

Utvärdering av nedströmspassager för smolt via spilluckor i Marieberg och avledare vid Övre Hemsjö

Tommy Virtanen

Vetenskapliga metoder i sötvattensekologi

Karlstads universitet

VT - 2018

Sammanfattning

Fragmentering av vattendrag har en negativ effekt på bestånd av lax och öring. När smolt migrerar nedströms i utbyggda vattendrag måste de passera anläggningar som kan skada, döda eller ge upphov till fördröjningar eller stopp i förflyttningen. Här undersöks nedströms migration hos smolt vid två vattenkraftsanläggningar i Mörrumsån, den vid Marieberg i Svängsta samt den vid Övre Hemsjö. De båda anläggningarna har olika lösningar för att bistå smolten. Vid Marieberg stängs turbinerna av och allt vatten passerar via öppna spilluckor. I Övre Hemsjö används en ytläns för att vägleda smolten till en spillucka som i sin tur leder till en isränna där fisken passerar vattenkraftverket. Vid Marieberg återutsattes under vart och ett av åren 2010 och 2011 två grupper av radiomärkt laxsmolt, en passagegrupp ovanför dammen och en referensgrupp nedanför dammen. Passagefrekvensen för passagegruppen var under 2010 var 90 procent och 2011 var 91,7 procent. Det fanns ingen skillnad i frekvensen av smolt som nådde pumphuset ca 9 km söder om Marieberg mellan smolt i passagegruppen och referensgruppen varken 2010 eller 2011. Det fanns inte heller någon skillnad i antal dygn som förflyttningen tog. Temperaturen vid återutsättning samt medelvattenföringen under dygnet från återutsättning till passage av pumphuset var viktiga variabler för att beskriva migrationstiden för sträckan. Vid Övre Hemsjö återutsattes streamermärkt smolt ovanför dammen och passerande fisk återfångades i en fälla efter spilluckan. Effektiviteten för lösningen uppskattades vara 27 procent. Anläggningen i Marieberg väntas snart rivas men undersökningen fyller en funktion i att kunna vara jämförande material för att uppskatta en eventuell påverkan av rivningen. Lösningen i Övre Hemsjö bör studeras noggrannare genom att utvärdera attraktions-, ingångs- och passageeffektivitet enskilt. Oavsett om en lösning är en fiskpassage eller en rivning så bör kontinuerliga utvärderingar ske eftersom förhållandena kring passagelösningen förändras samt att det bidrar med kunskapsutveckling inför framtida konstruktioner.

Inledning

Bestånden av lax (*Salmo salar*, L.) i Östersjön minskade kraftigt under mitten av 1900-talet bland annat på grund av vattenkraftsutbyggnad och överfiske. Det har resulterat i en minskning av produktionen av laxsmolt från början av 1900-talets 5 000 000 individer årligen till 450 000 (Ackefors et al. 1991). Fragmentering av vattendrag har en negativ inverkan på migrerande fisk. Till exempel har en kartläggning av lax och öring (*Salmo trutta*, L.) som vandrar upp i Klarälven under 1990-talet minskat till 5 procent av nivåerna vid början av 1800-talet. Konstruktionen av vattenkraftsdammar har starkt bidragit med att fragmentera Klarälven och för att upprätthålla fiskbestånd används odlad fisk (Piccolo et al. 2012).

Både lax och öring är anadroma arter som lever i saltvatten men vandrar till vattendrag för lek. De lever i sötvatten som stirr tills de är 2 – 3 år och genomgår smoltifiering. Under smoltifieringen anpassas fiskarna fysiologi till havsmiljö med bland annat ökad salinitetstolerans (McCormick et al. 1998) och de vandrar sedan till havet där tillväxthastigheten för fiskarna är större (Kullander et al. 2012). Det finns även inlandspopulationer av lax och öring exempelvis i Vänern (Piccolo et al. 2012) och öringar finns också som stationära populationer i mindre vattendrag och sjöar (Kullander et al. 2012). Migrationsbeteende hos lax korrelerar med och kan eventuellt utlösas av flera miljöfaktorer så som ökat vattenflöde, fotoperiod och temperatur (McCormick et al. 1998). Hos öring har det observerats att migration kan induceras genom minskad födotillgång (Olsson et al. 2006). Smoltens migration tycks både aktiv och passiv, de utnyttjar vattenströmmar för vandring nedströms men söker aktivt upp huvudströmmen i en fåra och följer den (McCormick et al. 1998). Användandet av vattenströmmen tros ge upphov till att smolt främst utnyttjar centrala delen av vattendragets bredd och vattenmassans översta trettio procent (Calles et al. 2013) fastän vissa menar att positionen i vattnet är mer spridd (Svendsen et al. 2007).

