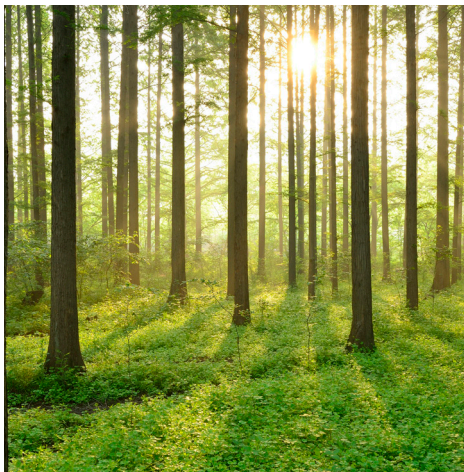


PÅVERKAR HUNGER OCH ENERGISTATUS ÖRINGENS VILJA ATT VANDRA TILL HAVET?

RAPPORT 2018:517



VATTENKRAFT

MILJÖPROGRAM
VATTENKRAFT



Energiforsk

Påverkar hunger och energistatus öringens vilja att vandra till havet?

ANDERS ALANÄRÄ, SAMUEL SHRY, JOHANNA HÄGGLUND & GUSTAV HELLSTRÖM

ISBN 978-91-7673-517-6 | © Energiforsk juli 2018

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Motivet till att genomföra projektet var underbygga en tidigare hypotes att en viss svältperiod innan utsättning av öring skulle ha en positiv effekt på vandringsbeteendet. Detta skulle i sin tur bidra till att vattenkraftbolag som jobbar med kompensationsodling av fisk kan utveckla effektiva metoder för ökad överlevnad.

Projektet genomfördes inom Energiforsks program Miljöprogram Vattenkraft som bekostas av vattenkraftföretagen; Fortum Sverige AB, Holmen Energi AB, Jämtkraft AB, Jönköping Energi AB, Karlstads Energi AB, Mälarenergi AB, Skellefteå Kraft AB, Sollefteåforsens AB, Statkraft Sverige AB, Tekniska Verken i Linköping AB, Sydkraft Hydropower AB, Umeå Energi och Vattenfall vattenkraft AB.

Anders Alanärä på Sveriges Lantbruksuniversitet SLU vid Institutionen för vilt, fisk och miljö, var projektledare och har tillsammans med sin kollegor Samuel Shry, Johanna Hägglund, Gustav Hellström och Jenny Freitt genomfört projektet och skrivit denna slutrapport.

Styrgruppen i programmet och som följt projektet består av Birgitta Adell (ordförande), Fortum AB, Johan Tielman, Sydkraft Hydropower AB, Angela Odelberg, Statkraft Sverige AB, Erik Sparrevik, Vattenfall Vattenkraft AB, Jacob Bergengren, Tekniska Verken i Linköping AB, Sandra Åström, Skellefteå Kraft AB, Rikard Nilsson, Holmen Energi AB, Johan Lind, Mälarenergi AB, Sara Sandberg (adj.) Energiforsk AB, och Fredrik Martinsson (adj.), Energiforsk.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Tidigare studier har visat att odlad öring (*Salmo trutta*) har lägre motivation att vandra till havet jämfört med vilda individer och att detta kan bero på den goda tillväxten i odling. En längre period med svält har i tidigare studier visat sig öka öringens vilja att vandra och nya resultat visar att det även kan räcka med en kortare svältperiod innan utsättning. Syftet med denna studie var att undersöka effekten av lång respektive kort svältperiod på vandringsbeteendet hos ett- och tvåårig öring. Vandringsbeteendet testades i semi-naturella vandringsbassänger, samt utsättning i bäck- respektive älvsmiljö.

En lång period av svält under vinter och vår hade en stark negativ inverkan på andelen vandrande ettårig öring. Resultaten från vandringsbassängen visade att ettårig öring måste väga minst 30 g för att uppvisa ett tydligt vandringsbeteende. Andel ettårig öring som vandrade från utsättningsbäcken till älven är mycket liten oavsett svältbehandling. Detta indikerar att den ettåriga öringen inte var tillräckligt stor för att utvecklas till smolt och vandra till havet. En kort period av svält innan utsättning påverkade inte vandringsbeteendet hos ettårig öring i vandringsbassäng eller i bäck.

Vandringsbeteendet hos tvåårig öring påverkades inte av en kortare period av svält innan utsättning, varken i vandringsbassängen, utsättningsbäcken eller i älven. Inte heller en lång period av utfodring eller svält påverkade den tvååriga öringens vandringsbenägenhet. Andel vandrande individer och vandringshastighet skiljde sig inte mellan utfodrade och svälta individer i vandringsbassäng, bäck eller älv. Generellt uppvisade tvåårig öring ett starkt nedströms riktat simbeteende i vandringsbassäng och utsättningsbäck. I Umeälvens gamla älvfåra bromsades vandringshastigheten upp och bortfallet på sträckan var hög. Endast 8 % av de tvååriga öringarna nådde havet. En lika stor andel fisk (10 %) registrerades uppströms utsättningsplatsen, ovan fisktrappan vid Stornorrfors damm.

Den långa svältperioden under vinter och vår påverkade drastiskt fiskens kondition och en stor del av energireserverna förbrukades. Detta påverkade dock inte den tvååriga öringens smoltifiering utan andelen som utvecklas till smolt var lika mellan utfodrade och svälta individer. Andelen hannar som påbörjat könsmognad var också lika mellan utfodrade och svälta grupper av tvåårig öring. Trots kraftigt reducerade energireserver påbörjade ca 20 % av de svälta hannarna könsmognad.

Summary

Previous studies have shown that hatchery reared brown trout (*Salmo trutta*) have lower motivation to migrate to the sea than wild fish. This may be related to the good growing conditions in the hatchery. A longer period of starvation have in previous studies shown to increase the motivation to migrate in brown trout, and recent findings have shown that a shorter period of starvation prior release may have positive effects on migration willingness. The aim with this study was to examine the effect of short-term and long-term starvation on the migratory behaviour of one and two year old brown trout. Migratory behaviour was studied in semi-natural migration pools, and after release in a creek and river environment, respectively.

Long-term starvation over winter and spring had a strong negative impact on the proportion of migrating one year old brown trout. The result from the semi-natural migration pools showed that one year old fish should weigh at least 30 g to migrate. The proportion of migrating one year old fish in the creek environment was very low independent of starvation treatment. This indicate that they did not smoltify and was not ready to migrate to the sea. A shorter period of starvation had no effect on the migratory behaviour of one year old brown trout.

The migratory behaviour of two year old brown trout was not influenced by a short-term period of starvation, nor by a long-term period of starvation. Independent of starvation treatment, the migratory behaviour was similar in the semi-natural migration pools, as well as after release in the creek and river environments. In general, two year old fish showed a strong downward direct swimming behaviour in both the migration pools and in the creek. In the river, the swimming speed was strongly reduced and the loss of fish was high. Only 8 % of the fish reached the sea. An equal number of fish (10 %) was registered up-stream the release site in the river.

