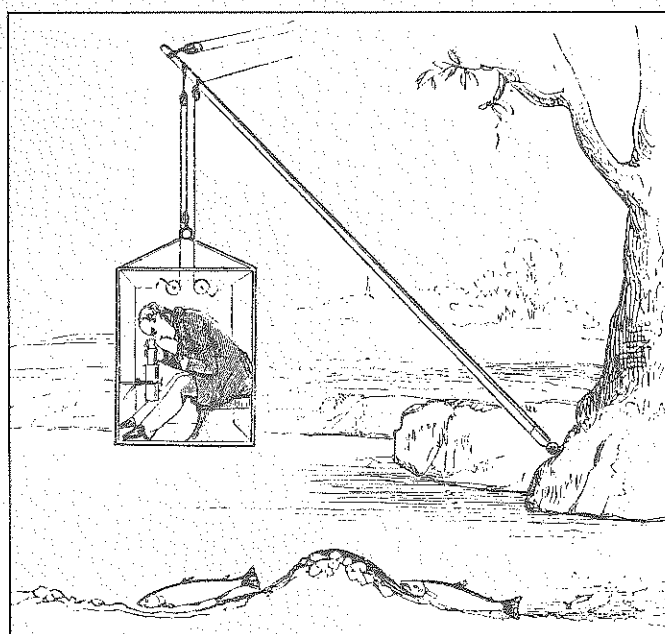


Nr 3 1990

Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET Drottningholm



OLLE RING
LARS HANELL
JAN HENRICSON

Analys av det svenska avelsmaterialet av
gullspångslax 1990

JAN HENRICSON
OLLE RING
LARS HANELL

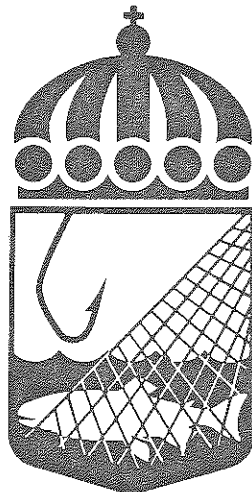
Bevarande av genetiska naturresurser: Natio-
nella avelsplaner för gullspångslax och
gullspångsöring

PONTUS ELVINGSON

Odlingsförsök med vänerlax

INNEHÅLL

OLLE RING LARS HANELL JAN HENRICSON	Analys av det svenska avelsmaterialet av gullspångslax 1990	sid. 1- 8
JAN HENRICSON OLLE RING LARS HANELL	Bevarande av genetiska naturresurser: Natio- nella avelsplaner för gullspångslax och gullspångsöring	sid. 9-17
PONTUS ELVINGSON	Odlingsförsök med vänerlax	sid. 19-24



FISKERIVERKET

ISSN 0346-7007

ANALYS AV DET SVENSKA AVELSMATERIALET AV GULLSPÅNGSLAX 1990

Olle Ring
Lars Hanell
Jan Henricson

Fiskeristyrelsens försöksstation, 840 64 KÄLARNE

INLEDNING

Gullspångslaxen (*Salmo salar* L.) anses vara en av de värdefullaste laxstammarna i Sverige. I och med satsningen på Laxfond för Vänern (Breiling 1987) har den fått ytterligare ökad betydelse. Den naturliga populationen i Gullspångsälven har varit starkt utrotningshotad sedan 1950-talet och numera är det endast ett fåtal laxar som reproducerar sig i älven (Ros 1986, Johlander 1990). Det fiske som bedrivs i Vänern baseras därför på stora utsättningar av odlat material.

Romproducerande avelsbesättningar av gullspångslax har funnits vid Fiskeristyrelsens försöksstation i Kälarne sedan 1974 (Ring & Hanell 1987). I dag finns det, utöver i Kälarne, tre fiskodlingar i Sverige som har avelsbesättningar av gullspångslax, nämligen Brattfors laxodling vid Filipstad (Värmland), Sjöbondens fiskodling, Fengersfors (Dalsland) och Salmo AB, Töcksfors (Värmland).

Även Sävenfors fiskodling, Hällefors (Västmanland), har tills helt nyligen haft avelsfiskar av gullspångslax. I samband med ett ägarbyte avvecklades de dock. De nya ägarna har beslutat att vänta med att bygga upp en ny avelsbesättning tills det nya, förbättrade avelsmaterialet i Kälarne (se nedan) blir tillgängligt för uppfödning.

Målsättningen med ett avelsprogram för förstärkningsutsättningar av smolt i naturliga populationer är att bibehålla största möjliga genetiska variation. Detta innebär att man strävar efter att maximera den effektiva populationsstorleken (N_e) så långt det är praktiskt möjligt. (Se bilagan för närmare förklaring av N_e .) Om man kan beräkna N_e

för varje generation i rakt nedstigande led, kan man även räkna ut hur mycket genetisk variation som gått förlorad i samband med odling av stammen. Man får således ett slags mått på det odlade materialets genetiska status. Vi skall här använda detta mått då vi redovisar odlingshistorien för de avelsbesättningar av gullspångslax som finns i odling i Sverige (april 1990).

AVELSMATERIALET I KÄLARNE

Första generationen avelsfiskar i Kälarne

Alla avelsfiskar av gullspångslax, som används i avelsarbetet i landet i dag, härstammar från avelslinjen i Kälarne. Den har sitt ursprung i avelsfisket i Gullspångsälven 1969. Detta år fångades 71 laxar, varav 35 honor och 36 hanar. Av dessa laxar var 46 märkta och kom från utsättningarna i Gullspångsälven 1965 och 1966. Även en del av de omärkta fiskarna kom troligen från samma utsättningar. Avelsfiskarna transporterades till Deje före kramningen. Sammanlagt användes 25 honor och maximalt 36 hanar i avelsarbetet. Kramningarna skedde vid sex olika tillfällen från 24 november till 16 december 1969. Som mest användes 21 honor och 30 hanar vid samma tillfälle, som minst en hona och en hane (Larsson 1970).

Problemet är att det i dag inte går att utreda hur kramningarna och inläggningarna i romlådor i Deje hösten 1969 gick till. För att beräkna N_e vid bildandet av den första generationen i odling (F_1), måste vi därför

räkna med två alternativ, "det bästa" och "det sämsta". Av den information som vi har om kramningsarbetet och rominläggningen i Deje framgår att, som bäst 7-8 honor och 10-11 hanar var föräldrar till F_1 -generationen, och som sämst en hona och en hane (Ring & Hanell 1987). I det första fallet kan N_e beräknas till 18.5 och i det senare till 2.

På våren 1970 skickades 5 000 ögonpunktade romkorn till Älvkarleby för kläckning och uppfödning. Den 29 maj 1972 skickades 200 gullspångslaxar av denna F_1 -generation, årsklass-70, från Älvkarleby till Kälarne för att födas upp till avelsfiskar. De användes i avelsarbetet första gången 1974 och verkade sedan i aveln till 1978. På våren 1979 fanns endast fyra gamla honor kvar. Denna avelslinje benämns i fortsättningen Gullspångsälven-Deje-70.

F_1 . Årsklass-70. 1) $N_e=18.5$ 2) $N_e=2$

Andra generationen avelsfiskar i Kälarne

På hösten 1975 fanns ännu 80 stycken gullspångslaxar av årsklass-70 kvar, men året därpå hade antalet reducerats till 52, varav 47 honor och 5 hanar. Alla fiskarna användes i avelsarbetet hösten 1976. En noggrann redogörelse för hur detta gick till finns i Ring & Hanell (1987). Där visas att den nya F_2 -generationen som minst hade 13 honor och 4 hanar och som mest 19 honor och 5 hanar till föräldrar. Enligt formel (2) (se bilagan) är således $N_e=12.2-15.8$. För våra beräkningar kan vi sätta $N_e=12$. Denna avelsbesättning användes i aveln fram till och med 1988.

F_2 . Årsklass-77. $N_e=12$

Tredje generationen avelsfiskar i Kälarne

Den nuvarande avelsbesättningen av gullspångslax i Kälarne är F_3 -generationen, årsklass-85. Hösten 1984 lades rom in separat, från 66 honor och 33 hanar, som halvsyskongrupper.

Avelsbesättningen bildades våren 1986 då 20 fiskar togs ut slumpmässigt ur vardera av de 63 halvsyskongrupper som då fanns kvar, sammanlagt 1 260 fiskar. Denna avelsbesätt-

ning är den som nu används i Kälarne sedan hösten 1989.

F_3 . Årsklass-85. $N_e=85$

Den blivande avelsbesättningen i Kälarne

Ett arbete för att förbättra avelslinjen av gullspångslax i Kälarne har påbörjats. Vid elfisken i Gullspångsälven i september 1986 och oktober 1987 fångades ett antal unga fiskar, ensomriga och tvåsomriga. De fördes till fiskodlingarna i Sävenfors och Källefäll, Tidaholm, för uppfödning till avelsfiskar. Att "tämja" vilda fiskar är svårt och de dör lätt av stress och oförmåga att vänja sig vid att äta torrfoder. I Sävenfors fick man även problem med dåligt vatten och de flesta fiskarna dog. I december 1987 transporterades 17 laxar till Kälarne för uppfödning. Under sommaren och hösten 1988 dog de flesta av fiskarna, som var kvar i Källefäll, på grund av ett svampangrepp.

Den 4 och 5 februari 1989 genomfördes ytterligare en insamling av yngel med elfiske i Gullspångsälven. Kraftverket sänkte vattenföringen till 6 m³/s för att möjliggöra fisket. Till följd av den milda vintern var vattentemperaturen högre än normalt vid denna tid på året, 3-4 °C. Totalt infångades ca 60 laxungar. Fisket skedde både i den Nedre och den Övre Åråsforsen. Fiskarna transporterades till Kälarne för vidare uppfödning.