Bland de effekter som dammar kan ha på nedströms migrerande fisk finns förhindrande eller fördröjning av migrationen. Migration genom turbiner eller via spillvägar kan ge upphov till skador eller dödlighet när fisk passerar genom dem. Turbulensen vid turbiner och spillvägar kan orsaka övermättningsgaser i vattnet nedströms anläggningarna och vara dödlig för fisk. Risken för predation ökar till följd av uppdämningen och i turbinutloppet (Larinier & Travade 2002).

Det finns två huvudtyper av lösningar för att vägleda nedströms migrerande fisk förbi hinder: beteendebarrärer och mekaniska hinder. Beteendebarrärer syftar till att styra fisk genom att både attrahera och stöta bort fisk till lämpliga rutter förbi ett hinder med beteenderesponser till exempelvis ljus, ljud och elektrisk stimuli (Greenberg et al. 2012; Larinier & Marmulla 2004). Bland mekaniska hinder finns främst olika typer av galler eller andra fysiska barrärer för att förhindra fisk att ta olämpliga rutter (Larinier & Travade 2002). För att en fiskväg ska vara funktionell måste en stor andel individer kunna passera hindret oskadda och utan större tidsfördröjningar. I en anläggning måste fisk vägledas så att den inte väljer en farlig rutt för att sedan samlas vid en flyktöppning. Slutligen måste fisken tvingas eller lockas genom flyktöppningen för att passera anläggningen (Calles et al. 2012).

I denna studie undersöks den allmänna effektiviteten hos två olika lösningar för nedströmspassage för smolt i två efter varandra följande vattenkraftverk i Mörrumsån. Den allmänna effektiviteten kan definieras som ”procentandel av tillgänglig fisk som försöker passera ett (eller flera) hinder och som finner, går in och framgångsrikt hanterar

fiskpassagelösningen” (Calles, föreläsning, 16/4 2018). Vattenkraftverket vid Övre Hemsjö är den näst sista dammen i Mörrumsån innan mynningen i Östersjön. Där används en ytläns för att vägleda smolt förbi turbinernas intag till en spilllucka. Bakom spillluckan finns en isränna som leder vatten förbi turbinhuset och vidare ner i Mörrumsån. Vattenkraftverket i Marieberg är Mörrumsåns sista och när smoltmigrationen börjar på våren stängs turbinerna av i vattenkraftverket och allt vatten som passerar anläggningen går via spillvägarna. Detta för att underlätta smoltens migration. Dammluckorna vid Marieberg öppnas i botten så att vatten nederst i vattenpelaren strömmar ut.

Det som undersöktes var:

- i. Skillnad i passagefrekvens hos radiomärks laxsmolt som återutsattes ovanför kraftverksdammen i Marieberg beroende på år.
- ii. Tidsåtgång från återutsättning av båda årens passagegrupper till passage av Mariebergsdammen.
- iii. Skillnad i passagefrekvensen hos radiomärkt laxsmolt som passerande pumphuset (mottagaren närmast mynningen) beroende på om de återutsattes ovanför eller nedanför kraftverksdammen i Marieberg.
- iv. Skillnad i antal dygn från återutsättning till passage vid pumphuset mellan grupperna som sattes ut ovanför respektive nedanför dammen i Marieberg.
- v. Vilka variabler som bidrar till tidsåtgången vid nedströms migration hos laxsmolt under sträckan Marieberg till pumphuset genom en multipel regressionsmodell med hänsyn taget till utsläppsplats, längd, smoltifieringsgrad, vattentemperatur både vid återutsättning och passage av pumphuset, samt medelvattenföring under perioden mellan återutsättning och passage av pumphuset.
- vi. Passagefrekvensen vid Övre Hemsjös vattenkraftverk hos nedströms migrerande lax- och öringssmolt för att utvärdera ytlänsen och spillvägen.

Material och metod

Mörrumsån ligger i södra Sverige och har delar i både Småland och i Blekinge där den rinner ut i Östersjön. Mörrumsån är drygt 186 km lång och är ett av 20 återstående vattendrag i Östersjöregionen som producerar vild lax (Ackefors et al. 1991).

Marieberg

Mariebergsdammen sträcker sig över hela vattendraget och turbinhuset är beläget på den östra sidan av Mörrumsån. Turbinerna var avstängda under försökstiden. På den västra sidan finns en fiskväg konstruerad för uppströms passage. Dammluckorna öppnas genom att de lyfts, så att det vatten som rinner ut kommer från de nedre delarna av vattenpelaren. Dammluckorna på den västra sidan öppnades och utgjorde den spillväg som var möjlig för laxsmolten att utnyttja.

