

Rapport 2011:25



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

Genetiska studier av öring från Lurån
och Sångåns vattensystem

Miljöenheten

Omslagsbild: Lurån nedströms Hjulhusbromyren.

Foto: David Lundvall.

Tryck: Länsstyrelsen Dalarnas tryckeri, november 2011.

ISSN: 1654-7691

Rapporten kan beställas från Länsstyrelsen Dalarna.

E-post: dalarna@lansstyrelsen.se

Rapporten kan också laddas ned från Länsstyrelsen Dalarnas webbplats:

www.lansstyrelsen.se/dalarna

Ingår i serien Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län

Genetiska studier av öring från Lurån och Sångåns vattensystem

Johan Dannewitz¹, Stefan Palm¹, David Lundvall², Tore Prestegaard¹

¹ Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet, Stångholmsvägen 2, 178 93 Drottningholm

² Länsstyrelsen i Dalarnas län, 791 84 Falun



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

Förord

Länsstyrelsens arbetar brett med miljöproblem som rör vatten, men även med att skydda, restaurera och bevara värdefulla vattenmiljöer och arter i enlighet med EU:s art- och habitatdirektiv (Natura 2000) och Sveriges miljö kvalitetsmål *levande sjöar och vattendrag*.

Inom ett flertal uppdrag från Naturvårdsverket har värdefulla naturområden identifierats och skyddats. Övervakning och bevarandeåtgärder anpassas till respektive områdes behov och skyddsvärde. Det är dessutom viktigt att potentiella riskfaktorer identifieras för att kunna bedöma om det finns behov av förstärkt skydd eller utökade andra åtgärder.

Vattenmiljöer skiljer sig från landmiljöer på så sätt att nästan alla vatten är sammanlänkade genom det nätverk som sjöar och vattendrag utgör. Vattendragen kan transportera oönskade kemikalier och onaturliga vattenflöden, eller tjäna som transportväg för främmande arter och fiskstammar. Det innebär att eventuell påverkan, även utanför ett vattenområde, kan utgöra visst hot eller ha negativa effekter inne i området. Detta gör det svårare att skydda och bevara vattenmiljöer, eftersom ett vidare område behöver beaktas i de frågor som berör skydd och bevarande, även av ett litet vattenområde.

Fiskeuttag, inavelsgrad (som är kopplad till bestandsstorlek) och uppblandning med oönskade stammar, är några riskfaktorer som berör flera av Dalarnas skyddade och utpekade värdefulla vatten. Mot den bakgrunden gav Länsstyrelsen i uppdrag åt Sveriges Lantbruksuniversitet (f.d. Fiskeriverkets sötvattenlaboratorium, Drottningholm), att analysera och utvärdera genprover från öring som Länsstyrelsen samlat in under 2009 och 2010 i två vattensystem som ingår i Natura 2000-nätverket och som bedömts som *värdefullt* respektive *särskilt värdefullt* i ett nationellt perspektiv

Falun, november 2011

Per-Erik Sandberg

Enhetschef, Miljöenheten

Länsstyrelsen Dalarna

Innehåll

Förord	3
Innehåll	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
<i>Genetiska frågeställningar</i>	6
Bakgrund	7
<i>Lurån</i>	7
<i>Sångsystemet</i>	9
Material & Metoder	12
Resultat	13
<i>Utvärdering av datakvalitet</i>	13
<i>Genetisk variation</i>	14
<i>Analys av beståndsstruktur</i>	14
<i>Genetiskt effektiva populationsstorlekar samt antal lekfiskar</i>	19
Diskussion och slutsatser	22
Referenser	26
Bilagor	28
<i>Bilaga 1</i>	28
<i>Bilaga 2</i>	30
Länsstyrelsens rapportserie	31

Sammanfattning

En studie av öring från två vattensystem; Lurån och Sångån i centrala Dalarna, utfördes under 2009 och 2010 för att kartlägga förekomsten av distinkta lekbestånd, samt kvantifiera graden av genetisk variation inom och mellan dessa bestånd. Ett annat syfte var att uppskatta lekbeståndens genetiskt effektiva samt totala storlekar..

Båda områdena omfattas av Natura 2000-nätverket, där det främsta syftet är att upprätthålla *gynnsam bevarandestatus* för flodpärlmussla, vilken är beroende av öring för sin fortlevnad. I båda systemen förekommer dessutom storvuxen sjövandrande öring, vilket i sig innebär ett högt naturvärde. Inom det samlade vattenvårdsarbetet pågår ytterligare arbeten avseende både skydd och restaurering i syfte att säkerställa områdenas höga naturvärden.

Resultaten visade att Lurån innehåller två genetiskt skilda men närbesläktade bestånd, som båda uppvisar förhållandevis liten genetisk variation. Detta tyder på att bestånden genomgått en eller flera s.k. "genetiska flaskhalsar" då antalet individer varit mycket lågt. Vid sådana händelser går genetisk variation förlorad. Luråöringen avviker genetiskt från andra analyserade öringstammar i Sverige, och bedömdes sannolikt vara opåverkad av utsättningar från främmande, genetiskt avvikande stammar. Totala lekpopulationen av öring i Lurån under den undersökta perioden skattades till 200 – 300 könsmogna individer per år, varav dock ett okänt antal kan bestå av tidigt könsmogna småhanar (15 – 25 cm).

I Sångåns vattensystem skiljde sig den sjövandrande öringen i Gysjön från den stationära öringen i nedströms liggande Sångån. Inom Gysjön fann vi emellertid inga genetiska skillnader mellan uppströms- och nedströmslekande öring. Den genetiska variationen inom respektive bestånd var relativt hög. Tre genetiskt avvikande öringungar fångade i Sångån visade att det eventuellt sker ett visst genetiskt utbyte från Gysjöbäcken till Sångån. Genflöde i motsatt riktning är inte möjligt på grund av ett vandringshinder mellan de två vattendragen. Den årliga lekpopulationen av öring i Sångån och vattendragen kring Gysjön skattades till 40 – 80 respektive 80 – 100 könsmogna individer, varav ett okänt antal tidigt könsmogna småhanar.

Inledning

Denna studie omfattar en genetisk analys av öring från två områden i Dalarna: Lurån som mynnar i Rogsjön ca 10 km öster om Bjursås i Falu kommun, samt Sångåns vattensystem vilket är beläget ca 20 km sydväst om Leksand. Båda områdena omfattas av Natura 2000-nätverket, där det främsta syftet är att upprätthålla gynnsam bevarandestatus för flodpärlmussla. Inom det samlade vattenvårdsarbetet pågår ytterligare arbeten avseende både skydd och restaurering i syfte att säkerställa områdenas höga naturvärden. Skyddsarbetet syftar främst till att säkerställa utvecklingen av naturliga kantzoner längs med vattendragen och minimera påverkan från pågående vattenregleringar i systemen. I Sångån har även restaureringsarbete genomförts i syfte att återupprätta vandringsmöjligheter för nedströmslekande öring. Under avsnittet *bakgrund* nedan ges en mer detaljerad beskrivning av områdena.



Förekomst av flodpärlmussla är ett av skälen till att Lurån och Sångån/Gysjöbäcken valts ut att ingå i Natura 2000-nätverket. Foto David Lundvall.

Genetiska frågeställningar

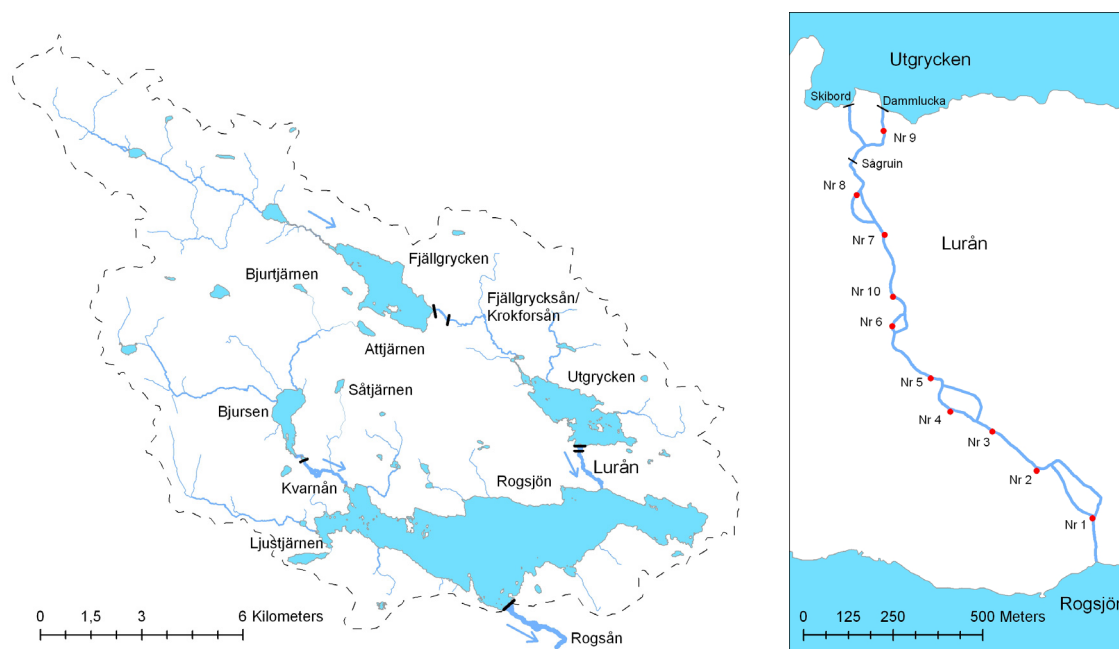
Länsstyrelsen driver arbete med upprättande av en samlad beskrivning av de limniska natur- och bevarandevärdena i Luråns och Sångåns vattensystem. Som en del i detta projekt har Länsstyrelsen, via limniska skyddsmedel, initierat en tvåårig studie i form av en genetisk kartläggning av dagens öringbestånd. Målet är att ta fram underlag till det pågående arbetet med skydd och restaurering. Den genetiska undersökningen presenteras i denna rapport och syften har främst varit att:

- kartlägga öringen i de undersökta områdena (identifiera distinkta bestånd och kvantifiera graden av genetisk variation mellan och inom dessa) samt i möjlig mån försöka identifiera eventuell påverkan från utsatta främmande öringstammar,
- mer specifikt utvärdera vilka genetiska skillnader som idag finns mellan det nedströmslekande öringbeståndet i Gysjön och öringen i Sångån, i syfte att använda resultatet som underlag vid arbetet med att återetablera nedströmslekande öring i Sångån, samt
- skatta beståndens genetiskt effektiva storlekar för att bl.a. möjliggöra uppskattningar av antalet föräldrafiskar som deltagit i leken under senare år.

Bakgrund

Lurån

Lurån (figur 1) utgör det viktigaste reproduktionsområdet för Rogsjöns vandrande öringbestånd. Ur fiske- och friluftslivssynpunkt är området mycket värdefullt för Falu kommun samt Bjursås-Leksands fiskevårdsområdesförening, som starkt värnar om området som helhet och arbetar för att det ska utvecklas i enlighet med områdets naturliga förutsättningar. Varje år i månadsskiftet september/oktober stiger öringen från Rogsjön upp i Lurån för lek. Lekens totala omfattning och därigenom dess sårbarhet är ännu inte klarlagd. Inte heller vet man i vilken grad beståndet är påverkat av tidigare utsättningar av andra öringstammar. I Kvarnån som också mynnar i Rogsjön förekommer vandrande öring, men beståndet är huvudsakligen stationärt. Endast en handfull öringar bedöms årligen vandra upp från Rogsjön för att leka i Kvarnån.



Figur 1. Lurån och andra sjöar och vattendrag inom Rogsjöns avrinningsområde med flödesriktningar utmärkta, samt en mer detaljerad kartbild över Lurån med stickprovslokaler, vandringshinder (dammar). Notera att placeringen av lokal 10 avviker från mönstret att lokalerna numrerats i ordning nedströms till uppströms.

Det har under 1900-talet gjorts utsättningar av främmande öringstammar i Luråns närområde. Dessa utsättningar kan möjligen ha bildat, eller genetiskt blandat upp, de bestånd som finns idag. År 1895 och 1897 planterades yngel av "Vernerns lax" ut i Rogsjön (Hushållningssällskapet 1896 & 1898). Om det verkligen rörde sig om lax är svårt att säga eftersom man på den tiden inte skiljde så noga på arterna. Det har dock satts ut både lax och öring från Vänern (under beteckningen "Venerns lax") i andra sjöar i Dalarna under tidsperioden 1890-1910. Eftersom nykläckt yngel förmodligen sattes ut direkt i sjöarna gav troligen utsättningarna dåligt resultat. En indikation på detta skulle kunna vara att endast två utsättningar genomfördes (Hushållningssällskapet 1850-1929). En utsättning av ca 1 700 tvåsomriga öringar av blandat ursprung ("Dalälvs-", "Bonäshamns-" och "Gullspångsstam") genomfördes 1971 (SLU opubl. data). Sannolikt har det även skett utplanteringar av öring i Rogsjön under perioden 1930-1970 som inte finns dokumenterade (eller där dokumentation ännu inte påträffats).