The long-term starvation period during winter and spring strongly influenced the body condition of fish and a large part of the energy reserves was depleted. However, this did not influence the smoltification process in two year old fish and the proportion of smolt was equal between treatments. In addition, the starvation treatment did not influence the proportion of two year old males that started to become matured at the time of release. Independent of starvation treatment, about 20 % of all males had started to develop gonads.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Material och metoder	9
2.1	Fisk och foderbehandling	9
2.2	Tidpunkter för utsättning och vandringsstudier	10
2.3	Bedömning av fenskador	10
2.4	Yttre smoltstatus	10
2.5	PIT-tag märkning	10
2.6	Vandringsbassänger	11
2.7	Vandring i utsättningsbäcken	11
2.8	Akustisk telemetri	12
2.9	Studieområde	13
3	Resultat	15
3.1	Vandringsbassänger	15
3.2	Vandring i utsättningsbäcken	18
3.3	Älvsvandring	19
4	Diskussion	21
4.1	Slutsats	23
5	Referenser	25

1 Inledning

Utsättning av odlad fisk är en viktig, omfattande och kostsam kompensationsåtgärd som görs av vattenkraftindustrin. Utsättningarna är en central del i fisket och förvaltningen i flertalet av de stora utbyggda älvarna i Sverige och utgör en betydande del av fångsten i det yrkesmässiga kustfisket. Lax och öring är de två vanligaste arterna inom kompensationsodlingen. De båda arterna uppvisar många likheter i ekologi och biologi, och odlas därför under snarlika betingelser. Dock finns tydliga skillnader i livshistoria och beteende, något som bland annat avspeglar sig i benägenheten att vandra. Till skillnad mot lax, där unga individer i regel alltid vandrar till havet, verkar vandringsbeteendet hos öringen vara mer flexibelt (Jonsson & Jonsson 2011). Till exempel tyder mycket på att havsöringen i naturen stannar på sina uppväxtområden om födotillgången och tillväxten är god, d.v.s. fisken väljer att inte smoltifiera och inleda nedströmsvandring (Boel m fl. 2014; Jones m fl. 2015). Avsaknad av vandringsbeteende är inte önskvärt hos den kompensationsodlade öringen, vars huvudsakliga syfte som "odlingsprodukt" är att vandra ut i havet för att äta upp sig till värdefull storvuxen fisk för fångst i fisket. Att producera laxfisk som inte vandrar är inte en kostnadseffektiv åtgärd, och det är av stor vikt att både industri och förvaltande myndigheter jobbar för att förbättra vandringsbenägenheten hos den odlade smolten så att kompensationsåtgärden till fullo möter vattendomen.

I kompensationsodling är födotillgången vanligen mycket god, vilket leder till hög tillväxt och uppbyggnad av stora energireserver i form av fett. Den odlade öringens höga energistatus vid utsättningen leder till reducerad benägenhet att vandra (Serrano m fl. 2009), och det är därmed sannolikt att merparten av fisken stannar i älven efter utsättning. Av de odlade märkta öringar som sattes ut i Sävarån var det endast 20-30 % som nådde havet jämfört med 65-85 % av de vilda (Larsson m fl. 2012). Larsson m fl. (2012) visade att genom en längre period av svält (från november till utsättning i maj) så kan man skapa en öring som har ett likande vandringsbeteende som vild öring, vilket resulterar i en högre andel som når havet efter utsättning. Problemen med långvarig svält av fisk i storskalig kompensationsodling är dock påtagliga, med ökad risk för fenskador och sjukdom, och risk för underkänd kompensationsprodukt i myndigheternas smoltkvalitetskontroller. Låga fodergivor eller långa perioder av svält kan också påverka öringens vilja att vandra negativt (Boel m fl. 2014), samt skapa en svulten fisk i dålig kondition som är illa rustad att anpassa sig till naturen efter utsättning.

Ny forskning av Jones m fl. (2015) antyder att ökad vandringsmotivation hos öring kan skapas genom en koncentrerad svältperiod en kort tid under våren strax före utsättning. Detta oavsett fiskens tidigare kondition under höst och vinter. Att reducera utfodringen i odling strax innan utsättning och därmed skapa en hungrig fisk kan således vara ett effektivt och enkelt sätt att få fler individer att vandra till havet efter utsättning. I sådant fall skulle man inte behöva en lång period av svält som kan skapa etiska problem med skador på fisken och ökad dödlighet.

Syftet med detta projekt är att utreda om det är fiskens hunger innan utsättning eller fiskens energistatus i form av fettreserver som är avgörande för motivationen att vandra till havet. För att även täcka in betydelsen av storlek används både ett-

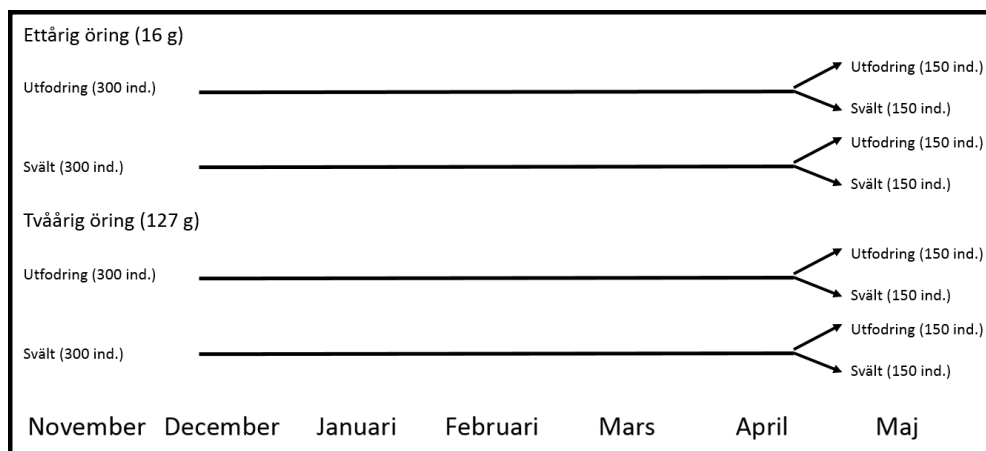
och tvåårig öring. Målet med projektet är att ta fram kunskap som kan nyttjas i designen av effektiva utfordringsprogram för att odla vandringsbenägen öring smolt.

2 Material och metoder

2.1 FISK OCH FODERBEHANDLING

Efter tillväxtsåsongen 2016 plockas 600 ettåriga respektive 600 tvååriga öringar ut från driftbesättningar i Norrfors kompensationsodling. Samtlig fisk individmärktes med PIT-tags (se rubrik 2.5). Den ettåriga öringen vägde i genomsnitt 16 g och den tvååriga öringen 127 g i november. Fisken flyttades till SLU:s försökslokaler i Norrfors i november. Hälften av fiskarna från respektive årsklass utfodrades i överskott under vinter och vår medan hälften inte gavs mat (figur 1). Fem dagar innan utsättning i vandringsbassänger eller i utsättningsbäcken gavs svälta fiskar foder, samt utfodrade fiskar svältes. På så sätt skapades fyra foder- respektive svältbehandlingar för ettårig och tvåårig fisk:

1. Utfodring under vinter och vår fram till utsättning (Foder – Foder)
2. Utfodring under vinter och vår samt svält innan utsättning (Foder – Svält)
3. Svält under vinter och vår fram till utsättning (Svält – Svält)
4. Svält under vinter och vår samt utfodring innan utsättning (Svält – Foder)



Figur 1. Schematisk beskrivning av försöksuppställning.

Före, under och efter behandling bedömdes smoltens kvalitet och smoltifieringsgrad (se rubrik 2.2 – 2.4). Efter behandlingen kvantifierades också fiskens vandringsbenägenhet och vandringsintensitet i både laborativ och naturlig vandringsmiljö. Den laborativa miljön bestod av vandringsbassänger utrustade med PIT-tag antenner som registrerade ned- och uppströmsvandring (se rubrik 2.6). Den naturliga miljön var dels en liten bäck i vilken två monterade PIT-tag antenner registrerade utvandring (se rubrik 2.7), dels den gamla älvsfåran i Umeälven i vilken fisken spårades via akustisk telemetri (se rubrik 2.8).

2.2 TIDPUNKTER FÖR UTSÄTTNING OCH VANDRINGSSTUDIER

I vandringsbassängerna testades effekten av foder- och svältbehandling på vandringsintensitet i två bassänger under tre omgångar, vilket gav sex replikat per behandling. Varje försöksgrupp bestod av 10 individer från respektive behandling och ålder, vilket gav 80 individer i varje omgång och bassäng. Vandringsstudierna genomfördes under perioden 17 juni – 3 juli 2017.

I utsättningsbäcken släpptes ca 50 ettåriga PIT-tag märkta individer per behandling, samt ca 40 tvååriga individer per behandling. All fisk sattes ut i bäcken den 7 juli 2017.