Laxsmolt fångades i Mörrumsån och undersöktes för skador och godkändes endast för märkning om de var i gott skick. Individerna transporterades till Mariebergssdammen där de hölls i stora perforerade plastbehållare tills de märktes. Märkning och hantering följde standardprocedurer (Jepsen et al. 2002). Före märkning bedövades smolten med bensokain (0,5 g /10 L vatten). Ett ca 5 mm långt snitt gjordes ventralt bakom bröstfenorna. Sändaren (modell F1515, 0,5 g, Advanced Telemetry Systems (ATS), Isanti, USA) infördes i bukhålan och antennen leddes genom kroppsväggen med hjälp av en trubbig nål. Snittet stängdes av en upplösbar sutur (Vicryl Rapide™, Ethicon Inc., Cornelia, USA). Under märkning mättes längd och vikt. Graden av smoltifiering klassificerades som låg, medelstor eller hög, baserat på graden av kroppens silvrighet, brist på stirrfläckar och fenornas färg (Tanguy et al. 1994). Under både 2010 och 2011 återutsattes en grupp laxsmolt ca 200 meter uppströms om Mariebergssdammen, hädanefter kallade ”passagegrupperna”. Referensgrupper återutsattes ca 20 meter nedströms om Mariebergssdammen under både 2010 och 2011. 2010 återutsattes individerna både i passagegruppen och referensgruppen mellan den 4:e och 20:e maj. 2011 återutsattes hela passagegruppen den 12:e maj och hela referensgruppen den 11:e maj.

Tre automatiska stationer (modell 4500, ATS) övervakade kontinuerligt vattendraget för radiomärkta fiskar. De automatiska stationerna lagrade information om datum, tid, frekvens och relativt avstånd från antennen (signalstyrka). Vid Mariebergssdammen placerades två 4-element Yagi-antennerna (ATS) anslutna till en mottagare. Dessa var vända uppströms. En skalad koaxialkabel (dvs ingen antenn, begränsat detektionssområde) placerades vid uppströmsänden av fiskvägen. En antenn placerades nära Mörrumsåns mynning vid Södra cells pumphus för kallvattenintag, hädanefter kallad ”pumphuset”. Pumphuset ligger ca 1 km söder om Mörrum och ca 9 km söder om Marieberg.

Övre Hemsjö

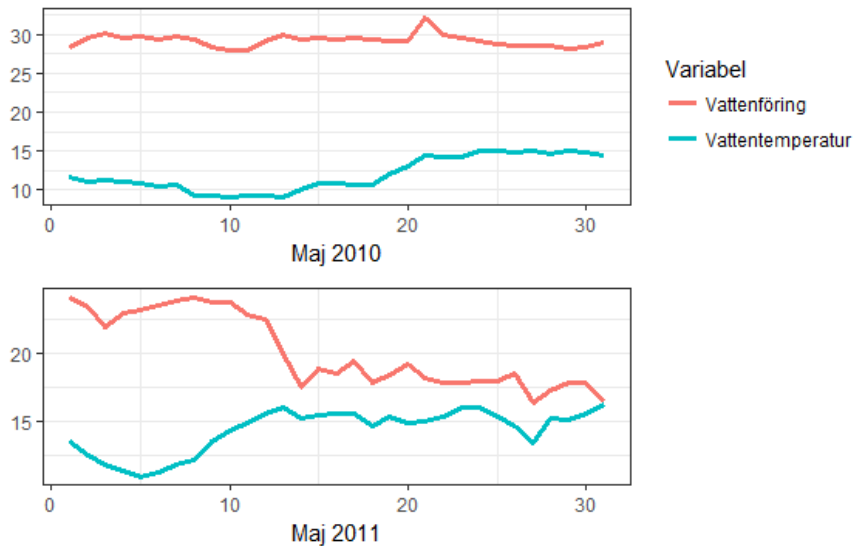
Vattnet till vattenkraftverket vid Övre Hemsjö leds fram genom en 1,8 km lång kanal och skapar ett delflöde av Mörrumsån där kanalen har både sitt in- och utlopp. Kanalen är knappt 20 meter bred vid inloppet till vattenkraftverket. Diagonalt över kanalen finns en ca 30 meter lång ytläns som leder till en spillvattenlucka. Ytlänsen når ett djup av ca 1 meter. Efter spillvattenluckan finns en isränna som löper förbi kraftverket och tillbaka ner till kanalen. Vid utloppet av spillvattenluckan, i isrännan, byggdes en fiskfälla av så kallad Wolf-typ.

