

Kunskapsunderlag och rådgivning

Odling och utsättning av lax och öring i Vänern

Stefan Palm & Johan Dannewitz

1. Bakgrund

I Vänern finns två av världens få kvarvarande insjölevande bestånd av storvuxen Atlantlax (*Salmo salar*). I sjön förekommer även insjövandrande öring (*S. trutta*). Sedan 1800-talet har mänskliga aktiviteter i Vänernområdet, inte minst omfattande vattenkraftsutbyggnad, kraftigt reducerat antalet lokala laxfiskpopulationer och påverkat förutsättningarna för de kvarvarande bestånden (Ros 1981). Idag förekommer lax endast i Klarälven och Gullspångsälven, medan laxen i Norsälven, Byälven och Borgviksån (Borgvikeälven) är utdöd. Även öringen har påverkats negativt och idag återstår endast ett fåtal bestånd med Vänern som uppväxtområde. För mer information om Vänernstammarnas historik hänvisas till tidigare rapport av Palm m.fl. (2012) med referenser.

Vikande och långvarigt svaga vildbestånd i kombination med omfattande odlings- och utsättningsverksamhet samt både yrkes- och fritidsfiske gör förvaltningen av Vänerns laxfiskbestånd komplex. Laxfiskbestånden i Gullspångsälven är små och sårbara. Uppskattningsvis produceras i Gullspångsälven endast ca 300 laxsmolt och ca 800 öringsmolt årligen (Magnusson m.fl. 2018), och beståndens genetiskt effektiva storlekar är oroväckande låga (Palm m.fl. 2012, Palm & Dannewitz 2018).

De vilda bestånden av lax och öring i Klarälven upprätthålls genom s.k. ”trap & transport” av avelsfisk som fångas i Forshaga nära mynningen och transporteras förbi flera kraftverk till lek- och uppväxtområden längre uppströms i älven. De genetiskt effektiva storlekarna på Klarälvens bestånd av lax och öring är större än i Gullspångsälven, men överskrider inte med

säkerhet riktlinjer för genetisk långtidsbevarande för reproduktivt isolerade bestånd (Palm m.fl. 2012, Palm & Prestegaard 2015).

Klarälvens och Gullspångsälvens bestånd av lax och öring kompensationsodlas enligt vattendomar. De fyra stammar som idag odlas är Klarälvslox (K-lax), Klarälvsöring (K-öring), Gullspångslax (G-lax) samt Gullspångsöring (G-öring). Nedan används genomgående dessa stamförkortningar, alternativt "K-fisk" och "G-fisk" etc.

Samtliga fyra odlade stammar (samt de båda vilda K-stammarna) hanteras idag i Klarälvens avelsfiske vid Forshaga. Den befruktade rommen transporteras till fiskodlingen i Gammelkroppa vid Filipstad, där alla de odlade stammarna hålls parallellt. Tidigare avsaknad av fenklippning för att skilja stammarna åt samt hanteringen av flera stammar vid avelsfisket i Forshaga och i odling medför risk för sammanblandning och hybridisering, vilket också skett då bl.a. den odlade G-laxen bär på ett betydande ackumulerat inslag av gener från K-lax samtidigt som K-laxen påverkats genetiskt av G-lax (Palm m.fl. 2012).

Den odlings- och utsättningsstrategi som används har diskuterats flitigt och ifrågasatts. Sedan decennier sätts odlad smolt från samtliga fyra odlingsstammar ut i Klarälven, med risker för genetisk sammanblandning mellan K- och G-fisk (Palm m.fl. 2012). Trots ökad risk för felvandring sätts odlad G-lax och G-öring (samt tidigare även K-lax) även på olika platser i sjön, vilket syftar till att öka överlevnaden på fisken och därmed gynna fisket. En annan fråga som diskuterats är hur stora utsättningsmängderna kan vara utan att äventyra de vilda laxfiskbeståndens status och genetiska integritet eller påverka Vänerns ekosystem via effekter på bytesfiskens numerär.

Detta biologiska underlag sammanfattar kunskapsläget gällande odling av fisk för utsättningsändamål, med särskilt fokus på odlade stammars genetik och bevarande, utsättningsmetoder samt interaktioner mellan odlad och vild fisk. Underlaget utgör del av Havs- och vattenmyndighetens (HaV:s) beställning av biologisk rådgivning från SLU Aqua och syftar till att bistå HaV och länsstyrelserna med information i deras arbete med att se över odlings- och utsättningsprogrammen av lax och öring i Vänern.

Underlaget inleds med en mer allmän genomgång av genetiska aspekter inom ämnet fiskodling. Därefter går vi in mer specifikt på frågor som är aktuella för Vänern och som lyfts av länsstyrelserna och HaV. Flera av dessa frågor har redan behandlats i tidigare rapporter och biologiska underlag från SLU aqua (Palm m.fl. 2012, Palm & Prestegaard 2015, Palm & Dannewitz 2018, Magnusson m.fl. 2018) men sammanfattas här kortfattat.

2. Odling och utsättning av fisk

Odling och utsättning av fisk har en lång tradition i Sverige och andra länder. Utsättning av odlad fisk i naturvatten görs av flera anledningar, t.ex. i syfte att introducera nya arter, återetablera utdöda bestånd, förstärka befintliga vilda bestånd eller för att förbättra möjligheterna till fiske (s.k. *put & take*). I många fall är dock syftet oklart, och det saknas ofta uppföljande studier vad avser överlevnaden hos den utsatta fisken och eventuell påverkan på vilda bestånd (Cowx 1994).

Utsättningar i syfte att gynna fisket (*put & take*) uppfyller ofta målet, d.v.s. att öka mängden fångstbar fisk. Resultat av utsättningar som görs i syfte att förstärka svaga vilda bestånd är ofta mer osäkra eftersom tillförsel av mer fisk inte nödvändigtvis förväntas öka det vilda beståndets status och numerär så länge grundproblemen i naturen inte åtgärdas (se t.ex. Dannewitz m.fl. 2010).