Uppströms Rogsjön har utsättningar skett i två s.k. "put-and-take"-tjärnar, Attjärnen och Sätjärnen. Attjärnen mynnar i sjön Bjursen medan Sätjärnen rinner till Kvarnån (som kommer från Bjursen och sedan rinner till Rogsjön; figur 1). Utsättningarna i Attjärnen och Sätjärnen påbörjades efter rotenonbehandlingar som utfördes under 1960- eller 1970-talet. Utsättningarna bestod av öring, regnbåge och bäckröding och var av storleksordningen 100 – 200 kg fisk i fångstfärdig storlek per år. Även i Bjursen samt i två mindre sjöar, Bjurtjärnen och Ljustjärnen som rinner till Bjursen respektive Rogsjön, har utsättningar skett. Utsättningarna i Bjursen var av storleksordningen ca 100 kg fångstfärdig fisk vissa år, och regnbåge har där varit den kvantitativt dominerande arten under 1980- och 90-talet, därefter har endast öring satts ut vid tre tillfällen under 2000-talet (Länsstyrelsen opubl.). Under 2000-talet har utsättningar av "ospecificerad öring", "Dalälvsöring" samt Luråöring genomförts i Kvarnån. De tidigare utsättningarna av öring inom Rogsjöns vattensystem baserades huvudsakligen på fisk från en sättfiskodling mellan Falun och Rättvik där det främst odlades "Siljansöring", d.v.s. den storvuxna öringstam med ursprungliga lekområden i Ore- och Österdalälven med Siljan/Orsasjön som uppväxtområde.

Det är oklart i vad mån utsättningarna i Rogsjöns vattensystem påverkat den naturligt förekommande öringen. Utloppsäckarna från Attjärnen och Sätjärnen är mycket små och vissa år inte ens permanent vattenförande. Utloppsäckarna är dessutom försedda med metallgaller som ska hindra fisk från att rymma. Enstaka rymningar har sannolikt ändå inträffat. Troligen är det dock framförallt de utsättningar som genomförts inom övriga delar av Rogsjöns vattensystem som kan ha påverkat Luråns öringstam genetiskt sett.



Lekvandrande öring i Lurån. Foto David Lundvall.

Även nedströms Rogsjön sker utsättningar av öring. Fisket i vattendraget Rogsån, som rinner ut från Rogsjön, förvaltas av en fiskeklubb. Under 1990-talet sattes "Vänneöring" ut vid fyra tillfällen (Länsstyrelsen opubl). Därefter finns endast uppgift om en utsättning av lokal Luråöring (efter avelsfisk fångad i Lurån). Eftersom Rogsjön är dämnd finns ett vandringshinder mellan Rogsån och Rogsjön.

Länsstyrelsen genomför årligen elprovfiskeövervakning vid två lokaler i Lurån. Höga tätheter (30 – 80 ind/100m²) och storleksfördelningen hos de öringar som fångats nedströms vandringshindret "sågruinen" (figur 1), indikerar att beståndet främst är vandrande (låg förekomst av äldre individer, figur 3a). Vid dessa provfisken fångas en mindre andel öring med vad som bedöms vara "avvikande" utseende - vanligast är att de saknar röda prickar. Dessa individer utgör uppskattningsvis 1-3 % av det totala antalet (100-200 st) som fångas vid elprovfisket varje år. Vissa år har avelsfisk fångats i samband med leken och kramats på rom för att födas upp i odling till utsättningar i andra vatten. Även vid dessa tillfällen har det vid ett par tillfällen fångats någon stor lekfisk med avvikande utseende. Om dessa individer endast är ett uttryck för naturligt

förekommande variation, eller ett resultat av inblandning av öring av annat ursprung är i dagsläget inte känt.

Sångssystemet

Vattensystemet består bl.a. av sjöarna Gysjön och Sängen (figur 2). Gysjön är en naturligt "gäddfri" sjö med ett nedströmslekande storvuxet öringbestånd i Gysjöbäcken vilken mynnar i Sängen. Ett naturligt vandringshinder är beläget i Gysjöbäcken strax innan bäcken mynnar i Sängen, vilket hindrar uppvandring av öring från Sängen. I Gysjön finns även uppströmslekande öring som främst nyttjar Hundtjärnsbäcken som lek- och uppväxtområde.



Figur 2. Sångans vattensystem med utmärkta stickprovslokaler (röda punkter) och vandringshinder.

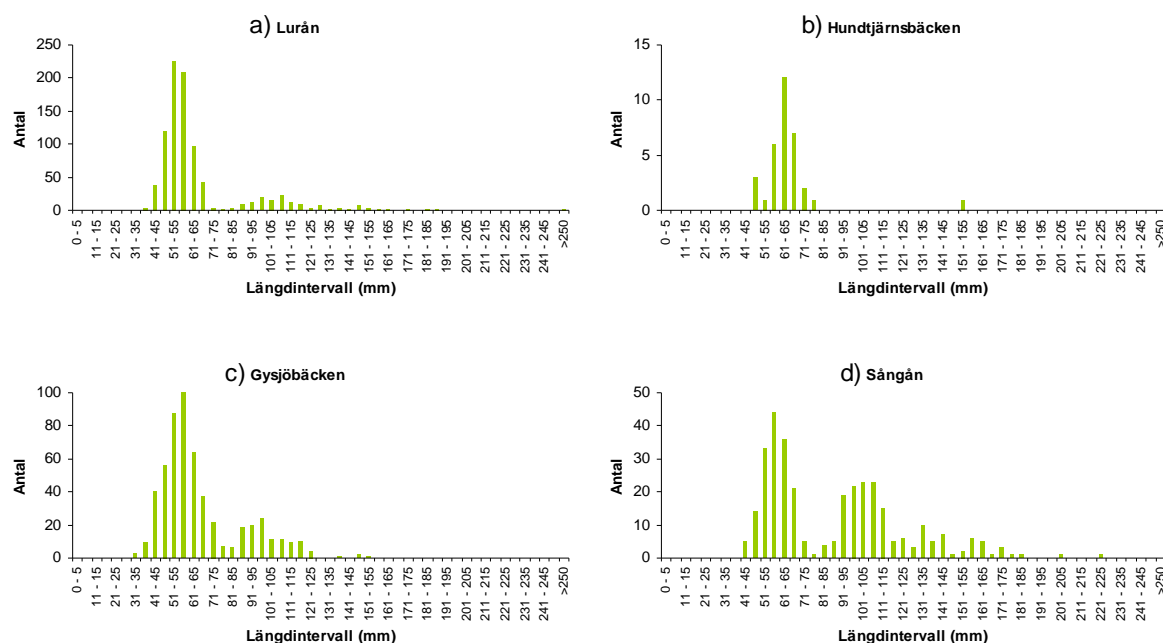


Gysjöbäcken är ett mycket litet vattendrag. Foto David Lundvall.

Sjön Sängen har sitt utlopp i Sångån vilken i sin tur mynnar i Flosjön. I Sångån finns ett naturligt vandringshinder strax innan ån mynnar i Flosjön. Allra överst i Sångån vid Sängen finns en damm som länge hindrat vandring uppströms (se nedan). Dessa omständigheter gör att det sedan lång tid tillbaka endast förekommer strömstationär öring i Sångån. Den äldsta vattendomen som behandlar regleringen av Sängen är från 1940. Troligen har det dock funnits ett dammläge vid samma plats sedan långt tidigare eftersom det funnits såväl kvarn, såg och vadmalsstamp i Sångåns nedre delar. Dessa revs ut redan 1928. Efter det har vattendraget nyttjats för flottning som även den krävde att flödet kunde regleras. Det finns också lämningar efter mindre dammar i Sångån, bl.a. ca 1 km nedströms Sängen. Dessa dammar finns inte med i miljödombstolens register över tillståndsgivna anläggningar (Miljöboken).

Fri fiskvandring mellan Sängen och Sångån har troligen inte varit möjlig under åtminstone 100 år, och man vet inte med säkerhet om det funnits ett nedströmslekande öringbestånd i Sängen. Sjön har dock många av de egenskaper som krävs för att sjövandrande öring ska kunna samexistera med gädda; den är relativt stor och djup (27 m) med branta stränder och en mycket liten andel grunda vegetationsbevuxna grundområden. Dessa förutsättningar indikerar att det tidigare sannolikt funnits öring i sjön, som i så fall måste ha varit nedströmslekande.

Elprovfiskeundersökningar som genomförts i Gysjöbäcken visar på jämförelsevis mycket höga tätheter av uppväxande öring; 65 – 180 ind/100m² (6 fisketillfällen). Hundtjärnsbäcken som endast elprovfiskats kvantitativt vid ett tillfälle uppvisade 115 ind/100m², vilket även det är en mycket hög täthet. Storleksfördelningen hos de öringar som fångats i Gysjöbäcken och Hundtjärnsbäcken indikerar att bestånden är utpräglat vandrande, med endast en mycket liten andel större/äldre fiskar (figur 3b och 3c). Faktum är att inga öringar större än 15 cm har fångats i dessa bäckar vid något elprovfisketillfälle. Sångån däremot uppvisar en beståndsstruktur som är typisk för ett strömstationärt bestånd, med öringar i ett mycket bredare storleksspektrum (figur 3d). Eftersom Sångåns öringbestånd inte haft möjlighet att vandra till angränsande sjöar går det också med säkerhet att säga att det rör sig om ett stationärt bestånd. Öringtätheterna som uppmätts vid elprovfiske är dessutom betydligt lägre. I medeltal har tätheterna varit 16,2 ind/100m² (17 tillfällen, max 35,6 ind/100m²).



Figur 3. Längdfördelning hos öring som fångats vid elprovfiske i a) Lurån (lokal 5, åren 2001-2010, N=879), b) Hundtjärnsbäcken (åren 2007-2009, N=33), c) Gysjöbäcken (åren 2006-2010, N=542), och d) Sångån (åren 2005-2010, N=328).

I Sängen har odlad öring satts ut regelbundet vart tredje år som en del av vattenregleringsföretagens kompensation för reglering av sjöar i Siljansområdet. Sedan början av 1990-talet har huvudsakligen "Konnevesiöring" av finskt ursprung satts ut i sjön. I Gysjön har odlad Siljansöring satts ut vid något enstaka tillfälle, medan uppgifter om ytterligare utsättningar saknas. Uppgifter om äldre utsättningar av öring i Sångasystemet är bristfälliga. Det kan dock konstateras att sådana har ägt rum i Sängen åtminstone sedan 1950-talet. Före 1930 har emellertid troligen

inga utsättningar genomförts eftersom de då borde ha funnits registrerade i Hushållningssällskapet i Kopparbergs läns årsredovisningar.

Under 1950-talet odlade Sollerö fiskodling stora kvantiteter "Dansk laxöring". Det var också denna fiskodling som producerade kompensationsfisk till sjöarna och vattendragen kring Siljan, däribland till Sängen. Dansk öring var den kvantitativt mest dominerande öringstypen som producerades i odlingen under vissa år på 1950-talet (Dalälvens vattenregleringsföretag 1952-1966). Mellan 1951 och 1965 sattes öring ut i Sängen vid fem tillfällen – vart tredje år. Det är därför sannolikt att utplanteringar av denna öringstam utförts i Sängen. Utsättningar direkt i Sångån har säkerligen förekommit vid något eller några tillfällen, men inte efter 1990. Eventuell genetisk påverkan av odlad fisk på Sångåns öringbestånd måste därför under senare år (och till stor del även tidigare) i så fall ha skett genom att "rymlingar" från Sängen tagit sig ned i ån och lekt.

Ur fiske- och friluftslivssynpunkt är Sängområdet mycket värdefullt för Leksands kommun och Leksand-Insjöns fiskevårdsområdesförening. Man arbetar bl.a. för framtida naturlig reproduktion av sjövandrande öring i hela vattensystemet, samt med flottledsrestaurering och åtgärder för att återskapa fiskvandringmöjligheter i området. Under sommaren 2010 har restaureringsarbeten i Sångån tagit fart, och ett omlöp har konstruerats förbi regleringsdammen vid Sångens utlopp. Syftet är att på sikt kunna (åter)etablera nedströmslekande öring i Sängen som kan nyttja den åter tillgängliga Sångån som sitt lek- och uppväxtområde.



Ett avsnitt av Sångån före (t.v.) och efter (t.h.) återställning av flottledsrensning. Vattendraget har efter restaurering blivit mer mångformigt och vattendragsbredden har ökat. Foto Håkan Danielsson.

Material & Metoder

Vävnadsprover för genetisk analys samlades in från Lurån och Sångssystemet med hjälp av elfiske som utfördes av Länsstyrelsen under åren 2009 och 2010. Totalt har 359 fiskindivider analyserats genetiskt. Antalet individer från de olika lokalerna presenteras i tabell 1. I Lurån samlades prover in från totalt 10 lokaler (figur 1). I Sångssystemet samlades prover in från Sångån (fem lokaler), Gysjöbäcken (två lokaler) samt Hundtjärnsbäcken (endast en lokal som antas representera hela uppväxtområdet i bäcken) (figur 2). Stickproven bestod uteslutande av årsungar (ensomriga, 0+) förutom några få individer från Sångån som bedömdes vara tvåsomriga (1+).

DNA extraherat från fenprov förvarade i sprit har genotypbestämts med hjälp av så kallade mikrosatelliter. Denna typ av genetiska markörer är särskilt lämpliga vid studier av beståndsstruktur och bestämning av ursprung för enskilda individer. Totalt har 10 mikrosatelliter studerats, vilka ursprungligen utvecklats för öring eller närbesläktade arter: Str15, Str60, Str73 (Estoup m.fl. 1993), Str58 (Poteaux 1995), Ssa85, Ssa197 (O'Reilly m.fl. 1996), SsOsl417 (Slettan m.fl. 1995), One9 (Scribner m.fl. 1996), Bs131 (Estoup m.fl. 1998) samt Ssa408 (Cairney m.fl. 2000). Programmet FSTAT (Goudet 1995) har använts för ett flertal grundläggande beräkningar (skattningar av genetisk variation och F-statistik). Övriga statistiska metoder och program som använts för att utvärdera data är namngivna i anslutning till presentationen av resultaten.

I vissa analyser har insjööring och havsöring från andra områden i Sverige använts som referensmaterial. Bl.a. inkluderades två årsklasser (2000/2001) av Siljansöring från odlingen i Särna samt stickprov av öring från Vänerområdet (Klarälven och Gullspångsälven), som genetiskt sett kan tänkas likna öring som använts vid utsättningar i de studerade områdena. De analyser som inkluderar



Elfiske användes som metod för insamling av proverna. Fisken bedövas en kort stund med elström varpå den fångas med håv. Efter provtagning kan den återutsättas oskadd. Foto Stöt Ulrika Andersson.

