batnfjordselva hvor produksjonen var ganske god og motstandsevnen mot parasitten økende i populasjonen til tross for gyrosmitte. Dette tyder på at parasitten kanskje

ikke er helt fremmed for den norske villaksen i historisk perspektiv. I alle fall er det rimelig å anta at den norske villaksen har genetisk potensiale til å utvikle motstandsevne mot gyro.

Motstandsevne mot gyro og arvelig bakgrunn for motstandsevne.

Et stort antall medfødte og erhvervede egenskaper er involvert i fiskens motstandsevne mot utvendige parasitter (Buchmann 2000). Arvelig motstandsevne mot parasitter kan skyldes ett enkelt arveanlegg, som f.eks. motstandsevne mot malariaparasitten hos menneske, men forsøk utført ved Zoologisk institutt, Universitetet i Oslo, tyder ikke på at dette er tilfelle for motstandsevne mot gyro hos laks (Bakke et al. 1999). De vanligste formene for motstandsevne mot parasitter vil bestå av en kombinasjon av flere ulike egenskaper hos verten, og hver av disse egenskapene kan være styrt av flere arveanlegg. Det vil da kunne oppstå ulike grader av motstandsevne. Gjennom generasjoner med naturlig utvalg vil stadig flere av de gunstigste arveanleggene nedarves sammen. Dette vil kunne resultere i individer med en motstandsevne som sjelden eller aldri oppsto i tidligere generasjoner, uten at det er tilført noen nye arveanlegg.

Egenskaper som hudens tykkelse og styrke, fiskens atferd og hvor den står i elva kan være medbestemmende for om en utvendig parasitt kan finne feste, og immunmekanismer i fiskehuden vil motarbeide parasittens forsøk på å etablere seg (Buchmann 1999).

Dessuten har mange arbeider vist at laksefisk danner spesifikke antistoff mot Gyrodactylus sp. (Vadimirov, 1971; Buchmann, 1993; Wang et al., 1997; Mazzanti et al 1999). Men fiskens første-linje forsvar mot utvendige parasitter er produksjon og utskillelse av hudslim. Denne forsvarsmekanismen utnyttes imidlertid også av parasitten nå den skal lokalisere verten, og finner med høyt innhold av slimproduserende celler er yndete mikrohabitat eller nedslagsfelt for parasitten i innledende stadier av infeksjonen (Buchmann, 2000). Selv om parasitten er lokalisert til hud er det åpenbart at den samlede vertsresponsen til fulle er i stand til å snu infeksjonen etter noen uker. Dette gjelder også hos laks (Bakke et al., 1999). Og det er denne samlede responsen en seleksjon for økt motstandsevne tar sikte på å utnytte.

Hva kan kultiveringen som har vært drevet i norske vassdrag gjennom årtier ha betydd for laksens motstandsevne mot gyro?

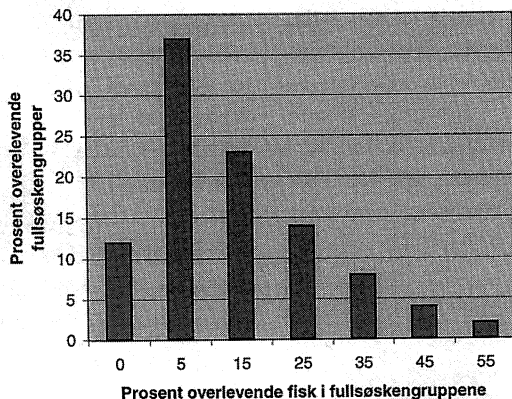
I de fleste tilfelle medfører kultivering at den naturlige seleksjonen blir påvirket. Utvalget av stamfisk og den naturlige seleksjonen blant avkommet i klekkeriet avviker sannsynligvis fra

seleksjonen i elva. I elver som er infisert med gyro blir det gjennomført kultivering med klekking og utsetting av laksunger som har blitt skjernet mot parasitten i den mest mottakelige perioden. Dersom motstandsevne mot gyro er arvelig, vil kultiveringsarbeidet motvirke den naturlige seleksjonen og forsinke en utvikling av motstandsevne hos laksen.