Den 28: till den 29:e april 2018 fångades smolt av både lax och öring i en fälla strax söder om Övre Hemsjö. Dessa bedövades med bensokain (0,5 g / 10 L vatten) innan de mättes och märktes med streamermärken (modell PST transparent polyeten streamer tag 13s, Hallprint, Hindmarsh Valley, Australien). Därefter hölls smolten i en sump för återhämtning innan de sattes ut i kanalen cirka 200 meter uppströms av Övre Hemsjöns vattenkraftverk. Fiskfällan i isrännan kontrollerades dagligen. Den sista registrerade tömningen av fällan var den 25:e maj. För att uppskatta effektiviteten hos åtgärderna vid anläggningen kategoriserades återfångad märkt fisk i fällan som passerade.

Studierna genomfördes med tillstånd från Djurförsöksetiska nämnden (Göteborg, M197-09 och 85-2013).

Dataanalys

För att beräkna medelvattenföring över de dygn som individerna tillbringade mellan utsättning vid Mariebergssdammen och passage vid pumphuset användes vattenföringsdata från mätstation 186 i Mörrum (SMHI 2018; Fig. 1).



Figur 1. Mörrumsåns vattenföring och vattentemperatur under maj månad för åren 2010 och 2011 uppmätt vid en mätstation i Mörrum.

För att beräkna tidsåtgång mellan passage och referensgrupperna korrigerades inte avståndet av 220 meter eftersom sträckan till pumphuset var okänt.

För att modellera tiden för passage till pumphuset användes linjär regression med tiden i dygn mellan utsättning vid Marieberg och passage vid pumphuset som beroende variabel. Som förklarande variabler användes utsläppsplats, vikt, medelvattenföring under individuell migrationsperiod, uppskattad smoltifieringsgrad och vattentemperaturerna vid utsläpp och vid passage av pumphuset. Modellen framställdes genom baklängeseliminering där variabeln med högst p-värde eliminerades inför ny anpassning av reducerad modell (Kutner et al. 2005). Elimineringen avslutades då alla kvarvarande förklarande variabler var signifikanta. För databehandling och dataanalys användes R version 3.5.0 (R Core Team, Wien, 2018).

Resultat

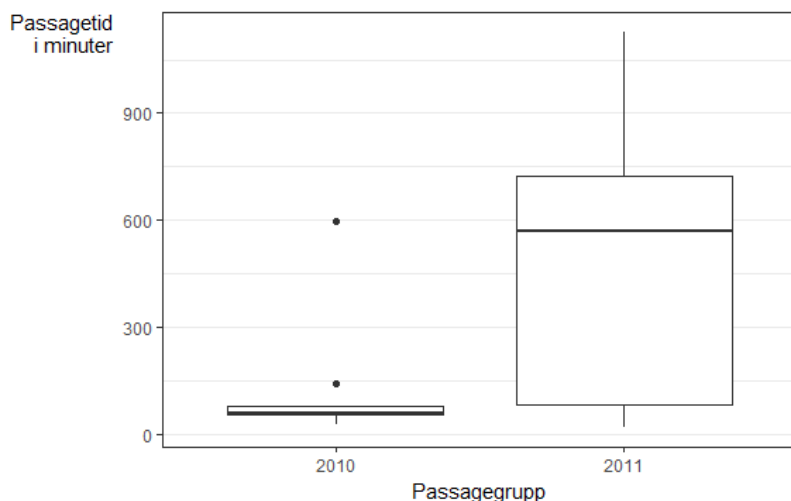
Marieberg

Totalt återutsattes 48 smolt ut vid Mariebergssdammen. Det fanns ingen skillnad mellan passagegrupperna ($n = 22$) och referensgrupperna ($n = 26$) sammantaget för båda åren 2010 och 2011 varken i medellängd (142 respektive 147 mm, $t = -1,35$, $df = 45.3$, $p = 0,183$), medelvikt (23,7 respektive 26,3 g, $t = -1,44$, $df = 46$, $p = 0,157$). Däremot fanns skillnader mellan grupperna som återutsattes ut ovan dammen mellan åren 2010 ($n = 10$) och 2011 ($n = 12,0$) i båda variablerna: medellängd 2010 var 151,9 mm och 2011 var 134,3 mm ($t = 5.04$,

df = 19.0, $p < 0,001$) samt medelvikten 2010 var 27,6 g och medelvikten 2011 var 20,4 g ($t = 3.76$, df = 17.0, $p = 0,002$).