Antalet akustiskt märkta tvååriga öringar var 15 per behandling, totalt 60 individer. Fisken sattes ut i utsättningsbäcken den 10 juni 2017.

2.3 BEDÖMNING AV FENSKADOR

Inom ramen för projektet prioriterades identifiering av skador på ryggfena, stjärtfena och bröstfena. Erfarenheter från de odlingar som ingått i projektet är att analfena och bukfenor sällan uppvisar större skador i odling. Detta stöds även av vetenskapliga studier där dessa fenor är mindre skadade jämfört med ryggfena, bröstfena och stjärtfena (Turnbull m fl., 1998; Pelis & McCormick, 2003). Graden av fenskador bedömdes efter en skala framtagen av Hoyle m fl. (2007). Den bygger på fotografier av skador på regnbåge och är uppdelad i sex klasser där 0 är en fullständigt intakt fena utan skador och 5 innebär att fenan mer eller mindre saknas.

För att skatta den samlade effekten av fenstatus på havsöverlevnad skapades ett index där värdet för respektive fena summerades ihop. En fisk med klass 1 på samtliga tre fenor fick t ex fenindex 3 och en fisk med klass 3 skador på samtliga fenor fick fenindex 9.

2.4 YTTRE SMOLTSTATUS

En enkel metod för att bedöma smoltifieringsgrad är att skatta fiskens yttre smoltkaraktär utifrån ett färgindex med en 4-gradig skala (Staurnes m fl. 1993). Klass 0 representerar en fisk som inte påbörjat sin smoltifiering, d v s med tydliga stirrfläckar och utan silvrig färg. Klass 1 är fiskar som har påbörjat smoltifieringen med viss silvrig färg men som fortfarande har tydliga stirrfläckar på sidorna. Klass 2 är fiskar som är mer silvriga, har diffusa stirrfläckar och fenkanter som börjar bli mörkare. Klass 3 är fiskar som är fullt silvriga, stirrfläckarna syns inte längre, samt fenkanter och rygg är mörka.

2.5 PIT-TAG MÄRKNING

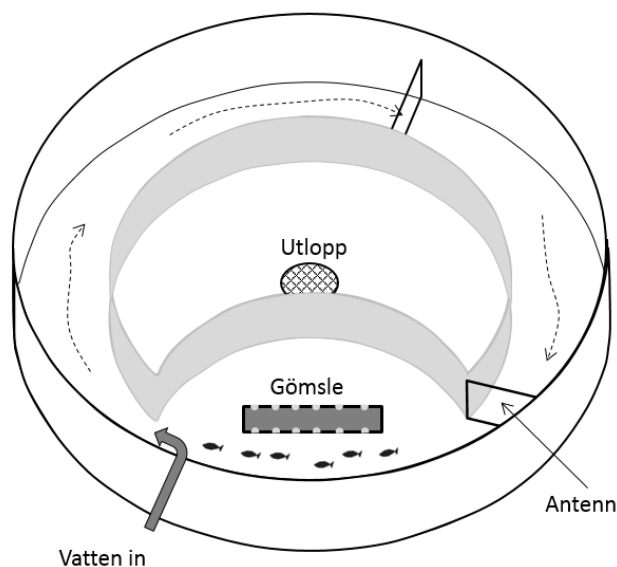
PIT-tag märkningen genomfördes med en märkpistol. Det märke som användes i projektet, Biomark/Allflex (BIO12.B.03/TX708HQ FDX-B), är kompatibelt med ISO Standard 11784 och 11785 och fisk ned till 5 g kan märkas. Totalt märktes 600 individer för studier i vandringsbassängerna och 300 individer för vandringsstudier i utsättningsbäcken.

2.6 VANDRINGSBASSÄNGER

I syfte att i mer detalj och under kontrollerade förhållanden kunna följa fiskens vandringsbeteende efter utsättning byggdes två stycken vandringsbassänger. Vandringsbassängerna utgjordes av ordinarie odlingsbassänger i Norrfors kompensationsodling vilka är byggda i betong och är 11 m i diameter och ca 1 m djupa. En inre vägg byggdes med plexiglasskivor för att skapa en kanal i bassängen. Ett poolområde skapades i mitten av bassängen för att ge fisk en möjlighet att uppehålla sig i ett lugnt område (figur 2), här placerades även ett gömställe. Gömstället bestod av ett halvt PVC-rör (diameter 40 cm). På långsidorna borrades hål där fisken kunde simma in och ut. Längden på skyddet var ca 3 m. Kanalens bredd var 1,4 m och längden mätt i mitten av kanalen var ca 32 m. Beroende på vattentrycket i inloppsledningen varierade strömhastigheten mellan 0,2-0,3 m/s och vattendjupet mellan 35-40 cm.

För att kunna registrera fiskens simriktning och hastighet placerades två PIT-tag-antenn ut med ca 3 m avstånd mellan varandra i kanalen.

Vandringsaktivitet uttrycks som ett vandringsindex där varje individs aktivitet anges som procentuell andel varv simmade i vandringsbassängen per bassäng och omgång.



Figur 2. Schematisk skiss över en vandringsbassäng.

2.7 VANDRING I UTSÄTTNINGSBÄCKEN

Utsättningsbäcken är ca 250 m lång och vattnet kommer från odlingen. Den startar vid Norrfors kompensationsodling och mynnar i Umeälven vid det som kallas Kungsmoforsen. Fisken sattes ut i ett mindre poolområde där vattnet från odlingen kommer ut via ett rör (figur 3). PIT-tag antenner var placerade ca 100 m nedströms utsättningsplatsen och vid bäckens utlopp i Umeälven.



Figur 3. Den övre bilden visar en schematisk karta över Stornorrfors damm, fisktrappa, fiskodling och utsättningsbäcken. Stjärnor visar logger placeringar i området. Nedre bilden till vänster visar utsättningsplatsen där vattnet från odlingen kommer ut via ett rör. Nedre bilden till höger visar bäcken med PIT-tag antenn för registrering av nedströmsvandrande fiskar. (foto Samuel Shry)

2.8 AKUSTISK TELEMETRI

Under två dagar i mitten av maj märktes fisken kirurgiskt med akustiska sändare (Vemco V5-1H-A180-1702/1802, 12.7 x 4.3 x 5.6mm, 0.38 g i vatten). Fisken bedövades med Tricainmetansulfonat (MS 222) och placerades med den ventrala sidan uppåt i ett fuktad U-formad handduk för att minska stressen under operationen. Sändarna rengjordes i 95 % etanol och sattes in i fiskens bukhåla via ett snitt mitt på fiskens underdel. Snittet syddes därefter ihop med en till två stygn (figur 4). Hanteringstiden var mellan 2-3 minuter för varje individ. Efter hantering sattes fisken i en vattenbehållare för uppvaknande innan den släpptes tillbaka till

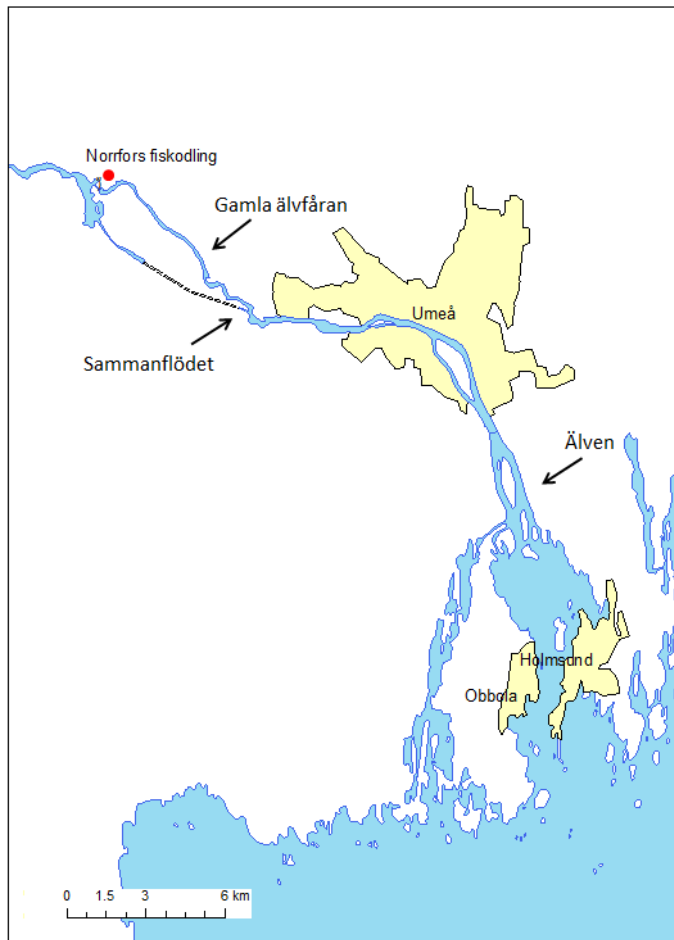
sitt tråg för återhämtning innan utsläpp i Umeälven. För att registrera vandringsbeteende på de märkta smolten placerades akustiska mottagare (Vemco, VR2W 180kHz och HR2) i Umeälven från Stornorrfors och nedströms ut mot kusten.