Att hålla fisk i fångenskap i en miljö som avviker från den naturliga innebär alltid att fisken av olika anledningar kommer att påverkas. Genetiska förändringar uppstår som ett resultat av *genetisk drift* och *naturligt urval* (selektion). Genetisk drift är en slumpmässig process som beror på att ett begränsat antal individer för sina gener vidare vid varje generationsskifte. I små odlade stammar kan förändringar orsakade av genetisk drift gå mycket snabbt. I fångenskap utsätts också fisken för andra urvalsmekanismer än i det vilda. Fiskar som bär på anlagsvarianter som i naturen inte nödvändigtvis är positiva (t.ex. gener som påverkar riskbenägenhet, aggressivitet och snabb tillväxt) kan exempelvis få relativt hög framgång i odlingsmiljö, där dessa individer inte selekteras bort via t.ex. predation. Samtidigt minskar betydelsen av andra selektionstryck som normalt verkar ute i naturen. När människan sköter aveln innebär detta vidare att fiskens naturliga partnervalsbeteenden sätts ur spel. Av flera samverkande anledningar förändras således en odlad stam oundvikligen genetiskt över tid.

Genetisk variation i odlade stammar

Riktlinjer har utarbetats för att undvika negativa genetiska konsekvenser hos fisk som hålls i odling. Tidigare angavs att den *genetiskt effektiva* populationsstorleken per generation (N_e) bör vara minst 50 för att undvika inavelsrelaterade problem i ett kortare perspektiv (t.ex. Allendorf & Ryman 2002). Senare rön tyder dock på att $N_e > 100$ kan utgöra en mer lämplig riktlinje för att reducera inavelsrelaterade problem i en isolerad population över kortare tidsperioder (Frankham m.fl. 2014).

Viktigt att notera är att N_e inte är samma sak som antalet reproducerande individer (N). I en lekpopulation med lika många hannar som honor, där parningen sker slumpmässigt och alla lekfiskar förväntas ha samma reproduktiva framgång, är N_e lika med antalet lekfiskar. I verkligheten

varierar dock den reproduktiva framgången. Dessutom är ofta könskvoten skev bland de individer som lyckas med reproduktionen. N_e är därför i praktiken ofta betydligt lägre än N (t.ex. Allendorf & Luikart 2007). Hos laxfisk har antalet genetiskt effektiva lekfiskar *per år* (N_b) visat sig vara av storleksordningen ca 3-4 gånger lägre än det totala antalet lekfiskar (Dannewitz m.fl. 2004, med referenser). För en art med överlappande generationer och öringens livshistoria utgör vidare N_b omkring hälften av N_e (Waples m.fl. 2013, 2014). Detta innebär att antalet lekfiskar per år (båda könen) bör uppgå till omkring 150-200 för att N_e per generation ska bli 100. De nya rönen om lägsta N_e för genetiskt korttidsbevarande ($N_e > 100$), samt hur N_b och N_e förhåller sig hos organismer med olika livshistorier innebär att tidigare riktlinjer för minsta antal avelsfiskar per år på fiskodlingar kan behöva revideras, beroende på hur avelsprogrammet är upplagt (bl.a. hur många gånger avelsfisken används).

I odling går det att minska skillnaden mellan N_e och N genom att eftersträva en jämn könskvot bland lekfisken samt att se till att ungefär lika många avkommor per föräldrafisk föds upp. På så sätt kan man delvis minska det antal lekfiskar som krävs för att nå upp till ett visst mål vad gäller den genetiskt effektiva populationsstorleken.

För att en population ska bibehålla genetisk variation och evolutionär potential på längre sikt bör N_e vara betydligt högre än 50-100. I litteraturen nämns $N_e=500-1000$ som nedre riktlinjer (t.ex. Franklin 1980, Frankham m.fl. 2014). Vad menas då med kort respektive lång sikt? Med kort sikt brukar avses ett begränsat antal generationer (t.ex. <10 st.) medan lång sikt avser betydligt längre tidsramar som relaterar till populationens eller artens fortsatta existens och evolution.

Man kan fråga sig hur vilda laxfiskpopulationer i små vattendrag kommer upp i de effektiva storlekar som krävs för att undvika inavel och förlust av evolutionär potential? Förklaringen är att det i naturen nästan alltid förekommer "felvandring" mellan vattendrag, vilket innebär att det ständigt förs över genetiskt material (s.k. genflöde) mellan framförallt närliggande lokala populationer. I en sådan situation speglar antalet lekfiskar i det enskilda vattendraget inte nödvändigtvis förlusten av genetisk variation. Hos vild laxfisk anses generellt en låg frekvens av naturlig felvandring (genflöde) mellan närliggande vilda populationer motverka inavel och förlust av genetisk variation, samtidigt som populationerna kan bibehålla sin särprägel för egenskaper som utgör anpassningar till den lokala miljön (Allendorf & Waples 1996).

Även en låg frekvens felvandring, av storleksordningen någon eller några individer per generation (som bidrar reproduktivt), kan räcka för att en liten lokal population ska behålla mycket av sin genetiska variation över tid (Mills & Allendorf 1996, Wang 2004). På samma sätt kan odlade stammar "fräschas upp" genom att korsa in nya individer med jämna mellanrum.

Odlingsselektion

Av skäl som nämns ovan medför den onaturliga miljön i en fiskodling att fisken förändras genetiskt över tid. I odling växer fisken upp i små tråg eller dammar, ofta i mycket höga tätheter i frånvaro av predatorer. Dessutom får fisken en kontinuerlig tillförsel av föda. Detta liv kontrasterar kraftigt mot livet i det vilda, där fisken kanske måste försvara revir, undvika predatorer samt hantera en oförutsägbar födotillgång. På odling tillåts inte heller fisken välja partner utan avelsfisken väljs ut slumpmässigt eller (vid riktad avel) baserat på önskvärda egenskaper.

Tidigare studier har visat att odlingsmiljön bl.a. selekterar för ökad tillväxt, förändrat beteendemönster och sämre förmåga att undkomma predatorer (t.ex. Petersson & Järvi 1995, Einum & Fleming 2001). Dessa genetiska avvikelser från den vilda normen, s.k. domesticering, sker successivt och ökar med antalet generationer populationen hålls i odling.

När odlad fisk sätts ut i det vilda klarar den sig sämre än vild fisk på grund av att den är anpassad till miljön i odlingen (Lynch & O'Hely 2001, Ford 2002, Araki m.fl. 2007). Ju fler generationer fisken levit i odling, desto mer förväntas den odlade fisken avvika från den vilda normen. I en elegant studie av havsvandrande regnbåge i USA kunde man visa att den reproduktiva potentialen i det vilda minskade med upp till ca 40 % för varje generation fisken hållits i odling (Araki m.fl. 2007). Dessa resultat och andra studier tyder på att odlingsselektion kan medföra mycket negativa konsekvenser på bara några få generationer.

