



**Linnéuniversitetet**

Kalmar Växjö

Examensarbete 15hp

# Habitatutnyttjande och överlevnad hos odlad och vild öring i Siljan

*En undersökning baserad på akustisk telemetri*



*Författare:* Frida Kaiskog

*Handledare:* Daniel Palm & Per Larsson

*Examinator:* Jonas Waldenström

*Termin:* VT20

*Ämne:* Biologi

*Nivå:* Magisternivå

*Kurskod:* 4BI01E



## Abstract

The brown trout (*Salmo trutta*) in Lake Siljan in the central of Sweden is one of the country's few remaining populations of trout that migrates between large lakes and rivers. Because of antropogenic impact the number of mature individuals is small and the population is therefore supported by stocking of hatchery fish since several decades. Data have been collected using acoustic telemetry during 2018-2019 with the aim to study the population with the final goal to increase numbers of wild individuals. The results showed that most parts of Lake Siljan is utilized by both wild and hatchery trout. There is therefor no good measure to avoid wild bycatch by directing fishery of hatchery fish to specific geographic areas. Measures like catch and release and low bag limits of wild fish will probably be more sufficient. The result also shows that the wild fish was most likely to home to the main source, River Österdalälven, and the tributary Hemulån for spawning. Protection of these areas is therefor highly motivated. The lake survival of the newly released 2-year-old hatchery smolt and the 4-years-old hatchery adults was low, 3 and 25 percent, respectively. The survival of wild and semidomestic adults was higher, 86 and 77 percent, respectively. This is another reason for increasing the number of reproducing wild individuals. Repeating of this study is important to get information of any possible variance between years in the utilization of the different areas in the Lake Siljan, the knowledge of spawning habitats and survival. This study has added some new and additional knowledge of a less studied field of the diverse life histories of the brown trout.



## Sammanfattning

Öringen (*Salmo trutta*) i sjön Siljan i mellersta Sverige är en av landets få kvarvarande bestånd av öring som vandrar mellan yttora sjöar och rinnande vatten. Den självreproducerande delen av populationen är liten på grund av antropogen påverkan och har under flera decennier understötts med utsättning av odlade individer. Med akustisk telemetri har data samlats in under 2018-2019 i syftet att bygga kunskap som ska öka möjligheterna för att öka antalet av naturligt reproducerande individer. Resultaten visade att merparten av Siljans olika delområden nyttjades av både vilda och odlade individer utan någon uppdelning av dessa två delpopulationer.

Förutsättningar för ett riktat fiske efter odlade individer i vissa geografiska delområden av Siljan föreligger därför inte. Fisket måste därav regleras gemensamt och likartat på över hela sjön. Resultaten visade också att vilda individer i huvudsak använder Österdalälven och biflödet Hemulån för reproduktion vilket motiverar ett ökat skydd för dessa områden.

Överlevnaden av nyligen utsatta odlade 2-åriga smolt och 4-åriga adulter var låg, 3 respektive 25 %, vilket ger ytterligare skäl för arbetet med öka den självreproducerande andelen av populationen. Hos de frilevande adulta vilda och odlade individerna sågs en högre överlevnad, 86 respektive 77 %.

Upprepning av denna studie krävs för att detektera eventuell mellanårsvariation i nyttjandet av delområden, reproduktionslokaler samt överlevnad. Detta arbete har tillfört ny och kompletterande kunskap till en ringa studerad del av öringens många och diversa livshistorier.

## Nyckelord

*Salmo trutta*, öring, sjö, rörelsemönster, överlevnad, vild, odlad, migration.

## Tack

Jag vill rikta ett stort tack till Daniel Palm, PhD, forskare vid SLU i Umeå, Inst. Vilt, Fisk och Miljö, för ett gott och lärorikt samarbete med intressanta diskussioner och svar på alla mina frågor. Tack till Per Larsson, professor och forskare vid Linnéuniversitetet i Kalmar, Inst. Biologi och Miljö, för snabba återkopplingar med kommentarer på mitt arbete. Sist men inte minst tackar jag mina kurskamrater Rebecca, Jessica och Jonna för support under hela arbetet.



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Material och metod</b>	<b>4</b>
2.1	<i>Studieområde</i>	4
2.2	<i>Grupper av öring och fångstmetodik</i>	5
2.3	<i>Märkning</i>	6
2.4	<i>Närvaro av individer i delområden</i>	7
2.5	<i>Aktivitet, årstider och vattentemperatur</i>	7
2.6	<i>Överlevnad</i>	8
<b>3</b>	<b>Resultat</b>	<b>9</b>
3.1	<i>Nyttjade områden i Siljan för vilda och frilevande odlade öringar</i>	9
3.1.1	<i>Aktivitetsperioden</i>	9
3.1.2	<i>Passivitetsperioden</i>	10
3.1.3	<i>Frilevande individer med vilt ursprung under aktivitets-och passivitetsperiod</i>	11
3.1.4	<i>Frilevande individer med odlad ursprung under aktivitets-och passivitetsperiod</i>	12
3.2	<i>Reproduktionslokaler</i>	13
3.3	<i>Överlevnad av öring</i>	13
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>15</b>
4.1	<i>Vilka områden i Siljan nyttjas av vild respektive frilevande odlad öring och hur skiljer sig detta mellan årstider?</i>	15
4.2	<i>Finns det några områden där vild respektive odlad adult öring temporärt aggregerar sig?</i>	16
4.3	<i>Vilka biflöden till Siljan och Österdalälven används för reproduktion av vild respektive odlad adult öring?</i>	17
4.4	<i>Hur stor är överlevnaden av vild respektive odlad öring?</i>	18
<b>5</b>	<b>Framtida förvaltning av öring i Siljan</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Felkällor, vidare studier och utmaningar</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Etiska överväganden</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Referenser</b>	<b>21</b>



## 1 Inledning

Många populationer av fisk är hotade på grund av antropogen påverkan (Lundvall 2016; Schwinn *et al.* 2017). Salmonider är en särskilt utsatt grupp då de ofta hindras att migrera till och från sina reproduktionsplatser i rinnande vatten till följd av habitatfragmentering av vattenkraftverk. En ytterligare anledning till att bestånd minskar är att ytan lämpliga habitat också har reducerats. Förlust av habitat och fragmentering i kombination med överexploatering kan orsaka att enskilda populationer försvinner (Brink *et al.* 2018). Öring (*Salmo trutta*) är en av de salmonider som drabbats hårt och många populationer inom artens utbredningsområde har minskat. Restaurering av konnektivitet och återställning av habitat är viktiga åtgärder för att stärka befintliga öringbestånd, samt för att återskapa naturligt reproducerande och livskraftiga populationer (Lundvall 2016; Schwinn *et al.* 2017; Brink *et al.* 2018). Vanliga sätt att kompensera för den minskande populationen är utsättning av odlad fisk och befruktad rom (Piccolo *et al.* 2012; Schwinn *et al.* 2017; McLean *et al.* 2005). En låg överlevnad av rom p.g.a. temperaturskillnader i vattnet mellan odling och vattendrag är inte ovanligt, samt svårigheter att finna lämpliga utsättningsplatser. Smittspridning och genetisk påverkan på vilda bestånd är oönskade effekter av dessa åtgärder (Lundvall 2016) och beteendeskilnader mellan fisk av olika ursprung har observerats i flertalet studier på salmonider (Piccolo *et al.* 2012; Schwinn *et al.* 2017; Hagelin *et al.* 2016; Jonsson *et al.* 1991). Utöver ovan beskrivna åtgärder är reglering av fisket inom känsliga områden och perioder betydelsefullt. I detta avseende utgör populationer av öring med livshistoriestrategin att vandra mellan stora sjöar och rinnande vatten inget undantag. Många populationer av sjövandrande öring i Europa uppvisar svag utveckling (Sverige: Piccolo *et al.* 2012; Finland: Syrjänen & Valkeajärvi 2010; Central-Europa: Ruhlé 1990).

Sjön Siljan ligger i Dalarna och är Sveriges sjunde största sjö till ytan med en area på dryga 292 km<sup>2</sup> (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut [SMHI] 2019). Sjön har ett medeldjup på 27,8 m och ett största djup på 134 m. Siljan är den största av flertalet stora sjöar som tillhör Siljansringen, en kraterring som bildades genom ett meteoritnedslag för ca 360 miljoner år sedan. Orsasjön, Skattungen och Oresjön är andra tillhörande sjöar. I Siljan finns en värdefull population av öring (Lundvall 2016). Av den naturligt reproducerande delen av populationen finns uppskattningsvis endast en låg numerär kvar (Daniel Palm, personlig kommunikation<sup>1</sup>.) Migrationshinder finns både uppströms och nedströms Siljan i form av kraftverk och dammar (Länsstyrelsen i Dalarna, 2015). Siljans största tillflöden är Österdalälven och Oreälven (Nationalencyklopedin [NE];a,b, u.å). Österdalälven rinner

---

<sup>1</sup> Daniel Palm, PhD, Inst. Vilt, fisk och miljö, SLU Umeå, samtal 2019.



