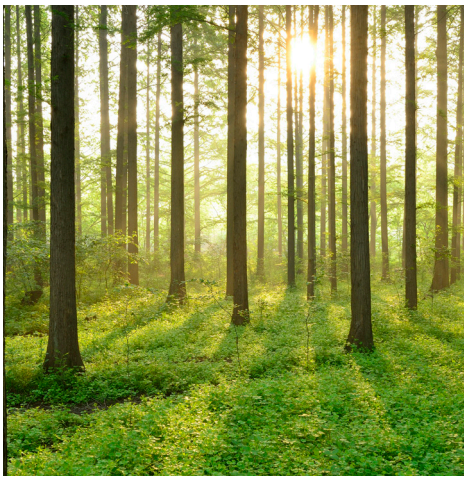
MILJÖÅTGÄRDER I VATTENDRAG – EXEMPELSAMLING

RAPPORT 2022:856



VATTENKRAFT

VATTENKRAFTENS
MILJÖFORSKNINGSPROGRAM

Energiforsk

Miljöåtgärder i vattendrag

En exempelsamling från Mörrumsån i söder till Piteälven i norr

NICLAS CARLSSON, AXEL EMANUELSSON & OLLE CALLES

ISBN 978-91-7673-856-6 | © Energiforsk mars 2022

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Vattenkraften i Sverige ska omprövas och erhålla moderna miljövillkor, enligt den nationella prövningsplanen som beslutades av regeringen i juni 2020. Ett underlag över genomförda miljöförbättrande åtgärder är av stor vikt för att underlätta arbetet med åtgärdsutformning.

I det här projektet har en sammanställning (exempelsamling) av erfarenheter kring miljöförbättrande åtgärder vid tio studieobjekt i anslutning till vattenkraftverk tagits fram. Exempelsamlingen beaktar funktion, utformning och kostnader, och avhandlar olika åtgärdstyper, både för upp- och nedströmsvandring och biotopvårdade naturfåror, och sträcker sig från Mörrumsån i söder till Piteälven i norr.

Rapporten har tagits fram av Niclas Carlsson, Axel Emanuelsson & Olle Calles på Karlstads universitet inom Vattenkraftens miljöforskningsprogram som verkar för ny kunskap och en ökad kompetens om åtgärder inför beslut om investeringar i vattenkraft. Programmet koordineras av Energiforsk och finansieras av Vattenfall Vattenkraft, Fortum, Sydkraft Hydropower, Statkraft Sverige, Skellefteå Kraft, Holmen Energi, Jämtkraft, Tekniska verken i Linköping, Varberg Energi, Mälarenergi, Karlstads Energi och Jönköping Energi.

Projektet har följts av programmets styrgrupp bestående av Birgitta Adell och Marco Blixt (Fortum), Erik Sparrevik (Vattenfall), Johan Tielman (Sydkraft Hydropower/Fortum), Linda Olofsson (Holmen), Susann Handler (Jämtkraft), Jakob Bergengren (Tekniska verken i Linköping), Angela Odelberg (Statkraft), Sandra Åström (Skellefteå kraft) och Olivia Langhamer (Havs- och vattenmyndigheten).

Stockholm, mars 2022

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Omprövningar av vattenverksamheter avsedda för elproduktion planeras ske mellan åren 2021 – 2040 och ett underlag av genomförda miljöförbättrande åtgärder är av vikt för att underlätta arbetet med åtgärdsutformning. I denna exempelsamling har en sammanställning av erfarenheter kring miljöförbättrande åtgärder vid tio studieobjekt i anslutning till vattenkraftverk utförts avseende funktion, utformning och kostnader.

Exempelsamlingen avhandlar olika åtgärdstyper, både för upp- och nedströmsvandring och biotopvårdade naturfåror, och sträcker sig från Mörrumsån i söder till Piteälven i norr. Åtgärderna syftar till miljöförbättringar för en mångfald av fiskarter, både diadroma och potadroma. För de tio studieobjekten gjordes en sammanställning av femton fiskpassagelösningar varav fem var uppförda för nedströmsvandrande fisk och tio för uppströmsvandrande fisk. Antalet biotopvårdsåtgärder i projektet var fem där samtliga utgjordes av naturfåror som tidigare varit torr- eller spillfåror.

Sammanställningen av kunskapsläget genomfördes med information från kontaktpersoner för respektive studieobjekt samt litteraturgenomgång. Detta material kompletterades med studiebesök och fältinmätningar under 2020 – 2021. Studieobjekten redovisas separat i rapporten och jämförs med nuvarande rekommendationer kring utformning och funktion.

Erfarenheter från projektets åtgärdsexempel visar att optimal utformning av väl fungerande fiskpassagelösningar och biotopvårdsåtgärder är komplicerat, eftersom deras funktion styrs av såväl platsspecifika förutsättningar som målarternas egenskaper. Utformningen av studieobjektens åtgärder följer i stort många av de rekommendationer kring utformning som finns, även om kunskapsläget kring t.ex. lämpliga anlockningsflöden till fiskpassager och flöden i naturfåror i nuläget är bristfälligt. Den stora storlekssprid ningen på studievattendragen, och följaktligen även kraftverkens årsmedelproduktion (2 – 2256 GWh/år) och installerad effekt (0,5 – 599 MW) återspeglas i den stora variationen av åtgärdskostnader, i synnerhet mellan de olika studieobjekten med fiskpassagelösningar.

Vid uppföljningen av åtgärdernas funktion har resultatet oftast visat på förbättringar i form av t.ex., förbättrad passageeffektivitet och ökade tätheter av lax- och öring. Direkta jämförelser av de olika åtgärdernas effekter på olika platser har dock försvårats av att studierna i de flesta fall utförts med olika metoder och med olika noggrannhet. Om erhållen kunskap om de olika åtgärdernas effekt ska vara överförbar från en plats till en annan krävs att uppföljningsarbetet i framtiden standardiseras. Merparten av fiskpassagerna är belägna i sidofåror och i nästan samtliga fall har det konstaterats en anlockningsproblematik till sidofåran av konkurrerande flöden från turbinutlopp. Det rådande kunskapsläget om anlockningsflöde är begränsat och erfordrar vidare forskning. Vidare visar exempel att olika flödessimuleringar och habitatmodeller kan vara ett värdefullt

verktyg som kan ingå i förprojektering av naturfåror för att på så sätt identifiera vilka flöden som kan vara mest gynnsamma ur ett ekologiskt och ekonomiskt perspektiv.

Nyckelord

Exempelsamling, miljöförbättrande åtgärd, fiskpassage, naturfåra, biotopvård.

Summary

The need to implement relevant environmental measures is of great importance and is currently highlighted since water systems the years to come are aimed to achieve modern environmental goals. The aim of the present study is to facilitate the work with upcoming environmental projects including fish passage solutions and environmental adapted dry river reaches. This collection of examples includes ten study sites at or near hydro power plants with compilations of their functionality, design and costs.

The variety of measures included in the report demonstrates examples of both up- and downstream migration measures as well as restored habitats in former dry river reaches suitable for a wide range of species and preconditions. In a total ten fish passage solutions (FPS) designed for upstream migrating fish, five FPS for downstream migrating fish and five environmental adapted dry river reaches are presented. Together with literature reviews and information from in-situ key figures, site-visits and complementary measurements at the sites where conducted to present an overview of the current state of knowledge of each site. The measures design and functionality are assessed and compared to recommendations and efficiencies reported from other sites.

The results shows that the designs of successful FPS and restored dry reaches are complicated, and the function is highly affected by site-specific conditions as well as characteristics by the targeted fish. The environmental measures presented in the study overall follows existing recommendations and the highly variable size of streams and measures presented are reflected in the high variety of costs. The majority of the upstream FPS exhibit more or less lack of attraction to the side channels. There is in general a lack of knowledge about which flows are best to attract fish during these preconditions.

Conducted studies and monitoring conducted at the sites reveals that the functionality of the measures often results in improvements, i.e. improved passage efficiencies and higher densities of trout and salmons. To be able to compare each measure a standardized way of assessing efficiencies would facilitate comparisons. To better understand attraction flows required to attract fish in an efficient way, studies investigating the relationship between it and the main flow are necessary. Examples from some sites also highlights habitat models and simulations as a vital tool implemented when restoring dry river reaches.

Innehåll

1	**Inledning**		**8**
	1.1	Bakgrund	8
	1.2	Mål och syfte	8
	1.3	Genomförande	8
	1.4	Generella Rekommendationer för Miljöförbättrande åtgärder	10
2	**Exempel – Fiskpassagelösningar**		**15**
	2.1	Emån - Finsjö övre & nedre	16
	2.2	Stångån - Nykvarn	30
	2.3	Billstaån – Billsta, Strömbacka & Näkten	43
	2.4	Umeälven - Stornorrfors	60
	2.5	Piteälven - Sikfors	75
3	**Exempel - Fiskpassagelösningar och biotopvårdsåtgärder**		**85**
	3.1	Ätran - Herting	85
	3.2	Norra Anundsjöån - Anundsjö	101
4	**Exempel – Biotopvårdsåtgärder**		**114**
	4.1	Mörrumså - Granö	114
	4.2	Gullspångsälven - Gullspång	122
	4.3	Nianån - Sofieholm	133
5	**Sammanfattande diskussion**		**143**
	5.1	Fiskpassagelösningar	143
	5.2	Biotopvårdsåtgärder	149
	5.3	Uppföljning	151
	5.4	Implikationer för fortsatta åtgärdsprogram och uppföljning	153
Bilaga A:	**Summering av FPL och biotopvårdsåtgärder**		**155**
6	**Referenslista**		**159**

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Vattenkraften spelar idag en central roll för Sveriges förnybara elförsörjning och de totalt ca 2100 vattenkraftverken står för cirka 45 % av elproduktionen. Utbyggnaden av vattenkraften har resulterat i konnektivitetsförluster och förlust av strömhabitat genom dämning, torrläggning och förändrade flödesregimer, vilket ofta har en negativ påverkan på flora och fauna (Fjelstad m.fl. 2018, Näslund m.fl. 2013b). Andelen kraftverk med en fiskpassage för uppströmsvandrande fisk har till exempel skattats till endast 10 % medan andelen med anordningar för nedströmsvandrande fisk är ännu lägre (Calles m.fl. 2013). De flesta inhemska fiskarter vandrar i större eller mindre utsträckning i vattendrag och över 30 inhemska arter har återfunnits i fiskpassager (Näslund m.fl. 2013a). Flera fiskarter, bl.a. lax och öring, är beroende av strömhabitat för lek- och uppväxtområde, något som i regel återfinns i anslutning till dammar och kraftstationer.

Enligt den nationella planen för moderna miljövillkor ska vattenverksamheter avsedda för elproduktion omprövas och förses med moderna miljövillkor. Syftet med den nationella planen är att omprövningarna av vattenkraftens miljövillkor ska leda till både största möjliga nytta för vattenmiljön och en nationell effektiv tillgång till vattenkraftsel. Det finns således ett behov av kostnadseffektiva åtgärder med god funktion. En exempelsamling av miljöförbättrande åtgärder är av vikt, då omprövningar av vattenverksamheter avsedda för elproduktion planeras ske med start 2022, och ska underlätta arbetet med den förväntade ökningen av sådana åtgärder.

1.2 MÅL OCH SYFTE

Innevarande projekts mål är att sammanställa en exempelsamling av fem fiskpassagelösningar (FPL) samt fem vattenkraftsrelaterade biotopvårdsåtgärder. Åtgärderna är belägna i vattendrag av varierande storlek belägna över hela landet. Följaktligen omfattar exempelsamlingen olika åtgärdstypers funktion för en mångfald av fiskarter, både diadroma och potadroma. Förutom kostnader och målbilder för respektive åtgärd ligger fokus på utvärdering av kvalitetsfaktorer angivna i Miljöbalken (1988:88), bland annat konnektivitet och fisk. Förhoppningen är att rapporten ska bidra till kommande arbete med anläggandet av nya passagelösningar och biotopvårdade naturfåror där befintlig kunskap och erfarenheter från exempelsamlingens studieobjekt kan tillvaratas.

1.3 GENOMFÖRANDE

1.3.1 Miljöförbättrande åtgärder - urval

Totalt tio platser med miljöförbättrande åtgärder i anslutning till vattenkraftstationer valdes ut för att ingå i projektet (Tabell 1). För dessa tio studieobjekt genomfördes en sammanställning av åtgärdernas utformning, funktion och kostnader. Åtgärderna delades upp i fiskpassagelösningar och

biotopvård i naturfåror med miljöanpassade flöden. Totalt gjordes en sammanställning av femton fiskpassagelösningar varav fem var uppförda för nedströmsvandrande fisk och tio för uppströmsvandrande fisk. Av fiskpassagelösningarna avsedda för uppströmsvandring utgjordes två av tekniska faunapassager, sex av naturlika faunpassager och två av kombinationer av dessa. Antalet biotopvårdsåtgärder i projektet var fem där samtliga utfördes i naturfåror som tidigare varit torr- eller spillfåror.

Urvalet baserades på rekommendationer från referensgruppen och projektgruppens egen erfarenhet på området samt på funktionsuppföljningens omfattning för respektive studieobjekt. En litteraturgenomgång för de aktuella miljöförbättrande åtgärderna följdes upp av ett platsbesök. För samtliga objekt har kontaktpersoner inom kraftbolag, kommuner och länsstyrelser bidragit med erfarenheter, guidning vid studiebesök samt information om kostnader och genomförda uppföljningsstudier.

Åtgärdskostnaderna samlades in med hjälp av kontaktpersoner från respektive åtgärdsexempel där dessa bidrog med information om investeringskostnader och löpande kostnader. Formuläret sattes samman av projektgruppen, varefter det granskades av projektets referensgrupp. Åtgärdskostnaderna redovisas dels separat för respektive studieobjekt samt dels som en sammanställning som presenteras för FPL och biotopåtgärder i avslutande diskussionsdelen.

Tabell 1. Miljöförbättrande åtgärder i anslutning till vattenkraftstationer inom projektet.

Vattendrag	Kraftverk	Fiskpassagelösningar (FPL)			Biotopvårdsåtgärd
		Teknisk FPL	Naturlik FPL	Nedströms FPL	
Billstaån	Billsta, Strömbacka & Näkten	X	X		
Emån	Finsjö övre & nedre		X	X	
Gullspångsälven	Gullspång				X
Mörrumsån	Granö				X
Nianån	Sofieholm				X
Norra Anundsjöån	Anundsjö	X	X	X	x
Stångån	Nykvarn		X	X	
Piteälven	Sikfors	X		X	
Umeälven	Stornorrfors	X		X	
Ätran	Herting		X	X	X

1.3.2 Fältinmätningar

Efter att en inledande sammanställning av befintligt underlag genomförts identifierades ett behov av ytterligare kunskapsinhämtning om de olika åtgärderna. För att komplettera befintlig information om utformningen av fiskpassagelösningarna utfördes inmätningar vid studiebesöken vid respektive åtgärd.

För fiskpassageåtgärderna uppmättes, där det var möjligt, dimensioner (längd, bredd och djup), flöden, lutning och fallhöjd. För omlöpen (naturlika FPL) mättes dessutom vattenhastighet, djup, bredd, substrat och bottenheterogenitet längs fem tvärgående transekter som var jämnt utplacerade längs med fårans sträckning. I två omlöp mättes vattennivåer med nivåmätare under ca 7 månader. Den insamlade datan användes sedan även för jämförelse med rekommendationer för olika fiskpassagelösningar beskrivna av bland annat Calles med flera (2013) samt Havs- och vattenmyndighetens vägledning för fisk- och faunapassager (HAV, 2021).

För de åtgärdade naturfårorna genomfördes habitatkartering för att beräkna arealen uppväxtområde för lax och öring (Spjuth och Degerman, opublicerat, se även Sportfiskarna (2019) för metod). Naturfårorna delades upp i delsträckor, med liknande karaktärsdrag, som vid karteringen erhöll en laxhabitatklass respektive en öringhabitatklass (Trout Habitat Score - THS).

1.3.3 Sammanställning av funktionsuppföljning och erfarenheter

För de studerade fiskpassagelösningarna har vandringsframgången för upp- och nedströmsvandrande fisk sammanställts från publicerade uppföljningar. Dessutom har kvalitativa data från fiskräknare sammanställts med avseende på antal registrerade individer och artsammansättning.

För de åtgärdade naturfårorna har elfiskedata från SERS använts för att sammanställa artförekomster, tätheter av öring och lax, samt VIX-värden för respektive elfiskelokal. I möjligaste mån har rekryteringsstatusen för öring beräknats utifrån data från ovan nämnda habitatkartering enligt Pedersen m.fl. (2017).

Erfarenheter från åtgärdsutformning, drift och funktion har sammanställts utifrån rapporter och av erhållen information från kontaktpersoner från respektive åtgärdsexempel. De utmärkande erfarenheterna har i rapportens avslutande diskussionsdel sammanställts och jämförts med nuvarande rekommendationer kring utformning och funktion.

1.4 GENERELLA REKOMMENDATIONER FÖR MILJÖFÖRBÄTTRANDE ÅTGÄRDER

1.4.1 Fiskpassagelösningar

Uppströmsvandring

En åtgärd för uppströmsvandrande fisk bör i första hand placeras i direkt anslutning till aktuellt vandringshinder i vattendragets huvudfåra, i regel vid turbinutloppet eller foten av en damm (Calles m.fl., 2013). Rätt placering är oftast av större betydelse än om stigrännan är av teknisk eller naturlik typ (eller en kombination av dessa), så länge åtgärden är korrekt utformad. Fördelar med tekniska fiskpassager, t.ex. bassängtrappor och slitsrännor, är att de kan anläggas med högre lutning jämfört med naturlika passager och är mindre erosionskänsliga. Ur en konstruktionsmässig synpunkt kan de därmed vara att föredra vid områden

med platsbrist och förhöjd erosionsrisk, t.ex. vid hinder med höga fallhöjder. Bassängtrappor lämpar sig bättre för individer med hög simkapacitet, t.ex. vuxen lax och öring, än för arter med lägre simkapacitet som t.ex. juvenil fisk eller mindre fisk (Fjeldstad m,fl 2018). När syftet är att återskapa fria vandringsvägar för de flesta förekommande arter och fiskstorlekar rekommenderas generellt att man anlägger (1) naturlika passager, t.ex. inlöp och omlöp, alternativt (2) slitsrännor (Calles m.fl., 2013; Fjeldstad m.fl, 2018).

I Sverige är det vanligt att en fiskpassage anläggs i en sidofåra, ofta den ursprungliga vattendragsfåran, där det vanligen rinner lite vatten relativt huvudflödet i kraftverkskanalen. Detta kan resultera i svårigheter för fisken att finna fiskpassagen med reducerad passageeffektivitet och fördröjning som följd, men kan vara en fördel i och med att arealer av lek- och uppväxtområden i sidofårorna kan göras tillgängliga. Ibland kan det därför krävas anläggning av ytterligare en fiskväg i huvudfåran eller flödesändringar i sidofåran för att förbättra anlockningen och därmed passageffektiviteten.

Fiskpassagers utlopp bör konstrueras för att underlätta in- och utvandring, men framför allt att så att en lockande vattenström, en koncentrerad strömpelare med hastigheter mellan 0,8 – 2,0 m/s (DVWK. 2002), i fåran nedströms bildas. För en fiskpassage kan det vara viktigt att utloppet når ända ned till vattendragets botten för att fånga upp alla vandrande arter (HAV, 2021). Vid anläggandet av utloppet är det även viktigt att beakta flödesförhållanden på platsen, både vid hög- och lågflöden, så åtgärdens funktion säkerställs under olika förhållanden.

Hur mycket vatten som krävs i en fiskpassage för att fisk fysiskt skall kunna vandra genom dem beror bland annat på fiskpassagetyp, fiskart och fiskens storlek (ICPDR 2013). Generellt bör flödet vara 200 l/s och uppåt men utgörs vanligen av högre flöden än så. Några säkra rekommendationer på hur mycket lockvatten till fiskpassagen som krävs finns inte och i många fall krävs plats-specifika studier för att finna tillfredsställande flöden från fiskpassagens utlopp (Fjeldstad 2018). Som tumregel för lockvatten anger Calles m.fl. (2013) att det bör utgöras av minst 5 % av medelvattenföringen på platsen, där lockvattnet under högflöden dessutom ökas i paritet med detta. ICPDR (2013) anger som tumregel 1 % som tillräckligt i större älvar (>50 m^3/s), 2 % i mellanstora vatten (25 - 50 m^3/s) och en större andel än så i mindre vattendrag. På vissa platser kan det krävas att ytterligare lockvatten, utöver vattnet som rinner genom passagen, tillförs för att öka anlockningen till utloppet. De fåtal utvärderade exempel som finns att tillgå kring lockvatten visar att de bör utgöra ca 6–23 % av vattenföringen på platsen (Calles m.fl. 2013). I fallet med den högre andelen (23 %) utvärderas dock effekten av klunkning snarare än kontinuerligt lockvatten (Arnekleiv & Kraaböl, 1996). I t.ex. Hertingforsen uppgår lockvattnet (minimitappningen i naturfåran) till ca 20 % av medelvattenföringen i Ätran där hög passage- och attraktionseffektivitet och kort uppehållstid för lax nedströms kraftverket uppnåtts (Nyqvist m.fl. 2017).

Vanliga lutningar på bassängtrappor i Sverige är ca 10–30 % (Johlander & Sjöstrand 1993, Johlander 1997) och slitsrännor 2,7–10 %). För laxfisk har goda resultat för effektivitet för tekniska fiskvägar visats på lutning upp mot 10 % (Noonan m.fl. 2012). De brantaste passagerna i Sverige fungerar därmed sannolikt inte för annat än enstaka individer. Fallhöjden mellan bassängerna bör inte

överstiga 20 cm och flödesenergin bör understiga 200 W/m³(HAV 2021). För naturlika faunapassager bör lutningen vara 1–5 % (DVWK 2002), men gärna < 2 % om det finns utrymme.

Generellt bör vattendjupet i en fiskpassage vara ≥ 2,5 gånger fiskens kroppshöjd (DWA 2010). Olika fiskarters kroppshöjd kan skattas av dess längd och för t.ex. en 0,8 m lång asp (kroppshöjd utgör 23 % av längden) skulle ett vattendjup på ≥ 0,46 m krävas och för en 1 m lång lax (kroppshöjd utgör 17 % av längden) ett vattendjup på ≥0,43 m krävas. Således är det rekommenderade djupet i passagen beroende av vilka arter som vandrar i vattendraget.

Nedströmsvandring

För nedströmsvandrande fisk är passage av vandringshinder riskfyllt. Passage via kraftverkets turbiner är t.ex. förenat med en förhöjd skaderisk och är i regel plats- och artspecifik. Nedströmsvandrande ål är t.ex. en art som har stora svårigheter att ta sig förbi kraftverk och dammar. För att säkerställa en säker nedströmspassage bör fisk därför ledas förbi kraftverk vid sidan av turbinerna. En funktionell lösning är beroende av en väl fungerande avledare samt en väl fungerande passage. Eftersom nedströmsvandrande fiskar tenderar att följa med huvudströmmen förläggs sådana avledande strukturer oftast i kraftverkets intagskanal. Det finns olika typer av avledare som generellt kan delas in i fysiska avledare, t.ex. låglutande galler (α och β-galler) och beteendeavledare, t.ex. ytliga ledarmar, louvers och bubblor, men många tekniker har inslag av båda typerna. Låglutande galler, med en lutning <45° i förhållande till vattnets rörelseriktning och en liten spaltvidd (15- 18 mm), placerade i intagskanaler har vid flera små till medelstora kraftverk visat sig effektivt avleda fisk (Calles m.fl., 2013). Studier i en strömränna (Laxeleratorn i Älvkarleby) indikerar att låglutande galler, förutom att ha en fysisk avledning, dessutom kan ha en viss beteendeinducerad avledning. Här har hög avledningseffektivitet för laxsmolt och ål för galler med större spaltvidd (30 mm) under vissa förutsättningar påvisats (Carlsson, 2019; Harbicht m.fl., 2021) men däremot saknas kunskap om funktionen för galler med större spaltvidd vid implementering i intagskanaler vid kraftverk. För att skala upp tekniken för fysisk avledning till stora kraftverk krävs ett förbättrat kunskapsläge för att inte riskera t.ex. stora oväntade kostnader eller säkerhetsrisker (Emanuelsson m.fl., 2017). I större vattendrag, bland annat Stornorrfors i nedre Umeälven och Sikfors i Piteälven, kan andra lösningar t.ex. ytligt placerade ledarmar, i kombination med spill, anläggas för att avleda fisk.

Avledningen av nedströmsvandrande fisk är beroende av fiskens möjligheter att hitta ingångar som leder fisken förbi kraftverket. Förutom avledarens avledande förmåga är således flyktöppningars och utskovens placering av central betydelse för att få en effektiv avledning. Vid låglutande galler bör flyktöppningen placeras i direkt anslutning till avledaren och redan vid ett par meters förskjutning uppströms reduceras attraktionseffektiviteten avsevärt (Calles m.fl., 2013). Vad gäller flyktöppningarnas dimensioner vid låglutande galler bör dessa inte understiga 0,5–1 m och dess djup inte understiga 0,4 m (Travade & Larinier 1992). För nedströmsavledare bör utloppet, för att minska skaderisken på fisk, utgöras av ett fall till nedanliggande vattenyta som rekommenderas vara 1,8 – 2,4 m (Odeh & Orvis 1998). Internationellt rekommenderas att mellan 2 – 10 % respektive 5 – 10 %

av flödet ska tappas genom nedströmspassagen (Larinier & Travade 1999; Ferguson m.fl. 1998).

1.4.2 Naturfåror

Flödespåverkade naturfåror (hädanefter benämnt ”naturfåror”) representerar vanligen en extrem avvikelse från en naturlig flödesregim i och med att det mesta av vattnet avleds från vattendragsfåran. Eventuella minimitappningar utgör normalt endast några procent av den ursprungliga medelvattenföringen. Dessutom kan mycket höga flöden förekomma om t.ex. tillrinningen överskrider kraftverkets utbyggnadvattenföring vilket kan påverka ekosystemen som är anpassade till de flöden som normalt råder. I Sverige har dessutom många forsar blivit rensade och kanaliserade för flottning och tillförsel av flöde i naturfåror bör därmed följaktligen kombineras med biotopvård (Malm Renöfält m.fl., 2015). Tillförsel av vatten i naturfåror som tidigare varit helt eller delvis torrlagda bidrar sannolikt alltid till en ökad biodiversitet. I nuläget finns dock inga utförliga rekommendationer om lämpliga nivåer p.g.a. otillräckligt kunskapsunderlag. För att öka den ekologiska potentialen i naturfåror rekommenderas att spegla den naturliga flödesdynamiken och undvika statiska tappningar (Malm Renöfält m.fl., 2015). Inte sällan finns en fiskpassage i anslutning till endera naturfåran eller kraftverket och flödet bör här anpassas för att även optimera konnektiviteten vid kraftstationen. Ett för högt konkurrerande flöde från en naturfåra (sidofåra) då fiskpassagen är placerad vid kraftverket kan t.ex. minska anlockningen till densamma (Calles & Piccollo, 2017a). Flödet i naturfåror med fiskpassage kan även anpassas efter fiskens vandringssäsong med högre flöden när t.ex. lax och öring vandrar, men bör samtidigt inte under året understiga en tappning vid vilken habitattillgången påverkas negativt (Calles & Piccolo, 2017b).

För att ge ett underlag inför åtgärdsimplementering kan inmätningar i form av tvärsnittssektioner eller höjdmodeller användas för modellering av potentiellt habitat i olika flöden (Malm Renöfält m.fl., 2015). Naturfåror med en minimitappning betydligt lägre än vattendragets MQ kan vara dåligt anpassade till de nya förutsättningarna med lägre vattenhastigheter och grunda strömpartier (Forseth & Harby, 2014). För att anpassa sådana fåror kan principen ”älv i älven” implementeras där en avsmalnad djupare fåra sträcker sig genom naturfåran. Detta kan medföra en mer meandrande fåra med högre vattenhastigheter mer lämpat för laxfisk som dessutom säkerställer habitat under lågflöden, likväl som under högflöden. Vattenkraften kan ha en betydande effekt på sedimenttransport (Brandt 1994) och höga flöden kan påverka fårornas struktur och spola bort substrat. Höga flöden kan periodvis förekomma i naturfåror då det ofta spills vatten då t.ex. flödet i vattendraget övergår kraftverkets utbyggnadsförmåga. Följaktligen bör man eftersträva att ersätta substrat om bortspolning sker och ingen sedimenttransport som tillför substrat på platsen sker.

1.4.3 Uppföljning av åtgärd

Fiskpassagelösningar

En Europeisk standard för att utvärdera effektiviteten i upp- och nedströms riktning för fiskpassagelösningar med hjälp telemetri har nyligen tagits fram av

European committee for standardisation (CEN, 2021). Standarden definierar olika typer av effektivitetsmått i anslutning till fiskpassager och kan därför användas för att lättare utvärdera och jämföra funktionen för olika fiskpassager. Även rekommendationer av studiedesign, utrustning, dataanalys och rapportering anges. Tillförlitliga passageeffektiviteter kan ges då arter har ett vandringsbehov uppströms, tex lekvandrande asp, lax och öring, eller nedströms, t.ex. blankål, kelt och smolt,men kan underskattas för arter med lägre vandringsbehov.

Av kvalitativa uppföljningsmetoder kan en fiskräknare ge en god uppfattning om anläggningens funktion, men kan inte enskilt bedöma en lösnings effektivitet och ingen standard kring uppföljningsarbetet finns utformat. En väl fungerande fiskräknare har goda möjligheter att utgöra ett värdefullt verktyg för förvaltning av t.ex. laxbestånd (Lindgren m.fl, 2017) och en nationell plan för användning av fiskräknare avses att utarbetas (HAV, 2015). Tillförlitliga uppgifter om antalet passerande fiskar kan vara ett viktigt verktyg till att fastställa om t.ex. ett lekbeståndsmål uppnåtts. Vidare kan fiskräknare t.ex. ge information om artsammansättning, storleksfördelning, beståndsutveckling över tid, vandringsbeteende med samanalys av flöde och temperatur och fiskens hälsa.

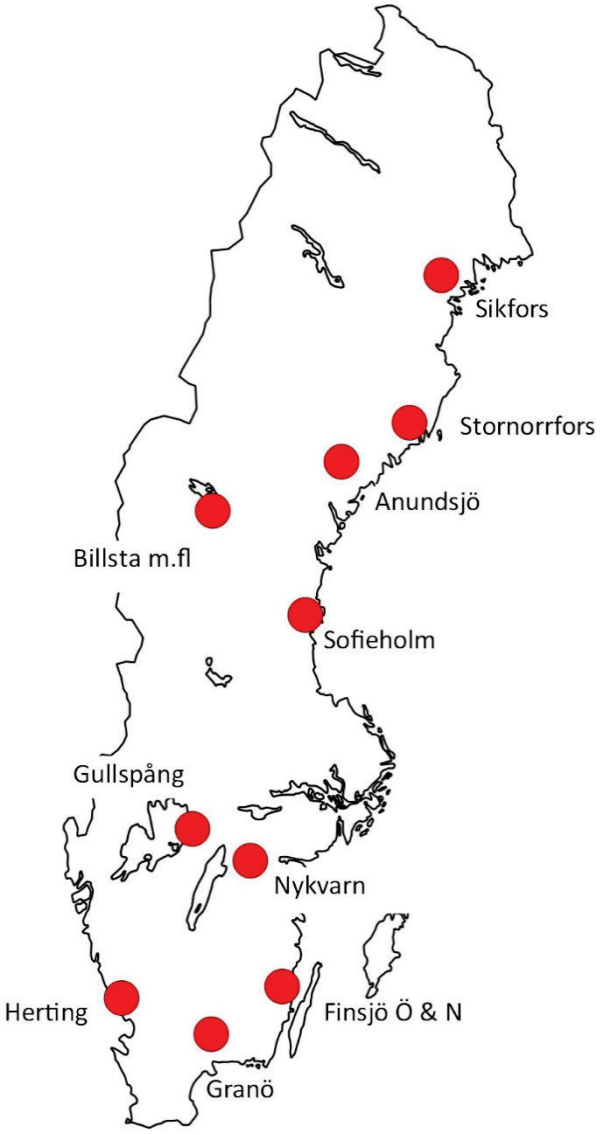
Biotopvårdsåtgärder

Standardiserat elfiske kan ge en skattad täthet av t.ex. lax och öringungar på en elfiskelokal och det sammantagna resultatet kan användas för att erhålla klassificering av VIX-värde. Statusklassificering består av fem klasser: Hög, god, måttlig, otillfredsställande och dålig, och bör utgå från minst tre representativa elfiskade lokaler eller elfisken från minst tre år på en representativ lokal under en sexårsperiod (HAV, 2018). Bedömningen av ekologisk status fungerar optimalt vid elfiske på grunda och strömmande hårdbottnar, dvs laxfiskhabitat, men bedömningsgrunder saknas för provtagning av lugnflytande och sjöliknande habitat samt i större vattendrag. En nackdel med VIX i är att naturfåror vanligen (åtminstone i innevarande projekts studieobjekt) kan vara belägna i anslutning till lugnvatten som sjöar och hav. Detta kan medföra att VIX fungerar sämre där t.ex. toleranta arter som ål tenderar att vara överrepresenterade. Därför kan även resultatet jämföras med elfiskeresultat från andra fiskade vattendrag, s.k. jämförelsevärden, för att få en uppfattning om hur artförekomsterna och tätheterna förhåller sig till andra liknande vattendrag (SERS, 2008). Rekryteringsstatusen för öring kan dessutom skattas om uppgifter om t.ex. djup och vattenhastigheter erhållits från elfiskedata eller öringhabitatkartering (Magnusson m.fl. 2020).

2 Exempel – Fiskpassagelösningar

Under denna rubrik redovisas en sammanställning av rådande kunskapsläge inom projektets studieobjekt (Figur 1). För att ge kontext till åtgärderna har sammanställningen av utformning, funktionsuppföljning, kostnader och erfarenheter kompletterats med en inledande områdes- och målartsbeskrivning.

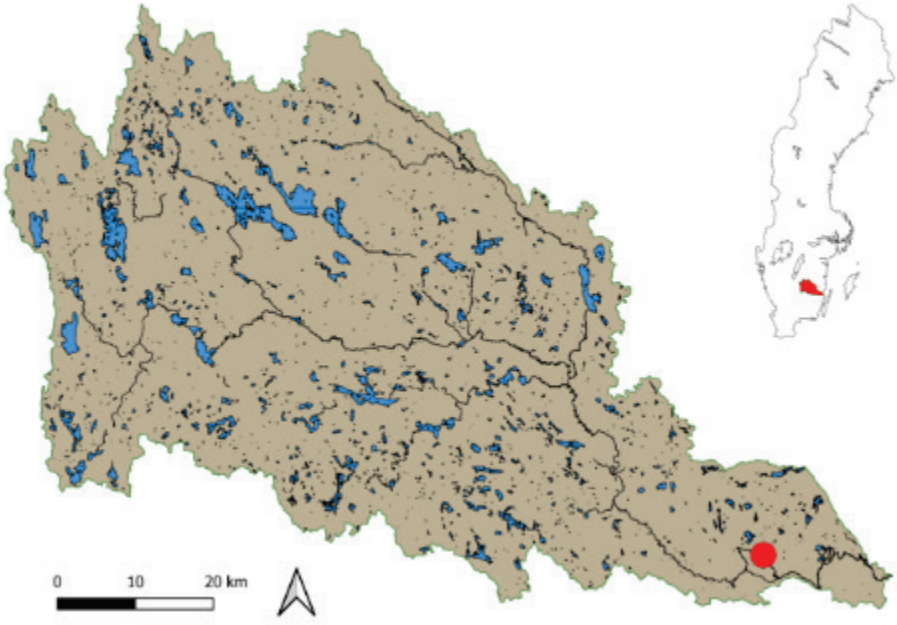
För varje studieobjekt finns en avslutande diskussionsdel där de viktigaste egenskaperna som identifierats inom projektet diskuteras. Av studieobjekten redovisas först exempel med fiskpassagelösningar, sedan exempel där både fiskpassagelösningar och biotopvårdsåtgärder förekommer, för att sedan avslutas med exempel med enbart biotopvårdsåtgärder.



Figur 1. Studieobjekten beskrivna inom projektet

2.1 EMÅN - FINSJÖ ÖVRE & NEDRE

Emåns huvudavrinningsområde (nr 74) avvattnar ca 4468km^2 och ligger huvudsakligen i Jönköpings och Kalmars län (Figur 2). Emåns 244 km långa huvudfåra har sina källflöden på småländska höglandet i väster och mynnar i Östersjön vid Em strax norr om Mönsterås. Medelvattenföring strax uppströms mynningen är ca 29,8 m^3/s (SMHI) men varierar kraftigt under året, framförallt i de nedre delarna, med en lägsta lågvattenföring på 2 m^3/s och högsta högvattenföring på 270 m^3/s (Länsstyrelsen Jönköpings Län, 1999a). Inom Emåns avrinningsområde finns mycket höga biologiska värden och fiskfaunan är en av de artrikaste i södra Sverige. Ca 6 km uppströms mynningen i havet ligger åns första vandringshinder, ett nedlagt kraftverk i Emsfors samt ett kraftverk i Karlshammar, där fisken har möjlighet att passera via naturlika faunapassager. Ca 20 km uppströms kraftverken ligger Finsjö nedre och övre kraftverk som tidigare har varit det första definitiva vandringshindret sedan 1945. Ytterligare 24 km uppströms ligger Högsby kraftverk som är det nuvarande (år 2021) första definitiva vandringshindret för uppströmsvandrande fisk.



Figur 2. Emåns huvudavrinningsområde. Den röda punkten markerar kraftstationerna i Finsjö övre & nedre ca 34 km uppströms mynningen i Östersjön.

