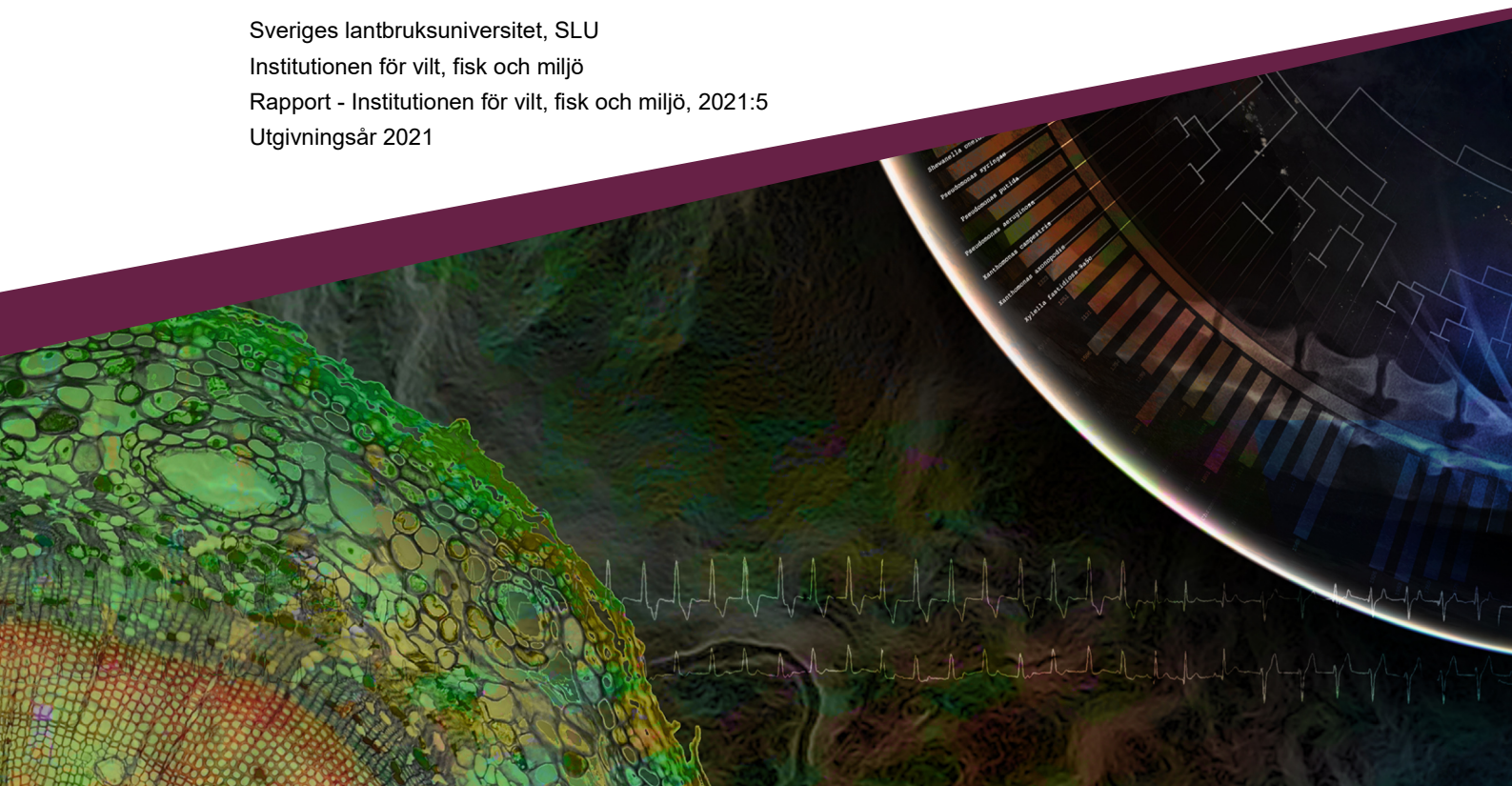




Flödets inverkan på laxarnas vandring i naturfåran nedströms dammen i Norrfors, nedre Umeälven

Kjell Leonardsson

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för vilt, fisk och miljö
Rapport - Institutionen för vilt, fisk och miljö, 2021:5
Utgivningsår 2021



Flödets inverkan på laxarnas vandring i naturfåran nedströms dammen i Norrfors, nedre Umeälven

Kjell Leonardsson

Sveriges lantbruksuniversitetet, institutionen för vilt, fisk och miljö

Redaktör: Kjell Leonardsson, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för vilt, fisk och miljö
Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö
Utgivningsår: 2021
Utgivningsort: Umeå
Serietitel: Rapport – Institutionen för vilt, fisk och miljö
Delnummer i serien: 2021:5
Nyckelord: Anlocking, smolt, spillflöde, telemetri, vandringsbeteende.

Flödets inverkan på laxarnas vandring i naturfåran nedströms dammen i Norrfors, nedre Umeälven

1 Sammanfattning

Syftet med denna rapport har varit att utvärdera hur flödena genom Stornorrfor kraftverk och spill via Norrforsdammen i nedre Umeälven påverkar laxvandringen till och från lekområdena i Vindelälven. Som underlag till utvärderingen har data och resultat från tidigare års märkstudier (1995-2019) använts tillsammans med flödesdata. I tidigare studier har tre specifika problem lyfts fram, anlockningen till naturfåran från sammanflödet, passagen av Baggböleforsen och anlockningen av nedströmsvandrande lax till fisktrappan. Efter att dessa rapporter skrevs har Baggböleforsen åtgärdats genom att man sprängt ut en kanal och gjutit en pooltrappa i betong.

Fyra specifika frågeställningar har försökt besvarats i denna rapport. En sammanfattning av resultaten ges direkt i anslutning till respektive frågeställning.

1) Hur påverkas anlockningen av uppströmsvandrande lax till naturfåran av flödessituationen i sammanflödesområdet?

Strömhastigheten i naturfårans mynning är mycket låg, ca 0,2 m/s vid 50 m³/s spill. Det skulle behövas betydligt högre spill för att motivera laxarna att prioritera bort huvudfåran där strömhastigheten vanligen är 1-2 m/s. Studierna visar dock att andelen lax som tar sig från sammanflödet till naturfåran ökar under perioder med ökad andel spill trots den låga strömhastigheten. Förklaringen till detta tycks vara att många av laxarna fortsätter att söka i området och till slut hittar de upp till Baggböleforsen där strömhastigheten ger god anlockning. Vid höga flöden genom kraftverket tar det vanligen längre tid för laxarna att välja naturfåran. Ett resultat som framkommit i samband med sammanvägning av resultat från märkstudierna är att storvuxna laxhonor som vanligen kommer tidigare än hanarna tycks missgynnas av den låga andelen spill före mitten av juni.

2) Hur påverkar spillflödet uppströmsvandringen i naturfåran?

De laxar som väljer naturfåran möter i dagsläget inte några vandringshinder så länge som spillflödena är under 50-100 m³/s. Vid högre spillflöden kan partiella vandringshinder uppstå men vid flöden på flera hundra m³/s öppnas nya vandringsvägar. Vid normala spill på mellan 20 och 50 m³/s tar vandringen från Baggböleforsen till Laxhoppet ca 2-3 dygn. Fisktrappans funktion har utvärderats i en separat rapport och berörs inte här.

3) Hur påverkar flödessituationen anlockningen till fisktrappan i Norrfors av nedströmsvandrande lax och öring?

Av de nya studier som gjorts av nedströmsvandringen med hjälp av akustisk telemetri har ledarmens funktion visat sig vara densamma som i tidigare undersökningar. Det som framkommit i de senare undersökningarna är att en del av problemet med låg anlockning beror på att en del av fiskarna dyker under ledarmen istället för att följa den in mot flyktöppningen som skulle leda dem till fisktrappan. Avledningseffektiviteten uppgår till ca 3-5 % för smolt och mindre än 1 % för kelt. Resten passerar via Stornorrfor kraftverk, med ca 10-15 % dödlighet för smolt och ca 50-80 % dödlighet för kelt (utlekt lax).

4) Hur påverkar flödessituationen i naturfåran nedströmsvandringen i naturfåran?

Spillflödets effekt på nedströmsvandringen i naturfåran har endast utvärderats för odlad smolt och där har höga förluster, upp mot 50 %, uppmätts på 10 m³/s spill. Vid spill på 23 m³/s har smoltförlusterna varit

lägre, ca 10-20 %. Orsaken till förlusterna antas vara till följd av predation från måsar och gäddor, men det kan inte uteslutas att en del av de odlade smolten väljer att stanna i naturfåran. Inga studier har gjorts med nedströmsvandrande kelt i naturfåran, men dessa är inte utsatta för predation från måsar på samma sätt som smolt och flödessituationen för nedströmsvandrande kelt borde därför inte vara något problem. Det finns dock en del av året när naturfåran inte är vandringsbar, vare sig i uppströms- eller nedströmsriktning, och det är under perioden 1 oktober-19 maj när det inte spills något vatten utöver de 0,3 m³/s som passerar via fiskodlingen. Dock uppstår vanligen ett flertal perioder under vintersäsongen när naturfåran blir vandringsbar, dvs flödet överskrider ca 2 m³/s, och det är i samband med varmt väder som sätter fart på snösmältningen i anslutning till naturfåran och biflödena.

2 Förord

Undersökningen som presenterats i denna rapport har gjorts på uppdrag av Vattenfall Vattenkraft AB.

3 Bakgrund

Naturfåran nedströms dammen i Norrfors utgörs av den ursprungliga huvudfåran av Umeälven, där allt vatten från Ume- och Vindelälven passerade innan Stornorrfor kraftverk togs i drift 1958. Under juni när vårfloden vanligen inträffade var medelflödet ofta över 1500 m³/s och 10-årsflöden upp mot 3000 m³/s förekom (data från SMHI, perioden 1941-1950). Hur stora flödena var långt bakåt i tiden är okänt, men flöden på flera tusen m³/s har utan tvekan bidragit till att utforma fåran och dess bottensubstrat nedströms dammen. Den renspolade miljön i stora delar av naturfåran gör att habitat för lek- och yngeluppväxtområden för lax och havsöring saknas i stor utsträckning (Rivinoja *et al.* 2021). Naturfårans betydelse för lax och havsöring i dagsläget är därför nästan uteslutande en miljö de behöver passera i sin vandring till och från lek- och uppväxtområdena i Vindelälven och dess biflöden, eller i naturfårans biflöden Idebäcken och Smörbäcken (främst havsöring).

1926 anlades en reglerdamm i Norrforsen vid bygget av Norrfors kraftstation. 1933 försågs dammen med en fisktrappa vilken var i drift fram till tillkomsten av Stornorrfor kraftverk 1958 (Bild 1). En ny fisktrappa togs i drift 1960 för att 2010 ersättas med en ny när den gamla fisktrappan behövde ge plats för ytterligare en utskovslucka av dammsäkerhetshöjande skäl. I samband med att Vattenfall byggde den nya fisktrappan lät de även konstruera en ledarm som placerades i huvudfåran uppströms fisktrappan för att underlätta för nedströmsvandrande lax och öring att hitta fisktrappan för att kunna nyttja den för nedströmspassage.



Bild 1. Norrfors reglerdamm med laxtrappan som anlades 1933. Foto: Vattenfall

I och med tillkomsten av Stornorrfors kraftverk ändrades flödessituationen radikalt nedströms dammen eftersom merparten av vattnet därefter passerar via kraftverket. Fram till 1984 var kraftstationen bestyckad med tre turbiner med en sammanlagd slukförmåga på ca 680 m³/s. 1985 tillkom ännu en turbin som ökade slukförmågan till totalt ca 1 000 m³/s. Tillkomsten av den fjärde turbinen tycks dock inte ha påverkat laxarnas vandring nämnvärt. Vid utvärdering av laxarnas vandringsmönster i fisktrappan, perioden 10 år före den fjärde turbinen togs i bruk jämfört med de 10 efterföljande åren, kunde man inte se några signifikanta förändringar i timingen eller säsongsmönstret i vandringen (Rivinoja *et al.* 2001).

Nuvarande vattendom föreskriver ett årligt kontinuerligt spill till naturfåran från och med 20 maj till och med 30 september. Under perioden 20 maj till och med 15 juni är spillet 10 m³/s, från 16 juni till 31 aug har den dominerande spillregimen utgjorts av 23 m³/s under vardagar och 50 m³/s under helgdagar. Från och med 1 september har spillet sänkts till 15 m³/s under vardagarna. Under senare år har andra alternativ till helgspillen på 50 m³/s testats varav en del av nattspillet omfördelats till dagspill då merparten av laxarna är aktiva, för att få ut mesta möjliga lockvatten av den tillgängliga volymen. Under ungefär hälften av åren sedan 1995 har det förekommit perioder med betydligt högre spill under vandringssäsongen än vad vattendomen föreskriver. Flera av de högflödesspill som förekommit under årens lopp sedan tillkomsten av Stornorrfors kraftverk har varit över 1000 m³/s, vilket orsakat erosion av bottenstrat och strandzonen, bland annat i sammanflödesområdet (Bild 2).

Under perioden 1 oktober-19 maj förekommer det inte något kontinuerligt spill till naturfåran utöver de ca 0,3 m³/s som kommer från fiskodlingen. Av den anledningen blir nedströmsvandringen för öring som lekt i biflödena till naturfåran antingen beroende av tillräckliga smältvattenflöden under vintern eller tillfälliga spill från dammen. I frånvaro av sådana flödesperioder under vintern blir de utlekta öringarna och även de laxar som inte hann lämna naturfåran före den 1 oktober beroende av övervintring i naturfåran. Förekomst av

övervintrande lax och öring i naturfåran bakåt i tiden bekräftas av det populära fisket efter ”överståndare” när sportfisket tidigare öppnades i naturfåran den 1 maj, dvs innan spillet påbörjades. Numera har fiskereglerna ändrats så att fisket inte är tillåtet före den 20 maj, det datum när spillet återupptas.



Bild 2. De höga spillflödena i samband med vårflooder har förändrat sammanflödesområdets utformning sedan tillkomsten av Stornorrfors kraftverk. I bilden till vänster som visar förhållandet kort efter tillkomsten av Stornorrfors kraftverk och där syns även flödesplymen från timmerrännan. Foto: Vattenfall

Det har genomförts ett flertal telemetristudier sedan 1995 för att belägga vandringsframgången för lekvandrande lax i naturfåran (Lundqvist *et al.* 2008, Rivinoja *et al.* 2009, Leonardsson *et al.* 2013, Leonardsson *et al.* 2021, se tabell 1 för en mer komplett lista). I genomsnitt har vandringsframgången från sammanflödesområdet till passage av fisktrappan varit omkring 30 %, med den högsta vandringsframgången på drygt 60 % som noterades under 2013. Cirka 20 % av de laxar som märkts i älvmynningen har inte registrerats upp mot Umeå och sammanflödesområdet och den nivån har varit ungefär densamma i alla studier (Lundqvist *et al.* 2008). Det har även gjorts utvärderingar av ledarmens funktion, men i samband med dessa studier gjordes ingen uppföljning av vandringsframgången för nedströmsvandrande fisk i naturfåran (Lundqvist *et al.* 2014). Däremot har det gjorts försök där man följt odlad smolt i samband med nedströmsvandringen från fiskodlingen i Norrfors genom naturfåran och ut mot havet (Persson *et al.* 2018). I denna studie varierade vandringsförlusterna från närmare 80 % vid låga spill (10 m³/s) till 10-20 % vid spill över 20 m³/s. Orsaken till förlusterna fastställdes inte i studierna, men predation på smolt av måsar och gäddor förekommer i naturfåran. Ytterligare en tänkbar förklaring till förlusterna, speciellt vid låga flöden är att en del av de odlade smolten hinner bekanta sig med miljön och kan välja att stanna i lämpliga habitat. En del av de odlade smolten vandrar uppströms istället för nedströms, vilket har bekräftats av att märkt smolt registrerats för uppströmsvandring i fisktrappan i Norrfors.