Det kan finnas vissa möjligheter att minska problem med domesticering i odling. Effekter av odlingsselektion kan exempelvis minskas genom att föda upp fisken under så naturliga förhållanden som möjligt (t.ex. Petersson & Järvi 1995, Lynch & O'Hely 2001). Det är dock omöjligt att helt undvika genetiska förändringar hos den odlade fisken, eftersom överlevnaden i odling är relativt hög (jämfört naturen) vilket innebär att mindre lämpliga egenskaper inte selekteras bort i samma utsträckning som i det vilda (Ford 2002).

Utsättning av fisk i naturen och interaktioner med vilda bestånd

Olika typer av policydokument för utsättning av odlad fisk finns framtagna (t.ex. Sparrevik 2001, Karlsson m.fl. 2016). Dessa behandlar både genetiska och ekologiska aspekter samt ger olika former av rekommendationer.

Att sätta ut odlad fisk i naturen innebär alltid en risk. Utsatt eller förrymd odlad fisk hybridiserar ofta med vilda artfränder och kan ge ökad konkurrerens om föda och utrymme (McGinnity m.fl. 1997, Levin & Williams 2002; Bolstad m.fl. 2017). Odlad fisk kan också sprida sjukdomar och parasiter (Johnsen m.fl. 2008, Torrissen m.fl. 2013). Stora utsättningar av odlad fisk kan vidare öka fiskeintresset och därmed exploateringen och

bifångsten av vild fisk när fisket sker på blandade bestånd, t.ex. i en större sjö som Vänern.

Val av utsättningsmetod och –plats påverkar hur den odlade fisken betar sig i naturen. Utsättningar av t.ex. odlade laxsmolt i vattendrag, där fisken präglas i vattendraget innan utsättning, gör att den vuxna laxen i hög grad hittar hem till samma älv där den sattes ut. Utsättningar av laxsmolt i öppet vatten (sjöar eller hav) innebär däremot en förhöjd risk för felvandring (se nedan). Denna utsättningsmetod har därför i princip helt upphört för lax i Östersjön, medan den delvis fortfarande tillämpas för havsöring.

3. Specifika frågor som rör Vänern

Under 2019 har Länsstyrelserna inkommit med ett antal olika frågor och förslag kring framtida odling och utsättning av lax och öring i Vänern vilka de önskat få belysta. Nedan kommenteras ett överenskommet antal av dessa, där de enskilda frågeställningarna är formulerade baserat på inkomna underlag och diskussioner. Vi har i första hand fokuserat på biologiska aspekter, emedan andra (relevanta) juridiska, praktiska och ekonomiska frågor förknippade med odlingsverksamheten ligger utanför vårt kompetensområde.

Vilka stammar bör odlas?

Enligt vattendom sker idag kompensationsodling för totalt fyra stammar i Vänern (G-lax, K-lax, G-öring, K-öring). Som tidigare nämnts bedrivs avelsfiske och utsättning av smolt parallellt för samtliga stammar i Klarälvens nedersta del (Forshaga). För att ytterligare gynna fisket sker även smoltutsättningar av G-lax och G-öring (tidigare även K-lax) direkt i Vänern, främst finansierade av "Laxfond Vänern".

För- och nackdelar med att endast odla och sätta ut G-fisk?

Ett framtida alternativ som diskuterats är att helt sluta med odling och utsättning av stammarna från Klarälven (K-lax, K-öring) och ersätta dessa med odlad fisk härstammande från Gullspångsälven. Konsekvenserna av en sådan eventuell utfasning bör värderas dels ur ett bevarandeperspektiv (betydelsen för stammarnas överlevnad, framtida evolutionära potential, etc.) samt i vilken grad utsättningarna gynnar fisket (kompensationen för vattenkraftens påverkan på den naturliga produktionen).

Inom fisket tycks en vanlig uppfattning vara att de odlade stammarna av K-lax och K-öring är mindre "intressanta" än de mer storvuxna G-stammarna. Att ersätta dagens utsättningar av odlad K-fisk med en motsvarande mängd odlad G-fisk torde därför inte uppfattas som en nackdel sett ur ett rent fiskeperspektiv, snarare tvärtom. Lokalt skulle dock fiskemöjligheterna på återvändande *odlad* lekfish vid Klarälvens mynning och dess nedersta lopp begränsas, särskilt om även utsättningarna med odlad G-fisk av

bevarandeskäl flyttas från älven (se avsnittet om odlingsmetoder nedan). Samtidigt kan lokala fiskebegränsningar behövas i älvens nedersta del för att öka skyddet av de *vilda* K-stammarna.

Sedan 1931 har vuxen laxfisk transporterats med bil förbi Klarälvens nedre kraftverk för lek på egen hand längre uppströms. Sedan ett antal år transporteras endast vildfödd (oklippt) K-lax förbi de nedersta åtta kraftverken. Däremot tillåts fortfarande transport uppströms av odlad K-öring. Den återvändande odlade K-laxen används för avel tillsammans med vildfödda individer (sedan 2014) där överskottet tillsammans med G-lax och G-öring släpps över dammen vid Forshaga för ett ”put-and-take” fiske på avsnittet upp till nästa kraftverksdamm (Dejefors) där lek- och uppväxtområden enligt uppgift saknas.

Så länge elfiskeresultat och smolträkning visar att laxens och öringens naturliga reproduktion fungerar och lekvandrande vildfödd lax och öring återvänder till Forshaga, är det svårt att se något direkt *bevarandevärde* av att upprätthålla kompensationsodlingen för de båda stammarna (däremot behövs fortsatt trap & transport av den vilda fisken). Snarare kan en utfasning leda till att risken för oönskad felvandring av odlad K-fisk till Gullspångsälven minskar, även om det är oklart hur stort detta problem är i dagsläget. Vid en eventuell utfasning bör dock finnas en beredskap att vid en ”krisituation”, på relativt kort varsel, återuppta avelsarbetet så att ögonpunktad rom eller yngel efter vildfödda föräldrar kan sättas ut i Klarälven (eller födas upp i odling) om detta bedöms nödvändigt som en tillfällig bevarandeåtgärd.

Det är oklart hur viktig dagens uppströmstransporter från Forshaga av odlad öring är för artens totala smoltproduktion i Klarälven och dess biflöden. Tidigare jämförelser av mellan odlad och vild lax från Klarälven indikerar att fisken uppvuxen i odling har ett klart avvikande lekvandringsbeteende och sämre reproduktiv framgång jämfört med den vilda laxen (Palm & Prestegaard 2015, Hagelin m.fl. 2016). Vidare skiljer sig laxen och öringen åt i ett centralt avseende, där den förstnämnda artens livscykel är helt beroende av ”sjöfasen” medan den senare är mer flexibel så till vida att endast en andel av de unga öringarna lämnar älven som smolt medan andra stannar i huvudfåran och dess biflöden.