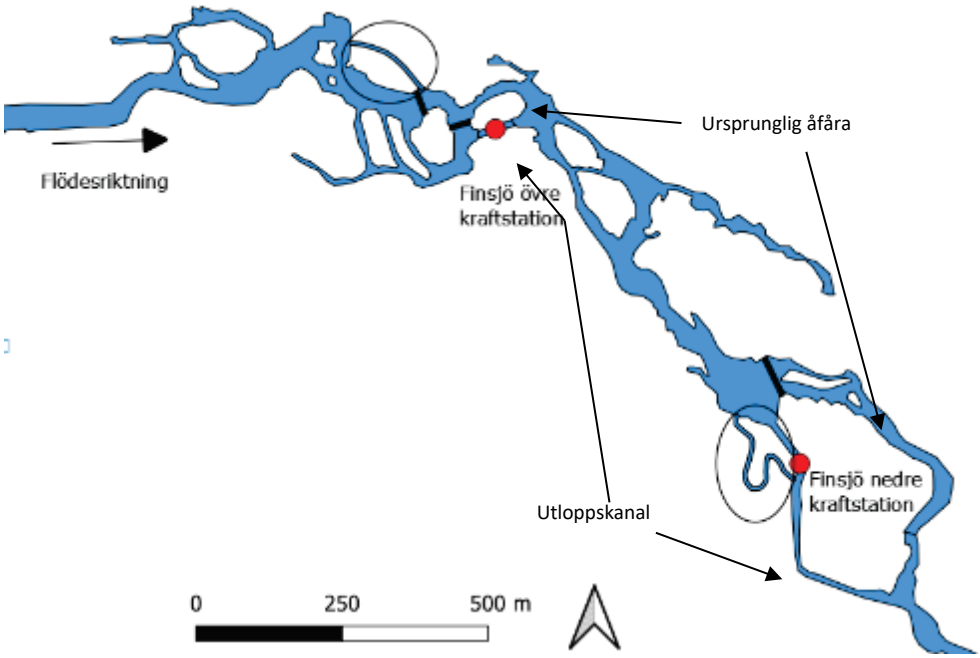
Finsjö övre & nedre kraftstationer

Kraftverken i Finsjö nedre och övre (Tabell 2) uppfördes 1904 respektive 1919 och är belägna ca 34 km uppströms Emåns mynning i Östersjön. Medelvattenföringen i Emån är vid Finsjö ca 28 m^3/s (SMHI). Vid båda kraftverken leds vatten till kraftstationen från intagsdammarna via en ca 90 m (Finsjö nedre) respektive ca 35 m (Finsjö övre) lång inloppskanal placerad vid åfårans södra sida (Figur 3). Vattnet

leds sedan tillbaka till åfåran via en ca 360 m respektive 40 m lång utloppskanal. Parallellt med kraftstationerna går den ursprungliga fåran som vid Finsjö nedre har en längd på ca 650 m och vid Finsjö övre ca 220 m innan de flyter samman med utloppskanalerna. I en dom från 2020 av Växjö Tingsrätt (Mål 5716-19) ska minimitappningen i den ursprungliga åfåran vid Finsjö övre under året vara 3 m^3/s för att under perioderna 15 mars – 15 juni samt 1 augusti – 31 oktober öka till 5,0 m^3/s. En frivillig minimitappning om 400 l/s finns i den ursprungliga åfåran vid Finsjö nedre.

Tabell 2. Fakta om kraftstationerna i Finsjö övre & nedre

Ägare: Sydkraft Hydropower AB	**Finsjö nedre**	**Finsjö övre**
Installerad effekt MW	2,15	0,6
Årsproduktion GWh/år	11,6	3,2
Regleringsamplitud damm m	-	-
Utbyggnadsvattenföring m^3/s	28	14
Fallhöjd m	8,7	5,5



Figur 3. Områdeskarta över Emån vid Finsjö övre & nedre. Röd punkt markerar kraftverken

Förekommande fiskarter

Emåns huvudfåra samt flera biflöden har pekats ut som riksintresse för naturvården med höga naturvärden inom biologi, geologi och kulturhistoria (Länsstyrelsen Jönköping län, 1999b). Tillsammans med Helge å är Emån det artrikaste vattnet avseende fisk och är bland ett av de viktigaste områdena för mal i norra Europa. I Emån förekommer också storvuxen havsöring som är känd utanför landets gränser. Ån är dessutom tillsammans med Mörrumsån det enda kvarvarande vattendraget söder om Dalälven med en betydande laxreproduktion.

Laxens och öringens lek- och uppväxtområden har sedan Emåns utbyggnad under tidigt 1900-tal i huvudsak utgjorts av de nedre delarna nedströms Emsfors och Karlshammars kraftverk, ca 6 – 8 km uppströms mynningen i havet (Greenberg m.fl. 2002). Fisk har dock kunnat passera de båda kraftverken via fisktrappor, men trappan i det nedströms belägna Emsfors har periodvis varit ur funktion och åtgärdades först 1945. Vid Karlshammars kraftverk har under 2020 ett inlöp och ett α-galler implementerats. För fisk som passerat de båda kraftverken har med största sannolikhet Finsjö nedre utgjort det första definitiva vandringshinder för fisk fram till åtgärderna med naturliknande faunapassager 2000.

2.1.1 Beskrivning av fiskapassagelösning

Åtgärderna med fiskpassagelösningarna i Finsjö övre och nedre syftade till att öka konnektiviteten i både upp- och nedströms riktning för framförallt lax och havsöring. Efter att faunapassagerna uppfördes har lax och öring tillgång till ytterligare ca 20 km av huvudfåran och lekområden om ca 3,8 ha (Länsstyrelsen Jönköping län, 1999b).

Naturlik faunapassage – Finsjö nedre

Det ca 370 m långa omlöpet (Figur 4) färdigställdes under hösten 2000 och har dimensionerats för ett flöde mellan 0,5 – 1,5 m^3/s. Omlöpet är i drift året runt och har haft ett basflöde på 0,5 m^3/s där flödet ökat till 1,5 m^3/s under perioden 1 augusti – 31 oktober. Den totala fallhöjden är ca 9,4 m vilket motsvarar en medellutning i omlöpet på ca 2,5 procent.

Figur 4. Kraftverket vid Finsjö nedre med omlöpet på dess vänstra sida med dess utlopp som mynnar i kraftstationens utloppskanal och inlopp i intagsdammen.

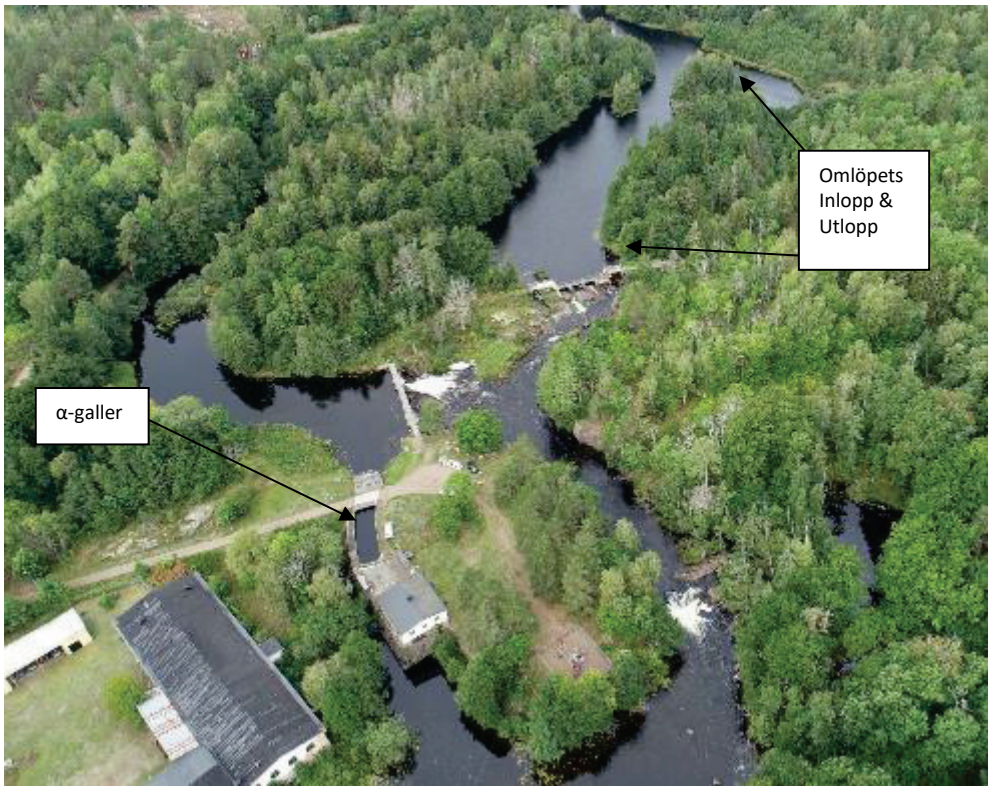
Omlöpets utlopp är beläget strax nedströms turbinutloppet och utloppsriktningen är riktad 90 grader i förhållande till flödesriktningen i utloppskanalen (Figur 5). Vid mättillfället, då kraftverket inte var i drift, mättes lutningen längs de avslutande 5 m av fiskvägen till ca 14 %, det vill säga betydligt högre än nyss nämnda medellutning. Vid senare platsbesök, när kraftstationen var i drift och vattenytan nedströms var högre, noterades att den avslutande sektionen inte var lika brant som vid föregående besök utan i paritet med övriga delar av omlöpet. Omlöpets ringlande stigränna sträcker sig genom tät skog och buskage som vuxit upp under de senaste 20 åren. Tappningen regleras vid omlöpets inlopp genom ett 2,7 m brett och ca 1 m djupt utskov med tre ställbara spettluckor samt en stentröskel i utskovets nedströmsände (Figur 6). Vid ett flöde på 1,5 m^3/s är samtliga tre luckor öppna och vid 0,5 m^3/s endast den mittersta luckan.

Figur 5. Omlöpets utlopp i Finsjö nedres kraftverks turbinutlopp vid tidpunkt då kraftstationen var ur drift (t.v), samt då kraftstationen var i full drift (t.h).

Figur 6. Mittersta delen av omlöpet (t.v), det 2,7 meter breda utskovet med tre ställbara spettluckor vid inloppet (mitten) samt de översta metrarna med stentröskel i utskovets nedströmsände.

Naturlik faunapassage och α-galler - Finsjö övre

Det ca 150 m långa omlöpet (Figur 7) färdigställdes under hösten 2000, dvs samma år som omlöpet i Finsjö nedre, och har dimensionerats för ett flöde mellan 0,5 – 1,5 m^3/s. Omlöpet är i drift året runt och har haft ett basflöde på 0,5 m^3/s där flödet ökat till 1,5 m^3/s under perioden 1 augusti – 31 oktober. En vattendom från Växjö Tingsrätt 2020 (Mål 5716-19) har dock ändrat flödesregimen till att gälla 1,5 m^3/s under hela året. Den totala fallhöjden är ca 3,2 m vilket motsvarar en medellutning i omlöpet på ca 2,2 procent.



Figur 7. Kraftverket vid Finsjö övre med omlöpet på dess högra sida med dess utlopp som mynnar i den ursprungliga åfåran samt inlopp i intagsdammen. Uppströms kraftverket finns α-gallret installerat i intagskanalen.

Omlöpets utlopp är beläget strax nedströms dammluckorna längst uppströms i den ursprungliga åfåran. (Figur 8). Vid mättillfället mättes lutningen längs de avslutande 10 m av fiskvägen till ca 5,4 %, det vill säga något högre än nyss nämnda medellutning. Omlöpets stigränna sträcker sig genom tät skog och buskage som vuxit upp under de senaste 20 åren. Tappningen regleras vid omlöpets inlopp genom ett 2,7 m brett och ca 1 m djupt utskov med tre ställbara spettluckor samt en stentröskel i utskovets nedströmsände (Figur 9). Utskovets ena sida är dock delvis bevuxet med vattenvegetation och rötter från träd varefter utskovets bredd minskat något. Vid ett flöde på 1,5 m^3/s är samtliga tre luckor öppna och vid 0,5 m^3/s endast den mittersta.

Figur 8. Omlöpets utlopp strax nedströms intagsdammen vid kraftstationen i Finsjö övre. Större block har placerats i utloppet för att minska vattenhastigheten.

Figur 9. Mittersta delen av omlöpet (t.v) och det 2,7 meter breda utskovet med tre ställbara spettluckor vid inloppet. Utskovets vänstra sida är delvis igenvuxit av rötter och vegetation. Likt vid Finsjö nedre regleras även flödet av en stentröskel i utskovets nedströmsände.

α-gallret stod klart under våren 2009 och är placerat i intagskanalen till kraftstationen i Finsjö övre (Figur 10 & Figur 11). Gallret är ca 4,1 m brett och 5,5 m långt med en spaltvidd på 18 mm och en lutning på 35° i förhållande till intagskanalens botten (Calles m.fl. 2013). Den översta halvmetern vid vattenytan är gallret täckt med plåt. Vid gallrets vardera sida finns två ytligt placerade flyktöppningar (bredd 0,5 m, djup 0,33 – 0,35m) med ett totalt flöde på ca 0,3 m^3/s, som leder fisken till flyktrännan och vidare nedströms till turbinutloppet. Vid funktionsuppföljningen av nedströmsvandrande fisk användes dessutom en sump placerad i mitten av flyktrännan (Figur 11). Avledaren är i drift så länge det är praktiskt möjligt, vilket normalt utgör tre fjärdedelar av året från tidig april till lövfällningen på hösten, men drifttiden regleras inte av några villkor. Grindjärnens profil är plattstål och dess dimensioner är 5 x 40 mm. Gallret rensanordning består av pater noster-verk med borste. Nedströmsavledaren i Finsjö övre kommer de kommande åren genomgå omfattande ombyggnad där en dubbelriktad skruvturbin, av s.k. ”Archimedes-typ” ska utvärderas med syfte att undersöka dess effekt på upp- och nedströmspassage intill kraftverket.

Figur 10. α-gallret i Finsjö övre med två flyktöppningar placerade på respektive sida av gallret och heltäckande plåt på gallrets översta del. Flyktrännan bakom gallret leder fisken vidare nedströms till turbinutloppet.

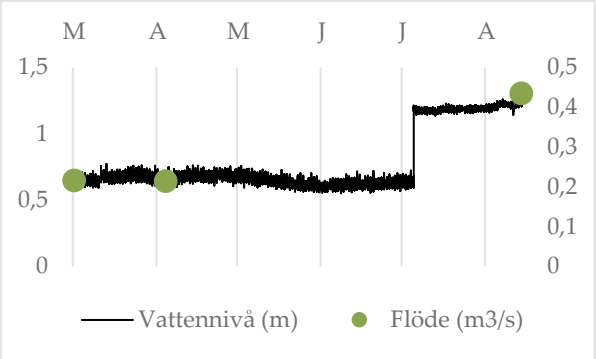
Figur 11. α-gallret vid tidpunkt då intagskanalen var tömd på vatten 2021 (t.v) inför förberedelser inför ombyggnation samt flyktrännan med sump (t.h) som använts inom funktionsuppföljning av nedströmsvandrande fisk. Flyktrännan leder fisken vidare mot turbinutloppet.

2.1.2 Inmätningar

Naturlik faunapassage

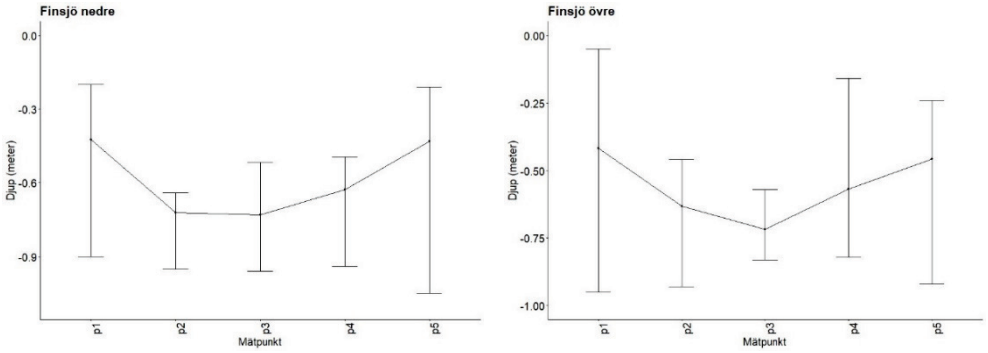
I september 2020 utförde projektet fältinmätningar i omlöpen vid Finsjö övre och nedre. Under våren 2021 placerades även vattennivåmätare (HOBO - U20L, USA) vid omlöpens utskov som uppmätte vattennivån fram till mitten av september 2021. Flödet mättes även det vid utskovet, där det minst turbulenta flödet återfanns, vid totalt fyra tillfällen; höst, vår, försommaren och tidig höst. I Finsjö övre var vattennivån relativt stabil under perioden med undantag för tidpunkten

då samtliga luckor öppnades i slutet av juli. Flödet varierade under perioden mellan ca 0,6 – 1,3 m³/s (Figur 12). I Finsjö nedre erhölls inga tillförlitliga data över vattennivån men flödet varierade under samma period mellan 0,5 – 1,25 m³/s. De högsta flöden mättes in då samtliga luckor var öppna och de lägsta då endast mittenluckan var öppen, dvs enligt tappningsplanen.

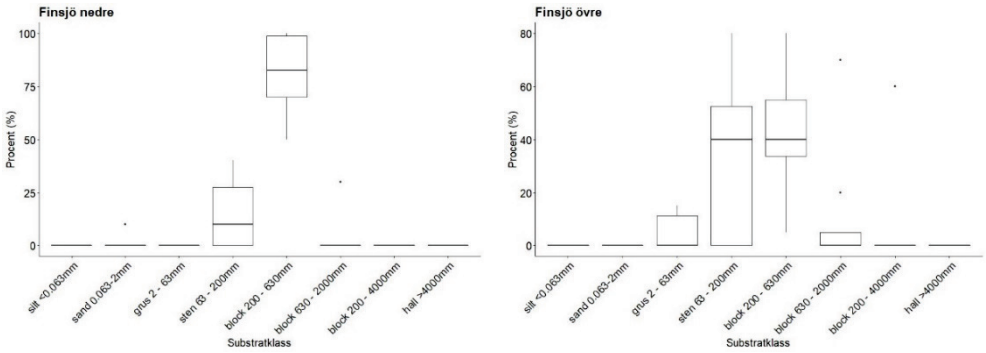


Figur 12. Vattennivå i Finsjö övre (svart linje och högra x-axeln) under perioden mars– september 2021 och flöde(röda prickar och vänstra x-axeln) mätt vid tre tillfällen i omlöpet.

Medelbredden för omlöpet i Finsjö nedre var 2,7 m (min 2,1 max 3,65) vilket var något mindre än för Finsjö övre som mättes till 3,2 m (min 2,6 max 4,2). Medeldjupet i Finsjö nedre var 0,59 m (maxdjup 1,05m) och i Finsjö övre 0,51 m (max 0,87m) där de djupaste partierna i regel återfanns i mitten av rännan (Figur 13). Det dominerande bottensubstratet i Finsjö nedre var block mellan 200 – 630 mm, följt av sten (63 – 200 mm) samt ett litet inslag av sand och större block (Figur 14). Även i Finsjö övre var block mellan 200 – 630 mm vanligt och tillsammans med sten utgjorde de majoriteten av substratet. Även ett litet inslag av större block och grus observerades (Figur 14). Bottenheterogeniteten, som redovisas som standardavvikelsen av mätdata från heterogenitetsmätaren, var lägre i Finsjö nedre (72 mm) än i Finsjö övre (100 mm).



Figur 13. Tvärsnitt av Finsjö nedre (t.v) och Finsjö övres omlöps (t.h) fåra med medeldjup uppmätt vid fem transekter under hösten 2020 vid ett flöde på cirka 1,2 m³/s. Spridningsmåttet anger min- och maxdjup för respektive mätpunkt, det vill säga avståndet från omlöpets sida.



Figur 14. Fördelning (median) av bottensubstrat vid fem transekter i Finsjö nedre (t.v) och Finsjö övre (t.h). Spridningsmåtten anger undre och övre kvartilen samt minimum och maximum.

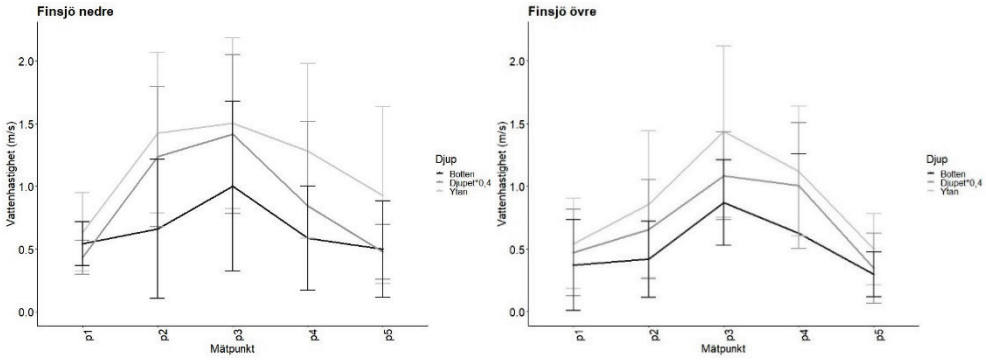
Vid karteringen av större block i Finsjö nedre, vars funktion visuellt bedömdes vara strömkontrollerande strukturer, noterades 61 block (630 – 2000 mm) varav 26 delvis var över vattenytan (Figur 15). Detta gav en täthet av block större än 630 mm på 0,17 block per m. I Finsjö övre noterades 49 block varav 11 delvis var över vattenytan (Figur 15) vilket motsvarar en täthet på 0,32 block per m, det vill säga nästan dubbelt så hög täthet jämfört med Finsjö nedre. I båda omlöpen är blocken oregelbundet placerade samt i huvudsak utlagda utmed rännans sidor. I Finsjö Nedre noterades endast ett fåtal block i den nedre tredjedelen medan det i Finsjö övre var mer jämnt fördelat längs med omlöpets sträckning. Inga större block (>2000 mm) och inga vilopooler eller lugnflytande sträckor noterades i något av omlöpen. Flödet var i huvudsak koncentrerat i mitten av stigrännan med endast mindre synbara lugnflytande fickor längs med sidorna.

Figur 15. Skiss över Finsjö nedre- (t.v) och övre omlöp (t.h) med inloppet överst och utloppet nederst i turbinutlopp respektive ursprunglig åfåra med större block (>630 mm) som bedömts som strömkontrollerande strukturer. Vita prickar anger block som under karteringsstillfället delvis stack upp ovan vattenyta och svarta prickar block under vattenytan.

Medelvattenhastigheten i omlöpet vid Finsjö nedre var cirka 0,9 m/s där hastigheter över 2 m per sekund uppmättes vid flera punkter i huvudsak i ytan. Medelvattenhastigheten vid ytan var knappt 1,2 m/s (SD 0,61) vilket var högre än medelhastigheten vid 40 procent av djupet som var 0,88 m/s (SD 0,61) samt vid botten som var 0,66 m/s (SD 0,47). Högst medelhastighet vid samtliga djup

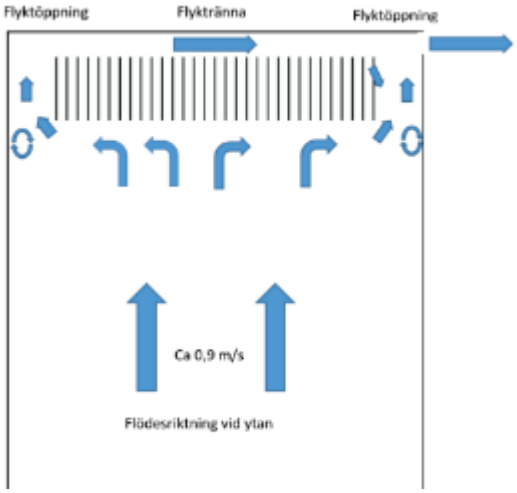
uppmättes i mitten av stigrännan och de lägsta vid sidorna, där hastigheten vid 40 procent av djupet och botten var cirka 0,5 m/s (Figur 16).

Medelvattenhastigheten i omlöpet vid Finsjö övre var något lägre än Finsjö nedre, cirka 0,7 m/s (SD 0,51) där hastigheter på knappt 2 m per sekund uppmättes vid flera punkter i huvudsak i ytan. Medelvattenhastigheten vid ytan var knappt 0,9 m/s (SD 0,59) vilket var högre än medelhastigheten vid 40 procent av djupet som var 0,7 m/s (SD 0,46) samt vid botten som var 0,5 m/s (SD 0,42). Högst medelhastighet vid samtliga djup uppmättes, likt i Finsjö nedre, i mitten av stigrännan och de lägsta vid sidorna, där hastigheten vid 40 procent av djupet samt botten var cirka 0,41 m/s (SD 0,3) respektive 0,33 m/s (SD 0,3) (Figur 16).



Figur 16. Medelvattenhastighet (±standardavvikelse) i omlöpen i Finsjö nedre (t.v) och Finsjö övre (t.h) från fem transekter uppdelat i tre djup i sett från ett tvärsnitt. P1 representerar omlöpets vänstra sida och p5 omlöpets högra sida (sett i strömriktningen).

Under våren 2021 utfördes kompletterande mätningar vid alfagallret. Flödet genom kraftstationen var vid tillfället cirka 14 m^3/s, ytvattenhastigheten i intagskanalen strax uppströms gallret cirka 0,9 m/s och flödet genom flyktöppningarna cirka 0,15 m^3/s. Vid tillfället noterades även riktningen på ytlig strömning intill gallret (Figur 17). Vid mätningarna noterades turbulenta områden med virvlar, vid båda flyktöppningarna, i anslutning till grindrensarens balkar som är monterade vid sidan av kanalen. Vid den högra flyktöppningen noterades även flödet inte enbart flödade i en riktning, utan ett litet flöde svängde ”uppströms” igen från flyktrännan.



Figur 17. Intagskanalen vid Finsjö övre med α-gallret och placering av intilliggande flyktöppningar. Pilarna anger de observerade ytliga strömriktningarna vid fältbesöket under våren 2021

Vid partikelspårningen släpptes tio apelsiner i intagskanalen, fem på respektive sida, och observerades när de närmade sig gallret vid ytan. Samtliga apelsiner följde den ytliga strömmen fram till den heltäckande plåten överst på gallret och tre av

dem passerade den vänstra flyktöppningen inom 1,5 minuter. Resterande apelsiner cirkulerade eller fastnade mot gallret vid virvlarna som observerades vid båda flyktöppningarna.

2.1.3 Funktionsuppföljning

Efter att omlöpen anlagts under början av 2000-talet har flera studier för att undersöka vandringsframgången förbi Finsjö övre och nedre utförts. Radio och PIT-telemetri (passive integrated transponder) har använts för att följa uppströmsvandrande havsöring men även passage av omlöpen hos ett tiotal andra arter har studerats. Nedströmsvandrande fisk har studerats både före och efter implementeringen av alfagallret vid Finsjö övre. Radiotelemetri har använts för att följa nedströmsvandrande öringsmolt och kelt och i fiskfällan i anslutning till alfagallrets flyktöppning har fisk fångats under 2009 och 2010.

Uppströmspassage

Vid en utvärdering av omlöpen 2001 - 2005 passerade totalt nio arter något av omlöpen i Finsjö övre och nedre under uppströmsvandring och tolv arter under nedströmsvandring (Tabell 3, Calles och Greenberg, 2007). Passageeffektivitet för uppströmsvandrande fiskar i omlöpen visade sig vara hög, i medel cirka 75 % (Tabell 3), även om den var storleksberoende då små cyprinider misslyckades att passera omlöpen i högre grad än andra fiskar. Även för juvenil öring och lake var passageeffektiviteten låg men berodde sannolikt på att dessa i högre grad använde omlöpen som habitat. En tidigare studie av samma författare visade att lekvandrande havsöring i regel hade hög passageeffektivitet, 90 – 100 procent, genom de båda omlöpen (Calles och Greenberg 2005).

Tabell 3. Passageeffektivitet och storlek för arter som simmade upp i något av omlöpen i Finsjö övre och nedre (Calles & Greenberg 2007)

Art	Längd (mm)		Antal individer	Passageeffektivitet (%)
	Medel	Min-max		
Vimma	327	295-340	2	50
Färna	275	128-480	13	86
Braxen	466	410-510	1	100
Mört	168	116-284	10	50
Ruda	179	142-320	1	0
Sutare	394	270-500	7	100
Gädda	492	160-870	1	0
Lake	192	95-265	5	60
Abborre	188	117-305	8	100
Gös	188	150-220	0	N/A
Öring	221	124-530	4	50
Totalt 11 Arter	-	95-870	52	74

Vandringsframgången hos lekvandrande havsöring studerades mer detaljerat under två år, 2003 och 2004, där både PIT- och radiosändare användes för att följa fisken (Calles och Greenberg, 2009). Studien visade en total passageeffektivitet

förbi båda kraftverken på 65 procent där den totala passageeffektiviteten förbi Finsjö nedre var något lägre (77 %) än vid Finsjö övre (86 %). Den totala passagetiden, det vill säga tiden det tog för fisken att simma upp i den fåra med omlöpen och slutligen passera omlöpen, var 21 gånger längre vid Finsjö övre än vid Finsjö nedre.

Vid Finsjö nedre valde samtliga radiomärkta fiskar den fåra som vid tillfället för uppströmsvandringen hade högst flöde. Under 2003 simmade därmed samtliga fiskar (N=2) upp i den gamla åfåran medan under 2004 simmade samtliga fiskar (N=36) upp i kraftstationens utloppskanal där omlöpets utlopp är beläget. Under 2004 simmade samtliga fiskar utom en upp till kraftverkets turbinutlopp inom 24 timmar. Attraktionseffektiviteten vid omlöpet, det vill säga andel fiskar vid turbinutloppet som simmat upp i omlöpet, var 81 procent där fiskens mediantid för uppgång var 3,2 timmar. Passageffektiviteten i omlöpet var 95 procent där fisken regel passerade omlöpet vid första försöket och med en mediantid av 2,1 timmar.

De 28 fiskarna som passerat Finsjö nedre 2004 simmade sedan uppströms till Finsjö övre på en mediantid på 9,5 timmar. Under en stor del av studieperioden gick majoriteten av flöden via kraftverkets utloppskanal. Majoriteten av fiskarna uppehöll sig under denna period i området runt sammanflödet av utloppskanalen och gamla fåran, där fisken hade svårigheter att passera det lilla vattenfallet. Slutligen, vid ett högflöde i Emån som översteg kraftverkets utbyggnadsförmåga, spilldes mer vatten i den gamla fåran vilket initierade vandringen hos öringen som då uppehållit sig i området i 6 – 30 dagar. Som en följd av detta blev den slutliga attraktionseffektiviteten till den gamla fåran 89 procent då fisken passerade det lilla vattenfallet och vidare upp mot omlöpets utlopp. Attraktions- och passageeffektiviteten vid omlöpet var sedan 100 procent där fisken endast tog några timmar att simma upp i (mediantid 1,2 timmar) och passera omlöpet (mediantid 0,28 minuter).

Nedströmspassage

En utvärdering av avledaren vid Finsjö övre under två vårsäsonger, 2009 och 2010, resulterade i att totalt 1043 individer och 19 av Emåns totalt 33 arter påträffades i avledaren, i en intilliggande fälla (Kriström m.fl. 2010). För nedströmsvandrande öringsmolt var den totala passageeffektiviteten, det vill säga lyckad passage oavsett vägval, vid Finsjö övre efter att alfagallret implementerats 84 procent, vilket var högre än innan åtgärd då motsvarande siffra var 66 procent (Calles & Greenberg 2009). Passageeffektiviteten vid alfagallret var 46 procent, där ingen smolt passerade genom turbinerna, vilket var högre än innan åtgärd då 20 – 50 procent avleddes via en ytläns till isutskovet. Mortaliteten för fisken som passerade via turbinerna innan åtgärd var 35 procent.

2.1.4 Kostnader

Kostnaderna har sammanställts med hjälp av Emåförbundet och uppgifter från enkätundersökning från Energiforsk projekt ”Fysiska avledare för uppsamling av blankål vid vattenkraftverk” (Emanuelsson m.fl. 2017)

Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för de två omlöpen och α-gallret uppgick till totalt ca 5 Mkr. Investeringskostnaden för respektive omlöp uppgick till cirka 2 Mkr och för alfagallret till cirka 1 Mkr. Noterbart är att kostnaderna är redovisade för runt år 2000, dvs ca 20 år sedan.

Löpande kostnad

Den löpande kostnaden för de båda omlöpen har årligen uppgått till cirka 200 Tkr och inkluderar produktionsförlust för det vatten som tillförs omlöpen. Produktionsförlust för vattnet som leds via α-avledaren uppgår årligen till ca 20 Tkr.

2.1.5 Diskussion och erfarenheter

Åtgärderna vid Finsjö övre och nedre uppgick till en total kostnad på ca 5 Mkr och har medfört att uppströmsvandrande fisk numer har möjlighet att passera kraftstationerna via naturlika faunapassager och nedströmsvandrande fisk kan passera Finsjö övre via flyktöppningar vid α-gallret, dvs en säkrare passageväg än före åtgärd. Åtgärderna i Finsjö övre följer därmed rekommendationen om fiskpassage i både upp- och nedströms riktning vid kraftverk (Calles m.fl., 2013). Lax och öring har efter konnektivitetsåtgärderna fått åtkomst till ytterligare ca 3,2 ha av lekområden uppströms Finsjö nedre och övre.

Resultat från telemetristudier visade att lekvandrande öring hade en hög passageeffektivitet genom omlöpen samt indikerade att de fungerar för en rad arter med olika storlekar och livscykler. Konnektivitet i uppströms riktning vid kraftstationerna, med utgångspunkt för vandringsbenägna fiskarter, har därmed ökat från före åtgärd till efter där ett stort antal arter observerats passera omlöpen. Även om passageeffektiviteten för smolt vid alfagallret inte var hög (47 %6 %) var den totala passageeffektiviteten desto högre där 84 % lyckades med sin passage förbi Finsjö övre oavsett vägval. Calles med fler (2013) menar att en total passageeffektivitet på 90 % är möjligt att uppnå vilket är i nivå med den observerade passageffektiviteten vid Finsjö övre.

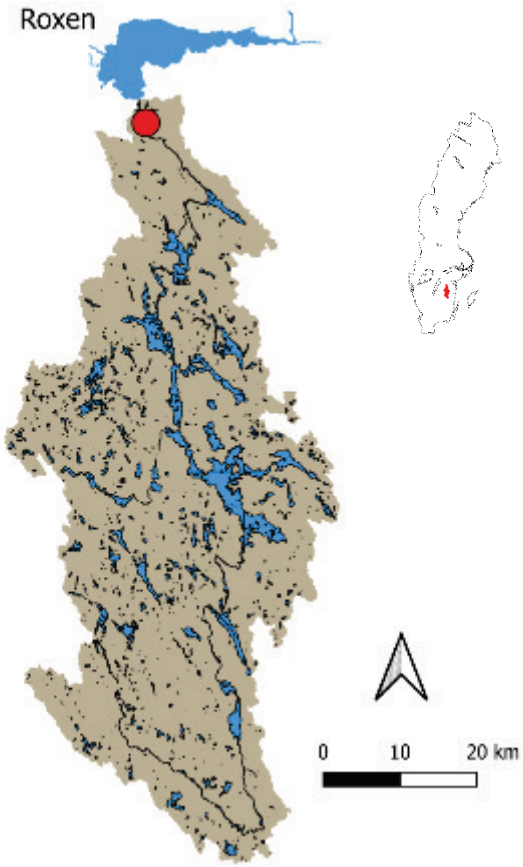
Omlöpens utformning följer de rekommendationer avseende lutning, djup och flöde som beskrivs i Calles med flera (2013). Framförallt omlöpet i Finsjö nedre karakteriseras av få större block samt en smal stigränna vilket avspeglas i de höga vattenhastigheterna. Efter färdigställandet har omlöpet i Finsjö nedre utsatts för erosion vilket medfört läckage och efterföljande reparationsarbete med utfyllnad av ny fyllnadsmassa. Inmätningar i projektet visade på ett flöde på mellan 1,2 – 1,3 m^3/s för båda omlöpen när flödet enligt tappningsplanen bör vara 1,5 m^3/s. En sannolik förklaring till detta kan vara den igenväxning av vegetation och rötter som observerats vid utskoven som reducerat utskovens yta. Observationer vid omlöpets utlopp i Finsjö nedre där de avslutande metrarna utgjordes av hög lutning visar även vikten av utformning av utlopp för att hantera varierande vattennivåer (SLU, 2020). Även placeringen av utloppet är av vikt för att underlätta för fisken att hitta fiskvägen. I Finsjö visade telemetristudier en anlockningsproblematik för öring i sammanflödesområdena med kraftverkens utloppskanal och den ursprungliga åfåran med hög fördröjning som följd. För att

underlätta passage för fisk som lockas till turbinutlopp eller fåror utan fiskpassage kan ytterligare en fiskpassagelösning anläggas vid dessa, något som rekommenderas av Calles med flera (2013) vid sådana förutsättningar. I nuläget planeras ytterligare åtgärder vid Finsjö övre i form av test av en skruvturbin vid kraftverket vars funktion syftar till att leda både upp- och nedströmsvandrande fisk.

Åtgärderna i Finsjö övre följer rekommendationen om fiskpassage i både upp- och nedströms riktning vid kraftverk (Calles m.fl., 2013). Alfagallrets låga lutning (35°) och liten spaltvidd (18mm) hindrar smolt från att passera via kraftverkets turbiner (Kriström m.fl. 2010) och är således att betrakta som en funktionell lösning (Calles m.fl., 2010), även om erfarenheter från de första driftåret visade på ett förbättringsbehov. En modifikation utförd 2010 där hörnen i flyktrännan och flyktöppningar rundades av reducerade turbulensen uppströms gallrets högra flyktöppning och jämnade ut flödet mellan de två flyktöppningarna. I projektets inmätningar noterades fortfarande turbulens i anslutning till flyktöppningarna och grindrensarens sidobalkar, dock i mindre omfattning, vilket även var där de flesta apelsinerna i partikelspåningsföröket fastnade.

2.2 STÅNGÅN - NYKVARN

Stångån ingår i Motala ströms avrinningsområde och sträcker sig genom Kalmars och Östergötlands län. Avrinningsområdet är 2440 km² och Stångån sträcker sig ca 200 km från källflödena till mynningen i sjön Roxen strax norr om Linköping i Linköpings kommun (Figur 18). Åns nedre del, mellan sjöarna Ärlången och Roxen, består av en ca 17 km lång i huvudsak lugnflytande sträcka. Tidigare forsar och mer starkströmmande partier på sträckan har vid Nykvarn, Hacke- Tanne- och Slattefors ersatts med lugnflytande indämda partier för vattenkraftsutnyttjande. Utbyggnaden av vattenkraft för elproduktion påbörjades under början av 1900-talet, men ån har sedan 1600-talet nyttjat vattenkraft för att driva bland annat sågar, kvarnar och papperstillverkning. Vattensystemet är även starkt präglat av Kinda kanal, som började byggas 1865, vars slussar gör sträckan Åsunden – Roxen farbar för båttrafik (Sweco 2016). Nykvarns kraftstation är det första vandringshindret för uppströmsvandrande fisk från Roxen.



Figur 18. Stångåns delavrinningsområde. Den röda punkten markerar Nykvarns kraftstations läge ca 3 km uppströms sjön Roxen.