I Kälarne har uppfödningen av de elfiskade, vilda gullspångslaxarna lyckats över förväntan. Av de 17 äldre laxarna återstår idag samtliga. Av de yngre fiskarna dog sju stycken under sommaren 1989. I dag återstår 52 stycken. Alla har börjat äta torrfoder och tillväxten är god. I november 1988 märktes de kvarvarande "äldre" fiskarna med Carlinmärken och klippning av fettfenan. De går nu tillsammans med avelsfiskarna av årsklass-85 i en jorddamm. För närvarande finns således 69 vilda gullspångslaxar från Gullspångsälven under uppfödning till avelsfiskar i Kälarne.

Dessa vilda gullspångslaxar kommer successivt att korsas in i avelsbesättningen av årsklass-85 i Kälarne. De äldsta fiskarna kommer att kunna användas i avelsarbetet

tidigast hösten 1990. En detaljerad plan har upprättats för arbetet med att bredda avelsbasen hos den odlade gullspångslaxen (Henricson et al. 1990). Enligt denna beräknas korsningsarbetet kunna bli utfört hösten 1992 och den nya avelsbesättningen, årsklass-93, kommer sannolikt att börja producera rom 1997. De första smolten som producerats av den nya avelsbesättningen kommer således att kunna sättas ut på våren år 2000.

Utöver de vilda gullspångslaxarna finns även ca 50 fiskar av årsklass-88, som består av två syskongrupper från två honor i Brattfors. Honorerna som användes för att producera dessa båda grupper var avkomma till vilda gullspångslaxar, som fångades i Gullspångsälven på hösten 1980. Vid det tillfället fångades fyra honor och en hane och alla användes i avelsarbetet samma år. Rommen lades in i Brattfors och kläcktes där. År 1983 sattes smolt från denna årsklass-81 ut i Klarälven. 1987 återfångades två honor vid avelsfisket i Deje. De vägde båda 5.6 kilo och var märkta med fenklippning, så att ingen förväxling kunde ske med andra laxar. De här honorerna var antingen helsyskon eller halvsyskon, eftersom de var avkommor till samma hane. De båda honorerna korsades med hanar från avelslinjen Kälarne-Anten-Brattfors, en F_2 -generation av den ursprungliga avelslinjen Gullspångsälven-Deje-70. Hanarna var också av årsklass-81 och vägde 6.4 respektive 7.8 kilo vid kramningstillfället. Rommen togs till Kälarne som ögonpunktad.

Avkommorna från dessa båda korsningar, årsklass-88, kommer också till en mindre del att användas vid uppbyggandet av den nya avelsbesättningen i Kälarne. Det viktigaste skälet för detta är att föräldrahonorerna omöjligt kan vara nära släkt med vare sig den ursprungliga avelslinjen Gullspångsälven-Deje-70 eller de vilda fiskarna som fångades i Gullspångsälven 1986, 1987 och 1989. De kan därför ha värdefull genetisk variation att tillföra den nya avelsbesättningen.

Avelsfisk i Kälarne i dag:

- a) ca 600 st årsklass-85, F_3 (tredje generationen i odling), avelslinjen Gullspångsälven-Deje-70.
- b) 17 st vildfångade i Gullspångsälven, årsklass-86 och -87.

- c) ca 50 st årsklass-88, avkomma från 2 honor (F_1) i Brattfors, avelslinjen Gullspångsälven-Brattfors-81 och hanar (F_2) från avelslinjen Kälarne-Anten-Brattfors-81).
- d) 52 st vildfångade i Gullspångsälven, årsklass-87 och -88.

AVELSMATERIALET I BRATTFORS

I Brattfors fiskodling har rom från avelsfiskena i Gullspångsälven och Klarälven lagts in sedan länge. För närvarande finns en avelsbesättning av årsklass-84 som härstammar från avelslinjen i Kälarne och är en F_3 -generation. Av den blandrom som producerades i Kälarne hösten 1983 fick Brattfors rom från dels en kramning den 21 november, 60 000 rom, dels en kramning den 6 december, 10 000 rom.

Vid det första tillfället kramades totalt 39.6 liter rom från 73 honor. Rommen befruktades av 45 hanar. Fem honor och 3 hanar korsades i varje befruktningssomgång, samt i ett fall 3 honor och 3 hanar. Rommen fylldes på "efter hand" med två liter i varje romlåda. Vid det senare tillfället kramades 49 honor och 49 hanar i omgångar om 3 honor och 3 hanar. Utifrån fakta i de olika protokollen i Kälarne kan man beräkna antalet föräldrar till det romparti, som den 22 mars 1984 transporterades till Brattfors, till minst 39 honor och 27 hanar. Man kan förmoda att rommen blev blandad i samband med badningen och vid inläggningen i Brattfors. Den effektiva populationsstorleken var således $N_e = 64$ vid bildandet av denna avelsbesättning som fortfarande används i Brattfors.

Stamfisk i odlingen våren 1990:

- a) ca 200 st årsklass-84, F_3 , $N_e = 64$, avelslinjen Gullspångsälven-Deje-70.

AVELSMATERIALET I TÖCKSFORS

Det avelsmaterial av gullspångslax som finns vid fiskodlingen i Töcksfors är av årsklass-84 och -85 och härstammar från avelslinjen i Kälarne. Den 18 oktober 1985 levererades

37 000 ensamriga samt 10 000 tvåsomriga laxar från Kälarne.

Årsklass-84 i Töcksfors

Årsklass-84 var utsorterade stora fiskar från en blandbesättning som startats från rommen i 4 romlådor med blandrom och två romlådor med halvsyskongrupper. Minimiantalet föräldrar till dessa fiskar var 22 honor och 13 hanar. Den effektiva populationsstorleken vid bildandet av denna F_3 -generation var således $N_e = 32.7$

Årsklass-85 i Töcksfors

Hösten 1984 kramades totalt 196 honor och 109 hanar i Kälarne av avelsbesättningen årsklass-77. Rommen från 130 honor och 76 hanar blev blandrom. Från 66 honor och 33 hanar startades ett försök med halvsyskongrupper.

På hösten 1985 slogs ett överskott av fisk från 32 av dessa grupper ihop i 6 tråg. Överskottet härstammade alltså från 32 honor och 16 hanar. Den 18 oktober 1985 levererades 10 000 laxar från dessa tråg till Töcksfors.

Stamfisk i odlingen i dag:

- a) ca 160 st årsklass-84, F_3 , $N_e = 33$, avelslinjen Gullspångsälven-Deje-70.
- b) ca 240 st årsklass-85, F_3 , $N_e = 43$, avelslinjen Gullspångsälven-Deje-70.

AVELSMATERIALET I FENGERSFORS

Avelsfiskarna av gullspångslax vid Sjöbondens fiskodling i Fengersfors tillhörde tidigare Mustadfors Fish Farm AB i Mustadfors, Dals Långed. Där påbörjades under 1985 en uppfödning av blivande avelsfisk, som levererats från Kälarne.

Avelsfiskarna hölls i kassar. Efterhand fick man stora problem med svamp i odlingen och hela verksamheten avvecklades 1988. En del av den avelsfisk som fanns slaktades och resten såldes. Sjöbondens fiskodling köpte avelsfisk vid två tillfällen under sommaren och hösten 1988. Köpet omfattade totalt 650 kilo fisk och antalet kan uppskattas till ca

300 st. Alla fiskar hade producerats av avelsbesättningen årsklass-77 (F_2) i Kälarne och materialet i Mustadfors kom från tre olika årsklasser, nämligen -83, -84 och -85. I dag finns endast avelsfiskar av årsklass-84 och -85 i Fengersfors, där de hålls åtskilda.

Årsklass-84 i Fengersfors

Den 11 maj 1985 levererades 10 000 ettåriga gullspångslaxar från Kälarne till Mustadfors. De hade alla sitt ursprung i kramningen den 21 november 1983, då rommen lades in som blandrom. Den fisk som levererades till Mustadfors kom från fyra romlådor. I varje befruktningssomgång användes 5 honor och 3 hanar. Det betyder att minst 20 honor och 12 hanar var föräldrar till dessa fiskar.

Årsklass-85 i Fengersfors

Årsklass-85 i Fengersfors kommer ur samma överskott från halvsyskongrupper som årsklass-85 i Töcksfors. Den 18 oktober 1985 levererades 21 000 laxar till Mustadfors. Totalvikten var 80 kg och man kan därför anta att fiskarna fraktades tillsammans i samma tank och blev blandade.

Stamfisk i odlingen i dag:

- a) ca 250 st årsklass-84, F_3 , $N_e = 30$, avelslinjen Gullspångsälven-Deje-70.
- b) ca 50 st årsklass-85, F_3 , $N_e = 43$, avelslinjen Gullspångsälven-Deje-70.

DISKUSSION

Om man sätter in de angivna värdena på effektiv populationsstorlek (N_e) i formel (3) (se bilaga) kan den sammanlagda förlusten av genetisk variation i avelslinjen i Kälarne uppskattas till 1) "som bäst" 6% efter tre generationer i odling och 2) "som sämst" 29%. Omvänt kan sägas att avelsbesättningen av årsklass-85 (F_3) i Kälarne fortfarande har kvar 1) "som bäst" 94% (100-6%) eller 2) "som sämst" 71% (100-29%) av den genetiska variationen.

Eftersom den ursprungliga målsättningen med uppfödningen i Älvkarleby och Kälarne var att "rädda" gullspångslaxen från utrotning

(Ros 1966) är det sannolikt att rommen, som skickades till Älvkarleby 1970, utgjorde en del av en "blandrom". Det är således troligt att det snarare är "det bästa" alternativet som gäller än "det sämsta". Vid kramningsarbetet användes mjölke från två hanar till att befrukta rommen från varje hona, något som ytterligare ökade den effektiva populationsstorleken vid kramningen 1969 i Deje. Av protokollet framgår dock inte hur många gånger samma hane användes, inte heller, som sagts ovan, hur rommen fördelades i romlådorna. Vi kan därför inte i dag få fram något exakt mått på den effektiva populationsstorleken.