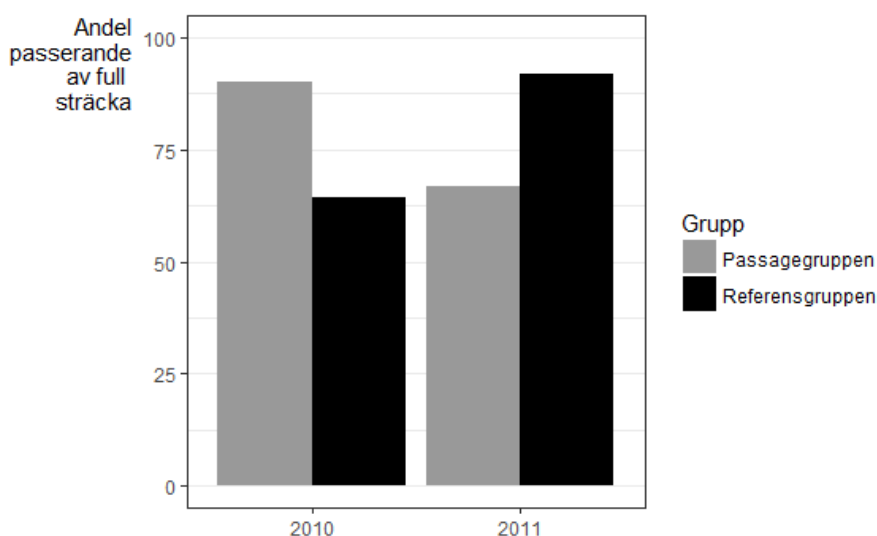
Passagefrekvensen för passagegruppen 2010 var 90 procent och för passagegruppen 2011 var 91,7 procent. Det fanns ingen skillnad i passagefrekvens mellan passagegrupperna 2010 och 2011 (Fishers exakta test, $p = 1$).

Tiden för passage av Mariebergssdammen för passagegruppen 2010 ($n = 9$) varierade mellan 27 och 599 minuter med medeltiden 126,9 minuter och medianen 59 minuter. Tiden för passage av Mariebergssdammen för passagegruppen 2011 ($n = 11$) varierade mellan 19 och 1128 minuter med medeltiden 451,5 minuter och medianen 570 minuter. Det fanns ingen signifikant skillnad i tiden för passage av Mariebergssdammen för passagegrupperna (Mann-Whitney U-test, $U_{9, 11} = 28$, $p = 0,112$), men ändå en tendens mot att individerna under 2010 passerade dammen snabbare än vad individerna gjorde under 2011 (Fig. 2).



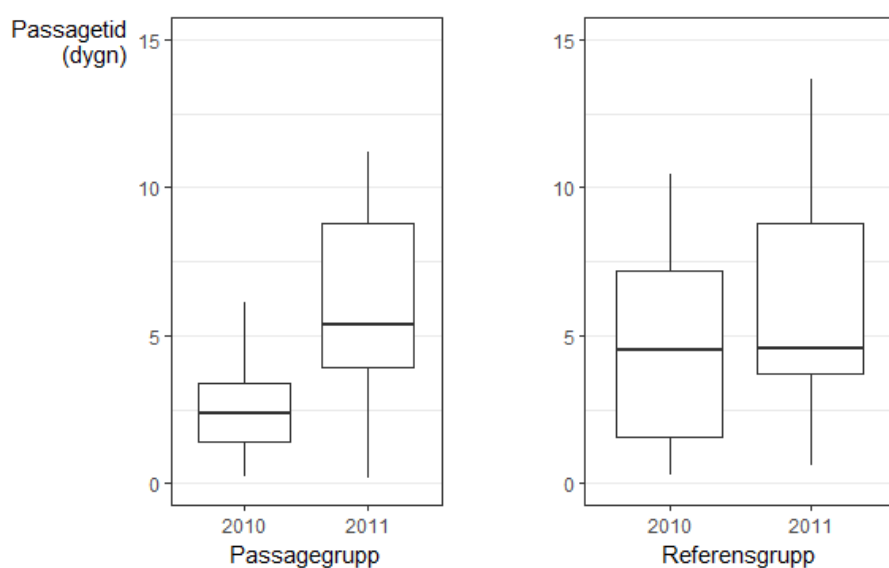
Figur 2. Tid i minuter hos radiomärkt laxsmolt under två efterföljande år i Mörrumsån från återutsättning 200 meter uppströms om Mariebergs vattenkraftverk tills de passerade anläggningen via spillvägen.