öringstammar från övriga områden i Sverige är endast baserade på sju mikrosatelliter, vilket dock inte förväntas påverka resultaten i någon särskild riktning (även om avsaknad av tre markörer introducerar något större osäkerheter).

Resultat

Erhållna rådata finns åskådliggjorda grafiskt med s.k. "bubbeldiagram" (bilaga 1). I delfigurerna (en för varje analyserad mikrosatellit) framgår vilka genvarianter som påträffats, samt hur vanliga dessa är i respektive stickprov. För jämförelse ingår även data för Siljans-, Klarälvs- och Gullspångsöring.

Utvärdering av datakvalitet

I sju av de totalt 26 stickproven från Lurån/Sångäsystemet påträffades statistiskt säkra avvikelser i form av fler heterozygota individer än det antal som förväntas enligt Hardy-Weinbergs lag (tabell 1). När avvikelserna går i denna riktning är en möjlig förklaring att det analyserade stickprovet består av individer som härstammar från få föräldrafiskar. En annan möjlighet är att avkomman utgör hybrider mellan genetiskt olika grupper av föräldrar. Däremot fann vi inga indikationer på färre heterozygoter än förväntat, vilket om/när det förekommer kan återspegla tekniska problem (t.ex. så kallade nollalleler) eller att stickprovet består av individer från mer än ett genetiskt distinkt bestånd.

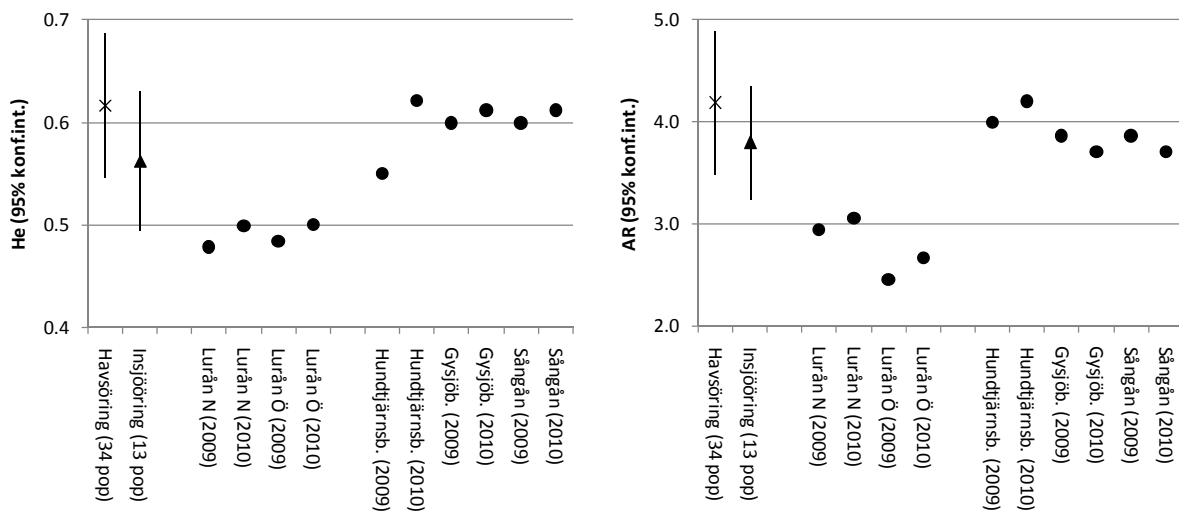
Tabell 1. Stickprovstorlek (antal fiskar), förväntad heterozygositet (H_e), genomsnittligt antal genvarianter per mikrosatellit (Antal alleler), motsvarande antal korrigerat för skillnader i stickprovstorlekar (Allelic richness), samt avvikelser från förväntade genotypproportioner enligt Hardy-Weinbergs lag uttryckt som F_{IS} . Ett positivt F_{IS} indikerar underskott av heterozygoter, medan ett negativt värde indikerar överskott. Understrukna F_{IS} indikerar statistiskt signifikanta avvikelser (d.v.s. från $F_{IS}=0$).

Stickprov	Stickprovstorlek	H_e	Antal alleler	"Allelic richness"	F_{IS}
Lurån-1 2009	9	0,54	3,3	2,9	<u>-0,14</u>
Lurån-1 2010	10	0,56	3,4	3,0	0,00
Lurån-2 2009	9	0,50	3,1	2,7	-0,08
Lurån-2 2010	11	0,48	3,2	2,7	0,08
Lurån-3 2009	9	0,52	3,3	2,8	-0,05
Lurån-3 2010	10	0,57	3,6	3,0	0,07
Lurån-4 2009	9	0,54	3,2	2,8	-0,11
Lurån-5 2009	9	0,56	3,5	3,0	<u>-0,12</u>
Lurån-5 2010	10	0,50	3,4	2,8	-0,06
Lurån-6 2009	9	0,49	2,8	2,5	-0,07
Lurån-10 2009	9	0,55	3,3	2,9	-0,04
Lurån-10 2010	10	0,55	3,6	3,0	<u>-0,11</u>
Lurån-7 2009	9	0,48	3,0	2,6	-0,09
Lurån-7 2010	10	0,55	2,8	2,6	-0,02
Lurån-8 2009	9	0,51	2,8	2,5	-0,05
Lurån-8 2010	10	0,49	2,8	2,5	-0,01
Lurån-9 2009	17	0,51	3,1	2,6	-0,07
Lurån-9 2010	20	0,51	3,1	2,6	<u>-0,14</u>
Gysjöb. Stig 2009	5	0,69	3,8	3,8	-0,05
Gysjöb. Stig 2010	15	0,67	5,7	4,0	<u>-0,08</u>
Gysjöb. Väg 2009	35	0,63	6,3	3,7	0,00
Gysjöb. Väg 2010	15	0,71	5,3	4,0	<u>-0,09</u>
Hundtjärnsbäcken 2009	24	0,63	4,4	3,3	-0,05
Hundtjärnsbäcken 2010	20	0,64	4,2	3,5	<u>-0,08</u>
Sångån 2009 *	36	0,63	5,5	3,6	0,00
Sångån 2010 *	20	0,61	4,6	3,3	0,05

* Fem lokaler från Sångån sammanslagna p g a få provtagna individer vid respektive lokal

Genetisk variation

Mängden genetisk variation uttryckt som förväntad heterozygositet och allelrikedom (allelic richness) varierade mellan de studerade områdena (tabell 1 och figur 4). Öringen från Sångån och Gysjö-/Hundtjärnsbäcken uppvisade en jämförelsevis hög grad av genetisk variation – av samma storleksordning som hos havsöring – medan öringen från Lurån befanns ha klart låg grad av genetisk variation (figur 4).



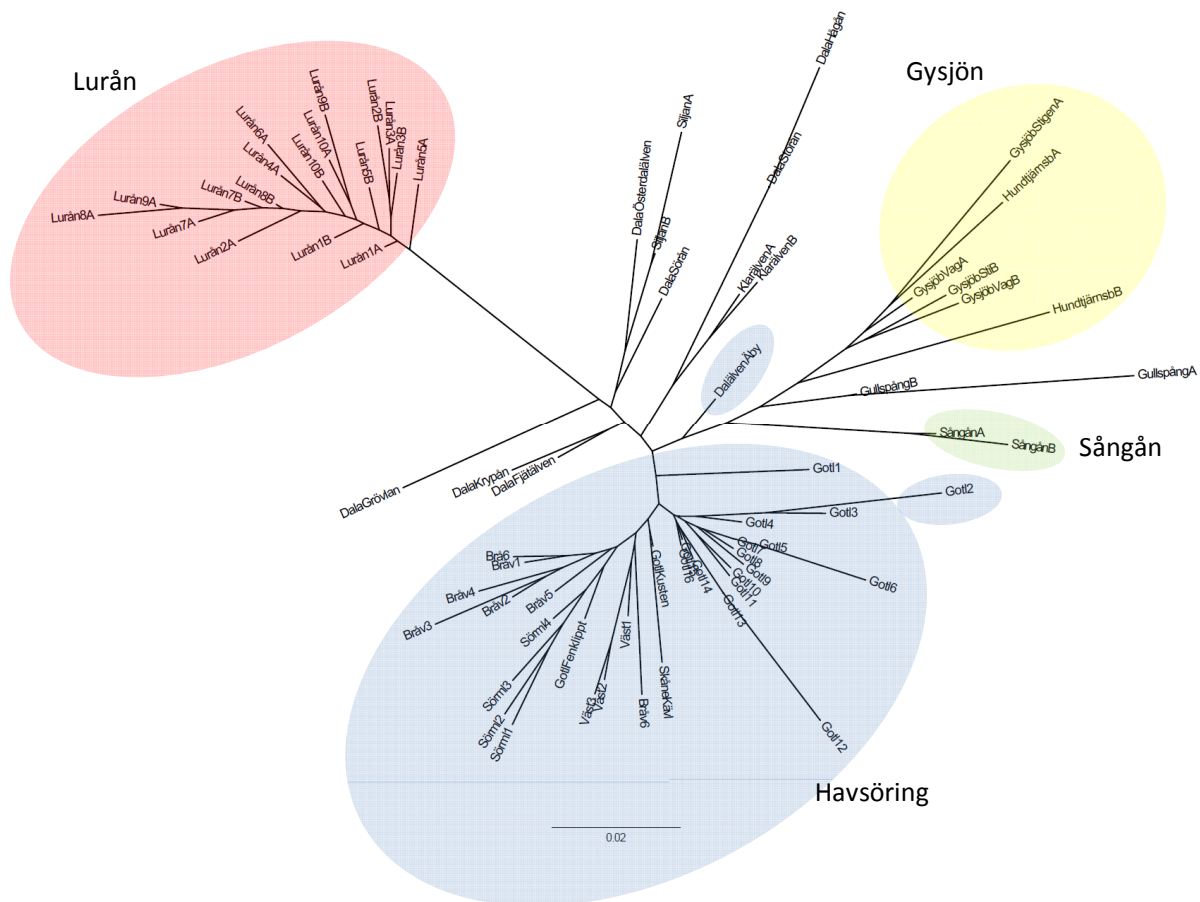
Figur 4. Skillnader mellan de undersökta stickproven med avseende på mängd genetisk variation för sju mikrosatelliter (He =förväntad heterozygositet, AR =allelrikedom). Som jämförelse anges även motsvarande genomsnitt för bestånd av havs- och insjööring (medelvärden ± 1.96 SD) som tidigare studerats vid Sötvattenslaboratoriet. Stickproven från de 10 lokalerna i Lurån är här sammanslagna till endast två grupper - fisk från nedre (Lurån N) respektive översta (Lurån Ö) delen av vattendraget – vilket motsvarar de två genetiskt distinkta delbestånd som identifierats i denna studie (se nedan).

- Öringen i Gysjön och Sångån uppvisade förhållandevis hög genetisk variation
- Öringen i Lurån uppvisade en lägre grad av genetisk variation

Analys av bestandsstruktur

Parvisa jämförelser av allelfrekvenser (med F_{ST}) visade på tydliga genetiska skillnader mellan stickproven från Lurån och Sångåsystemet, samt till varierande del även inom respektive område (bilaga 2). Dessa skillnader representerar såväl jämförelser mellan genetiskt distinkta bestånd som temporal variation mellan år inom ett och samma bestånd.

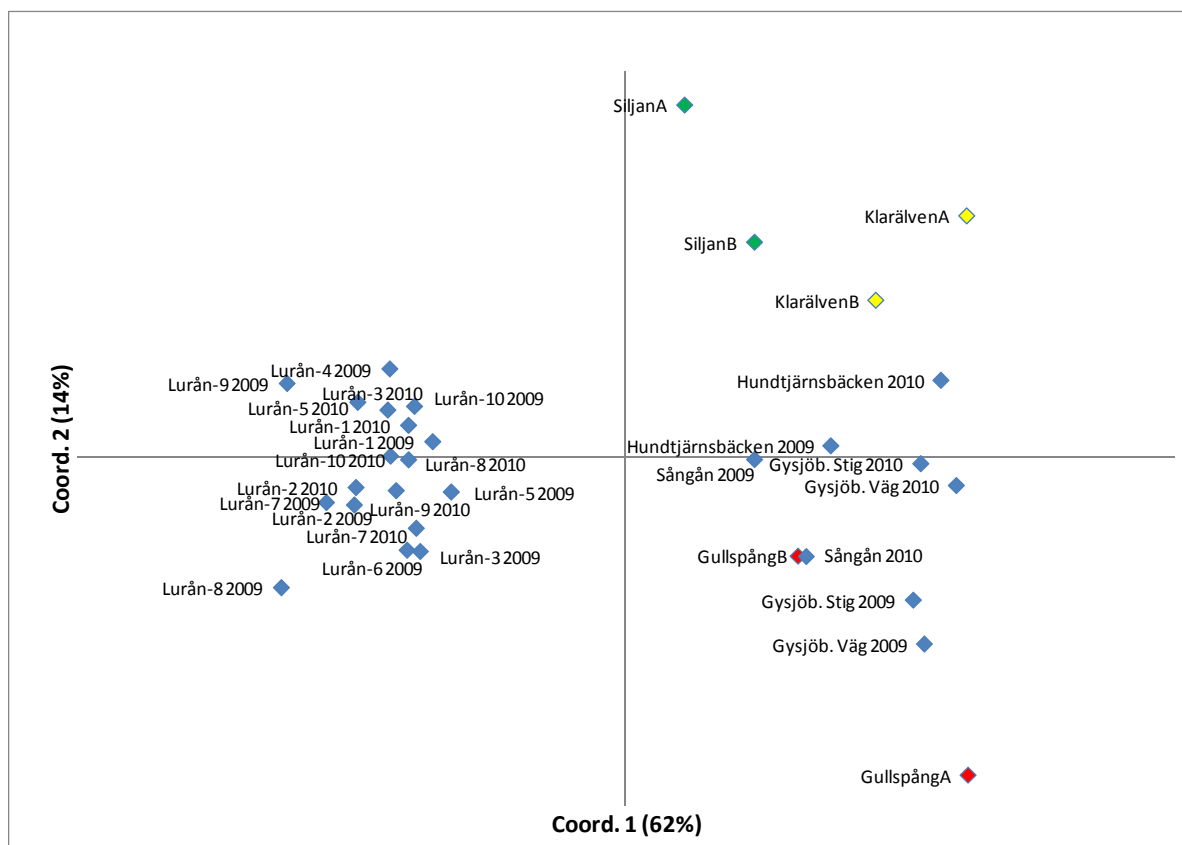
En jämförelse som även omfattar öring från andra områden visade att den havsvandrande öringen utgör en distinkt grupp, inom vilken även mindre grupperingar från olika geografiska områden kan skönjas (t.ex. öring från Gotland; figur 5). Lurån bildar en klart genetiskt distinkt grupp, medan det i övrigt är svårt att se tydliga samband mellan genetiska och geografiska avstånd. Öringen från Sångåsystemet utgör visserligen en någorlunda separat grupp, men denna omfattar även Gullspångsälven (Vänern), och de genetiska skillnaderna mellan Gysjöns (Gysjöbäcken/Hundtjärnsbäcken) och Sångåns öringar är påtagliga.