En annan sak som talar för "det bästa" alternativet är en preliminär undersökning med elektrofores av 18 vildfångade gullspångslaxar, som dött under uppfödningförsöken i Källefäll och Sävenfors, och ett stickprov på 100 gullspångslaxar från den blivande avelsbesättningen årsklass-85 i Kälarne. Den undersökningen visade att det inte fanns några signifikanta skillnader i allelfrekvenser i ME-2* och SDH-1* mellan det vilda och det odlade materialet (Ring opubl.). ME-2* och SDH-1* är de enda loci som är polymorfa hos gullspångslax.

De romproducerande avelsbesättningarna i Brattfors, Töcksfors och Fengersfors är alla av F_3 -generationen. Som vi kunnat visa här varierar den effektiva populationsstorleken vid skapandet av denna generation mellan $N_e=30$ och $N_e=64$. Eftersom samtliga besättningar härstammar från avelslinjen i Kälarne, kan man hävda att deras genetiska status är likvärdig. De variationer i N_e som finns vid tillkomsten av F_3 -generationen leder endast till skillnader av storleksordningen tiondelar av procent när det gäller den totala förlusten av genetisk variation. Den stora och avgörande förlusten skedde i första hand vid bildandet av F_1 -generationen i Deje hösten 1969 och vid bildandet av F_2 -generationen i Kälarne 1976, på grund av för få hanar.

På hösten 1992 kommer troligen alla de vildfångade gullspångslaxarna som finns i Kälarne att vara könsmogna. Då kommer allt tillgängligt vilt och odlat material att användas i avelsarbetet, för att skapa en ny avelsbesättning med så stor genetisk variation och så stort inslag av "vilda" gener som det är praktiskt möjligt att åstadkomma. Denna

nya avelsbesättning, årsklass-93, bör sedan utgöra basen för det fortsatta fiskodlings- och fiskevårdsarbetet med gullspångslax i Sverige.

LITTERATUR

- Breiling, L.E.** (Ed.). 1987. Laxfond för Väneren - ett utvecklings- och framtidsprojekt. Länsstyrelsen i Älvsborgs län. Vänersborg. 253 p.
- Henricson, J., O. Ring & L. Hanell.** 1990. Bevarande av genetiska naturresurser: nationella avelsplaner för gullspångslax och gullspångsöring. (English summary: Conservation of genetic resources: National breeding plans for the salmon and trout stocks of River Gullspångsälven.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3):9-17.
- Johlander, A.** 1990. Redovisning av fältundersökningar utförda i Gullspångsälven under hösten 1989 och vintern 1989/90. Fiskeristyrelsen, Utredningskontoret i Jönköping. 1990-03-26. 7 p. (Brevkopia.)
- Larsson, T.** 1970. Redogörelse för fångsten av gullspångslax och gullspångsöring för odlingsändamål hösten 1969. (Brevkopia.)
- Ring, O. & L. Hanell.** 1987. Genetisk bakgrund till avelsstammarna av gullspångslax och gullspångsöring i Kälarne. (English summary: Genetic background of brood stocks of Gullspång salmon and brown trout at the Fisheries Board's Kälarne hatchery.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (6). 44 p.
- Ros, T.** 1966. Gullspångslaxen - en svensk praktfisk för fiskevården. Svensk Fisk. Tidskr. 75:162-166.
- Ros, T.** 1986. Lax och öring i Gullspång. Skaraborgsnatur. Årsskrift för Skaraborgs läns naturskyddsförening 23:5-17.

ENGLISH SUMMARY: ANALYSIS OF THE SWEDISH BROOD STOCK OF SALMON FROM RIVER GULLSPÅNGSÄLVEN IN 1990

The Gullspång River salmon is a landlocked anadromous stock of Atlantic salmon in Lake Vänern, one of the largest lakes in Europe. Such landlocked populations are rare. The Gullspång River salmon is also considered to be one of the fastest growing salmon stocks in Sweden. Since the end of the 1950s it has been close to extinction because of effects of a hydroelectric power plant upstream of the spawning grounds. These are situated close to the mouth of the river.

In the beginning of the 1960s an effort was made to conserve the population, and in 1969 a hatchery brood stock was formed. That brood stock has now been kept for three consecutive generations at the Experimental Station of the National Board of Fisheries at Kälarne, province of Jämtland.

The goal of a conservation programme aimed at restocking a population is to maintain as much genetic variation as possible, i.e. to maximize the effective population size (N_e). When dealing with hatchery stocks, this means above all to consider the number of males and females used in the stripping process. Those numbers are the most important factor to determine the effective population size (formula 2 in the Appendix). We have found that this measure can be used as a simple way to estimate the loss of genetic variation over several generations of a hatchery stock, because hatchery stocks are normally reproduced in a non-overlapping way each generation. This means that the overall loss of genetic variation can be estimated quite accurately over generations (formula 3 of the Appendix). The method has the advantage that it bypasses the big problem of genetic drift and other sampling errors in electrophoresis investigations of hatchery populations. What is needed though is good records of the handling of the hatchery stock and the stripping procedures.

Today, there are three hatcheries besides the Kälarne hatchery which have brood stocks of Gullspång River salmon. They are Brattfors Salmon Hatchery, Filipstad, Salmo AB Hatchery, Töcksfors (both in the province

of Värmland), and Fengersfors Hatchery (in the province of Dalsland). We are here trying to estimate the genetic status of these brood stocks by using the records of stripping procedures.

The brood stock at the Kälarne hatchery originates from the 1969 catch in the Gullspång River when 35 females and 36 males were caught. Most of these fish were restocked as smolts in the same river in 1965 and 1966. Stripping was performed at the Deje hatchery on the Klarälven River on six different occasions. The big problem today is that the records from that hatchery are very incomplete, or lacking. We know, however, that 5,000 eggs from one of these spawns were sold to the Experimental Station of the National Board of Fisheries at Älvkarleby in the spring of 1970. There they were hatched, and in 1972 200 fish were transported to the Kälarne hatchery where they became the F_1 generation of its brood stock. From the records at Deje we can only estimate that the "best" option was 7-8 females and 10-11 males as parents to the F_1 generation, and the "worst" option was 1 female and 1 male.

From the very good records kept at the Kälarne hatchery, it can be estimated that the current F_3 generation of the brood stock there, has today lost "at best" only 6% of its original genetic variation, and "at worst" 29% of its genetic variation. From protein electrophoresis of samples of wild fish and the brood stock at Kälarne there is reason to believe that rather the "best" option holds.

The brood stocks of the other hatcheries mentioned above all originate as F_3 generations of the Kälarne stock. It can be shown that they all, by and large, are of the same quality genetically, all having lost about the same amount of genetic variation as the Kälarne stock.

Today, also 69 wild salmon from three different year classes caught by electrofishing in the Gullspång River are reared at the Kälarne hatchery. They will be used in a programme to increase the genetic variation of the brood stock at Kälarne for future use in restocking programmes.

BILAGA

Förklaring till några av de genetiska begrepp som använts i uppsatsen

Det bästa måttet för att uppskatta den genetiska statusen hos avelsbesättningar av laxfisk, som används för produktion av smolt, är den s k **effektiva populationsstorleken**, förkortad N_e . Varje stam av en laxfiskart skiljer sig från andra stammar på grund av anpassningar till den lokala miljön. Alla individer av en viss stam är dessutom inbördes olika, men de delar gemensamt på ett unikt genförråd. Vid reproduktionen kommer i det långa loppet generna i genförrådet att omkombineras. Om det vid något tillfälle bara är ett fåtal individer i populationen som reproducerar sig, kommer endast en mindre del av genförrådet att användas. Det är då slumpen som avgör vilken del det blir. Detta fenomen kallas **genetisk drift** och kan sägas vara en form av inavel om den upprepas i flera generationer. Ju mindre antal individer som paras med varandra desto större blir slumpeffekterna. I en slumpvis parande population kan det visas att

$$\Delta F = \frac{1}{2N_e} \quad (1)$$

där ΔF betecknar ökningen av inavelskoefficienten F per generation och N_e är den effektiva populationsstorleken. Den effektiva populationsstorleken påverkas av variationer i antalet avkomor per reproducerande par, men framför allt av könsfördelningen. Eftersom varje befruktning sker mellan en honlig och en hanlig gamet, dvs ett ägg och en spermie, måste med nödvändighet båda könen bidra lika mycket till avkomman i nästa generation. Om antalet hanar och honor är lika stort blir $N_e = N$, där N betecknar summan av antalet hanar och honor. Om könsfördelningen är ojämn blir $N_e < N$. Den effektiva populationsstorleken bestäms då av

$$N_e = \frac{4 * N_m * N_f}{N_m + N_f} \quad (2)$$

där N_m och N_f betecknar antalet hanar respektive honor. Den naturliga populationen brukar kallas baspopulationen och inavelskoefficienten antas där vara 0 (vilket inte nödvändigtvis behöver vara sant). De därpå följande generationerna i en avelslinje betecknas F_1 , F_2 , F_3 osv, (av latinets filia som betyder avkomma). Den sammanlagda ökningen av inavelskoefficienten över flera generationer bestäms av

$$F_t = \frac{1}{2N_e} + \left(1 - \frac{1}{2N_e}\right)F_{t-1} \quad (3)$$

där F_t är inavelskoefficienten i generation t och N_e den effektiva populationsstorleken vid bildandet av generation t . Inavelskoefficienten är uppbyggd av två delar: ett "tillskott" $1/2 N_e$ som beror på inavelsökningen i den nya generationen (t) och en "rest" som är kvar från de tidigare generationerna.

Ekvation (3) kan också skrivas på följande sätt

$$F_t = \Delta F + (1 - \Delta F) F_{t-1} \quad (4)$$

Vi kan således använda den effektiva populationsstorleken som ett bra mått på graden av inavel i ett aktuellt avelsmaterial. Vad vi behöver veta för att kunna använda N_e är antalet hanar och honor som användes vid reproduktionen av varje ny generation i rakt nedstigande led inom avelslinjen.

LITTERATUR

Falconer, D.S. 1981. Introduction to quantitative genetics. Second Edition. Longman, London.