För K-öringen har antalet (och andelen) vildfödda lekfiskar som återvänt till Forshaga länge varit lågt, även om återvandringen av vild öring ökat under senare år. Trots detta har stammens genetiskt effektiva populationsstorlek, beräknad med molekylära data för vildfödd smolt och lekfisk, skattats som jämförelsevis hög sett till den begränsade mängd öringar (vilda+odlade) som genom åren transporterats upp i älven (Palm m.fl. 2012). Detta indikerar att öringsmolten till betydande del kan ha älvstationära föräldrar och att arten är mindre beroende än laxen av återvändande lekfisk. Således är det, av flera skäl, inte säkert att en utfasad

kompensationsodling och/eller upptransport av odlad K-öring skulle påverka den naturliga smoltproduktionen och beståndets bevarandestatus negativt. Som tidigare påpekats finns också en generell problematik förknippad med genetisk påverkan av odlad fisk på vilda bestånd, vilket är en viktig anledning till att man sedan 2012 slutat transportera upp odlad lax i Klarälven. Dessutom finns även en djuretisk dimension av frågan om fortsatt odling, då den odlade K-öringen (och G-laxen) sedan länge, utöver obligatorisk fettfeneklippning, även bukfeneklipps för att de odlade K- och G-stammarna av lax och öring ska kunna särskiljas.

En ytterligare aspekt som bör beaktas är biologiska skillnader mellan stammarna från Klarälven och Gullspångsälven, och därmed potentiell påverkan på andra arter i Vänern av en eventuell övergång till endast odlad G-fisk. Det är klarlagt att G-stammarna tenderar att bli mer storvuxna. Vid analyser av resultat från Carlin-märkningar har man även funnit skillnader mellan odlad G-lax och K-lax (samt G-öring) avseende var i Vänern samt med vilken typ av redskap den märkta fisken återfångats (Fiskeriverket 1998). Det finns också resultat som tyder på att Gullspångsöringen söker sig direkt ut i öppna Vänern, till skillnad från andra öringar som i regel uppehåller sig mer strandnära, vilket tolkats som en anpassning till ett betydande predationstryck från gädda och gös nära Gullspångsälvens mynning (Svårdson & Fagerström 1982). Det finns samtidigt observationer från sportfiskare att odlad öring (stamtillhörighet oklar) ofta fångas strandnära, vilket kan uppfattas som en fördel för de som fiskar mer lokalt (Anna Hagelin, pers. komm.).

Skillnader i medelstorlek och rumslig utbredning mellan lax och öring, samt mellan stammar inom respektive art, innebär att de viktigaste bytesarterna (siklöja och nors) skulle kunna påverkas av en ersättning av dagens odlade K-fisk med G-fisk. Det är dock svårt att överblicka risken för och omfattningen av sådana ekologiska effekter. Oss veterligen finns ännu inte tillräckligt goda kunskaper om dietskillnader mellan lax och öring samt stammarna inom respektive art. Det skulle också behövas uppföljande studier av hur de odlade (och vilda) stammarna rör sig och fångas i sjön, med hänsyn taget till tid på året och fiskens storlek.

För- och nackdelar med att endast odla och sätta ut G-lax?

Ett ytterligare alternativ som diskuterats är att ersätta dagens odlade stammar av K-lax, K-öring och G-öring med endast G-lax. Jämfört dagens komplicerade situation kan odling och utsättning av endast en art och stam innebära praktiska fördelar. Före vattenkraftsutbyggnaden dominerade sannolikt laxen mängdmässigt klart över öringen; baserat på äldre studier och tillgång på habitat kan uppskattningsvis 90 % av all laxfisk i Klarälven och 75 % i (den mindre) Gullspångsälven ha utgjorts av lax historiskt sett (Hammar & Degerman 2009).

En övergång till odling av enbart G-lax, i likhet med vad som diskuteras ovan, kan dock få ekologiska konsekvenser genom att de huvudsakliga bytesarterna (nors och siklöja) påverkas, även om detta är svårt att kvantifiera. Tillsammans med gädda och gös utgör lax och öring viktiga toppredatorer i Vänerns ekosystem. Under födosökstiden i sjön uppträder laxen generellt mer pelagiskt än öringen vilken förekommer mer strandnära (men se avsnittet om Gullspångsöring ovan). Det borde således kunna finnas dietskillnader mellan arterna i Vänern, även om inga tydliga skillnader kunnat fastställas vid tidigare studier (Hammar & Degerman 2009). Med tanke på att båda arterna sannolikt har delvis olika ekologiska roller i sjöns ekosystem kan således fortsatt odling av båda G-stammarna vara motiverad, även om de relativa utsättningsmängderna kan diskuteras.

Ett ytterligare argument mot att endast odla G-lax är att det av bevarandeskäl finns argument för att fortsätta odla båda G-stammarna, så länge situationen för de vilda bestånden av lax och öring i Gullspångsälven bedöms som kritisk. Dock behövs en översyn av dagens odlade G-stammar som eventuellt kan behöva restaureras genetiskt (se nedan). Slutligen kan en ökad mängd odlad, storvuxen G-lax i Vänern tänkas resultera i ett ökande fisketryck som, trots att oklippt laxfisk inte får behållas, kan påverka den vildfödda laxen och öringen negativt.

Odlingmetod - utformning och placering

I syfte att skydda och bevara de sex stammar (två vilda och fyra odlade) av lax och öring som idag hanteras parallellt i Forshaga från fortsatt genetisk sammanblandning, har vi tidigare förordat en flytt från Klarälven av de icke-älvsegna odlade stammarna för G-lax och G-öring (Palm m.fl. 2012, Palm & Dannewitz 2018). Denna rekommendation kvarstår fortfarande.

Om eller när en sådan flytt beslutas finns två alternativ för G-stammarnas framtida hantering:

- 1) Fortsatt "lake-ranching" (sea-ranching) men i annat vattendrag, där man årligen sätter ut smolt och infångar nya återvändande avelsfiskar;
- 2) Övergång till helt landbaserad avel där vuxen avelsfisk hålls i bassänger eller dammar medan avkomman frisläpps som smolt på lämplig plats (se nedan).

