

**Laxsmoltens (*Salmo salar*) längd, vikt och
konditionsfaktors betydelse för dess
vandringstidpunkt i Sävarån.**

*The length, weight and condition factor as regulating factors of
seaward migration timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*)
smolts.*



Daniel Bertilsson & Adam Helleberg



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Daniel Bertilsson & Adam Helleberg
Titel, Sv	Laxsmoltens (<i>Salmo salar</i>) längd, vikt och konditionsfaktors betydelse för dess vandringstidpunkt i Sävarån.
Titel, Eng	<i>The length, weight and condition factor as regulating factors of seaward migration timing of Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) smolts.</i>
Nyckelord/ Keywords	Salmo salar; smolt; Sävarån; storlek; ; vandring; tidpunkt <i>Salmo salar; smolt; Sävarån; size; migration timing</i>
Handledare/Supervisor	Hanna Carlberg, SLU, Inst för vilt, fisk och miljö Henrik Jeuthe, SLU, Inst för vilt, fisk och miljö
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2014

FÖRORD

Vi vill tacka våra handledare Hanna Carlberg och Henrik Jeuthe för det osvikliga tålamod de uppvisat och de värdefulla råd och synpunkter de gett oss under arbetet med denna rapport. Tack också till Kjell Leonardsson som bidragit med data och expertkunskap. Utan det stöd vi fått hade vi stängt oss blodiga både en och två gånger, men nu sitter vi här och bländas av ljuset i tunneln.

Umeå, april 2014

Daniel Bertilsson och Adam Helleberg

SAMMANFATTNING

Atlantlaxen (*Salmo salar*) har en komplex livscykel. Den lever sitt liv i både i sötvatten och saltvatten och migrationen mellan dessa två är en viktig process för laxens överlevnad. Laxen i Östersjön har minskat kraftigt under de senaste hundra åren och mänsklig påverkan tros ha minskat laxproduktionen med upp till 95 %. För att säkra de kvarvarande laxbeståndens fortlevnad krävs förståelse för vilka faktorer som påverkar överlevnaden hos laxen i de olika stadierna av livscykeln. Under åren 2008-2013 fångades vandrande laxsmolt i Sävarån som mynnar i Bottenviken. De emigrerande smolten mättes, vägdes och släpptes sedan tillbaka i vattnet. Datat delades upp i två halvor baserat på när på säsongen de vandrade. En halva för de som vandrade tidigt och en andra halva för de som vandrade sent. De två halvorna jämfördes sedan för att undersöka ifall det fanns ett samband mellan längd, vikt respektive konditionsfaktor och när på säsongen laxarna vandrade. Smolt som vandrade tidigt var signifikant längre än smolt som vandrade sent. Ett signifikant samband fanns även för att smolt som vandrade tidigt var tyngre än smolt som vandrade sent. Konditionsfaktorn skiljde inte mellan grupperna.

Nyckelord: *Salmo salar*; smolt; Sävarån; storlek; vandring; tidpunkt

SUMMARY

Atlantic salmon (*Salmo salar*) has a complex life cycle. They spend their life in both limnetic and marine environments and the transition between these two is important for survival. The Baltic sea salmon has decreased heavily in numbers during the last 100 years due to human activity, and the natural production of smolt in the rivers emptying into the Baltic Sea is suggested to have decreased with up to 95 %. To make sure that the remaining Salmon stocks survive, understanding of the processes affecting different parts of their life cycle is important. Between 2008 and 2013, smolts migrating from the river Sävarån, a small forest river emptying in the Gulf of Bothnia, were caught. The smolts were measured, weighted and released back into the river. The smolt data was divided into two halves based on the median catch date every year, an early half and a late half. The groups were compared to find out if there was a relationship between length, weight and conditions factor and the timing of the seaward migration. Early migrating smolts were longer and heavier than late migrants. The condition factor did not differ between the two groups.

Keywords: *Salmo salar*; smolt; Sävarån; size; migration timing

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	2
Sammanfattning	3
Summary	4
Innehållsförteckning	5
Inledning	6
Laxens biologi	6
Mänsklig påverkan	9
Smoltifieringen och smoltvandringens tidpunkt	9
Material och metoder	12
Studielokal.	12
Datainsamling	13
Statistik och beräkningar	13
Resultat	14
Diskussion	19
Referenser	21

INLEDNING

Laxens biologi

Atlantlax (*Salmo salar*) lever i norra Atlanten, från norra Portugal upp till norra Ryssland öster om Kolahalvön, på Island, södra Grönland och i Nordamerika längs östkusten ner till Connecticut i nordöstra USA (Maccrimmon & Gots 1979). Atlantlaxen är likt de flesta fiskar ektoterm, vilket betyder att kroppstemperaturen styrs av omgivande vattentemperatur. Kroppstemperaturen har stor betydelse för beteende, utveckling och kroppsfunktioner hos ektoterma djur och påverkar bl.a. tillväxthastighet, rörelsehastighet, matsmältning och immunförsvar (Huey & Stevenson 1979; Hertz m. fl. 1982; Angilletta m. fl. 2002).

Atlantlaxen är anadrom, vilket betyder att den reproducerar sig och föds i strömmande sötvatten men vandrar ut och lever sitt vuxna liv och tillväxer i havet. Anadromin är dock inte obligat, och Atlantlaxens livshistoria kan variera mycket både mellan och inom populationer (Riddell & Leggett 1981; Saunders & Schom 1985). Att vandra ut i havet ger möjlighet till snabbare tillväxt på bekostnad av potentiellt ökad dödlighet, och huruvida det är bättre att vandra ut i havet eller stanna kvar i födelsevattendraget kan ses som en trade-off mellan dessa två faktorer (Jonsson & Jonsson 1993; Thorpe 1994; McCormick m. fl. 1998). Det finns exempel på laxpopulationer som lever hela sitt liv i strömmande vatten (Sutterlin & Maclean 1984), laxpopulationer som vandrar ner till sjöar (Berg 1985) och populationer där en viss andel av laxhanarna stannar kvar i det strömmande vattendraget medan honorna och övriga hanar vandrar ner till havet (Österdahl 1969; Jonsson m. fl. 1998). Den stora variationen i livshistoria har föreslagits vara olika överlevnadsstrategier (Stearns 1976; Saunders & Schom 1985).

Under leken lägger laxen ägg nergrävda i bottengruset i svagt strömmande vatten på hösten. Äggen kläcks tidigt på våren och de nykläckta ynglen lever första månaden skyddade under gruset av en gulesäck. Ungefär en månad gamla, när gulesäcken börjar ta slut, simmar de upp ur gruset, upprättar revir och börjar äta förbipasserande föda. De kallas nu för stirr. När stirren har nått en viss storlek och utveckling påbörjas en fysiologisk och beteendemässig förändring som kallas smoltifiering. Smoltifieringen anpassar laxen till ett marint liv och innebär bl.a. att de blir silvergänsande med mörkare fenor, blir mer strömlinjeformade genom en större längdtillväxt än viktillväxt och får ökad salttolerans. Smolten övergår också från att vara territoriell till att uppträda i stim (Wedemeyer m. fl. 1980; Alanärä 1994). Smolten vandrar sedan ut i havet. Där tillväxer de i ett till fyra år innan de nu vuxna laxarna mognar sexuellt och vandrar tillbaka upp till födelsevattendragen och leker. Vissa hanar kan dock bli köns mogna som stirr utan att ha smoltifierats och vandrat ut i havet. Detta är däremot extremt ovanligt bland honor (Österdahl 1969; Alanärä 1994). Till skillnad från Stilla-havslax kan Atlantlax efter leken återvända ut i havet och leka upp till fyra gånger under sin livstid (Jonsson m. fl. 1991).