Figur 4. Kirurgisk märkning av smolt (foto Anders Alanärä)

2.9 STUDIEOMRÅDE

Norrfors fiskodling ligger ca 28 km uppströms Umeälven vid utskovsdammen till Stornorrfors kraftverk. Vattnet som används i kraftverket går i en tunnel under marken och återförs till älven ca 8 km nedströms i ett område som kallas för sammanflödet. Nedströms sammanflödet är älven bred och av en homogen karaktär. I den gamla älvfåran mellan dammen och sammanflödet släpps vatten under hela året enligt beslut i vattendomen. Under fiskvandningsperioden (maj-oktober) varierar flödet mellan 10 och 50 m³ per sekund men kan vid vårflood och andra tillfällen vara betydligt högre. Övrig tid råder vintertappning med bara någon enstaka kubikmeter. Miljön i den gamla älvfåran består av både fors- och selpartier och är betydligt mer heterogen än sträckan efter sammanflödet, vilken karakteriseras mer av breda, lugnflytande sträckor (figur 5).

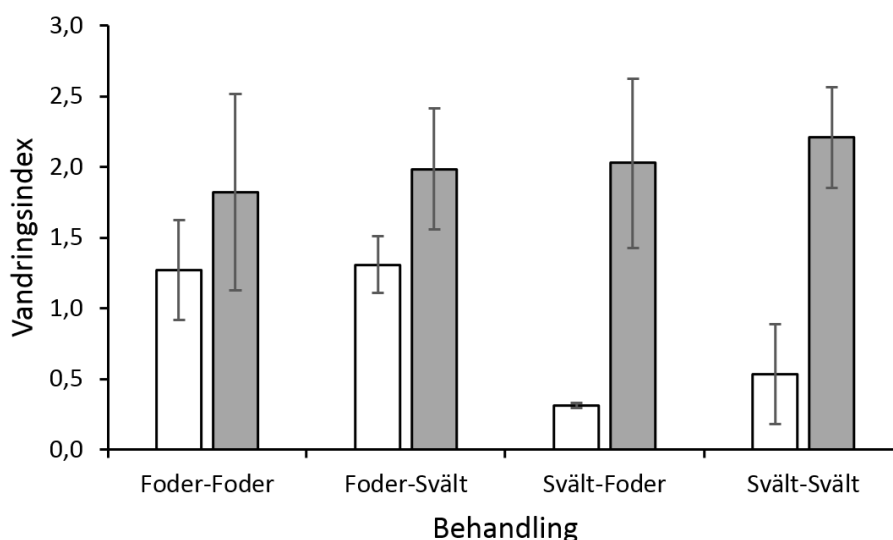


Figur 5. Karta över studieområdet med Umeälvens nedre del från dammen vid Norrfors fiskodling och ut till Holmsund och mynningen i Bottenviken.

3 Resultat

3.1 VANDRINGSBASSÄNGER

Det var en stark negativ effekt av svält under vinter och vår på vandringsintensitet hos ettårig smolt (Figur 6; Anova, $F=29,7$; $P<0,001$), medan en kortare period med utfodringen eller svält strax innan utsättning inte påverkade vandringsintensiteten ($F=0,66$; $P=0,430$). Hos tvåårig smolt noterades ingen effekt av vare sig en lång ($F=0,59$; $P=0,454$) eller en kort svältperiod (Figur 6; $F=0,38$; $P=0,548$). I den fortsatta redovisningen rapporteras endast resultat från behandlingen med långtids svält.



Figur 6. Effekt av lång- eller korttidssvält på vandringshastighet hos ettårig (vita staplar) och tvåårig (grå staplar) havsöring smolt. Vandringshastighet anges som ett index vilket motsvarar varje individs procentuella antal simmade varv inom varje bassäng och omgång. Spridningsmått är standardavvikelse.

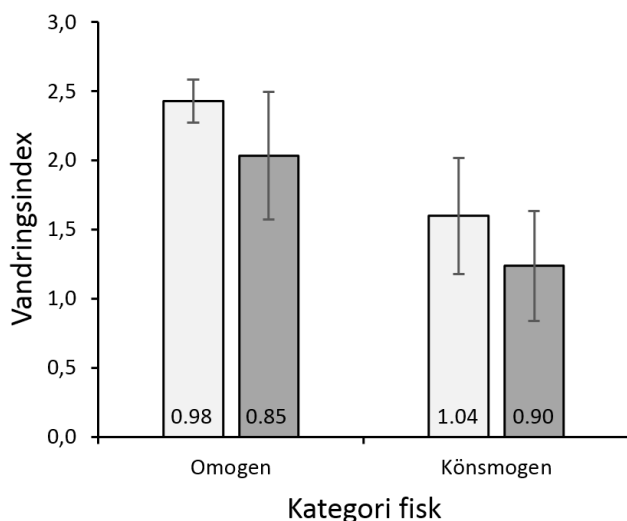
I februari i samband med PIT-tag märkning av fisken var det ingen skillnad i vikt mellan försöksgrupperna av ett- respektive tvåårig öring (tabell 1). I juni, innan utsättning, var skillnaderna i vikt och konditionsfaktor däremot stor mellan öring som utfodrats eller svälts (tabell 1). Andelen hannar som påbörjat könsmognad i juni var låg hos ettårig smolt men relativt hög hos tvåårig smolt. Det var ingen effekt av foderbehandling på andelen könsmogna hannar (tabell 1). Andelen ettårig öring som uppvisade ett vandringsbeteende var signifikant högre hos utfodrade jämfört med svälta fiskar (tabell 1). Merparten av de tvååriga öringarna uppvisade ett vandringsbeteende och det var ingen skillnad mellan behandlingar (tabell 1).

Tvåårig öring simmade snabbare ($F=5,1$; $P=0,035$) och hade högre vandringsintensitet ($F=84,5$; $P<0,001$) jämfört med ettårig öring (tabell 1). Utfodrad ettårig öring uppvisade signifikant högre vandringsintensitet än svält öring, men det var ingen skillnad i simhastighet (tabell 1). Det var ingen skillnad i simhastighet eller vandringsintensitet mellan utfodrad och svält tvåårig öring (tabell 1).

Tabell 1. Effekt av foderbehandling (utfodring vs svält) på vikt, konditionsfaktor (baserat på totalängd), andel hannar som påbörjat könsmognad, andel vandrande fisk, fenstatus, simhastighet och vandringsindex hos ettårig respektive tvåårig öring. Spridningsmått är standardavvikelse. T-test användes som statistisk analys. P-värden med kursiv och fet stil indikerar signifikanta skillnader ($P < 0,05$).