från norska gränsen, genom den 70 km långa uppdämda Trängsletsjön och vidare till Siljan. I älven finns endast en kvarvarande strömsträcka på ca 6,7 km som kan nyttjas för reproduktion nedström det nedersta kraftverket vilket saknar konstruktioner för fiskpassage (Daniel Palm, personlig kommunikation<sup>2</sup>). Här mynnar även Rotälven med två kraftverk i de nedre delarna, som med höga naturvärden och skyddade områden är ett riksintresse för naturvärden bl.a för sin ursprungliga öringpopulation och stora områden öringhabitat (Länsstyrelsen i Dalarna 2015). Söder om Siljan förenas Österdalälven med Västerdalälven och bildar Dalälven som har sitt utlopp i Bottenhavet vid Älvkarleby i Uppland (NE;a,b, u.å). Siljan regleras sedan 1920, idag från Gråda kraftverk 20 km söder om sjön och tappningen regleras från den stora Trängslettdammen i Österdalälven uppströms Siljan (SMHI 2019). Utplantering av odlad öring har pågått i flera decennier som kompensation för utbyggnaden av Österdalälven (Daniel Palm, personlig kommunikation<sup>3</sup>). Efter omförhandlingar av gällande vattendomar perioden 2015-2017 har berörda parter beslutat att successivt avveckla kompensationsutsättningarna och i stället arbeta för att stärka den naturligt reproducerande delen av beståndet. För att lyckas i detta arbete har Länsstyrelsen i Dalarna identifierat kunskapsluckor som behöver fyllas. Dessa kunskapsluckor gäller om det finns områden eller perioder då öringar är aggregerade vilket skulle medföra en ökad sårbarhet vid fiske och där med behov av utökad fiskereglering. Kunskap saknas också om vilka vattendrag som öringarna nyttjar för reproduktion samt skillnader mellan fiskar av naturligt respektive odlad ursprung. Då fisket på Siljan har varit riktat mot odlad fisk under de senaste decennierna vill man också ha kunskap i vilken utsträckning utsättning av odlad fisk överlever efter utsättning och därmed ger fångstmöjligheter och hur dessa kommer att påverkas när utsättningarna avvecklas.

Mängden av publicerade vetenskapliga studier om öring är imponerande. Vid en sökning 2020-02-23 i databasen *Web of Science* efter alla studier de senaste hundra åren som innehöll "brown trout" eller "salmo trutta" i titeln ("brown trout" or "salmo trutta") erhöles över 4500 träffar. Antalet studier där öringens rörelser och öden i rinnande vatten studerats specifikt är väldigt omfattande. När det gäller studier där öringens rörelser, beteenden och öden i sjömiljöer inom artens naturliga utbredningsområde studerats med högupplösta metoder under längre perioder är antalet däremot mycket begränsat. Vid en sökning i samma databas med nyckelorden "lake or reservoir" och "movement or migration" (("brown trout" or "salmo trutta") and ("lake" or "reservoir") and ("movement" or "migration")) återfanns sju studier. Fem av dessa fokuserade på smolt i små, < 1,5 km<sup>2</sup>, konstgjorda sjöar under deras vandring till havet (Jepsen *et al.* 1998; Schwinn *et al.* 2016;

---

<sup>2</sup> Daniel Palm, PhD, Inst. Vilt,fisk och miljö, SLU Umeå, samtal 2019.

<sup>3</sup> Daniel Palm, PhD, Inst. Vilt,fisk och miljö, SLU Umeå, samtal 2019.



Schwinn *et al.* 2017; Schwinn *et al.* 2018; Schwinn *et al.* 2019). De två övriga fokuserade på adulta fiskar i en liten ( $< 1,5 \text{ km}^2$ ) (Tytler & Holliday 1984) samt en stor ( $476 \text{ km}^2$ ) sjö (Schulz & Berg 1992), dock endast under kortare perioder ( $< 14$  dygn). I övrigt återfanns två studier på odlad öring från Lake Ontario, en stor sjö utanför öringens naturliga utbredningsområde (Haynes & Nettles 1984; Nettles *et al.* 1987). Med detta som bakgrund är det förståeligt att kunskapsläget i ämnet bland forskare och förvaltande myndigheter och organisationer är mycket begränsat.

Syftet med denna studie är att besvara följande frågor:

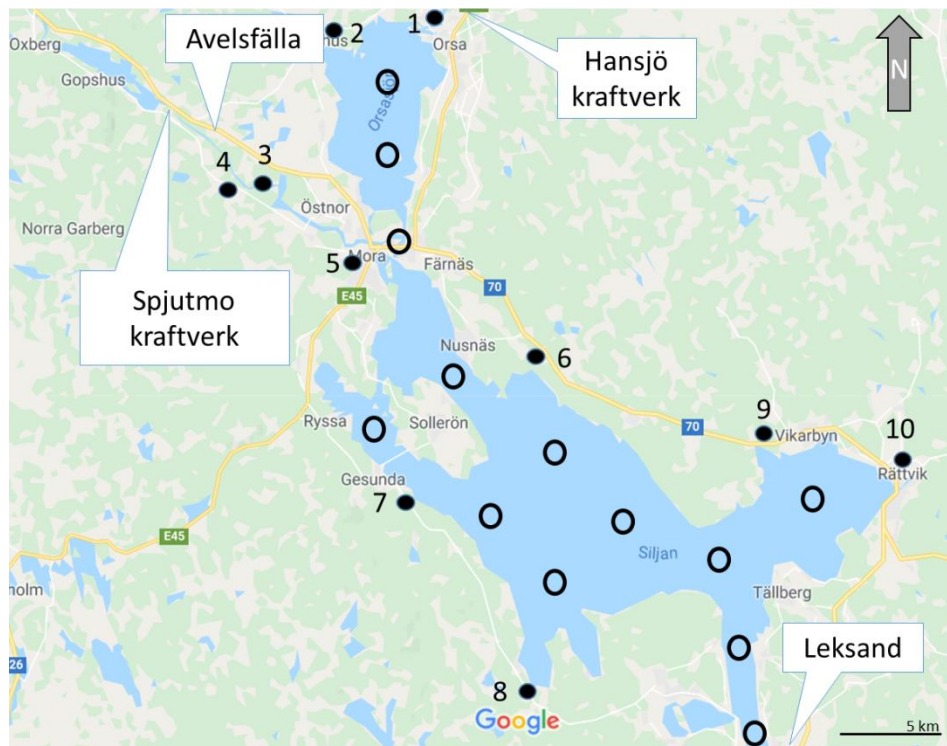
1. Vilka områden i Siljan nyttjas av vild respektive odlad adult öring och hur skiljer sig detta mellan årstider?
2. Finns det några områden där vild respektive odlad adult öring aggregerar?
3. Vilka biflöden till Siljan och Österdalälven används för reproduktion av vild respektive odlad adult öring?
4. Hur stor är överlevnaden av vild respektive odlad öring i Siljan?

Syftet är också att utöka kunskapen om öringens livshistoria i sjömiljö då denna kunskapsbank är mycket begränsad.

## 2 Material och metod

### 2.1 Studieområde

Studien genomfördes juni 2018 till maj 2019 inom Siljans avrinningsområde. Området begränsades till mellan Leksand, Spjutmo kraftverk i Österdalälven och Hansjö kraftverk i Oreälven (Figur 1). I området inkluderades 10 st. biflöden som bedömdes kunna vara reproduktionslokaler för öring. Data har samlats in med akustisk telemetri vilket innebär att fiskar har märkts med sändare vars signaler registreras hos utplacerade mottagare då fisken simmar inom detektionsområdet. Inom studieområdet har 23 platser (Figur 1) utrustats med mottagare (VR2W och VR2W-AR, 69kHz, Vemco, Halifax, Kanada) på botten av sjöarna och vattendragen. Detektionsavståndet varierar med djup, turbulens samt förekomst av blockerande strukturer och är störst i djupt och stilla vatten och minst i grunda och forsande vattendrag. För att kunna behandla insamlad information har studieområdet delats in i 9 olika delområden (Figur 2). Inom ett och samma delområde finns en till flera mottagare som tillsammans samlar in information om olika fiskars närvaro inom delområdet. Delområdena är avgränsade utifrån storlek på den öppna vattenytan och likartade djupförhållanden. Delområdena är också avgränsade utifrån naturliga avgränsningar så som sund, uddar och öar.



**Figur 1.** Positioner på enskilda mottagare eller grupper av mottagare (svarta ihåliga cirklar) i Siljan, Orsasjön och Österdalälven. Mottagare i vattendrag är markerade med svarta fyllda cirklar. Numren anger vattendrag där lekvandring studerats (Tabell 3). Karta: Google maps.





**Figur 2.** Delområden 1-9 i Siljan och Orsasjön inom vilka märkta öringars närvaro registrerats. Inom varje område finns en eller flera mottagare (Figur 1). Observera att varje delområde inte utmärker den reella ytan som innefattas av detektionsområden för mottagare, utan endast för att utgöra en visuell markering av hur Siljan delats upp i delområden. Karta: Google maps.