Laxen i Östersjön, ofta kallad Östersjö-lax, är en genom beteende och geografi nästan fullständigt isolerad population av Atlantlaxen. Den vandrade troligen in från Atlanten för ungefär 10000 år sedan när inlandsisen började dra sig tillbaka (Lundqvist 1965). På grund av landhöjningen levde de senare isolerade från andra laxpopulationer under ungefär två tusen år och detta kan förklara varför det nu knappt sker något genetiskt utbyte mellan lax i Östersjön och lax ute i Atlanten. Endast 0,04 % av märkta laxar från Östersjön återfinns bortom

Öresund, och endast 0,4 % av laxar märkta på den svenska västkusten återfinns i Östersjön (Karlsson & Karlström 1994).

Östersjölaxen leker i september till november. Laxynglen kläcks från mars nere i södra Sverige och till maj längst upp i norr. Majoriteten av alla laxar, även de som kommer från vattendrag som mynnar ut i Bottenviken, vandrar ut till Östersjön.

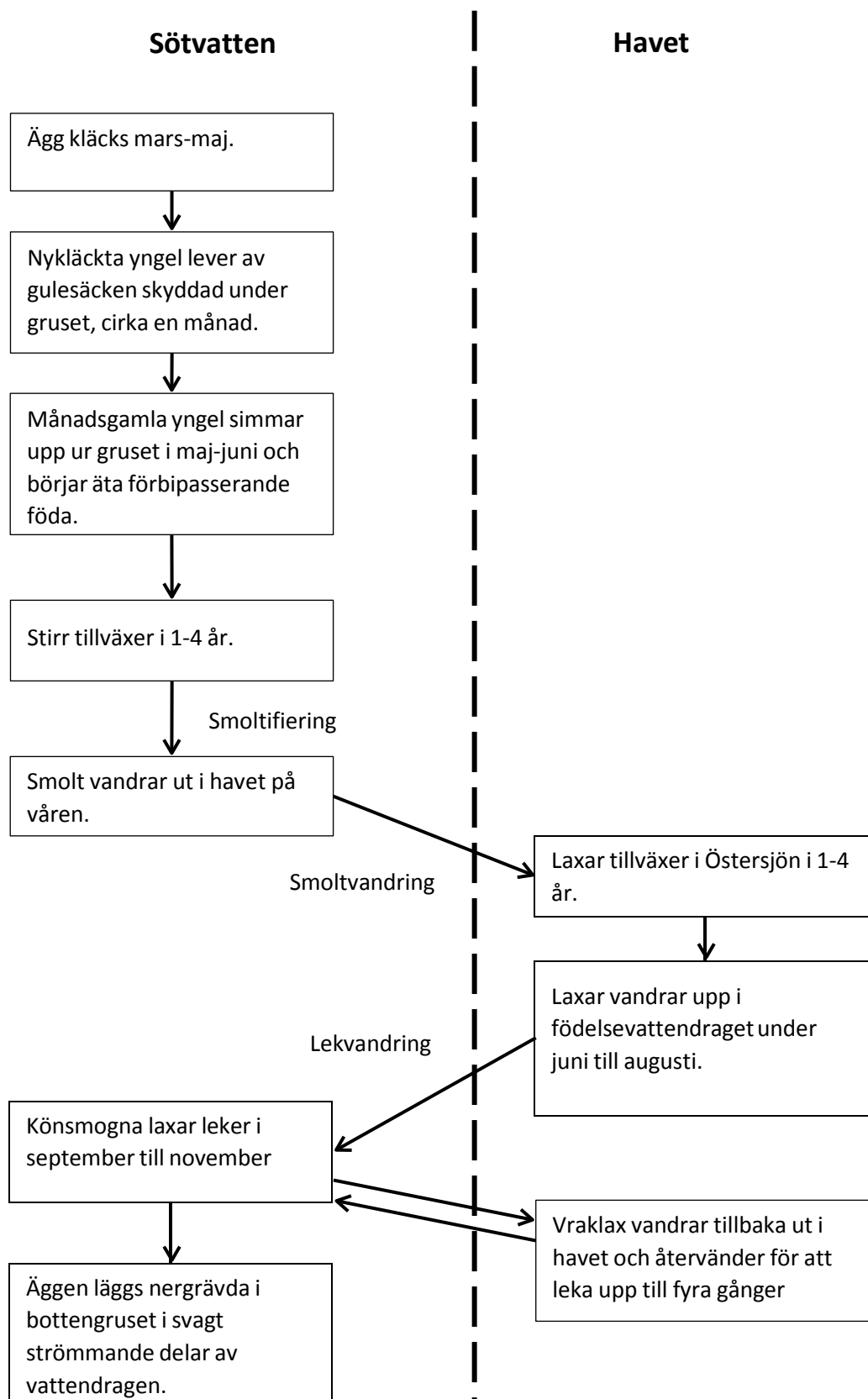
De olika stadierna i laxens livscykel definieras i tabell 1 och förklaras i figur 1.

Tabell 1: Laxens olika stadier (baserad på Allan & Ritter 1977).

Table 1: Stages of Salmon life cycle (based on Allan & Ritter 1977).

Stadium	Engelskt namn	Svenskt namn	Definition
1	Alevin	(Gulesäcks-) Yngel	Från kläckning till slut av gulesäck som primär näringskälla.
2	Fry	(Fritt simmande och ätande) Yngel	Från oberoende av gulesäck till att lämna födelseplatsen.
3	Parr	Stirr	Från att lämna födelseplatsen till smoltmigration.
4	Smolt	Smolt	Fullt silverfärgad ung lax som migrerar till havet.
5	Post-smolt	Postsmolt	Från att smolten har lämnat födelsevattendraget till den 31 december samma år.
6	Salmon	Lax, Östersjölax ¹	All lax i havet som passerat postsmoltstadiet.
7	Kelt	Vraklax, Vinterståndare	Färdiglekt lax i uppe i älvarna innan de vandrat tillbaka ut i havet.

¹Lax som lever i Östersjön



Figur 1. Laxens livscykel (baserad på Allan & Ritter 1977; Karlsson & Karlström 1994; Jonsson 2009).

Figure 1. The life cycle of Atlantic Salmon (based on Allan & Ritter 1977; Karlsson & Karlström 1994; Jonsson 2009).

Mänsklig påverkan

Östersjölaxen har de senaste hundra åren minskat kraftigt på grund av människans förehavanden. Reglering av vattendrag, flottledsrensning, sänkning av sjöar och utsläpp av gifter har försämrat tillgången och kvaliteten på laxens naturliga fortplantningsområden (McKinnell 1998). Östersjölax reproducerade sig i förindustriell tid i 60-70 vattendrag runt Östersjön och uppskattningsvis 8-10 miljoner smolt vandrade årligen ut i havet. Idag är antalet vattendrag som håller vilda laxpopulationer nere på ungefär 25 och dessa producerar ungefär 500 000 smolt, alltså en minskning med på 90-95 %. Som kompensation för de negativa effekterna vattenkraftsdammarna har på lax sätts varje år drygt fem miljoner smolt ut i Östersjöns och bottniska vikens reglerade älvar. Endast 10-20% av dagens laxpopulation i Östersjön är av vilt ursprung (Karlsson & Karlström 1994).

Lax är populär både i det kommersiella fisket och bland sportfiskare. 2012 fångades 1139 ton lax i Östersjön, där kommersiellt fiske stod för 67 % av fångsten (ICES 2013). Det höga fisketrycket i Östersjön tillsammans med svårigheter för vraklaxen att vandra ner till havet igen efter leken gör att det är ovanligt att laxar överlever för att leka fler än en gång (Karlsson & Karlström 1994).