	Utfodrad	Svält	t-värde	P-värde
Ettårig smolt				
Vikt februari (g)	16,2 ± 1,1	15,2 ± 1,2	1,68	0,115
Vikt vandring (g)	31,8 ± 2,9	12,8 ± 1,8	12,66	<0,001
Konditionsfaktor	1,03 ± 0,02	0,69 ± 0,03	24,13	<0,001
Andel könsmogna (%)	3,1 ± 7,0	0,7 ± 1,9	0,95	0,359
Andel vandrande fisk (%)	80,9 ± 19,2	14,2 ± 10,4	7,47	<0,001
Simhastighet (m/s)	0,51 ± 0,02	0,50 ± 0,10	0,25	0,811
Vandringsindex	1,25 ± 0,34	0,38 ± 0,18	5,18	<0,001
Tvåårig smolt				
Vikt februari (g)	126,6 ± 7,6	128,6 ± 4,8	0,62	0,545
Vikt vandring (g)	148,2 ± 8,9	107,4 ± 4,4	10,04	<0,001
Konditionsfaktor	1,00 ± 0,02	0,85 ± 0,02	11,39	<0,001
Andel könsmogna (%)	26,5 ± 10,9	19,0 ± 7,8	1,60	0,132
Andel vandrande fisk (%)	90,3 ± 6,3	88,5 ± 4,2	0,61	0,556
Simhastighet (m/s)	0,56 ± 0,01	0,54 ± 0,02	1,60	0,140
Vandringsindex	2,26 ± 0,16	1,95 ± 0,43	1,65	0,129

Andelen tvåårig smolt som uppvisade ett vandringsbeteende var högre för omogna fiskar (92,5±4,9 %) jämfört med de hannar som påbörjat könsmognad (78,6±10,9 %) (t-test: $P=0,017$). Omogna fiskar hade signifikant högre vandringsintensitet jämfört med hannar som påbörjat könsmognad ($F=27,7$; $P < 0,001$) oberoende av foderbehandling. Hannar som påbörjade könsmognad i juni hade högre konditionsfaktor i februari (1,04) jämfört med omogna (1,01) ($F=4,8$; $P=0,042$). I juni hade könsmogna hannar klart högre konditionsfaktor än omogna individer inom respektive foderbehandling (Figur 7, $F=31,8$; $P < 0,001$).



Figur 7. Vandringsindex för tvåårig havsöringssmolt, uppdelad i omogna fiskar och hannar som påbörjat könsmognad (i tabell 1 anges ett medelvärde för dessa två kategorier). Ljusgrå staplar representerar utfodrad fisk och mörkgrå staplar svältbehandling. Spridningsmått är standardavvikelse. Siffrorna i basen av staplarna anger konditionsfaktor vid vandring för de olika kategorierna av fisk.

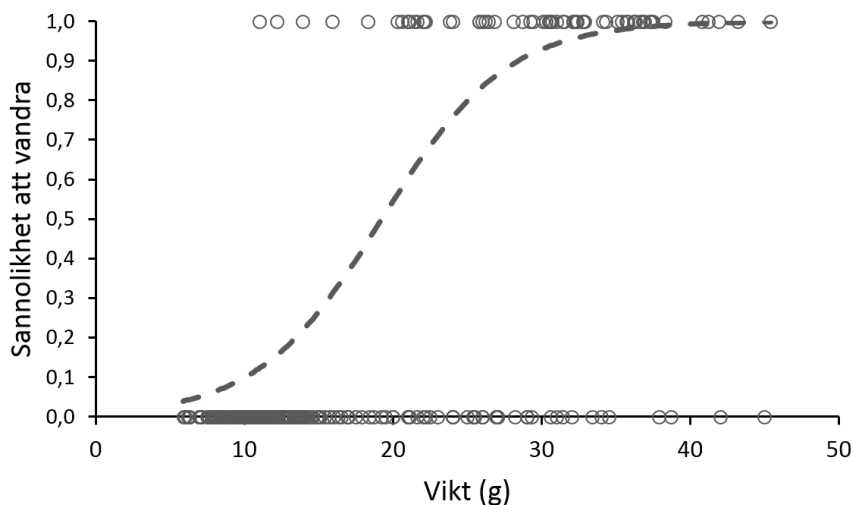
Bland den ettåriga öringen klassas deras yttre smoltstatus i huvudsak som stirr (0) eller smolt med tydliga stirrfläckar (1) (tabell 2). Inga individer uppvisade klass 3 d v s fullt smoltifierat utseende. Andelen individer som vandrade skiljer sig inte mellan smoltstatus klasser och de skiljde inte heller i medelvikt eller konditionsfaktor (tabell 2). Vandringshastigheten är inte statistiskt skild mellan individer med olika yttre smoltstatus. För den tvååriga öringen är situationen det omvända. Merparten av fiskarna har antingen klass 2 eller 3, d v s silvrig smolt med svaga stirrfläckar eller inga stirrfläckar (tabell 2). Inga individer bedömdes ha smoltklass 0. Den yttre smoltstatusen hos tvåårig smolt påverkade inte andelen fisk som vandrar. Däremot är fisk med smoltstatus 1 signifikant mindre än de med smoltstatus 2 eller 3 (tabell 2). Konditionsfaktorn hos fisk med smoltstatus 3 är signifikant lägre jämfört med fisk som har smoltstatus 1 eller 2. Inga skillnader i vandringsintensitet kan ses bland fisk med olika yttre smoltstatus (tabell 2).

Tabell 2. Samband mellan yttre smoltstatus och antal individer i varje vandringsomgång, proportion vandrande individer, vikt, konditionsfaktor samt vandringsindex för ettårig och tvåårig öring. Spridningsmått är standardavvikelse. ANOVA användes som statistisk analys. P-värden med kursiv och fet stil indikerar signifikanta skillnader ($P < 0,05$). Fisken bedöms enligt en fyrgradig skala där 0 är en stirr med tydliga stirrfläckar, 1 är en smolt som börjar bli silvrig men fortfarande har tydliga stirrfläckar, 2 är en silvrig smolt med diffusa stirrfläckar och 3 är en silvrig smolt med mörk rygg och mörka fenkanter (för skala se Alanärä m fl. 2014).

Smoltålder	Yttre smoltstatus klass				F	P
	0	1	2	3		
Ettårig						
Antal individer	20 ± 11	19 ± 9	7 ± 6	-		
Andel vandrande (%)	50 ± 13	27 ± 17	41 ± 21	-	2,04	0,176
Vikt (g)	19,1 ± 3,2	15,0 ± 3,6	21,2 ± 5,1	-	3,21	0,080
Konditionsfaktor	0,82 ± 0,07	0,73 ± 0,06	0,84 ± 0,08	-	3,78	0,056
Vandringsindex	1,08 ± 0,26	0,86 ± 0,45	1,32 ± 0,57	-	1,32	0,307
Tvåårig						
Antal individer	-	3 ± 3	26 ± 9	16 ± 9		
Andel vandrande (%)	-	94 ± 9	86 ± 5	94 ± 6	2,50	0,127
Vikt (g)	-	107,4 ± 2,1	125,8 ± 0,6	128,8 ± 8,9	9,68	0,004
Konditionsfaktor	-	0,91 ± 0,02	0,93 ± 0,02	0,88 ± 0,01	14,6	<0,001
Vandringsindex	-	1,94 ± 0,50	2,05 ± 0,36	2,15 ± 0,32	0,29	0,751

Ettårig öring som vandrade nedströms i vandringsbassängerna var signifikant större än de som inte vandrade (Logistisk test, $X^2=130,9$, $P < 0,001$). För tvåårig öring var det ingen skillnad i storlek mellan vandrande eller icke vandrande individer, varken bland omogna fiskar ($X^2=0,06$, $P=0,812$) eller hannar som påbörjat könsmognad ($X^2=0,07$, $P=0,785$).

Sannolikhet för att en ettårig öring ska uppvisa ett nedströms riktat vandringsbeteende har modellerats och resultatet visas i figur 8. För en 50 % sannolikhet att vandra måste öringen väga minst 20 g i samband med utsättningen. För att öka sannolikheten till 90 % måste fisken väga minst 30 g.