Av den totala mängden av laxsmolt ($n = 47$) som användes vid försöket passerade 77,1 procent pumphuset. Andelen laxsmolt i passagegruppen som passerade pumphuset 2010 var 90,0 procent och 2011 passerade 66,7 procent pumphuset. Andelen smolt i referensgruppen som passerade Pumphuset 2010 var 64,3 procent och 2011 passerade 91,7 procent (Fig. 3). Det fanns ingen skillnad i frekvensen av smolt som nådde pumphuset mellan smolt i passagegruppen och referensgruppen varken 2010 eller 2011 (Fishers exakta test, $p = 0,341$ respektive $p = 0,317$).



Figur 3. Andel radiomärkt smolt under 2010 och 2011 som efter återutsättning migrerade nedströms från Mariebergssdammen i Svängsta till en mätstation cirka 1 km söder om Mörrum. Passagegrupperna återutsattes uppströms om dammen vilket medförde att de tvingades passera kraftverksdammens spilluckor medan referensgruppen återutsattes nedanför dammen.

Medeltiden mellan återutsättning och passage vid pumphuset för passagegruppen 2010 var $2,50 \pm 0,64$ (standardfel) dygn, och 2011 $5,74 \pm 1,40$ dygn (Fig. 4). Medeltiden mellan återutsättning och passage vid pumphuset för referensgruppen 2010 var $5,00 \pm 1,16$ dygn, och under 2011 var $5,97 \pm 1,27$ dygn. Det fanns ingen skillnad mellan tiderna mellan återutsättning av passagegruppen och referensgruppen till passage vid pumphuset för varken för 2010 ($t = -1,886$, $df = 12,397$, $p = 0,083$) eller för 2011 ($t = -0,119$, $df = 15,785$, $p = 0,907$).



Figur 4. Tid för passage mellan återutsättning av radiomärkt nedströms migrerande laxsmolt vid Mariebergssdammen i Svängsta till en mätstation ca 0,3 km söder om Mörrum. Passagegrupperna tvingades passera kraftverksdammen medan referensgruppen återutsattes 20 meter nedströms om dammen.

Den slutgiltiga regressionsmodellen reducerades i 4 steg i ordningen smoltifieringsgrad ($p = 0,771$), vattentemperatur vid passage av pumphuset ($p = 0,289$), återutsättningsplats ($p = 0,365$) och vikt ($p = 0,372$). I den slutliga modellen återstod 2 variabler, Medelvattenföring under dygnen individen tog sig från Marieberg till pumphuset samt vattentemperaturen då individen återutsattes (Tabell 1).

Tabell 1. Multipel regressionsmodell som skapades genom baklängeseliminering av en full modell med sex variabler. Modellen beskriver radiomärkt laxsmoltens migrationstid i antal dygn från Mariebergs vattenkraftverk i Svängsta till Pumphuset strax söder om Mörrum beräknat i antal dygn, Noteras bör i sammanhanget att utsättningsställe för smolt eliminerades i steg 3 av 4.

Variabel	b	SE	F	P
Medelvattenföring under migrationsdygnen	-1,021	0,224	9,80	0,003
Vattentemperatur vid återutsättning	-1,904	0,536	12,6	0,001

Ekvationen för den slutgiltiga modellen var $Y = 55,45 - 1,02b_1 - 1,9b_2$ ($F_{2,34} = 11,2$, $p < 0,001$, $r^2 = 0,397$) där Y avser migrationstiden i dygn, b_1 avser medelvattenföringen under migrationsdygnen och b_2 avser vattentemperatur vid återutsättning.

Övre Hemsjö

Vid Övre Hemsjö återutsattes 15 smolt varav 14 var öringar och 1 lax. Längden på smolten varierade mellan 123 och 211 mm med medellängden 175 mm. Andelen återutsatt smolt som passerade dammen och in till fiskfällan var 26,7 procent med ett konfidensintervall av $\pm 22,4$ procent. Alla återfångade individer var öringar.

Diskussion

Resultatet visar att det inte fanns någon skillnad mellan 2010 och 2011 i passagefrekvens för de fiskar som återutsattes uppströms av dammen i Marieberg. Det fanns dock en tendens för att det tog olika lång tid för passagegrupperna beroende på år, även om skillnaden inte var signifikant. Mörrumsåns vattenföring sjönk strax efter återutsättningen av passagegruppen 2011 (Fig. 1 och 2) och möjligen kan det vara en bidragande orsak. Att vattenföringen är viktig för smolten förflyttning är välbelagt (MacCormick et al. 1998) och regressionsmodellen som anpassades stödjer också förklaringen. Den stora variationen i tid innan passage av dammen är svårare att förklara. Eventuellt beror det på individuell anpassning och återhämtning från radiomärkning och behandling. Olikheter med avseende på anpassning och återhämtning kan bero på att olika personal utförde studierna 2010 och 2011.