Klimatförändringar kommer troligtvis att höja medeltemperaturen i Östersjöområdet de kommande 100 åren. Uppvärmningen kommer troligtvis bli större över land än över havet (IPCC 2007), och alltså kommer de limniska miljöerna troligtvis att påverkas mer än de marina. Dessa förväntade förändringar kan komma att leda till förändringar i laxens tillväxthastighet och förändrat beteende samt ökad risk för sämre överlevnad i olika livsstadier för laxen (Jonsson 2009).

För att säkra de kvarvarande laxbeståndens fortlevnad krävs förståelse för vilka faktorer som påverkar överlevnaden hos laxen i de olika stadierna av livscykel (Lundqvist m. fl. 2010; Russell m. fl. 2012; Thorstad m. fl. 2012).

Smoltifieringen och smoltvandringens tidpunkt

För att laxen skall kunna smoltifieras krävs att stirren har uppnått en viss storlek. Hur lång tid det tar att uppnå denna storlek beror på tillväxthastigheten hos stirren och kan variera från ett till åtta år (McCormick m. fl. 1998; Jonsson 2009). Tillväxthastighet beror främst på vattentemperatur och längd på tillväxtsäsong. Därför finns det en nord-sydlig gradient där det generellt tar längre tid att uppnå lämplig storlek längre norrut (McCormick m. fl. 1998). I Östersjöns älvar varar sötvattenstadiet 1-2 år och i nordligare älvar i Bottenviken 2-4 år, ofta 3 år (Alm 1934; Lindroth 1977; Karlström & Byström 1994). Medelåldern på smolt som fångades och mättes i Simojoki i norra Finland åren 1991-2004 var 2,6 år, men smolt som var både 2, 3 och 4 år registrerades (Jutila & Jokikokko 2008). Smoltens storlek varierar också mellan olika populationer, där t.ex. smolt från norra Quebec har en medellängd på över 20 cm (Power 1969) medan smolt från Norges västkust är ungefär 12-13 cm långa (Jensen m. fl. 1989). Även inom en population finns variation. Stirr som växer långsamt smoltifieras när de är större, och därmed äldre, än snabbväxande stirr (Okland m. fl. 1993).

Smoltifieringsprocessen styrs av en inbyggd cykel i samverkan med miljöfaktorer (Eriksson & Lundqvist 1982). De miljöfaktorer som styr smoltifieringsprocessen är framförallt fotoperiod och vattentemperatur. Ökande dagslängd fungerar som en timer för starten av

smoltifieringen (Duston & Saunders 1995), och vattentemperaturen påverkar hur fort de fysiologiska förändringarna sker (McCormick m. fl. 2002; Zydlewski m. fl. 2005).

Den färdigutvecklade smoltens vandring ut i havet har hög dödlighet både i sötvattendragen, vid utloppen och i den tidiga marina fasen (Thorstad m. fl. 2012). Tidpunkten för smoltvandringen har stor betydelse (McCormick m. fl. 1998; Russell m. fl. 2012), och är en anpassning till lokala förutsättningar (Eriksson 1988). Den styrs av miljöfaktorer i sötvattendraget, som motsvarar fördelaktiga förutsättningar under vandringen och i havet (Hvidsten m. fl. 1998). Förändringar i vattentemperaturen på våren är en viktig utlösande faktor (Jonsson & Ruudhansen 1985; Jutila m. fl. 2005), men förändrat vattenflöde kan också spela roll (McCormick m. fl. 1998). I Östersjön finns en korrelation mellan ytvattentemperatur i havet och överlevnad, där ytvatten mellan 9 °C och 12 °C ger bättre överlevnad de första veckorna i havet än både kallare och varmare ytvatten (Kallio-Nyberg m. fl. 2004; Jutila m. fl. 2005). Det kan också finnas en social aspekt, där närvaro av andra migrerande smolt kan stimulera till vandring (Hvidsten m. fl. 1995). Att synkronisera vandringen kan ha betydelse för att minska dödlighet från predation (Thorstad m. fl. 2012). Inom en population kan även individuella egenskaper ha betydelse för vandringstidpunkten. Större och äldre smolt vandrar tidigare på säsongen än mindre och yngre (Jonsson m. fl. 1990; Jutila & Jokikokko 2008). Storleken har dock mindre betydelse för överlevnad bland smolt från samma vattendrag (Kallio-Nyberg m. fl. 2004). Ett sätt att beskriva vilken betydelse tidpunkten för smoltvandringen har för smoltens överlevnad är att se sannolikheten att överleva som en matchning mellan två tidsfönster. Ett tidsfönster under vilken smolten är bäst anpassad för att vandra ut i havet (ett fysiologiskt tidsfönster), och ett tidsfönster när födotillgång, predation etc. är lämpligast för överlevnad (ett ekologiskt tidsfönster). En mismatch mellan dessa tidsfönster påverkar överlevnaden negativt (McCormick m. fl. 1998).

Förståelse för vad som styr smoltvandringen samt vilken betydelse det har för överlevnaden hos smolten är viktigt, speciellt med tanke på ett eventuellt förändrat klimat i framtiden samt att Östersjölxaxen är i en utsatt situation redan nu. Syftet med denna studie är att undersöka hur smoltens längd, vikt och konditionsfaktor korrelerar med dess migrationstidpunkt i Sävarån. Detta för att få en bättre förståelse för vilka individuella egenskaper hos smolten som avgör tidpunkten för vandring. Eftersom laxens livscykel är komplex och varierar mellan olika populationer är det viktigt att förstå hur olika delar av den styrs på ett lokalt plan.

Jutila & Jokikokko (2008) kom fram till att smolt som vandrade tidigt var signifikant längre, och äldre än smolt som vandrar sent. Däremot fanns ingen skillnad i vikt mellan grupperna. Även Jonsson m. fl. (1990) kom fram till att längre smolt vandrade tidigare. Utifrån dessa resultat tror vi att tidigt vandrande smolt är längre än sent vandrande, även i Sävarån. Eftersom den tidiga gruppen kan antas vara längre och äldre, antar vi att de också kommer att vara tyngre trots att Jutila & Jokikokko (2008) inte fann några sådana resultat. Konditionsfaktorn är beroende av längden i kubik. Alltså ger skillnad i längd större utslag i konditionsfaktor än skillnad i vikt. Därför tror vi att smolt som vandrar tidigt kommer att ha en lägre konditionsfaktor.

Hypoteserna vi testar är:

Längd: H_0 : Ingen skillnad, H_A : Tidiga vandrare är längre än sena vandrare.