Figur 8. Logistisk modell som visar sambandet mellan vikt vid utsättning och sannolikhet att vandra nedströms för ettårig öring. Sambandet kan beskrivas som: sannolikhet = $1/(1+\exp(-0,24*(vikt-19,26)))$ ($r^2=0,50$). De övre cirkelarna anger fisk som vandrat (1) och de nedre cirkelarna fisk som inte vandrat (0). Både svälta och utfodrade individer ingår i modellen.

Ryggfena, stjärtfena och bröstfena påverkas alla negativt av svältbehandlingen hos ettårig öring (tabell 3). Sammantaget ger det ett förhöjt fenskadeindex för svält fisk. Av de tre fenor som studerats var graden av skada klart högst på bröstfenorna (tabell 3). Svältbehandlingen påverkar även ryggfena och bröstfenor negativt hos tvåårig öring, men inte stjärtfenan (tabell 3). Fenskadeindex skiljer sig mellan utfodrad och svält tvåårig öring, men skillnaden är generellt mindre jämfört med ettårig.

Tabell 3. Effekt av svält på ryggfena, stjärtfena, bröstfena, samt fenskadeindex. Bedömning av fenstatus gjordes i samband med vandring i vandringsbassänger. Spridningsmått är standardavvikelse. T-test användes som statistisk analys. P-värden med kursiv och fet stil indikerar signifikanta skillnader ($P<0,05$).

	Utfodrad	Svält	t-värde	P-värde
Ettårig smolt				
Ryggfena	1,59 ± 0,16	2,65 ± 0,33	7,87	<0,001
Stjärtfena	1,40 ± 0,36	2,26 ± 0,40	6,81	<0,001
Bröstfena	1,37 ± 0,13	2,77 ± 0,34	11,57	<0,001
Fenindex	4,36 ± 0,55	7,68 ± 0,93	11,88	<0,001
Tvåårig smolt				
Ryggfena	1,88 ± 0,19	2,28 ± 0,27	3,42	0,011
Stjärtfena	2,15 ± 0,26	1,98 ± 0,50	1,09	0,314
Bröstfena	2,14 ± 0,30	2,76 ± 0,26	4,51	0,003
Fenindex	6,17 ± 0,57	7,03 ± 0,98	2,57	0,037

3.2 VANDRING I UTSÄTTNINGSBÄCKEN

Vi kan inte se någon effekt av en kort period av svält eller utfodring strax innan utsättning. Därför slås data ihop baserat på foderbehandlingen över vinter och vår (utfodring eller svält). Mycket få ettåriga öringar lämnade utsättningsbäcken (tabell 4). Signifikant fler utfodrade fiskar lämnade bäcken jämfört med svälta (Logistisk test, $X^2=12,8$, $P<0,001$). Medelvikten på de sju ettåriga öringar som

lämnade bäcken var 30 g. Vandringshastigheten var låg och det tog i genomsnitt 40 timmar för ettårig öring att lämna bäcken.

Merparten av de tvååriga öringarna lämnade utsättningsbäcken (tabell 4). Det var ingen skillnad mellan utfodrade och svälta fiskar ($X^2=1,13$, $P=0,288$).

Vandringshastigheten för utfodrad tvåårig smolt var hög och det tog i genomsnitt 9 minuter att simma den ca 250 m långa sträckan i utsättningsbäcken. Svälta individer var något långsammare och det tog i medeltal 190 minuter att simma sträckan.

Tabell 4. Vandringshastighet i utsättningsbäcken från odlingen till Umeälven. Antal PIT-tag märkta och utsatta fiskar, vikt vid utsättning, konditionsfaktor vid utsättning, andel fiskar som lämnar bäcken, samt vandringshastighet. Spridningsmått är standardavvikelse.

	Utfodrad	Svält
Ettårig smolt		
Vikt (g)	28,0 ± 8,1	10,7 ± 2,8
Konditionsfaktor	1,02 ± 0,09	0,66 ± 0,08
Andel som lämnar bäcken (%)	9	0
Vandringshastighet (m/s)	0,05 ± 0,05	-
Tvåårig smolt		
Vikt (g)	187,6 ± 35,1	109,1 ± 22,1
Konditionsfaktor	1,06 ± 0,09	0,83 ± 0,04
Andel som lämnar bäcken (%)	83	75
Vandringshastighet (m/s)	0,45 ± 0,38	0,23 ± 0,32

3.3 ÄLVSVANDRING

Av de akustiskt märkta tvååriga öringar detekterades 79 % vid den första loggern, 250 m nedströms utsättningsplatsen där bäcken möter Umeälven vid Kungsmoforsen. Vid den första poolen i Umeälven, ytterligare 750 m nedströms, registrerades 14 individer eller 27 % av det totala antalet. Totalt var det fyra individer eller 8 % av fiskarna som nådde sammanflödet ca 8 km nedströms. Det var också dessa fyra individer som passerade de sista loggrarna vid Holmsund-Obbola och kan anses ha nått havet. Vi kan inte se någon effekt av en kort period av svält eller utfodring strax innan utsättning. Därför slås data ihop baserat på foderbehandlingen över vinter och vår (utfodring eller svält). Totalt nådde tre individer som utfodrats och en individ som svälts havet. Det motsvarar 10 % respektive 4 % av de utsatta öringarna (tabell 5). Denna skillnad var inte statistiskt säkerställd (Logistisk test, $X^2=0,69$, $P=0,407$). Vandringshastigheten var låg och det tog i genomsnitt 9 dygn (223 timmar) för de utfodrade fiskarna att nå havet (tabell 5). Merparten av tiden tillbringades i gamla älvfåran och vandringshastigheten från sammanflödet till havet (ca 20 km) tog endast 7 timmar i genomsnitt.

Fem individer registrerades på en logger placerad vid smoltavledaren uppströms fisktrappan i Stornorrforss inom 3-5 dygn efter utsättningen. Det motsvarar 10 % respektive 9 % av de utsatta öringarna (tabell 5).

Tabell 5. Tvåårig öring märkt med akustiska sändare och utsatta i Umeälven. Vikt vid utsättning, konditionsfaktor, andel fiskar som vandrar uppströms respektive nedströms (när havet), vandringshastighet, samt tid från utsättning till fisken når havet. Spridningsmått är standardavvikelse.

	Utfodrad	Svält
Vikt vandring (g)	138,4 ± 34,4	126,9 ± 33,0
Konditionsfaktor	1,02 ± 0,08	0,93 ± 0,07
Uppströms vandring (%)	10	9
Nedströms vandring (%)	10	4
Vandringshastighet till hav (m/s)	0,05 ± 0,02	0,02
Tid till havet (timmar)	223 ± 146	400

4 Diskussion

Hypotesen att en kortare period med svält innan utsättning skulle leda till en hungrig och mer vandringsmotiverad havsöring kan inte verifieras. Vi kan inte se någon effekt av korttidssvält på vandringsaktivitet vare sig i vandringsbassängerna eller efter utsättning i älven. Jones m fl. (2015) visade att en period med reducerad fodergiva under våren ökade sannolikheten för öring att smoltifiera. I deras studie mättes smoltifiering via observationer av yttre smoltkaraktär, dvs grad av silvrighet och stirrfläckar men inte vandringsaktivitet. Se diskussion om sambandet mellan yttre smoltkaraktär och vandring nedan.