Figur 5. Dendrogram ("släktträd") som illustrerar graden av genetisk likhet/olikhet mellan öring från Lurån och Sångåssystemet samt andra områden (havsöring från Dalälven (DalälvenÅby), Sörmland (Sörml), Bräviken (Bräv), Gotland (Gotl), Skåne (SkåneKävl) och västkusten (Väst); Väneröring från Klarälven samt Gullspångsälven; öring från andra delar i Dalarna (Dala"lokalnamn"): Siljan, Fjätälven m.fl.). Dendrogrammet är baserat på data för sju mikrosatelliter och konstruerat enligt neighbor joining-metoden (PHYLIP; Felsenstein 2004). Skalstreckat anger genetiskt avstånd (chord distance). Stickproven från de två årsklasserna som insamlats i Lurån och Sångåssystemet är kodade med A (2009) respektive B (2010).

I ett andra analyssteg inkluderades utöver Lurån och Sångåssystemet endast Siljansöring samt öring från Klarälven och Gullspångsälven – tre tidigare kartlagda stammar som enligt uppgift kan ha använts för att producera sättfisk för utsättningar i olika delar av Dalarna (bl.a. i Sångens och Luråns närområden). Resultatet från denna analys som genomförts med s.k. PCA åskådliggörs i figur 6. Även i detta fall bildade öringen från Lurån en distinkt grupp, medan lokalerna i Sångåssystemet, Siljan samt Vänerområdet tillsammans utgjorde en mer heterogen grupp. Dock liknade inget av stickproven från Sångåssystemet helt de referensstammar (Siljan, Vänerområdet) som ingick i analysen (figur 5 & 6).

- Öringbeståndet i Lurån skiljer sig påtagligt från andra analyserade stammar i Sverige, medan öringen från Sångensystemet är mer heterogen och lik andra öringstammar



Figur 6. Resultat från PCA-analys (Principal Coordinate Analysis med GENALEX; Peakall & Smouse 2006). Coord. 1 förklarar 62% och Coord. 2 förklarar 14% av den totala genetiska variationen mellan stickproven. Den intermediära placeringen av "GullspångB" (ca halvvägs mellan KlarälvenA och -B samt GullspångA) beror sannolikt på att detta stickprov har visat sig utgöra en "hybrid" mellan dessa båda stammar från Vänerområdet (Palm m.fl. in prep).

Som framgår av ovanstående analyser finns relativt stora genetiska skillnader mellan öringen i Gysjön och Sångån (figur 5 & bilaga 2). Det föreligger också parvisa statistiskt signifikanta allelfrekvensskillnader mellan Gysjöns nedströms- och uppströmslekande öring (Gysjöbäcken och Hundtjärnsbäcken), men dessa skillnader är i samtliga fall mindre än den tidsmässiga skillnad som finns mellan stickproven från 2009 och 2010 inom Hundtjärnsbäcken (bilaga 2). Det är därför oklart i vilken mån de genetiska skillnaderna mellan Gysjöbäcken och Hundtjärnsbäcken representerar skilda bestånd eller speglar slumpmässiga genetiska skillnader orsakade av få föräldrafiskar (s.k. genetisk drift).

För att kvantifiera den relativa betydelsen av insamlingsplats (vattendrag) och insamlingsår genomfördes en hierarkisk analys där den totala genetiska variationen bland Gysjöns öringar delades upp på olika variationsorsaker. Av resultatet framgick att de genomsnittliga genetiska skillnaderna mellan insamlingsår inom lokalerna (F_{YS} ; tabell 2) var av relativt större betydelse än skillnaden mellan fiskar från de båda vattendragen (F_{ST}). Den sistnämnda parameter hade dessutom ett konfidensintervall som omfattar noll (ingen genetisk differentiering) vilket innebär att det utifrån befintliga data inte kan uteslutas att samtlig öring från Gysjön genetiskt sett representerar samma bestånd, vilket reproducerar sig såväl nedströms i Gysjöbäcken som uppströms i Hundtjärnsbäcken.

Tabell 2. Hierarkisk analys av temporal och spatial genetisk variation inom och mellan Gysjöbäcken och Hundtjärnsbäcken (GDA; Lewis & Zaykin 2001). F_{IT} kvantifierar genomsnittliga avvikelser från Hardy-Weinberg proportioner inom totala materialet (I =individuals, T =total), F_{IS} kvantifierar motsvarande genomsnittliga avvikelser inom de enskilda stickproven (S =subpopulations), F_{YS} kvantifierar allelfrekvensskillnader mellan stickprov från olika år (Y =Years) inom respektive vattendrag, medan F_{ST} kvantifierar allelfrekvensskillnader mellan vattendragen (med hänsyn taget till temporal skillnader mellan år inom desamma). Konfidensintervallen har erhållits genom s.k. bootstrap-analys över loci (10 000 dragningar).

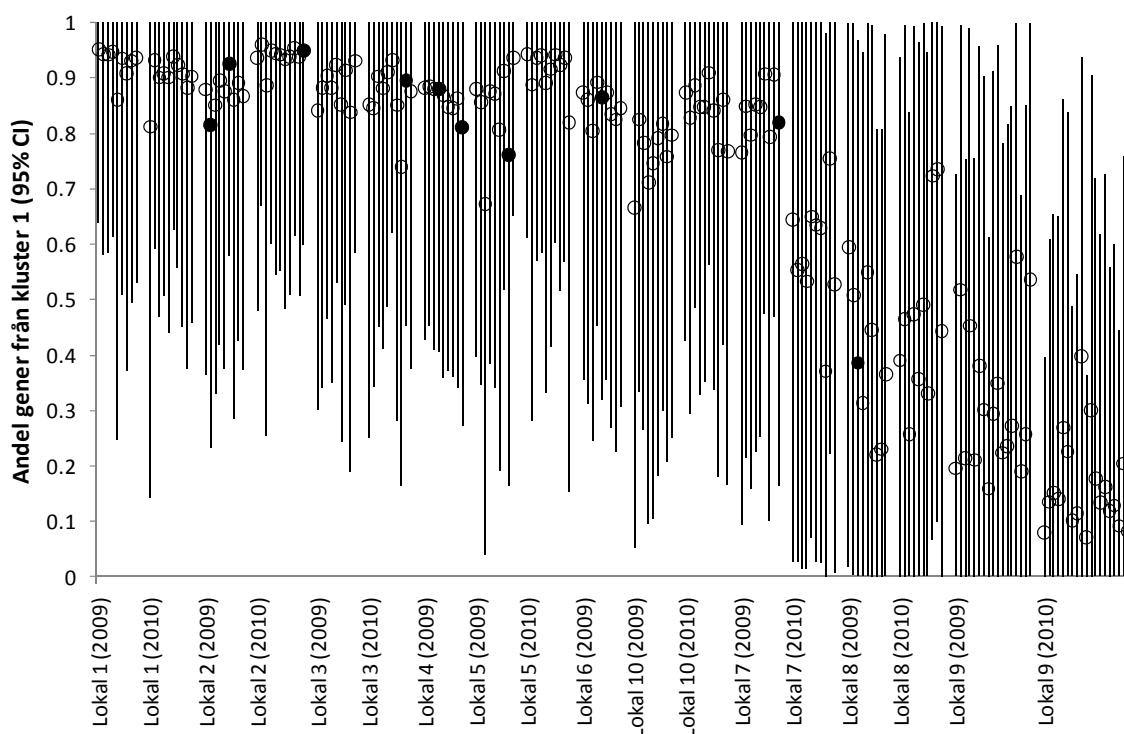
Genomsnitt över 9 loci (95% CI)	
F_{IT}	0.010 (-0.033; 0.048)
F_{IS}	-0.049 (-0.089; -0.013)
F_{YS}	0.055 (0.043; 0.068)
F_{ST}	0.011 (-0.004; 0.026)

Datamaterialet från Lurån och Sångssystemet analyserades även med programmet STRUCTURE (Pritchard m.fl. 2000; Hubisz m.fl. 2009). I korthet syftar denna metod till att identifiera bestånd i material av okänd sammansättning genom att gruppera individerna till så kallade "genetiska kluster" (förmodade bestånd) som uppfyller vissa genetiska kriterier som kännetecknar naturliga, genetiskt homogena bestånd. Bland annat grupperas individerna så att avvikelser från Hardy-Weinberg-proportioner inom de identifierade klustren minimeras.

Trots att stickproven från Lurån, enligt ovanstående analyser, utgör en genetiskt distinkt grupp jämfört med öring från andra geografiska områden, finns även signifikanta genetiska skillnader mellan stickprov från olika delar och år inom vattendraget. Särskilt tenderar stickproven från området uppströms vandringshindret vid den före detta Rotbacksågen att avvika från övriga dellokaler (bilaga 2). Enligt STRUCTURE finns två genetiskt distinkta öringbestånd i Lurån – ett uppströms och ett nedströms vandringshindret (figur 7). Analysen visade vidare att det i området direkt nedströms vandringshindret (lokal 7 och 8; figur 1) tycks förekomma hybrider mellan de två bestånden, vilket antyder att individer som vandrat nedströms vandringshindret senare reproducerat sig där.

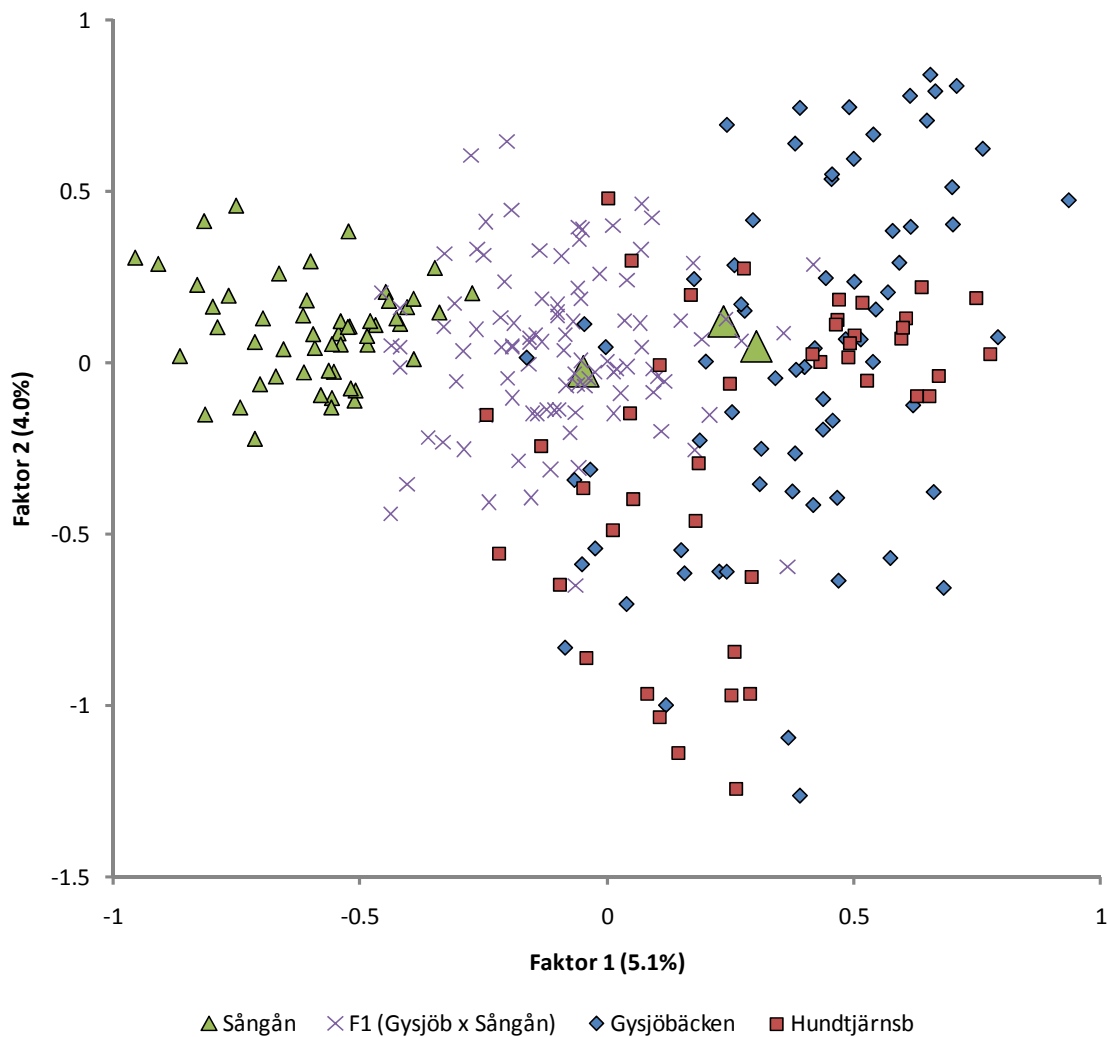
Som nämnts ovan fångas i Lurån vid elprovfiske regelbundet individer med mer eller mindre avvikande utseende. Vanligast är att de saknar röda prickar. En genetisk jämförelse visar dock att dessa individer som grupp inte avviker från övriga öringar fångade nedströms vandringshindret ($F_{ST}=0.009$, $P>0.05$). Inte heller analysen med STRUCTURE indikerar att dessa individer tycks ha något avvikande genetiskt ursprung (figur 7).