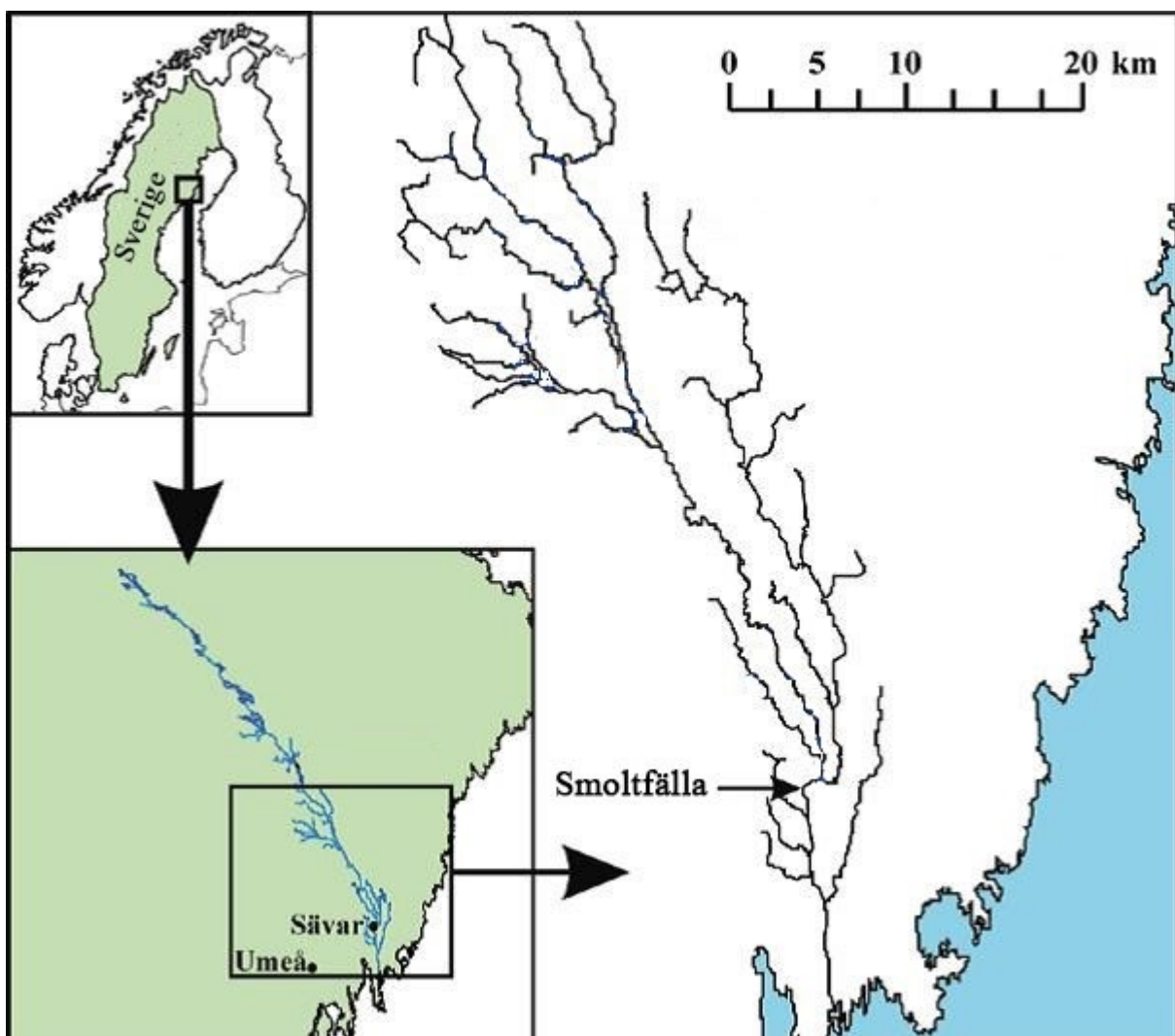
Vikt: H_0 : Ingen skillnad, H_A : Tidiga vandrare är tyngre än sena vandrare.

Konditionsfaktor: H_0 : Ingen skillnad, H_A : Tidiga vandrare har lägre konditionsfaktor än sena vandrare.

MATERIAL OCH METODER

Studielokal.

Studien är baserad på data från Sävarån, ett omkring 142 km långt vattendrag som rinner ut i Bottenviken strax norr om Umeå (63°54'38.6" N, 20°33'56.5" E). Avrinningsområdet är 1161 km² och medelflödet över året är cirka 12 m³/s men varierar mellan ca 1 m³/s till 100 m³/s i dygnsmedelflöde. Sävarån är inte reglerad för vattenkraft men där finns mänskligt konstruerade dammar, som påverkar laxen negativt genom att försvåra vandringen. Likt många vattendrag i Sverige har Sävarån rätats ut för flottning av timmer. På senare år har delar av ån restaurerats för att återskapa lekplatser för lax och öring (Molin m. fl. 2010).



Figur 2: Studieområdet.

Figure 2: The study site.

Datainsamling

En smoltfälla av typen roterande skruvfälla (beskrivning i Thedinga m. fl. 1994) har använts för att fånga in den mot havet vandrande smolten. Fällan var placerad ca 15 km uppströms utloppet av Sävarån. Fällan kontrollerades dagligen från den första dagen smolt upptäcktes i fällan. Smolten mättes, vägdes och släpptes sedan ut.

De individer som inkluderats i datasetet är smoltifierade laxar längre än 99 mm.

Statistik och beräkningar

Utifrån längd och vikt kunde Fultons konditionsfaktor hos fisken beräknas. Den definieras som:

$$K = 100000 * m/L^3$$

Där:

K = Konditionsfaktor.

m = Smoltens vikt i gram.

L = Smoltens gaffellängd i mm

100000 är en konstant.

Smoltdatat sorterades årsvis efter fångstdatum. Varje smolts placering inom dygnet är slumpad. Därefter är varje års data uppdelat i två halvår, de smolt som vandrade tidigt och de som vandrade sent. De år antalet fångade smolt varit udda har en slumpvis vald fisk exkluderats (Jutila & Jokikokko 2008). För att undersöka skillnader i vikt, längd och konditionsfaktor mellan smolt som vandrar tidigt respektive sent användes ett 2 sample t-test. För att vidare jämföra de som vandrar tidigt med de som vandrar sent räknades medelvärden ut för längd, vikt och konditionsfaktor för varje år. Dessa medelvärden jämfördes sedan mot varandra med ett parat t-test.

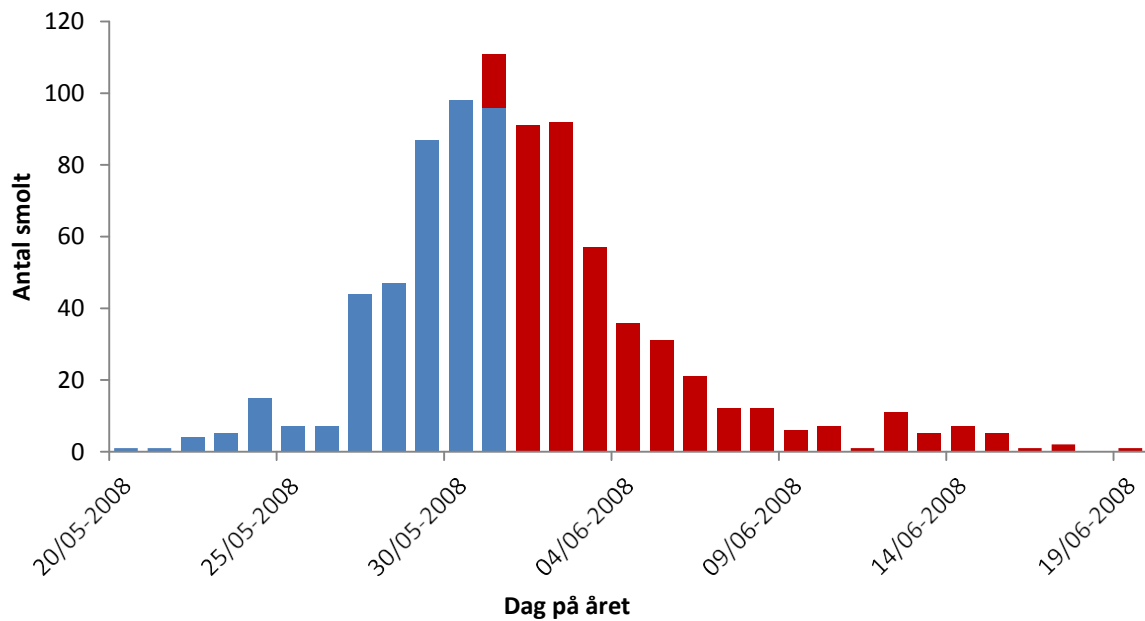
All data har bearbetats i Microsoft Excel 2010. Statistiska tester har utförts i Minitab 16 Statistical Software.