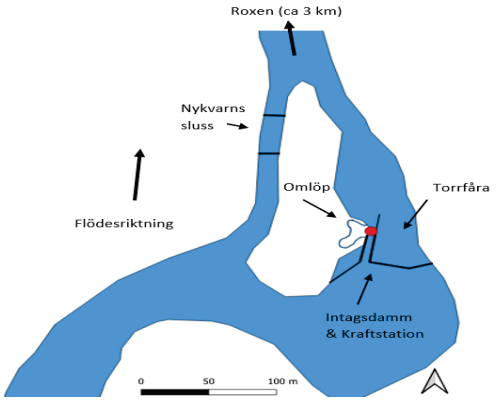
Nykvarns kraftstation

Nykvarns kraftstation (Tabell 4) uppfördes 1942 och är belägen ca 3 km uppströms Stångåns mynning i Roxen. Medelvattenföringen i Stångån är vid Nykvarn ca 13,8 m³/s (SMHI). Vatten till kraftstationen leds från intagsdammen via en ca 50 m lång inloppskanal på åfårans västra sida (Figur 19). Vattnet leds sedan tillbaka till åfåran via

en ca 30 m lång utloppskanal. Parallellt med Nykvarns kraftstation går en ca 175 m lång och 35 m bred naturfåra där det, vid tillfällen då flödet i Stångån överskrider kraftstationens utbyggnadsvattenföring på 16 m³/s, kan spillas vatten via dammens ytutskov. Föreskriven mintappning för flöde i faunapassagen är 1 m³/s 1 mars – 30 nov respektive 0,5 m³/s övrig tid (personlig kommentar, Jakob Bergengren, Tekniska Verken AB, 2021-06-20). Kraftstationen med tillhörande damm ligger i anslutning till Nykvarnholmen där, på andra sidan holmen, Nykvarns sluss är belägen. Ytterligare 3 km uppströms Nykvarn finns åns nästkommande vandringshinder, Tannefors kraftstation, beläget.

Tabell 4. Fakta om Nykvarns kraftstation

Nykvarns kraftstation **Ägare: Tekniska verken**	
Installerad effekt MW	0,3
Årsproduktion GWh/år	1,5
Regleringsamplitud damm m	0,35
Utbyggnadsvattenföring m³/s	16
Fallhöjd m	2,8



Figur 19. Områdeskarta vid Nykvarns kraftstation. Röd punkt markerar kraftverket

Förekommande fiskarter

I Stångåns nedre delar och i sjön Roxen förekommer abborre, asp, björkna, benlöja, braxen, flodnejonöga, färna, gädda, gärs, gös, id, lake, löja, mört, nissöga, nors, ruda, sarv, sutare, vimma och ål (SWECO 2016; Länsstyrelsen Östergötland 2011).

Den rödlistade arten asp förekommer i flera vattendrag och sjöar i Motala ströms avrinningsområde runt sjöarna Roxen och Glan. I Stångåns delavrinningsområde förekommer asp både upp- och nedströms Nykvarns kraftstation. Vid en inventering nedströms Nykvarns kraftstation under våren 2003 och 2004 observerades enstaka aspar, sannolikt lekfiskar. Naturfåran vid Nykvarn tjänar sannolikt som lekområde för asp och området har bedömts som bra för reproduktion när vatten släpps i naturfåran. Under inventeringsperioden var dock lekens utgång oviss och ingen rom hittades (Norrköpings Kommun 2006).

Sedan 1945 har ålyngel satts ut i Roxen samt några tillrinnande vattendrag, däribland Stångån, av bland annat Roxens fiskevårdsområde. Sedan 2011 sker ålyngelutsättningar och trap & transport inom Motala ströms avrinningsområde, i bland annat sjöarna Sommen, Roxen och Glan, inom Krafttag ål (Energiforsk, 2018). Även ålyngelutsättningar (ca 70 000 yngel) i Stångån har utförts årligen av Tekniska verken.

2.2.1 Beskrivning av fiskpassagelösning

För att förbättra förutsättningarna för ett rikt fiskliv och högre naturvärden i sjön Roxen och Stångån initierades i början av 2010-talet ett projekt i Stångån av Linköping kommun och Tekniska verken som slutfördes 2019. Projekten

innefattade uppförandet av en naturlik faunapassage och ett alfagaller vid Nykvarns Kraftverk samt en habitatrestaurering för strömlevande fisk (som inte vidare avhandlas i föreliggande rapport) vid nästkommande vandringshinder – Tannefors kraftstation.

Syftet med åtgärderna har varit att öka konnektiviteten i upp- och nedströms riktning förbi Nykvarns kraftstation, mellan Roxen – Tannefors, och möjliggöra passage för svagsimmande arter och lekvandring för framförallt asp till den restaurerade sträckan i Tannefors. Det långsiktiga målet med åtgärderna är ett livskraftigt aspbestånd. Förutom asp är ålen utpekad målart och åtgärden i form av alfagallret syftar främst till att underlätta ålens nedströmsvandring. Utöver högre naturvärden har även fokus lagts på att skapa en levande parkmiljö och ett rekreationsområde för allmänheten vid Nykvarns holme.

Naturlik faunapassage

Det ca 200 m långa omlöpet (Figur 20) och det intilliggande alfagallret tog drygt ett år att färdigställa och stod klart i slutet av 2019. Omlöpet har dimensionerats för att kunna avbörda upp till 5 m^3/s som marginal vid främst onormalt höga flöden i Stångån. Enligt vattendom är minimitappningen 1,0 m^3/s (vandringsflöde) 1 mars – 30 nov och 0,5 m^3/s (basflöde) 1 dec – 28 feb. Den totala fallhöjden är normalt ca 2,8 m vilket motsvarar en medellutning i omlöpet på ca 1,4 procent. Vid mättillfället i innevarande projekt var fallhöjden dock 3,47 m, som följd av att kraftstationen för tillfället var ur drift och vattenytan nedströms var låg, vilket motsvarade en medellutning i omlöpet på 1,7 procent.

Figur 20 Nykvarns omlöp med dess utlopp som mynnar i kraftstationens utloppskanal som syns närmast i bild. I intagskanalen, som syns bakom kraftstationen, är alfagallret och omlöpets inlopp placerade. Foto: Tekniska verken.

Omlöpets utlopp, en V-formad öppning i utloppskanalens vägg, är beläget endast några m nedströms turbinutloppet och utloppsriktningen är riktad 90 grader i förhållande till flödesriktningen i utloppskanalen (Figur 21). Vid mättillfället mättes lutningen längs de avslutande 10 m av fiskvägen till ca 5 %, det vill säga

betydligt högre än nyss nämnda medellutning. Vid senare platsbesök, när kraftstationen var i drift och vattenytan nedströms var högre, noterades att den avslutande sektionen inte var lika brant som vid föregående besök utan i paritet med övriga delar av omlöpet (Figur 21). Omlöpets ringlande stigränna sträcker sig genom en parkmiljö med gångstråk, konstverk och planterade träd och buskar (Figur 22). Tappningen regleras vid omlöpets inlopp genom ett tre m brett och två m högt utskov som även fungerar som flyktöppning vid alfagallret (15 mm), med fem ställbara luckor och en ca 0,5 m djup stentröskel (Figur 23). I utskovet finns en fiskräknare (Riverwatch, Vaki, Island) installerad.

Figur 21. Omlöpets utlopp med V-formad öppning vid tidpunkt då kraftstationen var ur drift (t.v), utloppskanalen och avslutande delen av omlöpet (överst t.h) och omlöpets utlopp då kraftstationen var i full drift (nederst t.h).

Figur 22. Mittersta delen av omlöpet med synbara strömkontrollerande block placerade i mitten och kanten av stigrännan. Omgivningarna visar en del av den intilliggande parkmiljön med gångstråk och planterade växter.

Figur 23. Omlöpets ca 3 m breda inlopp med stentröskel nederst i bild.

Alfagaller

Alfagallret, liksom omlöpet, stod klart i slutet av 2019 och är placerad i intagskanalen till Nykvarns kraftstation (Figur 24). Gallret är ca 5,8 m brett och 7,6 m långt med en spaltvidd på 15 mm och en lutning på 30° i förhållande till intagskanalens botten mm. Den översta halvmetern vid vattenytan är gallret täckt med plåt. Vid gallrets vänstra sida är den enda flyktöppningen placerad (Figur 24 & Figur 25). Flyktöppningen utgör även utskov till omlöpet, vilket leder fisken vidare nedströms till turbinutloppet. Grindjärnens profil är plattstål och dess

dimensioner är 5 x 50 mm. Gallret rensanordning består av en rak skrapa av plast på en horisontellt rörlig släde med vertikalt rörlig arm.

Figur 24. Intagskanalen med alfagallret närmast kraftstationen. Flyktöppningen, tillika utskov till omlöpet, är placerat till vänster om gallret. Luckan till höger om gallret utgör isutskov. Vid fototillfället var inte kraftverket I drift.

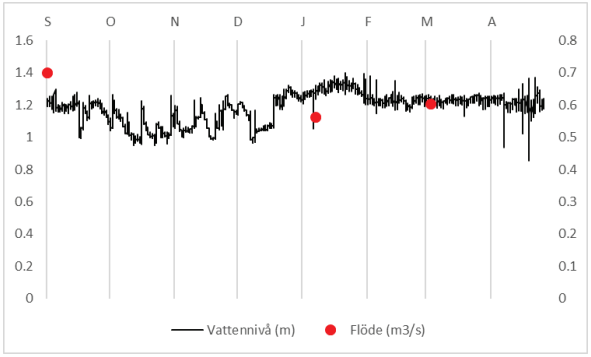
Figur 25. Alfagallret med den ytligt monterade heltäckande plåten och rensanordning vid gallrets vänstra sida. Till vänster om gallret syns flyktöppningen, tillika omlöpets inlopp, med fem ställbara luckor.

2.2.2 Inmätningar

Omlöpet

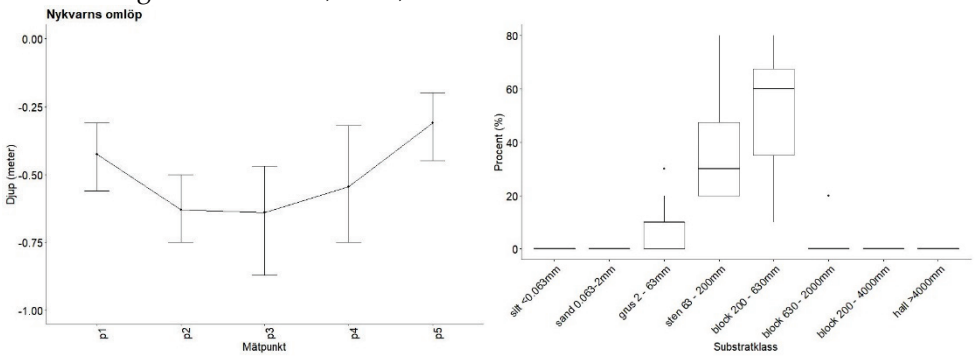
I september 2020 utförde projektet fältinmätningar i Nykvarns omlöp. Vid tidpunkten placerades även en vattennivåmätare (HOBO - U20L, USA) vid en bestämmande sektion i omlöpet som uppmätte vattennivån varje timme fram till mitten av maj 2021. Flödet mättes vid utskovet, där det minst turbulenta flödet återfanns, vid totalt tre tillfällen; hösten, vintern och våren och varierade mellan ca

1,1 – 1,4 m³/s. Vattennivån vid mätstationen höll sig i regel mellan 0,5 – 0,65 m (Figur 26).



Figur 26. Vattennivå Nykvarn (svart linje och högra x-axeln) under perioden mars– september 2021 och flöde(röda prickar och vänstra x-axeln) mätt vid tre tillfällen i omlöpet.

Medelbredden för Nykvarns omlöp var ca 3,8 m (min 2,5 m max 5 m) och medeldjupet var 0,51 m (maxdjup 0,87 m) där de djupaste partierna återfanns i mitten av rännan (Figur 27). Det vanligaste bottensubstratet i Nykvarns omlöp var block mellan 200 – 630 mm följt av sten (63 – 200 mm) (Figur 27). Övriga förekommande substrat var grus (2 – 63 mm) och stora block (630 – 2000 mm). Bottenheterogeniteten, som redovisas som standardavvikelsen av mätningarna med heterogenitetsmätaren, var 7,9 mm.

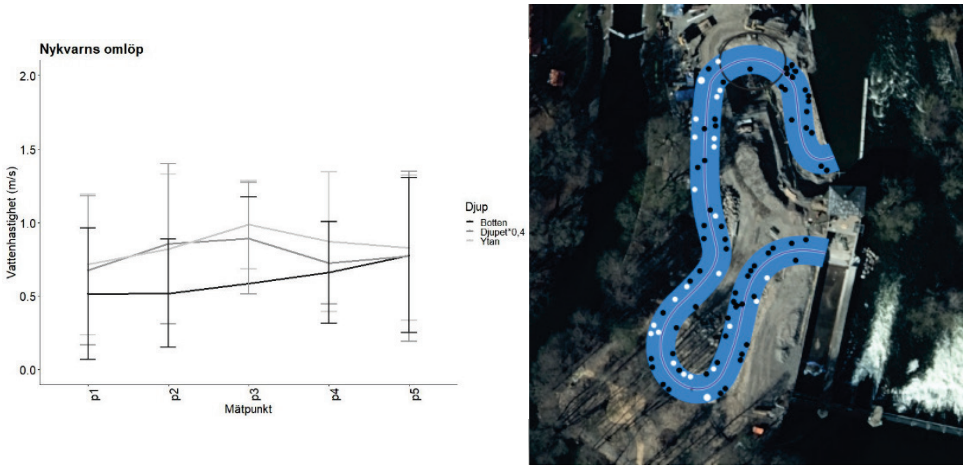


Figur 27. Tvärsnitt av omlöpets fåra med medeldjup (t.v) och fördelning (median) av bottensubstrat (t.h) vid fem transekter vid ett flöde på ca 1,4 m³/s . Spridningsmåttet anger min- och maxdjup respektive undre och övre kvartilen samt minimum och maximumvärde.

Vid karteringen av större block, vars funktion visuellt bedömdes vara strömkontrollerande strukturer, noterades 86 block mellan 630 – 2000 mm varav 22 var delvis över vattenytan (Figur 28). Även två större block mellan 2000 – 4000 mm noterades. Detta gav en täthet av block större än 630 mm på drygt 0,5 block per m. Blocken är till största delen placerade vid stigrännans sidor, både enskilt och i grupp. Vid karteringstillfället observerades både strömkoncentrationer och lugnflytande vatten i anslutning till dessa blockstrukturer, det senare i regel vid rännans sidor. Ca fyrtio m från fiskingången, i anslutning till en cykelbro, noterades även en sträcka av lugnflytande vatten där stigrännan var bredare och delvis djupare än resterande sträcka.

Medelvattenhastigheten i omlöpet var ca 0,75 m/s (SD 0,44) där högsta uppmätta hastigheten låg kring 1,6 m/s. Vid både ytan och vid 40 procent av djupet var

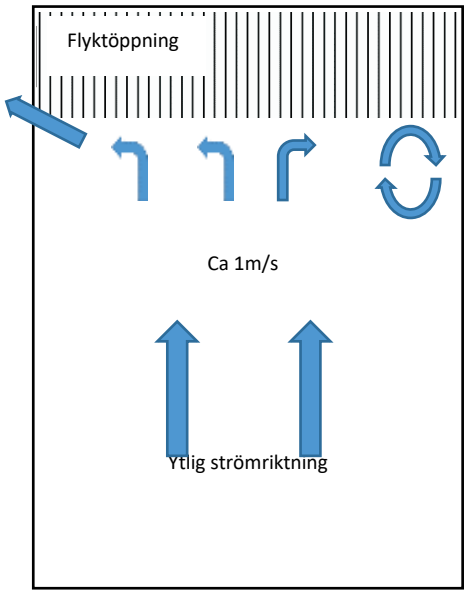
medelvattenhastigheten ca 0,8 m/s (SD 0,44), vilket var något högre än vid botten där medelvattenhastigheten mättes in till 0,61 m/s (SD 0,43). Sett ur ett tvärsnitt av omlöpet var det en tendens till högre vattenhastigheter i mitten av stigrännan i ytan och vid 40 procent av djupet medan hastigheten var mer jämnt fördelad vid botten. Vid botten mättes den lägsta medelhastigheten in vid ena sidan av stigrännan (0,5 m/s SD 0,44) och högsta vid andra sidan (0,8 m/s) (Figur 28).



Figur 28. Medelvattenhastighet (±standardavvikelse) (t.v) från fem transekter uppdelat i tre djup i Nykvarns omlöp sett från ett tvärsnitt där p1 representerar omlöpets vänstra sida och p5 omlöpets högra sida (sett i strömriktningen). Den högra figuren visar en skiss över Nykvarns omlöp med utloppet överst och inloppet nederst med större block (>630 mm) som bedömts som strömkontrollerande strukturer. Vita prickar anger block som under karteringsstillfället delvis stack upp ovan vattenyta och svarta prickar block under vattenytan. Cirkeln anger en lugnflytande sträcka.

Alfagaller

Under våren 2021 utfördes kompletterande mätningar vid alfagallret. Ytvattenhastigheten i intagskanalen strax uppströms gallret mättes in till ca 1 m³/s. Vid tillfället noterades även riktningen på ytlig strömning intill gallret (Figur 29). En partikelspårning utfördes genom att tio apelsiner släpptes i intagskanalen, fem på respektive sida, och observerades när de närmade sig gallret vid ytan. Samtliga apelsiner följde den ytliga strömmen intill den heltäckande plåten och tre av dem (30 %) passerade flyktöppningen efter 12 – 20 sekunder. Dessa tre av apelsiner var samtliga isläppta på vänster sida i intagskanalen, dvs på samma sida som flyktöppningenär belägen. Sex av apelsinerna, varav samtliga fem isläppta på höger sida i intagskanalen, följde strömmen mot höger sida av gallret varefter de cirkulerade i en större virvel tills försöket avslutades efter fem minuter. Den kvarvarande apelsinen trycktes fast mot gallret under hela försöket.



Figur 29. Skissa av Nykvarns intagskanal med alfagallret och placering av intilliggande flyktöppning. Pilarna anger de observerade ytliga strömriktningarna vid fältbesöket under våren 2021.

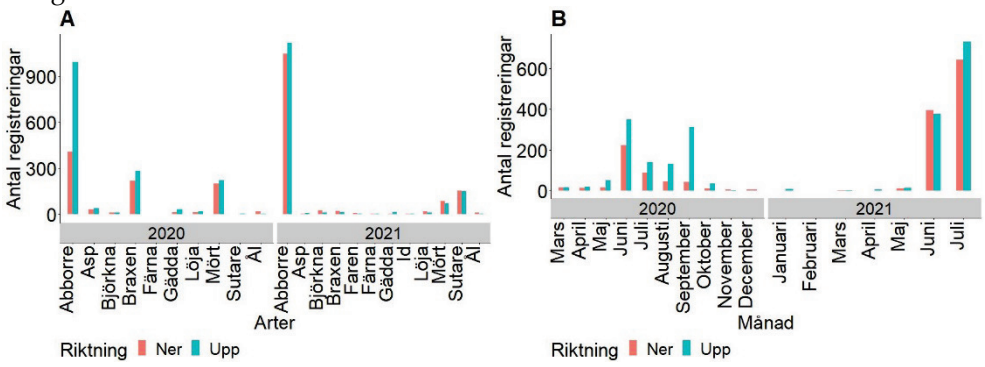
2.2.3 Funktionsuppföljning

Fiskräknare

Fiskräknaren i Nykvarns omlöp har varit i drift periodvis sedan slutet av 2019 och har registrerat fisk kontinuerligt sedan början av 2020. Räknaren är placerad i omlöpets utskov, det vill säga i anslutning till alfagallrets vänstra sida, och dess funktion syftar till att registrera både upp- och nedströmsvandrande fisk.

Totalt har tolv arter registrerats från slutet av 2019 fram till slutet av juli 2021, då data till innevarande rapport extraherades från Fiskdata.se, där de vanligaste arterna att registreras har varit abborre, braxen och mört (Figur 30A). Även målarterna asp och ål har registrerats i räknaren. Utöver fiskregistreringar har dessutom utter kontinuerligt passerat fiskräknaren. Under perioden har totalt ca 5300 registreringar skett varav ca 3000 uppströmsvandrande och 2300 nedströmsvandrande fiskar. Merparten (>90 %) av alla registreringar har skett under juni – juli (Figur 30B). Medellängden för samtliga registrerade uppströmsvandrande fiskar var ca 290 mm (SD = 165) och nedströmsvandrande ca 330 mm (SD = 185). Storleken varierade mellan 80 – 1200 mm där de minsta fiskarna utgjordes av mört, abborre, braxen, björkna och faren och de längsta av ål

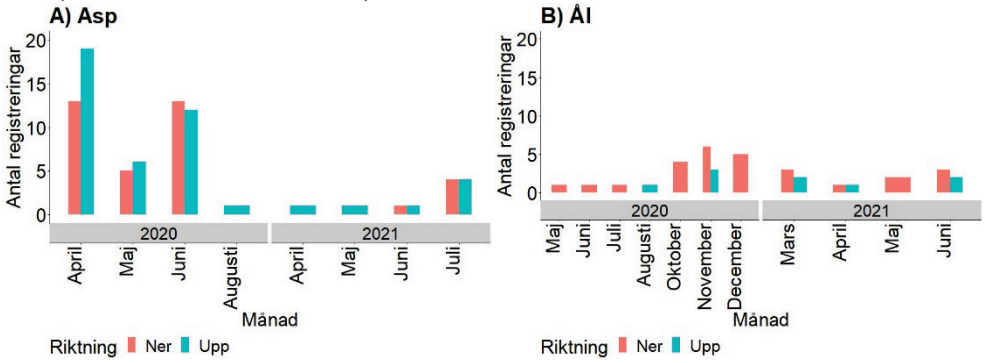
och gädda.



Figur 30. Antal registreringar (Figur A) och antal registreringar månadsvis (Figur B) i fiskräknaren i Nykvarns omlöp av upp- och nedströmsvandrande fisk 2020 – fram till slutet av juli 2021.

Asp och ål

De två målarterna inom åtgärdsarbetet vid Nykvarn, asp och ål, har båda registrerats vid upp- och nedströmsvandring under 2020 – 2021, där en ål även registrerats under slutet av 2019. Under 2020 skedde totalt 69 aspregistreringar (38 uppströms och 31 nedströms) där alla utom en inträffade under april – juni. Under 2021 var antalet aspregistreringar 12 (7 uppströms och 5 nedströms), vilket var färre jämfört med motsvarande period föregående år (Figur 31A). Medellängden för samtliga registrerade aspar under båda åren var ca 670 mm (SD 113 min 140 max 890). Under 2020 skedde totalt 22 ålregistreringar (4 uppströms och 18 nedströms) där majoriteten inträffade under oktober - december. Under 2021 var antalet ålregistreringar fram till slutet av juli 14 (5 uppströms och 9 nedströms), det vill säga något högre än motsvarande period föregående år (Figur 31B). Medellängden för samtliga registrerade ålar under båda åren var ca 750 mm (SD 271 min 150 max 1200). Medellängden för nedströmsvandrande ål var 700 mm(SD 276 min 150 max 1200), vilket var lägre än för uppströmsvandrande ål som var 900 mm (SD 195 min 710 max 1200).

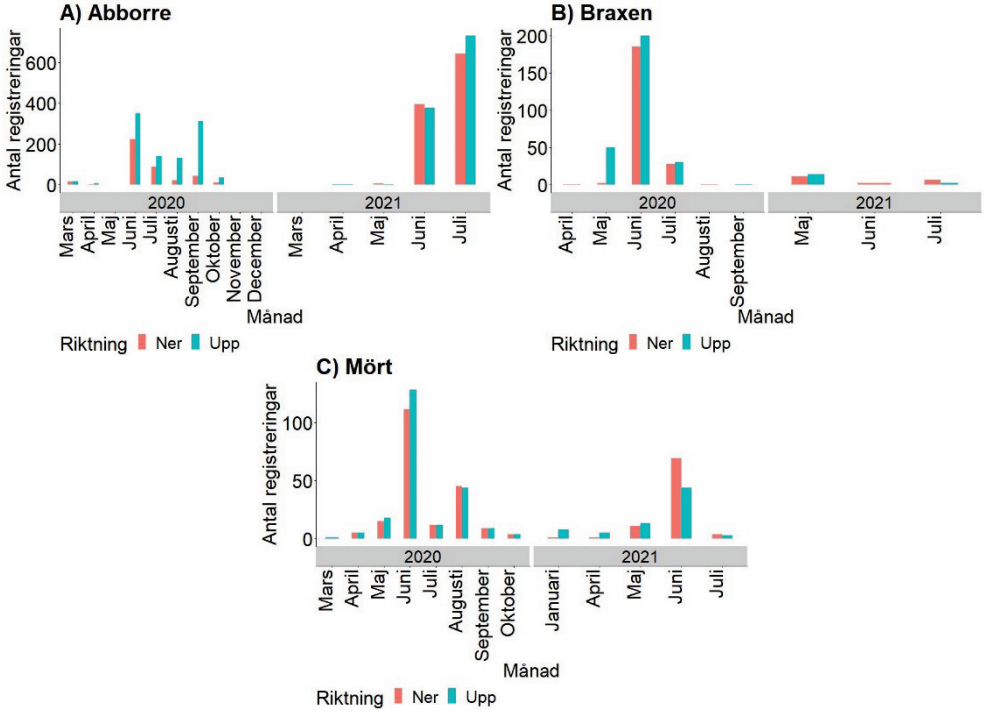


Figur 31. Antal registreringar månadsvis av asp (Figur A) och Ål (Figur B) i fiskräknaren i Nykvarns omlöp 2020 – fram till slutet av juli 2021.

Andra vanligt förekommande arter

Abborre har under båda åren varit den i särklass vanligast registrerade arten och utgör ca 68 procent av alla registreringar. Nästan samtliga registreringar av abborre har skett under juni – september (Figur 32A). Även braxen (Figur 32B) och mört (Figur 32C) har varit vanligt förekommande vid fiskräknaren där majoriteten

av alla registreringar har skett under juni månad. Braxen har dock till största del endast registrerats under 2020 trots att dataperioden under 2021 sträcker sig över juni månad, som uppvisade flest braxenregistreringar föregående år.



Figur 32. Antal registreringar månadsvis av abborre (Figur A), braxen (Figur B) och mört (Figur C) i fiskräknaren i Nykvarns omlöp 2020 – fram till slutet av juli 2021.

2.2.4 Kostnader

Kostnaderna har sammanställts med hjälp av Tekniska Verken AB, Linköpings kommun och Fiskevårdsteknik AB. Åtgärdsarbetet vid Nykvarns kraftstation var en del av ett större ”stadsmiljöprojekt” som uppgick till totalt ca 33 Mkr och innefattade, utöver omlöpet och alfagallret, bland annat en parkmiljö vid Nykvarns kraftstation och lekränna för asp längre uppströms i Stångån. Ingen exakt uppgift över kostnader för omlöpet och alfagallret har därför funnits att tillgå då kostnaderna har varit svåra att specificera. Investeringskostnaderna har därför delvis uppskattats och uppgår för omlöpet till 12,6 Mkr och för alfagallret till 4,7 Mkr. De löpande kostnaderna uppgår till ca 300 Tkr/år och innefattar produktionsförlust och service av fiskräknare.

Entreprenadkostnad: Ca 13,6 Mkr

Anläggningskostnaden för omlöpet uppgick till ca 9,9 Mkr och för alfagaller till ca 2,8 Mkr. I anläggningskostnaderna inkluderas ett ca 9 månaders långt driftstopp som, baserat på ett elpris på 0,35öre/kWh och en årlig genomsnittlig produktion på 1,5 GWh/år, uppgick till ca 400 Tkr. En tillkommande kostnad är uppförandet? av konstruktionen för fiskräknare som uppgick till ca 1 Mkr.

Utredningar: Ca 3,7 Mkr

Innefattar förstudie, tillstånd, projektering och arkeologiundersökningar för omlöpet och alfagallret.

Löpande kostnad

De löpande kostnaderna uppgår till ca 300 Tkr/år och innefattar produktionsförlust för flödet i omlöpet på ca 250 Tkr (med ett antaget elpris på i snitt 35 öre/kWh) och service och support av fiskräknaren (50 Tkr). Ingen uppgift för kostnader av skötsel och underhåll av fiskräknaren fanns att tillgå.

Kringliggande kostnader

Den största delen av de kringliggande kostnaderna bestod av restaurering av två 1800-talsbroar och anläggning av två nya körbroar för tung trafik för kraftstationens räkning och uppgick till ca 9,5 Mkr. Kostnaden för parkmiljön i anslutning till Nykvarns kraftstation uppgick till ca 2,5 Mkr och innefattade bland annat konstverk, rastplatser, gångstråk och plantering av träd och buskar.

2.2.5 Diskussion och erfarenheter

Åtgärderna vid Nykvarns kraftstation uppgick till en total investeringskostnad på 17,3 Mkr och har medfört att upp- och nedströmsvandrande fisk har möjlighet att passera Nykvarns kraftstation. Asp har därmed möjlighet att nå uppströms belägna restaurerade lekområden i Tannefors och ål kan avledas via en säkrare passageväg nedströms. Åtgärderna med omlöpet och α-gallret följer rekommendationen om fiskpassage i både upp- och nedströms riktning vid kraftverk (Calles m.fl., 2013). Projektmålet med ökad konnektivitet i Stångån förbi Nykvarns kraftstation har därmed uppfyllts men det långsiktiga målet med ett livskraftigt aspbestånd i vattensystemet kommer sannolikt ta längre tid att uppnå.

Resultatet från fiskräknaren visar att både asp och ål registrerats i omlöpet redan första året åtgärderna varit i drift. Dessutom har ett stort antal andra arter registrerats varav flera svagsimmande arter och mindre individer. Konnektivitet i uppströms och nedströms riktning vid Nykvarns kraftstation, med utgångspunkt för vandringsbenägna fiskarter, har ökat från innan åtgärd till efter. Totalt har nio fiskarter som karakteriseras som vandringsbenägna fiskarter, det vill säga arter som har ett behov att förflytta sig inom eller mellan ytvattenförekomster för att genomföra hela livscykeln eller bibehålla populationens livskraft (HVMFS 2019:25), observerats vid något tillfälle vid fiskräknaren. Därmed har totalt 64 procent av samtliga vandringsbenägna fiskarter som sannolikt förekommer i Stångån passerat omlöpet. Passage- eller attraktionseffektivitet för åtgärderna är under nuvarande uppföljning inte möjlig att utvärdera.

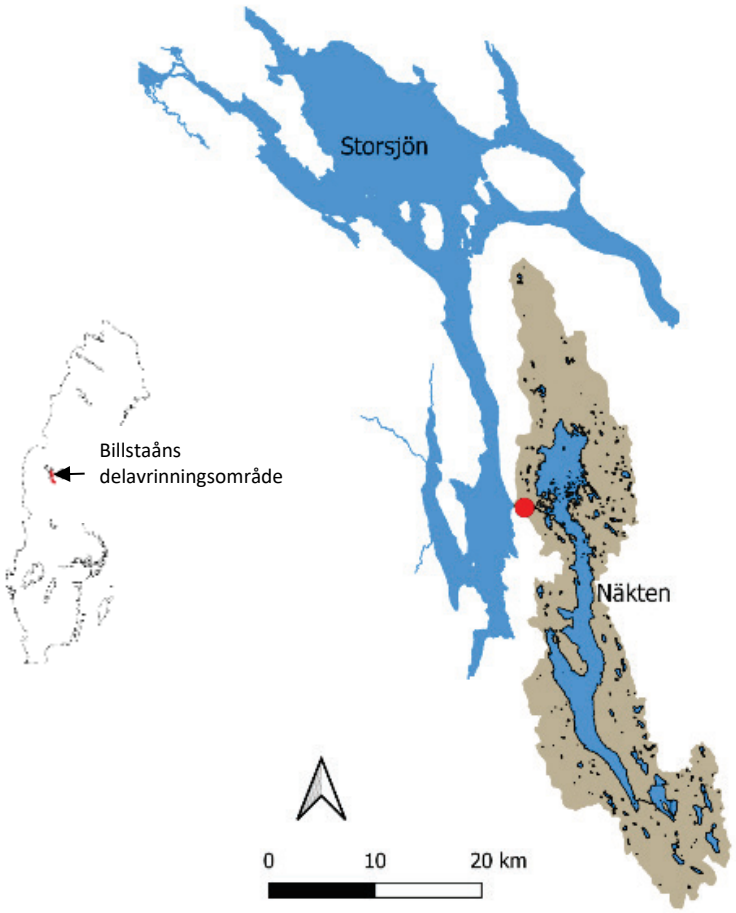
Omlöpet följer de rekommendationer för utformning av omlöp avseende placering, lutning, djup och flöde (Calles m.fl. 2013) där ca 8 % av Stångåns medelvattenföring rinner via omlöpet. Upprepade inmätningar i projektet visade på ett beräknat flöde på ca 1,1 – 1,4 m^3/s vilket är något högre än villkoren för minimitappning. Observationer vid omlöpets utlopp i projektet visar vikten av utformning av utlopp för att hantera varierande vattennivåer i kraftverkets

turbinutlopp. Under 2021 registrerades endast ett fåtal aspar i fiskräknaren under vandringsperioden på våren, vilket indikerar på färre passager av aspar jämfört med 2020. Naturfåran nedströms intagsdammen, som bedömts som bra lekområde för asp, utgör lekområde under gynnsamma förhållanden med spill under lekperiod. Under våren 2021 spilldes vatten kontinuerligt i naturfåran (personlig kommentar, Jakob Bergengren, Tekniska Verken AB, 2021-06-20) vilket kan ha lett till fler aspar sökt sig till detta lekområde och färre sökt sig längre uppströms förbi Nykvarns kraftverk.

Alfagallrets låga lutning (30°) och liten spaltvidd (15mm) följer rekommendationer för låglutande galler och hindrar med största sannolikhet fisk från att passera via kraftverkets turbiner (Calles m.fl., 2013) även om ingen uppföljning avseende dess avledande förmåga utförts. Registreringar av mindre ål i fiskräknaren som kan passera genom α-gallret (< 530mm vid en spaltvidd på 15 mm enligt Travade m.fl. 2010) indikerar att avledaren förutom att ha en fysisk avledning dessutom kan ha en viss beteendeinducerad avledning, något som bland annat Carlsson (2019) visat gällande låglutande galler. Erfarenheter från det första driftåret visade på ett förbättringsbehov då nedströmsvandrande ål observerades fasttryckta mot α-gallret i ytan (personlig kommentar, Jakob Bergengren, Tekniska Verken AB, 2021-06-20). Sedan den ytligt placerade plåten monterats, med syfte att minska vattenhastigheten längst upp vid gallret och ge fisk möjlighet att simma till flyktöppningen, har dock enbart några få sådana observationer gjorts. I projektet observerades även en stor virvel strax uppströms α-gallrets östra sida, dvs motsatt sida mot flyktöppningen. Larinier & Travade (2002) menar att sådana förutsättningar kan påverka fiskens möjligheter att hitta flyktöppningen negativt. Det råder dock en kunskapsbrist om anlocknings- och passageeffektivitet i både upp- och nedströms riktning förbi Nykvarns kraftverk och telemetristudier på målarterna asp och ål skulle sannolikt identifiera eventuella passage- och effektivitetsproblem.

2.3 BILLSTAÅN – BILLSTA, STRÖMBACKA & NÄKTEN

Billstaån ingår i Indalsälvens avrinningsområde och är belägen i Bergs kommun, Jämtlands Län, några mil söder om Östersund (Figur 33). Åns avrinningsområde är ca 500 km² och rinner från Näkten till Storsjön, en sträcka på ca 2,5 km. Medelvattenföringen vid Billstaåns utlopp i Storsjön är ca 4,1 m³/s (SMHI) och fallhöjden från Näkten till Storsjön uppgår till ca 32 meter, vilket har utnyttjats för elproduktion sedan början av 1900-talet. Ån består av växlande karaktär med strömsträckor och sjöar/uppdämningar där sjön Flon är belägen mitt på sträckan. I åns översta del, mellan Flon och Näkten, är fåran uppdelad i en nordlig och en sydlig fåra.



Figur 33. Billstaåns avrinningsområde uppströms Storsjön. Den röda punkten markerar Billstaåns läge mellan Storsjön och Näkten

Kraftstationer i Billstaån

Totalt finns tre kraftverk i Billstaån som samtliga ägs av Jämtkraft AB: Lillå, Strömbacka och Billsta kraftverk (Tabell 5) med tillhörande intagsdammar samt två reglerdammar i Näkten (Figur 34).

Billsta kraftverk är det nedersta kraftverket i Billstaån och uppfördes 1911. Från kraftverkets intagsdamm leds vattnet via en ca 200 meter lång tub till kraftverket. Parallellt med tuben rinner en ca 400 meter lång naturfåra vars utlopp i Storsjön är beläget ca 100 meter söder om kraftverkets utlopp. En minimitappning på 0,5 m³/s i naturfåran som erhållits genom intagsdammens flodutskov har historiskt tillämpats genom den tidigare vattendomen.

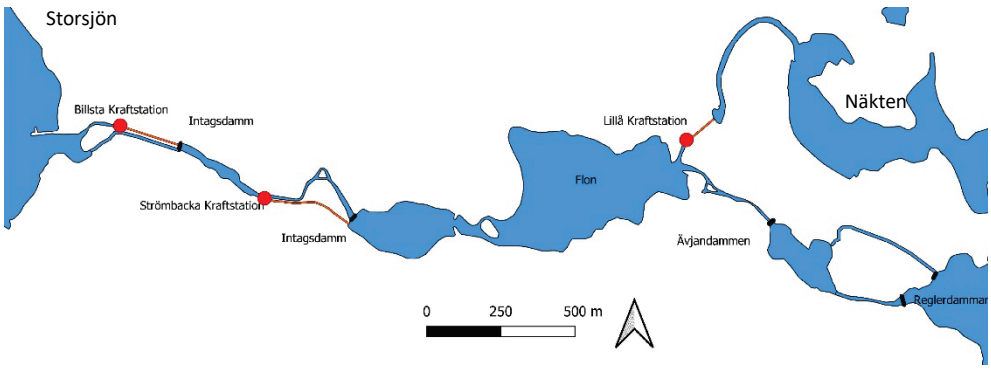
Strömbacka kraftverk är det mellersta kraftverket i Billstaån och uppfördes 1988, vilket ersatte ett tidigare kraftverk på samma plats. Från kraftverkets intagsdamm vid sjön Flon leds vattnet genom en ca 300 meter lång tub till kraftverket. Parallellt rinner en ca 400 meter lång naturfåra som förbinds med kraftverkets turbinutlopp några hundra meter uppströms intagsdammen till Billsta kraftverk. En minimitappning på 0,5 m³/s i naturfåran som erhållits genom intagsdammens ytutskov har historiskt tillämpats genom den tidigare vattendomen.