Syftet med denna rapport har varit att sammanställa den kunskap som finns i form av tidigare rapporter och insamlade data för att analysera hur flödena i älven, naturfåran och via kraftverket, påverkar fiskvandringen genom naturfåran. Eftersom det vid ett flertal tillfällen gjorts åtgärder för att underlätta vandringen har också förutsättningarna för de vandrande fiskarna ändrats över tid och resultaten från flera av de genomförda telemetristudierna är därför inte helt jämförbara. Utvärderingen i denna rapport avser förutsättningarna både för uppströms- och nedströmsvandring av lax och öring, även om majoriteten av de märkta fiskarna i telemetristudierna utgjorts av lax. Dessa två arter betraktas som likvärda i detta system eftersom båda blir storvuxna, är duktiga simmare med likartade vandringsbeteenden och har ungefär samma lekperiod.

4 Frågeställningar

De frågeställningar som utvärderats i denna rapport rör anlockning av vandrande fisk i naturfåran samt vandringsmöjligheter i själva naturfåran. Både uppströms- och nedströmsvandringssituationen har utvärderats för att få svar på frågorna hur flödena påverkar anlockningen till och vandrigen i naturfåran. De specifika frågeställningarna har varit

- 1) Hur påverkar flödessituationen i sammanflödesområdet anlockningen av uppströmsvandrande leklax till naturfåran?
- 2) Hur påverkar flödesförhållandena i naturfåran möjligheten för uppströmsvandrande leklaxar att passera naturfåran i uppströmsriktning?
- 3) Hur påverkar flödessituationen i huvudfåran uppströms fisktrappan i Norrfors möjligheten för smolt och utlekt lax att hitta ingången till fisktrappan i samband med nedströmsvandringen?
- 4) Hur påverkar flödesförhållandena i naturfåran möjligheten för nedströmsvandrande fisk att ta sig ut till havet?

5 Metodik

5.1 Underlagsdata om fiskarnas vandringsbeteende

De underlag som ligger till grund för utvärderingen utgörs av tidigare rapporter samt data från dessa studier som rör vandringsstudier i området, från 1995 till 2020. Underlagen redovisas i Tabell 1 och uppgifter om märkningarna beskrivs i respektive rapport.

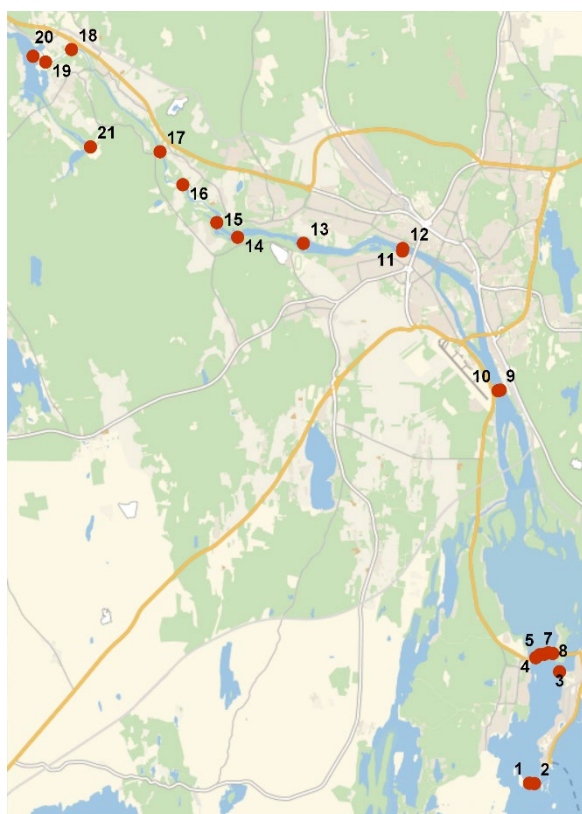
Tabell 1. Förteckning över tidigare undersökningar vars rapporter och data använts i utvärderingen i denna rapport. Data från 2012 års studie ingår ej i utvärderingen eftersom laxarna detta år fångades och märktes direkt nedströms dammen i Norrfors.

| År | Publikation |
|--------|-----------------------------------|
| 1995 | Carlsson <i>et al.</i> (1996) |
| 1996 | Perä & Karlström (1996) |
| 1997 | Rivinoja & Lundqvist (1998) |
| 1999 | Rivinoja & Lundqvist (2000) |
| 2001 | Rivinoja <i>et al.</i> 2002 |
| 2002 | Rivinoja <i>et al.</i> 2002 |
| 2003 | Lundqvist <i>et al.</i> (2008) |
| 2004 | Lundqvist <i>et al.</i> (2008) |
| 2005 | Lundqvist <i>et al.</i> (2008) |
| 2009 | Rivinoja <i>et al.</i> (2009) |
| (2012) | Leonardsson <i>et al.</i> (2013) |
| 2013 | Leonardsson <i>et al.</i> (2013) |
| 2014 | Leonardsson <i>et al.</i> (2021a) |
| 2017 | Leonardsson <i>et al.</i> (2021c) |
| 2018 | Leonardsson <i>et al.</i> (2021c) |
| 2019 | Leonardsson <i>et al.</i> (2021c) |
| 2020 | DCF (EU:s datainsamlingsprogram) |

5.2 Beskrivning av underlagsdata

I de studier vars resultat har utvärderats märktes laxarna vid kusten, i Obbola. Radiotelemetri användes fram till och med 2014. Därefter har akustisk telemetri använts. Metodiken för radiotelemetristudierna återges i Leonardsson *et al.* (2013) och metodiken för den akustiska telemetrin återges i Vikström *et al.* (2020). Därutöver har laxarna märkts med PIT-tags (passiva märken som läses av med scanner eller fast monterade läsare i fisktrappan). PIT-tag metodiken finns beskriven i Leonardsson *et al.* (2013).

För att registrera fiskarna i älven har loggrar funnits utplacerade i Gimonäs, centrala Umeå, Umedalen (Backen), sammanflödesområdet, Baggböleforsen, Laxhoppet, samt uppströms fisktrappan och vid kraftverksintaget. I samband med radiotelemetristudierna gjordes även manuella pejlingar längs älven. I samband med den akustiska telemetrin har betydligt fler loggerpositioner använts för att få en bättre bild av hur laxarna rör sig i nedre Umeälven i samband med uppströmsvandringen (Figur 1).



© OpenStreetMaps bidragsgivare

Figur 1. De huvudsakliga områdena där loggarna placerats i tidigare studier har markerats med röda fyllda cirklar. Positionerna i mynningsområdet, kring Obbola har endast haft loggrar under studierna med akustisk telemetri som utförts från och med 2017. Fyra av de områden som omnämns i rapporten är Sammanflödesområdet (15), Baggböleområdet (16), Laxhoppet (19) och fisktrappan (20).

Urval av data

För att kunna utvärdera laxarnas beteende med hjälp av telemetristudier behöver laxarna vara friska nog för att klara av den hantering som märkningen innebär och att därefter bete sig ”normalt”. Märkningen är en snabb process som inte tar mer än 1-2 minuter samtidigt som fisken förvaras i en vattenfylld ränna. Därefter återutsätts laxen omedelbart till havet. För en fullt frisk lax är det inga problem att klara denna hantering och sedan bete sig till synes normalt, vilket resultaten från 2013 års studie visar då 78 % av de radiomärkta laxarna nådde Laxhoppet, området strax nedströms fisktrappan.

Det går dock inte i förväg att veta i vilket tillstånd laxarna befinner sig i samband med en märkstudie. Men under märkningens gång noteras tecken på ohälsa såsom slöhet, svampangrepp, rodnader kring fenbaser och andra tecken på ohälsa. Begreppet vinglare har använts för att beskriva laxar som haft problem med balansen och detta beteende har noterats i märkprotokollen när det observerats. 2004 var ett år då en relativt stor andel av laxarna uppvisade ”problem” och detta år valdes de friskaste individerna ut för telemetrimärkning medan alla märktes med PIT-tag. Det året blev vandringsframgången nästan dubbelt så hög för de telemetrimärkta jämfört med för de PIT-tag märkta.

Under 1995, när M74-syndromet (tiaminbristen) var som mest påtaglig hos laxarna och deras avkomma, var det ingen av de 30 märkta laxarna som passerade Baggböleforsen. Sett så här i efterhand torde det resultatet säga mer om laxarnas hälsa än om vandringsproblemen i älven. Liknande resultat erhöles i samband med telemetristudierna 2017-2019 och PIT-tag

märkningarna 2020 då endast ett fåtal individer tog sig till fisktrappan. Under dessa senare år konstaterades också ökad dödlighet hos vuxna laxar i flera andra älvar, bl a i Torneälven. Veterinärmedicinska undersökningar har hittills inte kunnat identifiera någon enskild underliggande orsak men man har noterat något som kallas Red Skin Disease på många av laxarna (Weichert *et al.*, 2020, se även Axén *et al.* 2019).

För att minska risken att de resultat som framkommer i denna utvärdering ska bero på sviktande hälsa hos de märkta laxarna har resultaten från åren 1995, 2004 och 2017-2020 uteslutits vad gäller slutsatser om hur individerna betett sig i relation till flödessituationer i olika delar av älven.

Flödesdata

Vattenföringsdata har erhållits från Vattenfall för perioden 1995-2020 avseende spillflöden och turbinvattenföring. Flödesdata från biflödena Smörbäcken och Idebäcken hämtades från SMHIs vattenwebb (<https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>).

6 Resultat

6.1 Uppströmsvandring

Vandringsframgången från sammanflödet till passage av fisktrappan har i genomsnitt varit ca 32 % under de nio år som märkstudier genomförts när laxarna inte uppvisade tecken på nedsatt hälsa. Vandringsframgången blir lägre från älvmyningen eftersom endast ca 80 % av de märkta laxarna tar sig upp i älven mot sammanflödesområdet (Figur 4). Det är oklart om bortfallet på ca 20 % beror på hanteringen eller om det är den andel av populationen som av någon anledning väljer att avbryta lekvandringen av biologiska skäl, t ex otillräcklig könsmognadsgrad. Den högsta vandringsframgången noterades 2013 då 66 % av de märkta tog sig från sammanflödesområdet till passage av fisktrappan. Fram till 2013 var det ca 60-70 % av de laxar som kom till Laxhoppet vid fisktrappan som också passerade fisktrappan (Lundqvist *et al.* 2008). Den andelen är betydligt högre nu efter åtgärden 2014 mellan kammarrappan och diffusorn (Leonardsson 2021a). Det innebär att före 2013 var det ungefär hälften av laxarna som kom till sammanflödesområdet som hittade naturfåran och vandrade upp till Laxhoppet. Under 2013 var den andelen ca 88 %.

I var och en av de studier som gjorts tidigare (se Tabell 1) har antalet framgångsrika individer varit för lågt för att avgöra om det varit någon skillnad i vandringsframgång mellan olika kategorier av lax, t ex tidiga och sena, stora och små (MSW och grils) samt hanar och honor (MSW). Vid sammanslagning av data för perioden före 2014 då hälsoproblemen började märkas framgår att de stora honorna (MSW) har haft signifikant sämre vandringsframgång än de stora hanarna ($\chi^2=21,0$, $N=1400$, $p<0.05$). Vandringsframgången från sammanflödesområdet till passage av fisktrappan har i genomsnitt varit ca 30 % för honorna och 48 % för hanarna. Denna skevhet i könsfördelningen för vandringsframgången av märkt fisk torde också förekomma hos omärkt vild lax med flera havsvintrar. Det skulle i så fall förklara varför andelen honor med flera havsvintrar som passerat fisktrappan i Norrfors varit nästan hälften av motsvarande andel i Torneälven under de senaste 20 åren (ICES, 2020, figur 3.1.2.3). Anledningen till att denna skillnad inte varit lika påtaglig tidigare är det stora uttaget av lax i yrkesfisket som förekom i Östersjön fram till början av 2000-talet innan fiskekvoten sänktes påtagligt. Under perioden med högt fisketryck var det få laxar som överlevde flera havsvintrar i Östersjön. Orsaken till observerade könsskillnaden i uppvandringseffektivitet beror sannolikt på

att de storvuxna honorna kommer tidigare på säsongen än hanarna och att andelen spillflöde då är lägre än under huvuddelen av vandrings säsongen, se avsnitt 6.6.1 för utförligare förklaring.

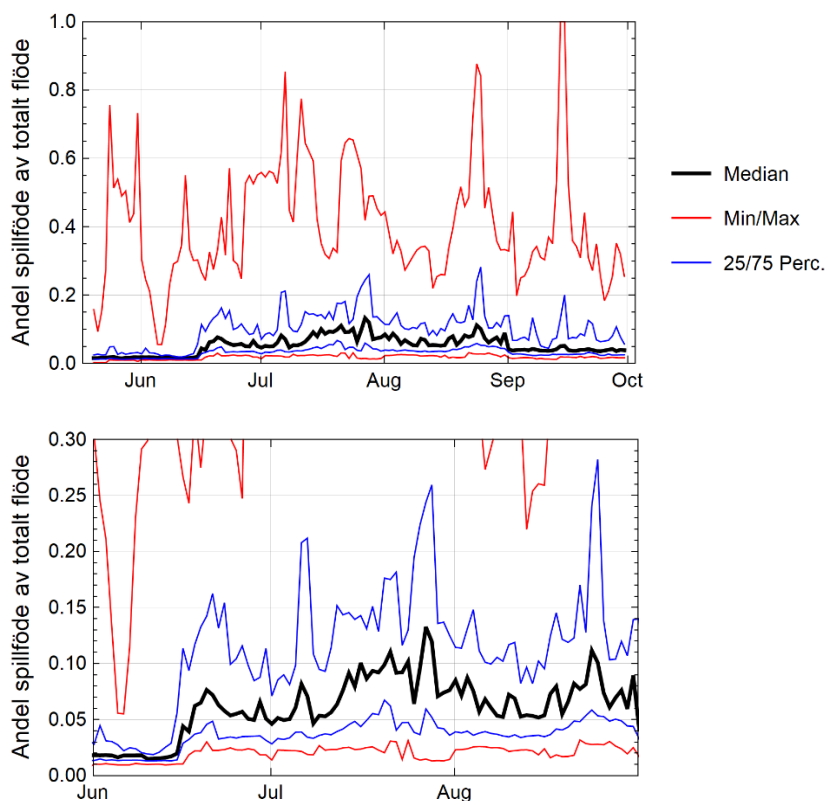
Vandringsförlusterna i nedre Umeälven har huvudsakligen förekommit i två områden, sammanflödesområdet och området i anslutning till fisktrappan (Lundqvist *et al.* 2008). Den åtgärd som genomförts för att förbättra anlockningen i fisktrappan, från diffusorn till kammartrappan, verkar ha löst en stor del av de problem som tidigare fanns i området i anslutning till fisktrappan (Leonardsson 2021a). I sammanflödesområdet har inga fysiska åtgärder vidtagits, men under årens lopp har ett antal olika spillflödesregimer prövats för att förbättra anlockningen till naturfåran. Hälsoproblematiken hos en stor del av laxarna har dock försvårat utvärderingen av såväl åtgärden i Baggböleområdet vintern 2016/2017 som effekten av de modifierade spillflödesregimerna. I följande avsnitt analyseras den samlade mängden telemetridata och flödesdata från sammanflödesområdet mer i detalj för att försöka få svar på hur turbinvattenföringen och spillet via naturfåran påverkar laxarnas möjlighet att hitta naturfåran.

6.1.1 Anlockning från sammanflödesområdet till naturfåran

I detta avsnitt ges först en övergripande beskrivning av laxarnas vandringsmönster, de flödes- och strömhastighetsförhållanden de möter när de kommer till sammanflödesområdet. Därefter redovisas dygnsaktiviteten och beteenderesponen på ändrade flödesförhållanden i huvudfåran respektive naturfåran, följt av en sammanställning av hur länge laxarna uppehåller sig i området vid olika flödessituationer. Avsnittet avslutas med en jämförelse av laxarnas förmåga att ta sig vidare till Baggböle, vandrings tid och -framgång, beroende på flödesförhållandena.