BEVARANDE AV GENETISKA NATURRESURSER: NATIONELLA AVELSPLANER FÖR GULLSPÅNGSLAX OCH GULLSPÅNGSÖRING

Jan Henricson
Olle Ring
Lars Hanell

Fiskeristyrelsens försöksstation, 840 64 KÄLARNE

SAMMANFATTNING

Gullspångslax och gullspångsöring är två laxfiskstammar med högt skyddsvärde, som idag är utrotningshotade på sin ursprungslokal, Gullspångsälven. De avelsbesättningar, som finns i odling, är mer eller mindre inavlade. Det bästa materialet utgörs av avelslinjerna vid Fiskeristyrelsens försöksstation i Kälarne.

Avelsbesättningarna där är tredje generationen i odling. Laxen är av årsklass 1985 och öringen av årsklass 1986. På hösten 1986 och 1987, samt i februari 1989 genomfördes elfisken i Gullspångsälven och ett material av ensamrig och tvåsamrig fisk insamlades. Dessa fiskar finns idag i Kälarne. Antalet uppgår till 69 laxar och 34 öringar. Avelsplaner för hur de olika fiskmaterialen bäst skall kunna utnyttjas presenteras. Syftet är att på sikt korsa fiskarna från elfiskena med fisk ur avelsbesättningarna, för att öka den genetiska variationen och reducera inavelsgraden hos avelslinjerna av gullspångslax och gullspångsöring i Kälarne. Detta beräknas kunna ske hösten 1992, då samtliga elfiskade fiskar bör ha uppnått könsmodnhet. Avkomman blir årsklass 1993. Ur denna årsklass reserveras en ny, blivande avelsbesättning för lax respektive öring. Avelsbesättningarna av årsklass 1993 beräknas producera rom första gången 1997.

INLEDNING

Gullspångslax (*Salmo salar* L.) och gullspångsöring (*Salmo trutta* L.) är två laxfiskstammar som genom sina egenskaper har ett dokumenterat stort skyddsvärde ur en rad

aspekter, såväl vetenskapliga som för naturvården, fritidsfisket, yrkesfisket, fiskevården och matfiskodlingen. På grund av bl a vattenkraftexploatering är dessa stammar utrotningshotade och de finns idag endast i restbestånd på ursprungslokalen i Gullspångsälven (Fiskeristyrelsen 1984, Ros 1981, 1986).

De avelsbesättningar av gullspångslax och -öring, som idag finns ute på olika fiskodlingar, är mer eller mindre inavlade (Ring & Hanell 1987, Ring et al. 1990). Kritik har också framförts mot detta av en del genetiker (se bl a tidningen Land nr 38, september 1988 och Sveriges Natur nr 6, 1989). Även Ring & Hanell (1987) betecknar det bevarandearbete som bedrivits hittills som, genetiskt sett, ett misslyckande.

Den del av bevarandearbetet med gullspångslax och -öring som bedrivs i odling måste därför omstartas utifrån de förutsättningar som gäller idag. Vid utarbetandet av program för att försöka bevara hotade fiskarter/stammar måste bevarandegenetiska aspekter beaktas (Meffe 1986). Teorin bakom förändringar i genetisk variation i små populationer och dess tillämpning vid odling av laxfiskstammar har diskuterats av flera författare (Allendorf & Phelps 1980, Ryman & Ståhl 1980, Hynes et al. 1981, Krueger et al. 1981, Tave 1984, Nyman 1986, Allendorf & Ryman 1987).

Odlingsbakgrunden till de avelsbesättningar som finns vid Fiskeristyrelsens försöksstation i Kälarne har utretts av Ring & Hanell (1987). De konstaterar att avelslinjerna där bör kunna spela en viktig roll i det framtida avelsarbetet eftersom de trots allt

utgör det bästa avelsmaterialet som finns i odling.

Genetisk variation som gått förlorad kan inte återskapas. Den enda möjligheten att förbättra en inavlad stam är att korsa in nya gener från det vilda beståndet eller från andra avelslinjer om sådana finns. Avelsfiske vid leken i Gullspångsälven är inte längre en framkomlig metod. Alldeles för få fiskar kan fångas på det sättet. De bör dessutom skyddas från fiske och tillåtas leka naturligt. Ett annat alternativ är att elfiska på uppväxtlokaler under några år för att på så sätt erhålla ett antal, förhoppningsvis obesläktade, fiskar. Dessa kan sedan födas upp till könsmogen ålder och korsas in i de avelslinjer som hålls i odling.

Av den anledningen genomförde personal från Fiskeristyrelsens utredningskontor i Jönköping elfisken i Åråsforsarna i Gullspångsälven under åren 1986-89. Lax och öring från dessa fisken har tagits till Kälarne. Syftet är att, när fiskarna uppnått könsmognad, använda dem för inkorsning i avelslinjerna i Kälarne.

MATERIAL SOM TAGITS IN TILL KÄLARNE

Fisk från elfisken i Gullspångsälven 1986, 1987 och 1989

Vid elfisket 19 september 1986 fångades 105 laxar och 24 öringar. Samtliga var 1-somriga. Av laxen togs 40 st i övre forsen och 65 st i nedre. Fisken transporterades till fiskodlingen i Källefäll (endast 100 laxar). Efter en tid överfördes hälften av materialet till Sävenfors fiskodling. All fisk i denna odling dog. Även i Källefäll var dödligheten hög, vilket medförde att få fiskar från 1986 års fiske kom till Kälarne.

Elfisket 3 oktober 1987 resulterade i en fångst på 11 st laxar (8 st 0+, 3 st 1+) och 21 st öringar (17 st 0+, 4 st 1+). Det bedömdes att många individer av såväl lax som öring kunde härstamma från samma föräldrar, eftersom fiskarna fångades nära varandra. Denna fisk togs dels till Källefäll, dels till Sävenfors.

Den överlevande fisken från dessa båda elfisken kom till Kälarnes smittskydd den 16 december 1987. Totalt togs 17 st laxar och

24 öringar in till Kälarne (Tabell 1). Fisken fick gå osorterad till både art och storlek i ett tråg. Automatisk matning med blandade foderstorlekar startades den 21 december.

Tabell 1. Antal lax och öring erhållna vid elfisken i Gullspångsälven 1986 och 1987 och intagna till försöksstationen i Kälarne från Källefäll och Sävenfors den 16 december 1987.

	Källefäll	Sävenfors
Lax		
Årsklass 86	12	0
Årsklass 87	4	1
Öring		
Årsklass 86	2	20
Årsklass 87	2	0

Den 24 september 1988 genomfördes en elfiskeinventering i Åråsforsarna. Någon fisk togs inte till uppväxt i odling vid detta tillfälle.

Nya elfisken gjordes den 4 och 5 februari 1989 i såväl övre som nedre Åråsforsen. Fisken togs denna gång direkt till Kälarne och sattes i ett tråg i smittskyddet den 6 februari. Antalet uppskattades till 60-65 laxar och 10-15 öringar.

Rom från 2 honor som härstammar från vildfångad gullspångslax

I april 1988 erhöll Kälarne ögonpunktad rom från 2 st gullspångslaxar i Brattfors laxodling. De båda honor som producerat rommen hade fångats i Klarälven 1987. De var båda odlad fisk av årsklass 1981, som hade satts ut som smolt 1983 i Klarälven. Båda var fenklippta och därför möjliga att identifiera. Dessa båda "Brattforshonor" var i sin tur avkommor till vilda gullspångslaxar, fångade vid avelsfiske i Gullspångsälven hösten 1980. Den hösten användes 4 honor och 1 hanne i avelsarbetet (Ring & Hanell 1987), vilket betyder att "Brattforshonorna" var halv-eller helsyskon.

De båda "Brattforshonorna" korsades med var sin hanne enligt Tabell 2. Hannarna var andra generationen i odling (F_2) och likaså av årsklass 1981. De härstammade från Kälarne, linjen Kälarne-Anten-Brattfors.

Tabell 2. Data för 2 romgrupper från 2 laxhonor som kom till Kälarne från Brattfors i april 1988.

Grupp 1 Hona 5.6 kg/82 cm Romstorlek 39 st/25 cm
Hane 6.4 kg/85 cm Härstammande från Kälarnematerial (F₂)
Antal rom: 1 100 st

Grupp 2 Hona 5.6 kg/80 cm Romstorlek 39 st/25 cm
Hane 7.8 kg/95 cm Härstammande från Kälarnematerial (F₂)
Antal rom: 1 100 st

Anm.: 39 st/25 cm = 4 599 st/l (Brofelds skala)

BLIVANDE AVELSBESÄTTNINGAR AV GULLSPÅNGSLAX I KÄLARNE

Årsklass 1985

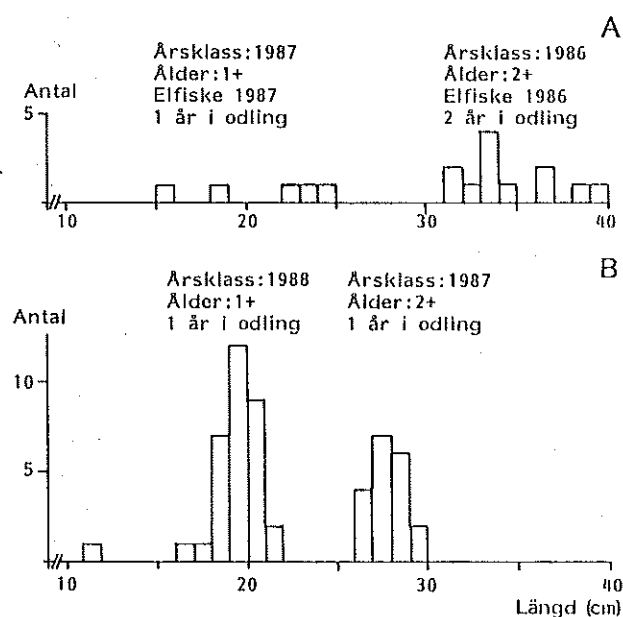
Denna besättning är 3:e generationen (F₃) i odling. Den ingår i den linje som har sitt ursprung i årsklass 1970, dvs avelsfisket 1969 i Gullspångsälven. Årsklass 1970 kom till Kälarne den 29 maj 1972. Andra generationen i denna linje utgjordes av årsklass 1977. Bakgrunden till årsklass 1985 har beskrivits utförligt av Ring & Hanell (1987). Till följd av ett litet antal föräldrafiskar, både vid skapandet av årsklass 1970 och årsklass 1977, uppstod s k "flaskhalseffekt" och den genetiska variationen har minskat betydligt i denna avelslinje. Ring et al. (1990) har beräknat att avelsbesättningen av årsklass 1985 har kvar högst 94% men minst 71% av den genetiska variationen efter 3 generationer i odling. Den består idag av ca 300 honor och 300 hannar och producerade rom första gången under hösten 1989. Fisken är omärkt. Den går för närvarande i en avelsdamm.