Längs sträckan från Mariebergsdammen till pumphuset förlorades cirka 10 procent av smolten, men det fanns ingen skillnad mellan passagegrupperna och referensgrupperna i frekvensen laxsmolt som nådde pumphuset. Det antyder att passagen via spilluckorna vid Mariebergsdammen inte gett någon betydande effekt för smoltens förmåga för vidare migration. Det fanns ingen skillnad i tidsåtgång för vandringen från Mariebergsdammen till Pumphuset mellan passagegrupperna och referensgrupperna. Det antyder att Mariebergsdammen inte är ett betydande hinder i fördröjningsavseende. Modellen över vad som påverkade migrationstiderna från Marieberg till pumphuset visade att temperaturen vid

återutsättning samt vattenföring var viktiga, vilket överensstämmer med tidigare undersökningar (MacCormick et al. 1998). I Marieberg tycks öppnandet av spilluckorna vara en funktionell lösning för att underlätta smoltens passage av kraftverket. Även om en passagefrekvens på omkring 90 procent är något lågt jämfört med de 95 procent som i amerikanska studier klassas som tillräckligt effektiva, då dock med avseende på uppströmsmigration (Rivinoja et al. 2010). En hög effektivitet hos varje anläggning är viktig eftersom antalet individer som passerar flera anläggningar sjunker multiplikativt med den allmänna passageeffektiviteten. På så sätt kan enstaka dåligt fungerande anläggningar bland flera ha stor effekt på andelen passerande individer (Porcher & Travade 2002; Norrgård et al. 2012).

Vid Övre Hemsjö passerade 27 procent av den märkta smolten kraftverksdammen in till isrännan. Det bör betraktas som ineffektivt eftersom det kraftigt reducerar andelen passerande smolt och därmed också potentiellt andra ansträngningar för att förbättra smoltens nedströmspassage. Under undersökningstiden uppskattades vattenmängden vara cirka $1 \text{ m}^3/\text{s}$ genom fiskpassagen samtidigt som den totala vattenföringen genom Övre Hemsjö kraftverk var cirka $19,3 \text{ m}^3/\text{s}$. En potentiell åtgärd för att öka andelen passerande smolt i befintligt system kan vara att öka vattenmängden genom passageanläggningen och en sådan undersökning vore intressant. Sett till andel spillvatten (5 procent) jämfört med de 100 procent spillvatten som passerade Marieberg så kan åtgärderna Övre Hemsjö betraktas som effektiva med hänsyn tagen till den relativa spillmängden. Dock är en sådan jämförelse inte helt relevant eftersom åtgärder ofta är platsspecifika. Hur mycket vatten som kan gå genom fiskpassagen vid Övre Hemsjö begränsas av den isränna som används för att förflytta passerande fisk. Storleken på rännan gör att det troligtvis inte är möjligt att som i Marieberg låta allt vatten passera genom spilluckan. För att ytterligare analysera lösningen vid Övre Hemsjö skulle kanske separata utvärderingar behövas för ytlänsen som avledare och spilluckan som flyktöppning. Då skulle det finnas möjlighet att enskilt utvärdera attraktions-, ingångs- och passageeffektivitet och enklare fortskrida med eventuella åtgärder. Att använda ytlänsar som avledare för öringssmolt har tidigare gjorts bland annat i Emån av Greenberg et al. (2012) där två separata anläggningar undersöktes. Avledningseffektiviteten hos dessa var 0 respektive 53 procent och där föreslås att man överväger andra metoder för att säkerställa en tillräckligt effektiv smoltpassage. Eventuellt kan mindre bra vägledningsegenskaper hos ytlänsar bero på att man underskattar spridningen hos smolt i vattenmassorna (Svendsen et al. 2007) Det finns dock lösningar med ytläns som når en betydligt högre effektivitet (Larinier & Travade 2002) och på vissa platser kan en sådan enkel lösning trots allt förbättra smoltöverlevnaden.

Under 2018 planeras en påbörjad rivning av dammen vid Mariebergs vattenkraftverk i med syfte att förbättra miljön och minska antalet vandringshinder för organismer i Mörrumsån. Vattenfåran kommer efter rivningen även att restaureras. Resultatet från denna undersökning kan assistera utvärderingen av rivningen och restaureringen. Efter en rivning av en damm ska dock inte sektionen betraktas som naturlig eftersom installationen potentiellt har påverkat exempelvis vattenkemi och substrat för överskådlig framtid (Porcher & Travade 2002) och troligtvis är vissa förändringar permanenta även efter restaurering.