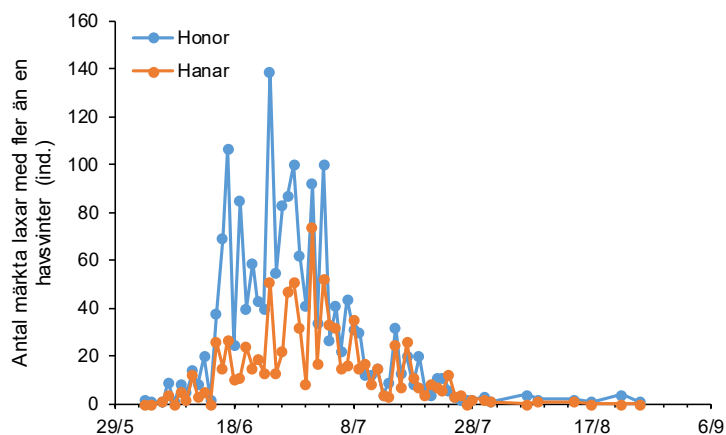
Märkningsdata antyder att laxarna anländer till Umeälvens mynning i slutet av maj och ankomsten av ny lax fortgår till några veckor in i augusti. Med varmare klimat förutspås tidigare uppvandring och tecken på det börjar redan komma i form av fångster av nystigen lax redan under de första veckorna av maj i de norrländska vildlaxälvarna. Säsongskurvans utseende kan dock skilja en hel del mellan år, speciellt i den senare delen av säsongen, beroende på hur mycket grils som återvänder från havet.

Flödet som laxarna möter varierar mellan år beroende på snömängden under föregående vinter samt temperatur- och nederbördsförhållanden under vandrings säsongen. Inom ramen för de rådande förutsättningarna bidrar vattenkraftproduktionen till flödessituationen. Vattenkraftens inverkan är speciellt påtaglig genom att skapa en dygnsvariation för att möta samhällets energibehov, men även genom korttidsvariation som har mer med behovet av regler- och balanskraft samt priset på el att göra. En konsekvens av det låga spillet i naturfåran under perioden 20 maj till 15 juni är att andelen spillflöde av det totala flödet ofta är lågt under den perioden (Figur 2). Laxarna som kommer till älven under den perioden har inte lika bra förutsättningar att hitta naturfåran som de som kommer senare.



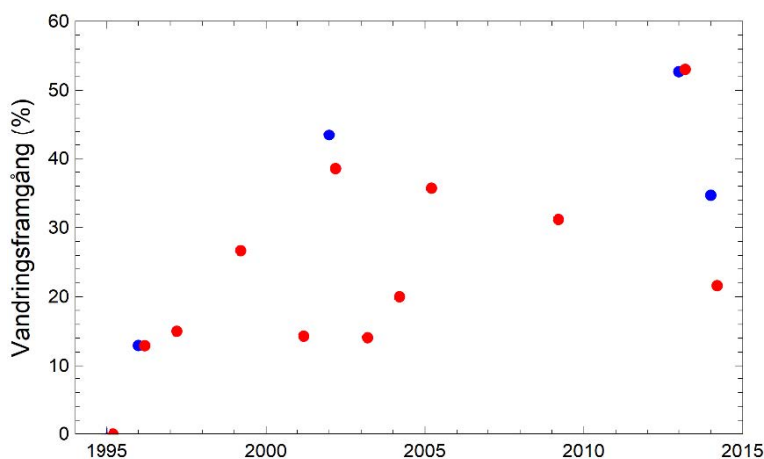
Figur 2. Flödesdata från perioden 1996-2013 visar att andelen vatten från naturfåran har varit mycket låg före mitten av juni liksom i september. Andelen har även varit något lägre under senare halvan av juni och början av juli jämfört med under senare delen under juli. De höga maxvärdena kommer främst från perioder med stora spill till naturfåran. Variationen per dag omfattar både variation inom dygnet och variation mellan år. Nedre figuren visar perioden juni-augusti med högre upplösning vid låg andel spillflöde. Perc. avser percentiler.

Majoriteten av laxhonorna som ingått i telemetristudierna under åren 1995-2013 märktes under juni månad (Figur 3), vilket innebär att de i större utsträckning än hanarna upplevde mindre andel spillflöde när de kom till sammanflödesområdet. Detta kan vara en del av förklaringen till varför de märkta laxhonorna hade sämre vandringsframgång än hanarna.



Figur 3. Majoriteten av de laxar som märktes under juni månad i telemetristudierna mellan 1995-2013 utgjordes av honor, vilket återspeglar könsfördelningen hos de laxar som fångades. Anledningen till att fördelningen ökar brant från mitten av juni beror framförallt på att flertalet märkstudier påbörjades då, inte att vandrings säsongen börjar då.

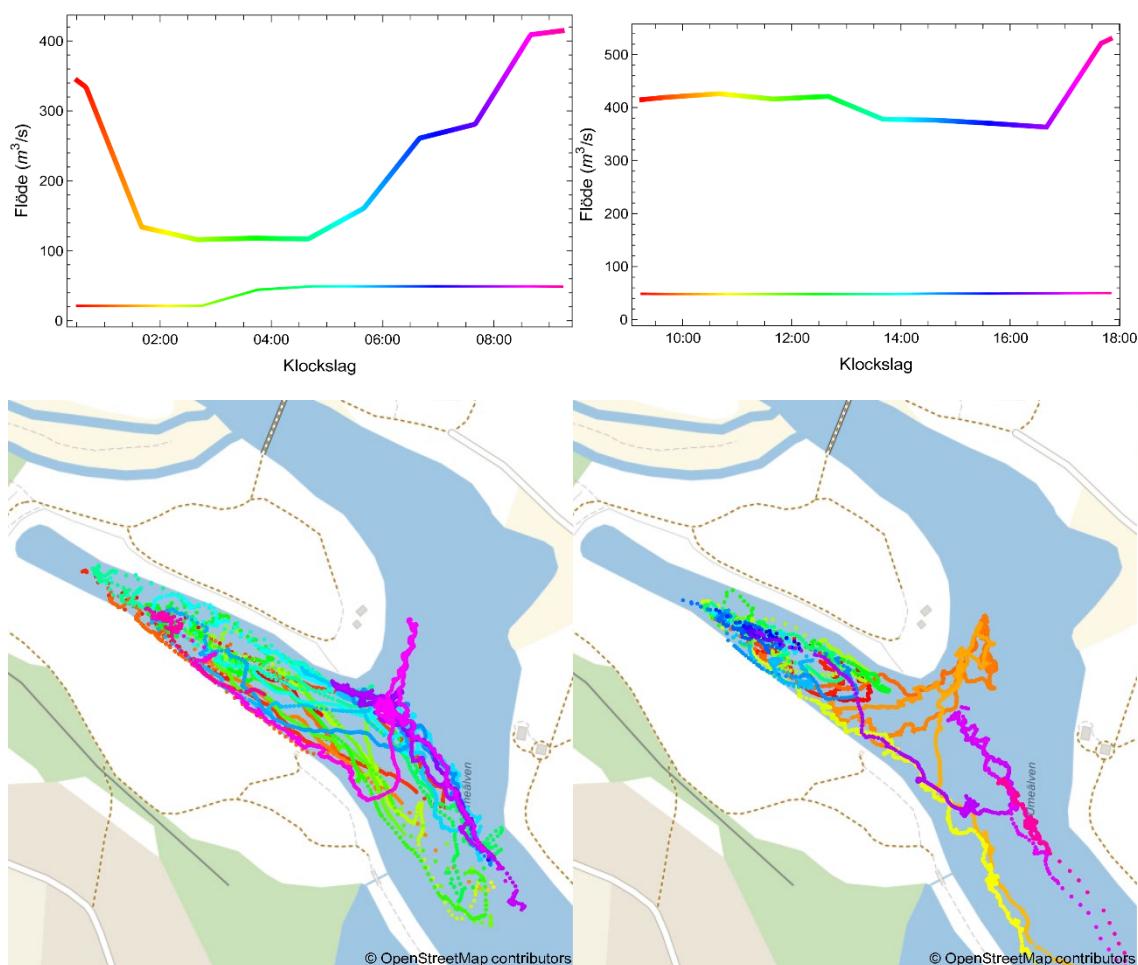
Den låga andelen spillflöde fram till mitten av juni förklarar även en del av skillnaderna i resultat mellan olika års telemetristudier eftersom märkningen på kusten vissa år påbörjades tidigt i juni. Det är framförallt resultaten från 2002 och 2014 som skiljer ut sig i det avseendet eftersom en större andel av laxarna märktes före mitten av juni dessa år jämfört med i de övriga telemetristudierna. Vandringsframgången var lägre dessa år då märkningen påbörjades tidigt i juni, innan spillet i naturfåran ökat från 10 till 23 m³/s (Figur 4). Utöver 2002 och 2014 förekom märkning före mitten av juni även 1996 och 2013. Under 1996 märktes 6 % (N=573) före mitten av juni och motsvarande siffror för 2002 och 2014 var 17 % (N=83) respektive 40 % (N=162), medan andelen utgjorde mindre än 2 % (N=394) under 2013. Resultat för 2017-2020 visas ej i figur 4 eftersom vandrigen för de märkta laxarna då var påtagligt störd av deras nedsatta hälsa och vandringsframgången var nära noll dessa år, med undantag för 2018 då 11 % av de märkta laxarna passerade fisktrappan. Se Leonardsson *et al.* (2021c) för utvärdering av märkningsstudierna som gjordes 2017-2019. Under de första årens telemetristudier, 1995-1996, var förekomsten av M74 hög vilket sannolikt förklarar den låga vandringsframgången i dessa studier. Det finns också uppgifter i märkprotokollen om förekomst av ”sjuk” fisk under några av åren och 2004 var ett sådant år. Den variation i vandringsframgången som observerats mellan år förklaras därför antingen av fiskarnas hälsa/kondition eller den flödessituation laxarna möter under uppvandringen, eller både och. Även fisket påverkar vandringsframgången, men uttaget av lax i nedre Umeälven har bedömts som lågt för att kunna ge någon påtaglig påverkan på vandringsframgången.



Figur 4. Vandringsframgången från Umeälvens älvmyrning till fisktrappan för de laxar som märkts på kusten i telemetristudier var lägre de år märkningen påbörjades tidigt i juni. Röda fyllda cirklar visar de resultat för alla märkta laxar medan blå fyllda cirklar visar vandringsframgången för laxar som märktes efter 14 juni. Åren 1995 och 2004 uppvisade laxarna tecken på nedsatt hälsa.

De flesta laxarna som kommer till sammanflödesområdet simmar direkt till utloppet från turbinerna (Rivinoja *et al.* 2009). Därefter söker de runt i området, inklusive nedströms mot sammanflödet (Figur 5). En del av laxarna hittar naturfåran inom några få dagar där den första forsén finns drygt 500 m uppströms vid Baggböle men merparten håller sig kvar i sammanflödesområdet eller vänder nedströms och återkommer en eller flera dagar senare. De rörelsemönster som de akustiskt märkta laxarna uppvisat i sammanflödesområdet antyder att laxarna har förmåga att känna av spillet via naturfåran och speciellt när det spills 50 m³/s. Trots detta verkar inte 50 m³/s spilla ha någon stark attraktionskraft på laxarna. Några av de akustiskt märkta laxarna simmade in ett femtiotal eller ett hundratal meter vid ett eller flera tillfällen, i

samband med 50 m³/s spill, för att sedan vända åter till huvudfåran (Figur 5, se Bilaga 1 för fler exempel).

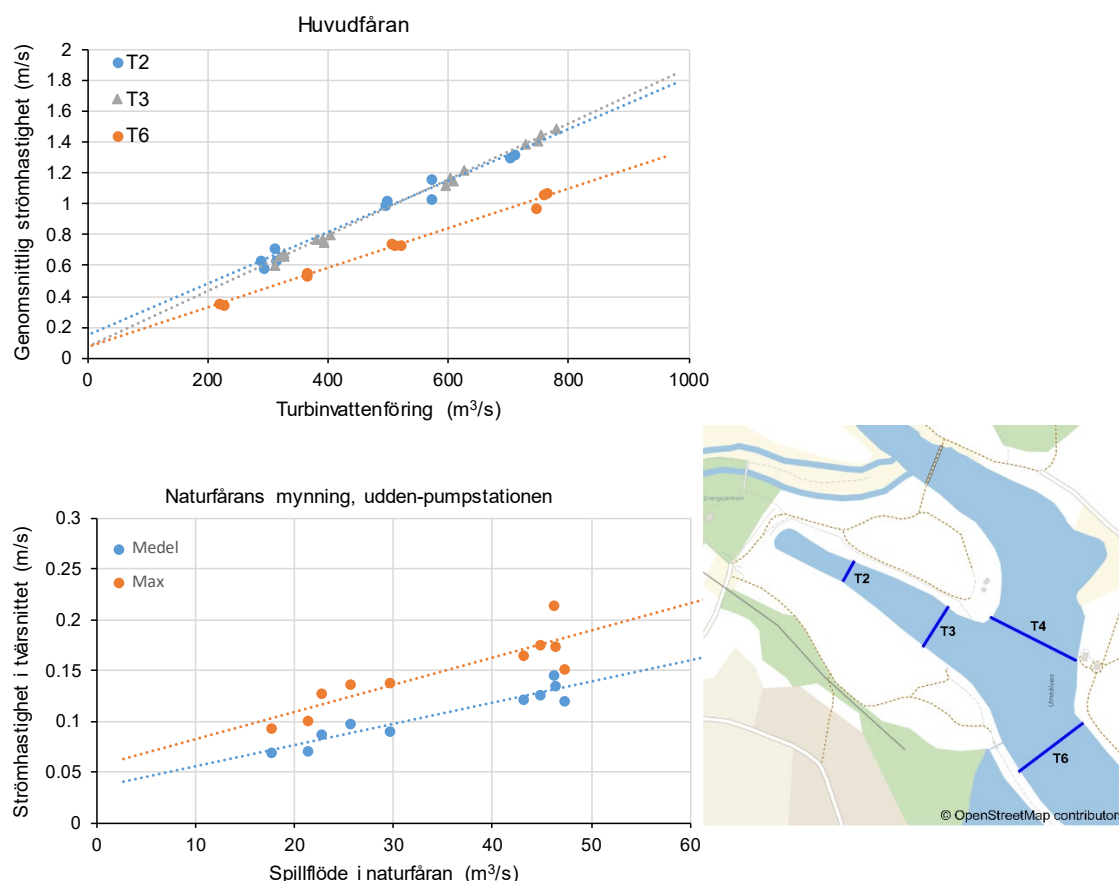


Figur 5. Övre vänstra figuren visar flödena från kraftverket (övre kurvan) respektive spill (nedre kurvan) i samband med en ökning av spillet från 20 till 50 m³/s. Den övre högra figuren visar flödesförhållandena några timmar senare. De undre figurerna visar simbeteendet för en av de akustisk märkta laxarna (2018) under motsvarande period och med motsvarande färgsättning som i flödesfigurerna i den övre panelen.

Om sammanflödesområdet hade funnits i en oreglerad älv skulle naturfåran varit ett biflöde och det skulle därför inte finnas något anlockningsproblem eftersom laxarnas luktsinne skulle hjälpa dem att hitta rätt. I sammanflödesområdet i nedre Umeälven har laxarna inte den draghjälpen eftersom vattenkemin är nästan densamma i spillflödet som i vattnet som passerar kraftverket. De ”doftämnen” som tillkommer i naturfårans vatten kommer från fiskodlingen, grundvattnet och biflödena, Idebäcken och Smörbäcken, vilket under sommartid utgör ca 3-4 % av spillflödet. Ingen av dessa lukter är dock vad Vindelälvs laxarna söker.

En viktig fråga är vad som utgör den huvudsakliga attraktionskraften i spillflödet om luktsinnet inte kan hjälpa dem att hitta rätt. I praktiken kan simmande laxar inte känna av flödet i sig eftersom det omfattar allt vatten som omger laxen. Det är snarare strömhastigheten och gradienter i densamma som laxen kan uppfatta. Det finns dock en situation när laxarna kan känna av en flödesförändring och det är när de vilar nära botten. Anledningen till att laxarna kan känna av flödesförändringar i den situationen är att vattennivån förändras med ändrat flöde och därmed påverkas även vattentrycket där laxen befinner sig.