- Det förekommer två genetiskt skilda öringsbestånd i Lurån (som dock tycks ha ett gemensamt ursprung), vilka åtskiljs av ett av människan skapat vandringshinder i åns övre del. Viss hybridisering mellan bestånden tycks förekomma närmast nedströms vandringshindret.



Figur 7. Resultat efter analys av materialet från Lurån med programmet STRUCTURE ($K=2$; två kluster/bestånd). Figuren visar skattningar av den andel hos varje individs arvs massa som härstammar från de genetiskt distinkta kluster/bestånd som identifierats (här illustrerat som andelen gener från "kluster 1"). Lokalerna är sorterade från nedströms (vänster) till uppströms (höger). Notera skillnaden för lokal 7 mellan individerna insamlade 2009 och 2010. Individer med avvikande utseende är markerade med fyllda cirklar. Vertikala linjer representerar konfidensintervall (95%).

Analys med STRUCTURE av öring från Sängen-området visade, i linje med ovanstående resultat, att även detta vattensystem omfattar två huvudsakliga genetiska kluster eller genetiskt distinkta bestånd (Gysjön resp. Sängån). Tre av individerna från Sängån-2009 fängade längst uppströms närmast Sängen avvek dock klart från övriga individer i Sängån. Det går inte med säkerhet att säga om dessa årsungar representerar avkomma till öring från någon (nyligen utförd) utsättning, eller om de utgör avkomma från korsning/-ar mellan öring från Sängån och individer från Gysjön, som på egen hand vandrat nedströms från Gysjöbäcken, via Sängen och ner i Sängån. En s.k. faktoriell korrespondensanalys, som inkluderade samtliga individer från Gysjön och Sängån samt 100 datorsimulerade hybrider mellan dessa bestånd, visade emellertid att det förefaller möjligt att de tre avvikande individerna kan utgöra hybrider mellan öring från Sängån och Gysjön (figur 8).



Figur 8. Resultat från faktoriell korrespondensanalys med programmet GENETIX (Belkhir m.fl. 2001), som använts för att illustrera genetisk variation mellan individer från Sångån och Gysjön (varje symbol motsvarar en individ). Notera de tre förstorade symbolerna (gröna trianglar) som representerar de tre genetiskt avvikande individer som fångats strax nedströms regleringsdämnet i Sångån. Kryssen markerar 100 datorsimulerade hybridindivider (F1-generationen) mellan öring från Sångån och Gysjöbäcken.

Genetiskt effektiva populationsstorlekar samt antal lekfishar

Ett bestånds genetiska status bestäms i hög grad av den genetiskt effektiva populationsstorleken (N_e) och inte den totala populationsstorleken (N_{tot}). N_e är i praktiken ofta betydligt lägre än N_{tot} eftersom den reproduktiva framgången varierar mellan individer. Dessutom är ofta könskvoten skev bland de individer som lyckas med reproduktionen. Som ett extremt exempel kan nämnas en hypotetisk population som består av 99 honor och 1 hane. Även om alla honor får lika många ungar blir den effektiva populationsstorleken endast $N_e=4$ (medan $N_{tot}=100$). Anledningen är att samtliga avkommor är hel- eller halvsyskon vilket bland annat leder till kraftig inavel i nästa generation. Ett lågt N_e leder till snabbare slumpmässiga genetiska förluster och förändringar (s.k. genetisk drift) och ökad inavel. Om kunskap finns om relationen mellan N_{tot} och N_e kan skattningar av den effektiva populationsstorleken även användas för att indirekt uppskatta lekbeståndets totala numerär.

Det genetiskt effektiva antal lekfiskar som under respektive år gett upphov till de analyserade årsungarna (N_b per år, ej att förväxla med N_e per generation) skattades utifrån avvikelser från kopplingsjämvikt (linkage equilibrium) för de analyserade mikrosatelliterna (Waples 2006; Waples & Do 2008). Som ett resultat av bl.a. skillnader i reproduktiv framgång mellan individer är det genetiskt effektiva antalet föräldrar per år (N_b) i regel avsevärt lägre än det totala antalet (N_{tot}) som deltagit vid reproduktionen (i likhet med N_e , se ovan); för laxartad fisk har empiriska studier visat att N_b kan vara 20-40% av N_{tot} (Dannewitz m.fl. 2004, Araki m.fl. 2007, Lundmark 2009). I Lurån skattades N_b separat för de båda bestånden, som i enlighet med ovanstående analyser förekommer uppströms och nedströms vandringshindret vid sågdammsruinen i åns översta del. I de övriga vattendragen slogs samtliga individer som insamlats respektive år samman för respektive vattendrag.

Antalet genetiskt effektiva lekfiskar (N_b) i de studerade öringbestånden var genomgående lågt (tabell 3), vilket är i linje med överskotten av heterozygoter samt de genetiska skillnader mellan insamlingsår som påträffats i lokalerna (tabell 1, bilaga 2). I Lurån var skattningarna av N_b i delbeståndet nedströms vandringshindret omkring 40-70, vilket grovt räknat kan tänkas motsvara 130-230 lekfiskar totalt per år (om man antar att $N_b/N_{tot}=0.3$), medan antalet lekfiskar i det övre delbeståndet tycks vara ungefär hälften så stort. I Sångssystemet skattades antalet genetiskt effektiva lekfiskar i Gysjöbäcken och Sångån till omkring 10-25 vardera, vilket enligt ovanstående motsvarar ett totalantal av ca 30-80 lekfiskar per år och vattendrag. I Hundtjärnsbäcken var antalet genetiskt effektiva individer lägre; där skattades N_b till endast ca 10 (eller omkring 30-40 lekfiskar totalt) per år.

Vandrande öringbestånd som de i Lurån och vattendragen kring Gysjön kännetecknas av att storvuxna lekfiskar (>1 kg/>50 cm) vandrar upp i vattendraget från en sjö. Vid leken deltar dock nästan alltid en viss andel tidigt könsmogna hanar som är mycket mindre än de som kommer vandrande från sjön (15 – 25 cm). Det bör betonas att även de könsmogna småhanar som eventuellt deltagit i leken ingår i ovanstående skattningar av N_b (och N_{tot}). Vi känner inte till i vilken utsträckning sådana s.k. "sneakers" lyckas med reproduktionen hos öring. Tidigare studier på lax har emellertid visat att en tämligen hög andel av en årsklass kan utgöra avkomma till könsmogna småhanar (t.ex. Morán m.fl. 1996). Förekomst av tidigt könsmogna småhanar kan öka det genetiskt effektiva antalet föräldrar jämfört med om endast vuxna fiskar står för reproduktionen. Exempelvis beräknade Martinez m.fl. (2000) att N_b i den laxpopulation som studerades hade förväntats sjunka med ca 45% om inga tidigt könsmogna laxhanar hade bidragit vid reproduktionen.

Antalet vuxna lekfiskar i de undersökta områdena är därför sannolikt färre än vad ovanstående skattningar indikerar. Osäkerheten i ovanstående analyser är samtidigt stor, bl.a. beroende på att förhållandet mellan N_b och N_{tot} är okänt för dessa områden. Slutligen bör påpekas att ovanstående skattningar av antalet lekfiskar endast inkluderar könsmogna individer som uppehåller sig på lekströmmarna, däremot ingår inte de uppväxande individer som ännu inte könsmognat och som kan utgöra en betydande del av det totala beståndets numerär.

- Antalet könsmogna öringar (inkl. ev. könsmogna småhanar) som årligen deltar i leken kan variera mellan 80 – 100 i vattendragen som ansluter till Gysjön, 30 – 80 i Sångån och 200 – 300 i Lurån

Tabell 3. Skattningar av det (genetiskt effektiva) antal lekfishar som producerat den analyserade avkomman. Materialet från Lurån har analyserats uppdelat på de delbestånd som förekommer nedströms (lokal 1- 8 & 10) respektive uppströms vandringshindret vid sågdammsruinen (lokal 9). Dellokal 7 (2010) samt 8 (båda åren) har uteslutits i analysen p.g.a. förmodad förekomst av hybrider (se figur 7).

Lokal(er)	Insamlingsår	N_b (95% CI)	N_{tot}^*
<i>Lurån</i>			
Nedre (1-8 & 10)	2009	44 (28 -- 74)	145
- " -	2010	68 (32 -- 406)	227
Övre (9)	2009	18 (3 -- 153)	58
- " -	2010	30 (5 -- 260)	99
<i>Sångensystemet</i>			
Hundtjärnsbäcken	2009	11 (8 -- 16)	37
- " -	2010	7 (4 -- 11)	24
Gysjöbäcken	2009	14 (10 -- 19)	46
- " -	2010	24 (17 -- 38)	80
Sångån	2009	24 (15 -- 44)	79
- " -	2010	11 (7 -- 17)	36

* Antaget att $N_b/N_{tot}=0.3$ (se texten)



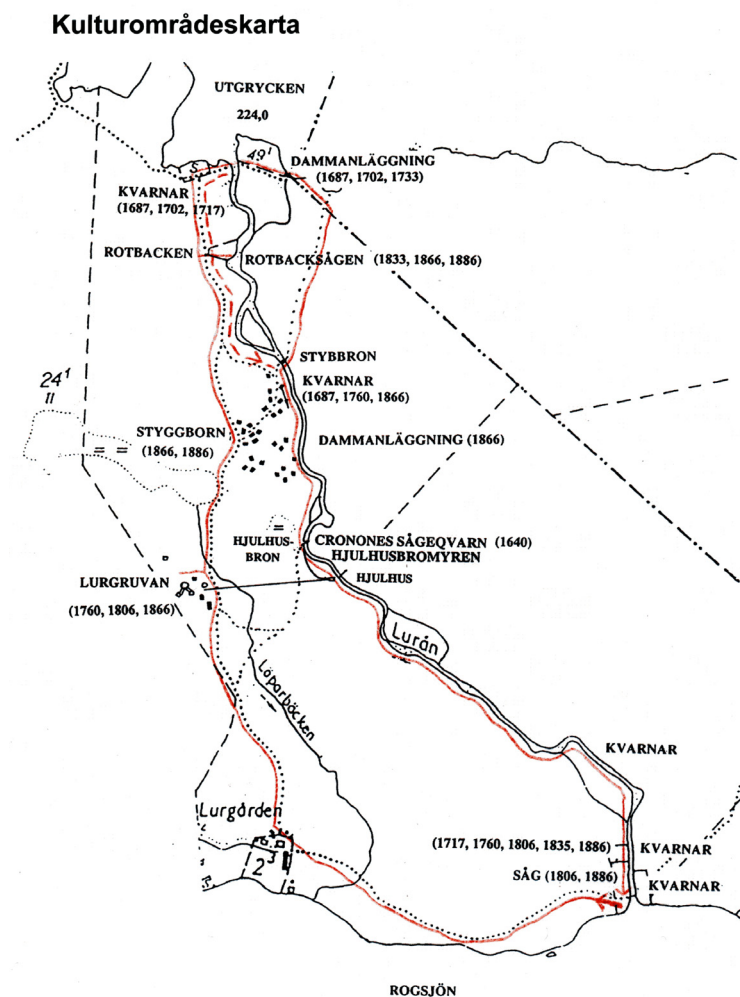
Öringhona under lek i Gysjöbäcken 2011. Foto David Lundvall.

Diskussion och slutsatser

Lurån

Våra resultat visar att stickproven från Lurån avviker tydligt som grupp från öringen i Sångåsystemet och övriga analyserade öringbestånd i Sverige. Vi fann också att Luråns öring uppvisar en jämförelsevis låg grad av genetisk variation, både uttryckt som heterozygositet och antal genvarianter. Samtidigt tyder inte våra resultat på att dagens bestånd i Lurån är numerärt svagare än öringbestånd i många andra vattendrag av motsvarande storlek, vilket annars skulle kunna ha förklarat en låg grad av genetisk variation.

Snarare speglar den låga variationsgraden hos Luråöringen det faktum att förutsättningarna för vandring från Rogsjön, tack vare mänskliga aktiviteter, varit mycket begränsade under lång tid (kanske flera århundraden, figur 9). Troligen har det under större delen av denna tidsperiod endast funnits glesa bestånd av strömstationär öring vilket resulterat i s.k. ”genetiska flaskhalsar” då genetisk variation gått förlorad genom genetisk drift, d.v.s. slumpmässiga förändringar av genvarianter vanlighet och förekomst i populationer av begränsad storlek.



Figur 9. Karta över Luråområdet, som visar en del av de kulturlämningar som förekommer i åns närhet. Bilden är hämtad från Rogström (2010).