Tabell 1. Antal fångade smolt i Sävarån åren 2008-2013 uppdelade i tidiga respektive sena vandrare och dess längd, vikt, konditionsfaktor, \pm SD samt när på året de fångades. Siffran inom parentes visar när medianfisken fångades

Table 1. Number of smolts caught in river Sävarån between 2008-2013. The data is divided into early and late migrants showing mean values for length, weight, condition factor, \pm SD as well as the date which the smolts where caught. The number in the parenthesis shows the median catch date

År	Antal	Medellängd (mm)		Medelvikt (g)		Konditionsfaktor		Fångstperiod
		Tidigt	Sent	Tidigt	Sent	Tidigt	Sent	
2008	825	137 \pm 11	134 \pm 11	18,8 \pm 4,2	18 \pm 4,7	0,72 \pm 0,05	0,74 \pm 0,06	20/5 - 19/6 (31/5)
2009	300	138 \pm 10	137 \pm 11	19,4 \pm 4,2	19 \pm 4,5	0,74 \pm 0,06	0,74 \pm 0,05	19/5 - 12/6 (26/5)
2010	193	138 \pm 15	135 \pm 17	19,3 \pm 6,3	18,4 \pm 6,1	0,72 \pm 0,050	0,73 \pm 0,07	10/5 - 20/6 (23/5)
2011	284	136 \pm 13	137 \pm 15	20 \pm 9,8	20,5 \pm 6,1	0,78 \pm 0,13	0,79 \pm 0,07	9/5 - 17/6 (29/5)
2012	28	132 \pm 13	129 \pm 16	18,2 \pm 4,7	16,5 \pm 6,4	0,78 \pm 0,06	0,74 \pm 0,7	23/5 - 21/6 (27/5)
2013	271	132 \pm 11	130 \pm 14	18,3 \pm 4,2	17,6 \pm 5,5	0,79 \pm 0,06	0,78 \pm 0,07	14/5 - 14/6 (23/5)
Totalt	1901	135 \pm 3	134 \pm 3	19 \pm 0,68	18,3 \pm 1,4	0,75 \pm 0,03	0,75 \pm 0,02	

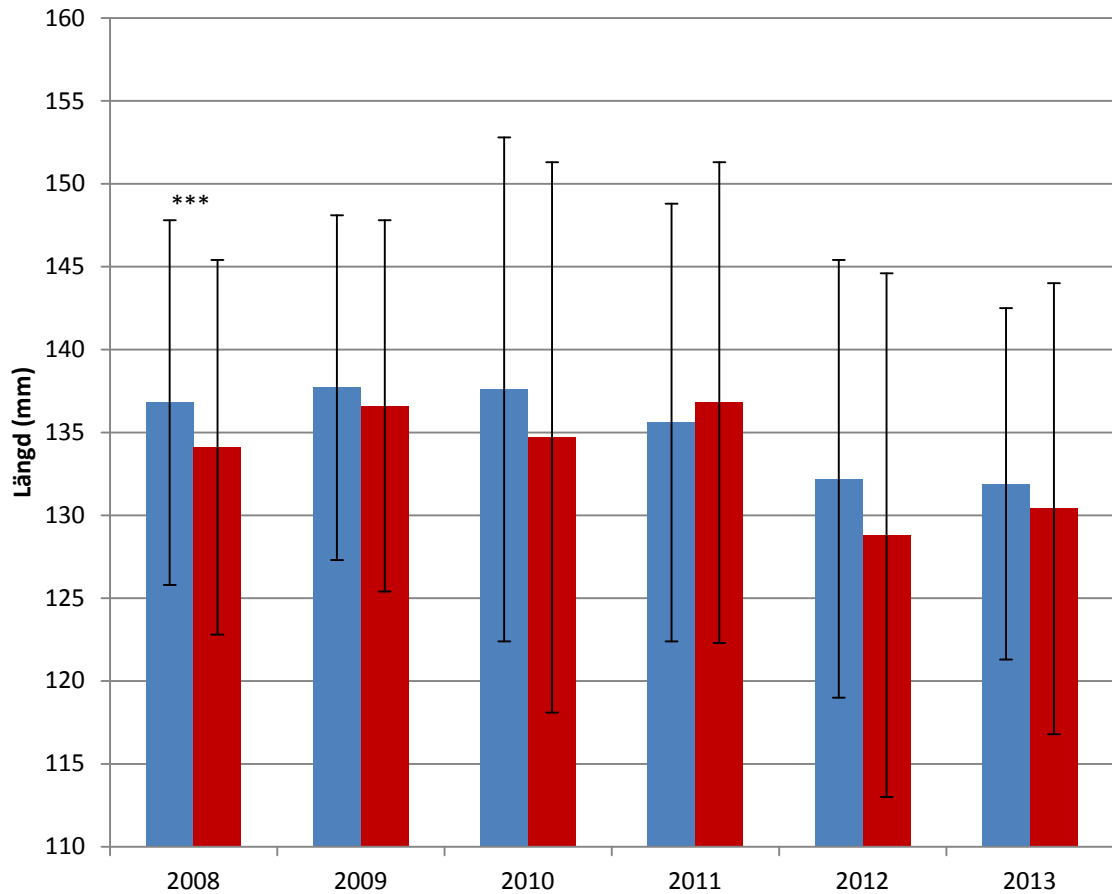
Totalt fångades 1901 smolt under de studerade åren. Medellängden för smolten var 135 mm (SD 12), medelvikten 18,8 g (SD 5,5) och medelkonditionsfaktorn 0,75 (SD 0,07).



Figur 3. 2008 års fördelning över antal fångade smolt per dag under fångstsäsongen. Datat i grafen är uppdelade i de som vandrar tidigt (blå) respektive sent (röd).

Figure 3. Distribution of smolts caught during 2008 divided into early migrants (blue) and late migrants (red).

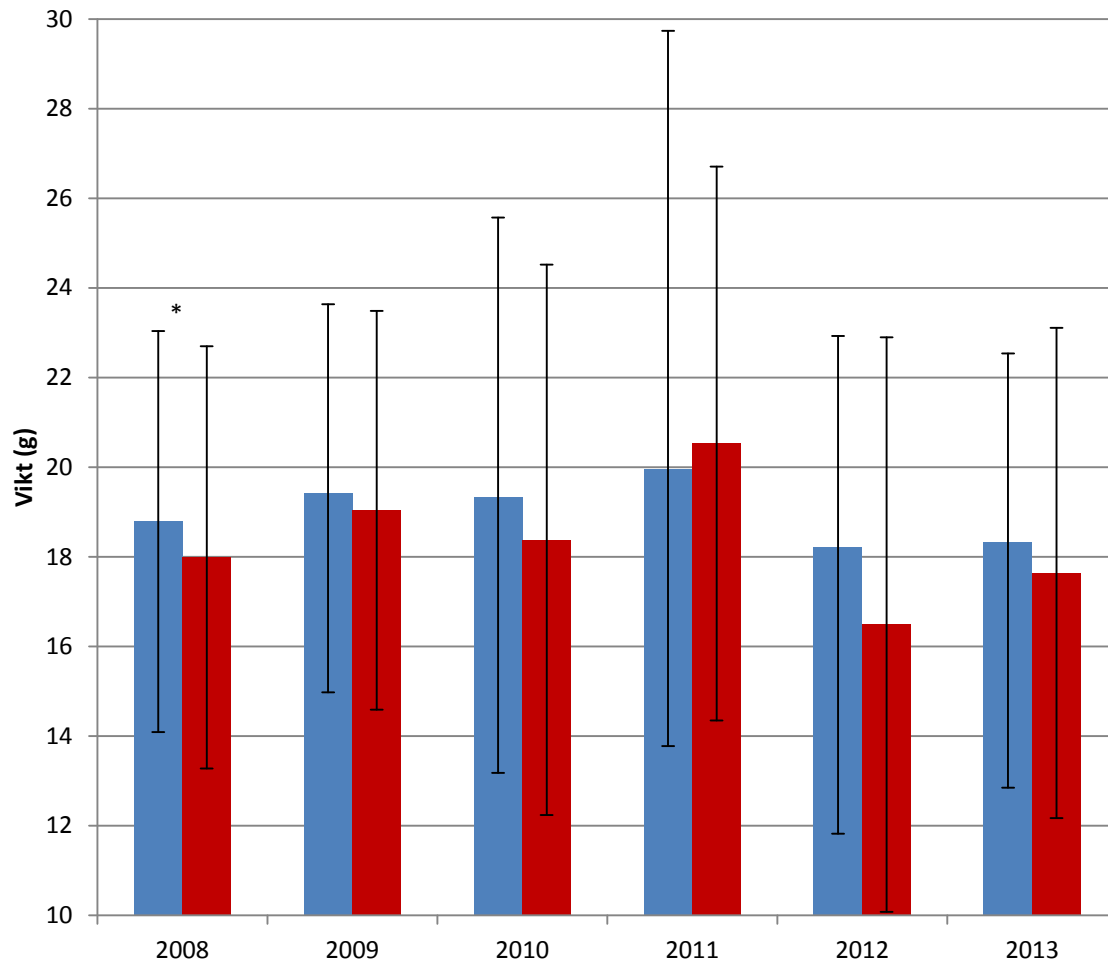
2008 var de smolt som vandrade tidigt på säsongen signifikant längre än smolt som vandrade sent på säsongen. Övriga år fanns inga signifikanta skillnader mellan grupperna (se Figur 4). Jämförelser mellan varje års medelvärde för smoltens längd visade att smolt som vandrar tidigt är signifikant längre än de som vandrar sent ($T=2,53$, $p=0,026$). Tidiga vandrare hade en medellängd på 135 mm (S.D. 3) jämfört med sena vandrare som hade en medellängd på 134 (S.D. 3).