Uppströms Flon delar ån upp sig i två fåror. I den norra fåran är Lillåns kraftverk beläget och är det översta kraftverket i Billstaån. Det uppfördes 1988, samtidigt som Strömbacka, och ersatte ett tidigare kraftverk som var beläget i ån södra fåra vars vatten leddes från den numer utrivna Ävjandammen.

I den södra fåran, vid Ävjandammens tidigare läge, delar ån upp sig ytterligare en gång där två reglerdammar återfinns överst i fårorna. Den huvudsakliga regleringen sker via den södra dammen. Näktens reglerdammar ägs och drivs av Vattenregleringsföretaget, IVF, och reglerar sjön Näkten med en regleringsamplitud på 1,3 meter.

Tabell 5 Fakta om Billstaåns kraftverk

Ägare: Jämtkraft AB	Billsta Kraftverk	Strömbacka Kraftverk	Lillå kraftverk
Installerad effekt kW	650	500	500
Årsproduktion GWh/år	2	2	2,5
Regleringsamplitud damm m	0.33	0.24	-
Utbyggnadsvattenföring m³/s	5,5	-	-
Fallhöjd m	10,5	10	-



Figur 34. Billstaåns sträckning mellan Storsjön och Näkten med placering av kraftverk och dammar

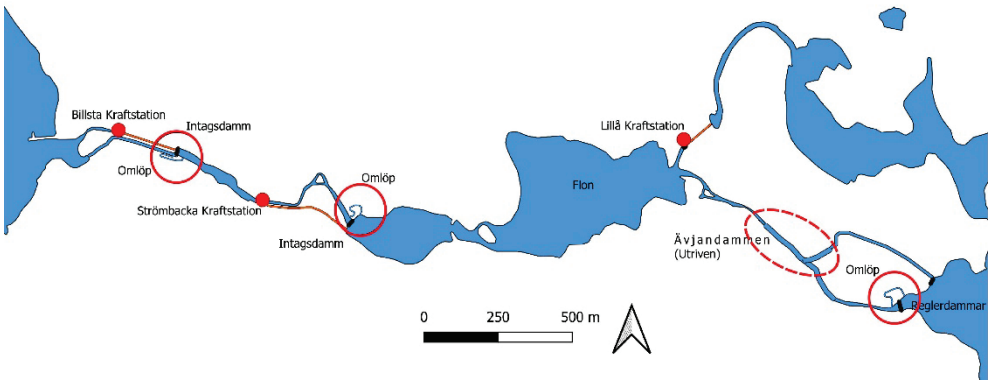
Förekommande fiskarter

Förekommande fiskarter i Billstaån är bland annat abborre, bergsimpa, harr, lake, öring, gädda och mört som fångats vid elfiske (Svenskt elfiskeregister – SERS. 2021). Billstaån nyttjas som lek- och uppväxtområde av uppströmsvandrande harr och öring från Storsjön. Sedan Billsta kraftverk uppfördes 1911 har endast naturfåran upp till Billsta kraftverks intagsdamm varit tillgänglig för uppströmsvandrande fisk från Storsjön. Historiskt har även en storvuxen stam av nedströmslekande öring från Näkten nyttjat Billstaån som lek- och uppväxtområde, men utbyggnaden av ån medförde att förutsättningarna för denna stam helt slogs ut (Länsstyrelsen, 2007).

2.3.1 Beskrivning av fiskapassagelösning

Jämtkrafts projekt ”Förbifart Billsta”, som initierades 2014, var ett delprojekt i ett större naturvårdsprojekt – Triple Lakes – som syftade till att förbättra vattenkvalitén och vattenmiljön i bland annat Näkten. Åtgärdsarbetet i Billstaån avsåg att åtgärda de vandringshinder som orsakats av dammar och därmed tillgängliggöra nya habitat i ån. Syftet och målbilden har varit att stärka ekologiska värden och biologisk mångfald i Storsjön, Billstaån och Näkten. Detta har utförts genom konnektivitetsåtgärder mellan Storsjön och Billstaån samt Näkten och Billstaån där det förekommer upp- och nedströmsvandrande fiskbestånd, framförallt öring och harr (Jämtkraft, 2018). Vid tillståndsprövningen blev Jämtkraft villkorade att förhindra främmande arter och sjukdomsspridning från Storsjön till Näkten, vilket åtgärdades med ett vandringshinder i form av en klack vid Billstaåns utlopp vid Flon. Innan åtgärdsarbetet inom ”Förbifart Billsta” utgjorde samtliga kraftverk och intagsdammar vandringshinder för fisk. Vid Lillåns kraftverk och den norra reglerdammen vid Näkten har ingen passagelösning implementerats inom projektet och utgör således fortfarande definitiva vandringshinder

Projektet har omfattat anläggandet av tre naturlika fiskpassager: Billsta omlöp, Strömbacka omlöp och Näktens omlöp (Figur 35) där den sistnämnda dessutom har en slitsränna i anslutning till omlöpet. De tre omlöpen stod färdiga under 2016 - 2017 och ska möjliggöra passage förbi de intilliggande intags- och reglerdammarna från naturfårorna. Minimivattenföring på 0,4-0,5 m^3/s , som tidigare släpptes till naturfårorna via ytutskov/skibord, flyttades till omlöpen enligt den nya vattendomen (Mål nr M-711-15 Östersunds Tingsrätt) som fastställdes 2016. I Billsta och Näktens omlöp finns fiskräknare installerade sedan 2017 respektive 2019 och i Strömbacka omlöp finns en fiskfälla för uppströmsvandrande fisk sedan 2017. Förutom konnektivitetsåtgärder har en dammutrivning och biotoprestaurering skett vid Ävjandammen (dammutrivningen avhandlas dock ej i denna rapport) (Jämtkraft, 2018).



Figur 35. Billstaån efter åtgärdsarbetet inom ”Förbifart Billsta.” Cirklarna markerar placering av de tre omlöpen och streckad cirkel markerar den utrivna Ävjandammen.

Billsta omlöp

Det ca 170 meter långa omlöpet (Figur 36) är dimensionerat för ett flöde på ca 1,5 m^3/s med en normalvattenföring på ca 0,5 m^3/s och är anlagt vid Billsta kraftverks intagsdamms södra sida. Den totala fallhöjden är drygt 4 meter vilken ger omlöpet en lutning på knappt 2,5 procent.

Figur 36. Omlöpet vid Billsta kraftverk. Överst till höger i bild syns Billsta kraftverk med tuben och dess intag i dammen. Den längsgående stålsponten löper längs med hela omlöpet förutom sträckan närmast utloppet.

Omlöpets utlopp (Figur 37) mynnar i naturfåran, strax nedströms dammens ytutskov, som sedan sträcker sig ca 400 meter innan dess mynning i Storsjön. En teknisk förutsättning vid anläggandet var den stålspont som löper längs med stora

delar av omlöpet, detta då omlöpet svänger i princip 180 grader i en brant slänt (Figur 38). De översta 10 meterna av stålsponten närmast inloppet är avkapad för att bättre kunna reglera ytan automatiskt vid höga vattennivåer, något som tidigare skett manuellt via luckan i dammens ytutskov. Intill den avkapade delen på stålsponten finns även en inloppströskel i betong (1,8 m bred och ca 50 cm djup) (Figur 38) som reglerar flödet vid lägre vattennivåer. I de branta slänterna söder om omlöpet 5000 m^3/s jordmassor bort för att minska lutningen för en bättre släntstabilitet. För att skydda slänten mot errosionsrisk innan växtlighet hunnit etablera sig anlades också en erosionsmatta. Mitt på sträckan installerades 2017 en fiskräknare (Riverwatch, Vaki). På fiskräknarens båda sidor sitter snedställda galler med en spaltvidd på 30 millimeter vars syfte är att förhindra fisk att passera vid sidan av räknaren samt styra in fisk i räknartunneln.

Figur 37. Omlöpets sammanflöde med naturfåran samt kraftverkstuben och utskovet till intagsdammen.

Figur 38 Större delen av omlöpet synbart med utloppet och dammens ytutskov (t.v). Runt den längsgående stålsponten svänger omlöpet ca 180 grader. Strax nedströms gångbron skymtar gallerkonstruktionen där fiskräknaren varit placerad. Den högra bilden visar inloppströskeln utförd i betomg vid intagsdammen samt den avkapade delen av stålsponten.

Strömbacka omlöp

Det ca 120 meter långa omlöpet (Figur 39) är dimensionerat för ett flöde på 0,5 m^3/s och är anlagt vid Strömbacka kraftverks intagsdamms (sjön Flon) norra sida. Den totala fallhöjden är knappt 3,5 meter vilken ger omlöpet en lutning på ca 2,65 procent (justerat för nivåskillnad vid utskovet där fällan vid inmätningen

medförde en fallhöjd på ca 0,4 m). Omlöpets utlopp i naturfåran är beläget endast några meter nedströms dammens fasta ytutskov (Figur 40).

Figur 39 Omlöpet vid Strömbacka kraftverk. Tills vänster syns intaget till kraftverken och det fasta skibordet.

I mitten på sträckan rinner omlöpet genom en vägtrumma där körvägen ovan leder fram till en vändplats vid dammen (Figur 40). Inloppets utskov är utförd i betong och är 1,9 meter bred och ca 0,4 meter djup (Figur 41). Uppströms utskovet, i direkt anslutning till tre ställbara spettluckor för flödesreglering, har en fiskfälla varit monterad (Figur 41). Fällan var konstruerad av aluminium och med en maskstorlek på 20 – 25 placerad på en flat grusbädd. Uppströmsvandrande fisk som fångats i fällan släpptess tillbaka på uppströmssidan i Flon och kunde sedan inte passera nedströms genom omlöpet igen.

Figur 40. Omlöpets utlopp i naturfåran (t.v). Överst till vänster syns dammens fasta ytutskov som spiller vatten vid högflöden. Bakom ytutskovet syns kraftverkets intag från dammen till tuben. Den högra bilden visar mittersta delen av omlöpet med synbara strömkontrollerande block placerade i mitten och kanten av stigrännan. Överst i bild syns vägtrumman och vägbron till vändplatsen..

Figur 41 Utskovet utfört i betong med intagsdammen/Flon i bakgrunden (t.v). Strax nedströms samt i utskovet är strömkontrollerande block placerade. Den högra bilden visar utskovsdelen med tre ställbara spettluckor sett uppströms från Flon där fiskfällan varit placerad.

Näktens omlöp och slitsränna

I anslutning till det drygt 80 meter långa omlöpets översta del övergår omlöpet till en 15 meter lång slitsränna för att hantera den varierande regleringsamplituden i Näkten (Figur 42). Fiskpassagen är dimensionerad för ett flöde på 0,4 m^3/s och är anlagt vid Näktens södra reglerdamm.

Figur 42. Omlöpet vid Näktens södra reglerdamm. Tills vänster syns intaget till kraftverken och det fasta skibordet

Omlöpets fallhöjd är ca 1,2 meter vilket ger en lutning på 1,47 procent. Omlöpets utlopp i naturfåran är beläget strax nedströms reglerdammen (Figur 43). Strax uppströms utloppet rinner omlöpet genom en vägtrumma där körvägen ovan leder till en vändplats i anslutning till reglerdammen och omlöpet. Längre uppströms, mitt på omlöpets sträcka har en fiskräknare (VAKI) varit placerad sedan 2019 (Figur 43).

Den längst uppströms belägna slitsrännan består av totalt 6 bassänger där botten är täckt med natursten. Bassängerna är 2,5 meter långa och två meter breda där slitsöppningarna är placerade på vänster sida sett i strömriktningen (Figur 44). Lutningen varierar beroende på vattennivån i Näkten men var vid mättillfället drygt 8 procent. Vid utskovsdelen vid inloppet reglerar en 0,5 meter bred och ca 2 meter djup (från dammvallen) öppning vattnet till slitsrännan och omlöpet (Figur 44). I och med nivåskillnaden i Näkten anlades även ett utskov med reglerlucka till vänster om slitsrännan för att möta kravet på minimitappningen i omlöpet.

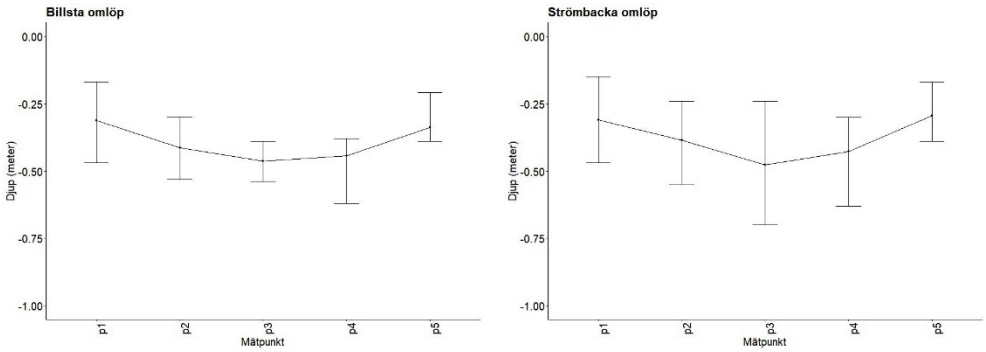
Figur 43. Omlöpets utlopp och sammanflöde med naturfåran (t.v) samt Näktens reglerdamm till vänster. Bilden till höger visar mittersta delen av omlöpet med fiskräknaren som installerades 2019. Till höger syns en vägtrumma som leder under grusvägen som leder till vändplanen i anslutning till reglerdammen och omlöpet.

Figur 44. Slitsrännan som binder samman omlöpet med Näkten (t.v), slitsrännans utskovsdel (mitten) och öppningen till slitsrännan (t.h).

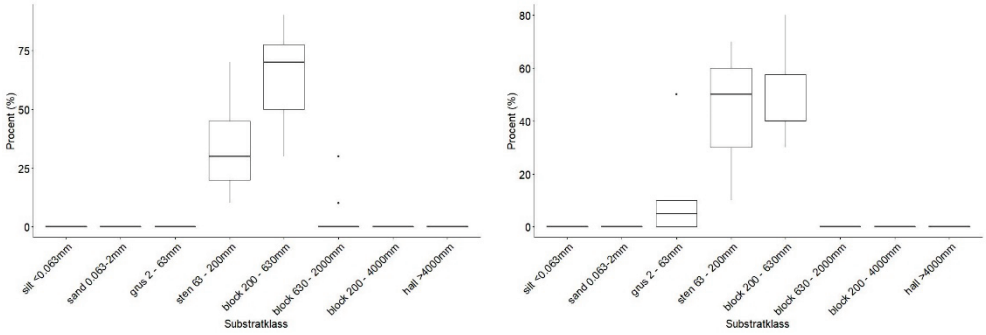
2.3.2 Inmätningar

I september 2020 utfördes kompletterande fältinmätningar i innevarande projekt vid Billsta- och Strömbacka omlöp. Vid båda omlöpen mättes flödet i utskoven och var i Billsta omlöp ca 0,6 m^3/s och Strömbacka omlöp ca 0,43 m^3. Vid båda omlöpen tillkomm ett mindre flöde över den avkapade sponten respektive det fasta skibordet som inte finns med i mätningarna. Medelbredden var för Billsta omlöp 3,3 meter (min 2,5 max 4,6) och för Strömbacka omlöp 3,3 (min 2,9 max 3,8). Medeldjupet var för Billsta omlöp 0,39 meter (maxdjup 0,62m) och för Strömbacka omlöp 0,38 meter (maxdjup 0,7m) där de djupaste partierna återfanns i mitten av fåran (Figur 45). Det vanligaste bottensubstratet i Billsta omlöp var block följt av sten. I Strömbacka omlöp var förekomsten av block och sten jämnt fördelat där

även en liten andel grus återfanns (Figur 46). Bottenheterogeniteten var likartad för de två omlöpen (Billsta SD = 8,19 Strömbacka SD = 8,18).



Figur 45. Tvärsnitt av omlöpets fåra med medeldjup vid fem transekter i Billsta- (t.v) och Strömbacka omlöp (t.h). Spridningsmåttet anger min- och maxdjup för respektive mätpunkt

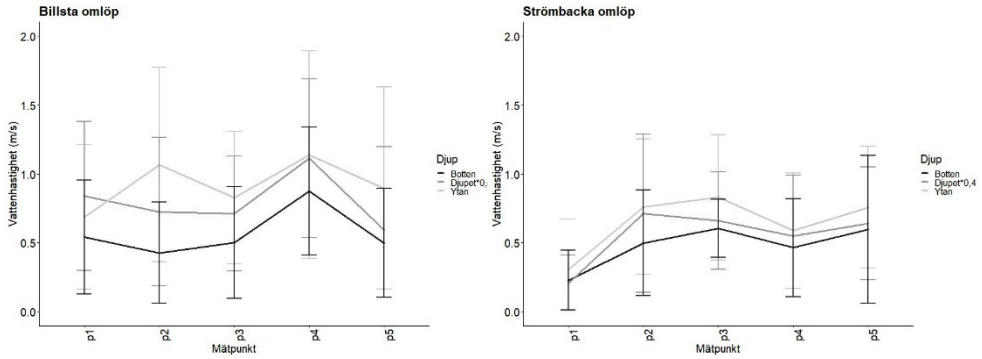


Figur 46. Fördelning (median) av bottensubstrat vid fem transekter i Billsta- (t.v) och Strömbacka omlöp (t.h). Spridningsmåtten anger undre och övre kvartilen samt minimum och maximum.

Vid karteringen av block (>630 mm), vars funktion visuellt bedömdes vara strömkontrollerande strukturer, noterades i Billsta omlöp 55 block mellan 630 – 2000 millimeter varav 26 delvis var över vattenytan. I Strömbacka noterades 59 block varav 28 delvis var över vattenytan samt även ett större block (>2000 mm) (Figur 47). Detta gav en täthet av block större än 630 millimeter i Billsta på drygt 0,35 block per meter (lugnflytande parti exkluderat) och i Strömbacka på 0,5 (sträckan under vägtrumman exkluderat). Blocken i båda omlöpen var likartat placerade, det vill säga oregelbundet både i stigrännans mitt och sidor jämnt fördelat längs med hela dess längd. I Billsta omlöp noterades en ca 15 meter lång vilopool uppströms fiskräknar medan ingen noterades i Strömbacka. Däremot har breddning av fåran utförts för att skapa viloplatser för fisk.

Figur 47. Skiss över Billsta omlöp (t.v) med utloppet överst till vänster och inloppet nederst till höger och Strömbacka omlöp (t.h) med med utloppet till vänster och inloppet till höger med större block (>630 mm) som bedömts som strömkontrollerande strukturer. Vita prickar anger block som under karteringsstillfället delvis stack upp ovan vattenyta och svarta prickar block under vattenytan. Cirkeln i Billsta omlöp anger en lugnflytande sträcka i anslutning till fiskräknaren.

Medelvattenhastigheten var något högre i Billsta omlöp (0,76 m/s) än i Strömbacka omlöp (0,56 m/s) där högsta hastigheten uppmättes till drygt 2 meter per sekund respektive 1,6. I båda omlöpen återfanns högst medelhastigheter vid ytan (Billsta: 0,92 m/s, Strömbacka 0,65 m/s) och lägst vid botten (Billsta: 0,57 m/s, Strömbacka: 0,48 m/s) (Figur 48). Vid samtliga inmätta djup var vattenhastigheten jämnt fördelad sett ur ett tvärsnitt av omlöpet och skiljde sig därmed inte åt beroende på avståndet från stigrännans sidor.



Figur 48. Medelvattenhastighet från fem transekter uppdelat i tre djup i Billsta omlöp (t.v) och Strömbacka omlöp (t.h), sett från ett tvärsnitt där p1 representerar omlöpets vänstra sida och p5 omlöpets högra sida (sett i strömriktningen).

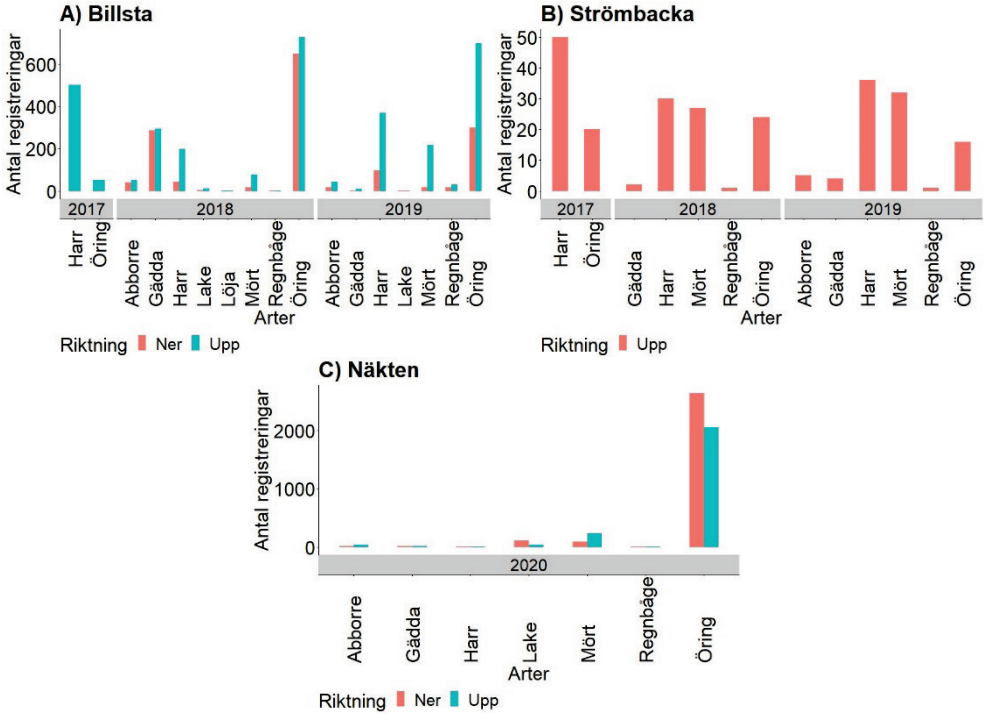
Näktens slitsränna

Flödet genom slitsrännan, och därmed i även i omlöpet, mättes till ett beräknat flöde på 0,34 m^3/s vid mättillfället i september 2020. Längden på de till antalet sex bassängerna i slitsrännan vid Näktens fiskpassage mättes till 2,5 meter långa och en bredd på 2 meter. Djupet var vid mättillfället ca 1,25 meter, men varierar beroende på vattennivån i Näkten. Fallhöjd var vid mättillfället i september 1,2 meter vilket gav en lutning på drygt 8 procent och en medelfallhöjd mellan bassängerna på ca 0,2 meter. Det beräknade energiflödet uppgick till ca 140 W/m^3.

2.3.3 Funktionsuppföljning

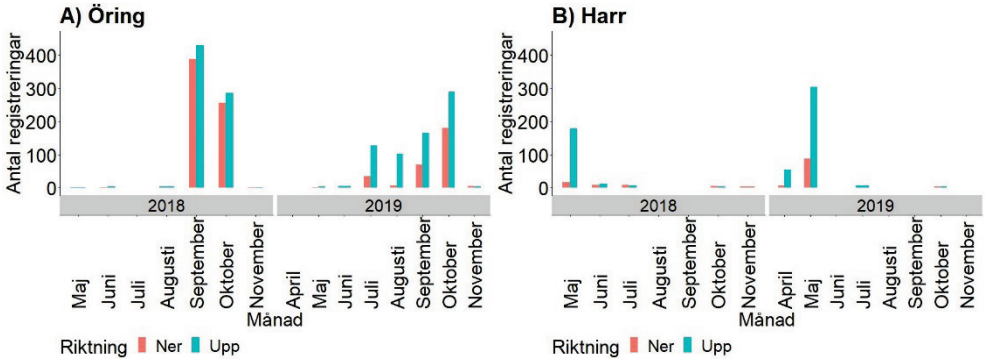
Fiskräknare

Fiskräknaren i Billsta omlöp har varit i drift sedan 2017 och under 2018 – 2019 registrerades fisk mellan månadsskiftena april/maj – november/. Fiskfällan i Strömbacka omlöp har varit i drift runt maj månad samt under augusti – oktober under samma år. Fiskräknaren i Näktens omlöp har varit i drift under 2020 samt 2019 (ej redovisat i denna rapport). Totalt har åtta arter registrerats i omlöpen där de vanligaste arterna att registrerats varit öring och harr (Figur 49). Fiskstorleken i samtliga omlöp har varierat mellan 12 cm (abborre) och 103 cm (gädda).

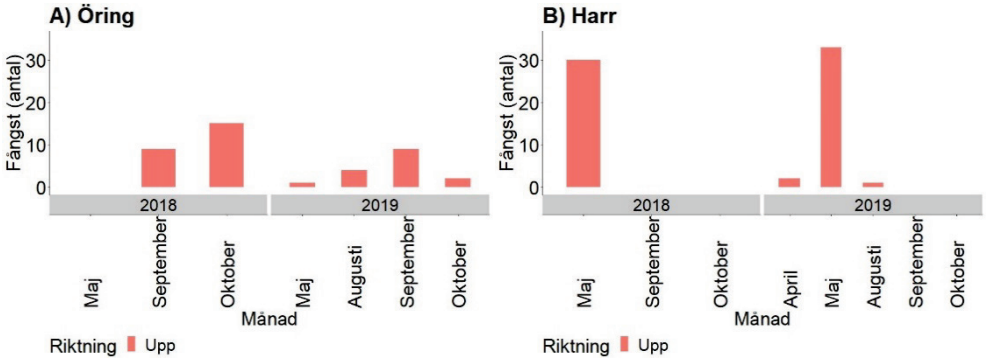


Figur 49. Antal registreringar i fiskräknaren av upp- och nedströmsvandrande fisk i Billsta omlöp (Figur A) och Näktens omlöp (Figur C) samt fisk fångad i fiskfällan i Strömbacka omlöp (Figur B).

Öring och harr i Billsta och Strömbacka omlöp har framförallt registrerats under september och oktober respektive maj månad (Figur 50 & Figur 51). Medellängden för registrerad öring i Billsta var ca 61 cm (min 14 max 98) och för harr ca 45 cm (min 25 max 67). Öring som fångades i Strömbacka var i genomsnitt 49 cm (min 25 max 78) och harr 35 cm (min 28 max 67).



Figur 50. Månadsvis registreringar i Billsta omlöp av upp- och neströmsvandrande öringar (Figur A) och harrar (Figur B) i fiskräknaren under 2018 och 2019.



Figur 51. Månadsvis fångst i Strömbacka omlöp av uppströmscandrande öringar (Figur A) och harrar (Figur B) i fiskfällan under 2018 och 2019.

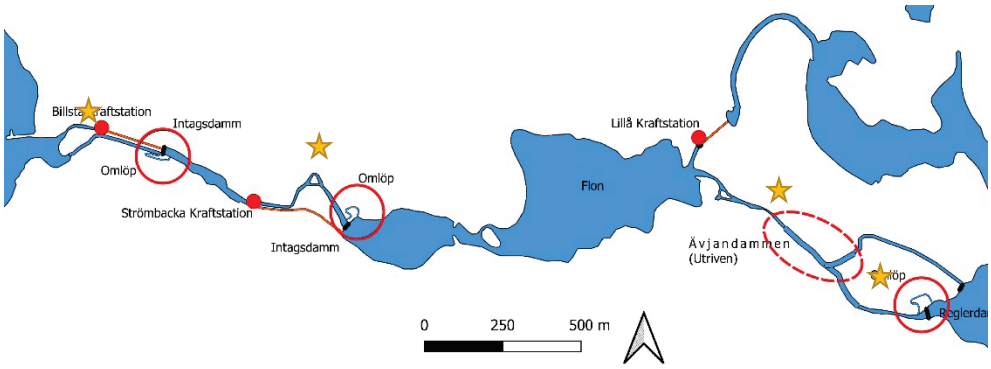
Resultatet av öringregistreringarna i fiskräknarna i Billsta och Näktens omlöp har analyserats ytterligare av Fiskevårdsteknik (2020a & 2020b). Analyserna visar att den stora nettouppvandringen av öring i Billsta omlöp sannolikt orsakats av att mindre fisk (< 55 cm) sannolikt varit överrepresenterade i registreringar. Mindre fisk har sannolikt kunnat passera vid sidan av fiskräknaren nedströms, endera genom gallret eller genom andra öppningar, och på så vis registrerats vid fler tillfällen i uppströms riktning. Som mest beräknas antalet öringar som lekt på sträckan mellan Billsta och Strömbacka uppgått till ca 50 individer.

För att få en bättre bild av det lekvandrande beståndet i Näkten analyserade Fiskevårsteknik även medelstor (40 – 60 cm) och stor (>60 cm) öring i Näktens omlöp. Under perioden registrerades 247 medelstora öringar (138 upp och 109 ned) där samtliga 12 registreringar av stor öring utgjordes av samma individ. Det stora antalet registreringar av öring i Näkten utgjordes sannolikt av mindre öringar som uppehöll sig i omlöpet.

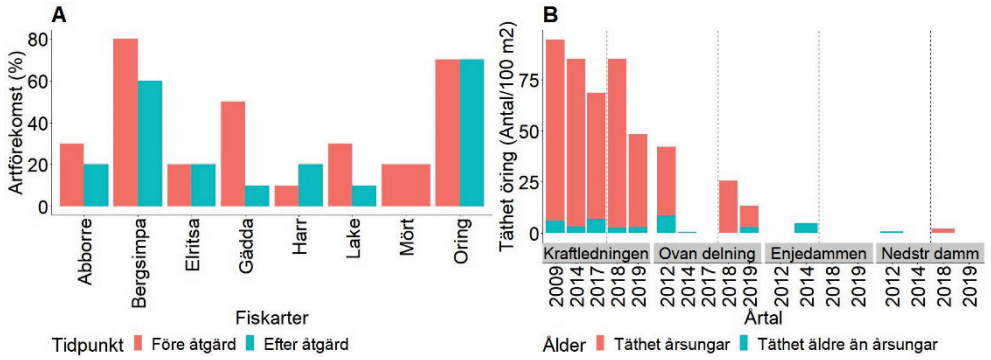
Elfiske

Elfiske har utförts sedan 2009 på fyra elfiskelokaler mellan Storsjön och Näkten där totalt 8 arter fångats (Figur 52 & Figur 53A). Ån uppvisar höga tätheter av öring (median = 85 öringar/100 m^2) i naturfåran nedströms Billsta omlöp och näst högst tätheter (median = 19,5 öringar/100 m^2) återfinns på lokalen mellan Billsta och Strömbacka omlöp (Figur 53B). Resterande lokaler uppvisar låga tätheter, samt

flera år av nollfångst. Ett parat T-test kunde inte visa på någon skillnad i öringtätheter på de fyra elfiskelokalerna innan och efter åtgärd (t = 1.5825, df = 3, p-value = 0.2117). De låga tätheterna av öring i naturfåran mellan Billsta och Strömbacka är svårförklarligt men kan bero på att sträckan av misstag varit torrlagd korta perioder vintertid eller att utskovet frusit igen (Fiskevårdsteknik, 2020a).



Figur 52. Elfiskelokaler (Stjärnor) i Billstaån som fiskats mellan 2009 – 2019.



Figur 53 Artförekomst (Figur A), dvs andel (%) av samtliga elfisketillfällen respektive art fångats vid, samt tätheter av öring (Figur B) på fyra elfiskelokaler mellan 2009 - 2019. Streckad vertikal linje visar tidpunkt för de genomförda åtgärderna i Billstaån.

2.3.4 Kostnader

Kostnaderna har sammanställts med hjälp av Jämtkraft AB och Axel Emanuelsson, Norconsult. Den totala investeringskostnaden för de tre omlöpen och slitsrännan uppgick till ca 14 Mkr fördelat på: Billsta omlöp 4,9 Mkr; Strömbacka omlöp 3,1 Mkr och Näktens omlöp 6,3 Mkr. De löpande årliga kostnaderna uppgår årligen till ca 70 Tkr.

Billsta omlöp

Investeringskostnaden för Billsta omlöp uppgick till cirka 4.9 Mkr och omlöpet har varit i princip underhållsfritt vilket medfört försumbara underhållskostnader. Ingen extra kostnad har tillkommit för produktionsförlust då motsvarande flöde i omlöpet (0.5 m^3/s) släpptes i naturfåran före åtgärd enligt tidigare vattendom. Den enda tillkommande årliga löpande kostnaden är på 50 Tkr och står för drift och skötsel av fiskräknaren samt tolkning av data.

Investeringskostnad

Den största delen av investeringskostnaden bestod av entreprenadkostnader som bestod av (i fallande ordning) spontning längs med hela omlöpets dragning; övriga betydande kostnadsposter såsom ny gångbro, ledningar, trädröjning, kokosväv och återvegetering av slänter och återställningsarbete; schaktarbete i den branta slänten ned till omlöpet med tillfart över åkermarken samt; fyllning av sten i omlöpet. Utöver ovanstående tillkom betongarbete vid utskovsdelen där möjlighet till avstängning finns samt torrläggning i form av fångdamm (jordfyllning). Den slutliga entreprenadkostnaden blev cirka 14 % dyrare än offererat pris vid upphandling av entreprenad och cirka 22 % dyrare än kostnadsuppskattning av entreprenaden i förstudie.

Interna arbetskostnader uppgick till ca 0,3 Mkr och olika utredningar av ca 0,68 Mkr. Drygt hälften av utredningskostnaden bestod av projektering och avser framtagande av byggritningar, kompletterande inmätningar, förfrågningsunderlag, mängdförteckning och entreprenadstöd. Knappt hälften av kostnaden bestod av arbete med tillståndsprocessen och avser juristkostnader och handläggning av MKBn. Tillståndsprocessen utfördes för samtliga tre omlöpen och togs fram genom interna resurser varför kostnaden av Jämtkraft uppskattades som betydligt lägre än vad som kan vara normalt. Resterande utredningskostnad bestod av förstudien och avser fältbesök, inmätningar, framtagning av förslag, ritningar och rapport. Likt tillståndsprocessen innefattade förstudien samtliga omlöp.

Löpande kostnad

Löpande kostnaden är på 50 Tkr och står för drift och skötsel av fiskräknaren samt tolkning av data.

Strömbacka omlöp

Investeringskostnaden för Strömbacka omlöp uppgick drygt 3,1 Mkr och omlöpet har likt Billsta omlöp varit i princip underhållsfritt vilket medfört försumbara underhållskostnader. Ingen extra kostnad har tillkommit för produktionsförlust då motsvarande flöde i omlöpet (0.5 m^3/s) släpptes i naturfåran före åtgärd enligt tidigare vattendom. Den enda tillkommande årliga löpande kostnaden är på cirka 20 Tkr och står för tömning och skötsel av fiskfällan, vilket det lokala fiskevårdsområdet utför.

Investeringskostnad

Den största delen av investeringskostnaden bestod av entreprenadkostnader (ca 2,2 Mkr). En tredjedel av entreprenadkostnaden bestod av anläggandet av betongutskovet. Arbetet innefattade; en utskovsdel med tre spettluckor med möjlighet till avstängning; spontning, både som del av utskovet och som tätningskrage; samt fångdamm för torrläggning vid gjutning. Drygt en tredjedel av kostnaden bestod av övriga kostnader såsom flytt av väg, trumma för vägöverfart och flytt av ledningar med mera. Resterande entreprenadkostnad bestod av schaktarbete och fyllning av stenmaterial i omlöpet. Den slutliga entreprenadkostnaden blev cirka 5 % dyrare än offererat pris vid upphandling av

entreprenad och cirka 10 % dyrare än kostnadsuppskattning av entreprenaden i förstudie.

Interna arbetskostnader uppgick till ca 0,3 Mkr och olika utredningar av ca 0,63 Mkr. Knappt hälften av utredningskostnaden bestod av projektering och avser framtagande av byggritningar, kompletterande inmätningar, förfrågningsunderlag, mängdförteckning och entreprenadstöd. Knappt hälften av kostnaden bestod av arbete med tillståndsprocessen och avser juristkostnader och handläggning av MKBn. Tillståndsprocessen utfördes för samtliga tre omlöpen och togs fram genom interna resurser varför kostnaden av Jämtkraft uppskattades som betydligt lägre än vad som kan vara normalt. Resterande utredningskostnad bestod av förstudien och avser fältbesök, inmätningar, framtagning av förslag, ritningar och rapport. Likt tillståndsprocessen innefattade förstudien samtliga omlöp.

Löpande kostnad

Löpande kostnaden är på 20 Tkr och står för drift och skötsel av fiskfällan samt tolkning av data.

Näktens omlöp och slitsränna

Investeringskostnaden för Näktens fiskpassager uppgick till cirka 6,3 Mkr. Ingen extra kostnad har tillkommit för produktionsförlust då motsvarande flöde i omlöpet (0.5 m^3/s) släpptes i naturfåran före åtgärd enligt tidigare vattendom. Inga löpande kostnader har framkommit.

Investeringskostnad

Den största delen av investeringskostnaden bestod av entreprenadkostnader (ca 5,2 Mkr). Av entreprenadkostnaderna uppgick betongarbetet vid slitsrännan till 1,5 Mkr och bestod av både slitsrännan och en parallell ränna för att uppfylla tappningskraven i vattendomen. Spontning i slitsrännans uppströms ände som fick förankras i berg kostade cirka 0,75 Mkr och cirka 1 Mkr bestod av ny luckreglering. Schaktarbetet kostade drygt en miljon och bestod till största del av bergschakt samt arbete med tätning och dränering på grund av genomsläppligt berg. Övriga betydande övriga kostnader bestod av ny gångbro, valvbåge under väg, ledningar med mera. Resterande entreprenadkostnad (cirka 0,45 Mkr) utgjordes till största del av fyllning av stenmaterial i omlöpet och fångdamm. Den slutliga entreprenadkostnaden blev cirka 24 % dyrare än offererat pris vid upphandling av entreprenad och cirka 70 % dyrare än kostnadsuppskattning av entreprenaden i förstudie. Anledningen till detta var genomsläppligt berg vilket inte var känt under projekteringen.

Interna arbetskostnader uppgick till ca 0,3 Mkr och olika utredningar av ca 0,78 Mkr. Knappt två tredjedelar av utredningskostnaden bestod av projektering och avser framtagande av byggritningar, kompletterande inmätningar, förfrågningsunderlag, mängdförteckning och entreprenadstöd. Knappt hälften av kostnaden bestod av arbete med tillståndsprocessen och avser juristkostnader och handläggning av MKBn. Tillståndsprocessen utfördes för samtliga tre omlöpen och togs fram genom interna resurser varför kostnaden av Jämtkraft uppskattades som

betydligt lägre än vad som kan vara normalt. Resterande utredningskostnad bestod av förstudien och avser fältbesök, inmätningar, framtagning av förslag, ritningar och rapport. Likt tillståndsprocessen innefattade förstudien samtliga omlöp.