Löpande utvärderingar av passageåtgärder är inte vanliga (Calles et al. 2012; Rivinoja & Brydolf 2015) trots att löpande utvärderingar av fiskvägar är viktigt av flera anledningar: effektiviteten hos en passagelösning kan variera med förändringar i exempelvis omgivande

miljöfaktorer och skötsel av- och driftförändringar i vattenkraftverket. Det är även betydelsefullt för att öka förståelsen för mönster i migrationen och beräkning av fiskbestånd (Travade & Larinier 2002). Att meddela passagelösningars funktion är viktigt för att överföra kunskap mellan platser och projekt för både vägledning och undvikande av tidigare misstag. För att minska påverkan på fiskbestånden är samlad biologisk och teknisk information från existerande passagelösningar också en grund för utveckling av framtida metoder för att underlätta passager för migrerande fisk.

Referenser

- Ackefors, H., Johansson, N. & Wahlberg, B. 1991. The Swedish compensatory programme for salmon in the Baltic: an action plan with biological and economic implications, ICES Marine Science Symposia 192: 109-119.
- Calles, O., Degerman, E., Wickström, H., Christiansson, J., Gustafsson, S. & Näslund, I. 2013. Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar, Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:14
- Calles O., Karlsson, S., Hebrandd, M. & Comoglio, C. 2012. Evaluating technical improvements for downstream migrating diadromous fish at a hydroelectric plant, *Ecological Engineering* 48: 30–37
- Calles, O., Rivinoja, P. & Greenberg, L. 2013. *A Historical Perspective on Downstream Passage at Hydroelectric Plants in Swedish Rivers*, in Maddock, I., Harby, A., Kemp, P. & Wood, P. *Ecohydraulics: An Integrated Approach*, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2012.
- Greenberg L. A., Calles, O., Andersson, J. & Engqvist, T. 2012. Effect of trash diverters and overhead cover on downstream migrating brown trout smolts, *Ecological Engineering* 48: 25–29
- Jepsen, N., Koed, A., Thorstad, E.B. & Baras, E. 2002. Surgical implantation of telemetry transmitters in fish: how much have we learned? *Hydrobiologia* 483: 239–248
- Kullander, S. O., Nyman, L., Jilg, K. & Dellling, B. 2012. *Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii*. Artdatabanken, SLU, Uppsala.
- Larinier, M. & Marmulla, G. 2004. Fish passes: types, principles and geographical distribution—an overview. I : Welcomme, R.L., Petr, T. (Eds.), *Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries Volume II*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand
- Larinier M. & Travade F. 2002. Downstream migration: problems and facilities. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 364: 181–207
- 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* 55 (Suppl. 1): 77–92
- Norrgård, J. R., Greenberg, L. A., Piccolo, J. J., Schmitz, M. & Bergman, E. 2013. Multiplicative Loss of landlocked Atlantic salmon *salmo salar* l. smolts during downstream migration through multiple dams, *River Research and Applications*. 29: 1306–1317
- Olsson, I., Greenberg, L. A., Bergman, E. & Wysujack, K. 2006. Environmentally induced migration: the importance of food, *Ecology Letters*, 9: 645–651

- Piccolo, J. J., Norrgård, J. R., Greenberg, L. A., Schmitz, M. & Bergman, E. 2012. Conservation of endemic landlocked salmonids in regulated rivers: a case-study from Lake Vänern, Sweden, *Fish and Fisheries*, 13: 418–433
- Porcher, J. P. & Travade, F. 2002. Fishways: Biological Basis. Limits and Legal Considerations. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 364: 9–20
- Rivinoja, P. & Brydolf, E. 2015. Effekter av faunapassager En sammanställning med fokus på fiskvägar i Norden, SWECO rapport med uppdragsnummer 1655133000.
- Rivinoja, P., Calles, O., Thorfve, S., Lundqvist, H. & Leonardsson, K. 2010. Assessment of potential passage probabilities and reproduction areas for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the fragmented regulated River Ljusnan -A baseline of hypothetical scenarios for eco-eco analyses, Umeå, SLU, rapport nr 2, 2010
- SMHI's Vattenwebb. 2018. Station 186, Hämtad 2018-05-22, från: <https://vattenwebb.smhi.se/station>
- Svendsen, J. C., Eskesen, A. O., Aarestrup, K., Koed, A. & Jordan, A. D. 2007. Evidence for non-random spatial positioning of migrating smolts (Salmonidae) in a small lowland stream, *Freshwater Biology* 52, 1147–1158
- Travade, F. & Larinier, M. 2002. Monitoring Techniques for Fishways, *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 364: 166 - 180