Figur 4. Årsvis jämförelse av smoltens längd mellan tidiga (blå) respektive sena (röd) vandrare i Sävarån åren 2008-2013. *** betyder en signifikant skillnad med $P<0.001$

*Figure 4. Annual comparisons of smolt length for early (blue) and late (red) migrants in river Sävarån 2008-2013. *** denotes statistical difference with a significance level of 0.001*

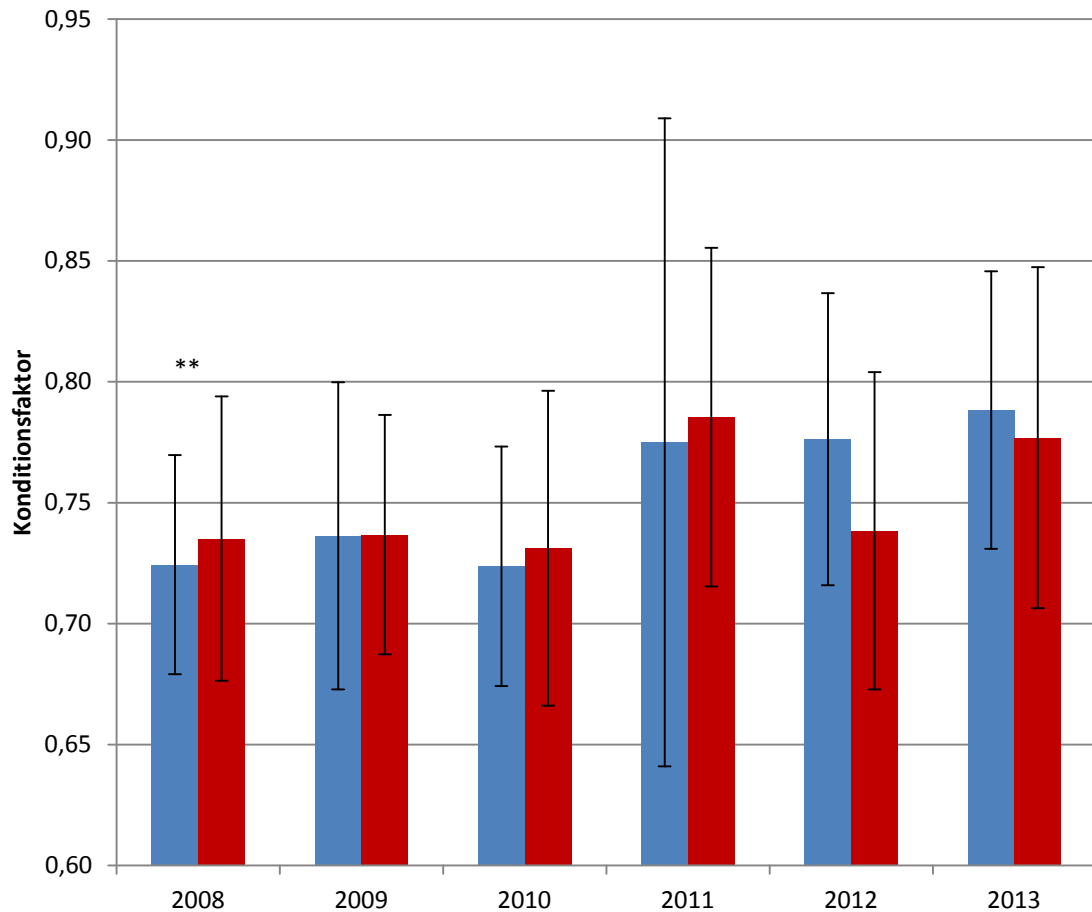
2008 var smolt som vandrade tidigt på säsongen signifikant tyngre än smolt som vandrade sent på säsongen. Övriga år fanns inga signifikanta skillnader mellan grupperna (se Figur 5). Jämförelser mellan varje års medelvikt för tidiga respektive sena vandrare visade att tidiga vandrare var tyngre än de som vandrade sent ($T=2,16$, $p=0,042$). Tidiga vandrare hade en medelvikt på 19,0 (S.D. 0,68). Sena vandrare hade ett medelvärde på 18,3 (S.D. 1,4).



Figur 5. Årvis jämförelse av smoltens vikt mellan tidiga (blå) respektive sena (röd) vandrare i Sävarån åren 2008-2013. * betyder en signifikant skillnad med $P < 0.05$

*Figure 5. Annual comparisons of smolt weight for early (blue) and late (red) migrants in river Sävarån 2008-2013. * denotes statistical difference with a significance level of 0.05*

2008 hade smolt som vandrade sent signifikant högre konditionsfaktor än smolt som vandrade tidigt. Övriga år fanns inga signifikanta skillnader mellan grupperna (se Figur 6). Jämförelser mellan varje års medelkonditionsfaktor visade inte på någon signifikant skillnad mellan grupperna. Smolt som vandrade tidigt hade ett medelvärde på 0,754 (S.D. 0,029) medan smolt som vandrade sent hade ett medelvärde på 0,751 (S.D. 0,024).



Figur 6. Årsvis jämförelse av smoltens konditionsfaktor mellan tidiga (blå) respektive sena (röd) vandrare i Sävarån åren 2008-2013. ** betyder en signifikant skillnad med $P < 0,01$

*Fig 6. Annual comparisons of smolt condition factor for early (blue) and late (red) migrants in river Sävarån 2008-2013. ** denotes statistical difference with a significance level of 0.01*

DISKUSSION

Resultaten visar att smolt som vandrar tidigt är längre än smolt som vandrar senare under våren. Dessa resultat är i linje med Jutila & Jokikokko (2008) och Jonsson m. fl. (1990). Datat från Sävarån visar på signifikant längdskillnad mellan tidiga och sena smolt under ett av sex år, resultaten är således inte fullt lika tydliga som Jutila & Jokikokko (2008) vilka hade signifikanta skillnader i 10 av 14 år. Jonsson m. fl. (1990) studerade smolt i sydvästra Norge, där det råder andra ekologiska förutsättningar än i norra Sverige. Där varade vandrings säsongen över en betydligt längre tid, och det fanns tydliga skillnader i medellängd över säsongen.