Löpande kostnad

Inga löpande kostnader har framkommit i projektet

2.3.5 Diskussion och erfarenheter

Den totala investeringskostnaden för för de tre omlöpen och slitsrännan uppgick till ca 14 Mkr fördelat på: Billsta omlöp 4,9 Mkr; Strömbacka omlöp 3,1 Mkr och Näktens omlöp 6,3 Mkr och har medfört att uppströmsvandrande fisk från Storsjön återigen har möjlighet att passera Billsta och vidare upp till Strömbacka. Dessutom har nedströmsvandrande fisk från Näkten återigen möjlighet att passera Näktens södra reglerdamm och få tillgång till lek- och uppväxtområden i Billstaån. Projektmålet med en ökad konnektivitet i vattensystemet har uppfyllts där framförallt målarterna harr och öring har registrerats i fiskpassagelösningarna i både upp- och nedströms riktning i stor omfattning. De tre omlöpen är av liknande karaktär och följer de riktlinjer för utformning av omlöp avseende lutning, djup och flöde (SLU, 2020) där ca 10 % av Billstaåns medelvattenföring går via omlöpen. Slitsrännan vid Näktens reglerdamm som binder samman omlöpet med Näkten var en förutsättning för att hantera Näktens reglernivå på 1,3 meter och är den tekniska fiskpassage som rekommenderas vid denna typ av förutsättning (Calles m.fl. 2013).

Resultaten från fiskräknaren och fiskfällan i Billsta och Strömbacka visade att uppströmsvandrande harr och öring redan under första året passerade omlöpen och har sedan dess utgjort den största delen av registrerad och fångad fisk. I Näkten har mestadels öring registrerats. Konnektivitet i upp- och nedströmsriktning mellan Storsjön och Billstaån samt Näkten och Billstaån, med utgångspunkt för vandringsbenägna fiskarter, kan konstateras ökat från innan åtgärd till efter. Totalt har sju fiskarter som karakteriseras som vandringsbenägna fiskarter (HVMFS 2019:25) observerats vid fiskräknaren eller fällan, vilket utgör nästan samtliga vandringsbenägna arter i vattensystemet. Analyser av registrerad öring i Näkten och Billsta omlöp visar på att antalet öringindivider som passerar omlöpen är betydligt färre än antalet registreringar i fiskräknarna (Fiskevårdsteknik 2020a & 2020b). Analysen av lekvandrande öring visar att sannolikt maximalt 50 öringindivider har lekt på sträckan Billsta – Strömbacka och samtliga 12 registreringar av stor öring i Näkten utgjordes av samma individ.

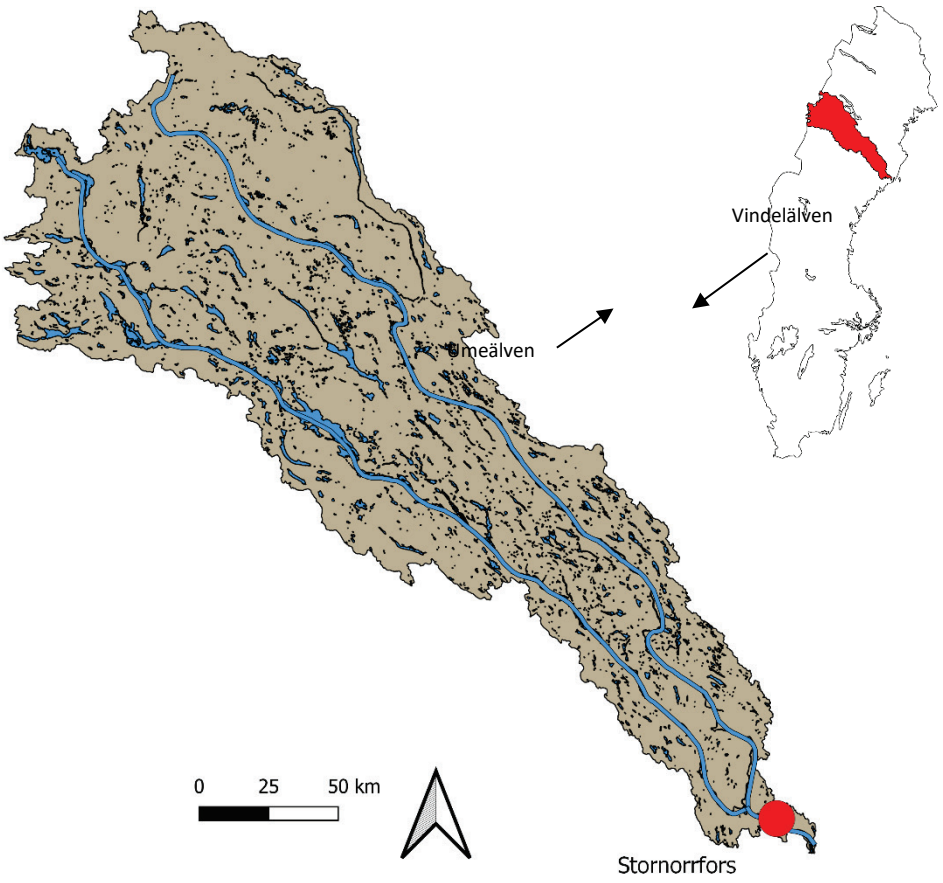
Erfarenhet från fiskvandringen i omlöpen visade på en nettouppvandringen av främst liten till mellanstor fisk i Billsta omlöp. Sannolikt har detta orsakats av att fisk vandrat nedströms vid sidan av räknaren och därmed registrerats i uppströms riktning i större omfattning. Därför har åtgärder föreslagits vid räknarens galler i form av höjning och tätning av gallret samt att även uppströmssidan förses med ledgaller (Fiskevårdsteknik, 2020a). Sannolikt finns även en anlockningsproblematik vid Billsta kraftverks utloppskanal i Storsjön som kan påverka uppvandringen i naturfåran. Periodvis observeras mycket fisk i kanalen

och kraftverket stoppas bitvis under vandringssäsong för att istället locka upp fisken i naturfåran (personlig kommentar: Susanne Handler, Jämtkraft, 2020-09-23). För att utröna de frågetecknen kring fiskvandringen föreslår Fiskevårdsteknik (2020a) att telemetristudier kan utföras för att följa fisken i systemet. Genom en telemetristudie kan man få en förbättrad bild över passage- och attraktionseffektiviteter vid Billstaåns utlopp i Storsjön och omlöpen vilket med nuvarande uppföljning är svårt att utvärdera. En sådan studie skulle även kunna förbättra kunskapsluckorna till varför den ökade konnektiviteten i Billstaån inte resulterat i ökade tätheterna av öring på de fiskade elfiskelokalerna vilket i nuläget är svårförklarat.

Genomförandet av åtgärderna i ”Förbifart Billsta” fortskred i huvudsak enligt tidsplan och enligt rekommendationer för utformning av omlöp och slitsränna avseende lutning, djup och flöde (Calles m.fl. 2013). Beräkningar av energiflödet och fallhöjd i slitsrännan följer rekommendationer för maximala värden (HAV 2021). Slitsrännan är dessutom anlagd med struktur på botten i form av natursten vilket till exempel underlättar passage av svagsimmande arter och små fiskar (Larinier, 2008). Flödesmätningar i projektet visade på ett beräknat flöde mellan ca 0,4 – 06 m^3/s, dvs enligt villkoren för minimitappning. De identifierade kostnadsriskerna var spontningen och slänten i Billsta samt Näktens slitsränna ihop med mycket schaktning av berg där den senare blev betydligt dyrare än budgeterad kostnad. Ingen grundlig markundersökning utfördes här innan åtgärd och nästan hela kostnadsökningen bestod här av bergsschaktning som följd av genomsläppligt berg. Erfarenheter från omlöpen visar att de är relativt underhållsfria och det är sällan rondning vid kraftverken utförs endast vid dessa. (Jämtkraft driftpersonal, personlig kommentar 2021-01-21).

2.4 UMEÄLVEN - STORNORRFORS

Umeälvens huvudavrinningsområde (nr 28) avvattnar ca 26 764 km² och ligger i Västerbottens län (Figur 54). Umeälvens 470 km långa huvudfåra mynnar slutligen i Norra Kvarken, Östersjön, där dess medelvattenföring de senaste 15 åren varit ca 445 m³/s (SMHI). Umeälven är det fjärde största vattenkraftsystemet i Sverige, med ca 10 % av vattenkraftproduktionen, och består av 19 kraftverksanläggningar (Vattenmyndigheterna). Ca 40 km uppströms mynningen i havet mynnar biflödet Vindelälven med en medelvattenföring på ca 190 m³/s, som är länets största vildlaxälv samt en av Sveriges fyra nationalälvar. För att vandra upp till Vindelälven måste dock fisken först passera Stornorrfors kraftstation beläget ca 10 km nedströms Umeälvens sammanflöde med Vindelälven.



Figur 54. Umeälvens huvudavrinningsområde. Den röda pricken markerar Stornorrfors kraftstations läge ca 30 km uppströms utloppet i Östersjön.

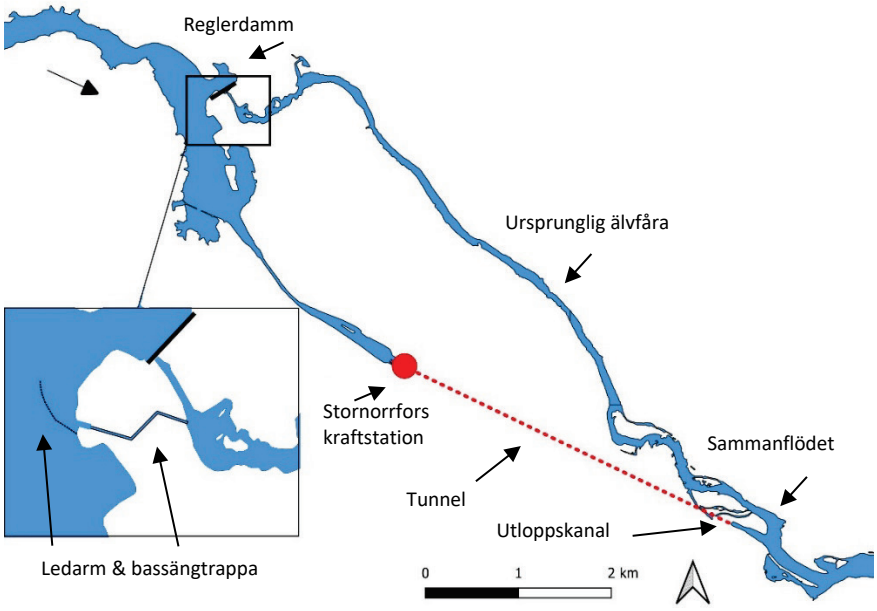
Stornorrfors kraftstation

Stornorrfors kraftstation (Tabell 6) togs i drift 1958 och ersatte Norrfors gamla kraftverk som varit i drift sedan 1926. Kraftverket har näst högst installerad kapacitet och årsproduktion av Sveriges vattenkraftverk och är beläget ca 30 km uppströms Umeälvens utlopp i Bottenviken (Figur 55). Den typiska vattenföringen i Umeälven under perioden 20 maj – 1 oktober är vid Stornorrfors drygt 600 m³/s varav i genomsnitt 552 m³/s leds via en drygt 2 km lång intagskanal och vidare till

turbinintaget och 56 m³/s via den ursprungliga älvfåran (Lundqvist m.fl., 2014). Den maximala vattenföringen genom kraftverket uppgår till ca 1001m³/s. Det vatten som leds genom kraftstationen återförs sedan via en 4 km lång underjordisk tunnel och därefter en 250 m lång och 40 m djup utloppskanal, som grundar upp närmare sammanflödesområdet med den ursprungliga älvfåran. Den ursprungliga älvfåran löper parallellt med intagskanalen och den underjordiska tunneln innan den efter 8 km slutligen når sammanflödesområdet nedströms tunnelutloppet. Minimitappning i älvfåran varierar mellan ca 10 - 50 m³/s under 20 maj – 30 september, vilket delvis nyttjas via ett mindre kraftverk vid reglerdammen (slukförmåga ca 23 m³/s), och resterande delen av året 0,3 m³/s.

Tabell 6. Fakta om Stornorrfors Kraftstation

Stornorrfors kraftstation **Ägare: Vattenfall AB**	
Installerad effekt MW	599,4
Årsproduktion GWh/år	2256
Regleringsamplitud damm m	1 juni – 30 sep 1 m (73:50-75:00) 1 okt – 31 maj 1,5 m (74:00-75:00)
Utbyggnadsvattenföring m³/s	1045
Fallhöjd m	75



Figur 55. Områdeskarta över Stornorrfors kraftstation(röd punkt) och tunneln (röd streckad linje) som leder till tunnelutloppet och sammaflödesområdet med Umeälvens ursprungliga älvfåra.

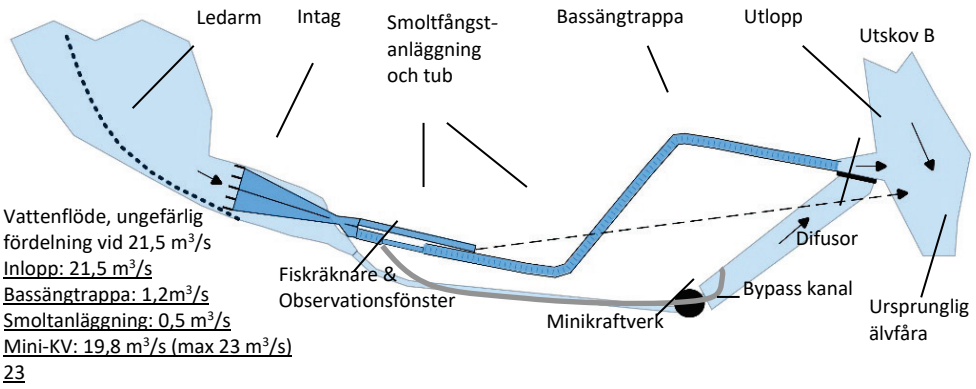
Förekommande fiskarter

Umeälven har beroende på vattenkraften reducerade naturvärden. Den anslutande Vindelälven är däremot klassad som riksintresse för naturvård och utgör ett natura 2000-område och är dessutom en av Sveriges fyra nationalälvar (Länsstyrelsen 2021). I den outbyggda Vindelälven finns lek- och uppväxtområden längs en sträcka av ca 400 km. Laxbeståndet är ansett som ett av landets värdefullaste och

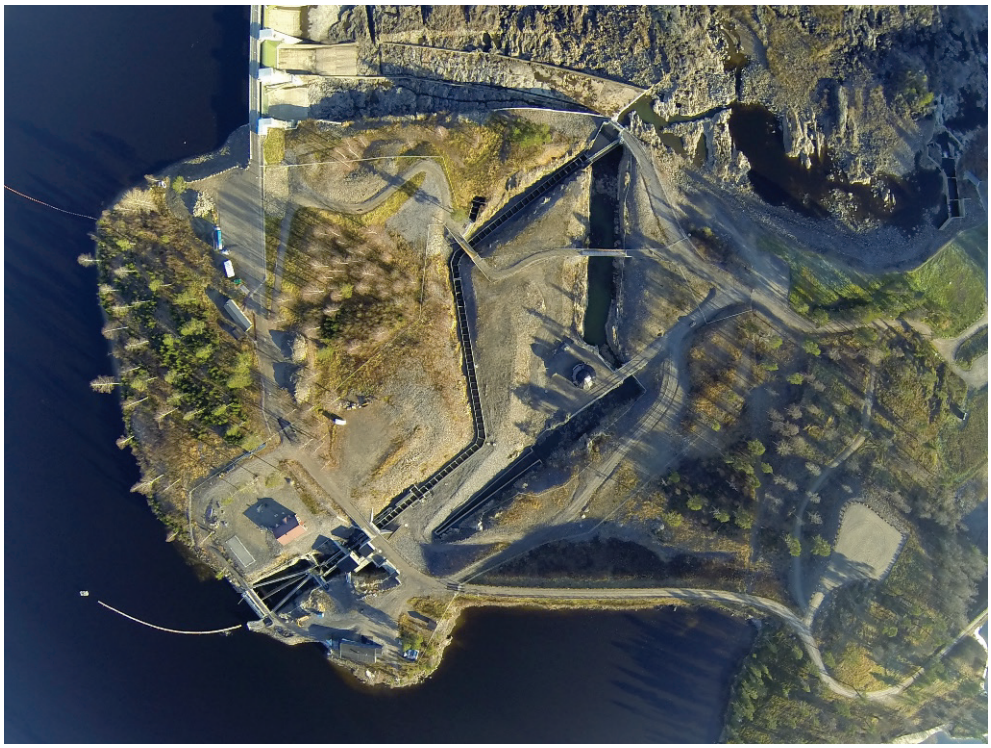
Vindelälven beräknas inneha Sveriges tredje största uppväxtområde för laxfisk (ca 1700 ha). Detta motsvarar en årlig potentiell smoltproduktion på 346 000 smolt där nuvarande produktion uppgår till ca 271 000 smolt/ år (2013). Vindelälven är ett av Sveriges indexvattendrag för lax och öring. Vindelälven utgör även lek- och reproduktionsområde för havsöring och innehar även andra naturvärden som flodpärlmussla och utter.

2.4.1 Beskrivning av fiskapassagelösning

Den nya fiskpassagelösningen i anslutning till kraftverkets reglerdamm togs i bruk 2010 och ersatte den fisktrappa som varit i drift sedan 1960. Fiskpassagelösningen innefattar en bassängtrappa (modell ”half Ice Harbor”) för både upp- och nedströmspassage samt en intilliggande ledarm i intagsdammen som syftar till att leda fisk mot bassängtrappan (Calles et al., 2013) (Figur 56 & Figur 57). Bassängtrappans utlopp är beläget i den ursprungliga älvfåran, 8 km uppströms sammanflödesområdet med kraftverkets utloppskanal. För att öka anlockningen av lekvandrande fisk till den ursprungliga älvfåran vid sammanflödesområdet med kraftverkets utloppskanal tillkommer extra spill via utskovslucka B, placerad närmast bassängtrappans utlopp vid dammen, enligt ett årligt tappningsschema under vandringssäsong. Enligt schemat ska det totala flödet i älvfåran vanligtvis uppgå till runt 20 m³/s för att under kortare perioder öka till mellan 50 – 70 m³/s. Syftet med åtgärderna är att öka konnektiviteten förbi Stornorrfors kraftstation och möjliggöra passage av lekvandrande lax och öring till lek- och uppväxtområden i Vindelälven. Nedströmsavledningen syftar till att underlätta keltens och smoltens nedströmsvandring genom att avleda fisken till en säkrare passageväg jämfört med turbinintaget, där dödlighet på ca 12 % för smolt och mellan 56 - 81 % för kelt (Vikström m.fl., 2020; Östergren, 2006) observerats.



Figur 56. Översiktlig skiss över Stornorrfors fiskpassageanläggning



Figur 57. Fiskpassagelösningen vid Stornorrfors reglerdamm med ledarm och bassängtrappa med dess utlopp i den ursprungliga älvfåra, strax nedströms utskovet från utskovslucka B (Foto: Vattenfall AB).

Bassängtrappa

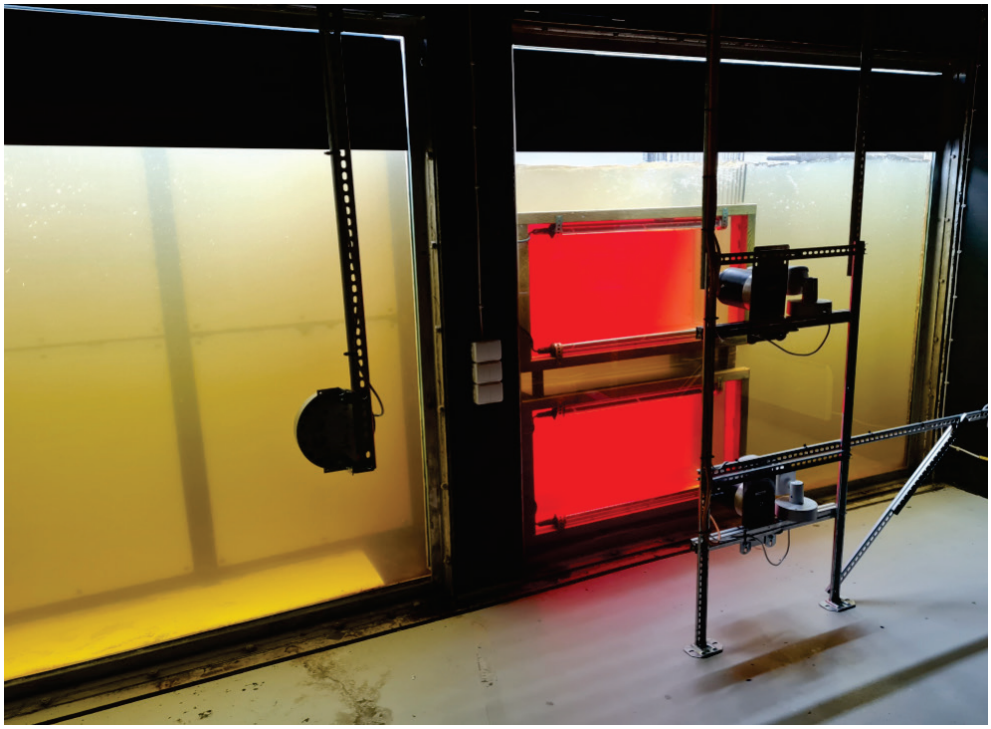
Utformningen av bassängtrappan har beskrivits i en rad rapporter (Lundqvist 2014; Leonardsson m.fl. 2013 och Leonardsson 2021) och är i drift under 20 maj – 30 september. Fiskpassagen består i stora drag av tre delar som fisken behöver passera: Difusorn, bassängtrappan och intaget som tillsammans utgör en total längd på 350 m (Figur 56). Anläggningen har konstruerats för ett maximalt vattenflöde på ca 23 m^3/s där ca 1,2 m^3/s rinner via bassängtrappan och ytterligare ca 0,5 m^3/s via den intilliggande smoltfångstanläggningen. Huvuddelen av vattnet (10 – 23 m^3/s) skiljs av vid bassängtrappans inlopp via två perforerade väggar (5mm öppningar) där vattnet leds vidare till ovan nämnda minikraftverk. Vattnet återförs sedan till fiskpassagen via difusorns botten som består av perforerad plåt (20 mm öppningar) samt ett galler med 30 mm spaltvidd (Figur 58). Vid tillfällen då minikraftverket av någon anledning är ur drift leds vattnet istället runt detsamma via bypass kanalen och säkerställer således tillgången på lockvattet. Vid difusorn sammanströmmar vattnet med bassängtrappans vatten, innan det lämnar fiskpassagen via dess utlopp i den ursprungliga älvfåran, strax nedströms utskovet från lucka B (Figur 58). Därmed skapas ett lockflöde vid fiskpassagens utlopp till den ursprungliga älvfåran för uppströmsvandrande fisk.

Figur 58. Difusorns utlopp till den ursprungliga älvfåran under ett tömningstillfälle (t.v) och i drift med ansamling av fisk 2013 (övre t.h) samt det modifierade golvet med perforerad plåt och galler där vattnet från minikraftverket förs tillbaka till fiskpassagen (nedre t.h).

Från difusorn kan fisken därefter simma vidare in i bassängtrappans nedre fack och vidare upp mot bassängtrappans inlopp (Figur 59). De två nedersta facken skiljer sig mot resterande i och med att de är modifierade för att optimera anlockningen från difusorn till trappan. Mellanväggarna är i dessa två borttagna och ersatts med en justerbar överfallslucka där facken samtidigt, för att undvika att vattnet bräddar över med det justerbara överfallet, höjts 0,7 m mot den ursprungliga designen. Modifieringarna i de nedersta facken har medfört flödeshastigheten kring 3-5 m/s in i difusorn, vilket är betydligt högre än hastigheter innan modifieringarna. Bassängtrappan är ca 275 meter lång och består av 77 bassänger (3,5x3,0x1,9 m) med en total fallhöjd på ca 22 m, vilket motsvarar en medellutning på ca 8 % (Figur 60). Bassängerna är konstruerade med både bottenhål och överfallsöppningar, belagda med plastmassa för att minska slitage på fisken när den passerar, och saknar vilopooler. I trappans insteg samt i tre bassänger mellan trappans utlopp och strax nedströms fiskräknaren finns fasta PIT- antenner (Passive intergrated transponder) monterade i både överfallen och bottenhålen för att registrera PIT-märkt fisk. Inom monitoringsarbetet för indexvattendrag märks årligen ca 4000 odlade och 500 – 3000 vilda laxsmolt. I trappans övre del finns ett observationsfönster där också två modifierade fiskräknare (VAKI, Island) finns monterade Figur 61).

Figur 59. Bassängtrappans utlopp till difusorn vid ca 50 m³/ s spill med minikraftverkets utloppskanal till vänster (t.v) och bassängtrappans nedersta fack med den justerbara luckan med en tidigare lösning med öppning mitt i (t.h). I nuvarande lösning har den justerbara luckan sänkts ytterligare, och har på så vis istället skapat ett överfall på ca 30 cm in till difusorn och en vattenhastighet på lockströmmen på ca 3 – 5 m/s.

Figur 60. Bassängtrappans, modell ”half Ice Harbor”, övre del med bassängkonstruktioner med både bottenhål och överfallsöppningar.



Figur 61. De två modifierade fiskräknarna med räknartunnlar och kameror monterade utanför observationsfönstret i Stornorrfors under 2021 års vandringssäsong.

Intaget till trappan, som även fungerar som intag till minikraftverket, är 45 meter långt, 16,5 meter brett och har 4 intagsluckor och totalt 5 rensrobotar fördelat på luckorna, de perforerade väggarna och vid bassängtrappans inlopp. (Figur 62). De två perforerade väggarna, som har till uppgift att hindra fisk att simma ner i minikraftverket, leder till bassängtrappans översta steg.

Figur 62. Intaget till trappan och minikraftverket (t.v) samt de snedställda perforerade väggarna, nedströms intagsluckorna, med rensanordningen av borst (t.h). Vid bassängtrappans översta steg leds fisken vidare uppströms mot luckorna.

Efter att trappan tagits i bruk har en rad åtgärder för att förbättra dess anlockning och passageeffektivitet utförts, men även åtgärder för att underlätta driften av

anläggningen. De många ombyggnationerna har lett till omfattande omprogrammering i styrsystemet för anpassning till de nya förutsättningarna.

Difusorns golv, som ursprungligen bestod enbart av perforerad plåt med 20mm öppningar, har modifierats under anläggningens andra år i drift som följd av att skräp som förts med vattnet via minikraftverket ansamlats under golvet under första året i drift. Detta medförde begränsningar i flödet genom difusorn, och därmed lockflödet, och fiskpassagen var tvunget att tillfälligt tas ur drift för att kunna rensa bort skräpet. Delar av golvet närmast utloppet modifierades därefter med ett galler med 30 mm spaltvidd än hålplåten som lättare släpper igenom det skräp som förekommer. Även tätningar i konstruktionen vid intaget genomfördes för att förhindra läckage av skräp till difusorn.

Inför vandringssäsongen 2014 påbörjades modifieringar av luckan vid bassängtrappans nedersta fack då man föregående år observerat stora ansamlingar av fisk i difusorn. Mellanväggarna har i dessa två tagits bort under första året i drift och ersatts 2014 med en justerbar överfallslucka. Fackens väggar har samtidigt, för att undvika att vattnet bräddar över med det justerbara överfallet, höjts 0,7 m mot den ursprungliga designen vilket resulterat i flödeshastigheter på 3-5 m/s in i difusorn. Inga åtgärder har därefter vidtagits i bassängtrappan uppströms de nedersta facken, men modifieringar i anslutning till fiskräknarna har utförts vid återkommande tillfällen. Modifieringarna har framförallt utförts på intilliggande galler, för att underlätta skräphantering och effektivare styra fisk mot fiskräknarna, och själva fiskräknarna med dess placering och utformning. Ombyggnationer och justeringar av avelfångstanläggningen har också utförts.

I intaget har en rad ombyggnationer utförts som i huvudsak har med hantering av skräp att göra. Utöver tätningar av konstruktionen har omfattande ombyggnationer av rensanordningar utförts, bland annat rensanordningen vid de snedställda hålplåtarna där nylonskraporna ersatts med borstar. För att lyfta luckorna vid intaget har också en telfer monterats då den ursprungliga lösningen med mobilkran var mycket besvärlig.

Utöver ovan beskrivna åtgärder har man även jämnat till utskovsgolvet vid lucka B, som används i samband med spill, med syfte att förhindra fisken att simma upp i och trötta ut sig vid utskovet. En rad andra områden i den ursprungliga älvfåran har också åtgärdats under de senaste åren för att underlätta för uppströmsvandrande fisk.

Nedströmsavledare

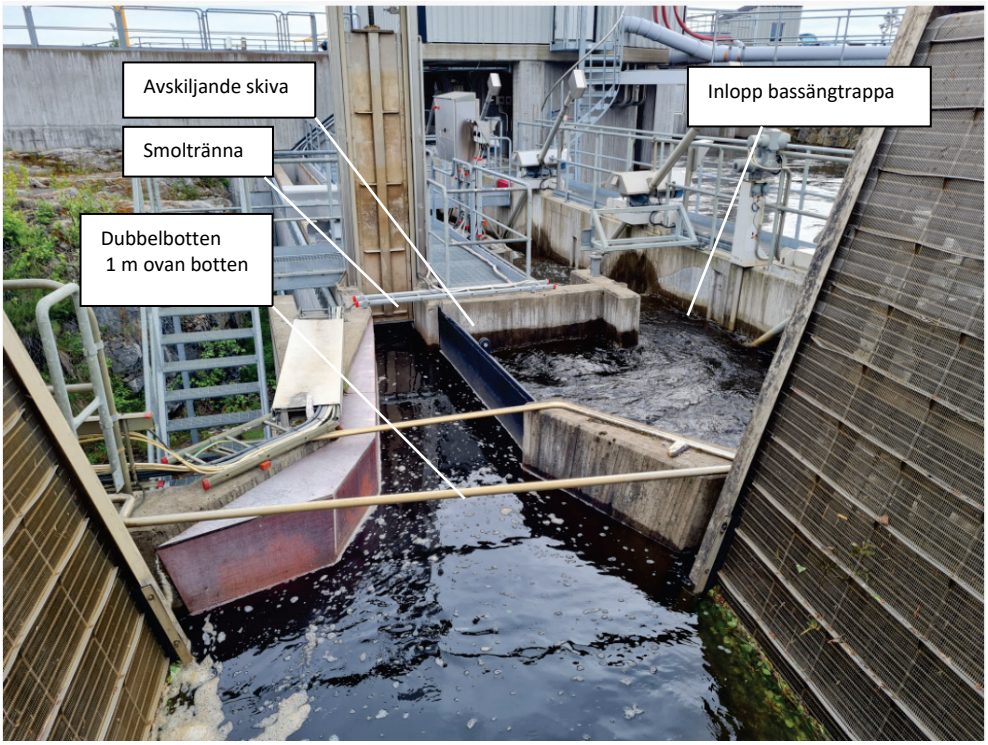
Under 2010 installerades den 110 m lång flytande ledarmen på uppströmssidan av Stornorrfors reglerdamm (Figur 63, Lundqvist m.fl. 2014). Ledarmen består av 22 sammansatta segment som är 5 m långa och 2 m höga (sträcker sig ned till ett djup på 1,8 m) med en konstruktion av ett skelett i rostfritt stål klätt med impregnerade träplank längs långsidorna. Invändigt är segmenten fyllda med cellplast (flytmaterial) och ballast i stål med syfte att hålla dem i vertikal position. Segmenten är sammankopplade med en vajer i dess underkant som löper från intaget till bassängtrappan och vidare i uppströms riktning till ett betongfundament på älvens botten. Mellan det yttersta segmentet och betongfundamentet löper vajern via en flotte vars syfte är att hålla vajern på ca 2 m

djup och skapar därmed en ytlig strömbildning med syfte att avleda fisken mot intaget.

Figur 63. Ledarmens slutliga konstruktion (båda bilderna) med avslutande del vid intaget där segmenten är sammansatt med en vajer som via den längst uppströms utplacerade flotten löper till ett betongfundament förankrat i botten. Den vänstra bilden är från försommaren 2021, och den högra från dess första tid i drift.

Intaget består av fyra intagsluckor med intagsgaller på 200 mm spaltvidd (Figur 64). Längre nedströms i intaget, i anslutning till de två perforerade väggarnas nedströmsändar, leds fisken därefter vidare mot den ursprungliga älvfåran via endera bassängtrappan eller via en parallellt placerad smoltränna till en smoltfångstanläggning som är i drift under smoltvandringsperioden (Figur 65). För att avleda smolt till fångstanläggningen avskiljs inloppet till bassängtrappan och smoltrännan åt med en ytligt placerad skiva samt en dubbelbotten placerad en meter ovan botten. (Figur 65). Den undre öppningen leder fisken till bassängtrappan och den övre till smoltrännan med ett flöde på ca 0,5 m^3/s. I fångstanläggningen, som också nyttjas för fångst vid märkning av smolt, kan därefter smolt slussas vidare via ett rör vars utlopp är placerat i området strax nedströms fiskpassagens utlopp i den ursprungliga fåran (Figur 66).

Figur 64 Intagsluckorna till trappans intag under försommaren 2021 (t.v) och med ansamling av skräp/drivgods (t.h) (foto Vattenfall).



Figur 65. Inloppet till bassängtrappan och smoltrännan som avskiljs av den ytligt placerade skivan och den nedsänkta dubbelbotten en meter ovan botten uppströms trappans översta steg. Till vänster och höger i bild syns två rensrobotar/transportörer.

Figur 66. Smoltfångstanläggning (t.v) och avledningsrörets utlopp i ursprungliga älvfåran strax nedströms difusorn (t.h).

Efter att ledarmen först tagits i drift 2010 har en rad modifikationer utförts som huvudsakligen har med dess flytförmåga att göra. Injusteringen av segmentens flytkraft har varit en tidskrävande process med flöden som varierar mellan år. De första åren i drift skadades samt brast vajern vid ett flertal tillfällen vilket orsakats av att ledarmen periodvis tryckts under vattenytan till följd av reducerad flytförmåga och höga flöden. Åtgärder för att öka och balansera ledarmssegmentens flytförmåga har efter händelserna utförts i omgångar.

Säsong 2010

Ledarmen tas i drift i maj och är i drift fram mot hösten då dess flytkraft sjunker och vajern skadas, vilket resulterar i upptagning och ombyggnad.

Säsong 2011
Ledarmen förses med ny vajer och är i drift under hela säsongen med ett maximalt flöde i älven på ca 800 m³/s. Ledarmen vinterförvaras under detta år nedfälld under vattenytan och istäcket vilket var den ursprungliga planen för vinterförvaring.

Säsong 2012
Ledarmen fälls upp från sitt vinterläge i början på maj, varefter en mindre skada på vajern observeras. Några veckor senare brister vajern och ett reparationsarbete påbörjas, vilket åter får ledarmen på plats. Ledarmen är i drift fram till juni då höga flöden (>800 m³/s) resulterar i att ledarmen börjar pendla upp och ner genom vattnet. Den 8e juni lossnar ett av elementen och 14e juni monteras extra flytelement på ledarmen för att motverka svängningarna. Vajern brister återigen den 14e juni och ledarmen får återigen, likt 2010, tas upp för ombyggnad samt justering av elementens flytkraft.

Säsong 2013 och framåt
En ny vajer monteras och ledarmen har därefter, men den modifierade flytkraften på segmentens nedströmssida, tekniskt fungerat som avsett upp till maxflödet på ca 1000 m³/s. Bland annat har extra flytelement monterats samt funktion för att justera ballasten under drift, för att motverka tiltning utförts. Ledarmen vinterförvaras från och med detta år på plats i vattnet.

Sammanfattningsvis består underhållet av fiskavledaren i huvudsak av tillsyn, rensning av drivgods, byte av flytelement och vajer, övrigt underhåll, återkommande dykbesiktning och justering av intagsluckor i förhållande till flöde. Utläggningen av ledarmen efter vinterförvaringen på land som följd av reparationsarbeten har varit resurskrävande och tidsbegränsad beroende på den korta tiden mellan islossning och vårflod och dessutom krävt låga flöden. Endast ett fåtal entreprenörer har kunnat utföra monterings- och reparationsarbetet. Förutom justeringsarbetet av ledarmen krävs tidvis ett omfattande arbete med att rensa skräp och drivgods vid intagsluckorna och de snedställda perforerade väggarna. Vid ledarmens nedströmsände, vid intaget till trappan, har också en lucka (av fyra) stängts för att öka vattenströmningen genom gallren. Detta då det skett observationer av större mängder av smolt som tvekat vid passage av intagsgrindarna. Efter att denna lucka stängts observeras högre vattenhastigheter genom intagsgallrena och färre smolt på platsen. Även för smoltfångstanläggningen har det skett ombyggnationer och modifieringar. T.ex. är montaget av tuben en modifikation för att leda fångsten från fångbassängen direkt till älvfåran för att minska predationen och dubbelbotten vid bassängtrappans intag tillkom för att motverka att smolten leds mot trappan.

2.4.2 Inmätningar

Bassängtrappa

Inga kompletterande inmätningar skedde inom projektet. Vid tidigare mätningar i bassängtrappan har flödet mätts till ca 1,1 m³/s och vattenhastigheter i överfall och bottenhål till i genomsnitt 1,9 m/s respektive 1,4 m/s (personlig kommunikation Kjell Leonardsson, 2021-05-19).

2.4.3 Funktionsuppföljning

Uppströmspassage

Leonardsson med flera (2013) visade att den totala passageeffektivitet för radio- och PITmärkt - vildlax från Umeälvens mynning upp genom den nya bassängtrappan uppgick till 52 % under 2012 - 2013. Vid en jämförelse med tidigare telemetristudier (Rivinoja 2005, Lundqvist m.fl. 2008, Rivinoja m.fl. 2009 & Rivinoja m.fl. 2012) som genomförts innan installationen av den nya fiskpassagelösningen, samt vandringsförbättrande åtgärder i den ursprungliga älvfåran, var den totala passageeffektiviteten efter åtgärderna ungefär dubbelt så hög som före åtgärderna (Tabell 7). Den totala passagetiden från mynningen till genomförd passage av bassängtrappan var 2012-2013 ca 27 dygn, vilket motsvarar 10 – 14 dagar kortare passagetid än i tidigare studier. Studien identifierade tre områden med långa vandrings- och uppehållstider: Sammanflödesområdet, Baggböleforsen och difusorn. Störst skillnad mellan studierna före och efter åtgärder i den ursprungliga älvfåran observerades uppströms sammanflödet vid Baggböleforsen där nästan dubbelt så hög andel lax passerade under 2012 – 2013 jämfört med tidigare år där dessutom passagetiden var lägre. I området kring bassängtrappans utlopp, det vill säga difusorn och de övre delarna av älvfåran, observerades ett bortfall på 33 av kvarvarande fisk. Till största delen förekom bortfallet i anslutning till difusorn där omkring 50 % av de kvarvarande individerna som inte passerade trappan föll bort.