Att varje år infånga och krama ny avelsfisk som återvänt från sin uppväxt i sjön (havet) till samma vattendrag där den en gång sattes ut (alternativ 1) är den metod som klart dominerar inom svensk kompensationsodling av lax och öring, till skillnad mot exempelvis i Finland. För- (+) och nackdelar (-) förknippade med "lake-ranching" (jämfört en landbaserad lösning) inkluderar följande:

- + Uppväxten från smolt till lekfisk under sjöfasen ger utrymme för naturligt urval (även om domesticeringsproblematik kvarstår, se ovan);
- + Kostnaderna är lägre än vid en landbaserad lösning;
- + Risker förknippade med sjukdomsutbrott i en landbaserad avelsbesättning reduceras;
- ”Felvandrade” individer från andra stammar/vattendrag kan inkluderas i aveln (Söderberg m.fl. 2019);
- Det kan finnas sjukdomsproblematik som drabbar fisken under uppväxttiden ute i naturen;
- Tillgången på avelsfisk är svår att kontrollera, då antalet återvändande individer beror av naturliga och fiskerelaterade dödligheter samt tillväxtförhållanden (vilka styr könsmognaden).

(För en landbaserad lösning motsvaras ovanstående fördelar av nackdelar och *vice versa*.)

Fortsatt ”lake-ranching”?

Detta alternativ för kompensationsodling av G-stammarna förutsätter att man hittar ett annat lämpligt vattendrag (men se nedan). En flytt av verksamheten från Klarälven till Gullspångsälven är dock inte tillrådlig, då detta skulle hota de svaga vilda bestånden där (Palm & Dannewitz 2018).

Frågan om eventuellt fortsatt ”lake-ranching” innefattar både lämplig lokal för utsättning av odlade smolt samt plats och möjlighet att infånga samt förvara återvändande vuxen fisk (i väntan på aveln som sker under senhösten). Vi saknar den lokala kunskap som krävs för att bedöma om någon av Vänerns övriga tillrinningar kan utgöra ett möjligt alternativ, inklusive juridiska och ekonomiska förutsättningar. Några biologiska aspekter som kan behöva beaktas vid en dylik utredning omfattar dock följande:

- Smoltens möjligheter att präglas till det aktuella vattendraget;
- Smoltens överlevnad från utsättningen tills de når Vänern;
- Risker för genetiska och ekologiska effekter på befintliga bestånd i vattendraget eller närområdet;
- Hur ett byte av vattendrag påverkar den rumsliga utbredningen av den kompensationsodlade fisken (och därmed fiskemöjligheterna).

Landbaserad lösning?

En landbaserad odlingsstrategi bygger på att man håller en stam av föräldraindivider (”moderfiskar”) i fångenskap under hela livscykeln. Dessa individer används som avelsmaterial för att varje år producera sättfisk. Denna odlingsmetod är hittills ovanlig för lax i Sverige, men tillämpas för andra fiskarter (samt för lax i andra länder, t.ex. Finland).

Odling kan bedrivas med olika syften, t.ex. är det vanligt att man via riktat urval vill åstadkomma genetiska förändringar. Vid bevarande- och kompensationsodling bör dock ett övergripande mål vara att de genetiska förändringarna ska förbli så små som möjligt, även om dessa är omöjliga att förhindra (se ovan). För "bevarandeavel" finns ett antal genetiska tumregler:

1. Maximera antalet obesläktade individer (s.k. founders) från vilka populationen grundas;
2. Låt populationen växa i storlek så snabbt som möjligt;
3. Eftersträva ett jämnt genetiskt bidrag från olika föräldrapar och ursprungliga founders;
4. Undvik inavel, d.v.s. korsa inte närbesläktade individer;
5. Blanda inte bestånd av olika genetiskt ursprung;
6. Undvik selektion (t.ex. aktivt urval av avelsfiskar med vissa egenskaper).

Som diskuterats ovan finns även riktlinjer för hur stor den genetiskt effektiva populationsstorleken per generation (N_e) bör vara (minst) för att undvika förlust av genetisk variation och inavelsrelaterade problem inom olika tidsramar i odling och i naturen (t.ex. Tave 1999; Allendorf & Ryman 2002).

I praktiken är ovanstående riktlinjer ofta svåra att efterfölja utan tillgång till detaljerad individinformation (via märkning eller DNA) och statistiska utvärderingar. Utöver detta finns även logistiska begränsningar (t.ex. utrymme, ekonomi, tillgång till founder-individer, etc.) som sätter ramar för avelsarbetet. Om en landbaserad lösning för G-stammarna blir aktuell krävs utarbetande av ett avelsprogram som innehåller en mer utförlig planering av hur avelsarbetet bör läggas upp med hänsyn taget till ovanstående riktlinjer samt andra förutsättningar. I ett sådant arbete bör man även utvärdera det genetiska värdet av dagens odlade G-stammar som bl.a. visat sig vara påverkade av gener från K-stammarna (Palm m.fl. 2012).

För att motverka domesticeringseffekter samt reducera förluster av genetisk variation och ackumulerad inavel kan en avelsstam med jämna mellanrum "fräschas upp" genetiskt genom att tillföra individer av vilt ursprung. För G-stammarna bör detta vara fullt möjligt genom att med jämna mellanrum samla in vildfödda stirr i samband med elfiske i Gullspångsälven som får växa upp i odling för att senare ingå i aveln. Detaljer om hur många individer som behöver samlas in och hur ofta bör också ingå i ovannämnda avelsprogram, där även smittskyddsmässiga krav måste beaktas. Några ytterligare alternativ som bör utredas vidare är att eventuellt endast inkludera mjölke från vildfångade hanar, samt om den frusna genbank med mjölke från G-lax som ännu finns sparad i Kälarne kan användas (Palm & Dannewitz 2018), t.ex. för att utöka antalet founders i den odlade stammen.

Slutligen bör påpekas att ovanstående rekommendationer och riktlinjer, inklusive behov av uppföljningar, även gäller vid "lake-ranching". En möjlighet att styra och följa upp sådan odlingsverksamhet är att, som påbörjats för kompensationsodlade lax- och öringstammar i havet, använda DNA-markörer för att identifiera släktskap mellan avelsfiskar och dess tidigare föräldrar, samt övervaka hur stammarna förändras över tid (Söderberg m.fl. 2019).

Ett tredje alternativ?