Resultaten visar på liknande mönster i viktjämförelserna som i längdjämförelserna. 2008 var tidigt vandrande smolt signifikant tyngre än sent vandrande. I fem av sex år var medelvikten högre hos de tidiga vandrarne än hos de sena, och det var signifikant skillnad mellan grupperna. Resultaten skiljer sig från Jutila & Jokikokko (2008) som inte fann några signifikanta skillnader i vikt mellan grupperna.

Det fanns inte någon signifikant skillnad i konditionsfaktor mellan tidiga och sena vandrare. Däremot fanns det 2008 en signifikant skillnad i linje med vår hypotes: Sena vandrare hade en signifikant högre konditionsfaktor än tidiga vandrare det året. Att vi inte hittade tydliga skillnader i konditionsfaktor mellan tidiga och sena vandrare antyder att det oavsett tidpunkt finns en ”optimal” konditionsfaktor.

Vad som styr tidpunkten för smoltvandringen är troligen en kombination av miljöfaktorer i vattendraget, sociala faktorer och individuella egenskaper. Miljöfaktorerna är främst vattentemperatur och förändringar i flöde. Dessa faktorer är detsamma för alla individer, men varierar år från år. Detta borde kunna förklara variationen i medianfångst dag mellan åren. Sociala faktorer, som närvaro av andra smolt, torde också påverka alla smolt lika, oavsett storlek. Skillnad i vandrings tidpunkt inom varje år borde då bero på skillnader i individuella egenskaper. Våra resultat visar att större smolt tenderar att vandra tidigare än mindre smolt. Eriksson (1988), Jonsson m. fl. (1990) och Jutila och Jokikokko (2008) drar slutsatsen att naturligt urval har anpassat smoltens egenskaper och vandrings tidpunkt för att maximera överlevnad under lokalt rådande förutsättningar. Utifrån den tesen borde alltså större smolt gynnas av att vandra tidigare i Sävarån.

2008 fann vi signifikanta skillnader i både längd, vikt och konditionsfaktor som överensstämde med hypoteserna. De övriga åren visade inte på några signifikanta skillnader. Denna uppenbara skillnad mellan 2008 och övriga år borde till stor del kunna förklaras av skillnader i datamängd mellan åren. Det finns framförallt två skäl till att variationen i antal fångade fiskar mellan år var så pass stor. Det kan bero på tekniska problem med fällan, t.ex. drivved som stört fällans funktion vissa dagar. Eller så beror det på en naturlig variation i smoltproduktion mellan år, något som påvisats tidigare i Sävarån (Molin m. fl. 2010). För att kunna dra tydliga slutsatser hade det varit bra med en längre tidsserie av data, och framförallt fler år som 2008 med ett stort antal fiskar. Jutila och Jokikokko (2008) hade data från 14 år, och också där varierade datamängden mellan åren. Vi ser ett liknande mönster i deras studie: År med lite data visar inga signifikanta skillnader.

Vi valde att utgå från en annan studie med liknande frågeställning, av Jutila och Jokikokko (2008), för att få jämförbara resultat. Nackdelen med att dela in säsongens fiskar i två halvor är att det inte spelar någon roll för resultatet hur många dagar från medianfisken en fisk har

vandrat. En fisk som ligger nära delningsdatumet borde utifrån hypotesen ha mer gemensamt med en fisk nära delningsdatumet i andra gruppen än med en fisk långt från delningsdatumet men inom samma grupp. Fiskarna nära delningsdatumet bidrar alltså till att göra resultatet otydligt. Detta skulle kunna undvikas genom att dela in varje års smolt i mindre grupper.

Det finns studier som visar på samband mellan smoltens ålder och storlek (Okland m. fl. 1993), som i sin tur påverkar vandringsstidpunkten. I älvarna Simojoki i Finland och Imsa i Norge var smolten som vandrade tidigt äldre än de som vandrade sent. (Jonsson m. fl. 1990; Jutila & Jokikokko 2008). I Simojoki fanns starkare korrelation mellan ålder och vandringsstidpunkt än längd och vandringsstidpunkt (Jutila & Jokikokko 2008). Därför hade en ålderskomponent i den här studien varit intressant, och det skulle kunna vara ett uppslag för vidare studier.

Östersjö laxens utsatta situation i kombination med oklarheter inför framtida eventuella klimatförändringar gör att det uppstår följdfrågor av skötselkaraktär. Nästa steg vore att undersöka hur längd, vikt, konditionsfaktor och vandringsstidpunkt påverkar senare överlevnad och reproduktionsframgång. Laxen är en viktig art och att bevara livskraftiga populationer i Östersjöns älvar är av betydelse både för fiskeintresserade människor och Östersjöns ekosystem. Detta kräver skötselprogram baserade på djupgående förståelse för laxens biologi.

Från den här studien drar vi slutsatsen att längre och tyngre smolt vandrar tidigare, men att det är relativt små skillnader mellan de två grupperna. Alla smolt har dock ungefär samma konditionsfaktor oavsett när de vandrar.

REFERENSER

- Alanärä, A. (1994). *Laxfiskarnas Biologi*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet
- Allan, I. R. H. & Ritter, J. A. (1977). Salmonid Terminology. *Journal Du Conseil*, Vol. 37, ss. 293-299.
- Alm, G. (1934). Salmon in the Baltic Precincts. *Rapp. p.-v. Réun. Cons. int.Explor.Mer.*, Vol. 91, ss. 17-18.
- Angilletta, M. J., Niewiarowski, P. H. & Navas, C. A. (2002). The Evolution of Thermal Physiology in Ectotherms. *Journal of Thermal Biology*, Vol. 27, ss. 249-268.
- Berg, O. K. (1985). The Formation of Non-Anadromous Populations of Atlantic Salmon, *Salmo-Salar L.*, in Europe. *Journal of fish biology*, Vol. 27, ss. 805-815.
- Duston, J. & Saunders, R. L. (1995). Advancing Smolting to Autumn in Age 0+ Atlantic Salmon by Photoperiod, and Long-Term Performance in Sea Water. *Aquaculture*, Vol. 135, ss. 295-309.
- Eriksson, L. O. & Lundqvist, H. (1982). Circannual Rhythms and Photoperiod Regulation of Growth and Smolting in Baltic Salmon (*Salmo-Salar L.*). *Aquaculture*, Vol. 28, ss. 113-121.
- Eriksson, T. (1988). *Migratory Behavior of Baltic Salmon (Salmo Salar L.); Adaptive Significance of Annual Cycles*. Umeå Universitet
- Hertz, P. E., Huey, R. B. & Nevo, E. (1982). Fight Versus Flight - Body-Temperature Influences Defencive Responses of Lizards. *Animal Behaviour*, Vol. 30, ss. 676-&.
- Huey, R. B. & Stevenson, R. D. (1979). Integrating Thermal Physiology and Ecology of Ectotherms – Discussion of Approaches. *American Zoologist*, Vol. 19, ss. 357-366.
- Hvidsten, N. A., Heggberget, T. G. & Jensen, A. J. (1998). Sea Water Temperatures at Atlantic Salmon Smolt Entrance Entrance. *Nordic Journal of Freshwater Research*, Vol. 74, ss. 79-86.
- Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivas, H., Bakke, O. & Heggberget, T. G. (1995). Downstream Migration of Atlantic Salmon Smolts in Relation to Water Flow, Water Temperature, Moon Phase and Social Interaction. *Nordic Journal of Freshwater Research*, Vol. 70, ss. 38-48.

ICES (2013). *Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (Wgbast), 3-12 April 2013, Tallinn, Estonia*. ICES CM 2013/ACOM:08.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: : Cambridge University Press

Jensen, A. J., Johnsen, B. O. & Saksgard, L. (1989). Temperature Requirements in Atlantic Salmon (*Salmo-Salar*), Brown Trout (*Salmo-Trutta*) and Arctic Char (*Salvelinus-Alpinus*) from Hatching to Initial Feeding Compared with Geographic Distribution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 46, ss. 786-789.