## 2.2 Grupper av öring och fångstmetodik

I studien ingår totalt 141 märkta öringar. Öringarna är uppdelade i 10 olika grupper. I tabell 1 redovisas de olika grupperna och hur många individer som ingår i respektive grupp. Grupper som har som fångst och märkningsplats ”fiskodling” har fångats med håv ur odlingskassar eller odlingsstråg och märkts på plats i fiskodlingen i Särna. Efter att ha återhämtat sig i 3-4 dagar i odlingen har de sedan fraktats med lastbil till frisläppningsplatsen där de direkt släpptes fria. Grupper som har som fångst och märkningsplats i olika delar av sjön Siljan har fångats genom traditionellt trollingsfiske från båtar med beten släpandes efter på olika djup. Efter fångst har dessa individer märkts och frisläpps på samma plats de blev fångade på. Grupper som har som fångst- och märkningsplats ”Österdalälven” har fångats i en fast fälla för fångst av avelsfisk ca 17 km uppströms utloppet i Siljan (Figur 1). Fiskar som märkts och frisläppts där kan ha blivit fångade upp till två månader innan märkning och frisläppning i mitten av augusti. Öring fångas här kontinuerligt under hela den naturliga uppvandringssäsongen, maj-oktober, och hålls sumpade i en bassäng fram till att de kramas på rom och mjölke och sedan frisläpps i slutet på oktober.



I studien benämns fiskarna på fyra olika sätt: 1) *Odlad öringsmolt*; detta är individer som hållits i odling i två år och sedan släppts i Österdalälven. Syftet med dessa fiskar är att de ska möjliggöra ett fiske i Siljan samt en avelsbas efter att de levt ett antal år i Siljan. Dessa individer saknar fettfena. 2) *Fångstfärdig odlad öring*; detta är individer som hållits i odling i fyra år och sedan släppts i Siljan för att möjliggöra ett omedelbart så kallat *put and take*-fiske. Dessa individer saknar fettfena. 3) *Frilevande odlade öringar*; detta är individer som levt ett antal år i Siljan och som härstammar från utsättning av smolt. Dessa individer saknar fettfena. 4) *Vilda öringar*; detta är individer som är naturligt producerade eller som härstammar från utsättningar av simfärdiga yngel. Dessa individer har fettfena.

**Tabell 1.** Grupper av märkt öring (1-10).

Grupp nr.	Utvecklingsstadium (ålder)	Ursprung	Fångst och märkplats (Figur 2)	Frisläppningsplats (Figur 2)	Frisläppningsdatum	Medianlängd (cm)	Antal
1	Smolt (2)	Odlad	Fiskodling	Österdalälven	2018-05-25	24	59
2	Adult (4)	Odlad	Fiskodling	6	2018-10-28	41	20
3	Adult (okänd)	Odlad	5	5	2018-06-09	52	17
4	Adult (okänd)	Odlad	6	6	2018-06-09	53	3
5	Adult (okänd)	Odlad	5	5	2018-10-06	51	2
6	Adult (okänd)	Vild	5	5	2018-06-09	50	6
7	Adult (okänd)	Vild	6	6	2018-06-09	57	5
8	Adult (okänd)	Vild	5	5	2018-10-06	50	9
9	Adult (okänd)	Odlad	Österdalälven	Österdalälven	2018-08-16	65	10
10	Adult (okänd)	Vild	Österdalälven	Österdalälven	2018-08-16	64	10

### 2.3 Märkning

Märkning skedde både på båt och på land. Under ingreppet var fisken sövd med MS222. Fiskens buksida öppnades med skalpell och akustiska sändare av modell V13 för fisk <2,5 kg, modell V16 för fisk >2,5 kg samt V7 för smolt (69kHz, Vemco, Halifax, Kanada) fördes in i buken. Snittet syddes ihop med 1-3 stygn med permanent sutur (Perma-Hand silk; Ethicon Inc., Cornelia, GA, U.S.A) (Figur 3) varefter fisken placerades i en behållare för återhämtning. Efter att fisken återhämtat sig och uppvisade normalt beteende släpptes den tillbaka i Siljan, Österdalälven eller i odlingstråget vid märkning på odling. Individer som märktes på odling fick återhämta sig 3-4 dagar i ett odlingstråg innan frisläppning. Sändarna var programmerade att skicka en signal var 90:e sekund med en styrka av 152 dB. Fiskmärkningen utfördes med tillstånd av Jordbruksverket (Dnr A20-2018).



**Figur 3.** Bild på snittets samt suturens placering på en trollingfångad öring som märkts i båt i område 5 (Figur 2) i juni 2018. Foto: Daniel Palm.

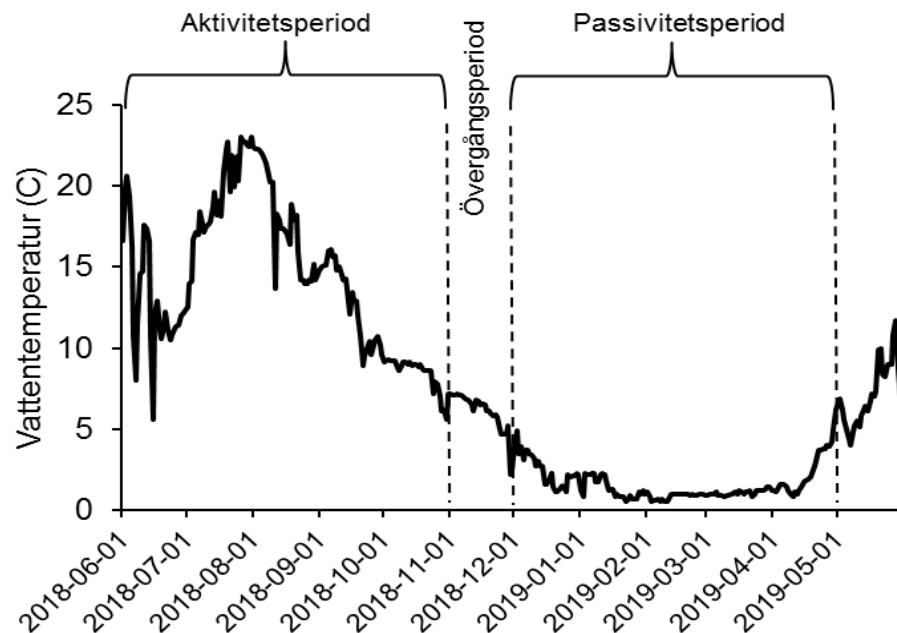
#### 2.4 Närvaro av individer i delområden

Antalet dygn som varje enskild individ detekterades på mottagare inom enskilda delområden (Figur 2) summerades. Summan dividerades sedan med det totala antalet registrerade dygn per individ inom hela studieområdet, exklusive vattendragen. Resultatet av divisionen beskriver andelen av den studerade tidsperioden som enskilda individer uppehöll sig i enskilda delområden. Medianen $\pm$ kvartiler för andelen av den studerade tidsperioden som olika grupper av öringar, vilda och odlade, spenderade inom olika delområden jämfördes sedan. För att kompensera för att delområden med många mottagare hade högre sannolikhet att detektera individer än delområden med få mottagare dividerades antalet registrerade dygn per delområde med antalet mottagare inom respektive delområde.

#### 2.5 Aktivitet, årstider och vattentemperatur

I tidigare studier av salmonider baserad på högupplöst telemetri (Watson *et al.* 2018) har man konstaterat att fiskarna genomgår en period av hög aktivitet och en period av låg aktivitet under året. Att beskriva fiskarnas beteende utifrån dessa perioder (aktivitet och passivitet) är därför en mer biologisk relevant uppdelning än utifrån antropomorfa säsongsuppdelningar som sommar, höst, vinter och vår. Temperaturförhållandena i stora sjöar är också avvikande från säsongerna i den terrestra miljön med låga temperaturer på försommaren och höga temperaturer på senhösten. För att hitta övergångarna mellan perioder med olika nivåer av rörelse granskades alla individer manuellt över studieperioden genom att studera förflyttningar

mellan olika mottagare. Det var tydligt att studieperioden utgjordes av en aktiv fas då individerna rörde sig upprepat mellan flera olika delområden och en passiv fas då fiskarna i majoritet uppehöll sig inom enskilda delområden. Aktiviteten hos fiskarna avtog under perioden november till december för att sedan öka under perioden april till maj. Data på vattentemperatur från tre meters djup visar att skiftningen mellan aktivitet och passivitet sker i temperaturspannet 5-8° (C) (Figur 4). I denna studie används perioderna juni-oktober samt december-april för att jämföra individernas uppehållsområden under aktiv respektive passiv period. Månaderna november och maj utesluts på grund av att aktivitet och passivitet sannolikt överlappar under de perioderna, vilket skulle kunna påverka tolkningen av resultaten.



**Figur 4.** Daglig temperatur på tre meters djup i Siljan (område 6 i figur 2). Övergångsperiod mellan aktivitet-och passivitetsperiod anses i denna studie att vara ett överlapp mellan olika aktivitetsnivåer hos fisken.