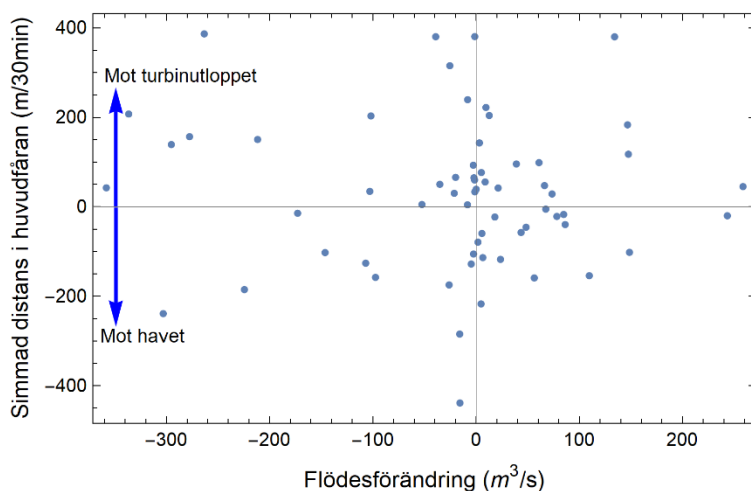
I den vetenskapliga litteraturen framhålls att det behövs strömhastigheter på 2-2,4 m/s för god attraktion av uppströmsvandrande lax (Larinier 2002). Strömhastighetsmätningar i sammanflödesområdet visar dock att denna förutsättning endast erbjuds i huvudfåran, uppströms mot utloppet från turbinerna (Figur 6). När det spillas 50 m³/s i naturfåran når de maximala strömhastigheterna i naturfårans breda mynningszon endast ca 0,2 m/s. Den låga strömhastigheten i naturfårans mynningsområde i förhållande till den betydligt högre strömhastigheten i huvudfåran gör mynningsområdet mindre intressant för laxarna än huvudfåran. För att uppnå strömhastigheter på 2 m/s i naturfårans mynning skulle man behöva spilla närmare 750 m³/s (linjär extrapolering med hjälp av linjerna i Figur 6).



Figur 6. Strömhastigheterna mättes med ADCP i fyra transekter i sammanflödesområdet vid olika flödessituationer under vandrings säsongen 2009. Tre av transekterna (T2, T3 och T6) var belägna i huvudfåran medan den fjärde transekten (T4) var belägen vid naturfårans mynning mot huvudfåran. Med nuvarande utformning av naturfårans mynning skulle spillflödet behöva vara flera hundra m³/s för att kunna nå motsvarande strömhastigheter som råder i huvudfåran.

Det är naturligt att de betydligt högre strömhastigheterna i huvudfåran attraherar laxarna mer än de låga strömhastigheterna i naturfåran, men det är inte uppenbart hur de relativt snabba flödesförändringarna i huvudfåran påverkar laxarnas beteende. En flödesökning skulle kunna stimulera uppströmsvandring, mot utloppet från turbinerna, medan en flödessänkning skulle kunna få dem att vända nedströms eller stanna upp vandrigen. Om de vänder nedströms av minskad turbinvattenföring skulle man förvänta sig att en simultan spillflödeshöjning skulle kunna öka attraktionen till naturfåran. Data från den högupplösta telemetrin under 2018 (det år av 2017-2019 när de märkta laxarna uppvisade minst beteendestörningar) visar dock att det inte

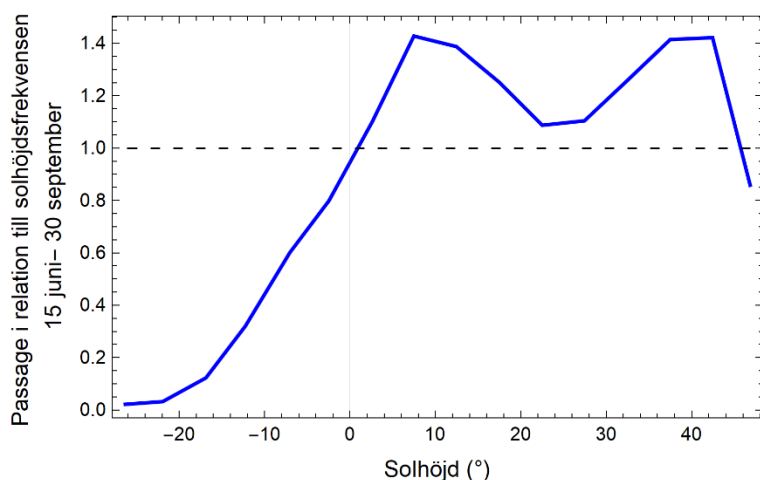
finns något tydligt mönster i vandringsbeteendet kopplat till flödesförändringarna i huvudfåran i anslutning till sammanflödet och tunnelviken (Figur 7).



Figur 7. Det fanns inget tydligt mönster i laxarnas simriktning, mot tunnelviken eller mot havet, i samband med ändrad turbinvattenföring 2018. Flödesförändringen beräknades för 30 minutersintervall med hjälp av linjär interpolering.

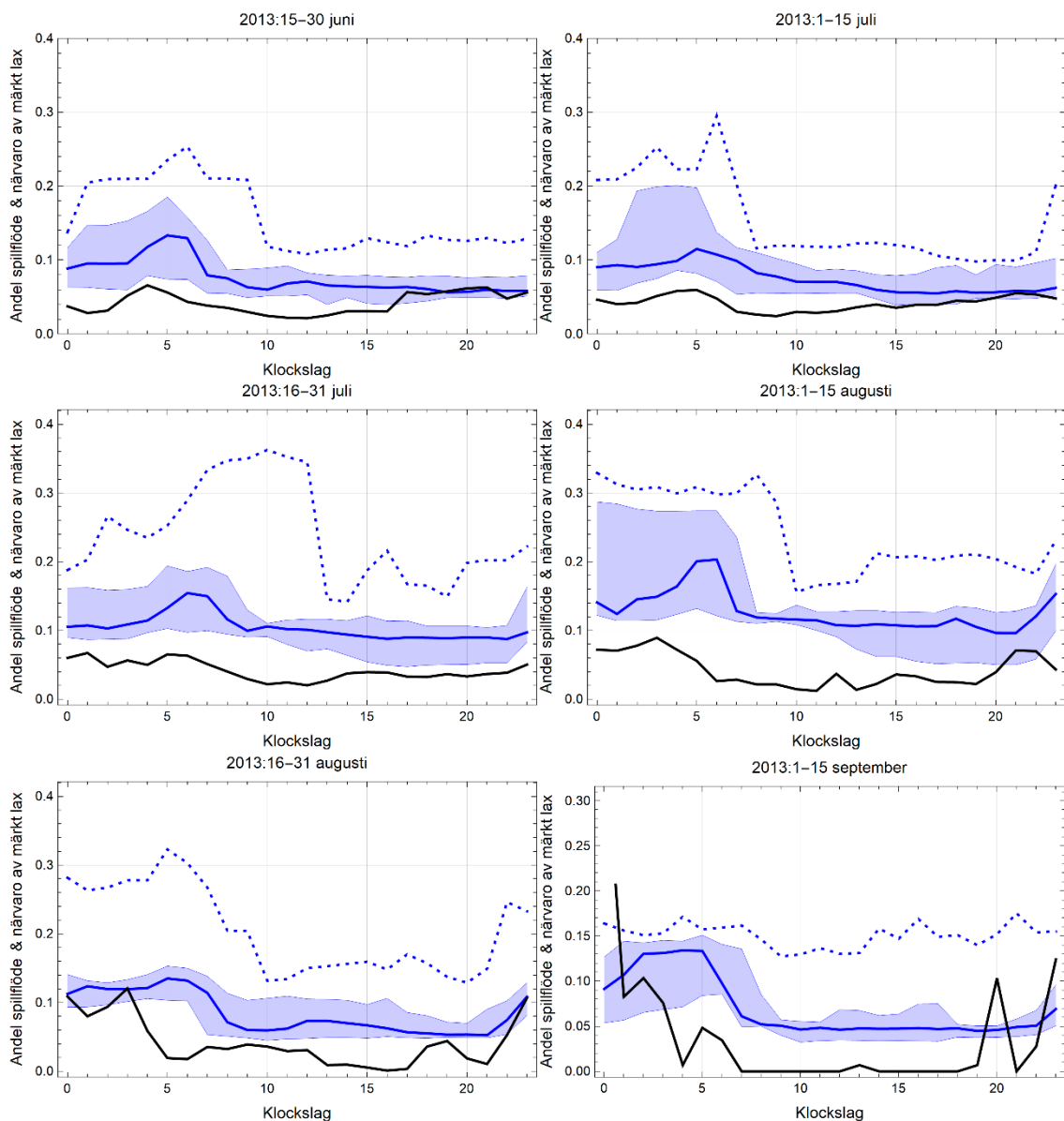
Två av de tre åren med akustisk telemetri, 2017-2019, var vandringsframgången till fisktrappan mindre än 1 %. Dessa år uppehöll sig de märkta laxarna i sammanflödesområdet fram till slutet av juli. Beteendet som observerats hos märkt lax i de tidigare telemetriundersökningarna var mer uthålligt och de laxar som inte vandrat upp i naturfåran uppehöll sig vanligen i sammanflödesområdet ända in i september. Detsamma gällde under 2018, då 11 % av de märkta laxarna passerade fisktrappan, trots problem med hälsan.

För att kunna anlockas av flödet från naturfåran behöver laxarna befinna sig i mynningsområdet och en fråga som är av intresse i det sammanhanget är om närvaron i området varierar under dygnet och i så fall hur. Passagedata från fisktrappan i Norrfors visar att vandrigen främst sker under den ljusa delen av dygnet (Figur 8).



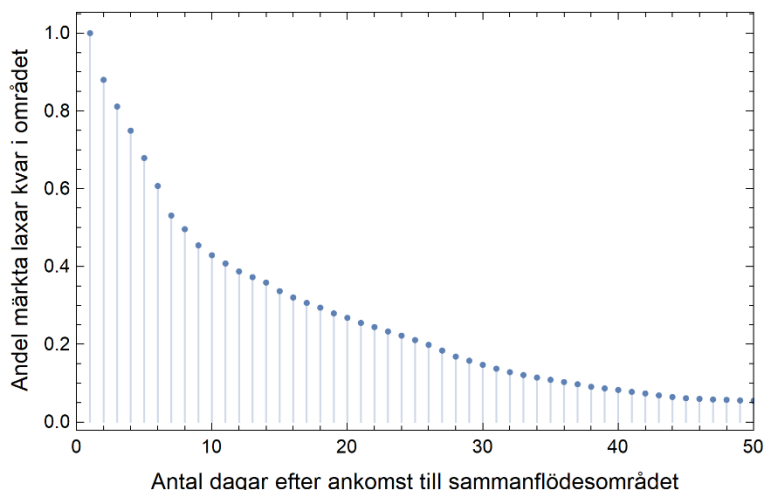
Figur 8. Passage av lax och öring i Norrfors fisktrappa sker huvudsakligen under den ljusa tiden på dygnet (N=112060). Solhöjden 0° motsvarar när solen befinner sig vid horisonten.

Data från telemetristudierna i sammanflödesområdet visar dock inte något tydligt dygnsmonster vad gäller antal registreringar per timme, se resultat från 2013 i Figur 9 (figurer från 2017-2019 återfinns i Bilaga 2). Slutsatsen blir att flera av laxarna väljer att vila i sammanflödesområdet under den mörka delen av dygnet. Troligen står de nära botten under viloperioden, vilket innebär att om de står i huvudfåran så befinner de sig under flödesplymen från naturfåran och det är osannolikt att de då kan känna av en spillflödesförändring. Men eftersom en del av laxarna finns kvar i området har de möjlighet att känna av flödesförändringarna när de återupptar vandringsaktiviteten på morgonen. Enligt positioneringen från den akustiska telemetrin verkar en del av laxarna vila i området periodvis även under dagtid.



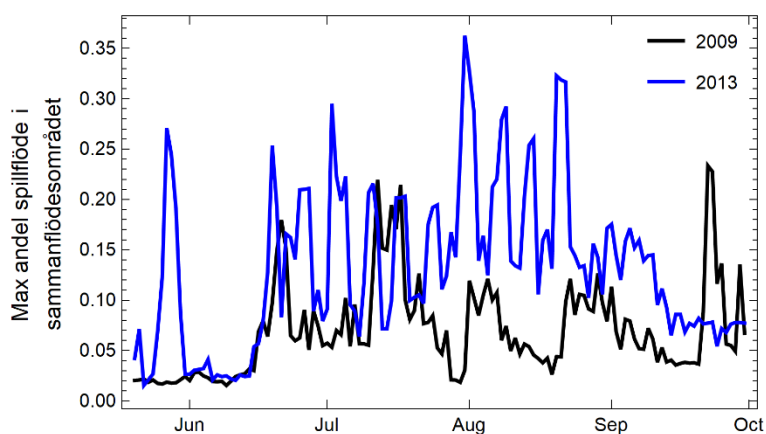
Figur 9. Dygnmönster av den relativa fördelningen av registreringar av radiomärkt lax (svart linje) i sammanflödesområdet i relation till andelen spillflöde (blå heldragen linje). Percentilerna 25e och 75e för andelen spillflöde avgränsas av det blå fältet. Streckad blå linje visar max andel spillflöde under den angivna tidsperioden.

Med tanke på att flödessituationen varierar både inom och mellan dagar även i ett kort tidsperspektiv från några få dagar till några få veckor skulle majoriteten av laxarna rent teoretiskt ha möjlighet att uppleva spillflödesandelar på över 10-15 %. Dessa situationer kan dock vara relativt kortvariga och det är ingen garanti att laxarna befinner sig utanför naturfårans mynning när dessa flödessituationer inträffar. Omkring 60 % av laxarna som ingick i märkstudierna under perioden 2003-2014 lämnade sammanflödesområdet inom 10 dygn (Figur 10), antingen genom att de passerat vidare till naturfåran eller att de vänt nedströms mot havet. De kvarvarande laxarna minskade successivt i antal och efter 50 dygn fanns ca 10 % kvar i området.



Figur 10. Olika individer tar olika lång tid på sig att antingen ta sig vidare till Baggböleområdet i naturfåran alternativt att återvända till havet beroende på förutsättningarna i sammanflödesområdet eller på hälsotillståndet (N=363 och avser åren 2003, 2004, 2009, 2013 och 2014).

Under 2013 var uppehållstiden i sammanflödet innan de registrerades i Baggböle mindre än fem dygn för hälften av de märkta laxarna (N=120). Den resterande hälften tog 5-30 dygn på sig. Ytterligare åtta (6 %) märkta laxar befann sig i sammanflödesområdet under 2013, men dessa simmade inte vidare till Baggböle. Under 2009 tog det upp till 15 dygn för hälften av laxarna att ta sig från sammanflödesområdet till Baggböle (N=65). De resterande laxarna hade tider som varierade från 15 till 83,7 dygn, med 75e percentilen vid 41,3 dygn. Därutöver var det 11 laxar (14 %) som inte tog sig vidare till Baggböle 2009. Mediantiden i sammanflödet för att hitta till Baggböle var således 10 dygn längre under 2009 än under 2013 samtidigt som andelen spillflöde var betydligt lägre under 2009 (Figur 11). Det faktiska spillflödet var ungefär detsamma.



Figur 11. Den maximala andel spillflöde av det totala flödet i sammanflödesområdet var med enstaka undantag högre under vandrings säsongen 2013 jämfört med 2009, vilket även avspeglade sig i laxarnas vandringsframgång. Huvudorsaken till den höga andelen spillflöde under 2013 var att det gick förhållandevis lite vatten via kraftverket.