Eksempler på at styrt seleksjon kan øke fiskens tålegrense for endringer i miljøforhold og for sykdom.

Styrt seleksjon, eller seleksjon for å akselerere naturlig seleksjon for tilpasning til brå endringer i miljøforholdene hos ville populasjoner, har tidligere vært foreslått fra AKVA-FORSK i forbindelse med fiskedød forårsaket av forsuring av norske vassdrag. Det ble utført innledende forsøk med estimering av arvelig variasjon i resistens mot lav pH hos aure og utført en generasjon med seleksjon med vellykket resultat (Figur 1) (Gjedrem, 1976; Edwards & Gjedrem, 1979). Forsøket ble ikke videreført pga. manglende økonomisk støtte, men fiske materialet fra en generasjon med seleksjon har senere blitt brukt til kultivering.

Figur 1. Overleving blant 770 fullsøskengrupper fra 77 ørretstammer eksponert for surt vann fra befruktning og gjennom plommesekkstadiet. Etter Gjedrem, 1976.



Mulighetene for å gjennomføre slik assisterende seleksjon for motstandsevne mot sjukeorganismer hos laks er lovende, vurdert ut fra en rekke studier ved AKVAFORSK av arvelig variasjon og respons på seleksjon når det gjelder motstandsevne mot furunkulose, bakteriell nyresjuke, infeksiøs lakseanemi m.fl. hos oppdrettslaks (Gjedrem & Aulstad, 1974; Refstie, 1982; Standal & Gjerde, 1987; Gjedrem et al., 1991; Fevolden et al., 1992; Salte et al., 1993; Fjalestad et al., 1996). Overføringsverdien av resultatene fra laboratorieforsøk til feltforhold i oppdrett har også vist seg å være betydelig (Gjøen et al., 1998). Det er også vel verdt å merke seg at seleksjon og avl på motstandsdyktige foreldredyr er omtalt som en aktuell strategi for sjukekontroll og sjukeutrydding i moderne lærebøker i veterinær epidemiologi (Thrusfield, 1997), og at seleksjon for økt mot-

standsevne mot økonomisk viktige fiskesjukdommer som furunkulose og infeksiøs lakseanemi (ILA) er inntatt som avlsmål i avlsprogrammet for laks.

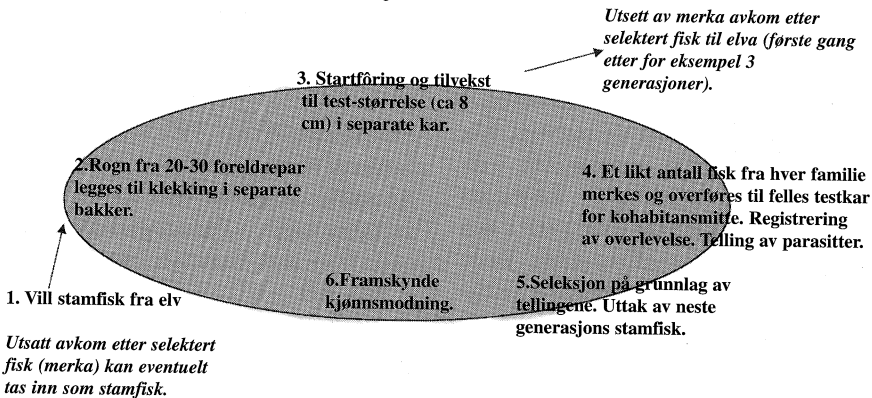
Hvordan skal vi selekere for økt motstandsevne mot gyro?