Lax från elfisket 1986 och 1987

Antalet laxar från elfiskena 1986 och 1987 är alltså 17 st. De är fettfeneklippta och märkta med Carlin-märken. De går tillsammans med årsklass 1985 i en avelsdamm. Vid märkningen i november 1988 bedömdes 12 st vara av årsklass 1986 och 5 st av årsklass 1987 (Figur 1A).

Lax från elfisket 1989

Denna grupp längdmättes och märktes i februari 1990 och bestod då av 52 individer. Längdfördelningen visade att 33 fiskar torde vara årsklass 1988 och 19 st årsklass 1987 (Figur 1B). De går f n i ett 4 m²-tråg. De är märkta genom klippning av fettfena och höger bukfena.



Figur 1A. Gullspångslax fångad vid elfiskena i september 1986 och oktober 1987. Längdfördelning den 24 november 1988. n=17.

B. Gullspångslax fångad vid elfisket i februari 1989. Längdfördelning den 13 februari 1990. n=52. I figurerna anges uppskattad årsklass och ålder (se texten).

Avkomma från 2 honor i Brattfors

Dessa båda syskongrupper utgör andra generationen i odling och är av årsklass 1988. Mödrarna har tillbringat en del av sin uppväxttid i det fria (se ovan). Antalet fiskar i varje grupp har slumpmässigt kullats ned till först 50 st och sedan 25 st (900213). Grupperna har frysmärkts så att de går att skilja åt. De går för närvarande i ett 4 m²-tråg tillsammans med laxen från elfisket 1989.

BLIVANDE AVELSBESÄTTNINGAR AV GULLSPÅNGSÖRING I KÄLARNE

Årsklass 1986

Av gullspångsöring årsklass 1986 finns i Kälarne en besättning, som är reserverad till att utgöra den tredje generationen avelsfisk. Den skapades genom att 200 st ögonpunktade romkorn togs från alla de 28 romlådor i vilka rommen från kramningen hösten 1985 hade lagts in. Rommen representerade 10 hanner och 76 honor. Linjen härstammar från avelsfisket i Gullspångsälven 1962, dvs årsklass 1963 var den första i odling. Den andra generationen i odling utgjordes av årsklass 1972 (för utförligare information se Ring & Hanell 1987). Graden av inavel i denna årsklass har av Ring & Hanell (1987) beräknats till 13%, vilket är en högst betydande förlust av genetisk variation redan efter 2 generationer i odling. (Observera att det angivna värdet i Ring & Hanell (1987) är felaktigt.) Vid skapandet av årsklass 1986 har inavelsgraden ökat till 14% (Bilaga 1).

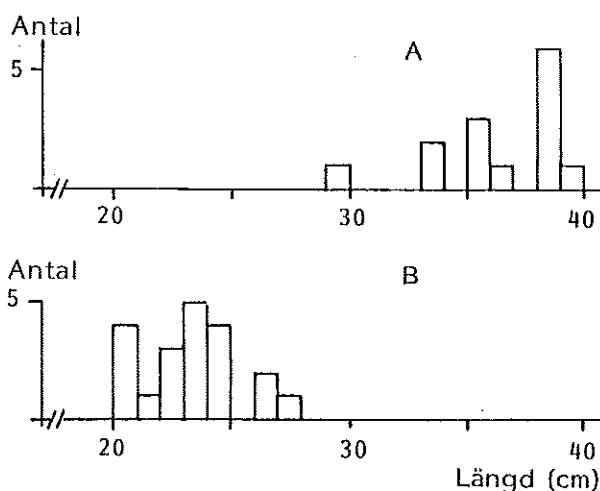
Den blivande avelsbesättningen av årsklass 1986 består för närvarande av ca 500 individer, som är omärkta och går i en avelsdamm. Den förväntas inte kunna producera rom förrän hösten 1990.

Elfiskat material

Från elfisket 1986 och 1987 finns idag 14 öringar i Kälarne, samtliga troligen av årsklass 1986 (Figur 2A). De är fettfeneklipta och märkta med Carlin-märken. De går tillsammans med den ovan beskrivna blivande avelsbesättningen av årsklass 1986 i en avelsdamm.

Från elfisket 1989 finns 20 st öringar,

troligen av årsklass 1988 (Figur 2B). De märktes i februari 1990 genom klippning av fettfenan och högra bukfenan. Dessutom märktes de subcutant med en ny typ av individmärken, s k VI-märken (VI = visible implants), alldeles bakom ögat.



Figur 2A. Gullspångsöring fångad vid elfiskena i september 1986 och oktober 1987. Längdfördelning den 24 november 1988. Årsklass 1986. n=14.
B. Gullspångsöring fångad vid elfisket i februari 1989. Längdfördelning den 13 februari 1990. Årsklass 1988. n=20.

PRELIMINÄRA PLANER FÖR BEVARANDEARBETET

Gullspångslax

Förslaget till avelsplan för gullspångslax framgår av Bilaga 2.

Hösten 1989 användes årsklass 85 (F₃) i kramningsarbetet för första gången (jungfrurom). För att skapa en ny avelsbesättning korsades 26 honor med 26 hanner, korsningskvot 1:1. En av hannarna kom från gruppen som tagits i elfisket 1986-87. Den nya, blivande avelsbesättningen är alltså av årsklass 1990 (F₄) och bestod vid utsättningen i tråg 16 mars 1990 av ca 5 000 individer. Denna grupp får successivt från 1993 ta över romproduktionen efter årsklass 1985. Den kommer förmodligen att svara för romproduktionen under perioden 1993-96.

Hösten 1990 korsas honor av årsklass 85

med hannar av samma årsklass. Honor av årsklass 85 korsas också med hannar av årsklass 86-87 (elfiskade). Dessutom korsas honor av årsklass 86-87 (elfiskade) med hannar av årsklass 85. Rommen läggs in som blandrom. Vid varje kramningstillfälle skall om möjligt minst 30 fiskar av vardera könet användas. Korsningskvoten skall vara 1:1 eller 2:2. Eventuellt läggs en ny blivande avelsbesättning upp som reserv (årsklass 1991). Den mesta rommen beräknas dock gå till produktion.

Hösten 1991 kramas efter samma schema som 1990.

Hösten 1992 är det dags för det korsningsarbete, som skall ge en ny avelsbesättning, grundad på all avelsfisk av olika ursprung som finns i Kälarne. Härvid är det viktigt att de 4 olika material som står till buds utnyttjas maximalt. Det antal fiskar som anges här grundar sig på en bedömning av hur många individer som kommer att överleva fram till hösten 1992. De verkliga antalen kan givetvis bli annorlunda.

Honor från avelslinjen i Kälarne, årsklass 85 (ca 27 st) korsas med hannar från elfisket 1986-87 (ca 5 st), med hannar från elfisket 1989 (ca 20 st) och med 2 st hannar årsklass 88 av härstamning Brattfors (en från vardera syskonkullen).

Honor från elfisket 1986-87 (ca 5 st) korsas med hannar från avelslinjen i Kälarne, årsklass 85.

Honor från elfisket 1989 (ca 20 st) korsas med hannar från avelslinjen i Kälarne, årsklass 85 (ca 18 st), samt med hannar av årsklass 88 "Brattfors" (2 st).

Honor av årsklass 88 "Brattfors" (4 st, 2 från vardera syskonkullen) korsas med hannar från avelslinjen i Kälarne, årsklass 85 (4 st).

Totalt kommer ca 56 honor och ca 56 hannar att användas i avelsarbetet. Korsningskvoten skall vara 1:1.

Rommen från varje hona läggs in separat. På ögonpunktstadiet, eller eventuellt yngelstadiet, tas lika många avkommor från varje hona (50-100 st) och blandas. Denna blandbesättning delas upp på två enheter som reserveras till en ny blivande avelsbesättning, som då blir årsklass 1993. Denna beräknas kunna producera rom första gången hösten 1997.

Gullspångsöring

Hösten 1992 kan troligen de tre materialen av gullspångsöring samkorsas för första gången. Fisken från elfisket 1989 (årsklass 88) är då 5-somrig. Tyvärr är inte antalet individer från detta elfiske lika stort som för lax. För att uppnå det teoretiska minimumtalet av föräldrar som rekommenderas, $N_e \geq 50$, men ändå försöka hålla andelen vildfångad öring hög, föreslås följande korsningar (Bilaga 3):

Honor från avelslinjen i Kälarne (årsklass 86, F₃) (18 st) korsas med hannar från elfisket 1986-87 (F₁) (5 st), hannar från elfisket 1989 (F₁) (7 st) och hannar från avelslinjen i Kälarne (årsklass 86, F₃) (6 st).

Honor från elfisket 1986-87 (F₁) (5 st) korsas med hannar från avelslinjen i Kälarne, årsklass 86 (F₃) (5 st).

Honor av årsklass 88 från elfisket 1989 (F₁) (7 st) korsas med hannar från avelslinjen i Kälarne, årsklass 86 (F₃) (7 st).

Korsningskvoten skall vara 1:1. Totalt kommer 30 honor respektive hannar att användas i avelsarbetet.

Rommen från varje hona läggs in separat. På ögonpunktstadiet eller eventuellt yngelstadiet tas lika många avkommor ur varje syskongrupp och blandas. Blandbesättningen delas sedan upp på två odlingsenheter som reserveras till en ny blivande avelsbesättning, som blir årsklass 1993. Denna kan troligen producera rom första gången 1997.