I samband med telemetrisk studien som genomfördes 2013 kom merparten av laxarna till Baggböleområdet under förmiddagen (Leonardsson *et al.* 2013), vilket innebär att de lämnade sammanflödesområdet under morgonen. Det går dock inte att visa med tillgängliga data om det var flödesförhållandena som rådde då som fick laxarna att bestämma sig. Analysen som redovisas i Rivinoja (2005) antyder att det möjligen är flödesförhållandena dagen innan som fick laxarna att bestämma sig eftersom kopplingen mellan andelen spillflöde dygnet innan uppvisade en stark positiv korrelation med andelen märkta laxar som hade simmat till Baggböle och registrerades där dagen efter. Men tidsupplösningen i den analysen var på dygnsbasis, eftersom laxarna i Baggböle i dessa studier huvudsakligen pejlades manuellt, vilket innebär att tidslaggen troligen är kortare än ett dygn.

Slutsatsen av analyserna om anlockningen från sammanflödet till naturfåran blir att en stor andel spill underlättar för laxarna att hitta naturfåran, men den låga strömhastigheten i mynningsområdet ger inte tillräcklig attraktion för att få en effektiv anlockning. Huvudförklaringen till varför en stor del av laxarna väljer naturfåran tycks snarare vara ett uthålligt sökande efter en väg vidare uppströms mot lekområdena i Vindelälven, än anlockningssituationen i sammanflödesområdet.

6.1.2 Uppströmsvandringen i naturfåran

I föregående avsnitt stod det klart att anlockningen av lekvandrande lax till naturfåran ökar ju mer vatten det spills i förhållande till hur mycket som går via turbinerna. Det innebär dock inte att passagen genom naturfåran i sin helhet gynnas av stora spill. Baggböleforsen har tidigare utgjort ett partiellt vandringshinder, med svårigheter för laxarna att passera på flöden från ca 50 m³/s och uppåt (Leonardsson *et al.* 2005). Vid flöden under 70 m³/s är forsen koncentrerad till södra halvan av området. Bottensubstratet domineras av renspolade stenhällar med såväl rundande som vassa kanter. En kritisk gräns har varit ca 150 m³/s över vilken de radiomärkta laxarna sällan passerat forsen (op. cit.).

Vid höga flöden blir den centrala fåran till en återvändsgränd, dvs Baggböleforsen blir ett vandringshinder, men flödet öppnar andra vandringsvägar. På södra sidan lockas laxen in till två skilda vandringsvägar. Den ena leder fisken förbi Klabböle kraftverksmuseum vidare in i stationens gamla intagskanal där vandringsvägen avslutas med en kortare kammartappa vidare tillbaka till älven ovan Baggböleforsen (Bild 3). Den andra vandringsvägen leder till en återvändsgränd där laxarna inte tar sig vidare. På norra sidan kan lax, från ett flöde på ca 100 m³/s, söka sig upp via en gammal utloppskanal där ena sidan utgörs av norra stranden och vid höga flöden finns också en möjlighet att passera forsens övre del.



Bild 3. Baggböleforsen vid högvatten, högvattenfåran närmast i bild leder fisken förbi forsens. Foto: Vattenfall.

Baggböleområdet är kuperat och områdets topografi leder till problem för laxarna när spillet avtar. Vid en återgång av spillet kan lax stängas inne i höljor på södra sidan vid minskning från ca 1 000 m³/s, samt vid minskning från ca 300 m³/s. På norra sidan är problemet större, här kan ansamlingen av laxar beroende av spillet uppgå till ett betydande antal. Under fiskvandringens högsäsong krävs vanligtvis att nedtrappning av spillet sker över flera dagar från ca 100 m³/s till 23 m³/s för att laxarna ska hinna simma undan när spillet minskas.

Problemet med risk för att lax ska bli instängda finns även högre upp i naturfåran, främst norr om Kungsmofallet nedre (gamla Norrforsminan), här går lax in vid högre flöden men kommer inte vidare när spillet går ner (<250 m³/s). Eftersom detta är ett känt problem vid neddragning av spill har personal från fiskodlingen beredskap för att bära ut laxar som fastnat i isolerade höljor. Det kan handla om stora mängder lax om detta sker under toppen av fiskvandringensperioden.

Det dominerande spillet under vandringsäsongen är mellan 15 och 50 m³/s vilket innebär att laxarna har behövt ta sig vidare upp via forsen på den södra halvan av området där de huvudsakliga vandringsproblemen förekommit. Redan vid byggandet av Stornorrforss genomfördes ett flertal åtgärder i naturfåran för att underlätta fiskarnas vandring. 1997 genomförs åtgärder i Baggböleforsen då ett antal tidigare anlagda trösklar förbättrades. I den övre delen av forsen anlades också en lite större tröskel samt en pooltrappa som sprängdes ner i berget (Bild 4). Åtgärderna avsåg i första hand att underlätta vandringen vid spillflöden under 20 m³/s.



Bild 4. Pooltrappan under byggnation i Baggböleforsen 1998. Foto: Vattenfall

Förutom svårighet att passera forsen vid höga flöden uppstod tidigare ett annat problem när spillflödet sänktes ned mot 20 m³/s eller lägre. När spillflödet minskades vände laxen nedströms och simmade ofta ända ner till sammanflödesområdet där det åter hamnade i huvudfåran nedströms turbinutloppet (Leonardsson *et al.* 2005). 2011/2012 åtgärdades detta problem genom att tillskapa en djup pool som avgränsades nedåt av en betongtröskel (Bild 5). Denna gör att laxarna hålls kvar. Laxarna vill ogärna lämna det djupare området för det grundare vattnet som betongtröskeln utgör, vilket skulle krävas för nedströmspassage. Notera att denna beteenderespons gäller uppströmsvandrande leklax vars drift är att vandra mot strömmen. För utlekt lax är grundbeteendet det omvända, att följa med strömmen. I tröskeln finns även en 1 m bred och 0,3 m djup nedsänkning. Syftet med nedsänkningen är att koncentrera vinterflödet till öppningen för att underlätta för laxen att passera tröskeln.



Bild 5. Den djupa poolen i Baggböleforsen där betongtröskeln syns i bildens nedre del, vattenflöde 10 m³/s. Foto: Vattenfall

I takt med att det de senaste årtiondena börjat återvända mer lax från havet, samtidigt som Baggböleforsen fortfarande var svårpasserad, ansamlades stora mängder lax i poolen nedströms forsen. För att hindra fördröjning i uppvandringen till följd av ”köbildning” åtgärdades det återstående hindret i forsen under vintern 2016/2017 genom att spränga ut en kanal och gjuta en integrerad pool-trappa genom den nedre svårpasserade delen av forsen (Bild 6).



Bild 6. En pooltrappa byggdes i Baggböleforsen under 2016-2017, senhöst-vår, för att underlätta för lax och öring att ta sig vidare uppströms. Åtgärden var färdigställd inför vandringsäsongen 2017.

Utvärderingen av denna åtgärd har försvårats på grund av hälsoproblemen hos laxarna under de år, 2017-2019, dessa märkstudier genomfördes. De observationer som gjordes i samband med dessa studier antyder dock att Baggböleforsen inte utgör något problem längre för laxarna då samtliga märkta laxar som passerade forsen gjorde det inom ett till två dygn oberoende om det spilldes 20 eller 50 m³/s. Under 2013 var uppehållstiden ca 5 dygn (median, N=100), med en variationsbredd på 2-54 dygn mellan individer. Ytterligare ett tecken på att åtgärden varit lyckad är att antalet laxar som passerat fisktrappan varit stort under åren 2017-2020, trots hälsoproblemen hos laxarna. Storleksfördelningen av de laxar och öringar som passerat trappan efter 2016 antyder också att alla storlekar av dessa arter kan passera pool-trappan i Baggböleforsen.

Tidigare hade även Kungsmofallen betraktats som en svår passage för laxarna och mindre åtgärder hade under åren genomförts för att underlätta vandringen men med dåligt resultat. Av den anledningen lät Vattenfall spränga ur fallet och anlägga fyra betongrösklar 2011/2012 med motsvarande nedsänkningar som i tröskeln nedströms den djupa poolen i Baggböleforsen (Bild 7). Vintern efter justerades nedsänkningen i den övre betongmuren som var högre än de övriga. Skälet var att observationer vid lägre vattentemperatur under hösten antydde att en del mindre lax hade svårigheter att passera tröskeln. Nedsänkningen gjordes därför ytterligare 0,7 m djupare.

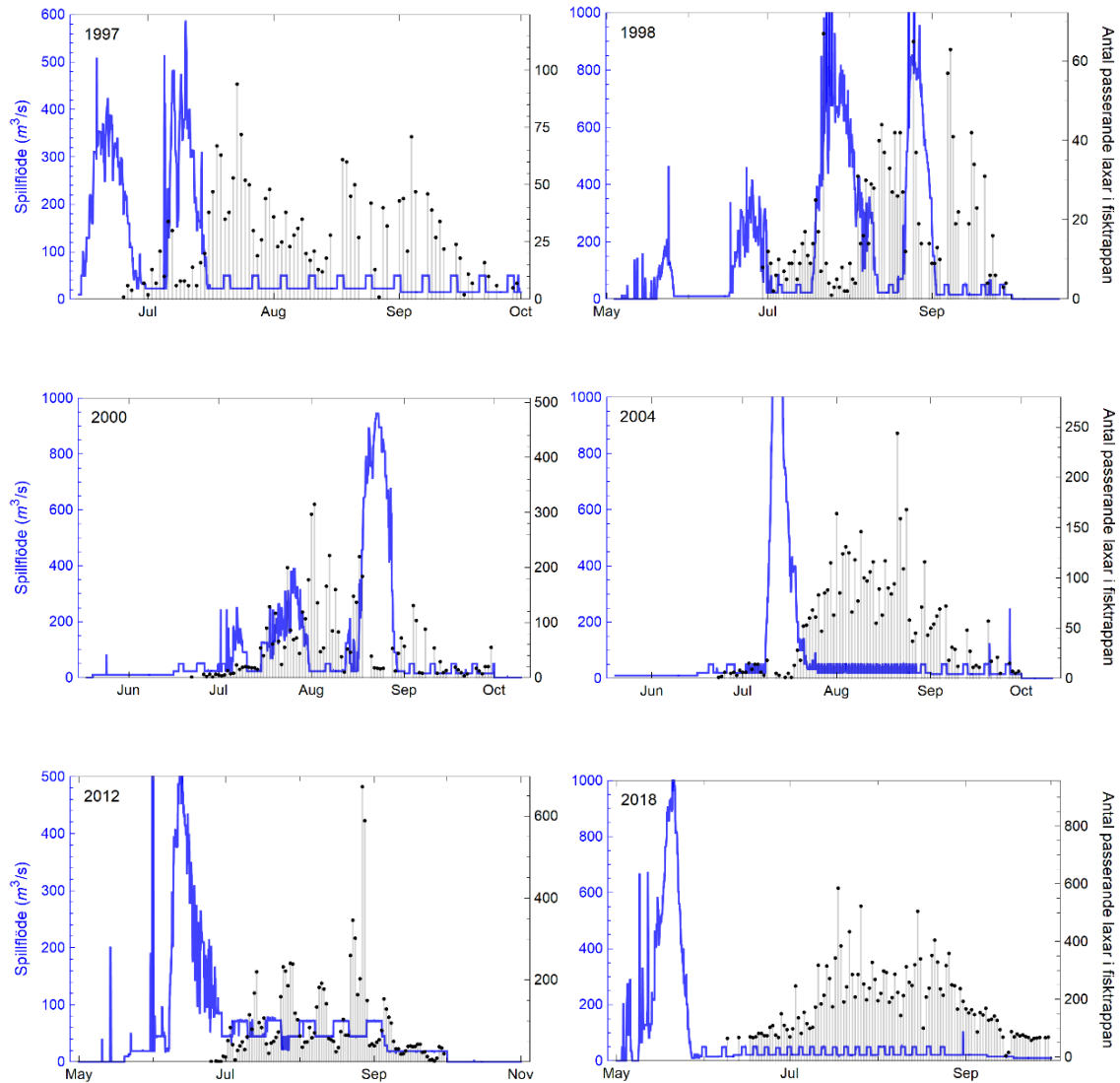
Vandringstiden från det att laxarna passerat Baggböle till att de ankom Kungsmo var 2,4 dygn (median) vid telemetristudien 2013, oberoende av om flödet var 20 eller 50 m³/s (N=100). Därifrån tog det ytterligare ca ett dygn (median) för laxarna att nå Laxhoppet (N=105). Detta innebär att det inte finns något återstående vandringsproblem för lax och öring i detta område.



Bild 7. Betongrösklar vid Kungsmofallen som anlades 2011/2012 med nedsänkningar underlättar fiskvandring av lax och öring förbi den tidigare svårpasserade forsen.

Det rådde inga höga flöden under huvuddelen av vandringsäsongen 2013. Av den anledningen visar resultaten från telemetristudien som genomfördes detta år på näst intill optimala vandringsförhållanden, bortsett från att problemen i Baggböleforsen då inte hade åtgärdats. Det är dock inte ovanligt att vårfloden eller stora nederbörds mängder föranleder stora spill från dammen till naturfåran. Vid flöden över 400-500 m³/s stannar vandringen vanligen upp på grund av de höga flödena trots att anlockningen till naturfåran i sammanflödesområdet borde öka påtagligt (Figur 12). En anledning kan vara att vissa partier i naturfåran blir mer svårpasserade på de höga flödena. En annan anledning kan vara att uppvandringssiffrorna i

fisktrappan under dessa förhållanden inte ger en helt korrekt bild av vandringen i själva naturfåran. Det kan vara anlockningen från fisktrappan (diffusorn) som störs ut av de stora spillen från dammen. Spillflöden på över 500 m³/s brukar dock inte vara speciellt långvariga, en-två veckor, och vid flöden under 400-500 m³/s har uppvandring i fisktrappan dokumenterats. Under högflödesperioderna 1998 förekom flest passager per dygn när spillflödet uppgick till över 800 m³/s. När de stora spillen avtar tar uppvandringen vanligen fart igen. Tidigare år har pulsningen med 50 m³/s spill ofta resulterat i tillfälligt minskad passage i fisktrappan, men orsaken till detta fenomen torde inte stå att finna i fisktrappans närområde utan som en effekt av att Baggböleforsen tidigare varit svärpasserad på 50 m³/s. Någon sådan effekt syns inte i uppvandringen från 2018 (Figur 12), dvs efter åtgärden i Baggböleforsen.



Figur 12. Säsongsmönstret i passagen av fisktrappan i Norrfors under olika år har i stor utsträckning formats av de spillförhållanden som rått i naturfåran.

Vandringen från Laxhoppet till passage av fisktrappan beskrivs utförligt i Leonardsson (2021a) och utelämnas därför i denna rapport. Dock kan det vandringspartiet sammanfattas med att passagetiden är några få dagar och vandringsframgången är hög.

Den 1 oktober stängs fisktrappan och spilltappningen till naturfåran, därmed stoppas också möjligheten till uppvandring för lax och öring som inte hann passera fisktrappan. Några enstaka år har fisktrappan hållits öppen några dagar in i oktober, men enbart ett fåtal individer passerade fisktrappan under dessa dagar. De fiskar som finns kvar i de övre poolerna i naturfåran fiskas ut. Dels för att få fisk till avel, men även för att fånga och släppa vidare (uppströms fisktrappan) de laxar och öringar som inte går till avel.

6.2 Nedströmsvandring

6.2.1 Anlockning från huvudfåran uppströms dammen till naturfåran

Nedströmsvandrande smolt och kelt följer huvudströmmen i älven och beroende på flödet i älven kommer det närmare eller längre ifrån fisktrappan och ledarmen vars syfte är att styra in fiskarna i fisktrappan. Eftersom spillet till naturfåran startar 20 maj går inget vatten via fisktrappan innan dess och smolt och kelt som kommer före den 20 maj kan inte passera via fisktrappan. Vid höga flöden pressar vattenströmmen in närmare mot den sida där ledarmen och utloppet (flyktöppningen) till fisktrappan finns.