Det skal hentes stamfisk fra de gyroinfiserte Drammens- og Liervassdragene (Figur 2). Her finnes det allerede veldrevne kultiveringsanlegg med klekkerier og muligheter for å føre fram yngel og eldre fisk. I klekkeriene vil avkommet etter stamlaksen bli utsatt for kontrollerte gyroangrep slik at det kan avgjøres hvem som tåler mest og hvem som tåler minst. Dette innebærer trolig en langt sterkere og mer målrettet seleksjon for motstandsevne enn i et naturlig elvemiljø, fordi det selekteres for en enkelt egenskap, nemlig "mot-

standsevne mot gyrodactylus". De mest motstandsdyktige fiskene vil så bli valgt ut som neste generasjons foreldre ut ifra teorien om at de vil gi opphav til en ny generasjon av fisk som er like motstandsdyktige som gjennomsnittet av sine foreldre. Ved å framskynde kjønnsmodningen, gjennom styring av lys, vanntemperatur og fôring, vil fisken kunne gyte etter bare 12-18 måneder mot i naturen 4-7 år. På denne måten kan det naturlige utvalget få virke gjennom mange generasjoner i klekkeriet på den tiden som trengs for å gjennomgå en gene-

rasjon i naturen. Ved så å sette ut merket, selektert fisk i elva etter noen generasjoner, kan det studeres hvordan denne fisken greier seg sammenliknet med sine uselekterte artsfrender. Hvis den utsatte fisken klarer seg bedre, vil motstandsevnen etter hvert spre seg naturlig i elvebestanden. Samtidig kan den kontrollerte seleksjonen fortsettes i flere generasjoner for å utvikle motstandsevnen videre. Og når merket fisk kommer tilbake til elva for å gyte, kan den eventuelt inkluderes som foreldrefisk i det pågående seleksjonsprogrammet.

Figur 2. En mulig livssyklus i klekkeriet med akselert seleksjon mot Gyrodactylus. Syklusen kan gjentas gjennom mange generasjoner



Hvilke innvendinger kan reises mot en slik strategi?

Det kan innvendes at det vil ta lang tid å utvikle en bedre tilpasning mellom villaks og gyro. Dette kan føre til langvarig reduksjon av produksjonen i

de infiserte elvene med de konsekvenser det får for aktiviteter knyttet til elvefisket. På den andre siden vil tidshorizonten være langt kortere enn ved naturlig seleksjon i elva både fordi generasjonsintervallet kan reduseres betydelig og fordi det kan gjennomføres en mye sterkere og smalere, dvs.

mer målretta seleksjon i klekkeriet. Dessuten er det et beklagelig faktum at rotenon har vært eneste strategi i 20 år uten at problemet på noen måte er løst.

Det kan innvendes at utvikling av bedre motstandsevne hos laksen vil bety at vi vil måtte leve med gyro i norske elver i framtida. Beslutningen om ikke å rotenonbehandle Drammens- og Liervassdragene innebærer imidlertid allerede en aksept for at parasitten er stasjonær innenfor landets grenser. Dessuten vil situasjonen langt på vei være den samme dersom det skulle vise seg rotenonbehandling ikke fører fram, bortsett fra at mye verdifull tid vil ha gått tapt hvis det ikke samtidig har blitt utviklet alternative strategier. I tillegg er avstanden til smitta vassdrag i våre nærområder så kort at selv om rotenonstrategien skulle lykkes ville vi ikke være sikret mot reinfeksjon fra disse områdene. I elver der behandling er planlagt blir det dessuten ofte gjennomført kultivering med utsetting av laksunger som er blitt skjermet mot gyro i den mest følsomme yngelperioden. Dette motvirker trolig den naturlige seleksjonen og forsinker utvikling av motstandsevne hos laksen. Dette vil igjen si at parasitten lettere kan etablere seg etter en reinfeksjon. Seleksjon vil derfor i alle tilfelle representere en viktig beredskap i elva, og særlig ved hyppige reinfeksjoner.

Det er også mulig at enkelte svake elvestammer kan dø ut. Dette er ikke i tråd med vedtatte mål om stammeretta forvaltning, men det er heller ikke lang vei tilbake til reetablering av en

stamme når årsak til utrydding er under kontroll, jfr. den reetablering som er gjennomført i Akerselva. Dessuten er slike stammer heller ikke sikret varig liv med dagens strategi.