Först efter 1994, när ett omlöp anlades förbi ett tidigare vandringshinder 200m från utloppet, har vandrande öring regelbundet kunnat utnyttja huvuddelen av ån som lek- och uppväxtområde. Trots att vi identifierat två bestånd som idag förekommer uppströms respektive nedströms det övre kvarvarande vandringshindret är dessa bestånd genetiskt sett lika varandra, vilket antyder att de har ett gemensamt ursprung. Möjligen fanns det bara ett bestånd i Lurån innan vattendraget började exploateras under 1600-talet. De skillnader vi ser idag mellan öring uppströms och nedströms det övre vandringshindret kan ha uppkommit p.g.a. att vandringsmöjligheterna togs bort då kvarnar och dammar anlades i vattendraget (se figur 9). Det vandringshinder vid Rotbacksågen som idag åtskiljer de två lekbestånden (figur 10) håller på att förfalla och kommer inom kort att upphöra som vandringshinder. Förmodligen kommer då de två identifierade lekbestånden att med tiden blandas och de genetiska skillnaderna försvinna.

Bristen på referensmaterial från flera tidigare utsatta stammar samt dokumentation om sådana verksamheter gör det svårt att bedöma i vilken grad Luråöringen påverkats av tidigare utsättningar. Det förefaller dock fullt möjligt att såväl den stationära som den vandrande öringen i Lurån är genetiskt ursprunglig och i hög grad opåverkad av tidigare utsättningar. Detta stöds av att de två identifierade bestånden ändå är relativt lika varandra genetiskt sett. Eventuell genetisk påverkan från utsättningar skulle framförallt ha påverkat det nedströmslevande beståndet som då borde avvika i större utsträckning från den stationära öringen uppströms vandringshindret än vad våra resultat antyder.



Figur 10. Vandrande öring (tv främst i bild) vid vandringshindret Rotbacksågen (som skimtar t.v. bak i bilden) i Lurån. Denna sågdammsruin (och dämmena vid Utgryckens utlopp) är det enda kvarvarande vandringshindret i Lurån. De senaste åren har konstruktionen förfallit markant och den kommer snart att upphöra som vandringshinder. Faktum är att det under leken år 2010 för första gången observerades stor öring på lekplatser uppströms sågdammsruinen (Göte Rickardsson muntl., Bjursås-Leksand fvof). Även under leken 2011 passerades hindret av några lekfiskar. Foto David Lundvall.

Sångssystemet

Det finns en klar genetisk skillnad mellan öringen i Sångån och vattendragen kring Gysjön. Däremot har vi inte kunnat påvisa någon statistiskt säker skillnad mellan Gysjöns uppströmslekande och nedströmslekande öring (Hundtjärnsbäcken respektive Gysjöbäcken). Skillnaden mellan Sångåns och Gysjöns öringar kan vara ett resultat av naturliga mikroevolutionära processer (genetisk drift och begränsat genflöde). För detta talar dels att man i tidigare studier av naturliga öringbestånd ofta funnit påtagliga genetiska skillnader även på korta geografiska avstånd, samt att det genetiskt effektiva antalet lekfiskar i samtliga lokaler i denna studie är lågt vilket indikerar en hög grad av genetisk drift.

Samtidigt kan inte uteslutas att skillnaderna vi observerat till viss del även återspeglar påverkan av tidigare utsättningar. Åter utgör brist på heltäckande dokumentation om utsättningar och referensprover ett problem. Vi noterar dock att varken Gysjööringen eller Sångöringen direkt liknar det referensmaterial för Siljansöring som ingår i analysen, trots att denna stam enligt uppgift satts ut i området vid upprepade tillfällen. Det har emellertid också förekommit utsättningar av andra stammar i Sängen (se avsnittet *bakgrund* ovan) som vi i dagsläget saknar genetisk information om, och det kan därför inte uteslutas att dessa utsättningar påverkat öringen i Sångån.

Det restaureringsarbete som pågår i Sångån syftar till att på sikt (åter)etablera nedströmslekande öring i Sängen. Öringar med nedströmsvandrande beteende har sedan länge inte haft möjlighet att vandra från Sångån upp till Sängen under uppväxtfasen. Det nya omlöpet förbi regleringsdammen vid sjöns utlopp innebär en återgång till ett mer naturligt system, där det finns möjlighet för öring att vandra mellan sjön och dess utflöde. Om Gysjööring, på egen hand eller med hjälp av människan, etablerar sig i Sängen och utnyttjar Sångån som lek- och uppväxtområde kommer de genetiska skillnaderna mellan bestånden att minska. Eftersom ursprunget på Sångåns strömstationära och genetiskt distinkta öringbestånd är oklart, kan det dock vara klokt att undvika utsättningar av Gysjööring för att skynda på etablering av nedströmsvandrande öring i Sängen. Möjlighet finns ändå att öring från Gysjön på naturlig väg successivt kommer att kolonisera Sängen och dess utflöde. Våra resultat tyder på att de tre genetiskt avvikande individer som påträffats strax nedan regleringsdammen vid Sängens utlopp skulle kunna vara just hybrider mellan stationär öring och individer från Gysjön. Det kan heller inte uteslutas att Sångåns idag strömstationära bestånd på egen hand börjar söka sig uppströms till Sängen tack vare det nyanlagda omlöpet.

Avsaknaden av statistiskt säkerställda skillnader mellan Gysjöns uppströms- och nedströmslekande öring utesluter inte att huvuddelen av individerna återvänder till sitt uppväxtområde för lek, vilket är öringens naturliga beteende. Det räcker dock med att enstaka individer "felvandrar" för att graden av genetisk skillnad mellan vattendragen upp- och nedströms Gysjön skall förbli låg. Skulle öringen i Hundtjärnsbäcken och Gysjöbäcken vara helt reproduktivt åtskilda hade vi dock förväntat oss betydligt större genetiska skillnader. Det låga antalet föräldrafiskar (stor genetisk drift) tillsammans med indikationerna på ett icke försumbart genflöde (låg differentiering när hänsyn tas till temporal variation) gör det också mindre sannolikt att de båda vattendragens öringar utvecklat skilda lokala anpassningar till sina respektive uppväxtmiljöer.

Genbevarande

Ur ett långsiktigt bevarandegenetiskt perspektiv kan skattningarna som erhållits av antalet genetiskt effektiva lekfishar per år (N_b) förefalla oroväckande låga. Det är dock inte N_b som avgör hur snabbt inaveln ökar och genetisk variation förloras, utan motsvarande storhet per generation (N_e). För en art som öring där generationerna överlappar och individerna ofta reproducerar sig mer än en gång under livet, är den teoretiska relationen mellan N_b och N_e ännu oklar. Vid en empirisk undersökning av havsöringsbestånd på Gotland befanns de genetiskt baserade skattningarna av N_e vara i genomsnitt ca 3.5 gånger större än motsvarande N_b -skattningar (Lundmark 2009). Således behöver mängden drift och inavel i Luråns och Sångåsystemets öringbestånd inte nödvändigtvis vara fullt så omfattande som man först kan befara.



Årsunge av öring och flodpärlmussla i Lurån. Flodpärlmussla är beroende av öring för sin fortplantning. Det har visats att lokala öringstammar kan ha stor betydelse för om reproduktionen ska lyckas eller inte. Foto David Lundvall.

Ett visst naturligt utbyte (genflöde) mellan lokala bestånd utgör dessutom en väl så viktig faktor som populationsstorleken för att motverka inavel och bevara genetisk variation. Därför är det viktigt att spridningsvägar i vattensystemen hålls öppna eller återskapas. Likaså bör förvaltningen i Lurån inriktas på att så många individer som möjligt får möjlighet att reproducera sig. Utsättningar av främmande stammar i de undersökta områdena bör dessutom undvikas.

Referenser

- Belkhir K, Borsa P, Chikhi L, Raufaste N, Bonhomme F (2001) *Genetix 4.02, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations*. Laboratoire Génome, Populations, Interactions: CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier, France.
- Cairney M, Taggart JB & Høyheim B (2000) Characterization of microsatellite and minisatellite loci in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and cross-species amplification in other salmonids. *Molecular Ecology* **9**, 2175–2178.
- Dalälvens Vattenregleringsföretag. 1952 – 1965. Verksamhetsberättelser för Sollerö fiskodlingsanstalt från åren 1951 – 1964.
- 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.
- Estoup A, Presa P, Krieg F, Vaiman D & Guyomard R (1993) (CT)_n and (GT)_n microsatellites: a new class of genetic markers for *Salmo trutta* L. (*brown trout*). *Heredity* **71**, 488–496.
- Estoup A, Rousset F, Michalakis Y, Cornuet JM, Adriamanga M & Guyomard R (1998) Comparative analysis of microsatellite and allozyme markers: a case study investigating microgeographic differentiation in brown trout (*Salmo trutta*). *Molecular Ecology* **7**, 339–353.
- Felsenstein J (2004) PHYLIP (Phylogeny Inference Package) version 3.6. Distributed by the author. Department of Genome Sciences, University of Washington, Seattle.
- Goudet J (1995) FSTAT (Version 1.2): a computer program to calculate F-statistics. *Journal of Heredity* **86**, 485–486.
- Hubisz MJ, Falush D, Stephens M & Pritchard JK (2009) Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Molecular Ecology Resources* **9**, 1322–1332.
- Hushållningssällskapet 1850 - 1969. Kopparbergs läns Hushållningssällskaps Handlingar. Årsvisa sammanställningar och redovisningar om bl a fiskutsättningar i Dalarna för åren 1850 – 1969.
- Lewis PO & Zaykin D (2001) Genetic Data Analysis: Computer program for the analysis of allelic data. Version 1.0 (d16c). Free program distributed by the authors over the internet from <http://lewis.eeb.uconn.edu/lewishome/software.html>
- Lundmark B (2009) Populationsgenetisk analys av öring (*Salmo trutta*) från gotländska vattendrag. Examensarbete i biologi (45hp), Institutionen för biologisk grundutbildning och Institutionen för ekologi och evolution, Uppsala universitet. 38 pp.
- Länsstyrelsen opublicerat. Diarieförda beviljade beslut över fiskutsättningar samt återrapporteringar av utförda utsättningar, från åren 1992 – 2010.
- Martinez JL, Moran P, Perez J, De Gaudemar B, Beall E & Garcia-Vazquez E (2000) Multiple paternity increases effective size of southern Atlantic salmon populations. *Molecular Ecology* **9**, 293–298.
- Morán P, Pendas AM, Beall E & Garcia-Vazquez E (1996) Genetic assessment of the reproductive success of Atlantic salmon precocious parr by means of VNTR loci. *Heredity* **77**, 655–660.
- Peakall R & Smouse PE (2006) GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes* **6**, 288–295.
- Poteaux C (1995) Interactions génétiques entre formes sauvages et formes domestiques chez la truite commune (*Salmo trutta fario* L.). PhD Thesis. Université Montpellier II, Montpellier, France.
- Presa P & Guyomard R (1996) Conservation of microsatellites in three species of salmonids. *Journal of Fish Biology* **49**, 1326–1329.
- Pritchard J, Stephens M & Donnelly P (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* **155**, 945–959.
- Rogström, B. (2010). Lurgården och Luråområdet. Print Lab, Falun.
- Schneider S, Roessli D & Excoffier L (2000) ARLEQUIN: a software for population genetics data analysis. Geneva: Genetics and Biometry Lab, Dept. of Anthropology, University of Geneva.
- Slettan A, Olsaker I & Lie O (1995) Atlantic salmon, *Salmo salar*, microsatellites at the SSOSL25, SSOSL85, SSOSL311, SSOSL417 loci. *Animal Genetics* **26**, 281–282.

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet.
Opublicerade fiskmärkningsdata.

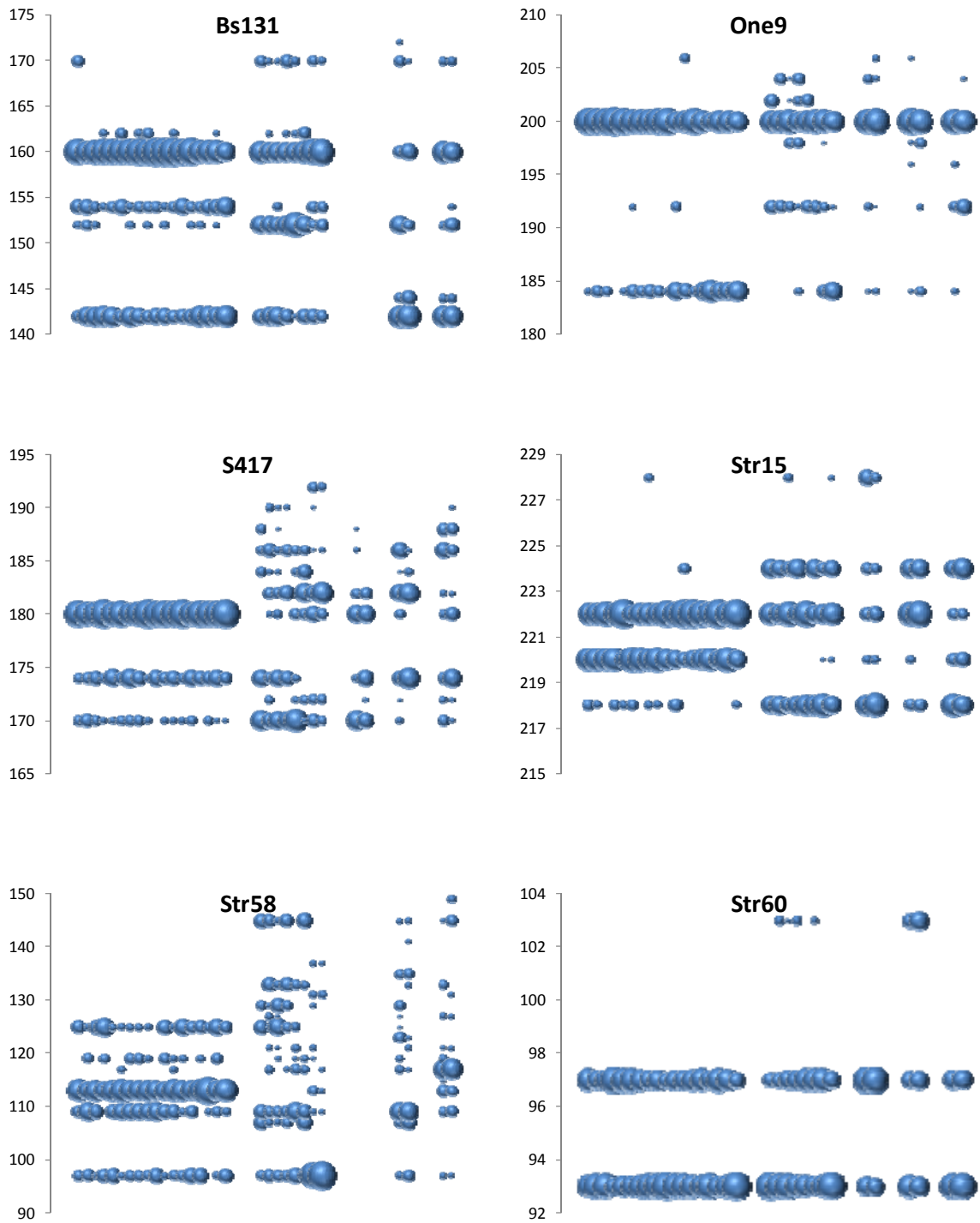
O'Reilly PT, Hamilton LC, McConnell SK & Wright JM (1996) Rapid analysis of genetic variation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) by PCR multiplexing of dinucleotide and tetranucleotide microsatellites. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **53**, 2292–2298.