## 2.6 Överlevnad

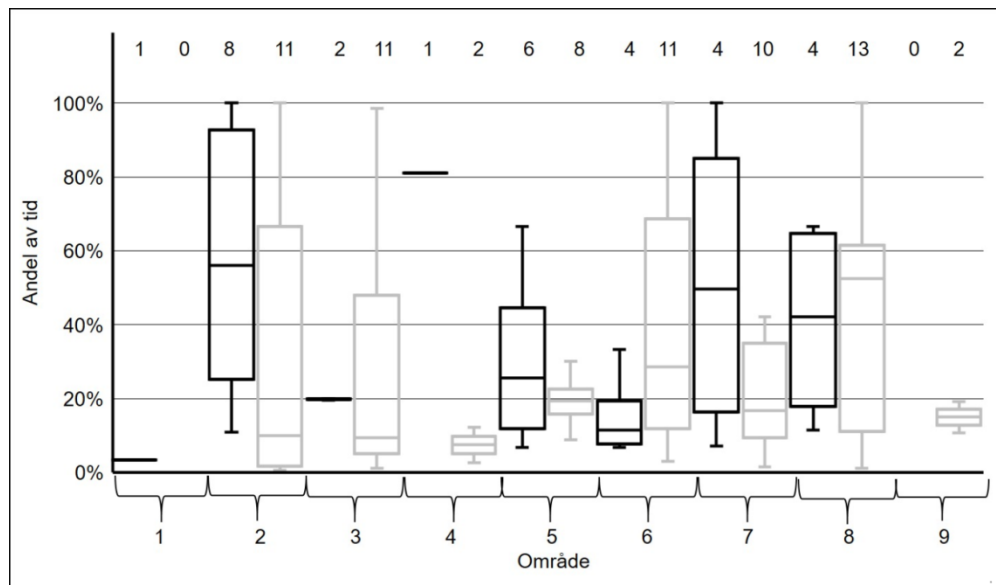
I denna studie antas fisk vara vid liv så länge de kontinuerligt detekteras av två eller flera mottagare. Detta arbetssätt ger snarare en underskattning än en överskattning av överlevnaden då fisk kan uppehålla sig i områden utan mottagare. I denna studie bedöms dock sannolikheten att fisk håller sig utanför detektionsavstånd en längre period vara låg.

### 3 Resultat

3.1 Nyttjade områden i Siljan för vilda och frilevande odlade öringar  
 Individer från grupperna 3-10 (Tabell 1) påträffades över hela studieområdet (Figur 2). I område 1 konstaterades dock endast en individ (en individ av vilt ursprung) uppehålla sig, emellertid bara under två dygn. Därefter var område 4 och 9 de minst nyttjade områdena. Individuella registreringar från fiskar från grupp 3-10 visade att fiskar rörde sig mellan områden relativt ofta och verkade inte knutna till specifika områden.

#### 3.1.1 Aktivitetsperioden

Få eller inga individer från grupp 3-10 (Tabell 1) uppehöll sig i områdena 1,4 och 9 (Figur 2) under aktivitetsperioden (juni-okt.). Bortsett från område 1,3,4 och 9, där två eller färre vilda individer spenderade tid var medianvärdet för andelen av spenderad tid högst i område 2 för vilda individer. Lägst var medianvärdet för område 6 (Figur 5). Ett stort statistiskt överlapp mellan områden visar att skillnaderna dock inte var betydande. Bortsett från område 1,4 och 9, där två eller färre frilevande odlade individer spenderade tid var medianvärdet för andelen av spenderad tid högst i område 8 för frilevande odlade individer. Lägst var medianvärdet för område 2 och 3 (Figur 5). Ett stort statistiskt överlapp mellan områden visar att skillnaderna dock inte var betydande. Den största skillnaden i medianvärde mellan vilda och frilevande odlade individer var i område 2. Ett stort statistiskt överlapp mellan grupperna av öring visar dock att skillnaderna inte var betydande.

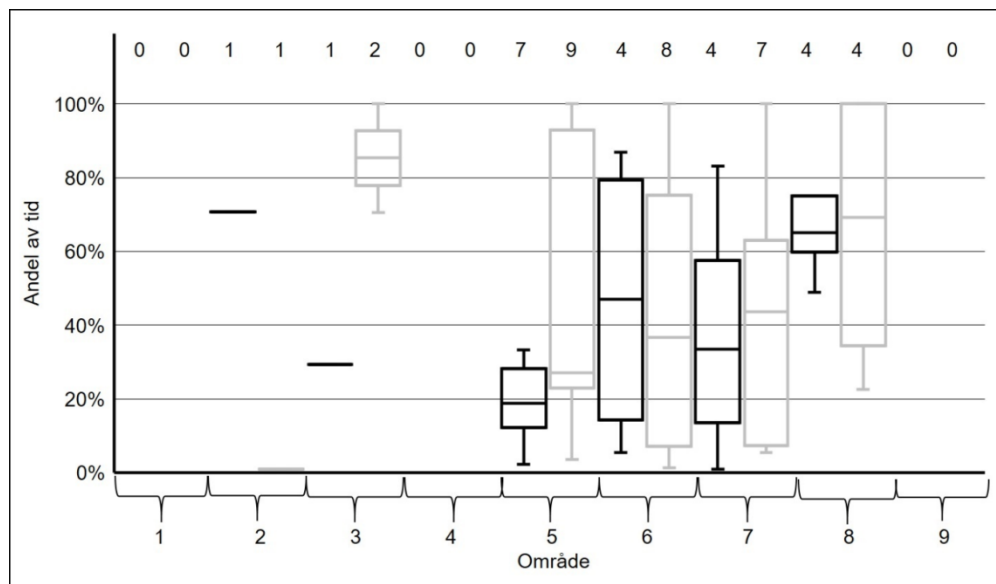


**Figur 5.** Box-plot av öringarnas procentuella fördelning av tid (median och kvartiler) i områdena 1-9 under aktivitetsperioden juni-oktober. Svarta boxar avser individer av vilt ursprung, gråa boxar avser frilevande odlade individer. Antalet individer som vistats inom respektive område visas i siffror ovanför respektive box.



### 3.1.2 Passivitetsperioden

Få eller inga individer från grupp 3-10 (Tabell 1) uppehöll sig i områdena 1,2,3,4 och 9 (Figur 2) under passivitetsperioden (dec-april). Bortsett från område 1,2,3,4 och 9, där två eller färre vilda individer spenderade tid var medianvärdet för andelen av spenderad tid högst i område 8 för vilda individer. Lägst, och tydligt avvikande, var medianvärdet för område 5 (Figur 6). Bortsett från område 1,2,3,4 och 9, där två eller färre frilevande odlade individer spenderade tid var medianvärdet för andelen av spenderad tid högst i område 8 för frilevande odlade individer. Lägst var medianvärdet för område 5 (Figur 6). Ett stort statistiskt överlapp mellan områden visar att skillnaderna dock inte var betydande. Den största skillnaden i medianvärde mellan vilda och frilevande odlade individer var i område 7. Ett stort statistiskt överlapp mellan grupperna av öring visar dock att skillnaderna inte var betydande.

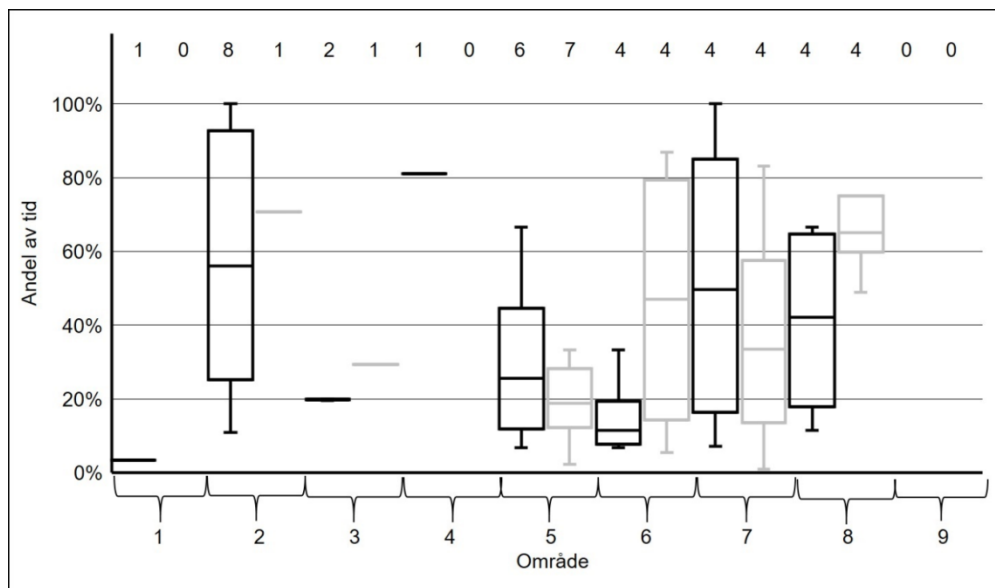


**Figur 6.** Box-plot av öringarnas procentuella fördelning av tid (median och kvartiler) i områdena 1-9 under passivitetsperioden december-april. Svarta boxar avser individer av vilt ursprung, gråa boxar avser frilevande odlade individer. Antalet individer som vistats inom respektive område visas i siffror ovanför respektive box.



### 3.1.3 Frilevande individer med vilt ursprung under aktivitets-och passivitetsperiod

Få eller inga vilda individer från grupp 6,7,8 och 10 (Tabell 1) uppehöll sig i områdena 1,3,4 och 9 (Figur 2). Bortsett från dessa områden var skillnaden i medianvärdet för aktivitets- respektive passivitetsperiod störst i område 6 (Figur 7). Området utnyttjades mer under passivitets- än under aktivitetsperioden. Ett stort statistiskt överlapp mellan tidsperioderna visar att skillnaden dock inte var betydande. Den tydligaste skillnaden i vilka områden som de vilda individerna utnyttjar under året är dock i område 2. Åtta individer utnyttjade detta område under aktivitetsperioden medan endast en påträffades i området under passivitetsperioden.