Referanser:

BAKKE, T. A., HARRIS, P.D., JANSEN, P.A. & HANSEN, L.P. 1992. Host specificity and dispersal strategy in gyrodactylid monogeneans, with particular reference to *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea). *Diseases of Aquatic organisms* 13, 63-74.

BAKKE, T. A., SOLENG, A. & HARRIS, P.D. 1999. The susceptibility of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) x brown trout (*Salmo trutta* L.) hybrids to *Gyrodactylus salaris* Malmberg and *Gyrodactylus derjavini* Mikailov. *Parasitology* 119, 467-481.

BUCHMANN, K. 1993. A note on the humoral immune response of infected *Anguilla anguilla* against the gill monogenean *Pseudogyrodactylus bini*. *Fish and Shellfish Immunology* 3, 397-399.

BUCHMANN, K. 1999. Immune mechanisms in fish skin against monogeneans – a model. *Folia Parasitologica* 46, 1-9.

BUCHMANN, K. 2000. Antiparasitic immune mechanisms in teleost fish: a two-edged sword? *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 20, 48-59.

- EDWARDS, D. & GJEDREM, T. 1979. Genetic variation in survival of brown trout eggs, fry, and fingerlings in acidic water. SNSF-Project, Norway FR16/79, 28 pp.
- FEVOLDEN, S.E., REFSTIE, T, and RØED, K.H., 1992. Disease resistance in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) selected for stress response. *Aquaculture*, **104**,9-29.
- FJALESTAD, K.T., LARSEN, H.J.S. & RØED, K.H. 1996. Antibody response in Atlantic salmon (*Salmo salar*) against *Vibri anguillarum* and *Vibrio salmonicida* O-antigens. Heritabilities, genetic correlations and correlations to survival. *Aquaculture* **145**, 77-89
- GJEDREM, T., and AULSTAD, D. 1974. Selection experiments with salmon. I. Differences in resistance to vibrio disease of salmon parr (Salmo salar). *Aquaculture* **3**, 51-59.
- GJEDREM, T. 1976. Genetic variation in tolerance of brown trout to acid water. SNSF-Project, Norway, FR5/76, 11pp.
- GJEDREM T., SALTE, R. & GJØEN, H.M. 1991. Genetic variation in susceptibility of Atlantic salmon to furunculosis,. *Aquaculture* **97**, 1-6.
- GJØEN, H.M., REFSTIE, T., ULLA, O., and GJERDE, B., 1998: Genetic correlations between survival of Atlantic salmon in challenge tests and field test. *Aquaculture* **158**,277-288.
- MAZZANTI, C., MONNI, G. & VARRIALE, A.M.C. 1999. Observations on antigenic activity of *Pseudogyrodactylus anguillae* (Monogenea) on the European eel (*Anguilla anguilla*). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* **19**, 57-59.
- NOU 1999:9 «Til laks åt alle kan ingen gjera»
- REFSTIE, T., 1982. Preliminary results: Differences between rainbow trout families in resistance against vibriosis and stress. In: W.B. van Muiswinkel (editor), *Developmental and Comparative Immunology*, supplement 2, pp. 205-209. Pergamon press New York.
- SALTE, R., GJØEN, H.M., NORBERG, K. & GJEDREM, T. 1993. Plasma proteins as potential marker traits for resistance to furunculosis. *Journal of Fish Diseases* **16**, 561-568.
- STANDAL, M., and GJERDE, B., 1987. Genetic variation in survival of Atlantic salmon during the sea-rearing period. *Aquaculture* **66**, 197-207.
- THRUSFIELD, M. *Veterinary Epidemiology*, 2nd. Edition, update 1997. Blackwell Science Ltd, Oxford.
- VLADIMIROV, V.L. 1971. The immunity of fishes in the case of gyrodactylosis. *Parazitologiya* **5**, 51-58 (English translation: *Parasitology* **1**, 58-68)
- WANG, G., KIM, J-H., SAMESHI-MA, M. & OGAWA, K. 1997. Detection of antibodies against the monogenean *Heterobothrium okamotoi* in Tiger puffer by ELISA. *Fish Pathology* **32**, 179-180.