Jonsson, B. (2009). A Review of the Likely Effects of Climate Change on Anadromous Atlantic Salmon *Salmo Salar* and Brown Trout *Salmo Trutta*, with Particular Reference to Water Temperature and Flow. *Journal of fish biology*, Vol. 75, ss. 2381-2447.

Jonsson, B. & Jonsson, N. (1993). Partial Migration – Niche Shift Versus Sexual Maturation in Fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, Vol. 3, ss. 348-365.

Jonsson, B. & Ruudhansen, J. (1985). Water Temperature as the Primary Influence on Timing of Seaward Migrations of Atlantic Salmon (*Salmo-Salar*) Smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 42, ss. 593-595.

Jonsson, N., Hansen, L. P. & Jonsson, B. (1991). Variation in Age, Size and Repeat Spawning of Adult Atlantic Salmon in Relation to River Discharge. *Journal of Animal Ecology*, Vol. 60, ss. 937-947.

Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. (1990). Partial Segregation in the Timing of Migration of Atlantic Salmon of Different Ages. *Animal Behaviour*, Vol. 40, ss. 313-321.

Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. (1998). Long-Term Study of the Ecology of Wild Atlantic Salmon Smolts in a Small Norwegian River. *Journal of fish biology*, Vol. 52, ss. 638-650.

Juttila, E. & Jokikokko, E. (2008). Seasonal Differences in Smolt Traits and Post-Smolt Survival of Wild Atlantic Salmon, *Salmo Salar*, Migrating from a Northern Boreal River. *Fisheries Management and Ecology*, Vol. 15, ss. 1-9.

Juttila, E., Jokikokko, E. & Julkunen, M. (2005). The Smolt Run and Postsmolt Survival of Atlantic Salmon, *Salmo Salar* L., in Relation to Early Summer Water Temperatures in the Northern Baltic Sea. *Ecology of Freshwater Fish*, Vol. 14, ss. 69-78.

Kallio-Nyberg, I., Jutila, E., Saloniemi, I. & Jokikokko, E. (2004). Association between Environmental Factors, Smolt Size and the Survival of Wild and Reared Atlantic Salmon from the Simojoki River in the Baltic Sea. *Journal of fish biology*, Vol. 65, ss. 122-134.

Karlsson, L. & Karlström, Ö. (1994). The Baltic Salmon (*Salmo Salar* L.): Its History, Present Situation and Future. *Dana*, Vol. 10, ss. 61-85.

Karlström, Ö. & Byström, P. (1994). *Estimates of the Smolt Run in River Torne Älv 1987-1993*. ICES CM 1994/M:19.

Lindroth, A. (1977). *The Smolt Migration in the River Mörrumsån (Sweden) 1963-1966*. ICES CM 1977/M:8.

Lundqvist, H., Leonardsson, K., Carlsson, U., Larsson, S., Nilsson, J., Ostergren, J., Karlsson, L., Rivinoja, P., Serrano, I., Palm, D. & Ferguson, J. (2010). Monitoring Juvenile Atlantic Salmon and Sea Trout in the River Savaran, Northern Sweden. I: Hurford, C., Cowx, I. och Schneider, M. (red.). *Conservation Monitoring in Freshwater Habitats: A Practical Guide and Case Studies*. Holland: Springer, ss. 207-218

Lundqvist, J. (1965). The Quaternary of Sweden. I: Rankama, K. (red.). *The Quaternary*. ss. 139-198

Maccrimmon, H. R. & Gots, B. L. (1979). World Distribution of Atlantic Salmon, *Salmo Salar*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, Vol. 36, ss. 422-457.

McCormick, S. D., Hansen, L. P., Quinn, T. P. & Saunders, R. L. (1998). Movement, Migration, and Smolting of Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 55, ss. 77-92.

McCormick, S. D., Shrimpton, J. M., Moriyama, S. & Bjornsson, B. T. (2002). Effects of an Advanced Temperature Cycle on Smolt Development and Endocrinology Indicate That Temperature Is Not a Zeitgeber for Smolting in Atlantic Salmon. *Journal of Experimental Biology*, Vol. 205, ss. 3553-3560.

McKinnell, S. M. (1998). *Atlantic Salmon (*Salmo Salar* L.) Life History Variation: Implications for the Baltic Sea Fishery*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet

Molin, J., Kagervall, A. & Rivinoja, P. K. (2010). Linking Habitat Characteristics with Juvenile Density to Quantify *Salmo Salar* and *Salmo Trutta* Smolt Production in the River Savaran, Sweden. *Fisheries Management and Ecology*, Vol. 17, ss. 446-453.

Okland, F., Jonsson, B., Jensen, A. J. & Hansen, L. P. (1993). Is There a Threshold Size Regulating Seaward Migration of Brown Trout and Atlantic Salmon. *Journal of fish biology*, Vol. 42, ss. 541-550.

Power, G. (1969). *The Salmon of Ungava Bay*. Arctic Institute of North America Technical Paper no. 22.

Riddell, B. E. & Leggett, W. C. (1981). Evidence of an Adaptive Basis for Geographic-Variation in Body Morphology and Time of Downstream Migration of Juvenile Atlantic Salmon (*Salmo-Salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 38, ss. 308-320.

Russell, I. C., Aprahamian, M. W., Barry, J., Davidson, I. C., Fiske, P., Ibbotson, A. T., Kennedy, R. J., Maclean, J. C., Moore, A., Otero, J., Potter, T. & Todd, C. D. (2012). The Influence of the Freshwater Environment and the Biological Characteristics of Atlantic Salmon Smolts on Their Subsequent Marine Survival. *Ices Journal of Marine Science*, Vol. 69, ss. 1563-1573.

Saunders, R. L. & Schom, C. B. (1985). Importance of the Variation in Life-History Parameters of Atlantic Salmon (*Salmo-Salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 42, ss. 615-618.

Stearns, S. C. (1976). Life-History Tactics - Review of Ideas. *Quarterly Review of Biology*, Vol. 51, ss. 3-47.

Sutterlin, A. M. & Maclean, D. (1984). Age at 1st Maturity and the Early Expression of Oocyte Recruitment Processes in 2 Forms of Atlantic Salmon (*Salmo-Salar*) and Their Hybrids. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 41, ss. 1139-1149.

Thedinga, J. F., Murphy, M. L., Johnson, S. W., Lorenz, J. M. & Koski, K. V. (1994). Determination of Salmonid Smolt Yield with Rotary-Screw Traps in the Situk River, Alaska, to Predict Effects of Glacial Flooding. *North American Journal of Fisheries Management*, Vol. 14.

Thorpe, J. E. (1994). Reproductive Strategies in Atlantic Salmon, *Salmo Salar* L. *Aquaculture and Fisheries Management*, Vol. 25, ss. 77-87.

Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H. & Finstad, B. (2012). A Critical Life Stage of the Atlantic Salmon *Salmo Salar*: Behaviour and Survival During the Smolt and Initial Post-Smolt Migration. *Journal of fish biology*, Vol. 81, ss. 500-542.

Wedemeyer, G. A., Saunders, R. L. & Clarke, W. C. (1980). Environmental-Factors Affecting Smoltification and Early Marine Survival of Anadromous Salmonids. *Marine Fisheries Review*, Vol. 42, ss. 1-14.

Zydlewski, G. B., Haro, A. & McCormick, S. D. (2005). Evidence for Cumulative Temperature as an Initiating and Terminating Factor in Downstream Migratory Behavior of Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) Smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 62, ss. 68-78.

Österdahl, L. (1969). The Smolt Run of a Small Swedish River. I: Northcote, T. G. (red.). *Salmon and Trout in Streams*. Vancouver: University of British Columbia, ss. 205-215