Waples RS (2006) A bias correction for estimates of effective population size based on linkage disequilibrium at unlinked gene loci. *Conservation Genetics* **7**, 167-184.

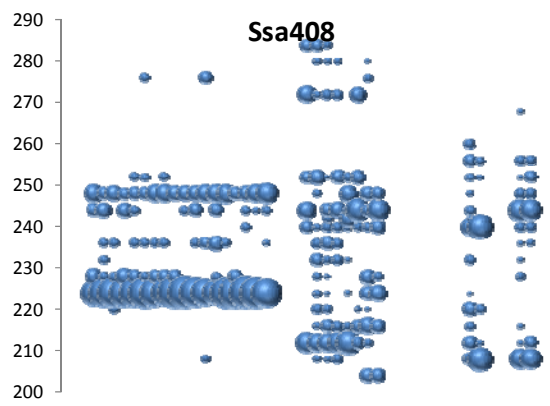
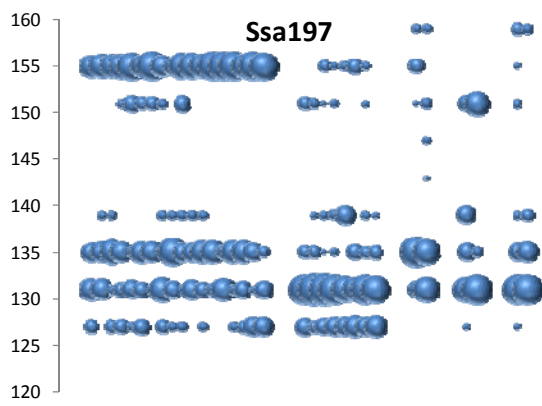
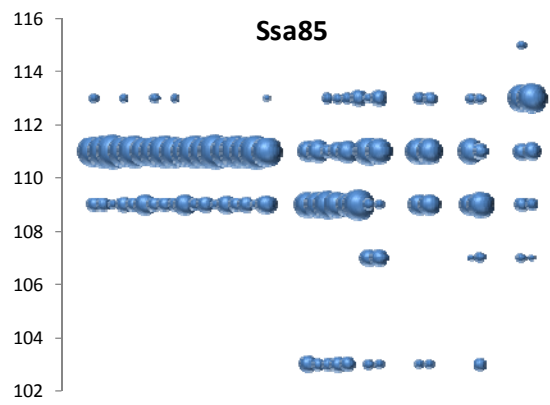
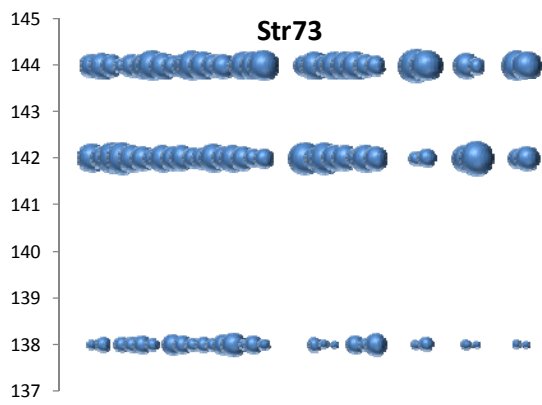
Waples RS & Do C (2008) LDNE: a program for estimating effective population size from data on linkage disequilibrium. *Molecular Ecology Resources* **8**, 753-756.

Bilagor

Bilaga 1. Observerade allelfrekvenser i de tio analyserade mikrosatelliterna åskådliggjorda med s.k. bubbeldiagram. På y-axeln anges de aktuella genvarianternas längd (antalet DNA-baspar) medan storleken på respektive "bubbla" anger den relativa frekvensen. Stickproven är ordnade i fem grupper enligt följande (från vänster till höger): Lurån (n=18, samma ordning som i tabell1), Sångåsystemet (n=8, samma ordning som i tabell1), siljansöring (n=2), klarälvsöring (n=2) och gullspångsöring (n=2). Observera att data saknas för siljansöringen i tre av mikrosatelliterna (Bs131, Str58 och Ssa408).



Bilaga 1 (forts.)



Länsstyrelsens rapportserie

Här listas Länsstyrelsens samtliga rapporter utgivna sedan tio år tillbaka. Många av dessa finns som pdf-er på Länsstyrelsens webbplats: www.lansstyrelsen.se/dalarna/sv/publikationer.

Samtliga rapporter finns även på Falu Stadsbibliotek. Rapporterna kan beställas från Länsstyrelsen, tfn 023-81 000 med reservation för att upplagan kan ha tagit slut.

- 2001:01** De mest värdefulla och skyddsvärda naturskogarna i Mora och Orsa. En prioritering och värdering.
- 2001:02 Enkätundersökning om in- och utflyttare i Dalarna.
- 2001:03 Grunufлот. En skoglig naturvärdesinventering av ett myrområde i Orsa kommun.
- 2001:04 Vattenkemiska förändringar i ett 40-tal sjöar i Dalarna mellan 1934, 1974 och 1996.
- 2001:05: Årsrapport 2000 från Sociala enheten.
- 2001:06 Länsrapport 2000, alkohollagen.
- 2001:07 Utvecklar utvecklingsmedel?
- 2001:08 Vattentäkter i Dalarnas län.
- 2001:09 Familjerätt.
- 2001:10 LIKA En checklista för jämställd planering.
- 2001:11 Lex Sara.
- 2001:12 Ej verkställda beslut och domar.
- 2001:13 Domar och beslut.
- 2001:14 Dalarnas landmollusker.
- 2001:15 Bedömningsgrunder för fysisk påverkan – Pilotprojekt med Dalälvens avrinningsområde som exempel.
- 2001:16 Jämställdhet i ett urval av länets politiska församlingar och organisationer.
- 2001:17 Järv, lodjur och varg i renkötselområdet. Resultat från 2001.
- 2001:18 Skidbågbäcken.
- 2001:19 Årsrapport för samordnad recipientkontroll i Dalälven 2000.
- 2001:20 Verksamhetstillsyn gällande hemtjänst i ett område i Ludvika.
- 2001:21 Resultat från specialgranskningar av flyttenkätundersökningen från Dalarna.
- 2002:01** Alkoholsituationen och drog-förebyggande arbete i Dalarna 2001.
- 2002:02 Projektkatalog för EU-projekt 2000-2001 i Dalarnas län.
- 2002:03 Fiskbestånd, bottenfauna, och lavar i vattendrag på Fulufjället.
- 2002:04 Fulufjällets omland, reserapport Abruzzo.
- 2002:05 Årsrapport 2001 från Sociala enheten.
- 2002:06 Ej verkställda beslut och domar samt avslag, trots bedömt behov.
- 2002:07 Årsrapport om Lex Sarahs
- 2002:08 Boenkät.
- 2002:09 Epizotiplan 2002.
- 2002:10 Skalbaggsfaunan på Fulufjället.
- 2002:11 Det krävs mer än gummistövlar.
- 2002: 12 Falu gruva och tillhörande industrier - industrihistorisk kartläggning.
- 2002:13 Fågelfaunan på Fulufjället.
- 2002:14 Detaljhandeln i Dalarna - ett diskussionsunderlag för en regional detaljhandelspolicy.
- 2002:15 Detaljhandeln i Dalarna - erfarenheter av regional detaljhandelsplanering från Sverige och andra europeiska länder.
- 2002:16 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2001.
- 2002:17 Närsalter i Dalälven 1990-2000.
- 2002:18 Fjällförvaltningen.
- 2002:19 Projekt Servicedialogen.
- 2002:20 Fulufjällets omland. Etapp III. Slutrapport.
- 2002:21 Vägar i Dalarna – kultur-historisk väginventering i Dalarnas län.
- 2002:22 Uppföljning av överloppsbyggnader i odlingslandskapet.
- 2003:01** Lägesrapport-Hessesjön
- 2003:02 LVU-ingripande i Dalarnas län.
- 2003:03 Sammanställning av enkätundersökning inom Individ- och familjeomsorgens verksamhetsområde.
- 2003:04 EU-projekt 2002 i Dalarnas län.
- 2003:05 Inventering av näringsläckage från små vattendrag i Dalarnas jordbruksområden.
- 2003:06 Veterinärapparat.
- 2003:07 Skyddszoner längs diken och vattendrag i jordbrukslandskapet.
- 2003:08 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader 2002.
- 2003:09 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Massa- och pappersindustri, träimpregnering och sågverk.
- 2003:10 Dalarnas miljömål, remissupplaga.
- 2003:11 Ej verkställda beslut och domar samt avslag, trots bedömt behov, enligt SoL.
- 2003:12 Uppföljning av Lex Sarah /socialtjänstlagen).
- 2003:13 Planering av boende för äldre.
- 2003:14 Inkomstprövning av rätten till äldre- och handkappomsorg i Dalarnas län.
- 2003:15 Kemiska och biologiska effekter vid sodabehandling av försurade ytvatten i Dalarnas län.
- 2003:16 Ej verkställda beslut och domar samt avslag trots bedömt behov enligt LSS.
- 2003:17 Projekt utgångsdjur i Dalarna.
- 2003:18 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2002.
- 2003:19 Dalarnas miljömål.
- 2003:20 Tillämpning av fjärranalys i kulturmiljövärden.
- 2003:21 Kommunernas planering för personer med psykiska funktionshinder i Dalarnas län.
- 2003:22: Beslut om och yttranden över Dalarnas miljömål
- 2003:23 Användning av fjärranalys och GIS vid tillämpning av EU:s ramdirektiv för vatten i Dalälvens avrinningsområde
- 2003:24 Provfiskade sjöar i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
- 2003:25 Provfiskade vattendrag i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
- 2003:26 Analys av skogarna i Dalarnas och Gävleborgs län.
- 2003:27 Utvärdering av metod för övervakning av skogsbiotoper.
- 2003:28 Ledningstillsyn i fem kommuner.
- 2003:29 Kartläggning av äldreomsorgen.
- 2003:30 Växtnäringsflöden till och från jordbruket ur ett historiskt perspektiv, 1900 – 2002, i Dalarna.
- 2004:01** Förstärkta näringslivsinsatser och en dörr in i Dalarnas kommuner.
- 2004:02 EU-projekt 2003 i Dalarnas län. Projekt som delfinansierats med EU-medel under 2003 från Mål 1 Södra