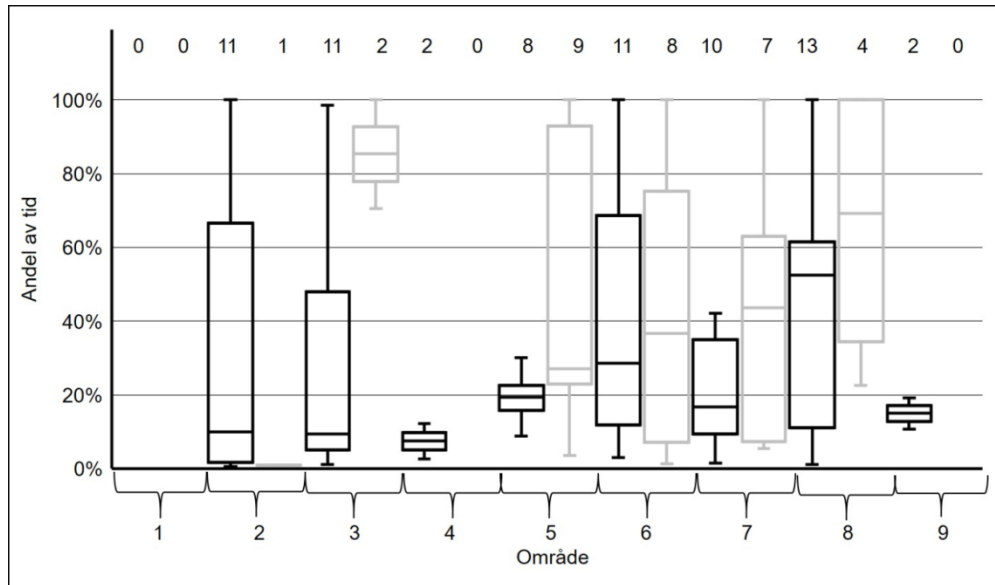


**Figur 7.** Box-plot av de vilda öringarnas procentuella fördelning av tid (median och kvartiler) i områdena 1-9 under aktivitetsperioden juni-oktober (svarta boxar) och passivitetsperioden (gråa boxar). Antalet individer som vistats inom respektive område visas i siffror ovanför respektive box.



### 3.1.4 Frilevande individer med odlat ursprung under aktivitets-och passivitetsperiod

Få eller inga frilevande odlade individer från grupp 3,4,5 och 9 (Tabell 1) uppehöll sig i områdena 1,4 och 9 (Figur 2). Bortsett från dessa områden var skillnaden i medianvärdet för aktivitets- respektive passivitetsperiod störst i område 3 (Figur 8). Området utnyttjades mer under passivitets- än under aktivitetsperioden, men nyttjades av fler individer under aktivitetsperioden. Ett stort statistiskt överlapp mellan tidsperioderna visar att skillnaden dock inte var betydande. Den tydligaste skillnaden i vilka områden som de odlade frilevande individerna utnyttjar under året är dock i område två. Elva individer utnyttjade detta område under aktivitetsperioden medan endast en påträffades i området under passivitetsperioden.



**Figur 8.** Box-plot av de frilevande odlade öringarnas procentuella fördelning av tid (median och kvartiler) i områdena 1-9 under aktivitetsperioden juni-oktober (svarta boxar) och passivitetsperioden (gråa boxar). Antalet individer som vistats inom respektive område visas i siffror ovanför respektive box.





## 3.2 Reproduktionslokaler

För att beräkna den relativa betydelsen av olika reproduktionslokaler under hösten 2018 studerades uppvandring i 10 olika vattendrag. I studien inkluderades bara vilda och frilevande odlade öringar som fångats på troling på Siljan under sommaren (grupperna 3, 4, 6 och 7 (Tabell 1)). Totalt 7 st. fiskar kunde följas till lek. Av de märkta vilda fiskarna vandrade 4 st. (44 %) mot potentiella lekhabitat. Av de odlade fiskarna vandrade 3 st. (16 %) upp mot potentiella lekhabitat. Majoriteten av fisk av vilt ursprung startade sin uppvandring i vattendragen under juni medan den odlade var spridda mellan augusti till oktober. De vilda fiskarna rörde sig direkt mot lekhabitat jämfört med de odlade där flera individer uppvisade ett tvekan och desorienterat beteende med upprepade besök i flera olika vattendrag. I de flesta av de studerade vattendragen registrerades ingen uppvandring av märkt fisk (Tabell 3). Österdalälven och Hemulån var de enda vattendragen där fisk av vilt ursprung vandrade upp. I övriga vattendrag vandrade endast frilevande odlad öring upp.

**Tabell 2.** Antal registrerade individer av olika ursprung som bedöms ha reproducerat sig i de olika vattendragen (För vattendragens geografiska placering (vattendrags nr.), se Figur 1).

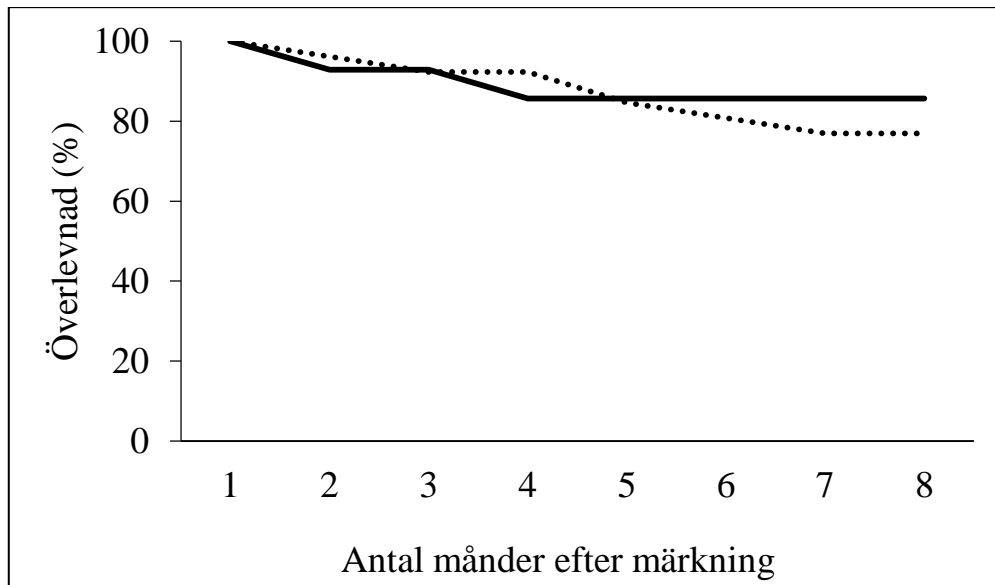
Vattendrag (namn)	Vattendrag (nr)	Antal vilda	Antal odlade
Oreälven	1	0	0
Våmån	2	0	0
Österdalälven	3	2	1
Lädeån	4	0	0
Hemulån	5	2	0
Fuån	6	0	0
Mångån	7	0	1
Limån	8	0	0
Ickån	9	0	0
Enån	10	0	1

## 3.3 Överlevnad av öring

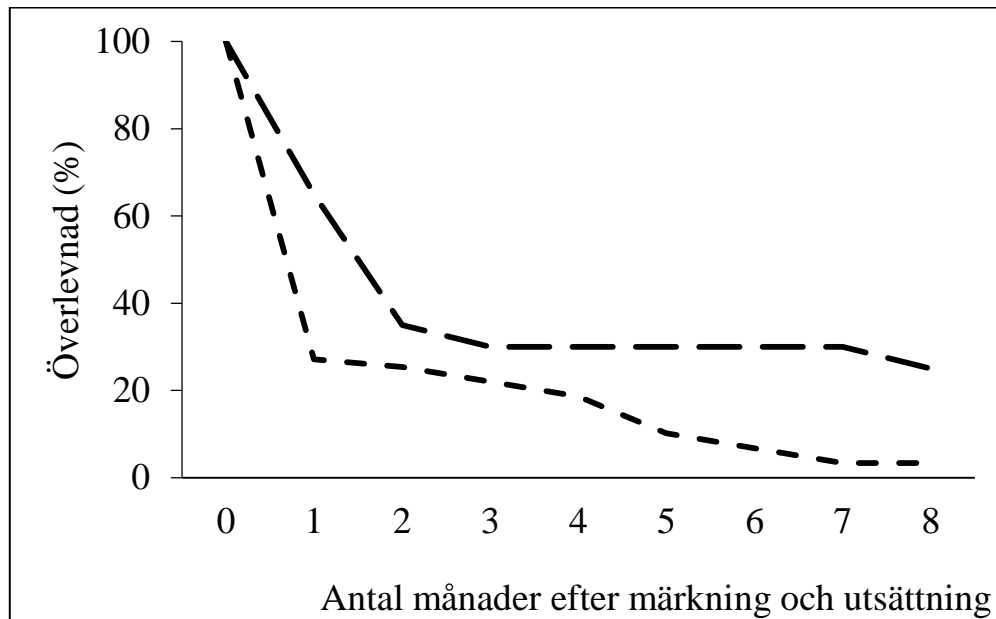
Överlevnaden av vilda respektive frilevande odlade öringar var 86 respektive 77 % under åtta månader efter märkning (Figur 9). Överlevnaden hos de frilevande odlade öringarna låg nära överlevnaden hos de vilda under hela perioden. Av de 20 st. fångstfärdiga öringar som planterades ut detekterades 13 st. (65 %) på mottagare i Siljan. De fångstfärdiga öringarna följdes från september till maj följande år då studien avslutades. Här skedde en stegvist minskande överlevnad fram till studiens avslut i maj, 25 % (Figur 10). Av de 59 st. smolt som planterades i Österdalälven simmade 16 st. (27 %) ut i Siljan. Smolten som simmade ut i Siljan gick maximalt att följa från maj till januari följande år pga. sändarnas begränsning i batteritid. Bland de 16 st. individer som nådde Siljan skedde en stegvist minskande överlevnad fram till



februari som slutade på 3 % (Figur 10). Endast 3 st. utplanterade smolt kunde konstateras stanna kvar och överleva i Österdalälven två månader efter utsättning. En av dessa levde vid studiens slut. Om denna individ inkluderas blir den totala överlevnaden 5 % i stället för 3 %. Överlevnaden hos odlad utsatt öring som etablerat sig i Siljan, dvs. borträkning av den mortalitet som sker i nära anslutning till utsättningstillfället studerades också. Av de 16 st. odlade smolt som etablerade sig i Siljan överlevde 2 st. (12.5%) från juni till januari. Av de 13 st. odlade fångstfärdiga individer som etablerade sig i Siljan överlevde 5 st. (38.5%) från oktober till maj.