Om man skulle besluta att fasa ut kompensationsodlingen av K-stammarna (se ovan) kan eventuellt även ett ytterligare alternativ finnas som innebär *fortsatt odling och utsättning av G-fisk i Klarälven*. Den obligatoriska fenklippningen av odlad (G-)smolt, det faktum att man under rådande förhållanden har kontroll över vilka (oklippta) individer som transporteras vidare upp i älven, samt att odlingsverksamheten endast skulle omfatta en stam per art (utan risk för förväxling av fenklippt avelsfisk, sammanblandning av ägg eller avkomma vid odling) bör reducera problemet med "oönskad genspridning" från odlad G- till vild K-fisk. En sådan lösning förutsätter dock att andelen missade fenklippningar är mycket låg, samt att andra mänskliga misstag är försumbara. En ytterligare riskfaktor är i vilken omfattning den odlade fisken leker och producerar "vild" (oklippt) avkomma nedströms Forshaga (där vildfödda laxungar påträffats, inklusive bekräftade stamkorsningar; Fiskejournalen 2016) och på området mellan Forshaga och Deje.

Om ovanstående risker är tillräckligt låga så att de framtida nivåerna av genflöde från G-fisk till K-fisk kan jämföras med det genutbyte som naturligen förekommer mellan lax- och öringstammar från olika vattendrag, kan detta tredje alternativ möjligen vara aktuellt. Dock kvarstår faktum att G-fisken i Klarälven skulle vara odlad och inte vild. Det skulle också krävas en ordentlig utvärdering av hur stort problemet med oklippt fisk bärandes på "Gullspångsgener" (efter okontrollerad reproduktion i föregående generation) egentligen är. Sammantaget är bibehållen kompensationsodling av G-stammarna i Klarälven därför inget vi kan rekommendera.

Utsättningsstrategier

Utsättningsplats

Smolt från alla fyra odlingsstammarna sätts idag ut i Klarälven. Dessutom sätts en betydande mängd odlad smolt av främst Gullspångslax och Gullspångsöring ut direkt i Vänern. Tidigare har även Klarälvslox satts ut i sjön (figur 1). Som nämns ovan är syftet med att sätta fisk direkt i Vänern att öka överlevnaden och därmed gynna fisket.

Laxfisk som sätts direkt i havet felvandrar i relativt hög omfattning till andra vattendrag, vilket medför risk för genspridning på betydligt högre

nivåer och längre geografiska avstånd än vad som sker i naturen. Tidigare svenska, finska och danska försök i Östersjön med en metod där man låter laxsmolt tillväxa i kassar en period innan utsättning (s.k. fördröjd utsättning) visade en ökad överlevnad för den utsatta fisken (3-5 ggr högre än för odlad lax utsatt som smolt i älv). Samtidigt var dock andelen "felvandrare" som påträffades i olika vattendrag högre än för konventionellt odlad lax; fisken spred sig över hela Östersjön, till viss del även ut genom de danska sunden och upp i flera laxvattendrag längs svenska västkusten (ICES 1997, Pedersen m.fl. 2007).

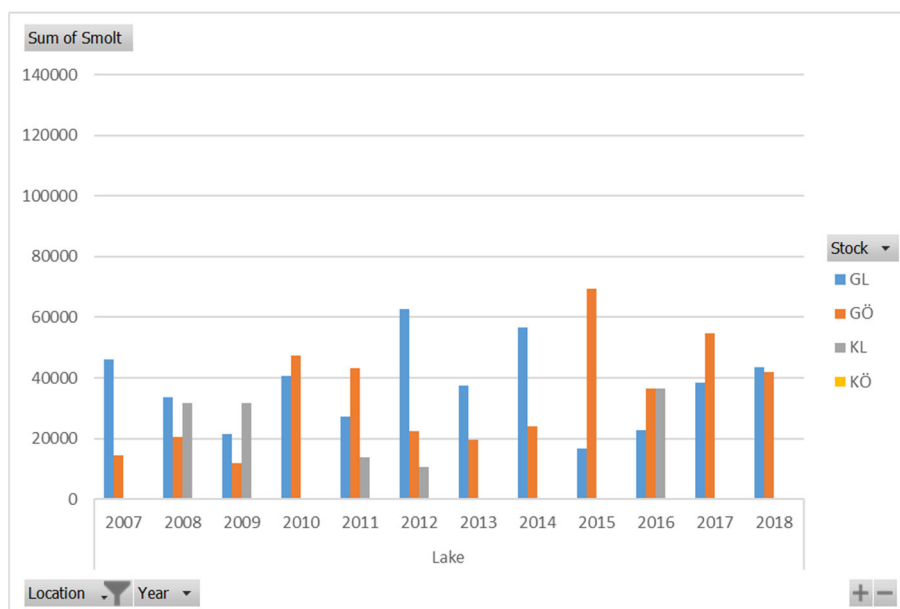
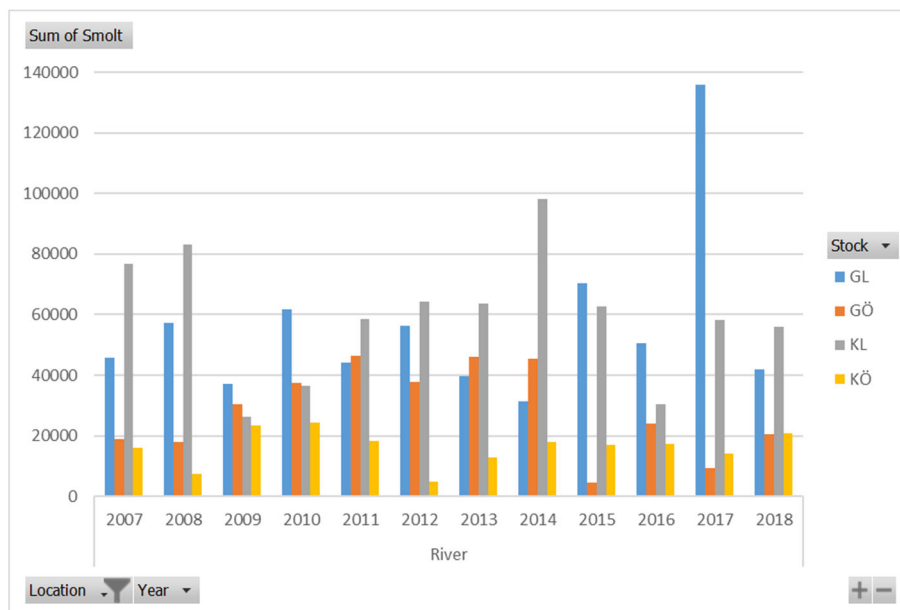
Som påpekats och motiverats tidigare (Palm m.fl. 2012, Palm & Dannewitz 2018) avråder vi från att sätta ut smolt direkt i Vänern p.g.a. de biologiska risker som detta medför för den vilda laxen och öringen i Gullspångsälven samt öring i andra vattendrag kring sjön. Denna rekommendation gäller oavsett om smolten sätts direkt i sjön eller med fördröjd utsättning.

Om direktutsättning ändå praktiseras kan val av utsättningsplats möjligen påverka risken för felvandring till exempelvis Gullspångsälven. Detta bygger på hypotesen att fisken återvandrar till utsättningsplatsen när den är lekmogen och stannar där. Detta är dock ett högst osäkert antagande. Tidigare studier av lax utsatt direkt i Östersjön tyder visserligen på att fisken i viss omfattning aggregerade vid och omkring utsättningsplatserna, vilket var själva motivet till att man under en period utvärderade denna metod som ett sätt skapa ett effektivt fiske på odlad lax till havs. Den höga felvandringen som observerades i samband med fördröjd utsättning (se ovan) visade dock att en betydande andel av fisken inte återvände till utsättningsplatserna, eller möjligen återvände men sedan vandrade vidare.

Utsättningsmängder

En annan fråga som diskuterats är storleken på utsättningarna. Sedan början av 1990-talet har de årliga utsättningsmängderna av lax och öring varierat mellan 200 000 och 350 000 smolt (figur 1). Dagens utsättningar består dels av kompensationsutsättningar reglerade i vattendomar, samt ytterligare utsättningar som görs för att gynna fisket.

Lax och öring utgör viktiga toppredatorer i Vänern, och historiskt var den naturliga smoltproduktionen många gånger högre än idag. Även om utsättningarna av odlad fisk främst är avsedda att kompensera fisket för det bortfall som vattenkraften orsakat, så fyller även den utsatta fisken en ekologisk roll i sjöns ekosystem. Därför kan ekologiska problem vara förknippade med både alltför låga och alltför höga utsättningsmängder, åtminstone så länge den vilda produktionen ligger på dagens mycket låga nivåer. En ytterligare fråga är i vilken grad dagens utsättningar med K-lax och K-öring kan ersättas med lika mycket (mer storvuxen) G-fisk, eller om utsättningsmängderna vid en sådan förändring skulle behöva justeras nedåt?



Figur 1. Antal utsatta smolt per stam i Klarälven (ovan) samt direkt i Vänern (nedan).

Dagens situation med små och sårbara vilda laxfiskbestånd som samexisterar med numerärt starkare odlade stammar är samtidigt speciell. Utöver fiskemässiga och ekologiska skäl måste hänsyn därför även tas till genetiska och bevarandebiologiska faktorer när man diskuterar utsättningsmängder i Vänern. Ökade utsättningar skulle på sikt sannolikt innebära ett ökande generellt fisketryck som, trots förbudet att behålla oklippt fisk, även skulle påverka de vilda bestånden genom ökad fiskedödlighet i samband med återutsättning. Dessutom kan de genetiska riskerna förknippade med felvandring förväntas öka proportionellt med

mängden odlad fisk i sjön. Av försiktighetsskäl bedömer vi därför att utsättningsmängderna inte bör öka. Om (eller när) den vilda produktionen av laxfisk i Vänern, via olika åtgärder, blivit större än idag bör däremot behovet av minskade utsättningsmängder utvärderas.

4. Slutsatser

Nedan sammanfattas de viktigaste budskapen som förts fram i detta underlag, i vissa fall med kommentarer och rekommendationer:

- Vi ser inga starka bevarandebiologiska skäl att fortsätta kompensationsodla stammarna av K-lax och K-öring. Däremot kan en utfasning innebära fördelar som exempelvis en enklare och skonsammare fiskhantering i Forshaga.
- Om man slutar med odlingen av K-stammarna bör det finnas en beredskap att på kort varsel återuppta verksamheten vid en eventuell krissituation för den vilda laxen och öringen i Klarälven.
- Så länge de vilda bestånden i Gullspångsälven är svaga finns biologiska skäl att fortsätta med odling av de båda G-stammarna, framförallt som reserver ("levande genbanker") för de vilda bestånden. Det kan också finnas ekologiska skäl att inte kraftigt minska den totala biomassan laxfisk i Vänern, där den vilda och odlade laxen och öringen utgör viktiga toppredatorer.
- Att enbart odla G-lax, den stam som ofta anses mest attraktiv för fisket, rekommenderas inte eftersom också den vilda G-öringen är svag och skyddsvärd, samtidigt som de båda arterna förväntas fylla delvis olika nischer i ekosystemet.
- Som tidigare framförts bör de odlade G-stammarna flyttas från Klarälven. Tänkbara alternativ för odlingsverksamheten är antingen fortsatt "lake-ranching" i annat vattendrag (dock ej Gullspångsälven) eller landbaserade avelsbestånd.
- Avelsprogram bör upprättas för båda G-stammarna oavsett vilket alternativ för odlingsverksamheten som i framtiden tillämpas. Dessa program bör föregås av utvärderingar av det "genetiska värdet" av dagens odlade G-stammar samt möjligheterna att framgent på regelbunden basis inkludera vildfisk från Gullspångsälven i aveln.
- Att öka utsättningsmängderna av laxfisk i Vänern rekommenderas inte, eftersom detta sannolikt ökar risken för oönskad genspridning samt förväntas öka fisketrycket generellt vilket väntas påverka även den vilda fisken (trots förbudet att behålla oklippt fisk).
- I likhet med tidigare avråder vi från att sätta smolt direkt i Vänern (oavsett stam), då detta förväntas öka mängden felvandring till Gullspångsälven och andra vilda öringbestånd.

5. Erkännanden

Vi tackar Anna Hagelin och Pär Gustafsson (Länsstyrelsen) samt Erik Degerman, Katarina Magnusson, Anders Kagervall och Göran Sundblad (SLU Aqua) för hjälp med data och information, diskussioner samt kommentarer på en tidigare version.

Arbetet finansierades av Havs- och vattenmyndigheten inom projektet *Förvaltning av lax och öring* (Dnr 1737-19).