Tabell 7. Andel av PIT- och radiomärkt lax som registrerats vid respektive område från Umeälvens mynning till dammen i Norrfors och passage av bassängtrappan under 2012 – 2013 samt i referensstudier utförda före nya bassängtrappan (Leonardsson m.fl. 2013).

Område	Avstånd (km)	Studie 2012-2013 (%)	Referensstudier år-år (%)
Umeälvens mynning	0	100	100
Sammanflödet	22,8	89	80
Baggböleforsen	23,8	88	76
Kungsmo	30,6	79	40
Difusorn	31,3	75	-
Passage bassängtrappan	**31,6**	**52**	**25**

En senare studie av Leonardsson med flera (2021) visade att de åtgärder som påbörjades 2014 vid difusorn och bassängtrappan har haft en positiv effekt på anlocknings- och passageeffektiviteten av desamma. Åtgärden med att öka strömhastigheten från bassängtrappans sista steg in i difusorn har ökat anlockningen till bassängtrappan till minst 92 %, vilket kan jämföras med 70 % före åtgärd 2013. Även uppehållstiden inne i difusorn har minskat betydligt från en mediantid på drygt 11 dygn till 8 timmar. Passageeffektiviteten i bassängtrappan har varit över 95 % under senare år under flera år med en passagetid på under fyra timmar (median). Laxen i Umeälven har under senare år konstaterats ha hälsoproblem , vilket har försvårat utvärderingen av bassängtrappan. De resultat som presenteras kommer från de år då laxhälsoproblemet varit minst påtagligt.

Nedströmspassage

Vid ledarmen, i anslutning till bassängtrappans intag, indikerar försök med PIT-märkt smolt 2013 en avledningseffektivitet på ca 4,5 % (Lundqvist m.fl., 2014). Den största andelen av smolt som registrerades i trappan gjorde så inom 1 – 2 dygn efter fångst,- och återutsättning, i en ryssja vid Vindelälvens utlopp i Umeälven, ca 15 km uppströms Stornorrfors. Hela smoltutvandringssäsongen utvärderades dock inte på grund av för höga flöden i Vindelälven för smoltryssjan i samband med vårfloden. Analysen indikerar även att höga spill- och turbinflöden troligtvis hade en positiv inverkan på ledarmens avledningsförmåga.

Bassängtrappans funktion för nedströmspassage av smolt och vuxen lax har utvärderats av Leonardsson m.fl. (2021). Smolt visade sig passera trappan snabbt på en mediantid av 1,3 dygn och med en beräknad passageeffektivitet på 85 – 90 %, men osäkerheter i tolkning av data gör denna siffra svåruppskattad. Bortfallet bestod sannolikt av predation av måsfåglar i trappan. Lekvandrande individer av lax, s.k fallbacks som vandrat ned i trappan igen efter uppströmspassage, har använts för att analysera passage för vuxen fisk då endast en märkt kelt passerat trappan. Medianpassagetiden var för dessa 2,8 timmar och inget bortfall kunde påvisas, det vill säga en passageeffektivitet på 100 %. Den enda märkta kelten som passerade trappan gjorde så på 1,6 timmar.

2.4.4 Kostnader

Kostnaderna har sammanställts med hjälp av Vattenkraft AB. Den totala investeringskostnaden för bassängtrappan uppgick mellan 2007 – 2014 till 180 Mkr och inkluderar byggnationen av den nya fisktrappan, intaget (31 Mkr), mekanisk utrustning (41 Mkr) med mera. Nedströmsavledarens investeringskostnad uppgick under samma period till ca 33 Mkr och inkluderar ledarmen och smoltfångstanläggningen. I kostnaden finns även drift och underhåll inräknat då detta inte redovisats separat. Under senare år ökade kostnaderna för de båda åtgärderna ytterligare och uppgick därmed totalt under 2007 – 2019 till 183 respektive 40 Mkr.

Investeringskostnaden för åtgärderna i den ursprungliga älvfåran som huvudsakligen skedde 2012 uppgick till 14 Mkr fördelat på Laxhoppet (6 Mkr), övre Kungsmofallet (6 Mkr) och nedre Baggböleforsen (8 Mkr).

Löpande kostnad

Den årliga driften av hela fiskpassagelösningen bedöms som relativt kostsam (Lundqvist, 2014) men inom detta projekt har ingen siffra erhållits. Drift och underhåll inkluderar bland annat tillsyn, rensning av drivgods, återkommande dykbesiktningar, justering av intagsluckor samt byte och reparation av ledarmens segment och vajer.

2.4.5 Diskussion och erfarenheter

Åtgärderna med bassängtrappan och ledarmen vid Storrnorfors är i nuläget de mest omfattande storleksmässigt i Sverige där investeringskostnaden uppgått till 180 respektive 33 Mkr. Bassängtrappan möjliggör passage av lekvandrande lax och

öring förbi Stornorrfors kraftstation till lek- och uppväxtområden i Vindelälven. Ledarmen syftar till att underlätta keltens och smoltens nedströmsvandring och avleda fisken till en säkrare passageväg jämfört med turbinintaget. Åtgärdsarbetet och uppföljningsstudierna i Stornorrfors illustrerar behovet av förbättringsåtgärder av nya fiskpassageanläggningar för förbättrad funktion, något som även beskrivits av Calles med flera (2013).

Passageeffektiviteten i bassängtrappan har visat sig vara hög för uppströmsvandrande lax. De åtgärder som utförts 2014 för att förbättra anlockningseffektiviteten in till bassängtrappan från difusorn har resulterat i högre passageffektivitet och lägre uppehålls- och passagetid. En utvärdering av total passageeffektivitet från sammanflödesområdet till uppströms Stornorrfors för lekvandrande lax har dock inte studerats efter modifieringarna på grund av laxens hälsoproblematik under senare år. Vid en jämförelse av den totala passageffektivitet för lax innan modifieringarna var den något lägre än vad som observerats för salmonider vid andra fiskpassagelösningar (Noonan m.fl., 2012).

Bassängtrappan är av typen ”half ice Harbor” och dess 77 bassänger är konstruerade med liknande dimension samt med överfall och underströmsöppningar, vilket främst rekommenderas för passage av enbart lax och stor öring (Calles m.fl., 2013). Bassängtrappan är inte konstruerad med vilopooler, något som annars rekommenderas så att fisken kan återhämta sig (ICPDR 2013). Anledningen till detta är erfarenheter av ”köbildning” av fisk som uppehåller sig längre perioder i fiskvägen. Flödet vid bassängtrappans utlopp och vid sammanflödesområdet följer de rekommendationer om minst 5 % av medelvattenföringen vid vandringssäsong (Calles m.fl., 2013). I den ursprungliga älvfåran utförs även s.k klunkning för att förbättra anlockningen vid sammanflödesområdet, som är förknippat med långa vandrings- och uppehållstider, där flödet ökar upp till 50 m^3/s under kortare perioder.

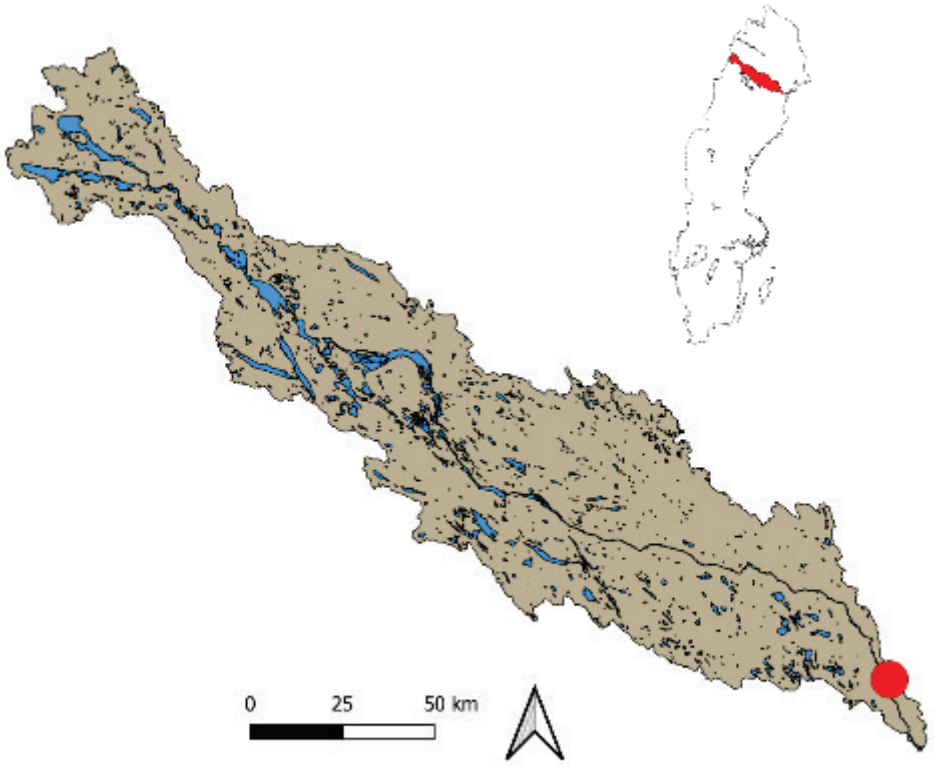
Ledarmen har visat sig ha en avledande funktion på 4,5 % för smolt och uppnår därmed inte de uppsatta målen om avledning av 75 % av den vilda smolten samt 50 % av kelten (Lundqvist m.fl., 2013). Trots den låga avledningseffektiviteten underlättar nuvarande upplägg med smoltfångstanläggning fiskkontroll inom Index-vattendraget Vindelälven/Umeälven. Bassängtrappans funktion för nedströmsvandrande smolt visade på en kort passagetid (median 1,3 dygn) där dödligheten, sannolikt orsakad av predation av måsfåglar, uppgick till uppskattningsvis 10 – 15 %. Passage genom smoltfångstanläggningen och anslutande tub har inte utvärderats, men anlades för att underlätta smoltens nedströmsvandring. Analyser av flöden och strömningar runt ledarmens område föreslår att ledarmen bör förlängas 40 m för förbättrad funktion.

Erfarenheter från anläggningsarbetet och drift av anläggningen visar att det både är kostsamt och svårt att arbeta i denna typ av fiskpassagelösningar, där flera försvårande omständigheter har varit svåra att förutse. Svårigheter har uppstått vid anläggandet av fiskpassagen, t.ex. genomsläppligt berg vid anläggandet av fångdammar och ansamling av skräp i difusorn och har medfört ett tidskrävande arbete. Variationen i älvens flöde har försvårat arbetet med att funktionsanpassa ledarmen och en rad reparations- och förbättringsåtgärder avseende dess flytförmåga har utförts. Åtgärderna är dessutom svåra att utföra under

smoltvandringsperiod då detta oftast sammanfaller med höga flöden. Nuvarande lösning sedan 2013 att vinterförvara ledarmen på plats i vattnet har hitintills fungerat som avsett. Den ursprungliga planen att vinterförvara ledarmen under isen frångicks efter att vajern skadats under förvaringen och vinterförvaring på land har bedömts som mindre lämpligt då utläggningen som utförts efter reparationer är mycket resurskrävande och tidsbegränsad beroende på omfattning och tidpunkt för islossning och vårflod. Höga flöden och ansamling av drivgods har också tidvis försvårat driften av anläggningen, framförallt vid intagsgrindarna.

2.5 PITEÄLVEN - SIKFORS

Piteälvens huvudavrinningsområde (nr 13) avvattnar cirka 11227 km² och ligger i Norrbottens län (Figur 67). Piteälvens drygt 40 mil långa huvudfåra rinner från höglänta fjällområden i väster till barrskogsområden i öster med en medelvattenföring på ca 180 m³/s (SMHI). Piteälven utgör natura 2000-område och är en av Sveriges fyra nationalälvar där vattenföringen varierar naturligt som svar på årstidsvariationer av avsmältning och nederbörd (Länsstyrelsen Norrbotten, 2018). Normalt inträffar två högflödesperioder efter snösmältningen i skogslandet samt i fjällområdet, men kan under vissa år sammanfalla vilket kan ge mycket höga vattenflöden. Ca 4 mil uppströms Piteälvens utlopp i Bottenviken ligger älvens enda vattenkraftverk Sikfors kraftstation.



Figur 67. Piteälvens huvudavrinningsområde. Den röda pricken markerar Sikfors kraftstations läge cirka 4 mil uppströms utloppet i Bottenviken.

Sikfors kraftstation

Sikfors kraftstation är ett strömkraftverk (Tabell 8) som togs i drift på 1980-talet och ersatte ett mindre kraftverk som varit i drift sedan 1912. Den maximala vattenföringen genom kraftverket uppgår till ca 250 m³/s där överskjutande vatten spills via ett ytutskov (sektorlucka) eller tre bottenutskov (segmentluckor) till den ursprungliga

älvfåran. Det vatten som leds genom kraftstationen återförs sedan via en 600 m lång underjordisk tunnel till älvfåran. Parallellt med tunnel rinner den ursprungliga älvfåran som efter ca 700 m når sammanflödesområdet med turbinutloppet (Figur 68). Mellan 15 maj – 15 oktober har den ursprungliga älvfåran en minimivattenföring på 15 m^3/s.

Tabell 8. Fakta om Sikfors krafstation

Sikfors kraftstation **Ägare: Skellefteå Kraft Ab (75 %) & Pite Energi Handel AB (25 %)**	
Installerad effekt MW	40
Årsproduktion GWh/år	185
Regleringsamplitud damm m	0,3
Utbyggnadsvattenföring m^3/s	250
Fallhöjd m	19,1-21

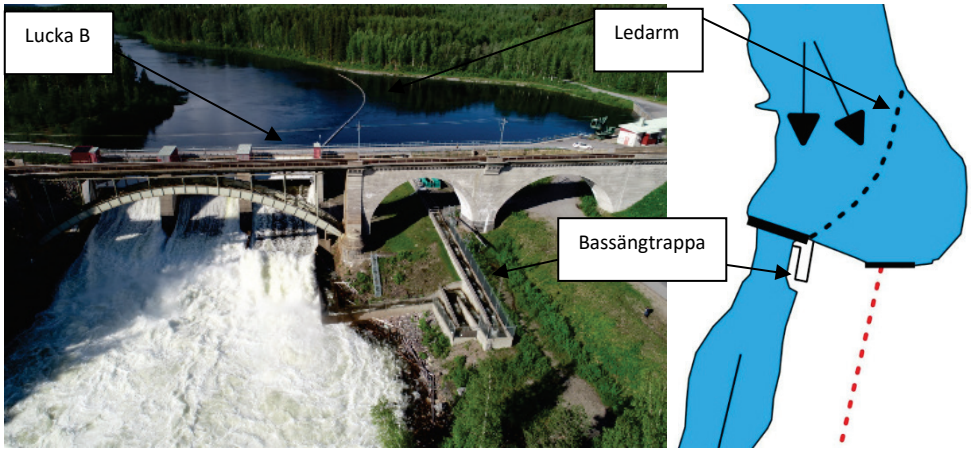
Figur 68 Områdeskarta över Sikfors kraftstation. Närmast syns turbinutlopp med naturfåran till vänster och krafttverksdammen som delvis syns överst i bild.

Förekommande fiskarter

I Piteälven förekommer havsvandrande lax och havsöring där viktiga lek- och uppväxtområden återfinns både i huvudfåran och i biflöden uppströms Sikfors kraftstation (Pouchard, 2003). Ca 60 km uppströms Sikfors utgör Storforsen i älvens huvudfåra sannolikt ett definitivt vandringshinder för uppströmsvandrande fisk. Utöver lax och havsöring innehar älven även andra naturvärden som harr, flodnejonöga, röding, sik och flodpärlmussla.

2.5.1 Beskrivning av fiskapassagelösning

Nuvarande kraftstation i Sikfors togs i drift 1990 och i anslutning till kraftverket finns idag en bassängtrappa för lekvandrande lax och öring och en ledarm för nedströmsvandrande lax- och öringsmolt (Figur 69). Syftet med åtgärderna är att öka konnektivitet förbi Sikfors kraftstation och möjliggöra passage av lekvandrande lax och öring till lek- och uppväxtområden uppströms Sikfors samt avleda smolten och kelten via säkrare passagevägar under dess nedströmsvandring.



Figur 69. Sikfors kraftstation med bassängtrappan till höger om spilluckorna och ledarmen uppströms dammen. Uppströms dammen till höger i bild är turnibintaget beläget.

Bassängtrappa

Bassängtrappan (Figur 70) färdigställdes 1992, 2 år efter nuvarande kraftstation togs i drift, av Vattenfall AB och har ett flöde på 1 m^3/s under 15 maj – 15 oktober. Trappan är cirka 140 m lång och består av 45 bassänger med en total fallhöjd på cirka 12 m, vilket motsvarar en medellutning på 8,5 %. Vid trappans utlopp som är belägen vid intagsdammens östra ytutskov (lucka B) (Figur 71) tillförs ett lockvatten på 2 m^3/s via en bottenlucka med syfte att förbättra anlockningen till utloppet. Bassängerna är konstruerade med endast överfall där öppningarna är cirka 1 meter breda och 0,3 m djupa och är placerade växelvis på respektive sida av stigrännan (Figur 72). Inloppet till trappan är beläget på uppströmssidan av kraftverksdammen mellan spilluckorna och turbinintaget.

Figur 70. Bassängtrappan med utloppet vid lucka B och avslutande delen innan inloppet på uppströmssidan dammen. Vid lucka B syns även spillvattnets båge som erhållits av det modifierade skibordet.

Figur 71. Bassängtrappans utlopp som fortsätter under spillflödet från lucka B.

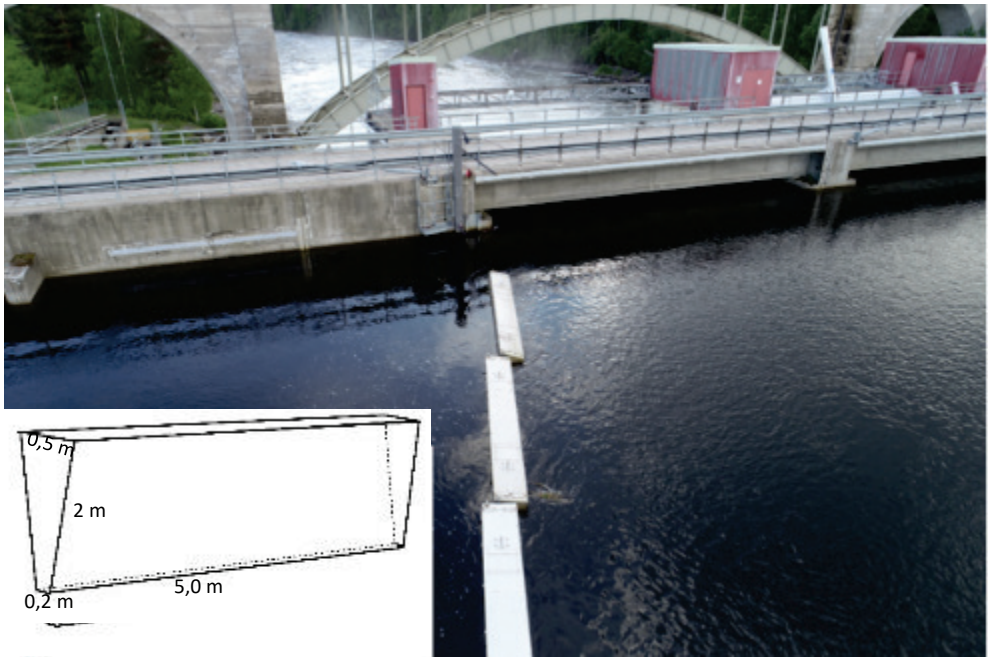
Figur 72. Bassängtrappans övre del med överfall och växelvisa öppningar.

Nedströmsavledare

I maj 2010 installerade Skellefteå Kraft AB en flytande ledarm på uppströmssidan av Sikforsen kraftstation. Ledarmen består av sammansatta flytelement, bestående av träramar med flytmaterial, som är cirka 5 m långa och 2 m djupa och fästa i en vajer som löper från spilluckorna till motsatt sida uppströms (Figur 73). Sedan 2011 består ledarmen av 26 flytelement som sträcker sig cirka 130 m uppströms (Figur 74). Skibordet vid lucka B, i anslutning till ledarmens nedströmsände, har modifierats med en ramp i dess nedre för att undvika att vattnet träffar betongkonstruktionen vid bassängtrappans utlopp. Syftet med ledarmen är att avleda nedströmsvandrande smolt mot ytutskovet (lucka B) och på så vis undvika

att fisk passerar via turbinintaget och istället leds över det modifierade skibordet för att minimera dödligheten hos nedströmsvandrande smolt.

Enligt vattendom sker minimitappningen på 15 m³/s under perioden 15 maj till 15 oktober och under smoltens vandringsperiod spills mellan 13-50 m³ via ytspillet i lucka B. Därefter övergår spillet till bottenluckorna (Lucka C eller D). Iläggningen av ledarmen tar normalt 2-3 arbetsdagar och sker i mitten av maj och upptaget tidigast 30 juni, men oftast efter sommaren, där den sedan förvaras på stranden uppströms kraftstationen. Modifieringar av flytelementen skedde under ledarmens första år i drift, då stora delar av segmenten sjönk, för att få större bärighet i vattnet.



Figur 73. Ledarmens avslutande del i anslutning till utskovet vid lucka B och ritning av flytelementen.

Figur 74. Hela sträckningen av ledarmen med turbinintaget till vänster och spilluckor vid höger vid kraftverksdammen.

2.5.2 Inmätningar

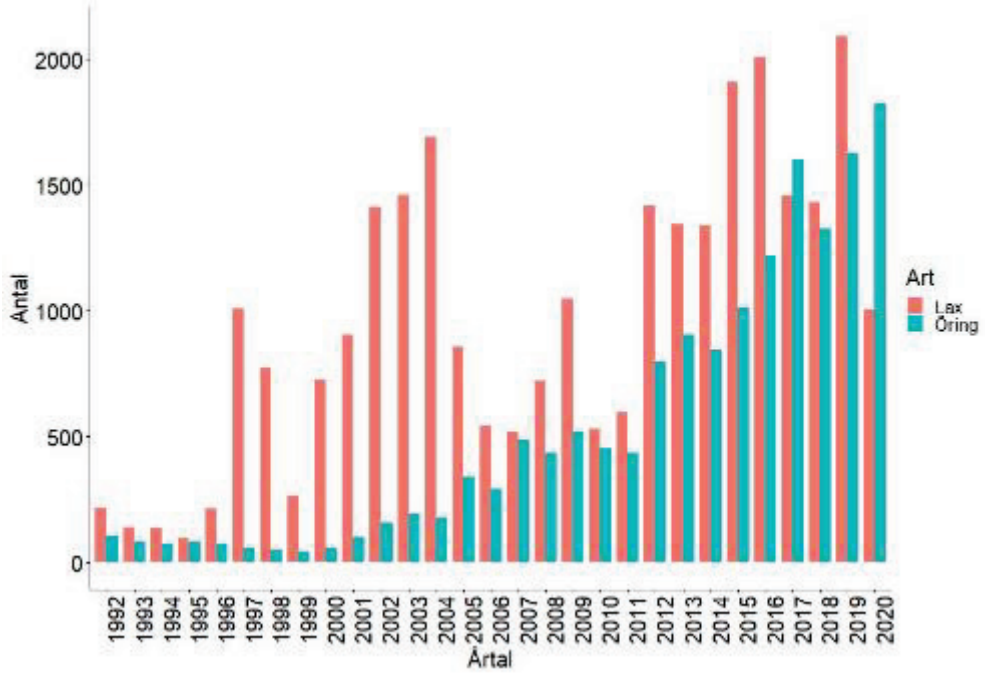
Bassängtrappa

Under platsbesöket utfördes endast inmätningar i bassängtrappan. Flödet mättes i trappans övre del, strax uppströms fiskräknaren, där en längre sektion med mindre turbulent flöde återfanns och beräknades till 0,62 m^3/s. Den totala fallhöjden från översta bassängen till utloppet mättes till 12,3 m vilket motsvarar en meddellutning på 8,2 %. och en medelfallhöjd på 0,25 m mellan bassängerna. Längden på bassängerna var cirka 3 m, bredde 1,5 m och djupet varierade mellan 1,1 – 0,8 m. Energiflödet beräknades vid bassängerna strax ovan fiskräknaren, som bestod av ett brantare parti, till 450 W/m^3 och strax nedströms fiskräknaren, där lutningen var närmare medellutningen, till 330 W/m^3.

2.5.3 Funktionsuppföljning

Uppströmspassage

Uppströmsvandringen av lax och öring har registrerats sedan bassängtrappan slutfördes 1992. Sedan 1998 har fiskräknare använts där nuvarande räknare monterades 2011 (VAKI RW Camerasystem, Island). Både antalet lax och öring som registreras i bassängtrappan har ökat stadigt sedan 90-talet och de senaste fem åren har det i medel årligen registrerats cirka 1500 laxar respektive öringar (Figur 75). Endast 3 individer av andra arter har registrerats under perioden.



Figur 75. Antal registrerade uppströmsvandrade lax och öringar i Sikfors bassängtrappa under 1992 - 2020

En vandringsstudie 2015 påvisade att det sker en tidsfördröjning för lekvandrande lax och öring mellan 2 – 5 veckor i anslutning till kraftverket (Länsstyrelsen Norrbotten, 2016). Utvärderingen skedde med hjälp av en monterad ekolodskamera (Simsonar, Finland), cirka 1100 m nedströms kraftverkets turbinutlopp, som registrerade lekvandrande lax och öring (>400mm). Syftet var att studera det ackumulerade antalet registrerade fiskar i ekolodskameran och fiskräknaren. Det totala antalet fiskar över tid jämfördes sedan och kan då påvisa om förekommer någon tidsfördröjning mellan passage vid ekolodskameran och fiskvägen och indikera fiskvägens effektivitet. Det totala antalet registrerad fisk (>400 mm) i ekolodskameran stämde väl överens med antalet registrerad fisk (lax och öring) i fiskräknaren, cirka 3000. Antalet som passerat kameran var dock sannolikt högre då den inte var i drift hela vandringssäsongen. Försöket indikerade en tidsfördröjning på mellan 2 – 5 veckor från att fisken passerade ekolodskameran till att den registrerades i fiskräknaren.

Sannolikt skedde den största delen av fördröjningen vid kraftverkets turbinutlopp och vid kraftverksdammens spilluckor. Det senare kunde delvis styrkas då en ändrad tappning, där spillet alternerades mellan lucka C (som vanligtvis spill genomfördes via) och lucka D (där inget spill vanligtvis skedde), resulterade i en högre registrering i fiskräknaren när vatten spilldes via lucka D. Tappningsförsöket föranleddes av observationer av frekvent hoppande fisk nedströms dammen under tappning via lucka C. Under denna tappning bildades ett bakvatten vid den västra stranden, det vill säga motstående sida mot

bassängtrappans utlopp. Även här observerades fisk som positionerat sig med huvudet riktat nedströms.

Nedströmspassage

Vandringsframgången hos nedströmsvandrande laxsmolt förbi Sikfors kraftstation har undersökts med hjälp av radiotelemetri – före och efter åtgärd. Den totala passageeffektiviteten, det vill säga lyckad passage oavsett vägval, var efter åtgärd 2015 knappt 80 % (68 av 87). Av de 87 fiskarna avleddes 85 % (74 st) via spilluckorna där 80 % (59 st) lyckades med sin passage. Således var passageeffektiviteten genom nedströmsavledaren ca 68 %. Flest smolt som simmat via spilluckorna gjorde sannolikt så via lucka B, det vill säga den lucka i anslutning till ledarmens avslutande segment. Vid lucka B visade Vikström (2016) att smoltdödligheten vid passage ökade vid flöden >100 m^3/s, vilket, även om antal försökssmolt var liten, indikerade att dödligheten vid densamma är flödesberoende. Resultaten kan jämföras med före åtgärd 2003 då nästan samtliga fiskar, 90 % (36/40), som närmade sig kraftstationen simmade nedströms via turbinintaget och ingen via spilluckorna (Rivininoja, 2005). Dödligheten vid turbinpassage varierade mellan 20 – 30 %.

Ytterligare undersökningar för att utvärdera ledarmens avledande effekt och beteende hos nedströmsvandrande smolt har inkluderat kameraövervakning vid utskoven och partikelspårning. Sammanlagt 500 streamermärkta smolt sattes i uppströms Sikfors för att observeras vid utskoven under början av juli 2012. Endast 11 smolt varav 6 märkta registrerades där alla förutom en simmade med huvudet nedströms vid utskovsluckan (Länsstyrelsen Norrbotten, 2013). Vid partikelspårningen, där ytligt passivt driftande partiklar (apelsiner) spårades i anslutning till kraftstationen, indikerar på en hög avledningseffektivitet hos ledarmen där nästan samtliga partiklar avleddes mot spilluckorna (Lundström m.fl. 2015). Vandringsframgången hos utlekt lax (kelt) förbi Sikfors kraftstation har inte utvärderats.

2.5.4 Kostnader

Kostnaderna har sammanställts med hjälp av Skellefteåkraft AB. Den totala investeringskostnaden för ledarmen uppgick till cirka 10 Mkr (budgetkostnad 6,5 Mkr) och de löpande kostnaderna för densamma till cirka 0,32Mkr per år. Inga uppgifter om investeringskostnaden för bassängtrappan fanns att tillgå men den löpande årliga kostnaden är cirka 0,3 Mkr.

Investeringskostnad

Inga uppgifter om investeringskostnad för bassängtrappan fanns att tillgå från Skellefteåkraft AB eller den förre ägaren Vattenfall AB. För ledarmen fanns ej mer detaljerad information om den totala investeringskostnaden. I budgetkostnaden specificerades däremot kostnaderna där drygt hälften av kostnaden bestod av de 26 ledarmssegmenten. Övriga betydande kostnader var ledarmens landfästen och nedre fäste (0,45 Mkr) betongarbeten vid skibordet (0,86 Mkr) och förstudie och projektering (0,15 respektive 0,4 Mkr).

Löpande kostnad

Den löpande kostnaden uppgår årligen till ca 0,62 och inkluderar skötsel och driftkostnader för ledarmen och fiskräknaren. Driftskostnaderna för ledarmen består av in- och utsättning samt reparationer av densamma. Under säsong är ledarmen vanligtvis underhållsfri. Den främsta löpande kostnaden för bassängtrappan består av dagligkontroll av fiskräknaren och analys av fiskregistreringar. Resterande kostnad består av rondning vid bassängtrappan som inkluderar rensning av galler, kontroll av skadad/död fisk och vid behov stopp fiskvägen för kontroll av hela trappan.

2.5.5 Diskussion och erfarenheter

Åtgärderna med bassängtrappan och ledarmen vid Sikfors är i nuläget en av de mest omfattande storleksmässigt i Sverige där ledarmens investeringskostnad uppgick till ca 10 Mkr. Åtgärdsarbetet och uppföljningsstudierna kring ledarmen illustrerar behovet av förbättringsåtgärder av nya fiskpassageanläggningar för förbättrad funktion, något som även beskrivits av Calles med flera (2013). Enligt samma rapport rekommenderas bassängtrappor med överfall, likt Sikfors, att endast användas för passage av lax och stor öring.

Ingen uppgift över passageeffektivitet för lax och öring i bassängtrappan finns tillgänglig med nuvarande uppföljning och kunskapsläge men under senare år passerar årligen ca 3000 fiskar (lax och öring). Utvärderingen med ekolodskameran påvisade dock att det sker en tidsfördröjning på mellan 2 – 5 veckor för lekvandrande lax och öring i anslutning till kraftverket (Länsstyrelsen Norrbotten, 2016). Sannolikt skedde den största delen av fördröjningen vid kraftverkets turbinutlopp och vid kraftverksdammens spilluckor.

Ledarmen hade en avledningseffektivitet för nedströmsvandrande smolt på ca 85 % där 80 % lyckades med sin passage, vilket därmed är en något lägre passageeffektivitet jämfört med andra utvärderade nedströmslösningar (Noonan m.fl. 2012). Jämfört med den likartade nedströmsavledaren i Stornorrfors är dock avledningseffektiviteten hög. Kameror vid utskoven avslöjade att smolt i regel simmade med huvudet nedströms, vilket indikerar att fisken inte tvekar vid passage av dammens utskovsluckor.

Bassängtrappan med enbart överfall är något som endast rekommenderas för lax och stor öring (Calles m.fl. 2013). Inmätningar i projektet visade att flödet i bassängtrappan var lägre än avsett och flödesenergin överstiger den maximala rekommendationen, i synnerhet i de översta bassängerna där även fallhöjden var hög. Observationer av ansamlingar av fisk i bakvatten nedströms dammluckorna ledde till ändringar av flöde i spilluckorna, där spill alternerades mellan lucka C och D, för att undersöka anlockningen till bassängtrappans utlopp. Då endast lucka D var öppen, dvs lucka längst i väster, reducerades bakvattnen avsevärt och förbättrade sannolikt anlockningen till bassängtrappan då fler observationer i fiskräknaren gjordes efter detta.

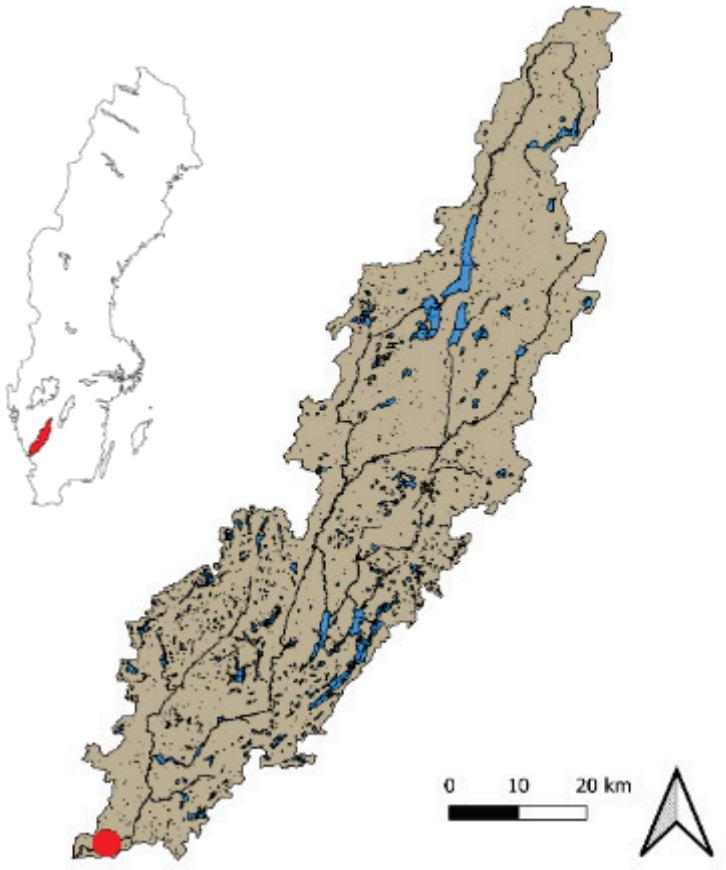
Erfarenheter från ledarmens första år i drift, då stora delar av segmenten sjönk, visar på behovet av ”intrimning” för fullgod funktion. Skibordet vid lucka B modifierades för att minimera dödligheten hos nedströmsvandrande smolt.

Dödligheten hos smolt har visat sig vara ca 20 % men är sannolikt flödesberoende med högst observerad dödlighet vid spill > 100m³/s.

3 Exempel - Fiskpassagelösningar och biotopvårdsåtgärder

3.1 ÄTRAN - HERTING

Ätrans huvudavrinningsområde (nr 103) avvattnar cirka 3343 km^2 och ligger i Hallands och sydvästra Västra Götalands län (Figur 76). Ätrans 243 km långa huvudfåra rinner slutligen genom Falkenberg där den mynnar i Kattegatt, Nordsjön. Ätrans medelvattenföring de senaste 15 åren är ca 60m^3/s (SMHI). Nationellt klassas Ätran som särskilt värdefull p.g.a. dess artrikedom och huvudfårans nedre delar utgörs av ett Natura 2000-område (Calles m.fl. 2015). Avrinningsområdet består av ett stort antal kraftverk och dammar både i huvudfåran och större biflöden. Från Ätrans utlopp i Kattegatt upp till det första definitiva vandringshindret i huvudfåran, vid Ätrafors kraftstation, är sträckan ca 27 km. Strax nedströms Ätrafors mynnar biflödet Högvadsån där havsvandrande fisk har ytterligare 34 km tillgänglig fåra. För att vandra upp hit måste dock fisken först passera Hertings kraftstation beläget ca 3 km uppströms Ätrans utlopp i Kattegatt.



.

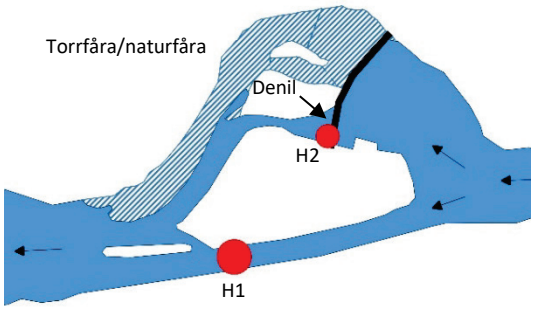
Figur 76. Ätrans delavrinningsområde. Den röda pricken markerar Hertings kraftstations läge cirka 3 kilometer uppströms utloppet i Kattegatt..

Hertings kraftstation

Herting kraftstation består av två kraftverk – Herting 1 (H1) och Herting 2 (H2) (Tabell 9) som har varit i drift sedan 1903 respektive 1945. H1 är beläget i slutet av en anlagd intagskanal vid sidan om den ursprungliga fåran och H2 anlades 1945 vid dammen i den ursprungliga fåran (Figur 77). Den ursprungliga åfåran norr om kraftverken har sedan anläggningen av H2 utgjorts av en torrfåra där endast vatten spillts vid högflöden. Under perioden 1945 – 2012 kunde uppströmsvandrande fisk endast passera Herting via en Denil-ränna placerad i anslutning till H2. Före 2006 har inte någon fiskpassagelösning för nedströmsvandrande fisk varit installerad vid något av kraftverken.