**Figur 9.** Överlevnaden hos öring av vilt ursprung (heldragen linje, n=14) samt frilevande öring av odlad ursprung (punktad linje, n=26).



**Figur 10.** Överlevnad i Siljan hos utplanterad odlad öring smolt (kort-streckad linje) (maj-januari) som satts ut i Österdalälven (n=59) samt odlad fångstfärdig öring (lång-streckad linje) (september-maj) som satts ut i Siljan (n=20).

## 4 Diskussion

Att studera öring med hjälp av akustisk telemetri i Siljan visade sig vara en väl fungerande metod. Insamlat data gav en god bild av öringarnas grovskaliga rörelsemönster och överlevnad under ett helt år. Mottagare placerade i potentiella reproduktionsvatten gav kompletterande information om den lokala lekvandringen. Nedan besvaras studiens fyra huvudfrågor och diskuteras i relation till tidigare vetenskapliga studier och den framtida förvaltningen av öring i Siljan.

### 4.1 Vilka områden i Siljan nyttjas av vild respektive frilevande odlad öring och hur skiljer sig detta mellan årstider?

De märkta öringarna nyttjade hela Siljan under studieperioden. Tre av de nio områdena utnyttjades dock i väldigt liten grad och av få individer. Det förelåg ingen skillnad mellan vilka områden som vilda respektive odlade öringar nyttjade. Inte heller var det någon skillnad mellan vilka områden som nyttjades under aktivitets- respektive passivitetsperioden förutom beträffande område 2. Detta område nyttjades i betydligt större omfattning under aktivitetsperioden jämfört med passivitetsperioden. Denna avvikelse var betydande både för vild och odlad öring.

Till författarens kännedom finns inga andra studier där man studerat vilka delområden vilda och odlade adulta öringar nyttjat på dygnsbasis över ett helt år och över en hel sjö. De få telemetristudier som genomförts har



fokuserat på hur långt individer förflyttat sig per tidsenhet. I den 536 km<sup>2</sup> stora sjön (knappt 2 ggr. större än som Siljan (292 km<sup>2</sup>)) Bodensee på gränsen mellan Tyskland, Schweiz och Österrike studerades 13 st. (42-67 cm i totallängd) akustiskt märkta öringar under olika tider på året (Schulz & Berg 1992). Den längsta sammanhängande studieperioden för en enskild individ var dock 13 dagar. I studien observerade man i likhet med öringarna i Siljan långa förflyttningar under korta tidsperioder (t.ex. 40 km på 21 timmar för en individ) samt att fisken rörde sig mer under sommar och höst (10-22 km/dag) i jämförelse med vinter (6-17 km/dag). I Lake Ontario (18 960 km<sup>2</sup> (65 ggr. större än Siljan)) på gränsen mellan USA och Kanada, vilket är utanför öringens naturliga utbredningsområde, studerade man rörelserna hos odlad öring under höst (N=11) och vår (N=22) (Nettles *et al.* 1987). Genom att positionsbestämna fiskarna några gånger per vecka beräknade man att medelförflyttningarna var 2.4 och 4.4 km/dag under höst respektive vår. Dock var det endast fyra individer som studerades längre än 40 dagar.

Anledningen till det likformiga beteende hos det två grupperna i Siljan är troligen att fisken fördelar sig efter förekomst av föda och lämpliga temperaturer. Då de adulta individerna av odlad ursprung överlevt ett till flera år i Siljan efter utplantering har de sannolikt anammat ett beteende och rörelsemönster som liknar deras vilda artfränder både under aktivitets- och passivitetsperioden. I enighet med detta visade Theriault *et al.* (2010) att odlad fisk som planterats ut i ett tidigt livsstadie kan ha ett liknande beteendemönster som fisk av vilt ursprung. I motsats till denna studie fann Schwinn *et al.* (2017) beteendeskilnader mellan öringsmolt av vilt respektive odlad ursprung i sjömiljö. Araki *et al.* (2007; 2008) visade att både födosöksbeteende och strategier att undvika predation hos salmonider av olika ursprung kan skilja sig åt.

#### 4.2 Finns det några områden där vild respektive odlad adult öring temporärt aggregerar sig?

Adulta öringar i Siljan visade inga tecken på att vara aggregerade inom vissa delområden vare sig under aktivitets- eller passivitetsperiod. Fisken uppehöll sig allmänt inom alla de ytstora delområdena 5-8 utan avvikelser mellan de vilda och odlade grupperna.

Då uppgifter hur öring nyttjar olika delområden av större sjöar under året helt saknas från liknande studier är det omöjligt att konstatera om resultaten från Siljan är allmängiltiga eller ej. Tidigare studier har framför allt fokuserat på vilka djup fiskarna vistats på under olika perioder. Enligt Schulz & Berg (1992), som studerade öring i den stora sjön Bodensee, föredrog öringen ett djup av 8-16 m under sommaren och 0-3 m under vintern. Vid studier av andra arter av salmonider, t.ex. regnbåge (*Oncorhynchus mykiss*), visade det sig att fisken gärna uppehöll sig i den öppna vattenmassan under sommar och tidig höst och under vinter och vår i littoralen (James & Kelso 1995).



I denna studie studerades varken djupet som öringarna nyttjade eller i vilken omfattning de nyttjade littoralen respektive pelagialen varför jämförelser med andra studier inte går att genomföra.

#### 4.3 Vilka biflöden till Siljan och Österdalälven används för reproduktion av vild respektive odlad adult öring?

Av de öringar som märkts genom trollingfångst ute på Siljan kunde lekvandringen endast följas hos sju individer. Stickprovsstorleken är för liten för att kunna dra långtgående slutsatser om skillnader mellan grupperna av vilda och odlade individer. Trots att underlaget är tunt uppvisade resultatet dock en högre andel av de vilda individerna lekvandrade till huvudfåran i Österdalälven samt det i Österdalälven mynnande biflödet Hemulån. Trots att alla de odlade individerna är utsatta i Österdalälven vid Spjutmo kraftverk eller i Oreälven vid Hansjö kraftverk (Figur 1) så lekvandrade två tredjedelar till helt andra vattendrag för lek. Detta tyder på en stor omfattning av så kallad *straying* bland den odlade delen av populationen. Den odlade fisken uppvisade också ett mer erratiskt rörelsemönster med besök av många olika vattendrag innan det slutliga reproduktionsvattnet valdes (data ej redovisat) samt en i medeltal senarelagd start av lekvandringen i jämförelse med vilda individer (data ej redovisat).

Öring liksom andra salmonider har en stark homingdrift då de präglas på sitt eget födelsevatten och återvänder dit för egen reproduktion (Keefer & Caudill 2013). Detta kan ge upphov till bildandet av subpopulationer med lokala anpassningar och beteendeskilnader (Klemetsen *et al.* 2003). Även *straying* är ett beteende som utförs naturligt av adulta salmonider (Keefer & Caudill 2013; Jonsson *et al.* 2003). Strategin kompletterar homing med spridning av gener och minskar risken för inavelsdepression (Hendry *et al.* 2004 se Keefer & Caudill 2013). Det finns dock också negativa effekter av *straying* beroende på b.l.a. storleken på de inblandade populationerna. En mindre vild population som invandras av ett stort antal odlade individer, som inte har samma lokala adaptationer och därav en lägre fitness, kan försvaga den vilda populationen genetiskt. Vanligast är *straying* i närområdet av sin egen födelseplats, dock har man sett att fisk av odlat ursprung, som transporterats innan utsläpp, oftare förflyttar sig längre sträckor (Keefer & Caudill 2013).

För att kunna ge en generell bild av vilka vattendrag som nyttjas av grupperna vild respektive odlad öring krävs det att fler fiskar följs under deras lekvandring. Om en av åtgärderna i den framtida förvaltningen är att skydda den naturligt reproducerade fisken är den initiala rekommendationen att fokusera på vattendragen Österdalälven och Hemulån.