6. Referenser

- Allendorf FW, Waples RS (1996). Conservation and genetics of salmonid fishes. Conservation genetics: Case histories from nature (eds. Avise JC & Hamrick JL). Springer, New York, USA.
- Allendorf FW, Ryman N (2002). The role of genetics in population viability analysis. Population viability analysis (eds S.R. Beissinger & D.R. McCullough), pp. 50-85. The University of Chicago Press, Chicago.
- Allendorf F W, Luikart G (2007). Genetics and the conservation of species. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Araki H, Cooper B, Blouin MS (2007). Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science* 318, 100-103.
- Bolstad GH, Hindar K, Robertsen G, Jonsson B, Sægvog H, Diserud OH, Fiske P, Jensen AJ, Urdal K, Næsje TF, Barlaup BT, Florø-Larsen B, Lo H, Niemelä E, Karlsson S (2017). Gene flow from domesticated escapes alters the life history of wild Atlantic salmon. *Nature Ecology & Evolution* 1, 0124, DOI: 10.1038/s41559-017-0124.
- Cowx IG (1994). Stocking strategies. *Fisheries Management and Ecology* 1, 15-30.
- Dannewitz J, Petersson E, Dahl J, Prestegard T, Löf A-C, Järvi T (2004). Reproductive success of hatchery produced and wild born brown trout in an experimental stream. *Journal of Applied Ecology* 41, 355-364.
- Dannewitz J, Prestegard T, Palm S (2010). Långsiktigt hållbar gösförvaltning - genetiska data ger ny information om bestånd och effekter av utsättningar. *FINFO* 2010:3, 34 s.
- Einum S, Fleming IA (2001). Implications of stocking: ecological interactions between wild and released salmonids. *Nordic Journal of Freshwater Research* 75, 56-70.
- Fiskejournalen (2016).
<https://www.fiskejournalen.se/kompensationsodling-ar-inte-sunt/>
- Fiskeriverket (1998). Lax och öringfisket i Vänern. *Fiskeriverket Information* 8, 62 pp.

- Ford MJ (2002). Selection in captivity during supportive breeding may reduce fitness in the wild. *Conservation Biology* 16, 815-825.
- Frankham R, Bradshaw CJA, Brook BW (2014). Genetics in conservation management: revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation* 170, 56–63.
- Franklin IR (1980). Evolutionary change in small populations. *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective* (eds. M.E. Soulé & B.A. Wilcox), pp. 135-149. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Hagelin A, Calles O, Greenberg L, Piccolo J, Bergman E (2016). Spawning migration of wild and supplementary stocked landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *River Research and Applications* 32, 383–389.
- Hammar J, Degerman E (2009). Vad äter Vänerlaxen i Vättern, vad äter den på hemmaplan, hur växer den och hur stor kan den bli? PM, Fiskeriverkets Sötvattenslaboratorium, 53 s.
- ICES (1997). Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group. ICES, Doc. C.M. 1997/Assess: 11.
- Johnsen BO, Brabrand Å, Jansen PA, Teien H-C, Bremset G (2008). Evaluering av bekjempelsesmetoder for *Gyrodactylus salaris*. Rapport fra ekspertgruppe. Utredning for DN 2008-7.
- Karlsson S, Bjøru B, Holthe E, Lo H, Ugedal O (2016). Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variation og integritet. NINA rapport 1269, 25 s.
- Levin PS, Williams JG (2002). Interspecific effects of artificially propagated fish: an additional conservation risk for salmon. *Conservation Biology* 16, 1581–1587.
- Lynch M, O’Hely M (2001). Captive breeding and the genetic fitness of natural populations. *Conservation Genetics* 2, 363-378.
- Magnusson K, Kagervall A, Palm S, Sundblad G, Sandström A & Dannewitz J (2018). Status och skyddsbehov för vild lax och öring i Vänern med fokus på Gullspångsälvens bestånd. Biologisk rådgivning från SLU, 40 s.
- McGinnity P, Stone C, Taggart JB, Cooke D, Cotter D, Hynes R, McCamley C, Cross T, Ferguson A (1997). Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment. *ICES Journal of Marine Science* 54, 998–1008.
- Mills LS, Allendorf FW (1996). The one-migrant-per-generation-rule in conservation and management. *Conservation Biology* 10, 1509-1518.
- Palm S, Dannewitz J, Johansson D, Laursen F, Norrgård J, Prestegaard T, Sandström A (2012). Populationsgenetisk kartläggning av Vänerlax. *Aqua reports* 2012:4, 64 s.

- Palm S, Prestegaard T (2015). Genetisk föräldraskapsanalys av vildfödd lax i Klarälven. Delkapitel (s. 254-263) i slutrapport för Interreg-projekt: Vänerlaxens fria gång – två länder, en älv. Redaktörer: Pär Gustafsson, Mikael Hedenskog, Tore Qvenild.
- Palm S, Dannewitz J (2018). Genetisk status och bevarandemål för lax och öring i Gullspångsälven. Biologisk rådgivning från SLU, 17 s.
- Pedersen S, Rasmussen G, Nielsen EE, Karlsson L, Nyberg P (2007). Straying of Atlantic salmon, *Salmo salar*, from delayed and coastal releases in the Baltic Sea, with special focus on the Swedish west coast. *Fisheries Management and Ecology* 14, 21-32.
- Petersson E, Järvi T (1995). Evolution of morphological traits in sea trout (*Salmo trutta*) parr (0+) through domestication. *Nordic Journal of Freshwater Research* 70, 62-67.
- Ros T (1981). Salmonids in the Lake Vänern area. In: Ryman N (editor). Fish Gene Pools. *Ecological Bulletins* (Stockholm) 34, 21-31.
- Sparrevik E (2001). Utsättning och spridning av fisk: strategi och bakgrund. *Finfo* 2001:8, 30 s.
- Svärdson G, Fagerström Å (1982). Adaptive differences in long-distance migration of some trout (*Salmo trutta* L.) stocks. *Rep. Inst. Freshw. Res.*, Drottningholm 60, 51-80.
- Söderberg L, Östergren J, Palm S (2019). Genetisk analys av avelsfisk. Lax och havsöring 2017-2018 från svenska kompensationsodlingar. *Aqua reports* 2019:18. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Drottningholm Lysekil Öregrund, 53 s.
- Tave D (1999). Inbreeding and brood stock management. FAO Fisheries technical paper 392, 122s.
- Torrissen O, Jones S, Asche F, Guttormsen A, Skilbrei O T, Nilsen F, Horsberg T E, Jackson D (2013). Salmon lice – impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of Fish Diseases* 36, 171–194.
- Wang J (2004). Application of the one-migrant-per-generation rule to conservation and management. *Conservation Biology* 18, 332-343.
- Waples RS, Luikart G, Faulkner JR, Tallmon DA (2013). Simple life-history traits explain key effective population size ratios across diverse taxa. *Proceedings of the Royal Society B* 280: 20131339.
- Waples RS, Antao T, Luikart G (2014). Effects of overlapping generations on linkage disequilibrium estimates of effective population size. *Genetics* 197, 769–780.