LITTERATUR

- Allendorf, F.W. & S.R. Phelps. 1980. Loss of genetic variation in a hatchery stock of cutthroat trout. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 109: 537-543.
- Allendorf, F.W. & N. Ryman. 1987. Genetic management of hatchery stocks. p. 141-159. *In* Population genetics and fishery management. Eds: N. Ryman & F. Utter. Univ. Washington Press, Seattle.
- Falconer, D.S. 1981. Introduction to quantitative genetics. Longman, Inc., N.Y. 340 p.
- Fiskeristyrelsen. 1984. Bevarande av de svenska fiskbeståndens genetiska resurser. Rapport 1984-09-12. Dnr 309-4433-82. 54 p. + bil.

- Hynes, J.D., E.H. Brown Jr, J.H. Helle, N. Ryman & D.A. Webster. 1981. Guidelines for the culture of fish stocks for resource management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 1867-1876.
- Krueger, C.C., A.J. Gharett & T.R. Dehring. 1981. Genetic aspects of fisheries rehabilitation programs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38:1877-1881.
- Meffe, G.K. 1986. Conservation genetics and the management of endangered fishes. *Fisheries* 11:14-23.
- Nyman, L. 1986. Avelsmetodik för fiskevården. (English summary: A breeding methodology for fisheries management.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (2). 20 p.
- Ring, O. & L. Hanell. 1987. Genetisk bakgrund till avelsstammarna av gullspångslax och gullspångsöring i Kälarne. (English summary: Genetic background of brood stocks of Gullspång salmon and brown trout at the Fisheries Board's Kälarne hatchery.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (6). 44 p.
- Ring, O., L. Hanell & J. Henricson. 1990. Analys av det svenska avelsmaterialet av gullspångslax 1990. (English summary: Analysis of the Swedish brood stock of salmon from River Gullspångsälven in 1990.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3):1-8.
- Ros, T. 1981. Salmonids in the Lake Vänern area. In *Fish gene pools*. Ed.: N. Ryman. *Ecol. Bull. (Stockholm)* 34:21-31.
- Ros, T. 1986. Lax och öring i Gullspång. Skaraborgsnatur. Årsskrift för Skaraborgs läns naturskyddsförening 23:5-17.
- Ryman, N. & G. Ståhl. 1980. Genetic changes in hatchery stocks of brown trout *Salmo trutta*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:82-87.
- Tave, D. 1984. Effective breeding efficiency: An index to quantify the effects that different breeding programs and sex ratios have on inbreeding and genetic drift. *Prog. Fish-Cult.* 46:262-268.

ENGLISH SUMMARY: CONSERVATION OF GENETIC RESOURCES: NATIONAL BREEDING PLANS FOR THE SALMON AND TROUT STOCKS OF RIVER GULLSPÅNGSÄLVEN

The landlocked Gullspång salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) are considered to be the two most valuable salmonid stocks in Sweden. Today the native populations in River Gullspång (Lake Vänern) are close to extinction. The brood fish, kept in some hatcheries, are more or less inbred. The most important domestic brood stocks of both species are kept at the Fisheries Experimental Station in Kälarne. The present salmon brood fish are of year class 1985 and the trout of year class 1986. They both constitute the third generation in captivity.

In the autumn 1986 and 1987, and in February 1989, one and two-summer-old fish were captured with electrofishing in River Gullspång. The fish were taken to Kälarne and today they number 69 salmon and 34 trout.

Breeding plans for the most effective use of the different materials are proposed. The purpose is to outcross the fish caught by the electrofishing with fish from the domestic brood stocks, to increase the genetic diversity and reduce the degree of inbreeding in Gullspång salmon and Gullspång brown trout in Kälarne. The crosses are planned to take place in the autumn 1992, as the electrofished fish should be sexually mature at that time. The offspring will be year class 1993. From this year class new, future brood stocks of salmon and trout, respectively, will be established. The new brood stocks are estimated to produce eggs for the first time in the autumn 1997.

BILAGA 1

Beräkning av inavelsgraden hos avelslinjen av gullspångsöring i Kälarne enligt formlerna (Falconer 1981):

$$N_e = \frac{4 * N_m * N_f}{N_m + N_f}$$

$$F_t = \frac{1}{2 N_e} + \left(1 - \frac{1}{2 N_e}\right) F_{t-1}$$

- N_e = den effektiva populationsstorleken vid skapandet av en ny generation
 N_m = antal hannar
 N_f = antal honor
 F_t = inavelskoefficienten

Generation	1	$N_e = 10$
"	2	$N_e = 6$
"	3	$N_e = \frac{4 * 10 * 76}{10 + 76} = 35$

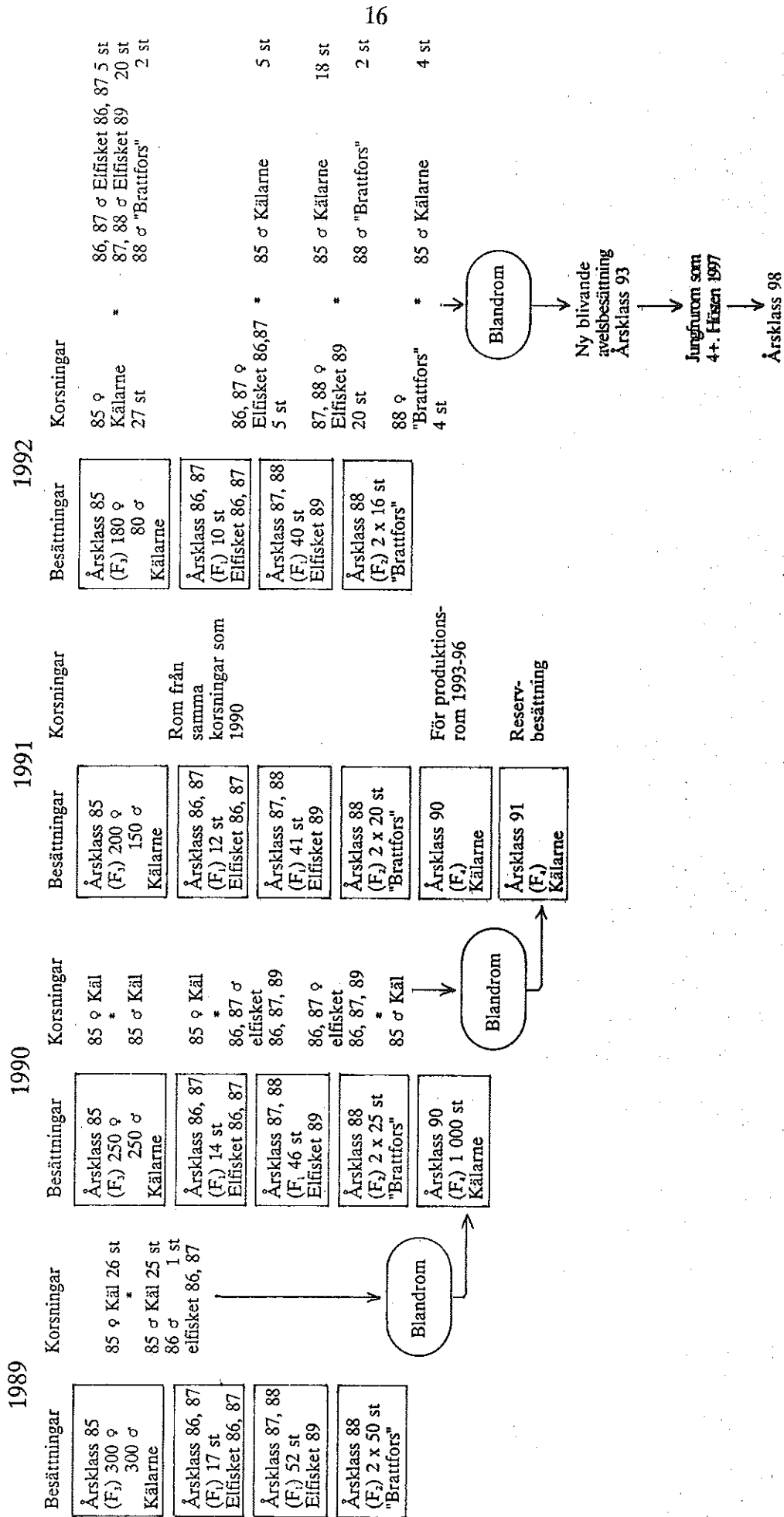
$$F_1 = \frac{1}{2 * 10} = 0.05$$

$$F_2 = \frac{1}{2 * 6} + \left(1 - \frac{1}{2 * 6}\right) * 0.05 = 0.129$$

$$F_3 = \frac{1}{2 * 35} + \left(1 - \frac{1}{2 * 35}\right) * 0.129 = 0.142$$

BILAGA 2

Avelsplan för gullspångslax vid Fiskeristyrelsens försöksstation i Kälarne. Se texten!



BILAGA 3

Avelsplan för gullspångsöring vid Fiskeristyrelsens försöksstation i Kälarne.

1990 Besättningar	1991 Besättningar	1992 Besättningar	Korsningar	
Årsklass 86 (F ₃) 200 ♀ Käl 180 ♂	Årsklass 86 (F ₃) 180 ♀ Käl 100 ♂	Årsklass 86 (F ₃) 160 ♀ Käl 80 ♂	86 ♀ Kälarne * 18 st	86 ♂ Elf 86,87 5 st 88 ♂ Elf 89 7 st 86 ♂ Käl 6 st
Årsklass 86 (F ₁) 12 st Elfisket 86,87	Årsklass 86 (F ₁) 11 st Elfisket 86,87	Årsklass 86 (F ₁) 10 st Elfisket 86,87	86 ♀ Elf 86,87 * 5 st	86 ♂ Käl 5 st
Årsklass 88 (F ₁) 18 st Elfisket 89	Årsklass 88 (F ₁) 16 st Elfisket 89	Årsklass 88 (F ₁) 14 st Elfisket 89	88 ♀ * Elf 89 7 st	86 ♂ Käl 7 st
	Årsklass 91 (F ₄) Kälarne Reserv	Årsklass 91 (F ₄) Kälarne Reserv		

ODLINGSFÖRSÖK MED VÄNERNLAX

Pontus Elvingson

SLU, Vattenbruksinstitutionen, Box 7023, 750 07 UPPSALA

INLEDNING

I mitten av 1980-talet beviljades medel av Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd (SJFR) för en undersökning av Vänerlaxens potential för matfiskodling. Tanken att odla stor lax i sötvatten är inte ny och flera odlare har provat men i de flesta fall med dåligt resultat.

Syftet med försöket, som pågått i två år, var att jämföra tillväxt och könsmodningsgenskaper mellan stammarna klarälvslox, gullspångslax och gullspångsöring. Studien inkluderar även två östersjöloxstammar nämligen från Luleälv och Dalälven. En del erfarenhet finns av dessa stammar vid kasseodling i brackvatten men tyvärr med otillräcklig dokumentation.

MATERIAL OCH METODER

På våren 1988 införskaffades två-åriga lax- och öringungar från tre sättfiskodlingar (Tabell 1). Fiskmaterialet som användes

kom från ett brett föräldraunderlag i syfte att göra stamjämförelsen så representativ som möjligt.

Försöket genomfördes vid två kommersiella fiskodlingar. Odling A är belägen i sötvatten (i en insjö) i Dalarna medan odling B är lokaliserad i brackvatten i St Annas skärgård, Östergötland.

I odling A jämfördes de tre olika stammarna från Vänern medan i den andra odlingen även nämnda östersjöstammar inkluderades. I den ursprungliga försöksplanen var vår avsikt att även odla östersjöloxen i sötvatten, men denna plan fick överges i sista stund pga smittskyddsrestriktioner.

All fisk var sorterad så att ingen tidigt könsmoden lax och öring fanns med i materialet. Skälen till detta var flera. Dels bedömdes den könsmodna fisken antingen dö pga hudinfektioner eller prestera mycket dåligt, dels var det praktiska begränsningar i märkeskombinationer som gjorde att vi uteslöt denna fisk från försöket.

Tabell 1. Vikt, längd och könsmodningsuppgifter för två-årig smolt av testade stammar våren 1988.

Art/stam	Antal fisk per stam i försöket	Smolt		Könsmodna			Uppfödningss-plats
		vikt g	längd mm	vikt g	längd mm	%	
Luleälvslox	1500	77.6	19.0	58.5	16.4	40.8	LFI
Dalälvslox	1500	96.1	20.8	69.1	17.6	43.8	LFI
Klarälvslox	1500	59.8	18.3	54.0	16.9	7.0	Brattfors f.
Gullspångslax	1500	43.9*	13.9	36.4	13.5	9.5	Kälarne f.
Gullspångsöring	1500	85.3	17.1	93.8	17.8	8.4	Kälarne f.

* En del fisk var för liten för att smoltifiera och sorterades därför bort. Medelvikten efter bortsortering blev 53.2 gram.

Fisk från varje stam märktes genom fenklippning, sammanblandades vid ankomsten och hölls därefter i en och samma kasse under resten av odlingsperioden på respektive odling. Under hela försöksperioden förde odlaren anteckningar över vattentemperatur, foderförbrukning och dödlighet. Under vår och höst gjordes stickprovsmätningar för tillväxt. Tidigt köns mogen fisk, efter första tillväxtsången i kasse, registrerades och utgick sedan ur försöket. Köns mogen fisk andra tillväxtsången registrerades likaledes men fortsatte i försöket. Vid midsommartid det tredje odlingsåret avslutades försöket med att ca 100-150 slumpvis utvalda fiskar från varje stam slaktades och registrerades.

Följande mätningar gjordes vid slakt:

- identitet
- vikt rund (noggrannhet 2.5 gram)
- gaffellängd (noggrannhet 2.5 mm)
- fettpoäng (femgradig skala där högsta värdet representerade mycket inälvsfett)
- yttre skador eller defekter
- kön
- lektillfälle (i skala ett till tre där 1=tidigare köns mogen, 2=begynnande köns mognad, 3=ej köns mogen)
- vikt urtagen (registrerades för hälften av fisken i odling B och samtliga i odling A).

Från uppgifter om rundvikt och längd räknades konditionsfaktorn fram: konditionsfaktor = (vikten (g)/längden³(mm)) * 100.

Tillväxten uttryckt i procent per dag beräknades enligt formeln: Tillväxtprocent/dag = $(\ln x_1 - \ln x_2) / (t_1 - t_2)$ där x_1 och t_1 är medelvikten vid respektive datum för slakt och x_0 och t_0 är medelvikten vid respektive datum för försökets start.

Materialet analyserades efter den fixa modellen:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + P_k + (\beta P)_{jk} + e_{ijkl} ;$$

Där: Y_{ijkl} = längden, vikten, konditionsfaktorn, fettpoäng eller skadetyper för ijkl-te fisken

μ = ett gemensamt medelvärde för alla fiskar

α_i = effekten av stam i

β_j = effekten av kön j

P_k = effekten av lektillfälle (1= köns mogen vid 3.5 år, 2= köns mogen vid 4.5 år, 3=ej köns mogen vid 4.5 år)

$(\beta P)_{jk}$ = samspelet mellan j-te könet och k-te lektillfället

e_{ijkl} = den slumpmässiga resteffekten för ijkl-te fisken.

Ovanstående modell testades även för eventuella ytterligare tvåvägssamspel (stam * kön), (stam * lektillfälle) och trevägssamspel (stam * kön * lektillfälle) dock utan att dessa termer var signifikanta.

För analysen av de kvantitativa variablerna utnyttjades ett programpaket (SAS 1985) med en procedur (GLM) för variansanalys av obalanserade data.

För att testa skillnader mellan stammarnas incidensnivåer för köns mognad utnyttjades ett program för kategoriska data, (CATMOD procedure i SAS (1985)). En logistisk fördelningsfunktion utnyttjas här som approximation av den standardiserade normalfördelningen. Enbart honornas köns mognadsutfall analyserades.

RESULTAT

Dödlighet och skador

Odlingsssäsongerna 88/89 var ovanligt varma, vilket gav höga vatten temperaturer i båda odlingarna med reducerad aptit hos fisken som följd. I odling A var dock temperaturen genomgående högre. Vattentemperaturen höll sig t ex över 19°C under fem respektive fyra veckor av första och andra odlingsomnaren. För odling B var vattentemperaturen för motsvarande perioder knappt fyra respektive två veckor.

Högre dödlighet (28%) noterades för klarvslaxen i sötvattenodlingen under den första odlingsssäsongen. Merparten av dessa fiskar var extremt magra och små vilket indikerar att de troligtvis ej kommit igång att äta efter försökets start.

I samband med slakt kunde vi konstatera att denna stam även hade en signifikant

högre frekvens hudförändringar (71%), troligen orsakad av svamp, flexibakterier eller costia (en hudparasit), än gullspångslaxen (12%) och öringen (6%). Detta var i viss mån beroende av om fisken varit köns mogen tidigare (40% mot 23%).

I brackvattenodlingen noterades ett vibriangrepp på hela odlingsmaterialet den första säsongen. Fisken medicinerades mot detta. Gullspångsöringen drabbades här betydligt hårdare med högre dödlighet (48%) än laxen (8%), vilket kan tyda på artskillnader för motståndskraft mot denna typ av vibrios.

Könsmognad

En av de viktigaste förutsättningarna för att kunna odla en stor fisk är att fisken ej blir tidigt köns mogen, då tillväxten därefter bromsas upp. Tabell 1 visar stora skillnader mellan stammarna för egenskapen köns mognad. Vi ser att initialt i det ursprungliga odlingsmaterialet proportionen tidigt köns mognar var högre för de båda östersjöstammarna. Dessa skillnader kan bero både på miljön och arvet, men eftersom försöket startade först efter att dessa fiskar hade avlägsnats gick det inte skilja dessa faktorer åt.

Efter en tillväxtsång i kassar hade gullspångsöringen en betydligt högre köns mognadsprocent (17.7 till 24% beroende på odling) jämfört med klarälvs laxen. Huruvida detta gäller även i jämförelse med östersjöstammarna är svårtolkat, eftersom en så stor andel av hannarna redan sorterats bort i dessa stammar. Om vi bara jämför honornas köns mognadsfrekvens (Tabell 2) så visar resultaten att honor från gullspångstammen blir genomgående sent köns mogna, bara 5 till 10 procent av laxen och 1 procent av öringen (beroende på odling) var köns mogna efter andra odlings säsongen, medan honor från Klarälven blir tidigt köns mogna, 76 till 84 procent efter andra odlings säsongen. Skillnaderna mellan lax och öring var ej signifikanta. De relativa skillnaderna mellan stammarna överensstämmer väl med tidigare undersökningar på vild vänernlax där klarälvs laxen i regel uppges bli köns mogen efter 3 år i sjön jämfört med gullspångslaxen och öringen som blir köns mogna ett eller två år senare (Runnström 1940). De båda östersjöstammarna intar här en mellanställning där över hälften av honorna av luleälvs stammen och 25% av dalälvs stammen var köns mogna redan andra odlings säsongen. Skillnaderna mellan dessa stammar och klarälvs laxen var dock ej signifikanta.

Tabell 2. Köns mognadsutfall för stammarna uppdelat efter ålder. Siffrorna inom parentes uttrycker den procentuella andelen köns mogna honor vid samma tillfälle. Bokstäver inom parentes visar vilka stammar (honor) som ej är signifikant åtskilda för köns mognadsutfall. Övriga är minst $p > 0.001$ åtskilda. Jämförelser gäller bara inom odling.