Tabell 9. Fakta om Hertings kraftstation

Hertings kraftstation Ägare: Falkenbergs energi	**H1**	**H2**
Installerad effekt MW	3	
Årsproduktion GWh/år	9	
Regleringsamplitud damm m	-	-
Utbyggnadsvattenföring m^3/s	40	25
Fallhöjd m	5,25	5,25



Figur 77. Områdeskarta över Hertingforsen (1945 – 2012) med Hertings två kraftverk (röda punkter) och ungefärlig sträckning av den ursprungliga åfåran som torrlades 1945.

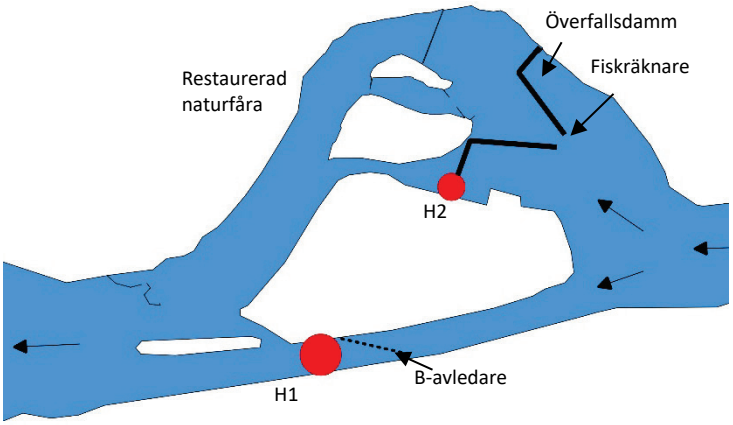
Förekommande fiskarter

Ätran hyser ett stort antal arter och är nationellt klassad som särskilt värdefull på grund av dess artrikedom (Länsstyrelsen, 2013). Totalt har 30 arter registrerats i avrinningsområdet med ett stort antal värdefulla havsvandrande arter som lax, öring, sik, ål och havs- och flodnejjonöga. Det finns även bestånd av rödlistade musselarter, bland annat flodpärlmussla. Reproduktion av atlantisk vildlax förekommer i alla större tillgängliga biflöden samt i huvudfåran och är västkustens viktigaste vattendrag för laxproduktion. Havsvandrande lax har vid normala flöden historiskt kunnat vandra upp ca 31 km uppströms havet till ett naturligt vandringshinder vid Yngeredsfors. Ätrafors kraftverk utgör idag huvudfårans definitiva vandringshinder och i samband med utbyggnaden 1918 minskade den totala produktionen av laxsmolt från ca 70 000 till ca 9000 laxsmolt/år. Runt 2010 – talet påbörjades biotop- och konnektivitetsåtgärder vid Hertingforsen vilket ökat tillgängliga arealer för havsvandrande fisk.

3.1.1 Beskrivning av fiskpassagelösningar och biotopvårdsåtgärder

Projektet att ompröva villkoren för Hertings kraftverk initierades 2002 av Kammarkollegiet där flera alternativ för att förbättra konnektiviteten i Ätran togs fram (Alenäs 2017). Falkenbergs kommun beslutade att anta det mest omfattande alternativet, det vill säga att anlägga en naturlik faunapassage, tillika naturfåra, i den ursprungliga fåran och ett låglutande β-galler i intagskanalen till Herting 1. En ny vattendom fastställdes 2012 varefter dåvarande kraftverksdamm i anslutning

till Herting 2 revs och ersattes med två vinkelställda. De nya överfallsdammarna medförde en sänkning av dammnivån på ca 60 cm, vilket behövdes för att få en så låg vattenhastighet som möjligt i fiskpassagen för att passa även svagsimmande fiskar (Länsstyrelsen Hallands Län, 2018). Den nya faunapassagen och β-avledaren invigdes 1 april 2014, efter en byggtid på 6 respektive 5 månader (Figur 78). Fiskpassagerna syftar till stärka livsbetingelserna för samtliga förekommande arter, bland annat den genetiskt unika laxstammen och andra rödlistade arter, där de ska ha möjlighet att passera Hertings kraftstation. Målarterna lax, ål och havsnejonöga har varit föremål för flera för- och uppföljningsstudier.



Figur 78. Områdeskarta över Hertingforsen (2013 -) med Hertings två kraftverk (röda punkter), β-avledarens placering vid H1 och ungefärlig sträckning av den restaurerade naturfåran nedströms de nya överfallsdammarna.

Naturlik faunapassage/naturfåra

Den cirka 400 meter långa naturlika faunapassagen rinner norr om Hertings kraftstation, i den ursprungliga åfåran som restaurerades under 2013 (Figur 79). Den fastställda minimitappningen i faunapassagen är 11 m^3/s, eller det totala flödet i Ätran vid flöden <11 m^3/s, varav 5 m^3/s i öppningen och 6 m^3/s jämnt fördelat över överfallsdammarna. Den totala fallhöjden uppgår till 5,1 m vilket motsvarar en medellutning på cirka 1,3 % där den översta sträckan mellan överfallsdammarna har en något högre lutning (3,1 %).

Faunapassagen består i huvudsak av den restaurerade ursprungliga fåran vars sammanflöde med utloppskanalen från H1 är beläget knappt 100 m nedströms turbinutloppet (Figur 80). Fåran har beretts genom att först avverka träd, schakta bort sedimentavlagringar, fylla igen delar av utloppskanalen från H2 och forma en ny vandringskorridor i fåran (Figur 81). Dessutom har utläggning av substrat utförts, för att skapa nya reproduktions- och uppväxtområden för framförallt lax och öring, i form av grus, sten och block. Vandringskorridoren i fåran syftar till att säkerställa funktionell passage även vid lågflöden.

Den översta delen består av två överfallsdammar med en 5 m öppning högst upp med en utloppströskel av natursten för att säkerställa att alla förekommande arter och storlekar ska kunna passera (Figur 82). När flödet i Ätran överstiger turbinernas och fiskpassagernas slukförmåga, ökar vattennivån och därmed avbördningen i öppningen och över överfallsdammarna. I öppningen mellan

överfallsdammarna leder två snedställda galler (35 mm spaltvidd) fisken genom en fiskräknare (Riverwatch, Vaki, Island) placerad i öppningens mitt.

Figur 79. Hertings kraftstattion med naturfåran/faunapassagen som rinner norr om kraftstationen vars inlopp är beläget vid de snedställda överfallsdammarna. Uppströms H1 i intagskanalen syns även betongkonstruktionen till β-avledaren. (Foto: Lantmäteriet)

Figur 80. Sammanflödet med den naturfåran/faunapassagen (t.v) och utloppskanalen från Herting 1 (t.h).

Figur 81. Naturfårans/faunapassagens mittersta del.

Figur 82. Den naturlika faunapassagens inlopp med de två snedställda överfallsdammarna och den 5 m breda öppningen med monterad fiskräknare i. Över fåran har en ny gång- och cykelbro anlagts.

B-galler

β-avledaren i anslutning till turbinintaget vid Herting 1 färdigställdes sommaren 2013 och är den första i Sverige. Gallret är 40 m långt och 2 meter djupt med en spaltvidd på 15 mm och en lutning på 30° i förhållande mot inkommande vattnets strömriktning (Figur 83). Gallret består av horisontellt orienterade, hydrodynamiskt utformade kompositelement (CompRack®, Halmstad, Sweden). Flyktöppningen, vars slukförmåga är 3 m^3/s, är placerad längst nedströms gallret och är öppen hela vägen från ytan ned till botten (Figur 84). Flödet kontrolleras via en hydraulisk klafflucka som vid normal drift är stängd. Fisken kan då passera via en öppning i ytan och botten, vilket då ger ett genomsnittligt flöde på 0,6 m^3/s. Nedströms flyktöppningen följer en 6 m lång och 1,2 m bred kanal vars funktion är att transportera bort drivgods och utgöra en flyktränna för fisk. I kanalen kan ett 8 mm-galler sänkas ned för avvattning och vidaretransport till den nedströms belägna fiskfällan (Figur 84). Vid besökstillfället inom innevarande projekt hade fällan modifierats och utgjordes istället av en fiskräknare för nedströmsvandrande fisk (Wooschh Innovations, USA) (Figur 85) där fisken passerade genom fällanordningen och vidare nedströms till huvudfåran.

Figur 83. Intagskanalen med betagallret och flyktöppningen längst nedströms.

Figur 84. Flyktrännan med 8-mm galler för avvattning och den hydrauliska klaffluckan i flyktöppningen längst nedströms vid β-gallret (t.v) och förbindelsen mellan flyktrännan och fällaanordning (t.h).

Figur 85. Modifierad fälla med en fiskräknare (Wooschh Innovations, USA) där fisken leds genom och vidare nedströms till Ätrans huvudfåra.

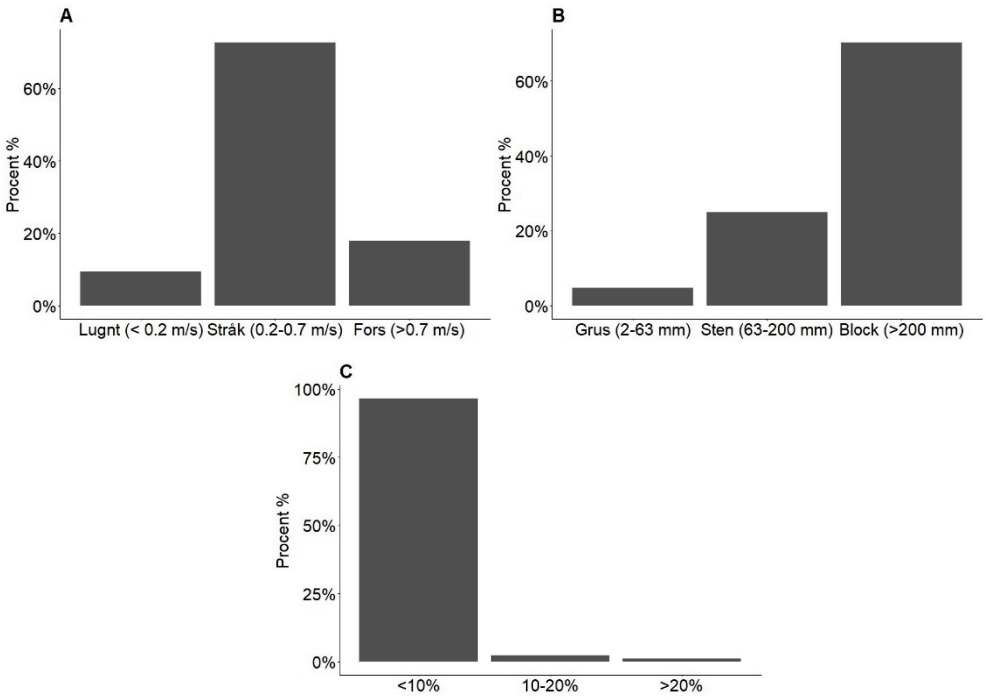
3.1.2 Inmätningar

Naturlik faunapassage/naturfåra

I projektet karterades Hertingforsen under försommaren 2021 med syftet att beskriva naturfårans lämplighet som uppväxtområde för öring och lax. Samtliga

sträckor i naturfåran bedömdes på förhand som lämpliga uppväxtområden för lax och öring och karterades.

Vid habitatkarteringen delades naturfåran upp i totalt sex delsträckor där en sådan sträcka utgjordes av ett sammanhängande partimed liknande egenskaper med avseende på vattenhastighet, lutning och våt bredd. Vid varje delsträcka mättes djup, hastighet, bredd, bottensubstrat, beskuggningsgrad och lutning in varje meter längs en tvärgående transekt. Den vanligaste dominerande vattenhastigheten under karteringen våren 2021 var ström eller stråk (Figur 86A), dominerande substratet var block över 200 mm (Figur 86B) och beskuggningsgraden var nästan uteslutande under 10 procent (Figur 86C). Den totala längden för samtliga karterade delsträckor, det vill säga huvudfåran samt sidofåror, uppgick till cirka 440 meter och dess uppmätta areal till cirka 1,6 hektar. Den totala fallhöjden från dammen till sammanflödet med kraftstationens utloppskanal var 5,1 meter. Medellutningen på hela sträckan var knappt 1,3 % och delsträckornas lutning varierade mellan 0,7 – 3,1 %.

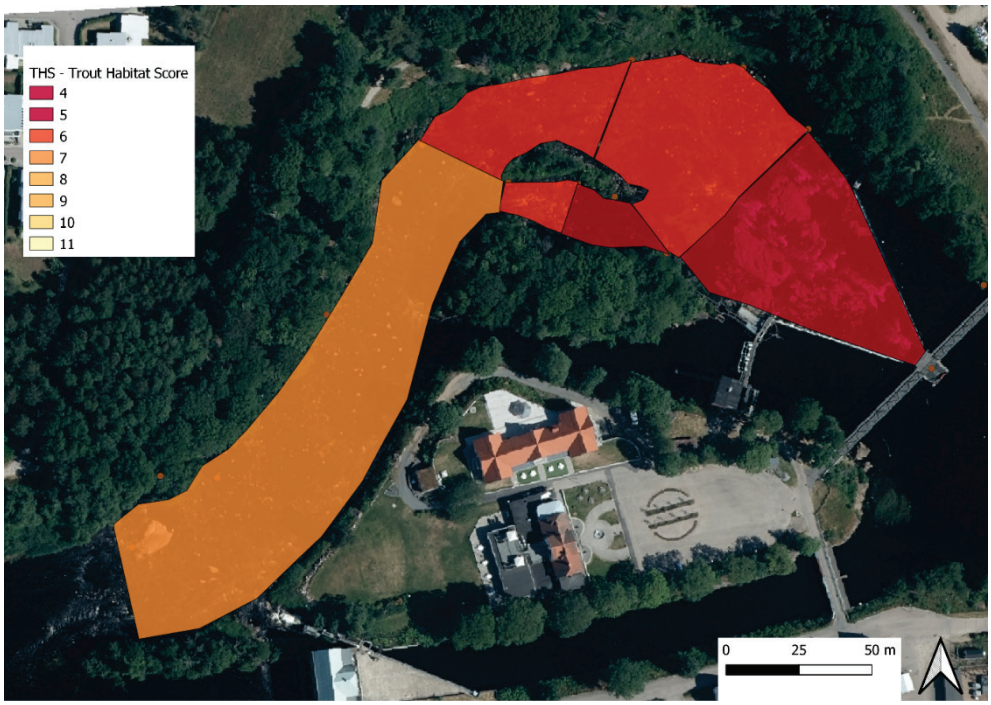


Figur 86. Vattenhastigheter (Figur A), procentuell täckningsgrad av bottensubstrat (Figur B) och procentuell beskuggningsgrad i Hertingforsens restaurerade neturfåra vid habitatkartering våren 2021.

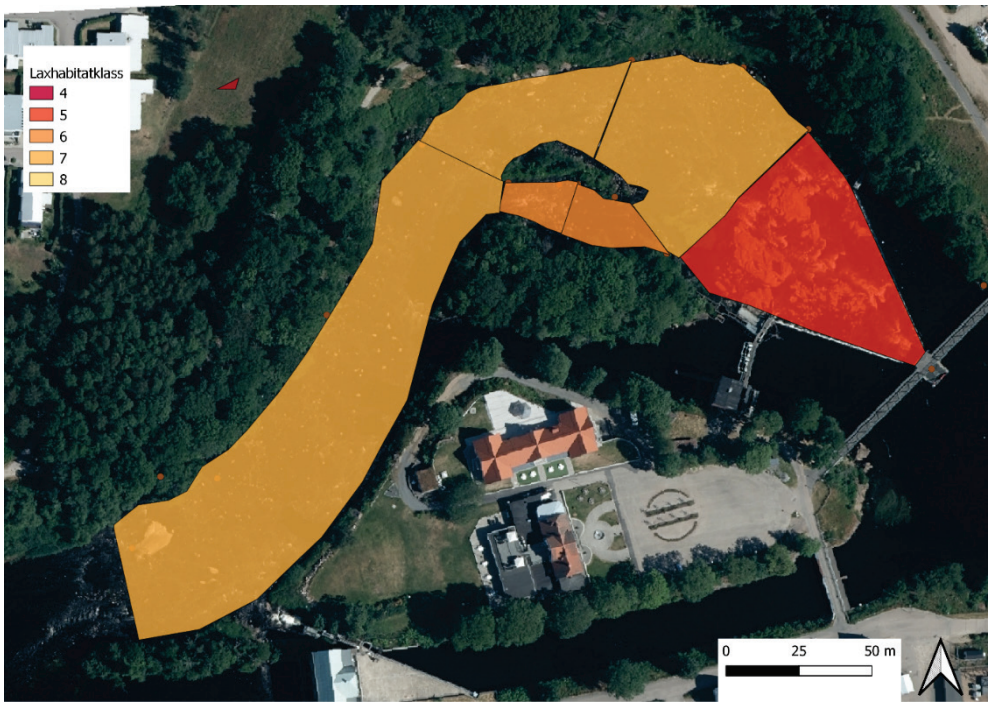
Trout Habitat Score och laxhabitatklass

De inmätta fysiska parametrarna från karteringen användes för att klassificera öringhabitat i en tolvgradig skala (THS - trout habitat score) och laxhabitat i en åttagradig skala för respektive delsträcka, det vill säga delsträckornas lämplighet som uppväxtområde för öring och lax (Pedersen et.al 2017, Degerman & Spjuth, 2021).

Av de sex delsträckorna bedömdes fyra till THS ≥ 6 (d.v.s lämpligt öringhabitat) vilket motsvarar en areal på ca 1,2 hektar (Figur 87). Den delsträcka som bedömdes bäst lämpade som uppväxtområde för öring i naturfåran var den längst nedströms belägna sträckan. Samtliga delsträckor bedömdes till laxhabitatklass ≥ 5 (d.v.s lämpligt laxhabitat) vilket motsvarar en areal på ca 1,6 hektar (Figur 88). De delsträckor som bedömdes bäst lämpade som uppväxtområde för lax återfanns samtliga i huvudfåran, medan sidofåran söder om ön och den längst uppströms belägna delsträckan bedömdes ha en något lägre lämplighet.



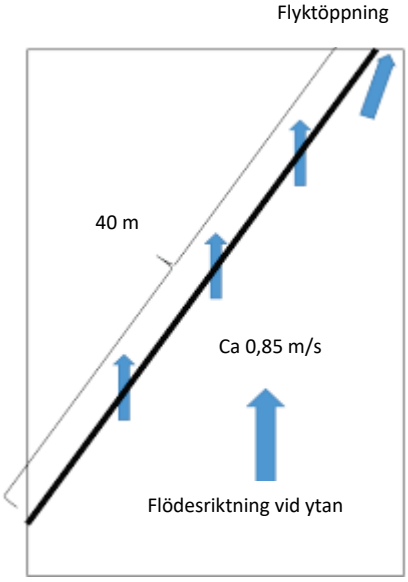
Figur 87 Hertingforsen uppdelad i sex delsträckor och respektive öringhabitatkvalité (THS – Trout Habitat Score) som beräknats utifrån öringhabitatkarteringen sommaren 2021 (Foto: Lantmäteriet).



Figur 88 Hertingforsen uppdelad i åtta delsträckor och respektivelaxhabitatklass som beräknats utifrån laxhabitatkarteringen sommaren 2021 (Foto: Lantmäteriet).

B-galler

Under våren 2021 utfördes kompletterande mätningar vid B-gallret. Flödet genom kraftstationen var vid tillfället cirka 15 m^3/s och ytvattenhastigheten i intagskanalen strax uppströms gallret mättes in till cirka 0,85 m^3/s. Vid tillfället noterades även riktningen på ytlig strömning intill gallret (Figur 89). Ingen kraftig turbulens eller virvlar noterades intill gallret. En partikelspårning utfördes genom att tio apelsiner släpptes i intagskanalen, fem på respektive sida, och observerades när de närmade sig gallret vid ytan. Samtliga apelsiner följde den ytliga strömmen mot gallret och följde sedan gallret till flyktöppningen där samtliga (100 %) passerade flyktöppningen efter 50 - 80 sekunder.



Figur 89. Observerade ytliga strömriktningarna vid B-gallret i intagskanalen till H1vid fältbesöket under våren 2021

3.1.3 Funktionsuppföljning

Vandringsframgången för uppströmsvandrande lax och havsnejonöga och nedströmsvandrande utlekt lax (kelt), laxsmolt och blankål vid Hertings kraftstation har utvärderats - både före och efter åtgärd – med telemetristudier

Tabell 10). Dessutom har uppströmsvandrande juvenil ål studerats med ålyngelfällor vid Herting och uppströms Herting vid Vessigebro- och Ätrafors kraftverk. Även en fiskräknare i den naturlika faunapassagen och en fiskfälla i β-avledaren har registrerat upp- och nedströmspassager vid kraftstationen.

Tabell 10. Sammanställning av total passageeffektivitet vid Hertings kraftstation för lax, ål och havsnejonöga vid för- och uppföljningsstudier.

Vandringsstudier vid Hertingforsen				Total Passageeffektivitet	
Art	**Livstadium**	**Riktning**	**Årstid**	**Före åtgärd**	**Efter åtgärd**
Lax	Lekvandrare	Uppström	Höst	70 % (21 av 30)	97 % (29 av 30)
	Kelt	Nedströms	Höst-vår	80 % (24 av 30)	96 % (22 av 23)
	Smolt	Nedströms	Vår	90 % (47 av 52)	89-98 % (31-34 av 35)
Ål	Juveniler	Uppström	Sommar	N/A	N/A
	Blankål	Nedströms	Höst	71 % (27 av 38)	97 % (58 av 60)
Havsnejonöga	Lekvandrare	Uppströms	Vår-som	10 % (2 av 20)	67 % (2 av 3)

Fiskräknare och fiskfälla

Efter åtgärderna vid Hertingforsen har det registrerats totalt 20 uppströmsvandrande arter, varav 15 inte är salmonider och inkluderar både svagsimmande och små arter. Den största delen av alla registreringar utgörs av lax, som har ökat sin nettouppvandring från i medeltal 1700 före åtgärd till ca 3000 efter åtgärd. Andra vanligt förekommande arter är framförallt öring men även ål, havsnejonöga mört och regnbåge är vanliga registreringar (Länsstyrelsen Hallands län, 2021).

Vid en studie av Nyqvist med flera (2018) under våren 2014 fångades totalt 5904 individer tillhörande 19 arter i fiskfällan i anslutning till β-avledaren. Av dessa var 4747 laxsmolt, 798 öringsmolt och 50 kelt (öring och lax). Andra vanligt förekommande arter i fällan var mört, ål och benlöja.

Uppströmspassage

Den totala passageeffektiviteten för lekvandrande lax och havsnejonöga vid Herting, det vill säga andel av fisken som lyckas passera passera Herting och simma vidare uppströms, var högre efter åtgärd med den naturlika faunapassagen jämfört med före åtgärd då fisken enbart kunde passera Denil-rännan vid Herting 2 (Nyqvist m.fl. 2017; Calles m.fl. 2015).

Efter åtgärd var den totala passageeffektiviteten för lax 97 % jämfört med 70 % före åtgärd (Tabell 10). Samtliga fiskar efter åtgärd och alla förutom en före åtgärd lyckades lokalisera fiskvägarna (attraktionseffektivitet: 100 % respektive 97 %) där passageffektiviteten vid fiskvägarna var högre efter åtgärd (97 %) jämfört med före åtgärd (72 %). Dessutom var den totala passagetiden, det vill säga tiden från utsättning till att fisken lämnat Hertingområdet och simmat uppström (dvs. inklusive upprepade passager av dammen) lägre efter åtgärd, (median: 4 dagar, IQR – 2-7 dagar) jämfört med före åtgärd (median: 20,8 dagar, IQR – 11 – 25 dagar).

För havsnejonöga var den totala passageeffektiviteten efter åtgärd 67 % jämfört med 10 % före åtgärd (Tabell 10).Samtliga tre radiomärkta individer efter åtgärd

uppehöll sig lång tid i den naturlika faunapassagen (attraktionseffektivitet: 100 %) innan två individer passerade vidare uppströms efter 15 respektive 17 dagar. Den tredje individen tillbringade 34 dagar i faunapassagen men passerade aldrig Herting utan simmade sedan nedströms mot havet. Före åtgärd besökte de flesta denil-rännans utlopp vid Herting 2 (attraktionseffektivitet: 60 %). Vid denil-rännans utlopp skedde före åtgärd manuell fångst och flytt av havsnejonöga. Sannolikt passerade de två individerna rännan i anslutning till dess öppnande och stängande eller genom att de av misstag fångades och flyttades utan att radiosändarna observerats. Vid normal drift av denil-rännan talar således det mesta för att den utgjort ett definitivt vandringshinder för havsnejonöga.

Ålyngel har sannolikt haft svårigheter att passera Herting före åtgärd, även om ingen passageeffektivitet kunnat undersökas (Calles m.fl. 2015). Istället har fångster av ålyngel i fällor uppströms Herting granskats före och efter åtgärd. Fångsten vid ålyngeluppsamlaren vid Ätrafors kraftstation var 2014 – efter åtgärd – 3736 ålyngel, vilket var i storleksordningen 100 gånger högre än motsvarande fångst i samma uppsamlare 2010-2011 – före åtgärd. Även vid Vessige kraftvert i det uppströms belägna biflödet Lilla å noterades en trefaldig ökning av ålyngel efter åtgärd jämfört med före åtgärd. Den ökade ålfångsten berodde sannolikt på förbättrade passageförhållanden vid Herting, men undersökningen kunde inte ge ett definitivt svar på huruvida åtgärderna vid Hertings kraftstation medfört bättre passagemöjligheter för ålyngel där.

Nedströmspassage

Den totala passageeffektiviteten för nedströmsvandrande kelt, blankål och laxsmolt vid Hertings kraftstation, det vill säga andel av fisken som lyckas passera Herting och simma vidare nedströms till havet, var högre efter åtgärd jämfört med före åtgärd (Tabell 10) (Nyqvist m.fl. 2017).

Efter åtgärd, 2014-15, passerade 96 % av kelten Herting där 64 % (N=14) vandrade via β-gallrets flyktöppning och 36 % (N=8) vandrade via den naturlika faunapassagen, varav en individ stannade i faunapassagen. Samtliga fiskar som närmade sig β-gallret lyckades passera vilket gav en passageeffektivitet vid gallret på 100 %. Före åtgärd 2009-10, ett år förknippat med höga spillflöden, passerade 80 % Herting där fördelningen var jämnt mellan isutskovet och spilluckorna (Nyqvist m.fl. 2017). En tidigare studie 2007 visade på en lägre total passageeffektivitet där endast 33 (2 av 6) kelt lyckades passera Herting ner till havet (Calles m.fl. 2012). Den totala passagetiden förbi Herting var lägre efter åtgärd (median: 34 min, IQR – 20 min – 202 min) jämfört med före åtgärd (median: 220 min (IQR – 18 min – 10 days).

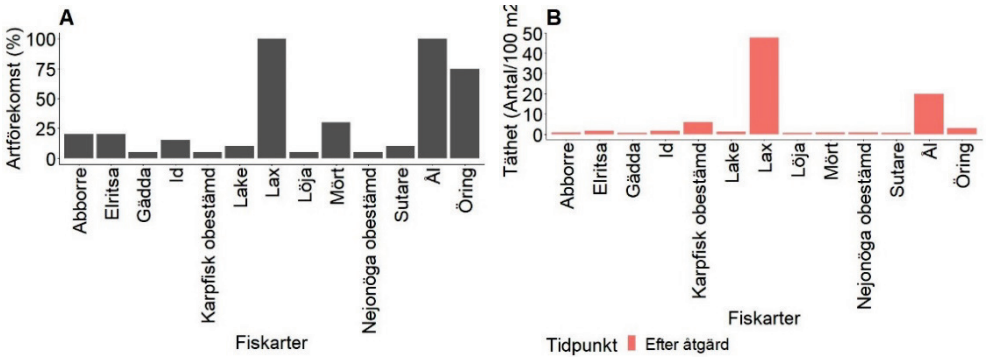
Den totala passageeffektiviteten för nedströmsvandrande laxsmolt var 89 – 98 % efter åtgärd, vilket var i parietet eller något högre än före åtgärd som var 90 % (Tabell 10) (Nyqvist m.fl. 2017). Efter åtgärd passerade 44 % (N=15) via den naturlika faunapassagen och 56 % (N=19) via intagskanalen till Herting 1. Av de som passerade via intagskanalen kunde 14 konstaterats passerat via flyktöppningen medan det för resterande 5 inte kunde klargöras vilken väg de simmat, vilket resulterade i en passageeffektivitet vid β-gallret på 70 – 95 %.

Passagetiden var liknande efter åtgärd (median 9,5 h, min -max 8 min – 7 d) och före åtgärd (median 14,4 h, min-max 0,2 - 144,2) (Nyqvist m.fl. 2018).

Den totala passageeffektiviteten för nedströmsvandrande blankål har varit 97 % under två år efter åtgärd, vilket är högre än före åtgärd då 71 % passerade (Tabell 10). Passageeffektiviteten vid β-gallret var 73 % (22 av 29) där resterande fiskar som passerade Herting gjorde så via den naturlika faunapassagen. Den totala passagetiden efter åtgärd var 62 min (median, min-max 5 min – 49 d), vilket var i paritet med före åtgärd då passagetiden var 9,5 min (median, min-max 1 min – 32 d) (Calles m.fl. 2015).

Elfiske i naturfåra

I Hertingforsen finns totalt fyra elfiskelokaler som elfiskats kontinuerligt mellan 2015 – 2019. De vanligaste artförekomsterna, det vill säga andel (%) elfisketillfällen respektive art fångats vid, har varit ål och lax, som båda fångats vid samtliga elfisketillfällen, samt öring som fångats vid 75 procent av elfisketillfällena (Figur 90A). Lax är den art som uppvisat högst tätheter (Figur 90B).

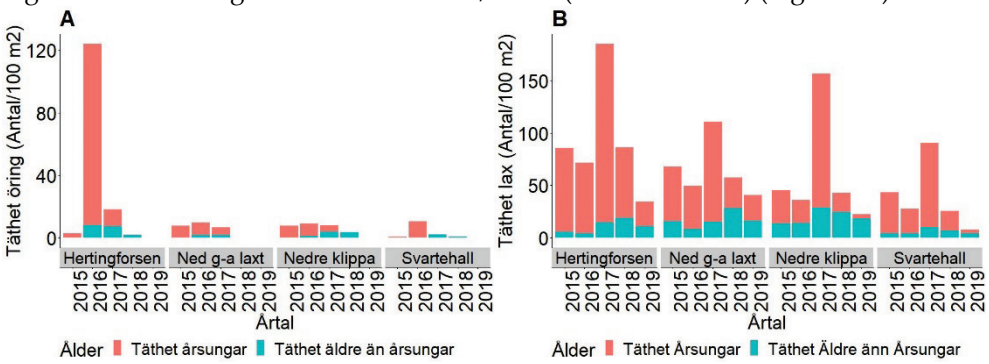


Figur 90. Artförekomst (Figur A), dvs andel (%) av samtliga elfisketillfällen respektive art fångats vid, samt mediantäthet för fiskarter fångade i Hertings naturfåra (Figur B) vid fyra elfiskelokaler.

Öring- och laxtätheter

Hertingforsen uppvisar i regel normala mediantätheter av öring även om extremt låga tätheter också förekommit, i synnerhet under 2019 (Sers m.fl. 2012). Mediantätheten av öring har efter åtgärderna i Hertingforsen varit 3,25 öringar/100m² (min 0 max 124) (Figur 91A). Nästan samtliga elfisketillfällen 2018 och 2019 resulterade i nollfångst av öring. Hertingforsen uppvisar i regel normala mediantätheter av lax även om höga tätheter förekommit under något år och låga tätheter förekommit främst under 2018 och 2019. Mediantätheten av lax har efter

åtgärderna i Hertingforsen varit 48 laxar/100m² (min 8 max 185) (Figur 91B).



Figur 91. Tätheter av öring (Figur A) och lax (Figur B) (0+ samt >0+) per 100 m² för samtliga fisken vid fyra elfiskelokaler i Hertingforsen mellan 2015 – 2019.

Rekryteringsstatus öring

Rekryteringsstatusen för öring i Hertingforsen, där uppgifter från delsträckornas öringhabitatklass (THS) och de observerade tätheterna av årsungar (0+) användes, har varierat mellan 0 – 145 % med ett medelvärde på 58 %. Avsaknaden av öringfångst på de fyra elfiskelokalerna 2018 och 2019 gav dock en rekryteringsstatus på 0 procent för de båda åren. Rekryteringensstatusen för de fem åren var i medel något lägre än den genomsnittliga rekryteringsstatusen för svenska vattendrag som mynnar i havet på västkusten, som mellan 2014 – 2019 varierat mellan 61 - 75 procent. (Magnusson et.al 2020).

Vix – värdet (vattendragsindex) har för samtliga elfisketillfällen efter åtgärd beräknats till 0,325, det vill säga måttlig VIX-klass (0,466-0,274).

3.1.4 Kostnader

Kostnaderna har sammanställts med hjälp av Falkenbergs kommun. Den totala investeringskostnaden för samtliga åtgärder vid Hertingforsen, det vill säga β-avledaren, och den naturlika faunapassagen/naturfåran uppgick till cirka 35 Mkr varav kostnaden för β-avledarens uppgick till 3,39 Mkr. De löpande kostnaderna uppgår till cirka 2,3 Mkr där största delen består av produktionsförlust för vatten som leds via faunapassage/naturfåran och β-avledaren..

Entreprenadkostnader och utredningar

Inga heltäckande uppgifter har framkommit i projektet men entreprenadkostnad för anläggningsarbete har uppgått till knappt 25 Mkr och konsulttjänster till cirka 7 Mkr. Den största entreprenadkostnaden bestod av betongarbete vid överfallsdammen vid Herting 2 samt vid β-avledaren och uppgick till 16,5 Mkr.

Löpande kostnader

Kraftproduktionen för ett normalår har minskat med ca 4 GWh efter åtgärd, d.v.s. ca 30 % från ca 13 Gwh till ca 9 GWh. Den största löpande kostnaden är därmed produktionsbortfall för vatten som leds via faunapassagen/naturfåran (2,07 Mkr - baserat på ett elpris på 0,4 öre/kWh och ett flöde på 10,5 m³/s) och β-avledaren

(0,11 Mkr, flöde 0,5 m³/s). Resterande kostnader (0,135 Mkr) står drift och underhåll av fiskräknaren, fällan och grindrensaren för.

Kringliggande kostnader

Kostnaden för de uppföljningsstudier utförda under 2014 – 2015 uppgick till cirka 1,07 Mkr.

3.1.5 Diskussion och erfarenheter

Åtgärdsprogrammet som utfördes är ett av de mest ambitiösa i Europa där investeringskostnaden för åtgärderna uppgick till ca 35 Mkr. Åtgärden motiverades med tanke på att Ätran hyser flera av de viktigaste populationerna av diadroma arterna i västra Sverige och Hertings läge i den nedre delen av Ätran. Fiskpassagelösningarna för uppströms och nedströmsvandring följer samtliga rekommendationer beskrivna i Havs och vattenmyndighetens rapport för rekommendationer för fiskpassagelösningar (Calles et al., 2013a). Resultaten från fiskräknaren och fiskfällan visar på en mångfald av arter, inklusive svagsimmande och små arter, som passerar Herting i upp- och nedströms riktning. Resultaten från utförda telemetristudier visar dessutom genomgående på förbättrade passagemöjligheter för samtliga studerade arter och livsstadier. Den naturlika faunapassagen har visat sig fungera väl som lek- och uppväxtområde för framförallt lax.

Telemetristudier visade för de studerade arterna en generell total passageeffektivitet förbi Herting på > 90 % i både upp- och nedströms riktning samt en låg tidsåtgång för passage. Idag finns inga liknande resultat på åtgärder publicerade med så hög effektivitet för atlantlax (Calles m.fl. 2015). Minimitappningen i Hertingforsen på 11,3 m³/s, ger ett lockvatten på ca 20 % av medelvattenföringen i Ätran, vilket sannolikt bidragit till den höga passage- och attraktionseffektiviteten och korta uppehållstiden nedströms kraftverket. Enligt Calles med flera (2013) bör effektivitetskrav på en fiskväg ställas. Passageffektiviteter på åtminstone 90 % bör vara möjligt att uppnå vilket åtgärderna i Herting visar är ett möjligt mål.

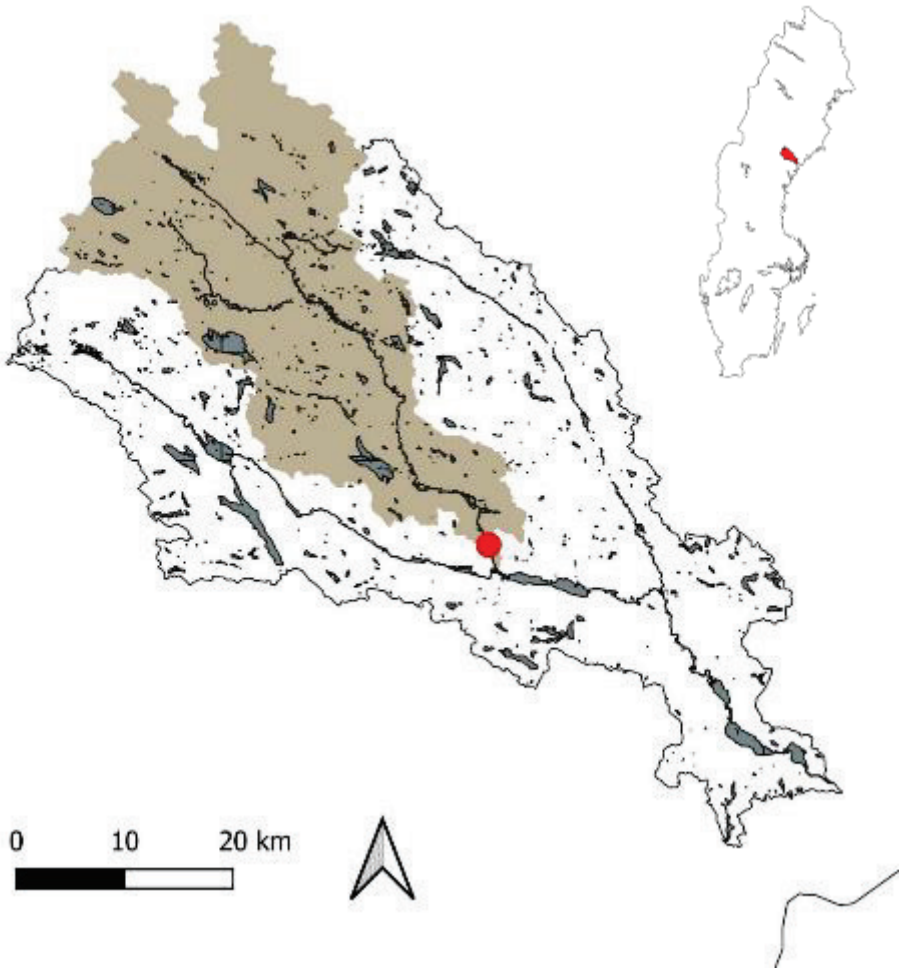
Naturfåran/faunapassagen har visat sig fungera väl som ett strömhabitat med förekomst av flera arter och uppväxtområde för framförallt lax. Faunapassagen är konstruerad med en djupare stigränna i mitten av fåran för att möjliggöra passage även under lågflöden. Elfisken har visat på en måttlig VIX-status men påverkas sannolikt av artförekomster av toleranta arter(t.ex. abborre, ål, mört, benlöja och sutare). Det finns dock en problematik kring utvärdering av VIX i anslutning till lugnvatten som till exempel sjöar och hav eftersom fångst av enstaka individer av toleranta arter som påverkar indexet negativt kan förekomma i högre utsträckning (Naturvårdsverket 2007).