Resultaten från vår studie kan inte heller visa på några positiva effekter av långvarig svältbehandling och reducerad energistatus på vandringsmotivation hos tvåårig havsöring. Foderbehandlingen påverkade varken andel individer som blev smolt eller deras vandringsaktivitet. Detta resultat går emot en rad andra studier som visat ett positivt samband mellan reducerade foder mängder och ökad motivation att vandra till havet hos havsöring (Davidsen et al. 2014, Larsson et al. 2012, Wysujack et al. 2009). I studien av Larsson m fl. (2012) i Sävarån strax norr om Umeälven var vandringsframgången till havet 64 % hos foderreducerad odlad tvåårig öring vilket inte var skiljt från den vilda öringen på 74 %. Det kan jämföras med konventionellt odlad öring där endast 30 % nådde havet. I vår studie var vandringsframgången till havet generellt låg (8 %) för tvåårig öring oavsett foderbehandling. Orsaken till det låga antal individer som når havet kan vara predation i gamla älvfåran, snarare än motivation att vandra. Merparten av de tvååriga öringarna uppvisar ett tydligt nedströmsriktat vandringsbeteende i vandringsbassängerna. Dessutom lämnar de flesta av PIT-tag märkt och akustiskt märkt fisk snabbt utsättningsbäcken och når gamla älvfåran i Umeälven, vilket indikerar att de är starkt motiverad att vandra. De flesta öringarna försvinner i den gamla älvfåran. Dödlighet i form av predation kan vara hög för nyutsatt odlad smolt (Jepsen et al. 1998, Kekäläinen et al. 2008, Thorstad et al. 2012a), speciellt om de vandrar långsamt och gör stopp i vandringsströmmen (Kesler m fl. 2013).

Vandringshastigheten för de fyra individer som nådde havet i denna studie var i genomsnitt 0,05 km i timmen i gamla älvfåran. Det kan jämföras med tvåårig laxsmolt som under liknande flödesförhållanden vandrade sträckan med en hastighet av 4,2 km i timmen (Alanärä m fl. 2014). Vid låga vattenflöden i gamla älvfåran vandrar även laxsmolt långsamt vilket leder till ökad dödlighet (Alanärä m fl. 2014). När väl öringen når älven, efter sammanflödet med vatten från kraftverket, går vandringsströmmen snabbare och de når kusten på ca 7 timmar, vilket är lika snabbt som tvåårig lax i tidigare studier (Alanärä m fl. 2014). En annan faktor som skiljer mellan vår studie och den av Larsson m fl. (2012) i Sävarån är tidpunkten för utsättning, där fisken i Sävarån sattes ut ca två veckor tidigare. Utsättning den 10 juni är inom ramen för när vild havsöring smolt vandrar till havet i Vindel/Umeälven. Vilken betydelse utsättningsdatumet har för vandringsframgång till havet är i dagsläget okänt.

Hannar som påbörjat könsmodning i samband med utsättning var mindre benägna att vandra nedströms jämfört med omogna individer, både med avseende på antal och hastighet. Av akustiskt märkt tvåårig öring vandrade fem individer (10 %)

uppströms efter utsättningen i älven. Antalet könsmogna hannar bland de akustiskt märkta är okänd, men det är troligt att andelen är liknande den i vandringsbassäng studien (20-25 %). Uppströms simmande individer kan därför vara hannar som påbörjat könsmognad och startat lekvandring.

Smoltifieringsprocessen hos lax startar under tidig höst när fisken når ett så kallat "tröskelvärde" vad gäller tillväxt och energistatus (Metcalf m fl. 1988; Thorpe m fl. 1998). Individer som når detta tröskelvärde kommer att fortsätta växa bra under hösten och smoltifiera till våren, medan övriga individer drar ner på födoaktiviteten och blir inte smolt till våren (Metcalf m fl. 1988; McCormick m fl. 1998). Persson m fl. (2018) visade att denna process hos lax inte kan avbrytas även om fisken utsätts för en lång svältperiod som drastiskt reducerar energireserverna. Resultaten från vår studie indikerar att det finns ett motsvarande tröskelvärde för smoltifiering på hösten hos havsöring. Trots en drastisk foderreduktion under vinter och vår utvecklas merparten av den tvååriga öringen till smolt.

För ettårig öring resulterade långvarig svält till en mycket svag motivation att vandra nedströms. För ettårig fisk som utfodrats under vinter och vår var andelen nedströmsvandrande individer relativt hög i vandringsbassängen, men mycket låg efter utsättning i älven. Även vandringshastigheten hos ettårig fisk var låg i jämförelse med tvåårig fisk. Sammantaget visar resultaten att ettårig öring inte skall foderbegränsas innan utsättning och att storleken bör vara minst 30 g vid utsättning för att öka sannolikheten till aktiv vandring. Baserat enbart på resultatet från utsättningsbäcken är det dock få ettåriga öringar som uppvisar ett vandringsbeteende. Här behövs fortsatta studier på sambandet mellan ålder, storlek och vandring. Som diskuterats ovan så finns det sannolikt ett tröskelvärde i form av storlek och energistatus på hösten som lax måste passera för att utvecklas till smolt kommande vår. Det är troligt att den ettåriga öringen inte passerat detta tröskelvärde och därför inte utvecklas till smolt oavsett tillväxtförutsättningarna under våren.

Den yttre smoltstatus, i form av silvrighet och grad av stirrfläckar, uppvisar inget samband med andel vandrande individer eller vandringsindex hos varken ettårig eller tvåårig öring. Liknande resultat har observerats för ettårig och tvåårig laxsmolt (Alanärä m fl. 2014). Starnes m fl. (1993) kunde inte påvisa något samband mellan yttre smoltstatus och havsöverlevnad hos laxsmolt. Enligt Virtanen m fl. (1991) är silvrighet eller smoltlikt utseende inte tillräckligt känsligt mått för att kunna skilja mellan olika stadier av smoltifiering eller prediktera framgångsrik havsöverlevnad. Yttre smoltkaraktär är således inget bra mått på benägenhet att vandra till havet hos öring och lax. Våra resultat indikerar att det finns ett samband mellan öringens storlek och yttre smoltstatus klass. Ju större storlek desto högre värde på klassningen. Detta är i linje med Alanärä m fl. (2014) som visade på ett mycket starkt samband mellan storlek och yttre smoltstatus hos lax.

En betydande andel (19-26 %) tvååriga hannar hade påbörjat könsmognad i samband med utsättning, vilket indikerar att de skulle bli lekmogna till hösten. Individer som påbörjat könsmognad finns även bland den ettåriga öringen men i mycket liten andel (1-3 %). Andelen könsmogna hannar som uppvisar vandringsbeteende är något lägre än för omogna individer, men utgör ändå 79 %

av det totala. De uppvisar även en något lägre vandringsintensitet jämfört med omogna fiskar. Merparten av de hannar som påbörjat köns mogna i samband med smoltvandringen skulle sannolikt vandra ut i havet, stanna där över sommaren och återvända till hösten för lek. Enligt Thorpe m fl. (1998) initieras köns mognad hos laxhannar ca ett år före lek. För en hanne som blir köns mogen vid 2,5 års ålder innebär det att köns mognaden fysiologiskt slås på vid 1,5 års ålder. För tvåårig smolt i vårt fall sker det under hösten året innan de sätts ut som smolt på våren. En förutsättning för att köns mognad processen skall "slås på" är att de är i god kondition och har lagt på sig betydande energireserver. Teoretiskt skall dock processen kunna avbrytas under den följande våren om tillväxten är låg och energireserverna förbrukas till annat än att bilda gonader (Thorpe m fl. 1998). Resultaten från vår studie indikerar dock att köns mognadsprocessen inte avbryts till följd av en lång svältperiod med drastiskt reducerade energireserver. Andelen hannar som påbörjat köns mognad är ungefär lika stor bland utfodrade som svältade öringar.

En längre period med svält påverkar den generella fenstatusen negativt hos både ettårig och tvåårig öring. Värdet på fenskadorna hos svält ettårig och tvåårig öring låg mellan 2 och 3 för olika fenor. Ett värde under två kan anses som en måttlig skada, vilken kan läka och återgå till mer eller mindre ursprungligt skick (Alanärä m fl. 2017). Kraftigare skador, närmare 3, kan leda till permanenta förändringar som inte läker och kan även påverka havsöverlevnad efter utsättning vid multipla skador på olika fenor (Pettersson m fl. 2013). Foderbegränsningar i odling leder ofta till ökad frekvens fenskadorna (Vainikka et al., 2012). Mindre foder mängder leder till ökad aggression mellan individer. Aggressionen tar sig vanligen uttryck i bit attacker mot fenor med skador till följd (MacLean et al., 2000; Latremouille, 2003; Canon Jones et al., 2011). Hos lax är attackerna ofta riktade mot ryggfena och stjärtfena (Turnbull et al., 1998; Persson m fl. 2014), medan denna studie visar att bröstfenorna hos öring är mest utsatta. Bosakowski och Wagner (1994) visade på liknande problem med skador på bröstfenor hos öring.