#### 4.4 Hur stor är överlevnaden av vild respektive odlad öring?

Resultaten visade en hög överlevnad hos vilda (86 %) och frilevande odlade aduler (77 %) över åtta månader medan överlevnaden var låg bland nyutsatta odlade smolt (3 %) och aduler (25 %).

Data på årlig överlevnad hos vild respektive frilevande odlad adult öring i sjömiljö har inte kunnat påträffas vid sökningar i databaser med vetenskaplig litteratur. Överlevnaden av smolt efter de har nått sjön eller havet under det så kallade post-smolt stadiet är heller inte väl studerat. Resultaten från denna studie är därför svåra att jämföra med annan tillgänglig vetenskaplig litteratur. Tidigare studier av överlevnad hos öringsmolt under nedströmsvandring mot havet har dock visat en högre överlevnad av vild fisk i jämförelse med odlad fisk (Serrano *et al.* 2009; Poole *et al.* 2003; Aarestrup *et al.* 2014).

Mortaliteten hos odlad fisk är ofta hög i anslutning till utsättning då de lätt blir utsatta för predation (Jepsen *et al.* 2000; Kekäläinen *et al.* 2008). Även stress och beteendeförändringar orsakat av hanteringen samt faktorer som påverkar resultatet av märkningen kan i vissa fall resultera i en högre mortalitet (Lopes *et al.* 2016; Jepsen *et al.* 2002). Odlad fisk kan skilja sig åt från vild i flera avseenden. Olikheter i morfologi, fysiologi, anatomi samt beteenden som antipredation, migration och simförmåga har påvisats i flertalet studier (Jonsson & Jonsson 2006; Anttila & Mänttari 2009; Larsson *et al.* 2012). Detta är sannolikt orsaken till den låga överlevnaden som visas i denna studie bland nyutsatta smolt och aduler. Att överlevnaden inte skilde sig i någon större omfattning mellan vilda och frilevande odlade aduler är troligtvis ett resultat av att de frilevande odlade adulterna över tid har anammat ett beteende som liknar de vildas.

## 5 Framtida förvaltning av öring i Siljan

Då den odlade och vilda öringen i Siljan uppehåller sig inom samma områden i sjön är det inte möjligt att rikta fisket mot odlade individer genom geografisk reglering av fisket. En annan typ av reglering måste arbetas fram för att skydda de vilda individerna.

Viktigt är också att skydda den könsmogna öring som migrerar för reproduktion. Område 2 var väl besökt av både odlad och vild fisk under aktivitetsperioden vilken också infaller under tid för lekvandring. Detta är en stark motivering till att reglera fisket i detta område framför allt under denna period. Även att finna de vattendrag som föredras för reproduktion och aktivt skydda dessa, samt att återskapa lekplatser där de en gång funnits borde också prioriteras i åtgärdsarbetet. För att sammanfoga fragmenterade habitat krävs arbete med att återskapa lämpliga vandringsvägar uppströms men också nedströms (Calles & Greenberg 2009).



Med den kompensationsodling som råder idag är det också viktigt att vid utsläpp av odlad fisk välja plats och metod med omsorg för att motverka risken för hög dödlighet (Baldwin *et al.* 2002; Finstad *et al.* 2003). Att släppa smolt vid inloppet till sjön kan öka överlevnaden men samtidigt minska fiskens drift att reproducera längre upp i älven (Thorstad *et al.* 2012). Även fraktmomentet kan orsaka stress och bör ses över. En ökad överlevnad har setts hos fraktad smolt som fått återhämta sig några dagar i sumpar innan utsättning (Finstad *et al.* 2003).

Den fisk som vuxit upp i en onaturlig miljö behöver få bästa möjliga förutsättningar att överleva i naturen, därför bör miljöberikning av olika slag inte förkastas. Hyvärinen & Rodewald (2013) visade att odlad fisk hade en avsevärt bättre överlevnad om den växt upp med miljöberikning.

## 6 Felkällor, vidare studier och utmaningar

Något som kan försvåra tolkningen av studien som denna är att odlad fisk släpps i olika livsstadier. Individerna som släpps som yngel eller rom får inte sin fettfena avklipp och kan därmed inte skiljas från naturligt reproducerade individer. Öringar som levt i det vilda från rom eller yngelstadiet har dock ej hunnit anpassa sig till odlingsmiljön och bör därför ha ett beteende som liknar naturligt reproducerade individer snarare är individer som gått i odling under 2-4 år. De finns få tidigare studier utförda på öring i sjömiljö och intressant vore att utöka studien med fler märkta fiskar och märkning av fisk från fler delområden, t.ex. område 1 och 8. Intressant vore också att studera djupdata vilket de sändare som används i denna studie inte visar. Då genetisk anpassning kan skilja sig åt mellan odlad och vild fisk är det inte alltid gynnsamt för den vilda populationen med kompensationsodling (Piccolo *et al.* 2012; Schwinn *et al.* 2017; Hagelin *et al.* 2016; Jonsson *et al.* 1991). En selektion på avelsmaterialet sker i odlingen och utgör en betydande skillnad från naturlig reproduktion (McLean *et al.* 2005). Odlad fisk undkommer en naturlig selektion och beteenden som inte är gynnsamt i en naturlig miljö kan föras vidare. Miljön i en odling skiljer sig åt från det vilda, och man har i studier på regnbåge (*Oncorhynchus spp.*) sett att fitness snabbt minskar hos odlad fisk (Araki *et al.* 2007; 2008; Christie *et al.* 2012). Därför behövs även vidare studier om och hur den odlade fisken samt deras hybrider genetisk påverkar den vilda populationen på längre sikt. Klimatförändringar med förhöjda temperaturer bedöms ge katastrofala följder i många delar av världen och vi vet idag inte hur detta kommer påverka ekosystem som t.ex. Siljan. Att arbeta för en biologisk och genetisk mångfald ökar resiliensen mot förändringar i miljön. Siljansöringen är en lokalt viktig del av detta och att återfå en livskraftig population skapar både rikedom idag och motståndskraft för förändringar i framtiden.



## 7 Etiska överväganden

Studier där levande djur används ska utföras med största respekt, omsorg och kunskap. Man vet att fisk upplever smärta som negativt men också att den med bedövning återfår ett normalt beteende (Sneddon 2003; Sneddon *et al.* 2003). Trots varsam hantering så utsätts fisken i denna och liknande studier för stressande situationer. Inför märkning har fisken bedövats enskilt och bedömts vara utan smärta under ingreppet. Alla individer har observerats noggrant före, under och efter hantering och har släppts åter när man ansett den vara redo för det.

Ytterligare en viktig aspekt i denna och liknande studier är ur miljösynpunkt, då batteriet i de sändare man använder i fisken i slutändan hamnar på sjöns botten och utgör där en källa för framtida föroreningar.





## 8 Referenser

Aarestrup, K. Baktoft, H., Koed, A., del Villar-Guerra, D. & Thorstad E.B. (2014). Comparison of the riverine and early marine migration behaviour and survival of wild and hatchery-reared sea trout *Salmo trutta* smolts. *Marine Ecology Progress Series*, 469, ss. 196-206. doi:10.3354/meps10614

Anttila, K. & Mänttari, S. (2009). Ultrastructural differences and histochemical characteristics in swimming muscles between wild and reared Atlantic salmon. *Acta Physiologica*, 196(2), ss. 249-257. doi: 10.1111/j.1748-1716.2008.01911.x

Araki, H., Berejikian, B.A., Ford, M.J. & Blouin, M.S. (2008) Fitness of hatchery-reared salmonids in the wild. *Evolutionary Applications*, 1(2), ss. 342–355. doi:10.1111/j.1752-4571.2008.00026.x

Araki, H., Cooper, B. & Blouin, M.S. (2007). Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science*, 318(5847), ss. 100–103. doi: 10.1126/science.1145621

Baldwin, C.M., Beauchamp, D.A. & Gubala, C.P. (2002) Seasonal and diel distribution and movement of cutthroat trout from ultrasonic telemetry. *Transactions of the American Fisheries Society*, 131, ss. 143–158.

Brink, K., Gough, P., Royte, Schollema, P.P. & Wanningsen, H. (2018). From Sea to Source 2.0. *Protection and restoration of fish migration in rivers worldwide*. World Fish Migration Foundation.

Calles, O. & Greenberg, L. (2009). Connectivity is a two-way street-the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers. *River Research and Applications*, 25, ss.1268-1286. doi: 10.1002/rra.1228

Christie, M.R., Marine, M.L., French, R.A. & Blouin, M.S. (2012). Genetic adaptation to captivity can occur in a single generation. *National Academy of Science*. 109(1), ss. 238-242. doi: 10.1073/pnas.1111073109

Finstad, B., Iversen, M. & Sandodden, R. (2003). Stress-reducing methods for releases of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in Norway. *Aquaculture*, 222(1-4), ss.203-214. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00112-1

Hagelin, A., Calles, O., Greenberg, L, Piccolo, J. & Bergman, E. (2016). Spawning migration of wild and supplementary stocked landlocked atlantic salmon (*Salmo salar*). *River Research and Applications* 32, ss. 383-389. doi: 10.1002/rra.2870

Haynes, J.M. & Nettles, D.C. (1983). Fall movements of brown trout in Lake- Ontario and a tributary. *New York Fish and Game Journal*, 30(1), ss. 39-56.