Ledarmen består av 2 m djupa flytande element. Ledarmens dimensionering baserades på uppfattningen om att de nedströmsvandrande fiskarna simmar ytnära. Detta stämmer också i stor utsträckning, åtminstone för smolt eftersom "screw traps" framgångsrikt används för att fånga smolt i samband med smoltvandring och dessa fållor fångar enbart smolt som simmar ytligare än ca 0,7 m (se e.g. Lundqvist *et al.* 2010). Men utvärdering av ledarmen har visat att en del av smolten dyker under ledarmen, troligen pga att strömmen vänder nedåt när den når ledarmen istället för att följa den in mot fisktrappan. De utvärderingar som gjorts av ledarmens funktion visar på en effektivitet på ca 3-5 % för smolt och mindre än 1 % för kelt (Lundqvist *et al.* 2014). När fiskarna väl är inne i fisktrappan utgör nedströmspassagen inget problem, åtminstone inte för smolt (Leonardsson 2021b). Få märkta kelt har passerat fisktrappan nedströms och det är oklart hur dessa utmärklade fiskar klarar av nedströmspassage speciellt om de passerar via bottenöppningarna. Det kan vara så att de får illa genom att skrapa sig på bottenöppningarnas kanter om de inte förmår manövrera i den snabba strömmen i mitten av öppningarna.

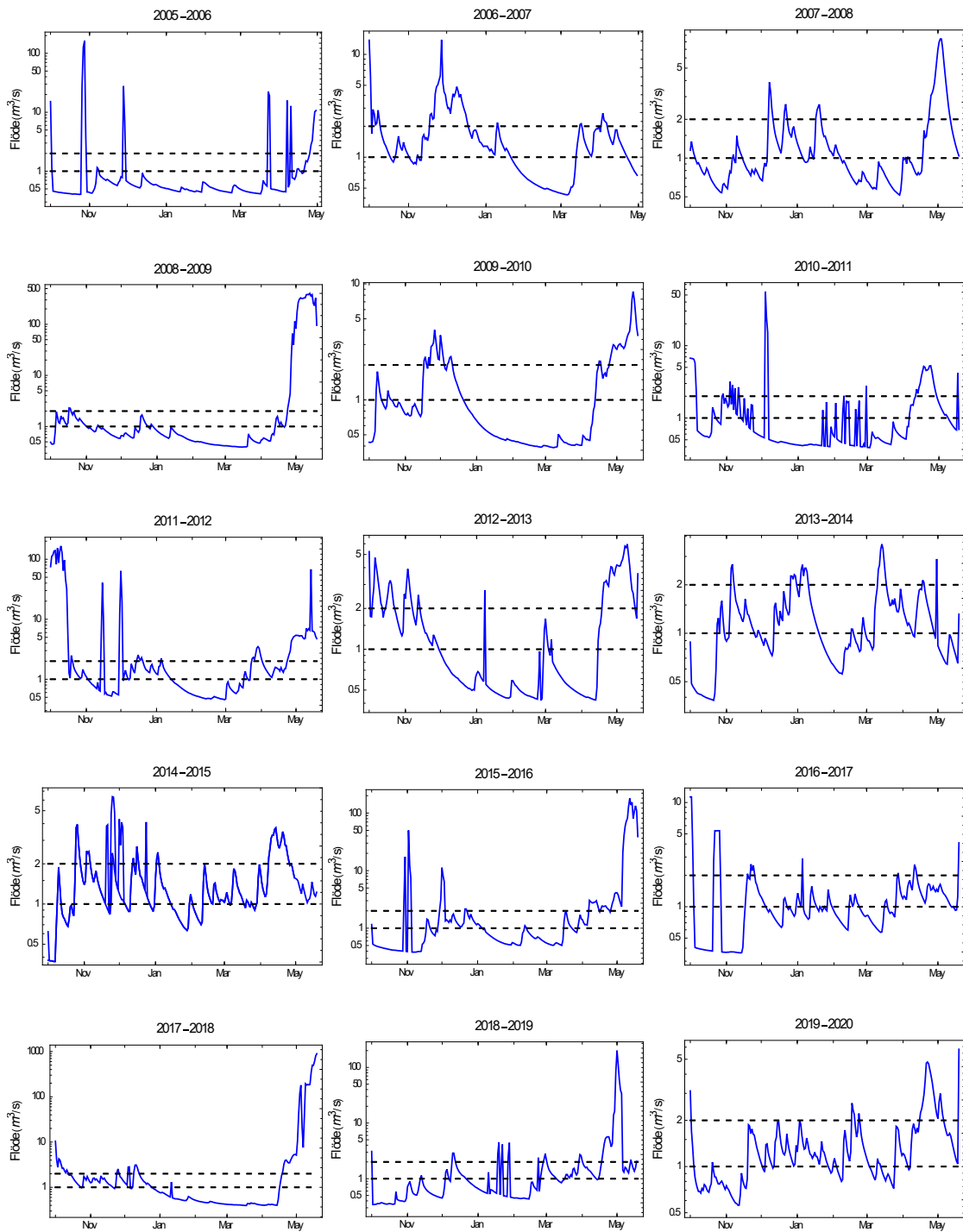
6.2.2 Nedströmsvandringen i naturfåran

Det har inte gjorts någon nedströmsvandringsskontroll av vild smolt i naturfåran, men de studier som gjorts på odlad smolt har visat på spillflödets betydelse för smoltens vandringsframgång. Vid lågt spill (10 m³/s) har vandringsförluster på upp mot 50 % observerats i naturfåran, medan flöden på 20-50 m³/s har gett lägre vandringsförluster, ca 10-20 % (Persson *et al.* 2018). Dessa siffror kan jämföras med passageförluster för smolt via kraftverket på ca 10-15 % (Vikström *et al.* 2020). Passageförlusterna av smolt i naturfåran antas utgöras av predationsförluster till följd av predation från måsar och gäddor. Det kan dock inte uteslutas att en del av de odlade smolten väljer att stanna i naturfåran, speciellt om de släpps på 10 m³/s eftersom vandringen då går långsammare och de har mer tid att utforska habitatet de passerar. En del av nedströmsvandringssförlusterna av odlad smolt beror på att en mindre andel väljer att simma uppströms istället för nedströms, vilket observerats med hjälp av registreringar av uppströmsvandrande PIT-märkt smolt i fisktrappan.

För kelt saknas studier från naturfåran, förutom en överlevnadsstudie som genomfördes vintern 2018/2019 (Leonardsson *et al.* 2021b). I den studien var det endast en av 35 märkta laxar som överlevde vintern och tog sig ut till havet under våren. Det bör dock noteras att de

vuxna laxarna i Umeälven präglades av hälsoproblem detta år (Axén *et al.* 2019). Alternativet för kelt att passera via kraftverket har visat sig ge förluster på ca 50-80 % (Vikström *et al.* 2020).

De havsöringar som vandrat upp och lekt i biflödena till naturfåran kan antingen återvända till havet direkt efter lek eller övervintra i älven och vandra ut våren efter. För de öringar som är inprogrammerade att återvända nedströms kort efter lek kan det bli svårigheter när de når naturfåran eftersom spillet avslutas 1 oktober. Dock kan det förekomma en del spill från dammen under perioden 1 oktober till 19 maj. Det tillförs vatten dels via odlingen, ca 0,3 m³/s och via biflödena samt en liten mängd via grundvattnet. Därutöver tillkommer smältvatten under perioder när lufttemperaturen överstiger noll under flera dygn. Under längre perioder med blidväder kan detta flödestillskott uppgå till flera kubik, vilket inträffat vid ett flertal tillfällen under de senaste årens milda vintrar (Figur 13). Bedömningen är att hela den gamla älvfåran är vandringsbar för lax och öring i båda riktningarna när flödet uppgår till ca 2 m³/s. Nedsänkningarna som finns i de anlagda betongtrösklarna har bland annat dimensionerats för detta ändamål. Sammantaget gör dessa flöden det möjligt för vandringsfisk som befinner sig i den gamla älvfåran eller i biflödena efter den 30 september när fisktrappan normalt stängs att kunna passera nedströms mot havet innan spillet återupptas den 20 maj. Av flödesdata som redovisas i Figur 13 framgår att den kritiska gränsen på 2 m³/s vanligen överskrids flera gånger under vinterperioden.



Figur 13. Det totala flödet i den gamla älvfåran varierar under perioden när fisktrappan är stängd som en följd av tillskott av vatten från biflödena i samband med smältvattenperioder. Flödena omfattar spillflöden från dammen och fiskodlingen, samt flöden från Idebäcken och Smörbäcken. Grundvattentillförsel direkt till naturfåran har inte räknats in i vinterflödet. Den övre streckade linjen visar vid vilket flöde naturfåran bedöms vara vandringsbar i båda riktningarna.

7 Erkännande

Jag riktar ett stort tack till Åke Forssén som tillhandahållit foton på åtgärder i naturfåran samt för hjälp med beskrivningar av vilka åtgärder som vidtagits i naturfåran och när. Utöver det har Åke varit behjälplig med att beskriva hur och förutsättningarna för laxarna förändras i naturfåran vid höga flöden.

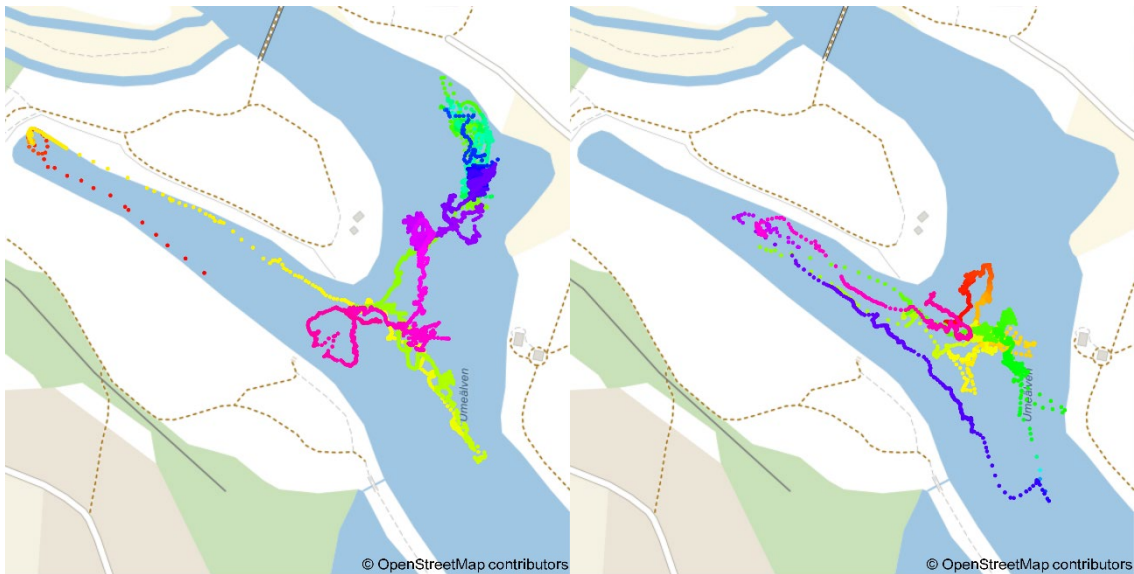
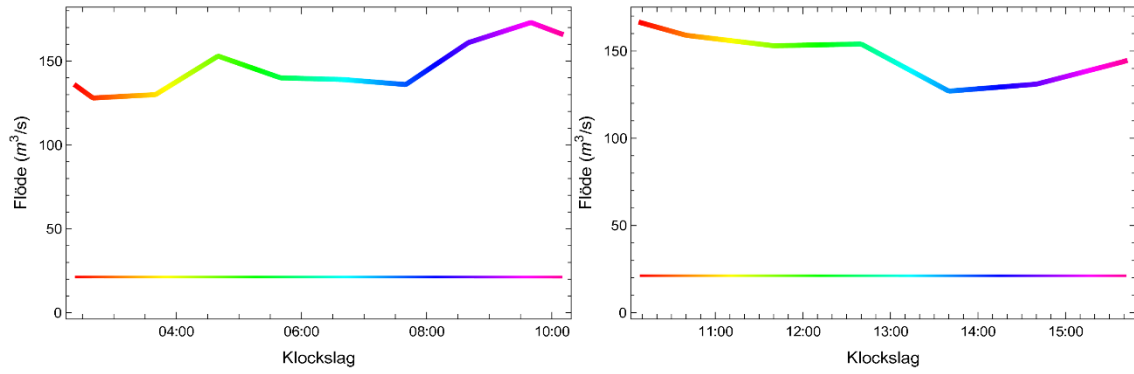
8 Referenser

- Axén, C., A. Joachim, S. Weichert, F., Leonardsson, K., Hellström, G. & A. Alanära. 2019. Fortsatta undersökningar av laxsjuklighet under 2018. Rapport till Havs- och vattenmyndigheten 2019-03-15, Dnr 2018/171.
- Carlsson, U., Lundqvist, H., Eriksson, T., & J. Nilsson. 1996. Lekvandring hos vindelälvslox i Umeälvens nedre del: Redovisning av telemetriförsöken 1995. Länsstyrelsen i Västerbotten, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Vattenbruk, PM 1996-01-28.
- ICES. 2020. Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Scientific Reports. 2:22. 261 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5974>
- Larinier, M., 2002, Location of fishways. In: Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 364:39-53.
- Leonardsson, K. 2021a. Utvärdering av funktionen hos fisktrappan i Norrfors. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, Umeå, Rapport 2021:2.
- Leonardsson, K. 2021b. Vinteröverlevnad av lax efter en vandringssäsong som präglats av hälsoproblem. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, Umeå, Rapport 2021:5.
- Leonardsson, K., Karlsson, R., Nilsson, J. & H. Lundqvist. 2013. Uppströmsvandring i den restaurerade gamla älvfåran samt funktionskontroll av ny fisktrappa i Norrfors (Umeälven) under laxens vandringssäsong 2012-2013. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, Umeå, Rapport 2013:7. (In Swedish, 68 pp.).
- Leonardsson, K., Lundqvist, H., & J. Nilsson. 2014. Effekt av åtgärder i Umeälvens nedre del på leklaxens vandring från älvmyningen till passage av Stornorrfors fisktrappa 2014. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, Umeå, Rapport 2014:12. (In Swedish, 46 pp.).
- Leonardsson, K., Vikström L. & G. Hellström. 2021. Laxvandringen i den nedre delen av Umeälven under några år, 2017-2019, med nedsatt hälsa hos laxarna. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, Umeå, Rapport 2021:6.
- Lundqvist, H., Leonardsson, K., Carlsson, U., Larsson, S., Nilsson, J., Östergren, J., Karlsson L., Rivinoja, P., Serrano, I., Palm, D., and J. Ferguson. 2010. Monitoring Juvenile Atlantic salmon and Sea trout in the river Sävarån, northern Sweden. Chapter 20. In; C. Hurford, M. Schneider & I. Cowx (eds.), Conservation Monitoring in Freshwater Habitats, 2009, Springer. Printed in the Netherlands.
- Lundqvist, H., Leonardsson, K., Lindberg, D.-E., Westbergh, S., Forssén, Å., & G.I. Hellström. 2014. Laxens nedströmsvandring mot fiskavledare till Stornorrfors fisktrappa i Umeälvens nedre del. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, Umeå, Rapport. (In Swedish, 45 pp.).

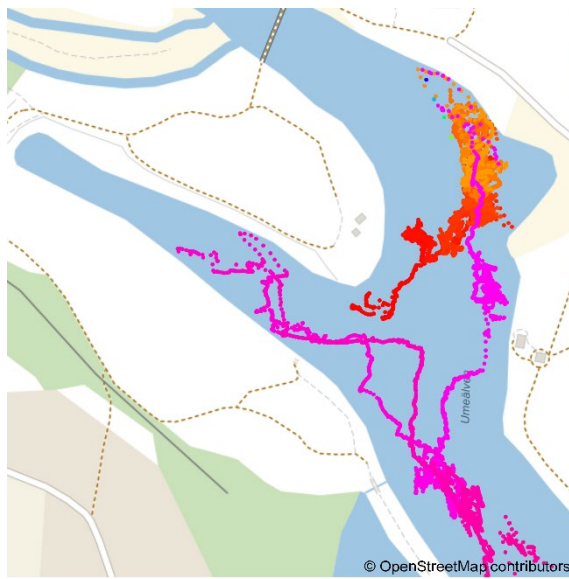
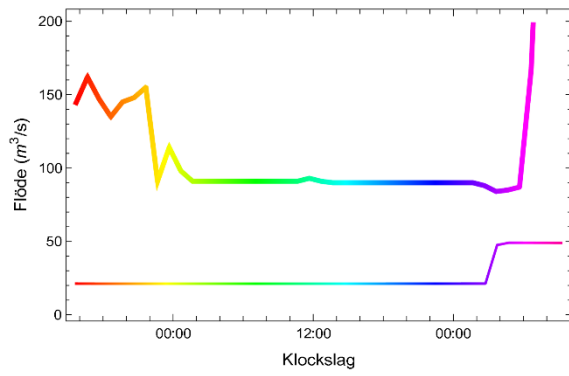
- Lundqvist, H., Leonardsson, K., Williams, J., Östergren, J., Hellström, G. & Å. Forssén. 2015. Problematiken kring flergångslekare av Lax, Öring och Steelhead i vildlaxförande stora flödesreglerade vattendrag. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, Umeå, Rapport 8. (In Swedish, 63 pp.).
- Lundqvist, H., Rivinoja, P., Leonardsson, K., and S. McKinnell. 2008. Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a regulated river and its effect on the population. *Hydrobiologia* 602:111-127.
- Persson, L., Kagervall, A., Leonardsson, K., Royan, M., and A. Alanärä. 2019. The effect of physiological and environmental conditions on smolt migration in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Ecology of Freshwater Fish* 28:190-199.
- Perä, I & Ö. Karlström. 1996. Undersökning av laxuppvandringen till Ume älv-Vindelälven vid Stornorrfor kraftverk 1996. Fiskeriverket Utredningskontoret i Luleå, Rapport 1996-12-23
- Rivinoja, P. 2005. Migration Problems of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Flow Regulated Rivers. Doctoral Thesis No. 2005:114. Faculty of Forest Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), 901 83 Umeå. ISSN: 1652-6880. ISBN: 91-576-6913-9.
- Rivinoja, P., Leonardsson, K. och H. Lundqvist. 2002. Laxens lekvandring i nedre Umeälven; Redovisning av telemetriförsök år 2001 och 2002. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Vattenbruk, Arbetsrapport 2002-12-18.
- Rivinoja, P., Lindberg, D.-E., Leonardsson, K., Viklund, B.-S., Hockersmith, E., Rambo, S. Axel, G., H. Lundqvist. 2009. Upstream passage of salmon and sea trout in the regulated part of River Umeälven (Sweden). Department of Wildlife, Fish, and Environmental studies, Swedish University of Agricultural Sciences, Report 3.
- Rivinoja, P. & H. Lundqvist. 1998. Laxens lekvandring i nedre Umeälven; Redovisning av telemetriförsök år 1997. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Vattenbruk, Arbetsrapport 1998-01-25.
- Rivinoja, P. & H. Lundqvist. 2000. Laxens lekvandring i nedre Umeälven; Redovisning av telemetriförsök år 1999. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Vattenbruk, Slutrapport 2000-03-13.
- Rivinoja, P., McKinnell, S., and H. Lundqvist. 2001. Hindrances to upstream migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a northern Swedish river caused by a hydroelectric power-station. *Regulated rivers: Research & Management*, 17: 101-115.
- Rivinoja, P., Andersson, J., Ask, P. & P. Hedström. 2021. Kartering av älvfåra och biflöden nedströms Norrforsdammen, Umeälven. SWECO, rapport till Vattenfall, Vattenfall Research and Development AB, Uppdragsnummer 13009335.
- Vikström, L., Leonardsson, K., Leander, J., Shry, S., Calles, O., and G. Hellström. 2020. Validation of Francis–Kaplan Turbine Blade Strike Models for Adult and Juvenile Atlantic Salmon (*Salmo Salar*, L.) and Anadromous Brown Trout (*Salmo Trutta*, L.) Passing High Head Turbines. *Sustainability*, 12, 6384; DOI: 10.3390/su12166384.
- Weichert, F. G., C. Axén, L. Förllin, P. A. Inostroza, U. Kammann, A. Welling, J. Sturve, and N. Asker. 2020. A multi-biomarker study on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) affected by the emerging Red Skin Disease in the Baltic Sea. *Journal of Fish Diseases*.

9 Bilagor

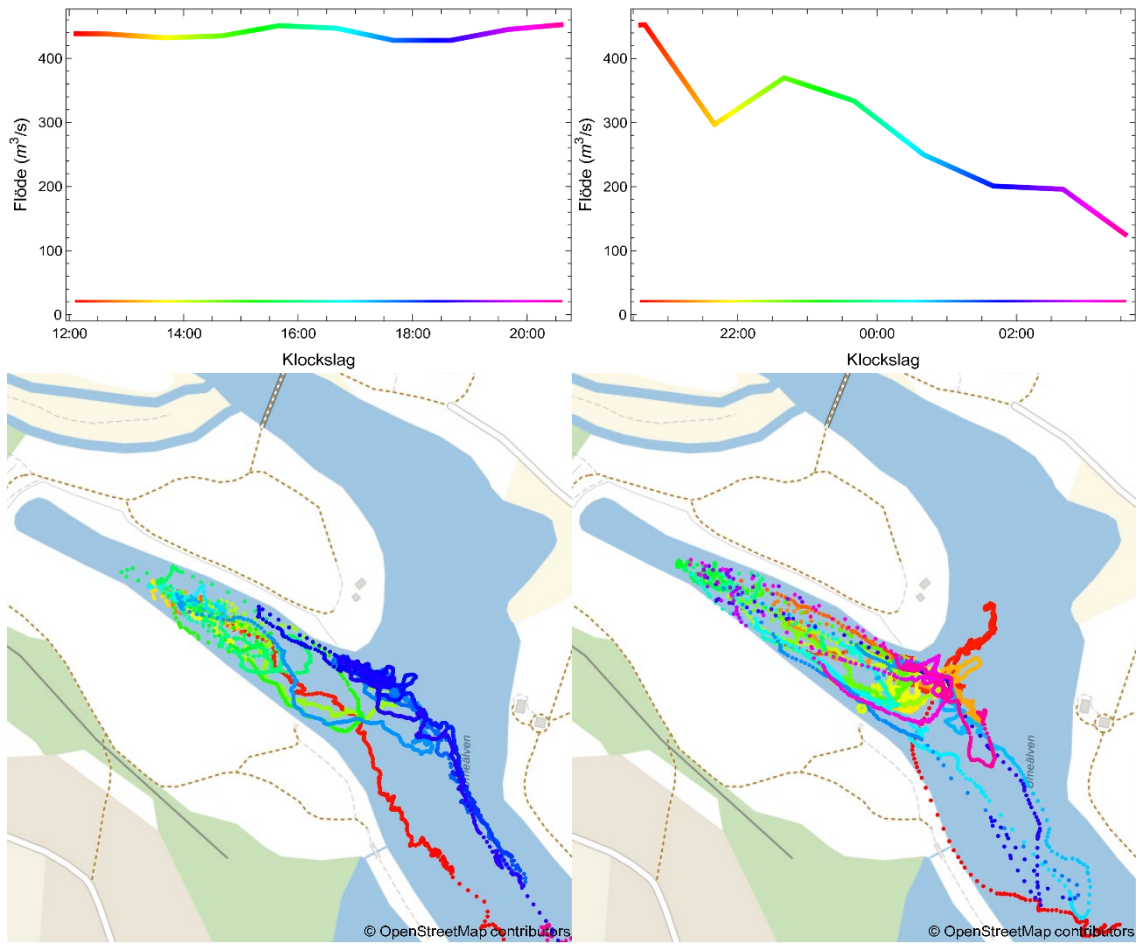
9.1 Bilaga 1 – Flöden och högupplösta spår med laxarnas rörelsemönster. Data från 2018.



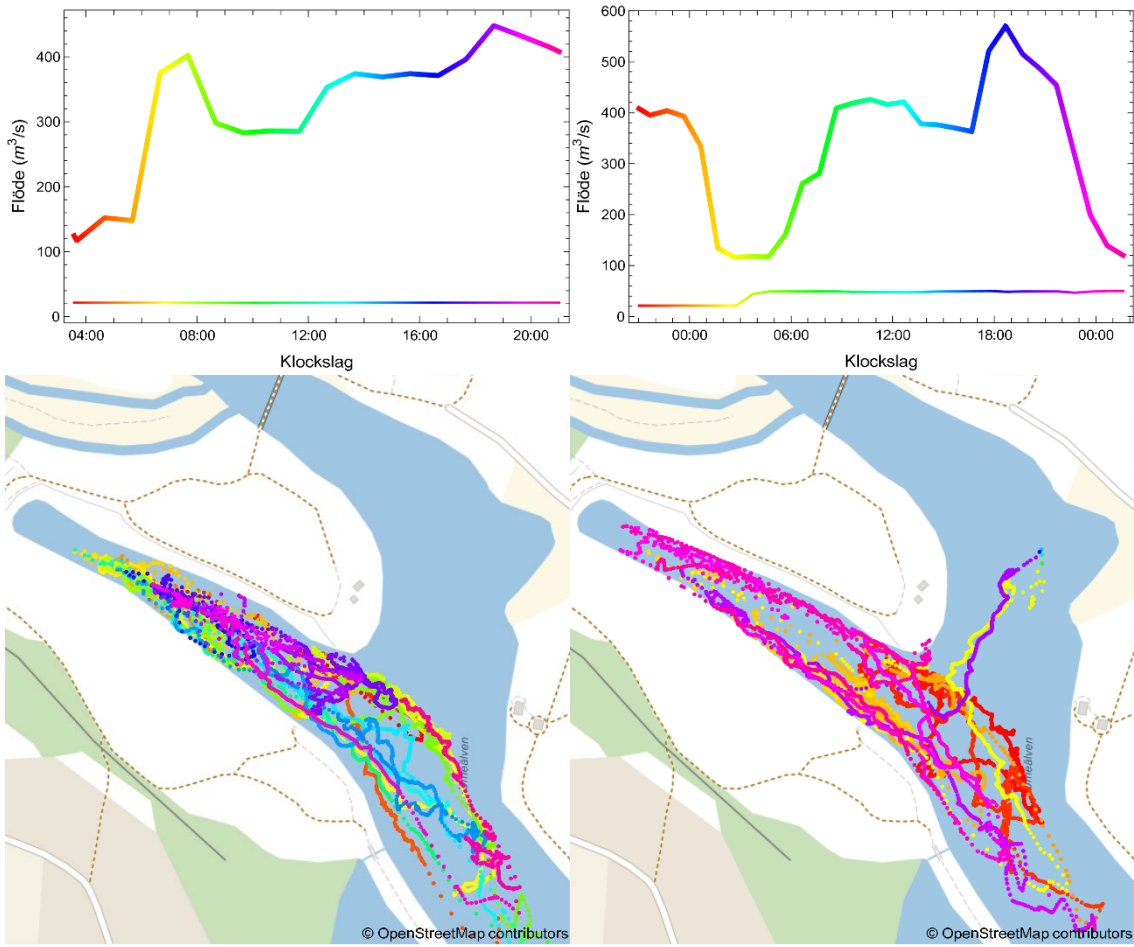
Bilaga 1, forts



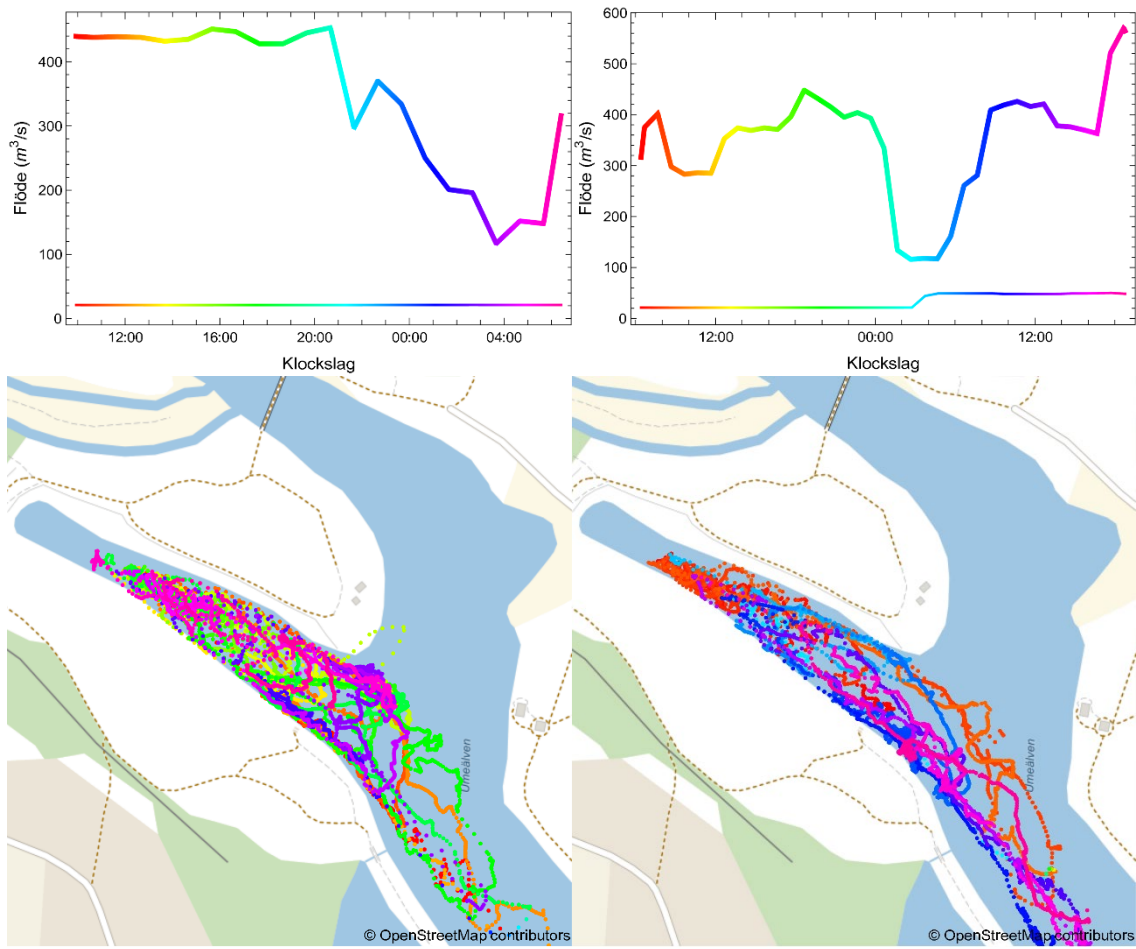
Bilaga 1, forts



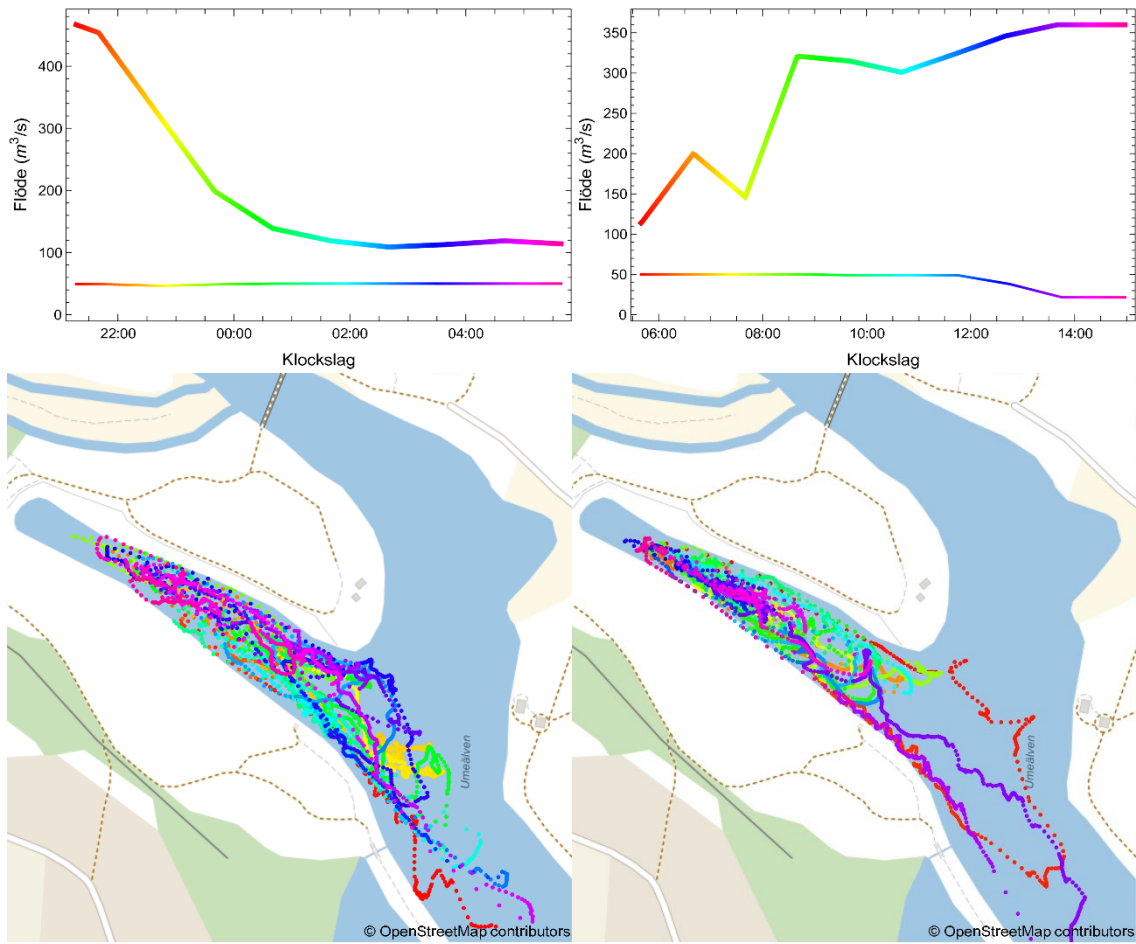
Bilaga 1, forts



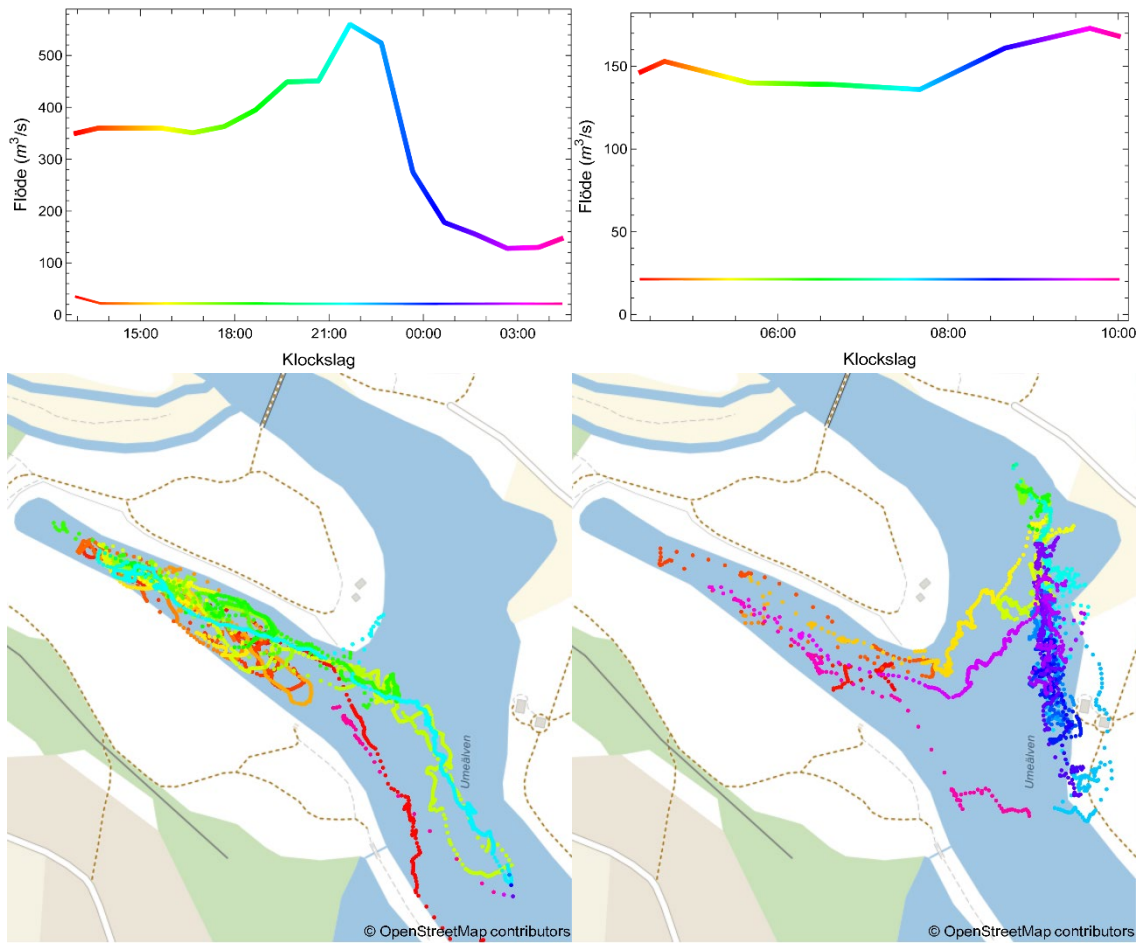
Bilaga 1, forts



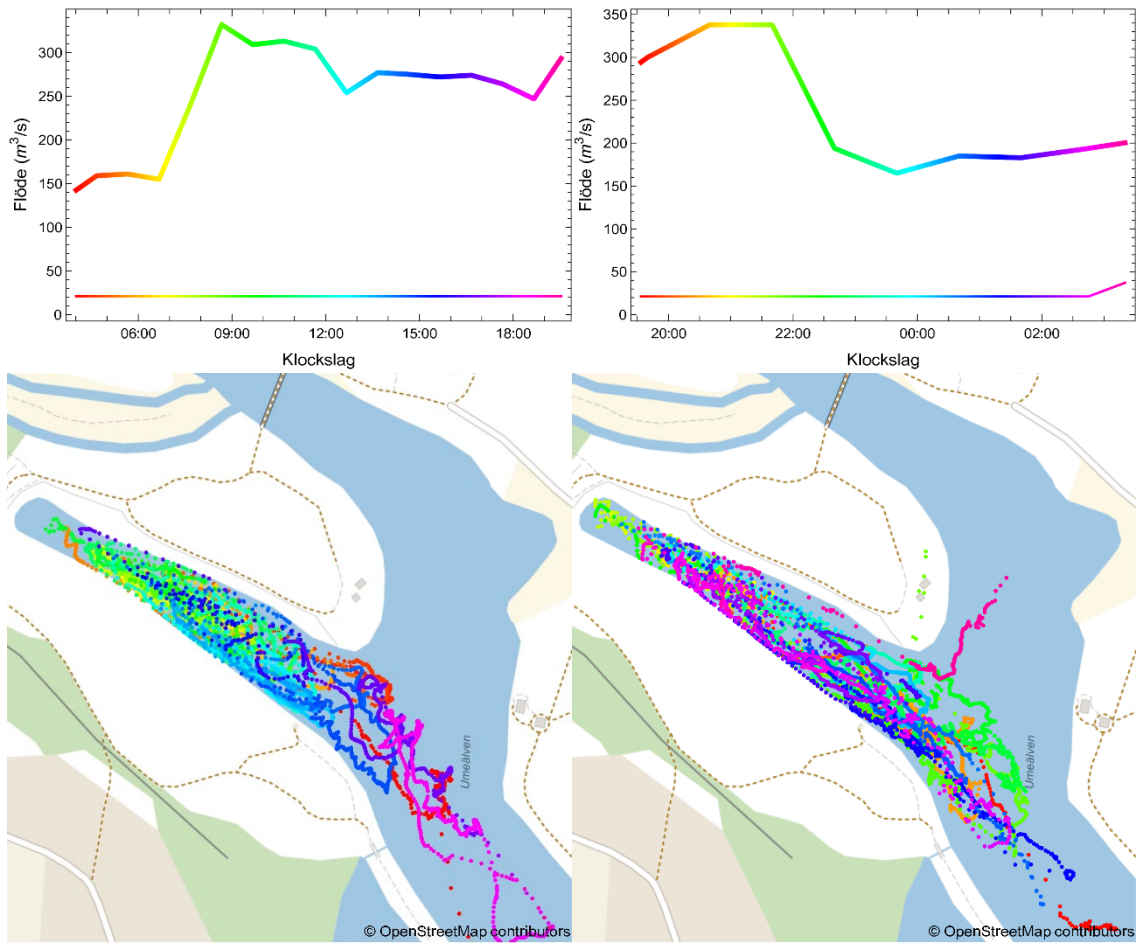
Bilaga 1, forts



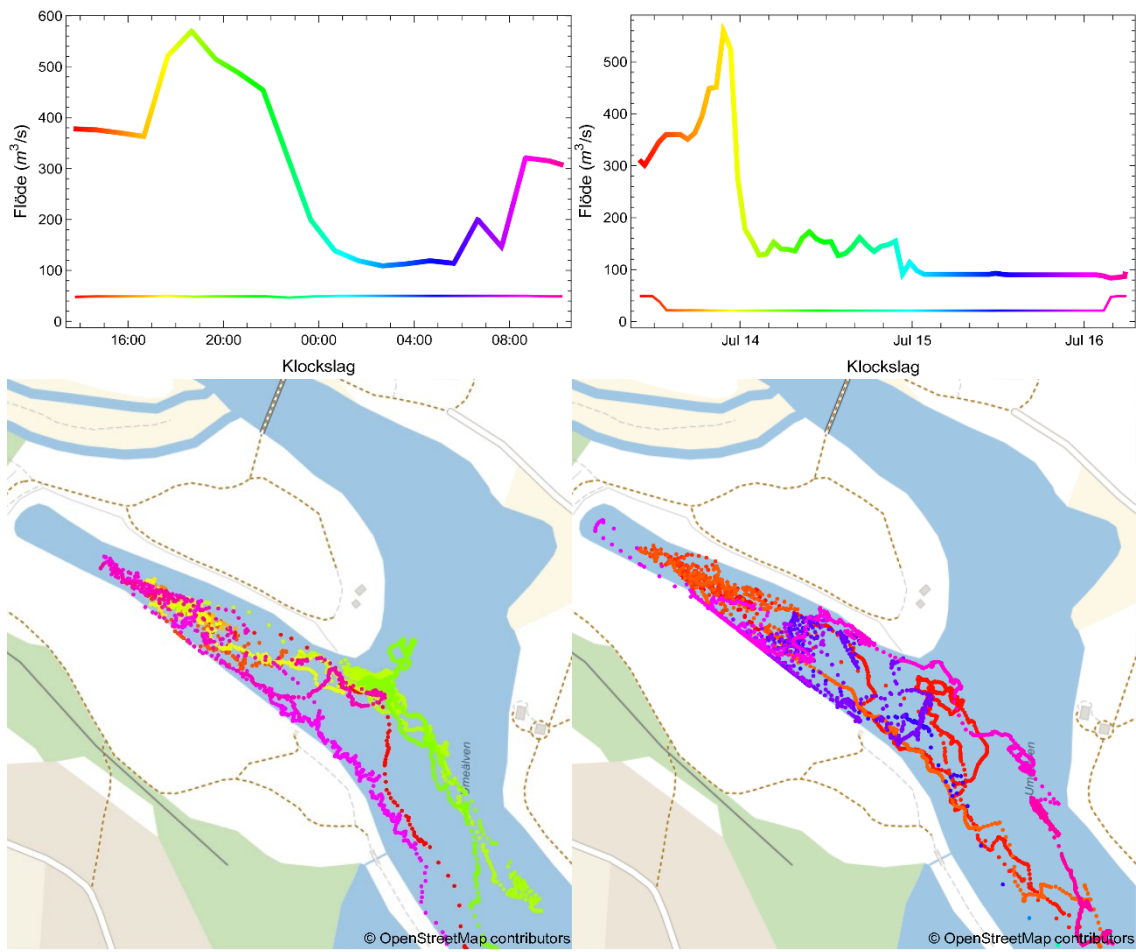
Bilaga 1, forts



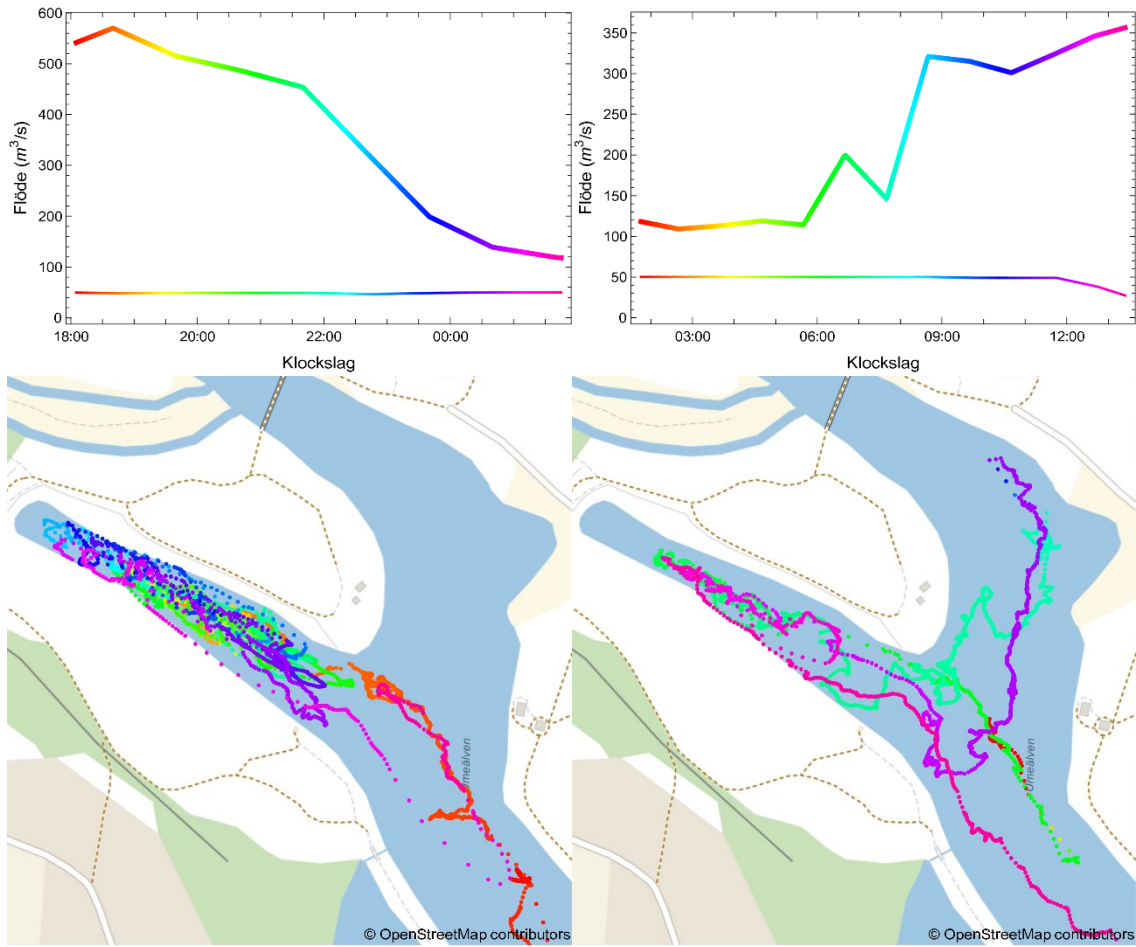
Bilaga 1, forts



Bilaga 1, forts



Bilaga 1, forts



9.2 Bilaga 2

Figurer med dygnmönster av den relativa fördelningen av registreringar av radiomärkt lax (svart linje) i sammanflödesområdet i relation till andelen spillflöde (blå heldragen linje). Percentilerna 25e och 75e för andelen spillflöde avgränsas av det blå fältet. Streckad blå linje visar max andel spillflöde under den angivna tidsperioden.