Ålder år	Odling A				Odling B			
	klarälvslax %	gullsp.- lax %	gullsp.- öring %	klarälvslax %	gullsp.- lax %	gullsp.- öring %	dalälvslax %	luleälvslax %
1.5*	7	10	8	7	10	8	44	41
2.5	0	0	18	1	0	24	2	3
3.5	85 (76)	39 (10) (ö)	39 (1) (ö)	88 (84) (d,f)	10 (5) (ö)	30 (1) (ö)	32 (25) (k,l)	62 (55) (k,d)
4.5	100 (100)	59 (63)	78 (77)	93 (92)	82 (90)	87 (89)	97 (100)	95 (97)

* Smolt

Tabell 3. Tillväxtresultat för stammarna. Värdena är justerade för effekterna av kön, könsmognadstidpunkt och samspelet mellan kön och könsmognadstidpunkt. Bokstäver inom parentes visar vilka stammar som ej är signifikant åtskilda. Övriga är minst $p > 0.001$ åtskilda. Jämförelser gäller bara inom odling.

Egenskap	Odling A			Odling B				
	klarälvs- lax (k)	gullsp.- lax (g)	gullsp.- öring (ö)	klarälvs- lax (k)	gullsp.- lax (g)	gullsp.- öring (ö)	dalälvs- lax (d)	luleälvs- lax (l)
Tillväxt i procent/dag	0.21	0.31	0.27	0.30 (ö)	0.37	0.30 (k)	0.32	0.33
Rundvikt (g)	632	1712	1722	1875	3538 (d,l)	2356	3416 (g,l)	3333 (g,d)
Urtagen vikt(g)	570	1540 (ö)	1583 (ö)	1641	3237 (l)	2127	2756 (l)	3095 (g,d)
Längd (mm)	360	479	496	493	605	549	646	628
Konditionsf.	1.34 (ö)	1.50	1.37 (k)	1.43	1.51	1.39	1.21	1.28
Fettpoäng*	2.7 (ö)	3.1	2.6 (k)	2.5 (l)	3.7	2.9	2.3 (l)	2.2 (k,l)

* Mängden fett graderades i en skala 1 till 5, där 5 representerade mycket fett.

Tillväxt

I Tabell 3 ser vi att det finns stora skillnader i tillväxtresultat både mellan och inom odlingar. Förklaringarna till skillnaderna mellan odlingarna kan vara flera. Den viktigaste enskilda faktorn till det sämre resultatet i sötvattensodlingen var troligen för hög vattentemperatur, möjligen i kombination med ett sämre vattenutbyte, vilket påverkade aptiten och "trivseln" negativt. För laxen uppnåddes medelvikt på knappt hälften av resultatet på motsvarande brackvattensodling. För öringen var motsvarande skillnad mindre.

På stamnivå ser vi, att gullspångslaxen hade den signifikant högsta tillväxten i procent per dag av de jämförda stammarna i båda odlingarna. Detta uttryck för tillväxt tar hänsyn till de initiala skillnaderna mellan stammarna vid försökets början, vilket leder till en rättvisare jämförelse än vad den absoluta vikten vid slakt visar. Intressant att notera är, att fisk från denna stam också

hade en högre konditionsfaktor (dvs kroppsformen var mer kompakt) och den hade också följaktligen mer fett (högre fettpoäng) lagrat kring inälvorna vid slakt, jämfört med de andra stammarna. Dess motsats var återigen klarälvs-laxen, som uppvisade den lägsta tillväxthastigheten i sötvatten och tillsammans med öringen hade den sämsta tillväxten även i brackvatten.

Effekten av kön och könsmognad på vikten vid slakt var påfallande. En fisk som varit könsmogen på hösten året innan slakt vägde vid slakt 26 till 31% (beroende på kön) mindre än en fisk, som förväntas bli könsmogen kommande höst. Hanar var i regel större än honor (5-15%) inom könsmognadsklass. En fisk som klassificerades som icke könsmogen var i gengäld något lättare (5-10%) än fisk som skulle bli könsmogen kommande höst. Könsmogen fisk, speciellt honor som varit könsmogna tidigare, hade mycket tunna bukväggar, låg fettpoäng och låg konditionsfaktor.

DISKUSSION

I Sverige odlas idag en mycket blygsam mängd lax (771 ton, 1989).

De odlare som odlar lax köper ofta smolten ifrån kompensationsodlingar. Ett problem med sådan smolt är dess varierande odlingsegenskaper.

Ett sätt som praktiseras bland vissa odlare för att sänka andelen tidigt könsmogen fisk i en laxbesättning är att utsortera hanar redan i parrstadiet. Detta beror på att hanar generellt blir tidigare könsmogna än honor under havsstadiet (Gjerde 1984) och inte, som man kan förvänta sig, visar ett positivt samband mellan könsmognad som parr och tidig könsmognad i havet (Refstie 1990). Att en sådan åtgärd minskar andelen tidig könsmognad i en population indikerar resultaten från detta försök. Dock inte tillräckligt eftersom även honorna i alltför stor utsträckning blir tidigt könsmogna, vilket var fallet för lax från Klarälven och de båda östersjöstammarna. Att som i detta försök undvika att sortera ut könsmogen fisk hösten innan slakt resulterar inte bara i tillväxtförluster utan också betydande kvalitetssänkningar i slaktkroppsegenskaper som fiskens form, bukväggens tjocklek och troligtvis också en låg fetthalt i köttet. Detta påverkar försäljningsvärdet negativt för denna grupp.

I syfte att mer långsiktigt förbättra sättfiskmaterialet är en satsning på ett avelsarbete ett alternativ. Ett del odlare har redan startat med egen selektion av stamfisk. Det primära långsiktiga målet i detta arbete bör vara att förbättra avelsmaterialets produktionssegenskaper vad gäller en snabbare tillväxt men kanske främst en senare könsmognad.

För att snabbt erhålla avelsförbättringar bör man i första hand utnyttja de redan etablerade genetiska skillnader som finns på stamnivå - här finns behov av mer övergripande stamförsök - och sedan utgå från en eller flera av de bästa stammarna som grund för ett fortsatt avelsarbete. Denna strategi genomfördes i Norge redan på 70-talet med goda resultat (Gunnnes & Gjedrem 1978).

Tyvär utgör tillståndsgivningen ett hinder för odlare att odla andra stammar än vad som inskrivits i tillstånden. Detta försvårar givetvis ett gemensamt avelsarbete eller utnyttjande av en speciellt odlingsvärd stam.

En radikal men fullt genomförbar lösning är att börja producera en steril lax (triploid honfisk). En steril lax kan knappast hota älvnära laxbestånds genetiska särart, vilket annars befaras om en främmande stam odlas i närheten av en laxförande älv och rymmer till följd av haverier. Avelsbasen vid en sådan produktion skulle kunna utgöras av t ex gullspångsstammen, som i denna undersökning visat lovande odlingsegenskaper, fränsett dess kanske något för kompakta kroppsform. I ett sådant sammanhang vore det en fördel från sjukdomssynpunkt att kunna hålla hela avelsbasen i sötvatten i en klass 1 odling, vilket delvis är fallet för gullspångslaxen. En steril lax (Benfey et al. 1989) borde även ge betydande produktionsvinster vad gäller tillväxt då en större andel av laxbesättningen når slaktmognad utan att några negativa effekter av tidig könsmognad uppstår.

ERKÄNNANDEN

Jag vill varmt tacka försöksvärdarna Svante och Lisbeth Petterson och Barbro Krogh för deras vänliga bemötande och starka engagemang, vilket bidrog till projektets genomförande. Detta försök genomfördes genom bidrag av Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd (SJFR).

LITTERATUR

- Benfey, T.J., H.M. Dye, I.I. Solar & E.M. Donaldson. 1989. The growth and reproductive endocrinology of adult triploid Pacific salmonids. *Fish Phys. Biochem.* 6(2):113-120.
- Gjerde, B. 1984. Response to individual selection for age at sexual maturity in Atlantic salmon. *Aquaculture* 38:229-240.

- Gunnes, K. & T. Gjedrem. 1978. Selection experiments with salmon. IV. Growth of Atlantic salmon during two years in the sea. *Aquaculture* 15:19-33.
- Refstie, T., 1990. Effekt av kjønnsmoden parr ved oppdrett av Atlantisk laks. *Husdyrforsøksmøte nr. 5*. 134 p.
- Runnström, S. 1940. Vänerlaxens ålder och tillväxt. *Medd. Statens undersökn.- försöksanst. sötvattensfisket, Drottningholm* 18. 38 p.
- SAS. 1985. SAS institute Inc. SAS User's guide: Statistics. Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 956 p.

ENGLISH SUMMARY: GROWTH AND SEXUAL MATURATION IN SEARUN BALTIC SALMON VERSUS LANDLOCKED SALMON AND BROWN TROUT FROM LAKE VÄNERN

The main objectives of this study were to investigate the growth and sexual maturation in two strains of landlocked salmon (Gullspång and Klarälv) and one brown trout strain (Gullspång) from lake Vänern. Two Baltic strains from Luleälven and Dalälven were also included in the trial.

Two-year smolts from three sources were brought to two commercial fish farms in 1988, one located in fresh water and one in brackish water. Only the strains from Lake Vänern were kept on the fresh water farm. At the brackish water site all of the strains were included.

They were raised under mixed conditions in net-pens for two years and the experiment ended before midsummer of the third growing season. The fish were checked for maturity at the beginning of the experiment (as parr) and after the first and second winter in the cages. Each year, except for the last winter, potential spawners were removed from the cages.

At slaughter, a random sample of 100 to 150 fish from each strain and farm was taken. The fish were registered for external appearance, weight, length, sex, maturity and fat deposits around the intestines. The condition factor was calculated from the information on weight and length.

Despite large differences between the farms in growth, the ranking within the Lake Vänern strains was the same, with the highest growth performance and the lowest incidence of early maturity in salmon belonging to the Gullspång strain. These findings agree well with earlier studies on wild populations which describe the salmon strain of Gullspång as a fast growing and late maturing strain, contrary to the performance of the salmon strain from Klarälven.

When comparing the growth rates of the Baltic strains on the brackishwater farm with the salmon of the Gullspång strain, it was obvious that the latter strain had the best growth. A clear difference was also seen in the shape trait, where this strain had a significantly higher condition factor and a higher score for intestinal fat deposits when compared with the other salmon strains and the brown trout strain.