Hyvärinen, P. & Rodewald, P. (2013). Enriched rearing improves survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts during migration in the River Tornionjoki. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70(9), ss. 1386-1395. doi: 10.1139/cjfas-2013-0147

Hagelin, A., Calles, O., Greenberg, L., Piccolo, J. & Bergman, E. (2016). Spawning migration of wild and supplementary stocked landlocked atlantic salmon (*Salmo salar*). *River Research and Applications*, 32, ss. 383-389. doi:10.1002/rra.2870

James, G.D & Kelso, J.R.M. (1995). Movements and habitat preference of adult rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* ) in a New Zealand montane lake. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 29(4), ss. 493-503. doi: 10.1080/00288330.1995.9516682

Jepsen, N. Pedersen, S. & Thorstad, E.(2000). Behavioural interactions between prey (trout smolts) and predators (pike and pikeperch) in an impounded river. *Regulated Rivers: Research & Management*, 16(2), ss.189-198. doi: 10.1002/(SICI)1099-1646(200003/04)16:2<189::AID-RRR570>3.0.CO;2-N

Jepsen, N., Koed, A., Thorstad E.B., & Baras, E. (2002). Surgical implantation of telemetry transmitters in fish: how much have we learned? *Hydrobiologia* 483, ss. 239–248.

Jepsen, N., Aarestrup, K., Okland, F. & Rasmussen, G. (1998). Survival of radiotagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) – and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologica*, 371(347). doi: 10.1023/A:1017047527478

Jonsson, B. & Jonsson, N. (2006). Cultured Atlantic salmon in nature: a review of their ecology and interaction with wild fish. *ICES Journal of Marine Science*, 63(7), ss. 1162- 1181. doi:10.1016/j.icesjms.2006.03.004

Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L.P (1991). Differences in life history and migratory behaviour between wild and hatchery-reared Atlantic salmon in nature. *Aquaculture*, 98(1-3), ss. 69-78. doi: 10.1016/0044-8486(91)90372-E

Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, LP.(2003). Atlantic salmon straying from the River Imsa. *Journal of Fish Biology*, 62(3), ss. 641-657. doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00053.x

Keefer, M.L. & Caudill, C.C. (2013). Homing and straying by anadromous salmonids: a review of mechanisms and rates. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24, ss. 333-368. doi: 10.1007/s11160-013-9334-6



Kekäläinen, J., Niva, T. & Huuskonen, H. (2008). Pike predation on hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a northern Baltic river. *Ecology of Freshwater Fish*, 17(1), ss. 100-109. doi: 10.1111/j.1600-0633.2007.00263.x

Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, M., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. (2003). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L., and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish*, 12(1), 1-59. doi: 10.1034/j.1600-0633.2003.00010.x

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), ss.1-12. doi: 10.1139/f2011-128

Lopes, J.M., Alves, C. B.M., Silva, F.O., Bedore, A.G. & Pompeu, P.S. (2016). Effect of anesthetic, tag size, and surgeon experience on postsurgical recovering after implantation of electronic tags in a neotropical fish: *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (Characiformes: Prochilodontidae). *Neotropical Ichthyology*, 14(3), doi: 10.1590/1982-0224-20150189

Lundvall, D.(2016). *Fiskar i Dalarna- förekomst och utbredning*. (Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län, nr: 16-03). Falun: Sahlanders Grafiska AB. Från:  
<https://www.lansstyrelsen.se/dalarna/tjanster/publikationer/2016/201603-fiskar-i-dalarna---forekomst-och-utbredning.html>

Länsstyrelsen i Dalarna (2015). *Kunskapsunderlag för delområde, 5. Rotälvens avrinningsområde*, (Version 1.1) Från:  
<http://www.dalarnasvatten.se/SiteCollectionDocuments/63-omr%C3%A5den/5.%20Rot%C3%A4lvens%20avrinningsomr%C3%A5de.pdf>

McLean, J.E., Bentzen, P. & Quinn, T.P. (2005). Nonrandom, size-and timing-biased breeding in hatchery population of steelhead trout. *Conservation Biology*, 19(2), ss.446-454. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00515.x

*Nationalencyklopedin*; a (u.å) Dalälven. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2020-04-15]

*Nationalencyklopedin*; b (u.å). Österdalälven. Tillgänglig: Nationalencyklopedin. [2020-04-15]



Nettles, D.C., Haynes, J.M., Olsson, R.A. & Winter, J.D. (1987). Seasonal movements and habitats of brown trout (*Salmo trutta*) in southcentral lake Ontario. *J. Great lakes Res.*, 13(2), ss.168-177.

Piccolo, J.J., Norrgård, J.R., Greenberg, L.A., Schmitz, M. & Bergman, E. (2012). Conservation of landlocked salmonids in regulated rivers: a case-study from Lake Vänern, Sweden. *Fish and Fisheries* 13(4), ss. 418-433. doi: 10.1111/j.1467-2979.2011.00437.x

Poole, W.R., Nolan, D.T., Wevers, T., Dillane, M., Cotter, D. & Tully, O. (2003). An ecophysiological comparison of wild and hatchery-raised Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts from the Burrishoole system, western Ireland. *Aquaculture*, 222(1-4), ss. 301–314. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00129-7

Ruhlé, C. (1990). Decline and restoration of the population of migrating lake-trout (*Salmo trutta lacustris* L.) of Lake Constance. *Bulletin Francais de la peche et de la Pisciculture*, 319, ss. 167-172. doi: 10.1051/kmae:1990002

Schwinn, M., Aarestrup, A., Baktoft, H. & Koed, A. (2016). Survival of Migrating Sea Trout (*Salmo trutta*) Smolts During Their Passage of an Artificial Lake in a Danish Lowland Stream. *River Research and Applications*, 33(4), ss.558-566. doi: 10.1002/rra.3116

Schwinn, M., Baktoft, H., Aarestrup, A. & Koed, A. (2017). A comparison of the survival and migration of wild and F1-hatchery-reared brown trout (*Salmo trutta*) smolts traversing an artificial lake. *Fisheries Research*, 196, 47-55. doi: 10.1016/j.fishres.2017.08.011

Schwinn, M., Baktoft, H., Aarestrup, A. & Koed, A. (2019). Artificial lakes delay the migration of brown trout *Salmo trutta* smolts: a comparison of migratory behaviour in a stream and through an artificial lake. *Journal of Fish Biology*, 94(5), ss.745-751. doi:10.1111/jfb.13950

Schwinn, M., Baktoft, H., Aarestrup, A., Lucas, M.C. & Koed, A. (2018). Telemetry observations of predation and migration behaviour of brown trout (*Salmo trutta*) smolts negotiating an artificial lake. *River Research and Applications*, 34(8), ss. 898-906. doi:10.1002/rra.3327

Schulz, U. & Berg, R. (1992). Movements of ultrasonically tagged brown trout (*Salmo trutta* L) in Lake Constance. *Journal of Fish Biology*, 40, ss. 909-917.

Serrano, I., Larsson, S. & Eriksson, L-O. (2009). Migration performance of wild and hatchery sea trout (*Salmo trutta* L.) smolts—Implications for compensatory hatchery programs, *Fisheries Research*, 99(3), ss. 210–215. doi: 10.1016/j.fishres.2009.06.004



Sneddon L. (2003). The evidence for pain in fish: the use of morphine as an analgesic. *Applied Animal Behaviour Science*, 83(2), ss.153-162. doi: 10.1016/S0168-1591(03)00113-8

Sneddon L., Braithwaite V. & Gentle M. (2003). Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Proceedings of the Royal Society of London*, 270(1520), ss. 1115-1121. doi: 10.1098/rspb.2003.2349

Syrjänen, J. & Valkeajärvi, P. (2010). Gillnet fishing drives lake-migrating brown trout to near extinction in the Lake Päijänne region, Finland. *Fisheries Management and Ecology*, 17(2), ss.199-208. doi: 10.1111/j.1365-2400.2010.00738.x

Sveriges Meteorologiska Institut (SMHI) (u.å). Fakta om Siljan. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/fakta-om-siljan-1.100225> [2020-04-15]

Thorstad, E.B, Uglem, I., Finstad, B., Chittenden, C.M., Nilsen, R., Okland, F. & Bjorn, P.A. (2012). Stocking location and predation by marine fishes affect survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology*, 19(5), ss.400-409. doi:10.1111/j.1365-2400.2012.00854.x

Theriault, V., Moyer, G.R. & Banks, M.A. (2010). Survival and life history characteristics among wild and hatchery coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) returns: how do unfed fry differ from smolt releases? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67(3), ss. 486-497. doi:10.1139/F09-200

Tytler, P. & Holliday, FGT (1984). Temporal and spatial relationships in the movements of loch dwelling brown trout, *Salmo-trutta-l*, recorded by ultrasonic tracking for 24 hours. *Journal of Fish Biology*, 24(6), ss. 691-702. doi: 10.1111/j.1095-8649.1984.tb04840.x

Watson, B.M., Biagi, C.A., Northrup, S.L., Ohata, M.L.A., Charles, C., Blanchfield, P.J., Johnston, S.V., Askey, P.J., van Poorten, B.T & Devlin, R.H. (2019). Distinct diel and seasonal behaviours in rainbow trout detected by fine-scale acoustic telemetry in a lake environment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76(8), ss.1432-1445. doi: 10.1139/cjfas-2018-0293