Skogslänsregionen och Mål 2 Norra Regionen.
2004:03 Hedersrelaterat våld, en kartläggning i Dalarna.
2004:04 Ej verkställda domar och beslut.
2004:05 Kommerciellt Utvecklingsprogram för Dalarna 2004-2007.
2004:06 Kommunens insatser för personer med psykiska funktionshinder i Smedjebackens kommun i Dalarna.
2004:07 Surstötter i norra Dalarna 1994-2002.
2004:08 Inventering av sandödlor i Dalarnas län.
2004:09 Sammanställning av beviljade projekt 2003.
2004:10 Lenåsen.
2004:11 Måltidssituationen .
2004:12 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader 2003.
2004:13 Deluppföljning av länsamordnarfunktionen för det alkohol- och drogförebyggande arbetet.
2004:14 Klagomålshandtering.
2004:15 Lex Sarah... Det har jag hört tals om.
2004:16 Tillsynsrapport 2004.
2004:17 Alkohol- och drogförebyggare i den lokala praktiken
2004:18 Den kommunala alkohol- och drogförebyggande arbetet – intervjuer med länets kommunalråd.
2004:19 LVU-ingripanden i Dalarnas län – Sammanställning åren 2000 – 2003.
2004:20 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Industriområden längs Runns norra strand.
2004:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2003.
2004:22 Ämnestransporter i Dalälven 1990-2003.
2004:23 Avloppsreningsverk i Dalarna.
2004:24 Program för regional uppföljning av miljömål och åtgärder i Dalarna 2004-2006.
2004:25 Regional risk- och sårbarhetsanalys för Dalarnas län 2004.
2004:26 Uppföljning av mikrostöd beviljade under åren 1997-1999.
2005:01 Brand i Fulufjällets nationalpark.
2005:02 Individuell plan enligt LSS.
2005:03 Sammanställning av beviljade projekt 2004
2005:04 Vem ser barnet? En granskning av 100 familjehemsplacerade barn åren 2002-2003.
2005:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Kemiindustriområdet – kemtvättar.
2005:06 Länsstyrelsens årsredovisning.
2005:07 Rättviksheden Inventering av naturvärden inom Enån - Gärdsjöfältet – Ockrandalgången.
2005:08 Domar och beslut.
2005:09 Vem ser barnet?
2005:10 Trädgränsen i Dalafjällen.
2005:11 Lex Sarah 2005.
2005:12 Näringslivsklimat och entreprenörskap – en jämförande studie mellan Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län.
2005:13 Regional förvaltningsplan för stora rovdjur i Dalarnas län.
2005:14 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Gruvindustri
2005:15 Personligt ombud i mellansverige/myndighetseffekter.
2005:16 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2004.
2005:17 Delårsrapport.
2005:18 Näringslivsstrukturen på Dalarnas Landsbygd.
2005:19 Metallhalter i dricksvatten från borrade brunnar i Dalarnas län.
2005:20 Personligt ombud i Mellansverige - klienters uppfattningar av de stöd de fått.
2005:21 Fisk- och kräftodlingsverksamhet i Dalarnas län – nulägesbeskrivning 2004.
2005:22 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader.
2005:23 Efterbehandling av gruvavfall i Falun.
2005:24 EnergiIntelligent Dalarna, regionalt energiprogram.
2005: 25 Personligt ombud i Mellansverige- ombuden och deras arbete.
2006:01 Uppföljning och utvärdering av Dalarnas landsbygdsprogram 1997-2002.
2006:02 Strategi för formellt skydd av skog i Dalarnas län.
2006:03 Sammanställning av beviljade projekt 2002-2005 . Projektmedel för alkohol- och narkotikaförebyggande insatser.
2006:04 Delaktig i hemtjänsten.
2006:05 Verksamhetsplan 2006-2008.
2006:06 Årsredovisning 2005.
2006:07 Landsbygdsprogram för Dalarna.
2006:08 Rotogräsgruppen 2003-2005.
2006:09 Ej verkställda domar och beslut
2006:10 Särskilt boende för personer med demenssjukdom.
2006:11 Epizootiberedskap, uppdaterad
2006:12 EnergiIntelligent Dalarna.
2006:13 Samrådsredogörelse och beslut, EnergiIntelligent Dalarna.
2006:14 Risk- och sårbarhetsanalys 2005.
2006:15 Personligt ombud i Mellansverige Vägledning inför framtiden.
2006:16 Alla visste om det men alla visste olika. Konsekvenser för enskilda när särskilda boenden avvecklas. Regiontillsyn i fem län.
2006:17 Bostadsmarknadsläget i Dalarna 2006-2007.
2006:18 Designåret 2005 i Dalarna – slutrapport.
2006:19 Ekomat – slutrapport.
2006:20 Anmälningsskyddet Lex Sarah
2006:21 Statens nya geografi.
2006:22 Dalarnas Naturminnen.
2006:23 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2005.
2006:24 Individuell plan enligt LSS.
2006:25 Delårsrapport.
2006:26 Dokumentation 2006 års regionala energiseminarium.
2006:27 Grundvatten och dricksvattenförsörjning – en beskrivning av förhållandena i Dalarnas län 2006.
2006:28 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Tillståndspliktiga anläggningar i drift.
2006:29 Gruvstugor.
2006:30 Kartläggning av öppenvården gällande missbruk i Dalarnas län.
2006:31 Slitage på leder.
2006:32 Anhörigstödet i Dalarna, lägesrapport 2006.
2006:33 Kartläggning av den öppna Missbrukar- och beroendevården i Dalarnas län.
2006:34 Vattnets näringsgrad i Nedre Milsbosjön under de senaste årtusendena.
2006:35 Vedskalbaggar i Gåsbergets och Trollmosseskogens naturreservat, Ore socken, Rättviks kommun.
2006:36 Bottenfauna i Dalarna juni 2005.
2006:37 Dalarnas miljömål 2007–2010. Remissversion.
2006:38 Satellitdata för övervakning av våtmarker.
2006:39 Inventering av vattensalamandrar i Dalarnas län 2006.
2007:01 Miljömålen i skolan – en handledning för lärare i Dalarna.
2007:02 Regional risk och sårbarhetsanalys 2006.
2007:03 Verksamhetsplan för Länsstyrelsen Dalarna 2007-2009.
2007:04 Årsredovisning 2006 för Länsstyrelsen Dalarna.
2007:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Gruvindustri – etapp 2.

- 2007:06 Luftkvalitet i Dalarnas större tätorter under perioden 2006.
- 2007:07 Dalarnas miljömål 2007–2010.
- 2007:08 Samrådsredogörelse och beslut till Dalarnas miljömål 2007–2010.
- 2007:09 Fjärranalyser i kulturmiljövärden.
- 2007:10 Ej verkställda domar och beslut 2006.
- 2007:11 Vattenkemiska effekter av 10 års våtmarkskalkning i Skidbågsbäcken.
- 2007:12 Bostadsmarknadsenkät 2007-08.
- 2007:13 Kartläggning av farliga kemikalier.
- 2007:14 Metaller, uran och radon i vatten från dricksvattenbrunnar.
- 2007:15 Fäbodbeta & Rovdjur i Dalarna.
- 2007:16 Anmälningsskyldigheten En sammanställning av Lex Sarahanmälningar i kommunal och enskild verksamhet i Dalarnas län.
- 2007:17 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Primära och sekundära metallverk, metallgjuterier och ytbehandling av metall.
- 2007:18 Redovisning av hur kommunerna i Dalarna använder sig av sina korttidsplatser.
- 2007:19 Delårsrapport 2006-06-30.
- 2007:20 Vindområden i Dalarnas län – Redovisning inför Energimyndighetens ställningstagande om riksintresseområden för vindkraft 2007.
- 2007:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2006.
- 2007:22 Bioenergipotentialen i Dalarnas län.
- 2007:23 Dokumentation av 2007 års energiseminarium.
- 2007:24 Inventering av förorenade områden – kemiindustrisektorn
- 2007:25 Tillsyn över enskild verksamhet
- 2007:26 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Hedemora kommun 2007.
- 2007:27 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Rättviks kommun 2007.
- 2007:28 Regionala landskapsstrategier i Dalarnas län.
- 2008:01** Regional risk och sårbarhetsanalys.
- 2008:02 Verksamhetsplan 2008-2019.
- 2008:03 Årsredovisning 2007 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2008:04 Milsbosjöarna - ett pilotprojekt inför arbetet med åtgärdsprogram inom EU:s Ramdirektiv för vatten.
- 2008:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – verkstadsindustrin.
- 2008:06 Naturbeteskött.
- 2008:07 Förstudie ångar.
- 2008:08 Förstudie fäbodlar.
- 2008:09 Design för företag i Dalarna.
- 2008:10 Bostadsmarknadsenkät 2008-09.
- 2008:11 Stormusselinventering
- 2008:12 Fäbodbruk ur ett brukarperspektiv.
- 2008:13 Organiska miljögifter i grundvatten.
- 2008:14 Inventering av förorenade områden i Dalarna län — Nedlagda kommunala deponier.
- 2008:15 Vattenvegetation i Dalarnas sjöar; Inventeringar år 2005 och 2006.
- 2008:16 Uppdrag barn i Dalarnas län.
- 2008:17 Identifiering av riskområden för fosforförluster i ett jordbruksdominerat avrinningsområde i Dalarna.
- 2008:18 Inventering av vildbin i Dalarna
- 2008:19 Inventering av steklar i sandtallskog.
- 2008:20 Inventeringsmetodik för klipplavar.
- 2008:21 Kommunernas beredskap för personer med utländsk bakgrund inom äldreomsorgen.
- 2008:22 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2007.
- 2009:01** Metod för kemikaliekontroll inom ramen för miljökvalitetsmålet Giftfri miljö.
- 2009:02 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Leksand kommun 2008.
- 2009:03 Bibaggen i Dalarna.
- 2009:04 Vattenvårdsplan för Dalälvens avrinningsområden.
- 2009:05 Verksamhetsplan.
- 2009:06 Årsredovisning 2008 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2009:07 Verksamhetstillsyn Personer med demenssjukdom i ordinärt boende.
- 2009:08 När lanthandeln stänger.
- 2009:09 Laserskanning från flyg och fornlämningar i skog.
- 2009:10 Bostadsmarknadsenkät 2009-10.
- 2009:11 Tillsyn över energihushållning - Erfarenheter från Dalarna.
- 2009:12 Inventering av förorenade områden, grafiska industrin.
- 2009:13 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – sammanfattningsrapport.
- 2009:14 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2008.
- 2009:15 Anmälningsskyldigheten. Sammanställning 2008.
- 2009:16 Rosa Kampanjen. Mot illegal alkoholhantering.
- 2009:17 Program för uppföljning av Dalarnas miljömål 2009-2011.
- 2009:18 Insekter på brandfält.
- 2009:19 Styrel: Länsförsök Dalarna 09 – Slutrapport.
- 2009:20 Vattenuttag för snökanoner i Dalarnas län.
- 2009:21 Serviceuppdragen.
- 2009:22 Organiska miljögifter.
- 2009:23 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Avfallssektorn.
- 2009:24 Övervakning av vedlevande insekter i Granåsens vårdetrakt.
- 2009:25 Risk- och sårbarhetsanalys 2009.
- 2009:26 Länsstyrelsernas bevakningsuppdrag/betaltjänster.
- 2009:27 Länssamverkansprojekt – verksamhetsavfall 2008.
- 2010:01** Dalarnas regionala serviceprogram 2010-2013.
- 2010:02 Vindkraft kring Siljan?
- 2010:03 Verksamhetsplan 2010.
- 2010:04 Mer träd på myrar de senaste 20 åren.
- 2010:05 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Borlänge, Sätters och Hedemora kommun.
- 2010:06 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Avesta kommun.
- 2010:07 Årsredovisning 2009.
- 2010:08 Metallpåverkade sjöar och vattendrag i Dalarna. Konsekvenser av en tusenårig gruvhistoria.
- 2010:09 Kartläggning av farliga kemikalier – tillsynsprojekt.
- 2010:10 Bostadsmarknaden i Dalarna 2010.
- 2010:11 Kartläggning av SFI i Dalarna – och en kvalitativ studie.
- 2010:12 Metaller i fisk i Dalälvens sjöar.
- 2010:13 Växtplanktonsamhällen i Dalälvens sjöar.
- 2010:14 Fisk i Dalälvens sjöar.
- 2010:15 Saxdalen. Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling.
- 2010:16 Utvärdering av biologiska bedömningsgrunder för sjöar.
- 2010:17 Uppföljning av regionalt företagsstöd med slutligt beslut år 2004.
- 2010:18 Långsiktig strategisk plan för omarrondering i Dalarnas län.
- 2010:19 Långsiktig strategisk plan för omarrondering i Dalarnas län – projektrapport.
- 2010:20 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2009.
- 2010:21 Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar – struktur och funktion.
- 2010:22 Intervjuer med ångsbrukare.
- 2010:23 Bevakning av grundläggande

betaltjänster.
 2010:24 Regional risk- och sårbarhets-
 analys 2010.
 2010:25 Inventering av förorenade
 områden i Dalarnas län – industri-
 deponier.
 2010:26 Klimatanpassningsstrategi 2020.
 2010:27 Biotopkartering av rinnande
 vatten. Beskrivning och jämförande
 analys av metoder i Dalarna, Jönköping
 och Västernorrland.
2011:01 Malingsbo-Klotens framtid.
 Utredning om natur- och friluftsvärden.
 2011:02 Främmande musslor i
 Kärtyllasjön i Dalarna 2010.
 2011:03 Kartering av brandfält från
 satellitdata. Koncept för årlig kartering.
 2011:04 Verksamhetsplan 2011.
 2011:05 Klimatanpassningsstrategi 2020.
 Prioriterade sektorer i Dalarnas län.
 2011:06 Utveckling av metoder för
 mätning av ljudnivåer i fjällen.
 2011:07 Är Dalarna jämställt?
 Lägesrapport 2011.
 2011:08 Årsredovisning 2010.
 2011:09 Strategi för hållbar
 turistutveckling i Fulufjällsområdet.
 2011:10 Sustainable Tourism
 Development Strategy.
 2011:11 Elfenbenslaven i Sverige.
 2011:12 Jättesköldlav.
 2011:13 Strategi Miljögifter 2011-2012,
 Problembild för Dalarnas län.
 2011:14 Kommunala energi- och
 klimatstrategier.
 2011:15 Vindkraftsunderlag för
 Dalarnas klimat- och energistrategi.
 2011:16 Bostadsmarknaden i Dalarna
 2011.
 2011:17 Samordnad recipientkontroll i
 Dalälven 2010.
 2011:18 Inventering av förorenade
 områden i Dalarnas län – nedlagda
 kommunal deponier.
 2011:19 Inventering av förorenade
 områden – förorenade sediment.
 2011:20 Närvarme - en resurs i
 energiomställningen.
 2011:21 Gemensamma dataunderlag i
 Vanån.
 2011:22 Inventering av kungsörn i
 riksintresseområden för vindkraft i
 Rättvik, Mora och Orsa.
 2011:23. Historiska våtmarker i
 odlingslandskapet. Planeringsunderlag
 för anläggning och restaurering
 2011:24. Effektiva Miljömålsåtgärder.
 En utvärdering i fyra län.
 2011:25. Genetiska studier av öring från
 Lurån och Sångåns vattensystem.
 2011:26. Provfiske inom Dalarnas
 fjällreservat och nationalparker år 2009.

Länsstyrelsen Dalarna
791 84 Falun
Tfn (vx) 023-810 00, Fax 023-813 86
För att beställa fler exemplar
dalarna@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/dalarna



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN