



# Utvärdering av funktionen hos fisktrappan i Norrfors under perioden 2013-2020

Kjell Leonardsson



---

Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö

Rapport 2

Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies

Umeå 2021

---

Denna serie rapporter utges av Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå med början 2011.

This series of Reports is published by the Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, starting in 2011.

E-post till ansvarig författare  
*E-mail to responsible author* kjell.leonardsson@slu.se

Nyckelord  
*Key words* Anlockning, fiskvandring, lax, kammarrappa, konnektivitet, nedströmsvandring, passageeffektivitet, smolt, Umeälven, uppströmsvandring, Vindelälven

Ansvarig utgivare  
*Legally responsible* Göran Ericsson

Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö  
Sveriges lantbruksuniversitet  
901 83 Umeå

Adress  
*Address* Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies  
Swedish University of Agricultural Sciences  
SE-901 83 Umeå  
Sweden

# Utvärdering av funktionen hos fisktrappan i Norrfors under perioden 2013-2020

Kjell Leonardsson

Institutionen för vilt, fisk och miljö, SLU, 901 83 Umeå

## 1 Sammanfattning

Den nya fisktrappan i Norrfors togs i bruk 2010 och en första uppföljning gjordes 2012 och 2013. Resultaten från den utvärderingen har tolkats av Miljödomstolen som att det fanns behov att förbättra förutsättningarna för anlockning och passage i fisktrappan. I denna rapport utvärderas effekten av de åtgärder som därefter vidtagits för att förbättra fisktrappans funktion. Detta har undersökts genom att analysera a) anlockning från Laxhoppet till fisktrappan b) anlockning från diffusor till kammartrappa och c) passage genom trappan, både i uppströms och nedströms riktning. Analyserna baserar uteslutande på data från PIT-läsare (Passive Integrated Transponder technology) som registrerat märkt fisk som passerat läsarna i fisktrappan. Merparten av dessa fiskar märktes som smolt.

Inga nya data från området kring Laxhoppet har tillkommit pga. laxhälsoproblemen som inverkat menligt på uppvandringen av de laxar som märktes i Obbola under åren 2017-2020. Det innebär att anlockningen från Laxhoppet till fisktrappan endast har utvärderats utifrån den förbättring som erhållits i anlockningen från diffusor till kammartrappa. Anlockningen från diffusorn och kammartrappan har ökat vandringsframgången från Laxhoppet till kammartrappan med ca 20 procentenheter, från 67 till 87 %, dvs med en faktor 1,3. Denna slutsats bygger på antagandet att åtgärden utanför diffusorn, utjämningen av utskovsgolvet, inte haft någon effekt alls.

Åtgärden med en mellanvägg med en mindre öppning för att öka anlockningen från diffusor till kammartrappa har haft en tydlig positiv effekt på uppvandringen. Anlockningseffektiviteten från diffusor till kammartrappa borde vara minst 92 %, baserat på resultatet från det år då laxhälsoproblemet var minst påtagligt, vilket ska jämföras med ca 70 % i samband med utvärderingen 2013. Trots hälsoproblemen var uppehållstiden i diffusorn drygt 11 dygn kortare efter åtgärden jämfört med under 2013.

Passageeffektiviteten som uppmätts i kammartrappan för märkta lekvandrande laxar har varit över 95 % under flera av åren då laxarna var friska, men betydligt sämre under några av åren då laxarna haft hälsoproblem. Mediantiden för passage har varit under fyra timmar utom 2014 då mediantiden var närmare 8 timmar. Majoriteten av individerna med jojo-beteende gav inte upp vandringen. Däremot leder beteendet till en tidsfördröjning på enstaka dygn till ett par veckor för en del av individerna. Majoriteten av individerna som vände gjorde det uppströms antenn 6, men nedströms fiskräknaren.

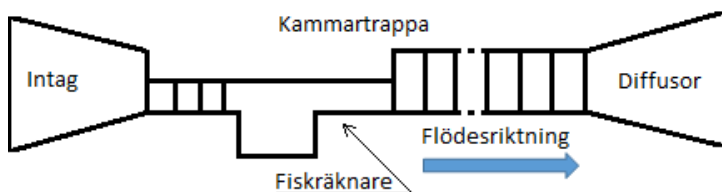
Passagetiden för nedströmsvandrande vuxna laxar (median 2,8 h) var kortare än för uppströmsvandrande laxar och ingen dödlighet har konstaterats i samband med nedströmsvandring. Passagetiden för nedströmsvandrande smolt var 1,3 dygn (median), och uppvisade större variation mellan individer jämfört med vuxen lax, från några timmar till flera dagar. Dödligheten (predationsförluster orsakade av måsfåglar) för smolt kunde inte skattas på ett tillförlitligt sätt, men de beräkningar som gjorts hamnade i storleksordningen 10-15 %.

## 2 Förord

Utvärderingen som presenterats i denna rapport har gjorts på uppdrag av Vattenfall Vattenkraft AB för att utgöra underlag för att besvara Miljödomstolens frågor kopplade till den förlängda provotiden av Stornorrfors fisktrappa (M197-05).

### 3 Inledning

För att underlätta förståelsen av facktermer som används för att benämna olika delar av fisktrappan, i såväl inledning som i resten av rapporten, visas här en schematisk skiss över fisktrappan med dess olika delar (Figur 1).



Figur 1. Schematisk skiss av fiskpassagelösningen i Norrfors med de olika delarnas benämning.

Den nya fisktrappan i Norrfors, nedre Umeälven, togs i bruk 2010 och dess funktion för uppströmsvandring utvärderades 2013 (Leonardsson m fl, 2013). Fisktrappans funktion i samband med nedströmsvandring belystes med begränsade data i samband med en utvärdering av ledarmens funktion (Lundqvist m fl, 2014). Några av resultaten i dessa utvärderingar bedömdes av Mark- och Miljödomstolen som att fisktrappans funktion borde utredas vidare. Detta ledde till beslut om förlängd provotid för ägaren Vattenfall Vattenkraft AB. De aspekter som föranledde detta beslut var framförallt 1) lång uppehållstid för laxarna i diffusorn med låg anlockning till kammartrappan, 2) ett beteende hos en del av de uppströmsvandrande fiskarna där de simmade fram och tillbaks i kammartrappan och 3) passageeffektiviteten, dvs andelen av märkt fisk som passerar, som uppmättes till ca 93 % i kammartrappan och ca 67 % om man räknade passageeffektiviteten för de laxar som kom till Laxhoppet, nedströms fisktrappan. I den förlängda provotiden har även ingått uppföljning av fisktrappans funktion för nedströmsvandrande smolt och kelt i fisktrappan. Fisktrappan har i det avseendet tolkats som betongtrappan bestående av kammartrappa och diffusor.

Under den förlängda provotiden har flera åtgärder genomförts för att förbättra uppvandringen av fisk. Utskovsgolvet nedströms lucka B i utskovsdammen har jämnats ut med betong för att öka vattenhastigheten i samband med spill från utskovet och på så vis hindra fiskar från att simma upp mot utskovet och trötta ut sig i samband med spill. En mellanvägg med en mindre öppning har installerats mellan kammartrappan och diffusorn för att öka strömhastigheten på lockvattnet från kammartrappan (Leonardsson m fl, 2014). Syftet med den åtgärden har varit att öka anlockningen och minska uppehållstiden för fiskarna i diffusorn. För att kunna följa upp åtgärden har en PIT-antenn installerats på botten vid utloppet från diffusorn. Inga åtgärder har vidtagits i kammartrappan ovan nämnda mellanvägg, men strax uppströms kammartrappan har området kring fiskräknaren modifierats ett flertal gånger, vilket beskrivs i avsnitt 6. Inledningsvis när trappan togs i drift installerades en Vaki fiskräknare. Genom åren har det till denna, kompletterats med ytterligare tre stycken Vaki räknare (totalt 4 st.) i anslutning till den första, där målsättningen varit att minimera att fisken fördröjs när den ska passera räknarna. För att studera effekten av dessa åtgärder har observationsfönsterna som finns i anslutning till räknarna nyttjas.

Syftet med utvärderingen har varit att analysera om de åtgärder som vidtagits har förbättrat möjligheterna för fisk att passera fisktrappan. De specifika aspekter som analyserats avser:

- a) anlockningen från Laxhoppet till fisktrappan,
- b) anlockningen från diffusor till kammartrappan, samt
- c) beteendet i samband med uppströmspassage i kammartrappan
- d) nedströmsvandringen i kammartrappan av smolt och vuxen lax

## 4 Frågeställningar

De specifika frågeställningar som utvärderas i denna rapport är:

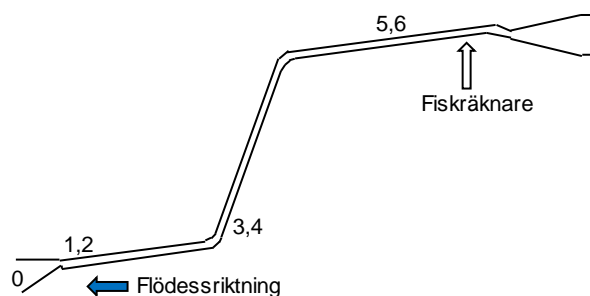
- 1) om de vidtagna åtgärderna lett till ökad anlockning till fisktrappan av fisk som passerat Laxhoppet.
- 2) om de vidtagna åtgärderna haft önskad effekt med ökad anlockningen från diffusorn till kammarrappan.
- 3) om de vidtagna åtgärderna resulterat i att fisk i mindre utsträckning än tidigare vandrar fram och tillbaks i fisktrappan.
- 4) fisktrappans funktion för nedströmsvandrande smolt och vuxen (utlekt) lax.

## 5 Metodik

### 5.1 Analys av PIT-tag registreringar

De data som ligger till grund för analys av frågeställningarna utgörs av registreringar på PIT-läsarna i fisktrappan (Figur 2) under perioden 2012-2020 av fisk som märkts inom många olika projekt/verksamheter.

PIT står för "Passive Integrated Transponders" och märkena vanligen små, ca 12x1 mm vid märkning av lax och öring i Umeälven. De passiva märkena "injiceras" i fiskarna och när märket kommer i antennernas närområde aktiveras det och sänder en unik id-kod (Gibbons m fl. 2004). Även om tekniken har stora fördelar såsom små märken och näst intill oändlig livslängd, har tekniken också vissa svagheter. De små märkena i förhållande till fiskens storlek gör att fiskens beteende inte påverkas av märket i sig. Däremot kan hanteringen i samband med märkningen påverka beteendet den närmaste tiden efter märkning. En nackdel med tekniken är att om ett märke av någon anledning blir kvar inom antennens räckvidd kommer märket att blockera registrering av nya märken om de nya märkena som kommer inom antennens räckvidd har en svagare signal. Den situationen har uppstått vid några tillfällen i fisktrappan i Norrfors, troligen till följd av att avföring från måsar som ätit PIT-märkt smolt har hamnat mellan antennerna och betongväggen i fisktrappan. Dessa märken har varit svåra att avlägsna under vandringsäsongen i och med att fisktrappan varit vattenfylld.



Figur 2. Placering av PIT-antennerna och läsare i fisktrappan. Varje läsare i kammarrappan är kopplad till två antenner, en som registrerar PIT-märkt fisk som passerar genom bottenöppningen och en som registrerar fisk som passerar via överfallet. Antennparens numrering anges i figuren. Antenn 0 i diffusorn installerades inför vandringsäsongen 2017.

Samma typ av läsare men av betydligt större format har installerats i Baggböleforsen, ca 6 km nedströms fisktrappan. Den läsaren har dock endast fungerat helt utan tekniska problem under ett år vilket innebär begränsade möjligheter att utvärdera vandringsframgången från Baggböle till fisktrappan, vilket skulle kunna gett svar på vandringsframgången från Laxhoppet till fisktrappan.



*Pit-tag antenn Baggböleforsen och fisktrappan*

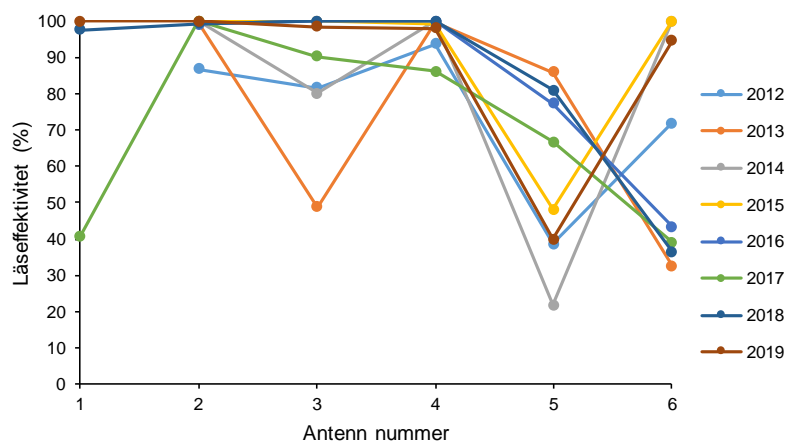
*Foto: Åke Forssén*

## 5.2 Analys av PIT-läsarnas läseffektivitet

Eftersom utvärderingen i denna rapport uteslutande baseras på registreringar av PIT-läsare analyseras och redovisas PIT-läsarnas effektivitet som ett steg i kvalitetssäkringen att resultaten från utvärderingen av huvudfrågeställningarna är tillförlitliga. Enstaka läsare har emellanåt uppvisat lägre läseffektivitet än de övriga läsarna och ett fokus behövs därför i analyserna på de läsare och antenner som fungerat bra.

Läseffektiviteten beräknas genom att sammanställa alla registreringar på fisk nedströms respektive uppströms den läsare som utvärderas. Märkta fiskar som registrerats på den aktuella läsaren samtidigt som det finns registreringar nedströms och uppströms hamnar i kategorin fungerande läsning. Märkta fiskar som registrerats både nedströms och uppströms en läsare utan att ha registrerats på den aktuella läsaren hamnar i kategorin icke-fungerande läsning. Andelen passager förbi den aktuella antennen som hamnar i kategorin fungerande läsning används som ett mått på läseffektiviteten för den aktuella läsaren. Varje antenn har en egen läsare som ska känna av om märkt fisk passerar på överfallet eller genom bottenhålet. I frånvaro av registrering går det inte att veta vilken av dessa två passager som fisken valde och av den anledningen går det inte att beräkna läseffektiviteten för varje enskild antenn, men väl den sammanvägda effektiviteten för båda antennerna.

Resultaten av denna analys redovisas för varje enskilt år i Figur 3. Antennerna 1, 2 och 4 har genomgående haft mycket hög läseffektivitet, följt av antenn 3, medan antennerna 5 och 6 haft lägre läseffektivitet än 50 % under flera av åren. Med anledning av osäkerheten i läsningen på antenn 5 och 6 klassas en uppströmspassage som genomförd i de fall individens sista registrering fanns på antenn 4, 5, eller 6. Sannolikheten att en individ som vänder nedströms från antenn 4 inte skulle registreras på någon av antennerna 1, 2, eller 3 bedöms som mycket liten. Slutsatsen blir därför att teknologin med det antal antenner som finns i fisktrappan i Norrfors ger tillförlitliga resultat vid utvärdering av hur de märkta fiskarna rör sig i fisktrappan.



Figur 3. Läseffektiviteten för de olika antennerna har varierat något över tid, mest beroende på att det emellanåt fastnat PIT-märken mellan betongväggen och antennerna till följd av märken i avföring från måsar som uppehållit sig vid överfallen i fisktrappan där de fångar smolt som passerar. Antennerna 1, 2 och 4 är de som genomgående uppvisat högst läseffektivitet genom åren.

Inför säsongen 2017 installerades även antenner på botten vid ingången till diffusorn. Märkta fiskar som passerar nära botten läses effektivt medan fiskar som passerar nära ytan kommer längre från antennerna, vilket ger sämre läsbarhet. Vattendjupet är generellt högre vid 50 m<sup>3</sup>/s spill jämfört med vid 20 m<sup>3</sup>/s spill. Av den anledningen blir läseffektiviteten sämre vid högre spill. Den genomsnittliga läseffektiviteten för märkt fisk som kom in i diffusorn uppgick till 88,4 % (N=731), med lägsta effektiviteten på 83,3 % under 2017 och högsta på 90,6 % under 2020. Den höga läseffektiviteten vid ankomst till diffusorn ger bra förutsättningar för att kunna utvärdera uppehållstiden i diffusorn och passageeffektiviteten från diffusorn till kammarrappan. Läseffektiviteten för märkt fisk som vänder tillbaka nedströms, dvs passerar ut ur diffusorn, går inte att utvärdera eftersom frånvaro av registrering kan innebära att fisken passerade ut ur diffusorn utan att registreras eller att den stod kvar i diffusorn.

### 5.3 Märkt fisk som ingår i utvärderingen

De fiskar, lax och öring, som ingår i utvärderingen har märkts inom många olika projekt, såsom årliga driftmärkningar av smolt från odlingen, märkning av vuxen lax i älvmynningen för att utvärdera vandringsframgången, samt årlig märkning av vild laxsmolt för att skatta Vindelälvens smoltproduktion (DCF, European Union Data Collection Framework).

Det gjordes en telemetrisk studie 2014 (Leonardsson m fl, 2014), men loggerna vid Laxhoppet hade stora luckor i registreringar, troligen på grund av störningar som höjde brusnivån och hindrade validering av sändarnas signaler. Data från 2014 betraktas som osäkra och inkluderades därför inte i utvärderingen. Under perioden 2017-2019 märktes ett stort antal vuxna laxar i älvmynningen både med PIT-märken och akustiska sändare. Under den perioden uppstod dock problem med laxhälsan (Weichert m fl., 2020), vilket ej förekom under utvärderingen 2012-2013, och endast få av de individer som märktes i Obbola tog sig till fisktrappan. På grund av hälsoproblemen görs bedömningen att dessa individer sannolikt inte var opåverkade av märkningen i kombination med hälsoproblemen och de utesluts därför ur utvärderingen i denna rapport. Sammantaget innebär detta att det inte funnits några nya data att tillgå för att utvärdera vandringsframgången från Laxhoppet till diffusorn.



## 6 Fisktrappans funktion för uppströmsvandrande laxfisk

### 6.1 Anlockning

De frågeställningar som behöver besvaras i fråga om anlockning avser:

- a) anlockningen till fisktrappan av fisk som passerat Laxhoppet och
- b) anlockningen till kammartrappan av de fiskar som kommit in i diffusorn

Inga nya registreringar finns att tillgå efter 2013 via telemetri när lax kommer till Laxhoppet. Däremot finns ett antal observationer från lax som märkts med PIT-märken som smolt på vandringsframgång från övre delen av Baggböleforsen till fisktrappan under åren 2017-2019. Utifrån dessa förutsättningar kan inte frågan om anlockningen från Laxhoppet till fisktrappan besvaras utan kunskap om vad som hänt med anlockningen från diffusorn till kammartrappan eftersom merparten av förlusterna skedde i det senare området. Av den anledningen analyseras frågorna i omvänd ordning, dvs först analyseras frågan om anlockningen från diffusorn till kammartrappan och därefter anlockningen från Laxhoppet till fisktrappan.

#### 6.1.1 Anlockning från diffusor till kammartrappa

##### Problembeskrivning

Under 2012 och 2013 observerades en stor ansamling av fisk i diffusorn. Detta skulle kunna vara ett tecken på att anlockningen till kammartrappan var bristfällig med risk för en negativ inverkan på den totala passageeffektiviteten.



*Diffusorn 21 juli 2013.*

*Foto: Åke Forssén*

##### Miljödomstolens utlåtande

Utföra åtgärder för att komma till rätta med situationen att en stor andel fisk inte går vidare från den s.k. diffusorn till kammartrappan och kontinuerligt följa upp åtgärderna.



*Mellanväggar borttagna i de två nedersta facken, vattnet strömmar fritt genom facken. Foto: Åke Forssén*

*Lucka monterad, vattnet släpps genom ett hål i luckan ca 50 cm under vattenytan. Foto: Åke Forssén*

*Trappans nedre del är höjd 70 cm, vattnet släpps över luckan övre kant. Foto: Åke Forssén*

### Åtgärdsbeskrivning

Före vandringssäsongen 2014 gjordes åtgärder med att förbättra anlockningen från diffusorn till kammarrappan genom att installera en lucka vars öppning kunde justeras för att ändra flödes hastigheten. Utifrån de positiva erfarenheterna från detta (Leonardsson m fl, 2014) gjordes en ombyggnad av kammarrappan samt den justerbara luckan. Väggarna i kammarrappans sista fack höjdes med 0,7 m, trösklar samt befintliga pit-tag antenner anpassades efter den nya höjden. Anlockningsluckans öppningsbredd minskades med 0,4 m. Under uppvandringssäsong var luckans öppning 0,8 m bred och 0,5 m hög och strömhastigheten har varit mellan 3-5 m/s. Genom åtgärden har man åstadkommit en betydligt kraftigare ”jetström” som skjuter ut från kammarrappans sista steg in i diffusorn.

Åtgärden har följts upp med visuella observationer vid den dagliga tillsynen av trappan som sammanställts. Under 2015 efter det att åtgärden genomförts var mängden fisk som ansamlades i diffusorn betydligt mindre än förut. Det märktes genom att diffusorns ljusa bottengaller syntes tydligt efter luckans tillkomst vilket det inte gjordes åren innan åtgärden hade utförts. Detta har även varit fallet under senare år när det passerat betydligt fler laxar i fisktrappan jämfört med 2012 och 2014.

I syfte att kontinuerligt följa upp anlockningen från diffusorn till kammarrappan installerades PIT-antennerna och läsare vid ingången till diffusorn inför vandringssäsongen 2017. Registreringar från dessa läsare har använts för utvärdering av anlockningsåtgärden i denna rapport.

### Utvärdering av åtgärden

Utvärderingen av anlockning från diffusor till kammarrappa omfattar två aspekter, dels uppehållstiden i diffusorn, dels andelen som tar sig vidare till kammarrappan. Antennerna i diffusorn har varit en förutsättning för analys av dessa frågeställningar och eftersom antennerna

i diffusorn tillkom efter 2016 avser utvärderingen perioden 2017-2020. Som nämnts tidigare sammanfaller den perioden med hälsoproblemen för laxarna och laxarnas nedsatta hälsa kan därför haft en negativ inverkan på resultaten. Frågeställningen har utvärderats genom att jämföra resultaten från åren innan luckans tillkomst med resultaten från åren efter luckans tillkomst.

Uppehållstiden beräknades som tidsskillnaden mellan tiden från fiskarnas första registrering när de kommer in i diffusorn till första registreringen i kammartrappan. Passageeffektiviteten från diffusorn till kammartrappan beräknades som kvoten mellan de som registrerades i kammartrappan efter att ha registrerats i diffusorn och alla som registrerades i diffusorn.

### *Uppehållstid i diffusorn*

Åtgärden för att öka anlockningen från diffusorn till kammartrappan har resulterat i betydligt kortare uppehållstid i diffusorn. Mediantiden från första registrering i diffusorn till första registrering i kammartrappan var 8,0 timmar (N=291) (Tabell 1). 75 % av laxarna gick upp i kammartrappan inom ett och ett halvt dygn. Under åren 2017-2020 hade en stor del av de vuxna laxarna hälsoproblem men problemen var något mindre under 2018 och det året var uppehållstiden i diffusorn 4,8 timmar (median). I samband med utvärderingen 2013, före tillkomsten av anlockningsanordningen mellan diffusorn och kammartrappan, var uppehållstiden i diffusorn drygt 11 dygn längre jämfört med 2017-2020.

*Tabell 1. Uppehållstid (timmar) för fiskar i diffusorn innan de vandrade upp i kammartrappan.*

	<b>N</b>	<b>Median</b>	<b>25e perc</b>	<b>75e perc</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>2017</b>	34	15.4	3.4	43.2	0.2	921.7
<b>2018</b>	125	4.8	2.2	26.2	0.5	1198.8
<b>2019</b>	73	17.3	2.3	50.9	0.1	639.3
<b>2020</b>	59	12.5	2.1	42.9	0.4	370.3
<b>Totalt</b>	291	8.0	2.2	35.1	0.1	1198.8

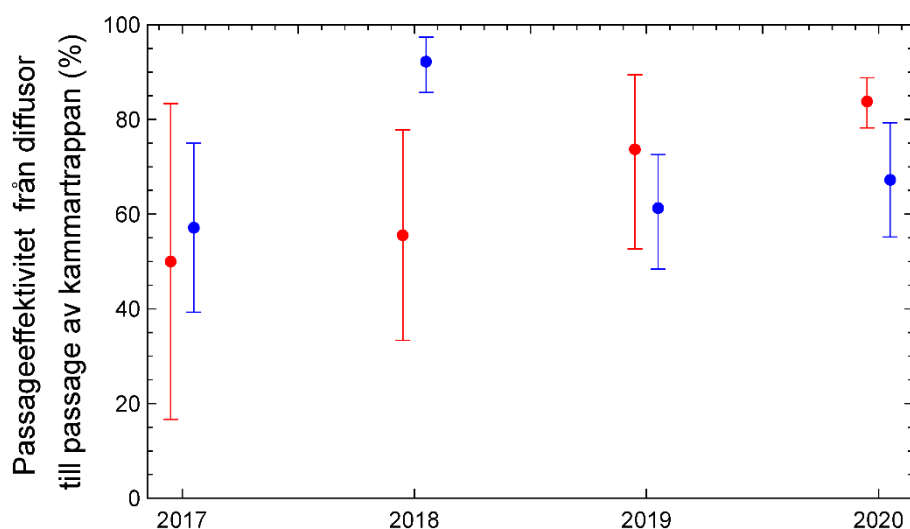
### *Anlockningseffektivitet från diffusor till kammartrappa*

Av de vilda laxar som registrerades i diffusorn registrerades 86 % även i kammartrappan under perioden 2017-2020 (N=244). Skillnaden var dock stor mellan år, från ca 61 % anlockningseffektivitet under 2017 till drygt 92 % effektivitet under 2018, det år när laxshälsoproblematiken var minst påtaglig (Tabell 2). Den stora variationen antyder att den totala anlockningseffektiviteten från diffusorn till kammartrappan under perioden 2017-2020 sannolikt är underskattad till följd av laxarnas hälsoproblem. I samband med utvärderingen 2013, före tillkomsten av anlockningsanordningen mellan diffusorn och kammartrappan, var anlockningseffektiviteten ca 74 %.

Tabell 2. Anlockningseffektivitet (AE, %) från diffusorn till kammartrappan för vild lax som märktes som smolt. Åren 2017, 2019 och 2020 var vandringsframgången för vild lax som märktes i Obbola <1 %. Under 2018 var motsvarande siffra ca 12 %. 95 % KI avser konfidensintervallet. N avser antal individer.

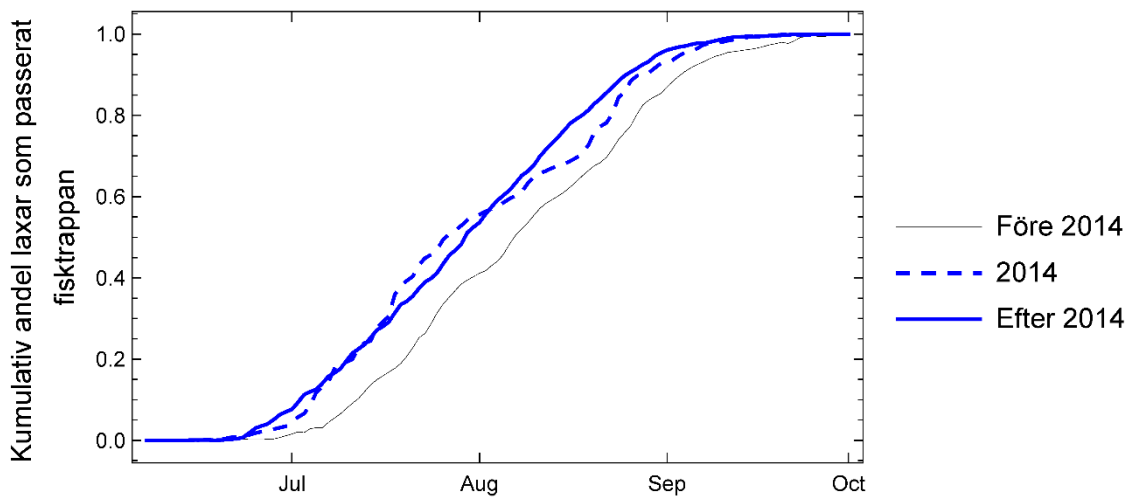
År	N	AE	95 % KI
2017	31	61.3	45 - 77
2018	80	92.5	86 - 98
2019	64	62.5	50 - 73
2020	69	72.5	62 - 83

Passageeffektiviteten från diffusor till passage av kammartrappan uppvisade ett likartat mönster som anlockningseffektiviteterna för vild lax (Figur 4). Passageeffektiviteten för odlad lax var ungefär i nivå med den för vild lax, med överlappande konfidensintervall för flera av åren. stor under flera av åren. Ett år som avviker markant är 2018 då ca 92 % av de vilda laxarna som vid något tillfälle befann sig i diffusorn även passerade kammartrappan medan ca 56 % av de odlade laxarna passerade kammartrappan. Den mest troliga förklaringen till denna skillnad är att andelen grils (smålox) var mycket högre bland de vilda laxarna jämfört med bland de odlade och grilsen har påverkats mindre av laxhälsoproblemen än de laxar som tillbringat flera år i havet. Det innebär att den passageeffektivitet som bäst återger den passageeffektivitet som förväntas av friska laxar är den som uppmättes hos vild lax under 2018.



Figur 4. Passageeffektiviteten från diffusor till passage av kammartrappan skiljer sig mellan år för odlad (röd) jämfört med vild lax (blå) beroende på skillnader i hälsostatus delvis beroende på skillnader i ålder/storlek vid könsmognad. Osäkerheten anges med 95 % konfidensintervall.

Ett annat sätt att utvärdera effekten av åtgärden som syftade till att förbättra anlockningen är att jämföra säsongsmönstret i uppvandringen med data från fiskräknaren, perioden före, under och efter 2014. Perioden före avser åren 2010-2013 och perioden efter avser åren 2015-2020. Den kumulativa uppvandringen var i genomsnitt 9 dagar tidigare under åren efter åtgärden, trots att laxarna uppvisade hälsoproblem under dessa år (Figur 5).



Figur 5. Säsongsmonstret av uppvandrande leklaxar har i genomsnitt skett ca 9 dagar tidigare under åren efter åtgärden för att öka anlockningen från diffusor till kammartrappa. Den vorticitetsskapande strukturen som användes 2014 när åtgärden vidtogs avlägsnades till efterföljande år eftersom laxarna tycktes skygga för strukturen.

#### Slutsats om åtgärdens effekt

Slutsatsen blir att friska laxar borde ha minst 92 % passageeffektivitet från diffusorn till passage av kammartrappan med de åtgärder som vidtagits, vilket ska jämföras med ca 70 % i samband med utvärderingen 2013. Trots hälsoproblemen var uppehållstiden i diffusorn drygt 11 dygn kortare jämfört med 2013. Den positiva utvecklingen avseende både passageeffektiviteten, uppehållstiden och säsongsmonstret i uppvandringen visar att åtgärden haft en tydlig positiv effekt på uppvandringen.

#### 6.1.2 Anlockning från laxhoppet till fisktrappan

##### Problembeskrivning

En del lax som passerat Laxhoppet registreras inte i fisktrappan. Är det anlockningen som inte är tillräcklig eller uppehåller sig fisken i området uppströms Laxhoppet utan att passera in i diffusorn och fisktrappan?



*Pooler med överfall i anslutning till Laxhoppet*

*Foto: Åke Forssén*

### Miljödomstolens utlåtande

Utreda och vid behov åtgärda problem med anlockningen till fisktrappan av fisk som passerat Laxhoppet.

### Åtgärdsbeskrivning

Mellan Laxhoppet och ingången till diffusorn finns ingen alternativ väg som fisken kan ta. Flödet som kommer från diffusorn är ca 22 m<sup>3</sup>/s och merparten av tiden under vandringsäsongen utgör det 100 % av vattnet som kommer till Laxhoppet. Under perioder med extra spill i enlighet med villkoren tillkommer ca 30 m<sup>3</sup>/s från utskovslucka B som konkurrerar med anlockningsvattnet från diffusorn. Syftet med dessa extra spill är att öka anlockningen av lekvandrande lax och öring till den gamla älvfåran nedströms Baggböle (sammanflödesområdet).

De åtgärder som vidtagits utanför diffusorn för att förbättra uppvandringen till fisktrappan är utjämnning av utskovsgolvet för att laxarna inte ska simma upp mot utskovet (och trötta ut sig, mjölksyraproblematik) i samband med 30 m<sup>3</sup>/s spillen från utskovet. Åtgärden utfördes under vintern 2013-2014.



*Arbete med utskov b, anläggande av ledmurar och igengjutning av håligheter. Foto: Åke Forssén*

#### Utvärdering av åtgärden

I samband med utvärderingen 2013 (Leonardsson m fl, 2013) redovisades en passageförlust på ca 33 % från Laxhoppet till passage av kammarrappan. Bristen på nya data från Laxhoppet komplicerar utvärderingen av om anlockningen från Laxhoppet förbättrats. Ett sätt är att jämföra vandringsframgången från Baggböle istället. Inför vandringsssäsongen 2017 hade en PIT-antenn installerats i det övre steget i den integrerade pool-trappan i Baggböleforsen. Dessvärre har antennen varit behäftad med tekniska problem under en stor del av tiden, vilket har resulterat i betydligt färre registreringar än förväntat.

Totalt registrerades 67 lekvandrande laxar och 59 öringar på antennen i Baggböle under perioden 2017-2019. Generellt hade öringarna lägre vandringsframgång än laxarna. Det år då problemet med laxhälsan var minst påtagligt, 2018, var vandringsframgången till fisktrappan 90 % för lax och ca 70 % för öring (Tabell 3). Detta kan jämföras med 70-78 % respektive 47 % vandringsframgång för telemetrimärkt lax 2013 respektive 2014 (Leonardsson m fl, 2013, Leonardsson m fl, 2014). Vandrings tiden från den övre delen av Baggböleforsen till fisktrappan var betydligt kortare under åren 2017-2019 jämfört med 2013 respektive 2014. Mediantiden var 2,9 dygn (N=38) under perioden 2017-2019 och motsvarande tid för 2013 respektive 2014 var 4,3-10,1 dygn (N=104/73) respektive 7,9 dygn (N=16). Intervallet för 2013 avser ankomst till diffusorn respektive till övre delen av kammarrappan.

Tabell 3. Vandringsframgången för lekvandrande lax och öring från den övre delen av Baggböleforsen till fisktrappan under perioden 2017-2019 då laxarna haft hälsoproblem. Resultaten redovisas separat för det antal vintrar fiskarna tillbringat i havet.

		Antal havsvintrar								
		1		2		3		4		Totalt
Art	År	N	Andel	N	Andel	N	Andel	N	Andel	Andel
Öring	2017	13	0.00	6	0.67					0.21
	2018	1	0.00	12	0.75	2	0.50	1	1.00	0.69
	2019					21	0.71			0.71
Lax	2017	2	1.00	19	0.63	4	1.00			0.72
	2018	8	0.88	2	1.00					0.90
	2019	3	0.67	29	0.41					0.44

Ett annat sätt att utvärdera om förutsättningarna ändrats uppströms Laxhoppet är att anta att andelen som "hittar" diffusorn inte förändrats över tid, trots åtgärden med utjämning av utskovsgolvet. I studien från 2013 registrerades ca 95 % av laxarna som kom till Laxhoppet även i diffusorn. Det innebär att den huvudsakliga förlusten av fisk tycks ha berott på bristande anlockning från diffusorn till kammartrappan. Som framgår av avsnittet om anlockning från diffusorn till kammartrappan i denna rapport uppgick den kombinerade passageeffektiviteten från diffusor till passage av kammartrappan till ca 92 % för vild lax under det år (2018) med mätdata då laxhälsoproblemen var minst påtagliga. Andelen laxar som tar sig från Laxhoppet till diffusorn borde vara minst 95 %, i enlighet med resultaten från 2013, i och med att laxarna inte längre kan ägna tid och energi att simma upp mot utskovet på det sätt de kunde göra 2013. Den totala passageeffektiviteten från Laxhoppet till passage av kammartrappan blir med dessa siffror  $0.92 \cdot 0.95 \cdot 100 \% = 87 \%$ . Det är en förbättring med ca 20 procentenheter jämfört med 2013 och en förbättring med ca 27 procentenheter jämfört med den gamla fisktrappan (jfr Lundqvist m fl, 2008). Jämfört med 2013 blir det en ökning med en faktor 1,3. Det bör dock noteras att laxarna även uppvisade hälsoproblem under 2018, om än inte lika stora problem som 2017 och 2019-2020. Vandringsframgången från Laxhoppet till passage av fisktrappan skulle därför kunna vara högre för "friska" laxar än den framräknade effektiviteten på 87 %.

#### Slutsats om åtgärdens effekt

Effekten av utjämningen av utskovsgolvet har inte kunnat utvärderats på ett tillförlitligt sätt, men anlockningsåtgärden mellan diffusorn och kammartrappan tycks ha ökat vandringsframgången från Laxhoppet till kammartrappan med ca 20 procentenheter, från 67 till 87 %. Vandringsframgången har därför ökat med en faktor 1,3, dvs 30 %. Vandringsframgången för friska laxar är sannolikt högre än den nivå som beräknats här, men i frånvaro av sådana data har det inte varit möjligt att fastställa passageeffektiviteten för friska laxar.

## 6.2 Passage av kammartrappan

### Problembeskrivning

Utförda telemetristudier visar att fisk som påbörjat sin uppströmsvandring ibland vänder en eller flera gånger i kammartrappan. Detta beteende benämns jojo-beteende i denna rapport. Frågan är om detta beror på trappans konstruktion eller om det är ett naturligt beteende.





*Kammarrappans nedre del.*

*Foto: Åke Forssén*

### Miljödomstolens utlåtande

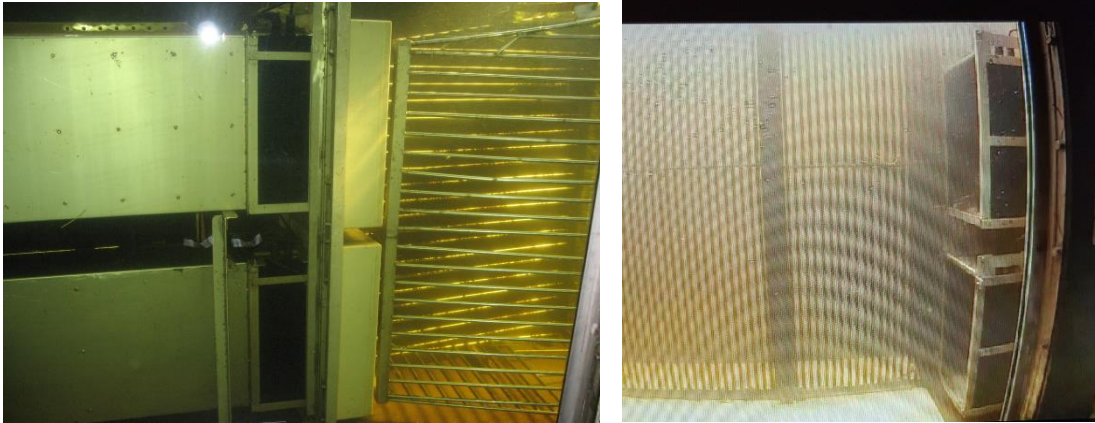
Utreda och åtgärda problemet att fisk vandrar fram och tillbaka i fisktrappan.

### Åtgärdsbeskrivning

Vandring upp och ned i fisktrappan är sannolikt ett naturligt beteende. Detta beteende är tidigare känt från andra fiskvägar och vägtrummor. Fisktrappan är konstruerad utan vilopoler för att fisk inte ska uppehålla sig i fisktrappan. Inga åtgärder i själva kammarrappan kan därför föreslås.

Området där fiskräknaren är placerad utgörs av en långsmal pool där många av fiskarna stannar till efter att de passerat första delen av kammarrappan. När de sedan ska vidare behöver de passera genom fiskräknaren som består av en scanner och en kameratunnel som har en öppning på 30 x 50 cm. För att leda in fisken i fiskräknarens öppning används styrgaller. Genom observationsfönsterna kunde man redan första året (2010) se en viss köbildning och att vissa fiskar tvekade att simma in i fiskräknarens öppning samt att det samlades mycket skräp på styrgallren. År 2011 installerades ytterligare en räknare som placerades ovanpå den första räknaren och styrgallren gjordes om. Åtgärden minskade köbildningen men problemet med skräp fanns kvar. Ett andra observationsfönster sattes in som gjorde det möjligt att få en bättre överblick över styrgallren. Genom fönstret kunde man konstatera att många fiskar sökte sig mot styrgallren istället för att ledas direkt in i fiskräknare. För att minska driftstörningarna och underlätta rensningen konstruerades styrgallren åter om och i den nya lösningen fick styrgallren stående pinnar. En effekt av detta blev att fisken inte längre sökte sig mot styrgallren utan gick direkt mot räknarens öppning. 2016 byggdes Vaki räknarna om, kameratunnlarna togs bort och en plyfavägg med fyra öppningar (30 x 50 cm) placerades mellan de två observationsfönsterna. I var öppning monterades en scanner, kameror och belysning placerades i observationsrummet. Lösningen innebar bl.a. att det inte längre behövdes några styrgaller men fick en negativ

inverkan på filmernas kvalitet från fiskräknarna. För att förbättra filmernas kvalitet byggdes räkningen åter om 2018. Genom ett långsgående galler placerat i trappans mitt fördes fiskarna närmare kamerorna som placerades innanför observationsfönstret. I de två öppningarna längst från observationsfönstret placerades två självrensande galler. Scannrarna flyttades till öppningarna närmast observationsfönstret där den ena scannern registrerar uppvandrande fisk och den andra nedvandrande fisk.



Vakiräknare med fototunnel (vänster) Räkare fr.o.m. 2018 (höger) Foto: Åke Forssén

Analysen av kammartrappans funktion syftar till att ge svar på

- a) hur stor andel av laxarna som passerar kammartrappan,
- b) hur stor andel av de som befinner sig i kammartrappan som uppvisar jojo-beteende, samt
- c) hur jojo-beteendet påverkar fiskarnas möjlighet att passera kammartrappan samt hur beteendet påverkar passagetiden.

För att besvara dessa frågor analyserades vandringsbeteendet mer i detalj för att öka kunskapen om beteendet samt för att kunna avgöra om beteendet inverkar menligt på vandringsframgången.

I fisktrappor med vilopooler kan fisk vända nedströms för att stanna till och vila i dessa djupa områden där lugnare strömförhållanden råder (OTA, 1995). Det finns dock inga vilopooler i kammartrappan i Norrfors. Däremot finns lugna strömpartier ned mot botten i varje bassäng och alla bassänger ser lika dana ut, med undantag där trappan svänger. Det finns därför ingen anledning för fiskarna att göra någon längre förflyttning för att hitta en viloplats. Om det är viloplats fiskarna söker blir det svårt att förklara varför dessa fiskar vandrar uppströms och nedströms vid ett flertal tillfällen. Det begrepp som används i litteraturen för fisk som vänder i trappan är snarare ”Fall-backs” än att beteendet skulle kunna ha en annan förklaring än att fiskarna vänder och ger upp. Anledningen till att jojo-beteendet inte omnämns i den vetenskapliga litteraturen är troligen att det är få fisktrappor som har infrastrukturen för att kunna mäta fiskarnas beteende så detaljerat som i kammartrappan i Norrfors.

Ett jojo-beteende hos vandrande fiskar i en fiskpassage kan förekomma av olika anledningar, till exempel att

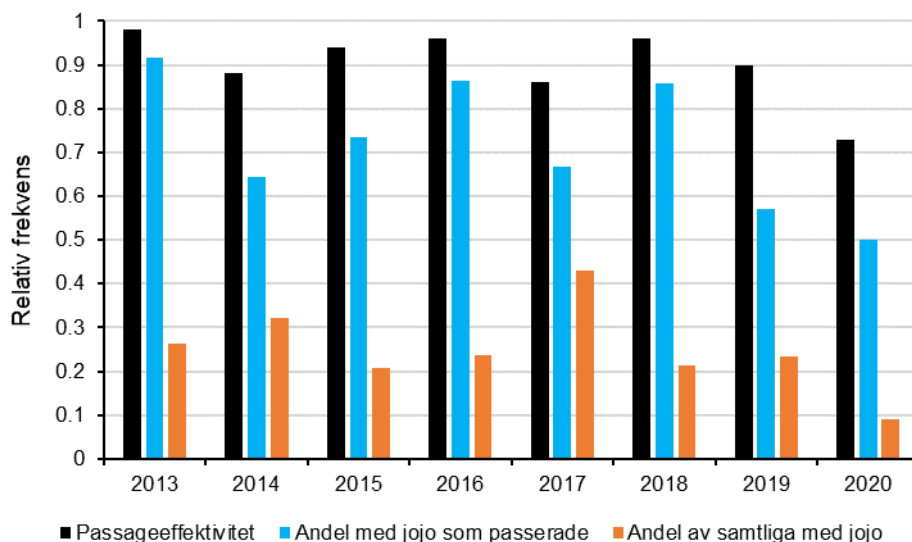
- i) de måste vända nedströms till följd av sjunkande vattennivå och antingen vänder uppströms igen när flödet återgått till det normala eller ger upp fortsatta försök,

- ii) de söker efter signaler/spår som talar om för dem att de är på rätt väg, eller
- iii) de skyggar för/undviker något som får dem att vända om.

Den första förklaringen (i) gäller de laxar som befinner sig i långt upp i kammartrappan i samband med rengöring av trappan. De har inget annat alternativ än att vända nedströms i takt med att vattennivån sjunker. Till skillnad från "Fall-backs" är det vanligt att fiskarna återupptar uppströmsvandringen när flödet ökar igen. Det bör nämnas att rengöring av fisktrappan är nödvändig emellanåt för att inte gallren kring fiskräknarna ska sätta igen och för att hindra att skräp ansamlas i trappan och orsakar översvämning.

I samband med utvärderingen 2013 analyserades laxarnas vandringsbeteende och passageeffektiviteten för samtliga individer som registrerades i kammartrappan. Dessa resultat underskattade därför passageeffektiviteten under de förhållanden som råder vid normal drift. Andelen vilda laxar som passerade kammartrappan 2013 uppgick till ca 93 %. Om laxarna som befann sig i trappan i samband med rengöring utesluts ur analysen blir passageeffektiviteten för 2013 98 %. Åren därefter har passageeffektiviteten varit något lägre (Figur 6). Passageeffektiviteten var i genomsnitt lägst under de år (2017-2020) laxhälsoproblemen var påtagliga.

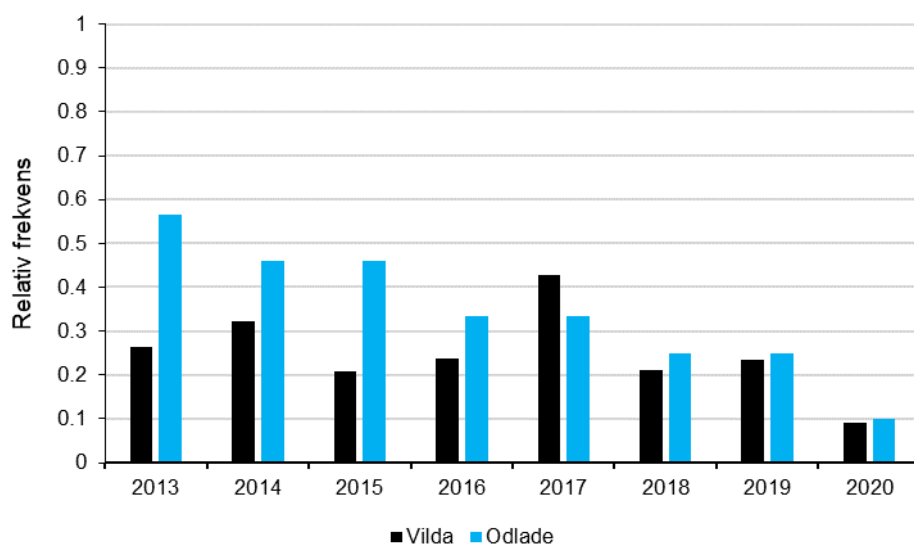
Analysen av andelen vändande fiskar visade att ca 5-15 % av jojo-beteendet kunde förklaras av minskande flöde i samband med rensning av trappan genom att göra analysen med respektive utan de fiskar som fanns i trappan i samband med rensning. Trots att dessa fiskar uteslöts ur analysen uppvisade mer än 20 % av de kvarvarande fiskarna ett jojo-beteende (Figur 6). Den höga passageeffektiviteten antyder att jojo-beteendet hos de kvarvarande fiskarna har liten betydelse för deras möjlighet att passera fisktrappan. Däremot torde beteendet leda till en viss fördröjning i passagen.



Figur 6. Passageeffektiviteten i kammartrappan har överskridit 95 % under fyra av åren och jojo-beteendet har legat kring 20 % under flera av åren med ett högsta värde på drygt 40 % under 2017. Trots hög andel jojo-beteende passerade över 90 % av dessa 2013. Andelen med jojo-beteende som passerade trappan var något lägre under perioden när laxarna hade hälsoproblem (2017-2020). Notera att de individer som endast vänder en gång per definition inte kan passera trappan. Individer som befann sig i trappan i samband med rengöring har uteslutits i analysen.

Den andra förklaringen (ii) att beteendet skulle kunna vara ett sökbeteende skulle innebära att de odlade laxarna i högre utsträckning skulle uppvisa jojo-beteendet. De odlade fiskarna befinner sig redan i hemområdet med en blandning av Umeälvs- och Vindelälvs-vatten, medan de vilda fiskarna söker efter 100 % Vindelälvs-vatten. Laxar som anländer i god tid före lek till hemområdet söker vanligen upp viloplatsen i väntan på lek, men kan även utforska området inför leken och kan då simma nedströms och uppströms ett flertal gånger (Økland m fl., 2001).

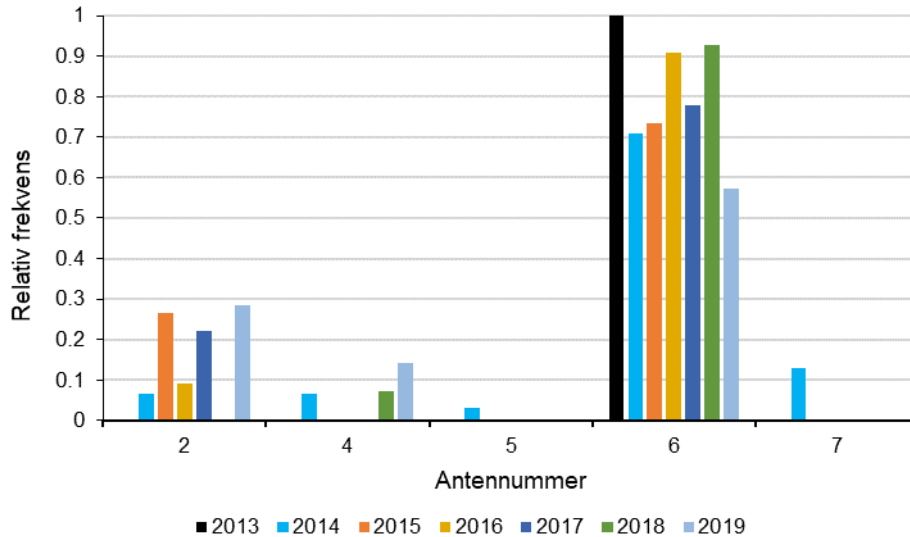
Jojo-beteendet var betydligt vanligare hos odlad fisk jämfört med hos vild under perioden innan laxhälsoproblemen började. Under perioden 2013-2016 var det en markant högre andel av de odlade laxarna som vände en eller flera gånger (jojo) i kammartrappan jämfört med hos vilda laxar (Figur 7). Andelen med jojo-beteende hos de odlade laxarna har minskat över tid medan ingen tydlig trend märks hos vild lax. Under perioden 2017-2020 noteras inte någon skillnad mellan grupperna. Anledningen till denna förändring är okänd, men en koppling till laxhälsoproblemen kan inte uteslutas.



Figur 7. En större andel av de odlade laxarna vände en eller flera gånger (jojo) i kammartrappan jämfört med vilda laxar under perioden före laxhälsoproblemen började. Andelen med jojo-beteende hos de odlade laxarna har minskat över tid medan ingen tydlig trend märks hos vild lax.

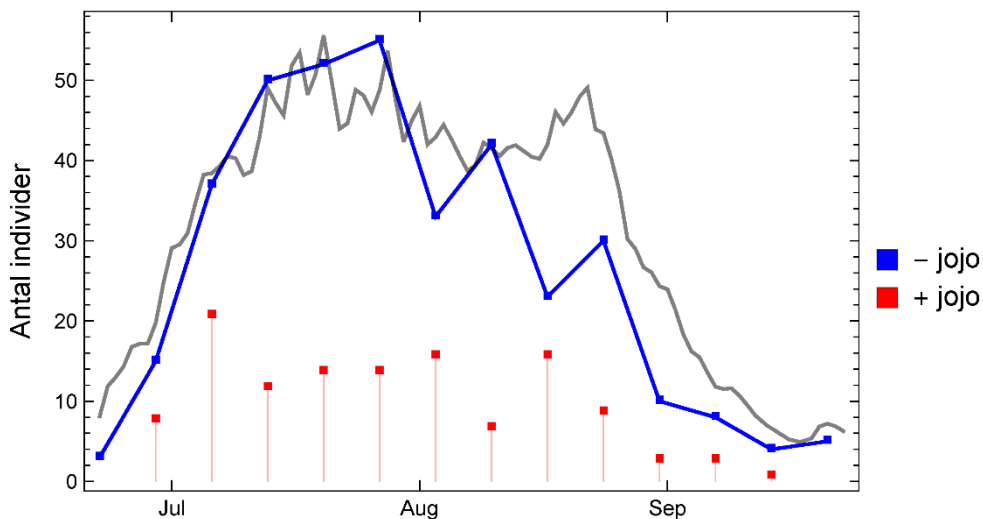
Den tredje förklaringen (iii) till varför en del laxar vänder nedströms en kortare eller längre sträcka kan vara att de skyggar för något i fisktrappan. En analys av var laxarna vänder första gången visade att 50-100 % av dem vänder efter att de passerat antenn 6 (Figur 8). Med tanke på de entydiga resultaten finns det anledning att tro att laxarna skyggar för något när de kommer till området där kammartrappan slutar. I det området finns en rak kanal som leder till fiskräknarna och inspektionsfönstret. Vid fiskräknaren uppstår ofta en ansamling av fisk och trängseln skulle kunna få en del laxar att vända tillbaka nedströms.

Laxar som passerar långa forsmiljöer stannar naturligt till för att vila strax uppströms forsnacken innan de fortsätter sin uppströmsvandring. Detta är inte liktydigt med att laxar vänder nedströms i naturliga forsar, men det ger en naturlig ansamling av fisk på forsnackar vilket kan leda till revirhävdande. I fisktrappan är utrymmet begränsat för laxarna att sprida ut sig på "forsnacken" vilket öppnar för alternativet att backa tillbaka en bit nedströms för att undvika trängseln.



Figur 8. Den största andelen av laxarna som vänder i kammartrappan vänder efter att ha passerat antenn 6. Antenn 7 användes före 2015 och var placerad vid fiskräknaren, uppströms antenn 6. Data från 2020 har uteslutits ur analysen eftersom flera av antennerna slogs ut av åsken denna säsong.

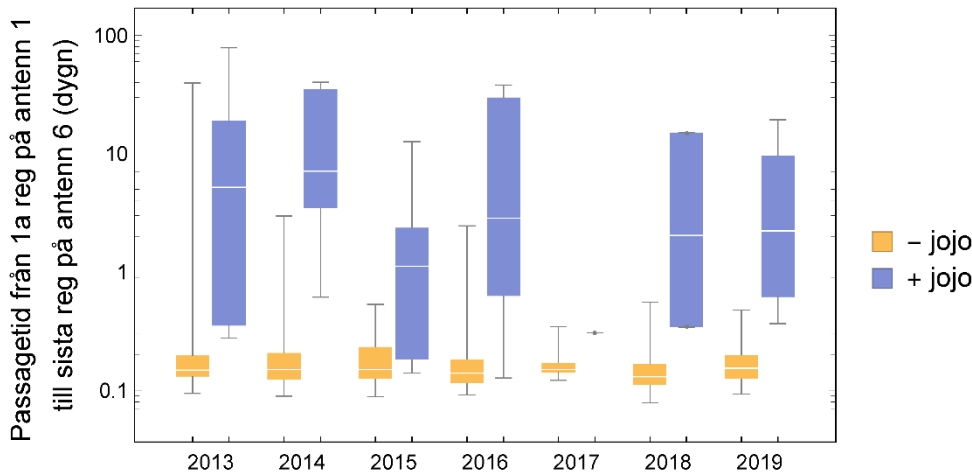
Det finns dock inget stöd för trängselhypotesen om man testar sambandet mellan andelen med jojo-beteende och antalet som passerade fisktrappan samma dag med hjälp av logistisk regression ( $P > 0.05$ ). Testet blir dock svagt eftersom det bara var enstaka märkta fiskar i trappan varje enskild dag trots att det kunde vara flera hundra fiskar som passerade fisktrappan samma dag. Andelen med jojo-beteende följde säsongsmönstret i uppvandringen och avvek inte heller från säsongsmönstret för de som inte uppvisade beteendet (Figur 9).



Figur 9. Säsongsmönstret i vandringen är ungefär detsamma för de som inte uppvisar jojo-beteende i kammartrappan och för de som uppvisar jojo-beteende och följer i stort den totala uppvandringen (grå). Säsongskurvan för den totala uppvandringen avser perioden 2013-2019 och har multiplicerats med 0,04 för att hamna i nivå med den blå kurvan.

Analyserna av jojo-beteendet visade att det inte nämnvärt påverkar möjligheten för individerna att passera fisktrappan. Om beteendet däremot fördröjer uppvandringstiden avsevärt

skulle det kunna få konsekvenser för den återstående vandringen till lekområdet. En svårighet i en analys av den aspekten är att vi inte vet vilket lekområde de enskilda individerna är på väg till. Däremot går det att beräkna den faktiska tidsfördröjningen i samband med passagen för att se om det handlar om några dagars fördröjning eller flera veckors fördröjning. Analysen visade att laxar som vände i fisktrappan uppvisade stor variation mellan individer. En stor andel av dem tog flera dygn på sig att passera trappan medan de som passerade trappan i ett svep vanligen tog 3-4 timmar på sig (Figur 10). Medianvärdet för individer som uppvisade jojo-beteendet var 3 dygn och efter två veckor hade ca 75 % av individerna passerat fisktrappan.



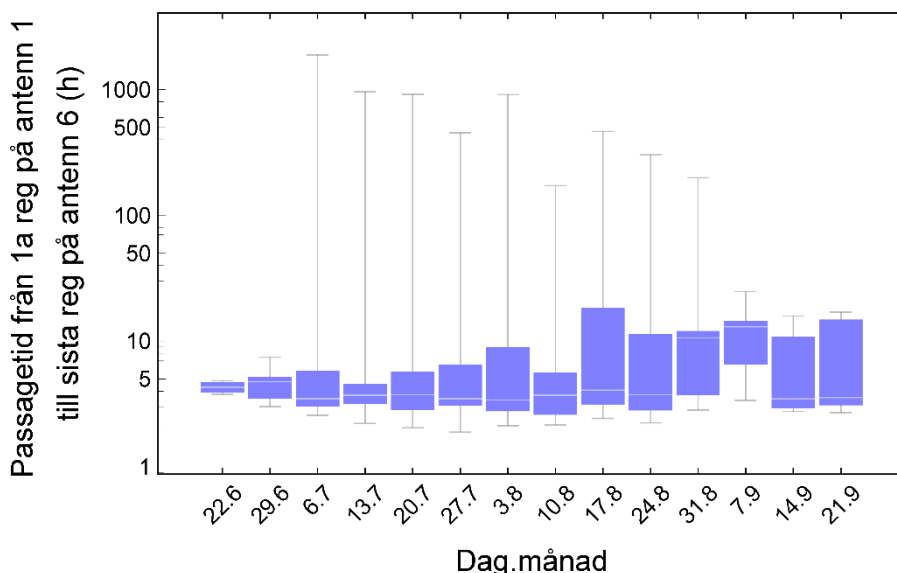
Figur 10. Passagetiden i kammartrappan är betydligt kortare för de laxar som inte simmar fram och tillbaks (jojo) i trappan.

Mediantiden för passage av kammartrappan, från antennen 1 till antennen 6, för vild lax var kortare än fyra timmar under alla år utom 2014 (Tabell 4). Dessa resultat avser både laxar med och utan jojo-beteende. Under 2014 var mediantiden av någon anledning nästan dubbelt så lång jämfört med de övriga åren. Någon förklaring till den avvikelser har inte kunnat fastställas. Passagetiderna gäller förhållanden utan rensning av trappan. Ett intressant resultat är att laxar som anländer tidigt på säsongen uppvisade kortare passagetid och mindre variation i passagetid mellan individer jämfört med senare under säsongen (Figur 11).

Tabell 4. Tid (h) för vild lax som märktes som smolt att passera kammarrappan, från antenn 1 till antenn 6.

År	Antal	Median	P_25	P_75	Min	Max
2013	85	3.9	3.1	8.8	2.4	1890
2014	27	7.9	3.6	21.0	2.2	904
2015	37	3.4	3.1	4.3	2.2	36
2016	80	3.3	2.7	4.8	2.0	913
2017	13	3.6	3.2	4.4	2.9	11
2018	53	2.9	2.5	3.6	1.8	362
2019*	29	3.2	2.4	4.3	1.2	115
2020*	32	3.9	3.3	5.6	3.0	516

\* Endast ett fåtal märkta vilda lekvandrande laxar passerade fisktrappan 2019 och 2020 under normaldrift och för att få ett statistiskt underlag inkluderades även märkt odlad lekvandrande lax i analysen för dessa år.



Figur 11. Det är en tydlig trend att variationen i passagetid mellan individer ökar under vandringsäsongen.

Även om fisktrappan är byggd för att på fungera så bra som möjligt för vuxen lekvandrande lax och öring har det funnits registreringar som visat att även liten fisk har passerat i uppströms riktning. I samband med utsättningarna av kompensationsodlad smolt har det hänt vid ett flertal tillfällen att en del av dessa vandrat upp i fisktrappan istället för att direkt påbörja nedströmsvandringen mot havet.

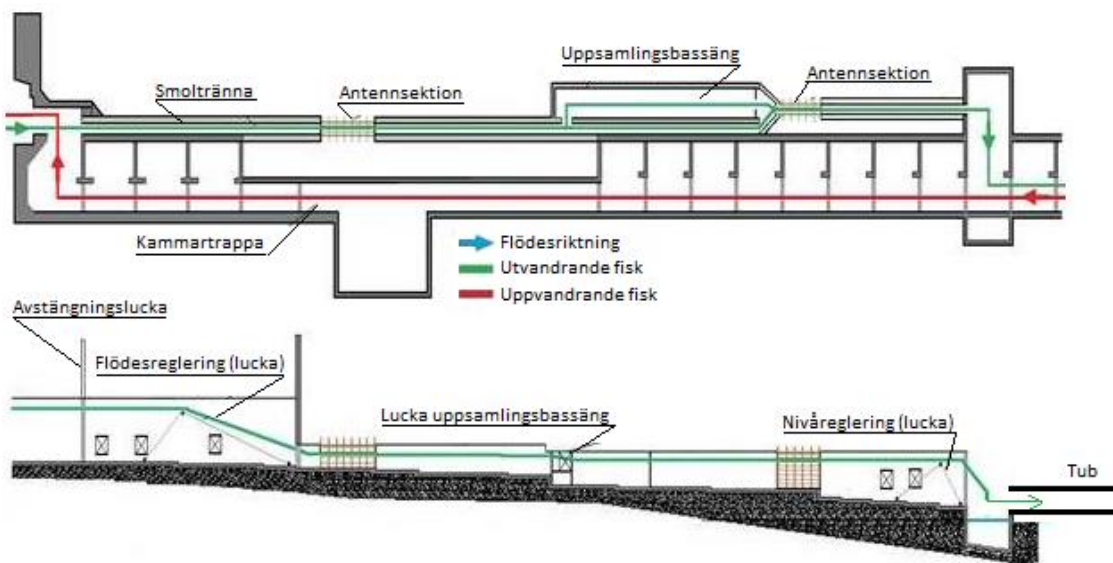
Små fiskar har inte samma simkapacitet som storvuxna laxar och öringar. Fiskarnas simkapacitet är beroende av deras längd. Gränsen för uthålligt simmande för atlantlax är ca 2 kroppslängder per sekund (Hvas och Oppedal, 2017), vilket motsvarar 2 m/s för en 10 kg lax medan det blir ca 0,3 m/s för en smolt på 15 cm. Hastigheter på 9 kroppslängder per sekund klarade atlantlax bara att upprätthålla korta distanser (Colavecchia m fl, 1998), vilket motsvarar 1,35 m/s för en 15 cm smolt. Eftersom de genomsnittliga strömhastigheterna på överfallen och genom bottenhålen är i den storleksordningen så borde det i praktiken vara nästan omöjligt för

smolt att passera hela kammartrappan. Paradoxalt nog har smolt på 11,8 cm passerat hela kammartrappan på 6,8 timmar. Mediantiden för samtliga smolt (lax och öring) som passerat i uppströms riktning har varit 16,9 timmar (N=67). Förklaringen till att detta är möjligt är att smolten huvudsakligen passerat via bottenöppningarna och att strömhastigheten är mycket lägre längs öppningens kanter än i mitten av öppningen och sålunda även betydligt lägre än den genomsnittliga strömhastigheten. Detta innebär i praktiken att även andra arter med liknande kroppsform och storlek skulle kunna passera fisktrappan i uppströmsriktning om de vill.

#### *Slutsatser om jojo-beteendet i kammartrappan*

De genomgående höga passageeffektiviteterna för de laxar som registrerats i kammartrappan i kombination med den relativt höga andelen av individer med jojo-beteende tyder på att de flesta individer med jojo-beteende passerade fisktrappan. Däremot leder beteendet till en tidsfördröjning som varierar mellan individer, från enstaka dygn till ett par veckor. Majoriteten av individerna som vände gjorde det uppströms antenn 6, men nedströms fiskräknaren, vilket kan uttolkas från tabell 8 i Leonardsson m fl, (2013).

## 7 Fisktrappans funktion för nedströmsvandrande laxfiskar



Figur 13. Schematisk skiss av smoltfångstanläggningen i Norrfors med de olika delarnas benämning.

#### Problembeskrivning

I den tidigare prövotiden ingick inte nedströmsvandring av smolt och kelt till fisktrappan. Dessutom har möjligheterna att utvärdera nedströmsvandring via fisktrappan tidigare varit bristfälliga.



## Miljödomstolens utlåtande

Utreda fisktrappans funktion för nedströmsvandring av smolt och utlekt fisk samt vid behov ge förslag på åtgärder för att förbättra nedströmsvandringen.

## Åtgärdsbeskrivning

Det har varit bristfällig kunskap om nedströmsvandring av smolt och utlekt lax i fisktrappan eftersom det tidigare bara funnits data från ett fåtal individer, se Lundqvist m fl. (2014) för en tidigare utvärdering. I den analysen framkom inte några tecken på vandringsproblem och av den anledningen har några specifika åtgärder inte kunnat vidtas. En åtgärd som dock vidtagits för att kunna minska eventuella förluster av smolt i fisktrappan till följd av predation från bl a måsar är ett avledningsrör som löper från smoltfångstanläggningen i fisktrappans övre del till området nedströms utloppet från diffusorn.



*Fångstpoolen i smoltfångstanläggningen (vänster) med avvattning till flyktrännen (tuben) (höger). Stenblocket som finns i höger bild där vattenstrålen träffar ytan under normaldrift hade spolats dit i samband med ett stort spill från dammen. Stenen avlägsnades efter upptäckt för att inte skada fiskarna i "fallet". Foto: Åke Forssén*

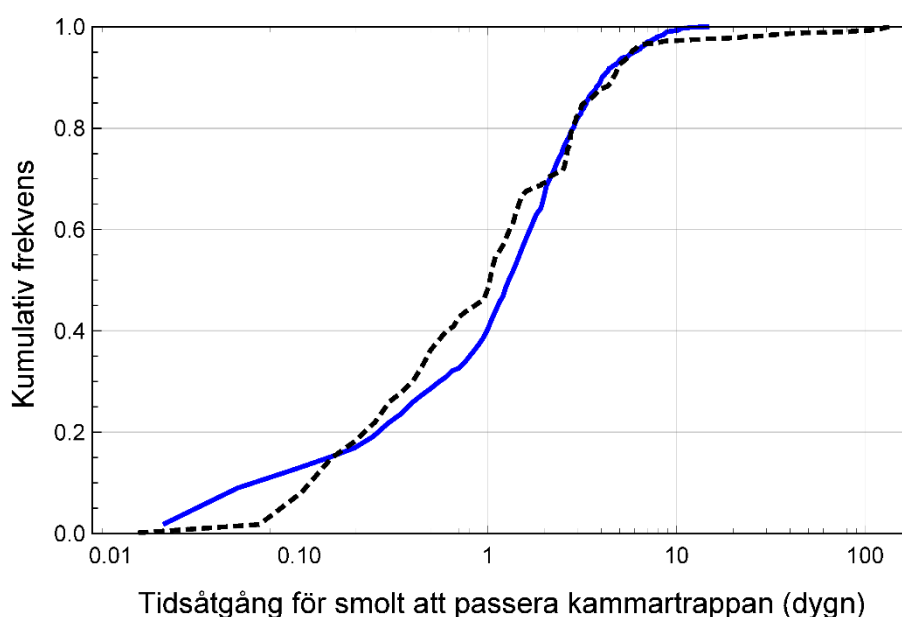
## Frågeställningar

Hur lång tid tar det för smolt och utlekt lax att passera fisktrappan och hur stor andel klarar vandrigen? Syftet med utvärdering av dessa frågeställningar är för att avgöra om det finns behov av åtgärder för att förbättra nedströmsvandringen i fisktrappan.

## 7.1 Smolt

### 7.1.1 Passagetid

Av de 1947 vilda märkta smolt som passerat fisktrappan nedströms via kammartrappan och som registrerats både på antenn 6 och antenn 1 var mediantiden för passage 1,3 dygn. Efter två dygn hade drygt 67 % passerat medan andelen som passerat efter tre respektive fyra dygn var 82 % respektive 90 % (Figur 12). Passagetiden var ungefär densamma för odlad smolt som sattes ut i den övre delen av kammartrappan under 2019 och 2020 (N=10000 varav 2292 individer registrerades både på antenn 6 och antenn 1). Den mest påtagliga skillnaden mellan vild och odlad smolt var att ca 2-3 % av den odlade smolten stannade betydligt längre tid i kammartrappan än de vilda innan de fortsatte vandringen nedströms.



Figur 12. Kumulativ frekvens av vandringstider för vild (blå linje) respektive odlad (svart streckad linje) smolt att passera kammartrappan, från antenn 6 till antenn 1.

#### Slutsats

Med tanke på kammartrappans längd och komplexa strömningsbild framstår inte passagetider för smolt på några timmar till flera dagar som något anmärkningsvärt. Detta tidsspann är i nivå med den tid det tog för märkt smolt att vandra ca 4 km i Sävarån i samband med smoltfångst, märkning och återfångst under perioden 2005-2010 inom DCF (EU:s Data Collection Framework). Smolten har normalt en mycket liten energireserv (e.g. Persson m fl., 2018) och de har därför behov att födosöka under vandringen för att fylla på energireserven. Detta kan vara anledningen till att en del smolt tar längre tid på sig än andra att passera fisktrappan.

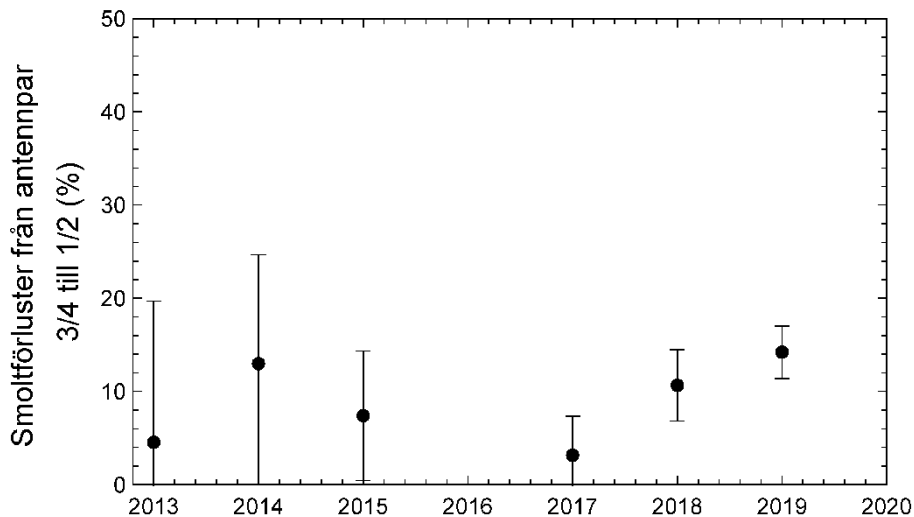
### 7.1.2 Passageeffektivitet och överlevnad

Den vilda smolten som kommit till fisktrappan har redan vandrat flera mil i älven och förväntas därför inte avbryta vandringen till följd av den ändrade miljön som fisktrappan innebär. Detta har dock visat sig vara fallet med odlad laxsmolt. Frånvaro av registreringar av odlad smolt i

samband med nedströmspassager kan inte tolkas i termer av passageeffektivitet eller dödlighet eftersom en del av de odlade, speciellt tidigt köns mogna hanar, kan välja att stanna eller till och med vandra uppströms. Förluster av vild smolt i kammartrappan torde dock uteslutande bero på dödlighet, mest troligt till följd av predation. Utebliven registrering på den nedersta antennen i kammartrappan behöver dock inte innebära att individen dog eller blev kvar i kammartrappan. Den kan ha passerat antennen utan att registrerats, vilket kan inträffa om det passerar flera märkta individer samtidigt. I sådana situationer kommer endast den individ som ger starkast signal att registreras. Det går dock att få en uppfattning om storleksordningen på de maximala förlusterna av smolt i kammartrappan genom att utvärdera hur stor andel av det totala antalet smolt som registrerats på olika antenner i kammartrappan. Uttrycket maximala förluster används i detta sammanhang eftersom en del av förklaringen till att smolt inte registrerats på de två nedre antennerna kan vara att alla märken inte registrerades till följd av ”märkeskollisioner”.

Av de 2995 märkta vilda smolten registrerades i genomsnitt ca 10 % färre vid antennpar 1-2 jämfört med vid antennpar 3-4 under perioden 2013-2019 (Figur 13). Det innebär en maximal förlust på ca 10 % på en sträcka som motsvarar drygt en tredjedel av kammartrappans längd. Det går inte att avgöra hur stor del av dessa förluster som utgörs av predation respektive ”märkeskollisioner”. Predationsförluster och förluster till följd av märkeskollisioner har omvända relationer till antalet märkta individer. Med många smolt uppstår predator mättnad, vilket innebär att den procentuella dödligheten minskar eftersom predatorerna inte har kapacitet att fånga och äta hur många smolt som helst under den begränsade tid smolten tillbringar i fisktrappan. Med ökat antal smolt ökar märkeskollisionerna och antalet smolt som undgår registrering ökar.

Ett sätt att få svar på de verkliga förlusterna är att jämföra antalet laxar som återvänder från havet, givet att man har två grupper en som märkts och släpps överst i fisktrappan och en grupp som märkts och släpps strax nedströms fisktrappan. Någon sådan studie har inte gjorts med vild smolt med de stora mängder fisk som skulle behövas på grund av den höga dödligheten i havet (ICES 2019). Däremot har en sådan studie gjorts med odlad smolt. Under 2019 släpptes 5000 odlade smolt överst i fisktrappan och 5000 strax nedströms fisktrappan. Av dessa återkom 0,76 % av de som släpptes överst i fisktrappan och 0,78 % av de som släpptes nedströms fisktrappan, vilket innebär en förlust på ca 2,6 %. Den skattningen är dock väldigt osäker eftersom ytterligare en individ åter från gruppen som släpptes nedströms skulle innebära en fördubbling av förlusten. Förlusten av smolt i fisktrappan måste dock vara större än 0 % eftersom det görs observationer varje år av stora mängder mäsar som fångar smolt i fisktrappan. Däremot är det väldigt svårt att få en säker skattning på hur stor den förlusten är. Vid utvärdering av förluster av odlad smolt i trappan var förlusten ca 2 % från antennpar 5-6 till 3-4 och ca 8 % från antennpar 3-4 till 1-2, varav den senare är något lägre än för vild smolt. Om man väger samman dessa skattningar omräknat till hela kammartrappan skulle det kunna innebära predationsförluster på ca 10-15 %.



Figur 13. De skattade maximala förlusterna av vild smolt som passerade från antennpar 3-4 till antennpar 1-2 i kammartrappan uppgick till i genomsnitt 8,8 % under åren 2013 till 2019. Avståndet mellan dessa antenner utgör drygt en tredjedel av hela kammartrappans längd. Osäkerheten anges som 95 % konfidensintervall.

#### Slutsats

Svårigheten att tolka förluster av smolt i samband med nedströmsvandringen gör att skattningarna blir väldigt osäkra. Resultaten av de beräkningar som gjorts tyder på att predationsförlusterna skulle kunna uppgå till ca 10-15 % i kammartrappan.

## 7.2 Vuxen lax/öring

### 7.2.1 Passagetid

Analys av passagetid för nedströmsvandrande vuxen lax har huvudsakligen gjorts med hjälp av data från lekvandrande individer eftersom det bara är en märkt utlekt lax som passerat fisktrappan. Den individen passerade från antenn 6 till antenn 1 på 1.6 timmar. Noterbart är att den individen valde att passera genom bottenhålerna vid samtliga 6 antenner.

För att besvara frågan hur lång tid det tar att passera kammartrappan i nedströmsriktning för vuxen lax har de lekvandrande individer valts ut som kommit till antenn 6 och därefter vänt nedströms till antenn 1 med avtagande antennnummer i sekvensen med registreringar. En nedströmsvandrande utlekt lax förväntas ej vända i trappan och simma mot strömmen. Detta förväntas dock inträffa med lekvandrande laxar eftersom deras strävan borde vara i uppströmsriktning för att nå lekogränderna. Eftersom det saknas antenner vid varje pool i kammartrappan kan dock de lekvandrande laxarna ha vänt uppströms en bit mellan antennparen innan de fortsatte nedströms. Den framräknade passagetiden bör därför tolkas som en övre gräns för hur lång tid det tar för en vuxen lax att passera kammartrappan nedströms.

Totalt uppfyllde 237 individer kriteriet för nedströmsvandring i kammartrappan. Mediantiden för dessa individer att passera från antenn 6 till antenn 1 var 2.8 timmar. 25 % av individerna passerade på kortare tid än 1,5 timmar och 75 % av individerna passerade på kortare tid än 14.3 timmar. Det innebär att passagetiden för den enda utlekta lax som det fanns data för var jämförbar med de 25 % snabbaste av de lekvandrande laxarna.

### *Slutsats*

Vuxen lax vandrar nedför hela kammarrappan på några få timmar. Slutsatsen blir därför att fisktrappan fungerar väl för nedströmsvandrande vuxen lax och därmed även för utlekt lax.

### 7.2.2 Passageöverlevnad

Inga förluster har kunnat påvisas för de vuxna laxar som vandrat nedströms i fisktrappan. Det kan dock inte uteslutas att dödlighet för utlekt lax kan uppstå i fisktrappan i och med att dessa är i mycket dålig kondition jämfört med uppströmsvandrande leklax. Om de är i dålig kondition så att de inte har kraft att manövrera i mitten av öppningarna riskerar de att skrapa sig mot kanterna i bottenhålen. De skulle därför kunna få skador i samband med passagen som kan leda till infektioner och svampangrepp. Observationer av dödlighet för utlekt lax har observerats efter utsättning av märkt utlekt lax i huvudfåran uppströms fisktrappan för att utvärdera ledarmens funktion (Johan Leander pers. komm.). Detta ger en indikation på de utlekta laxarnas kondition.

### *Slutsats*

Ingen dödlighet har kunnat påvisas i samband med nedströmsvandring hos vuxen lax i fisktrappan.

## 8 Erkännande

Jag riktar ett stort tack till Åke Forssén, chef för Norrfors fiskodling, för underlag i form av beskrivningar, ritningar och fotografier av de åtgärder som vidtagits i fisktrappan och som beskrivs i denna rapport.

## 9 Referenser

- Colavecchia, M., C. Katopodis, R. Goosney, D. A. Scruton, and R. S. McKinley. 1998. Measurement of burst swimming performance in wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) using digital telemetry. *Regulated Rivers-Research & Management* 14:41-51.
- Gibbons, J. W., and K. M. Andrews. 2004. PIT Tagging: Simple Technology at Its Best. *BioScience* 54:447.
- 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., Nilsson, J. 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.).
- Lundqvist, H., K. Leonardsson, D.-E. Lindberg, S. Westbergh, Å. Forssén, & 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., K. Leonardsson, J. Williams, J. Östergren, G. Hellström & 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.).
- Hvas, M., and F. Oppedal. 2017. Sustained swimming capacity of Atlantic salmon. *Aquaculture Environment Interactions* 9: 361–369.
- Økland, F., J. Erkinaro, K. Moen, E. Niemela, P. Fiske, R. S. McKinley, and E. B. Thorstad. 2001. Return migration of Atlantic Salmon in the River Tana: Phases of migratory behaviour. *Journal of Fish Biology* 59:862-874.
- OTA. 1995. Fish Passage Technologies: Protection at Hydropower Facilities, OTA-ENV-641 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September 1995)
- Persson, L., K. Leonardsson, and A. Alanärä. 2018. Manipulation of the energetic state of Atlantic salmon *Salmo salar* juveniles and the effect on migration speed. *Journal of Fish Biology* 92:961-978.
- 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*.
- ICES. 2019. Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). ICES Scientific Reports. 1:23. 312 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.4979>