4.1 SLUTSATS

Denna rapport sammanfattar resultaten från en studie som undersökte hur hunger och energistatus påverkar havsöringssmolts vilja att vandra. Syftet med studien har varit att utreda huruvida man genom manipulering av utfodring kan öka vandringsbenägenheten hos havsöringssmolt inom kraftindustrins kompensationsodlingsverksamhet. De mest framstående resultaten från studien kan sammanfattas i följande punkter:

- Långvarig svältbehandling ökar risken för skador på fenor hos både ettårig och tvåårig havsöring.
- Varken långvarig eller kortvarig svältbehandling ökar vandringsbenägenhet och intensitet hos ettårig eller tvåårig kompensationsodlad öring.
- Resultaten skiljer sig från tidigare studier på havsöring där svältbehandling resulterat i en mer vandringsbenägen fisk. Det är oklart vad denna skillnad beror på, men det höga bortfallet i älven tyder på hög dödlighet från predation

vilket starkt påverkar möjligheten att dra några slutsatser om behandlingens effekt.

- Ettårig kompensationsodlad öring är betydligt mindre benägen att vandra än tvåårig öring under naturliga miljöbetingelser.

5 Referenser

Alanärä, A., Schmitz, M. & Persson, L. 2014. Functional methods to farm physiologically wild like Atlantic salmon smolt (in Swedish with extended English summary). *Elforsk rapport* 14:02.

Boel, M., Aarestrup, K., Baktoft, H., Larsen, T., Madsen, S.S., Malte, H., Skov, C., Svendsen, J.C. & Koed, A. 2014. The physiological basis of the migration continuum in brown trout (*Salmo trutta*). *Physiological and Biochemical Zoology* 87: 334-345.

Bosakowski, T. & Wagner, E. J. (1994). Assessment of fin erosion by comparison of relative fin length in hatchery and wild trout in Utah. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51, 636–641.

Canon Jones, H. A., Noble, C., Damsgard, B. & Pearce, G. P. (2011). Social network analysis of the behavioural interactions that influence the development of fin damage in Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) held at different stocking densities. *Applied Animal Behaviour Science* 133, 117–126.

Hoyle, L., Oidtmann, B., Ellis, T., Turnbull, J., North, B., Nikolaidis, J. & Knowles, T. G. (2007). A validated macroscopic key to assess fin damage in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 270, 142-148.

Jepsen, N., Aarestrup, K., Okland, F., and Rasmussen, G. 1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 372: 347-353.

Jones, D., Bergman, E. & Greenberg, L. 2015. Food availability in spring affects smolting in brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72: 1694-1699.

Jonsson, B. & Jonsson, N. 2011. Habitats as Template for Life Histories. *Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout: Habitat as a Template for Life Histories*. Fish and Fisheries Series, pp. 1-21.

Kekäläinen, J., Niva, T., and Huuskonen, H. 2008. Pike predation on hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a northern Baltic river. *Ecol. Freshwat. Fish* 17(1): 100-109.

Kesler, M., Vetemaa, M., Saks, L. & Saat, T. 2013. Survival of reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts during downstream migration and its timing: a case study in the Pirita River. *Boreal Environment Research* 18: 53-60.

Larsson, S., Serrano, I. & Eriksson, L.-O. 2012. Effects of muscle lipid concentration on wild and hatchery brown trout (*Salmo trutta*) smolt migration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1-12.

Latremouille, D. N. (2003). Fin erosion in aquaculture and natural environments. *Reviews in Fisheries Science* 11, 315–335.

- MacLean, A., Metcalfe, N. B. & Mitchell, D. (2000). Alternative competitive strategies in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*): evidence from fin damage. *Aquaculture* 184, 291–302.
- Pelis, R. M. & McCormick, S. D. (2003). Fin development in stream- and hatchery-reared Atlantic salmon. *Aquaculture* 220, 525–536.
- Persson, L. and Alanärä, A. 2014. The effect of shelter on welfare of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* reared under a feed restriction regimen. *Journal of Fish Biology*, 85: 645–656.
- Persson, L., Leonardsson, K. and Alanärä, A. 2018. Manipulation of the energetic state of Atlantic salmon *Salmo salar* juveniles and the effect on migration speed. *Journal of Fish Biology*, 92: 961–978. doi:10.1111/jfb.13555
- Petersson, E., Karlsson, L., Ragnarsson, B., Bryntesson, M., Berglund, A., Stridsman, S. & Jonsson, S. (2013). Fin erosion and injuries in relation to adult recapture rates in cultured smolts of Atlantic salmon and brown trout. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 70, 915–921.
- Serrano, I., Larsson, S. and Eriksson, L.-O. 2009. Migration performance of wild and hatchery sea trout (*Salmo trutta* L.) smolts—Implications for compensatory hatchery programs. *Fisheries Research* 99 (2009) 210–215.
- Thorpe, J.E., Mangel, M., Metcalfe, N.B. & Huntingford, F.A. 1998. Modelling the proximate basis of salmonid life-history variation, with application to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Evolutionary Ecology* 12: 581–599.
- Thorstad, E.B., Uglem, I., Finstad, B., Chittenden, C.M., Nilsen, R., Okland, F., and Bjorn, P.A. 2012a. Stocking location and predation by marine fishes affect survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fish. Manage. Ecol.* 19(5): 400–409.
- Turnbull, J. F., Adams, C. E., Richards, R. H. & Robertson, D. A. (1998). Attack site and resultant damage during aggressive encounters in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr. *Aquaculture* 159, 345–353.
- Turnbull, J. F., Adams, C. E., Richards, R. H. & Robertson, D. A. (1998). Attack site and resultant damage during aggressive encounters in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr. *Aquaculture* 159, 345–353.
- Vainikka, A., Huusko, R., Hyvarinen, P., Korhonen, P. K., Laaksonen, T., Koskela, J., Vielma, J., Hirvonen, H. & Salminen, M. (2012). Food restriction prior to release reduces precocious maturity and improves migration tendency of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69, 1981–1993.
- Wysujack, K., Greenberg, L.A., Bergman, E. & Olsson, I.C. 2009. The role of the environment in partial migration: food availability affects the adoption of a migratory tactic in brown trout *Salmo trutta*. *Ecology of Freshwater Fish* 18: 52–59.

PÅVERKAR HUNGER OCH ENERGI- STATUS ÖRINGENS VILJA ATT VANDRA TILL HAVET?

Här sammanfattas resultaten från en studie av hur hunger och energistatus påverkar havsöringssmolts vilja att vandra. Syftet har varit att utreda huruvida man genom manipulering av utfordring kan öka vandringsbenägenheten hos havsöringssmolt inom kraftindustrins kompensationsodlingsverksamhet.

Den här kunskapen kan nyttjas i designen av effektiva utfodringsprogram för att odla vandringsbenägen öring smolt. Resultaten i studien skiljer sig från tidigare studier på havsöring där svältbehandling resulterat i en mer vandringsbenägen fisk. Det är oklart vad denna skillnad beror på, men det höga bortfallet i älven tyder på hög dödlighet från predation, vilket starkt påverkar möjligheten att dra några slutsatser om behandlingens effekt.

Resultatet visar istället att varken långvarig eller kortvarig svältbehandling ökar vandringsbenägenhet och intensitet hos ettårig eller tvåårig kompensationsodlad öring. Studien visar också att långvarig svältbehandling ökar risken för skador på fenor hos både ettårig och tvåårig havsörings. Ett annat potentiellt viktigt resultat är att ettårig kompensationsodlad öring är betydligt mindre benägen att vandra än tvåårig öring under naturliga miljöbetingelser.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se