Enligt erfarenheter från Falkenberg energi har ombyggnationen av Herting medfört förändringar i skötsel och drift i anslutning till fiskpassagelösningarna (Länsstyrelsen Halland, 2018). Efter åtgärderna har bortförsel av större träd och grenar minskat i omfattning på då de i stor grad spolas över överfallsdammarna eller leds vidare via β-avledaren flyktöppning. Underhållsarbetet har ökat med den installerade fiskräknaren där rengöring av skannerplattor och intilliggande

galler utförs regelbundet under säsong. Grindrensaren vid β-gallrets rensar effektivt bort löv och gräs men mindre grenar kan dock kilas fast mellan gallerlamellerna vilket grinrensaren har svårigheter att rengöra. Kompositgallrets profil och jämnhet medför dock att det är är lättare att ta bort iskristaller vid iskravning än för ett konventionellt stålgaller. Den dubbelt så stora arean på β- jämfört med det tidigare konventionella intagsgallret som var på plats vid H1 innan åtgärd har medfört att fallförlusten inte är större än tidigare. Klaffluckan vid flyktöppningen kan öppnas för att forsla ut träd, grenar och annat skräp vid β-gallrets. Virvelbildningar i anslutning till luckan och grinrensaren har dock medfört viss ansamling av sten och grus vilket får manuellt forslas bort. I Länsstyrelsens rapport tas flera rekommendationer av utformningen och drift av bland annat grindrensaren upp mer detaljerat.

3.2 NORRA ANUNDSJÖÅN - ANUNDSJÖ

Norra Anunsjööns delavrinningsområde, som är en del av Moälvens huvudavrinningsområde (nr 36), avvattnar ca 821 km^2 och ligger i Örnsköldsviks kommun, Västernorrlands län (Figur 92). Norra Anundsjööns medelvattenföring är 9,3 m^3/s (SMHI). Nedströms Norra Anundsjööns utlopp i Anundsjösjön sträcker sig Moälvens huvudfåra ca 35 km där den passerar tre större sjöar innan dess mynning i Örnsköldsviksfjärden, Bottenhavet. De största biflödena utöver Norra Anundsjöån är Södra Anundsjöån, som även den mynnar i Anundsjösjön, och den nedströms belägna Utterån. I Moälvens huvudfåra utgör Gottne kraftverk ett partiellt vandringshinder för uppströmsvandrande fisk och i Norra Anundsjöån har Anundsjö kraftstation, ca 5 km uppstörms Anundsjösjön, utgjort ett definitivt vandringshinder.



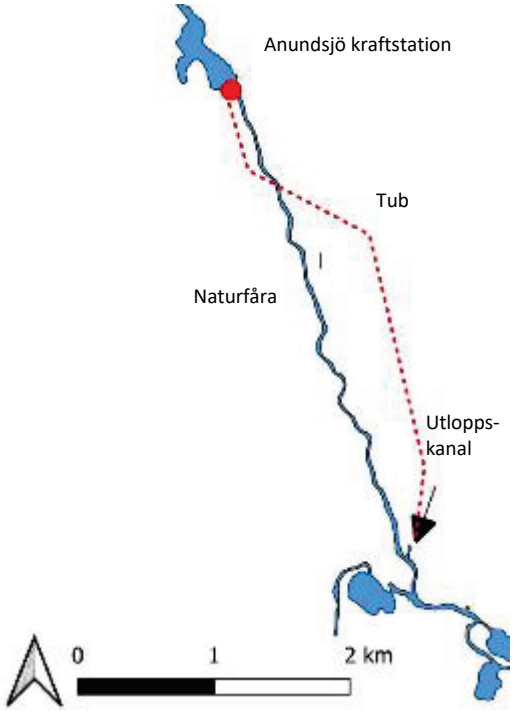
Figur 92. Norra Anundsjööns delavrinningsområde (grönmarkerat) i Moälvesd huvudavrinningsområde (vitmarkerat). Den röda pricken markerar Anundsjö kraftstations läge cirka 40 kilometer uppströms Moälvens utlopp Bottenhavet.

Anundsjö kraftstation

Anundsjö kraftstation (Tabell 11) togs i drift 1953 och är beläget drygt 4 km uppströms Norra Anundsjöåns sammanflöde med Södra Anundsjöån, ytterligare 1 km uppströms Anundsjösjön. (Figur 93). Turbinen är placerad 61 m under mark där vattnet från intagsdammen återförs till huvudfåran via en 4 km lång tub och en ca 180 m lång utloppskanal strax uppströms sammanflödesområdet med Södra Anundsjöån. Den ursprungliga älvfåran löper parallellt med tuben tills den slutligen når sammanflödesområdet vid turbinutloppet. Den ursprungliga älvfåran har utgjorts av en torrfåra och endast nyttjats för spill från intagsdammen. Minimitappning i den ursprungliga älvfåran under året varierar sedan 2015 mellan 0,25 – 0,8m³/s (Umeå Tingsrätt Deldom 2012-06-21). Uppströms Anundsjö kraftstation har fisken tillgång till lek- och uppväxtområden i den i övrigt outbyggda älven.

Tabell 11. Fakta om Anundsjö kraftstation

Anundsjö kraftstation **Ägare: Statkraft AB**	
Installerad effekt MW	5
Årsproduktion GWh/år	26
Regleringsamplitud damm m	0,5
Utbyggnadsvattenföring m³/s	10
Fallhöjd m	61



Figur 93. Områdeskarta över Anundsjö kraftstation. Den röda punkten markerar Anundsjö kraftverk och röd streckad linje tunneln som leder till turbinutloppet och sammaflödesområdet med den ursprungliga älvfåran.

Förekommande fiskarter

Delar av Moälven utgör natura 2000-område och är en fiskrik älv som hyser 26 ursprungliga arter i vattensystemet (Naturvårdsverket). Moälven samt de större biflödena har historiskt varit lek- och reproduktionsområden för lax och havsöring. Älven har dock påverkats negativt av olika mänskliga aktiviteter, bland annat flottledsrensning, och de sista bestånden försvann slutligen på 1950-talet på grund av syrebrist orsakat av föroreningar i mynningsområdet vid havet. I början av 2000-talet initierades LIFE-projektet ”Moälvsprojektet” som drevs av Örnsköldsviks kommun med syfte att återskapa och förbättra livsmiljöerna för bland annat lax och havsöring i Moälvens vattensystem (Naturvårdsverket). Biotopvårds- och konnektivitetsåtgärder utfördes därefter vid strömsträckor i Moälvens huvufåra samt Utterån. Utsättningar av lax- och havsöringsyngel i vattensystemet påbörjades dock redan 1993, och i Norra Anundsjöån 2013, med syfte att återetablera självreproducerande bestånd (Örnsköldsviks kommun, 2018). Yngelutsättningar har utförts fram till 2018 och kommer eventuellt fortskrida i Norra Anundsjöån där förutsättningar för etablering bedömts som goda (Örnsköldsviks kommun 2021).

3.2.1 Beskrivning av fiskapassagelösning och biotopvårdsåtgärd

För att förbättra förutsättningarna för lax och havsöring att nå lek- och reproduktionsområden i den ursprungliga älvfåran uppströms men även nedströms Anundsjö kraftstation genomfördes biotop- och konnektivitetsåtgärder i anslutning till kraftverket. Den restaurerade naturfåran och fiskpassagelösningarna togs i drift 2015. Bakgrunden var en omprövning av vattendomen från Kammarkollegiet där Statkraft AB blev ålagda att vid kraftstationen anlägga en naturlik faunapassage, nedströmsavledare samt utföra biotopvårdsåtgärder i torrfåran (hädanefter benämnd naturfåran). Åtgärderna är därmed ytterligare ett steg i att få ett naturligt reproducerande bestånd av lax och havsöring i Moälven där ett av målet från Örnsköldsviks kommun (2018) är att älven ska klassas som vildlaxälv.

Naturlik och teknisk faunapassage

Det ca 360 m långa omlöpet (Figur 94) och den knappt 20 m långa slitsrännan togs i drift i september 2015 efter ca 1,5 års anläggningstid. Omlöpet har dimensionerats för ett flöde mellan 0,25 – 0,8m^3/s . Enligt vattendom är minimitappningen 0,25 m^3/s under 6 okt – 15 juli och 0,8 m^3/s under 15 juli – 6 okt där flödet ökas till 0,5 m^3/s under 45 dagar vid smoltvandringsperioden. Den totala fallhöjden är ca 8,5 m vilket motsvarar en medellutning i omlöpet på ca 2 % och i slitsrännan på 7,4 %.

Omlöpets utlopp är beläget i naturfåran endast några meter nedströms utskovsluckorna i intagsdammen och de första 15 meterna utgörs av en brantare sektion med en lutning > 5 % och högre vattenhastighet. Normalt utgör flödet från fiskpassagen även hela flödet i naturfåran där utloppsriktningen, i det fall spill förekommer från utskovsluckorna, är riktad 90 grader i förhållande till flödesriktningen i naturfåran (Figur 95). Omlöpets ringlande stigränna sträcker sig genom en öppen mark med mindre buskar och träd (Figur 95). I omlöpets övre del strax nedströms slitsrännan har en fiskräknare (Vaki, Riverwatch, USA) installerats 2016. Fiskräknaren är i drift under perioden mitten av maj – mitten av oktober och omges av ett ”fiskräknarhus” som täcker hela fårans bredd (Figur 96).

Omlöpet binds samman med dammen via en ca 18 meter lång slitsränna vars inlopp ur dammen är beläget vid dess östra sida (Figur 97). Flödet regleras med en klafflucka som konstruerats för att ej kunna stängas helt och torrlägga fiskpassagen.

Nedströmsavledare

Den ursprungliga smoltavledaren med intilliggande fälla anlades först vid turbininloppet och utskovsluckorna men fick tas ur drift på grund av att de starka flödena pressade ner avledaren under ytan. Därför modifierades nedströmsavledaren för att avleda fisk via slitsrännan och vidare genom omlöpet till naturfåran. Ledarmen består av ett finmaskigt nät som sträcker sig från botten upp till ytan där översta halvmeter består av flytelement. Ledarmens nedre ände är beläget i anslutning till slitsrännans inlopp, i ett område med lugnflytande vatten (Figur 96 & Figur 97). Arbetet med utläggning tar normalt två dagar och ledarmen vinterförvaras i vattnet längs med östra stranden i dammen.

Figur 94. Anundsjö omlöp och sammanbindande slitsränna med dess utlopp som mynnar naturfåran strax nedströms intagsdammens utskovsluckor. Inloppet i slitsrännan är beläget vid dammens högra sida .

Figur 95. Omlöpets utlopp (t.h) i naturfåran och mittersta delen med synbara strömkontrollerande block placerade i mitten stigrännan. Omgivningarna består 5 år efter anläggandet främst av kal mark och alsly.

Figur 96. Omlöpets övre del som binds samman med dammen via slitsrännan. Fiskräknaren finns monterad inne i ”fiskräknarhuset” . I dammens synd flytelementen på nedströmsavledaren samt ytläns för skräpavledning.

Figur 97. Nedre (t.v) och övre (t.h) delen av slitsrännan med ledarmens nedre ände.

Naturfåra

Restaureringen av den ca 4 km långa naturfåran (Figur 98 & Figur 99) genomfördes 2014 under 3 – 4 månader. För att säkerställa funktion även vid minimitappning har en djupare del anlagts i mitten av fåran, enligt principen ”älv i älven”. Då sträckan sedan tidigare är flottledsrensad har mycket material under restaureringsarbetet i form av lekgrus och större block återvunnits från närområdet. Åtgärdsarbetet utfördes med grävmaskiner under ledning av fiskevårdssakkunnig från Öhmans fiskevårdsservice. Flödesregimen i naturfåran är densamma som i fiskpassagelösningarna, det vill säga en minimitappning på 0,25 m^3/s under 6 okt – 15 juli och 0,8 m^3/s under 15 juli – 6 okt med ökat flöde till 0,5 m^3/s under smoltvandringsperioden. För att öka anlockningen av lekvandrande fisk till den naturfåran vid sammanflödesområdet med kraftverkets utloppskanal tillkommer extra spill via utskovsluckorna, s.k ”klunkning” i dammen en timme varje tisdag och torsdag under 15 juli – 10 okt.

Figur 98. Sammanflödesområdet med naturfåran till vänster och kraftstationens utloppskanal till höger

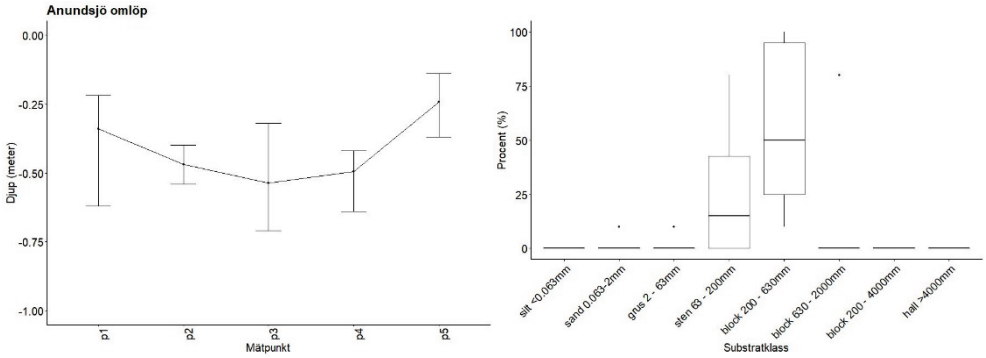
Figur 99. Den restaurerade naturfåran med högre flöde än normalt.

3.2.2 Inmätningar

I juni 2021 utfördes fältinmätningar i den naturlika faunapassagen och slitsrännan i innevarande projekt. Inom projektet utfördes ingen öring- och laxhabitatkartering i Anundsjö naturfåra då kraftverket var ur drift vid dagen för fältbesöket med följd att allt vatten tillfördes naturfåran. Detta försvårade habitatkarteringen ur både säkerhetssynpunkt samt för att ge en rättvis bild av de förutsättningar som normalt råder i naturfåran.

Naturlik faunapassage

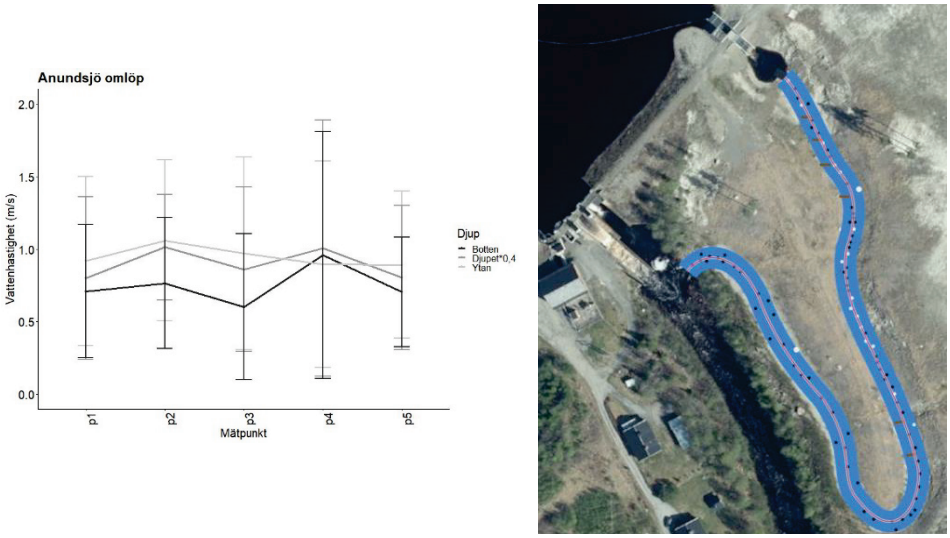
Inget lämpligt ställe fanns vid utskovet eller slitsrännan för inmätning av flöde, men mätningarna från fem transekter i stigrännan gav ett indikativt flöde på cirka 0,94 m^3/s. Medelbredden för Anundsjö omlöp var vid rådande flöde cirka 3,2 meter (min 2,7m max 4,3m) och medeldjupet var 0,42 meter (maxdjup 0,71) där de djupaste partierna återfanns i mitten av rännan (Figur 100). Det vanligaste bottensubstratet i Anundsjö omlöp var block (200 – 630 mm), följt av sten (63 – 200 mm) och enskilda större block (630-2000 mm). Även sand, grus och sten (0,063 – 63mm) observerades vid enstaka tillfällen (Figur 100). Bottenheterogeniteten, som redovisas som standardavvikelsen av mätningarna med heterogenitetsmätaren, var 7,9 centimeter.



Figur 100. Tvärsnitt av omlöpets fåra med medeldjup (t.v) och fördelning (median) av bottensubstrat (t.h) vid fem transekter. Spridningsmåttet anger min- och maxdjup respektive undre och övre kvartilen samt minimum och maximumvärde.

Vid karteringen av större block, vars funktion visuellt bedömdes vara strömkontrollerande strukturer, noterades 86 block mellan 630 – 2000 millimeter varav 16 var delvis över vattenytan (Figur 101). Även två större block mellan 2000 – 4000 millimeter noterades samt 6 stockar som blivit förankrade i stigrännan under 2020. Detta gav en täthet av block större än 630 millimeter på drygt 0,25 block per meter. I stigrännans översta halva noterades till största delen block i mitten av rännan där de främst var jämnt fördelade i strömriktningen. I stigrännans nedre halva noterades färre block jämfört med övre halvan där de samtidigt var mer oregelbundet placerade. Inga vilopooler eller mer lugnflytande sträckor noterades.

Den totala medelvattenhastigheten i Anundsjö omlöp var cirka 0,86 m/s där den högsta hastigheten som uppmättes var på knappt 2 meter per sekund. Medelvattenhastigheten vid ytan (0,95 m/s) var något högre jämfört med vid botten och 40 procent av djupet. Vid samtliga inmätta djup var vattenhastigheten jämnt fördelad i sidleds och skiljde sig därmed inte åt beroende på avståndet från stigrännans sidor (Figur 101). De lägsta medelhastigheterna återfanns vid botten och varierade här mellan 0,6 – 0,96 meter per sekund. Medelhastigheten närmare ytan varierade mellan 0,79 – 1,05 meter per sekund.



Figur 101. Medelvattenhastighet (±standardavvikelse) (t.v) från fem transekter uppdelat i tre djup i Anundsjö omlöp sett från ett tvärsnitt där p1 representerar omlöpets vänstra sida och p5 omlöpets högra sida (sett i strömriktningen). Den högra figuren visar en skiss över Anundsjö omlöp med utloppet överst och inloppet nederst med större block (>630 mm) som bedömts som strömkontrollerande strukturer. Vita prickar anger block som under karteringsstillfället delvis stack upp ovan vattenyta och svarta prickar block under vattenytan.

Slitsränna

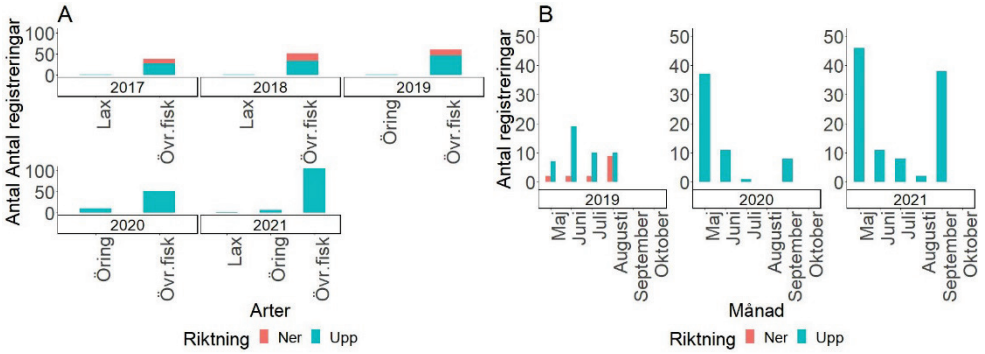
Slitsrännan mättes till totalt ca 18 meter lång med en fallhöjd vid mättillfället på cirka 1,3 meter och därmed en genomsnittlig lutning på cirka 7,4 procent. Slitsrännan består av 4 bassänger med varierande längd och fallhöjd där brantast lutning (14 %) återfanns vid de två bassängerna längst nedströms. Dessa två bassänger är 2,5 meter långa, har en bredd på 3,3 meter och var vid mättillfället cirka 1,2 meter djupa med en fallhöjd på 0,7 meter, det vill säga i medel 0,35 meter per bassäng. Flödesenergin genom den denna brantaste del beräknades till 437 W/m^3. Den resterande delen av slitsrännan uppströms mot dammen bestod av en längre bassäng (6,5 m) och en med samma dimensioner som de två längst nedströms. Här kunde inte fallhöjden vid respektive bassängerna mätas, och därmed inte flödesenergin beräknas, på grund av begränsad åtkomst och störningar i RTK mätaren.

3.2.3 Funktionsuppföljning fiskpassagelösning

Uppströmspassage

Totalt har 10 arter: Abborre, braxen, gädda, harr, lake, lax, regnbåge, sik, siklöja och öring registrerats från 2016 till 2021, då data till innevarande rapport inhämtades från Statkraft. Under 2017 – 2021 har det årligen skett ca 40 – 120 registreringar av upp- och nedströmsvandrande fisk (Figur 102A) med en stigande trend i antalet registrerad fisk. Registrering av fisk under 2019-2021 år skedde till

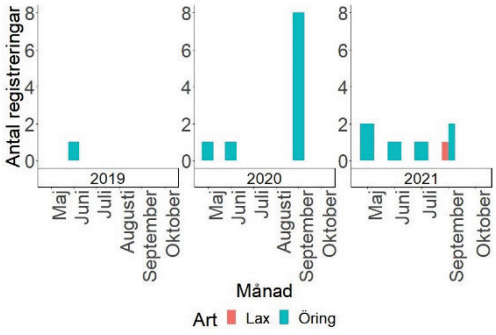
största del under de första två månaderna maj – juni (Figur 102B), undantaget 2021 då en stor del av registreringarna skedde under september.



Figur 102 Antal registreringar i fiskräknaren årsvis (Figur A) och månadsvis (Figur B) av upp- och nedströmsvandrande fisk i Anundsjö omlöp under 2017 –2021. Endast 2019 – 2021 redovisades registreringsdatum i datasetet och under 2020 – 2021 anges endast registrerad uppströmsvandrande fisk

Medellängden för samtliga registrerade uppströmsvandrande fiskar under båda åren var cirka 41 centimeter (SD = 18,7 min 24 max 75 cm) och nedströmsvandrande cirka 36 centimeter (SD = 13,7 min 24 max 111 cm). Ingen ytterligare information om frekvens, längder eller vandringsdatum fanns att tillgå för registreringar angivna som ”Övrig fisk”.

Endast tre uppströmsvandrande laxar har registrerats i fiskräknaren sedan färdigställandet av omlöpet 2016 och inga laxar har registrerats under åren 2018 – 2020. Totalt har 17 registreringar av uppströmsvandrande öring skett under de senaste tre åren (Figur 103) där medellängden varit 34,4 centimeter (SD 10 min 24 max 58).



Figur 103. Antal registreringar månadsvis i fiskräknaren av uppströmsvandrande öring 2017 –2021.

Nedströmspassage

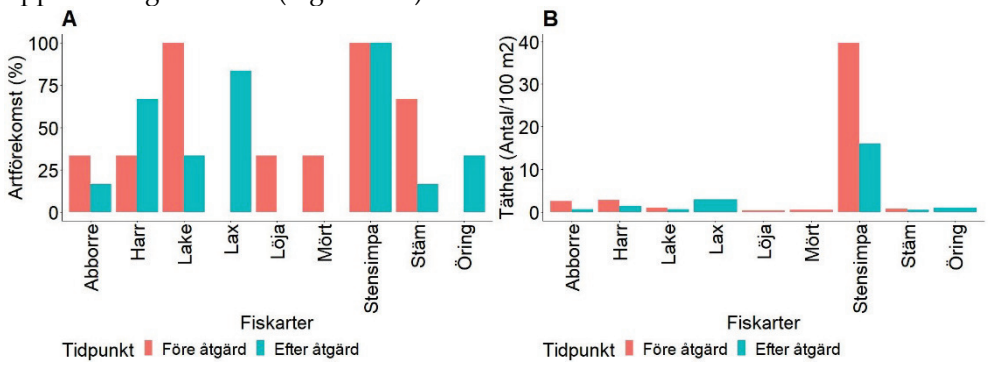
Nedströmsvandring av odlad laxsmolt vid Anundsjö kraftstation utvärderades inom EU-projektet ”FITHydro” under 2019 (Harby, A & Coeck, J., personlig kommunikation, 2018-08-18). Totalt 60 odlade laxsmolt följdes med akustisk telemetri där de sattes ut upp- eller nedströms kraftstationen. För smolt utsatta uppströms kraftverket var den totala passageffektiviteten förbi kraftstationen 0 % där ingen fisk avleddes av nedströmsavledaren via omlöpet. Smolten passerade istället Anundsjö via intaget till turbinerna (35 %) eller stannade kvar i dammen (65 %). Dödligheten för samtliga av dessa smolt var 100 procent då de endera avled i och med passage av kraftstationen eller blev utsatta för predation i dammen. Av smolten utsatta i naturfåran nedströms kraftverket simmade 50 % ned till sammanflödesområdet med turbinutloppet. Ingen av dessa tog sig dock vidare ut hela vägen till havet.

Förutom låg avledande funktion kunde studien även visa att nedströmsavledaren, tillsammans med den uppströms liggande ytlänsen, ökade fördröjningen i

dammen. Av de smolt utsatta i naturfåran strax nedströms kraftstationen vandrade hälften ned till sammanflödet med utloppskanalen. Vandringshastigheten var för denna grupp låg, i medel endast cirka 75 meter/timme, vilket var betydligt lägre än för smolten återutsatta uppströms kraftstationen som vandrande knappt 500 meter/timme.

3.2.4 Funktionsuppföljning naturfåran

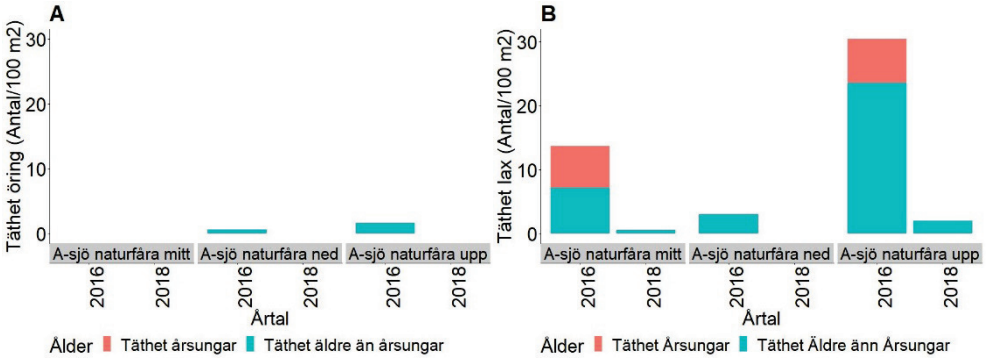
I Anundsjö naturfåra har elfisken utförts på tre elfiskelokaler under två år sedan naturfåran biotoprestaurerades 2015 och en ny flödesregim implementerats. Naturfåran fiskades även året innan biotoprestaureringen genomfördes vid tre närliggande elfiskelokaler. Både öring och lax har fångats efter åtgärd där lax nästan fångats vid samtliga elfisketillfällen (Figur 104A) Andra arter som ofta utgjorde en del av fångsten var stäm, lake, harr och stensimpa där den senare uppvisat högst tätheter(Figur 104B).



Figur 104 Artförekomst (Figur A), dvs andel (%) av samtliga elfisketillfällen respektive art fångats vid, samt mediantäthet (Figur B) för fiskarter fångade i Anundsjö naturfåra mellan 2014 - 2018. Både före och efter åtgärd utfördes elfisken vid tre elfiskelokaler.

Lax- och öringtätheter

Efter åtgärd uppvisar Anundsjö naturfåra öring i lägre frekvens än förväntat med låga mediantätheter vid de två elfisketillfällen som gett fångst (Figur 105A) (Sers m.fl. 2012). Lax är fångad i förväntad frekvens med låga mediantätheter, även om normala tätheter också varit förekommande. Mediantätheten har för de elfisketillfällen som gett fångst varit 1,1 öringar/100m^2 och 10 laxar/100m^2 (Figur 105B)



Figur 105. Tätheter av öring (Figur A) och lax (Figur B) (0+ samt >0+) per 100 m² för samtliga fisken vid tre elfiskelokaler i Anundsjö naturfåra under 2016 och 2018. Ingen öring eller lax fångades vid elfiskenaföre åtgärd 2014.

Vix – värdet (vattendragsindex) har för samtliga elfisketillfällen efter åtgärd beräknats till 0,461, det vill säga måttlig VIX-klass (0,466-0,274) även om klassningen gränsar till god (>0,467).

3.2.5 Kostnader

Kostnader har sammanställts med hjälp av Statkraft AB. Investeringskostnaden för biotopvårdsarbetet i naturfåran uppgick till ca 1 Mkr och för fiskpassagelösningarna ca 20 Mkr Inga uppgifter över produktionsbortfall till följd av den nya minimitappningen har erhållits.

Investeringskostnad

Den största delen av investeringskostnaden bestod av entreprenadkostnader (ca 19,6 Mkr) där den slutliga kostnaden blev cirka 15 procent dyrare än offererat pris vid upphandlingen. Fiskpassagelösningarna stod för största delen av entreprenadkostnaden (cirka 18,6 Mkr) och naturfåran för cirka 1 Mkr. Ingen mer detaljerad kostnadsfördelning för de olika fiskpassagelösningarna fanns att tillgå.

Löpande kostnad

Löpande kostnader beräknas av Statkraft årligen uppgå till cirka 0,2 – 0,3 Mkr och inkluderar drift och underhåll av räknare, veckorapport rensning av skräp i omlöp med mera. I den löpande kostnaden inkluderas inte produktionsförlust vilket ingen uppgift fanns att tillgå.

3.2.6 Diskussion och erfarenheter

Investeringskostnaden för samtliga åtgärder vid Anundsjö kraftstation uppgick till ca 21 Mkr och är ytterligare ett steg i att få ett naturligt reproducerande bestånd av lax och havsöring i Moälven. Ett av förvaltningsmålen från Örnsköldsviks kommun är att älven ska klassas som vildlaxälv med ett slutligt lekbeståndsmål av lax på knappt 2000 individer, varav 1200 i Norra Anundsjöån (2018). Resultatet av fiskvandringen vid Anundsjö kraftstation visar dock att antalet uppströmsvandrande laxar i omlöpet är få och nedströmsavledaren har en bristfällig avledande funktion nedströmsvandrande smolt. Åtgärderna vid

Anundsjö kraftverk följer rekommendationen om fiskpassage i både upp- och nedströms riktning vid kraftverk (Calles m.fl., 2013).

Resultaten från fiskräknaren visar att endast ett 60-tal fiskar årligen passerar omlöpet och endast tre laxar mellan 2017 – 2021 där öring emellertid utgjort en stor del av registreringarna. Konnektivitet i uppströms riktning vid Anundsjö kraftstation, med utgångspunkt för vandringsbenägna fiskarter, kan dock konstateras ökat från innan åtgärd till efter. Totalt har sju fiskarter som karakteriseras som vandringsbenägna fiskarter (HVMFS 2019:25) observerats vid fiskräknaren. Därmed har totalt 70 procent av samtliga vandringsbenägna fiskarter som sannolikt förekommer uppströms Anundsjö omlöp och i naturfåran passerat fiskräknaren. Telemetristudien på nedströmsvandrande odlad laxsmolt visade på en bristfällig avledande förmåga hos nedströmsavledarens där ingen smolt avleddes till slitsrännans inlopp och vidare genom omlöpet. Samtidigt orsakade predation i dammen och passage av kraftverket en dödlighet för dessa fiskar på 100 %. Elfisken i naturfåran visade på låga tätheter av lax och öring. Sannolikt kan dessa laxar härröra från yngelutsättningar då ingen reproduktion i naturfåran ännu observerats (Angela Odelberg, Statkraft, personlig kommentar 2021-06-15).

Omlöpet följer de rekommendationer för utformning av omlöp avseende lutning, djup och flöde (SLU, 2020) där drygt 8 % av medelvattenföring går via omlöpet. Erfarenheter från Statkrafts driftpersonal visar att omlöpet är i princip underhållsfritt där rondningen varje vecka i huvudsak utgörs av rengöring av fiskräknaren. Slitsrännan, som binder samman omlöpet med intagsdammen, hanterar vattennivåvariationen i intagsdammen och rekommenderas vid denna typ av förutsättning (Calles m.fl. 2013). Vid projektets inmätningar visade sig fallhöjd mellan bassängerna, lutning och energiflödet i slitsrännans två nedströms belägna steg var något högre än gällande rekommendationer (HAV 2021). En erfarenhet vid anläggandet av fiskpassagelösningarna var att konsultera sakkunniga biologer inom området även vid mer tekniska delar (Angela Odelberg, Statkraft, personlig kommunikation, 2021-09-25). Naturfåran är utformad med ett djupare parti i mitten av fåran för att säkerställa funktion även vid minimitappning.

Orsakerna till de fåtaliga laxar som passerat Norra Anundsjö kan vara flera men är vid nuvarande kunskapsläge svårt att fastställa. En orsak kan vara att omlöpet är svårpasserbart för lax, även om det förefaller mindre sannolikt då de viktigaste rekommendationerna gällande utformning och placering uppfyllts. En eventuell anlockningseffekt vid kraftstationens utloppskanal, där normalt merparten av vattnet rinner, kan leda till mindre fiskuppgång och fördröjning till naturfåran. Längre nedströms i Moälven finns dessutom ett partiellt vandringshinder vid Gottne kraftverk och fisken kan utöver Norra Anundsjöån välja att vandra upp i andra biflödena som Utterån och Södra Anundsjöån. För nedströmsvandrande smolt försvårar sannolikt inloppets placering, där området karakteriseras av lugnflytande vatten och vegetation, avledningen då nedströmsvandrande smolt i regel följer huvudströmmen.

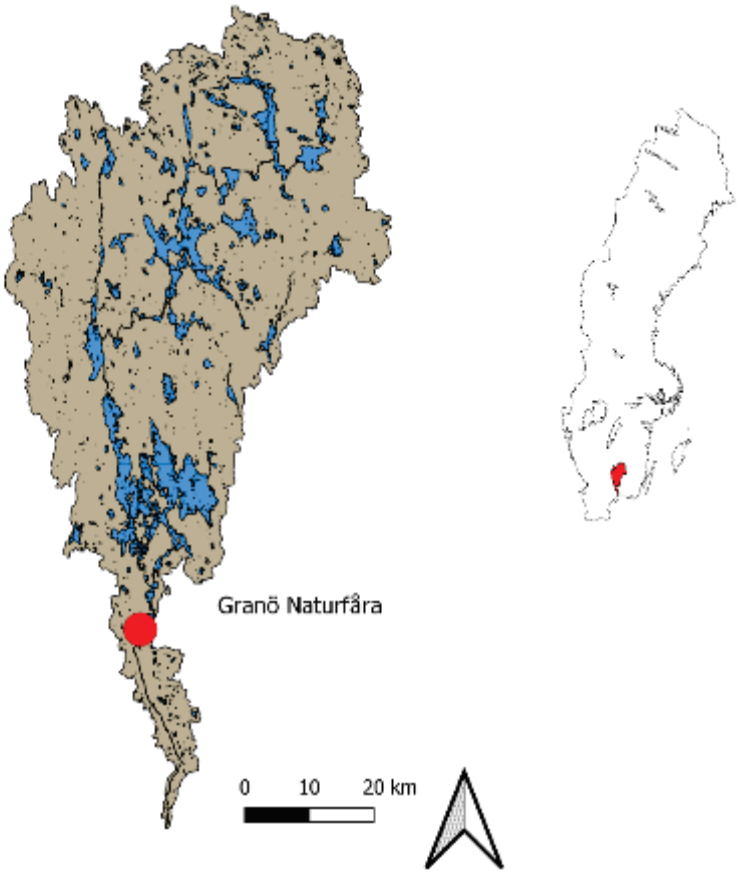
Kunskapsbristen gällande passage- och attraktionseffektivitet i omlöpet skulle sannolikt förbättras genom till exempel telemetristudier som även skulle kunna visa på eventuell anlockning vid turbinutloppet och passageproblematik längre

ned i vattensystemet. För att förbättra nedströmsvandringen för smolt skulle den ursprungliga smoltfällan i anslutning till turbininloppet och utskovsluckorna användas fast nu med en modifierad ledarm (Harby, A & Coeck, J., personlig kommunikation, 2018-08-18). Nedströmsvandrande laxsmolt visade sig dessutom ha en låg vandringshastighet i naturfåran, något som skulle kunna åtgärdas med högre minimitappning under smoltvandringssäsong (Harby, A & Coeck, J., personlig kommunikation, 2018-08-18) Vanligen sammanfaller dock smoltvandringen med högre flöden varför flödet i naturfåran ofta är högre än nuvarande minimitappning.

4 Exempel – Biotopvårdsåtgärder

4.1 MÖRRUMSÅ - GRANÖ

Mörrumsåns huvudavrinningsområde (nr 86) avvattnar cirka 3369 km^2 och ligger främst i Kronobergs län och till mindre del även i Blekinge och Jönköpings län (Figur 106). Mörrumsåns 186 km långa huvudfåra passerar flera stora sjöar, bland annat Åsnen, och ett antal biflöden ansluter längs vägen. Mörrumsåns medelvattenföring är ca 25 m^3/s (SMHI) och åns nedre delar i Blekinge län karakteriseras av höga naturvärden och innehar stora arealer lek- och uppväxtområden för havsvandrande fisk. Från Mörrumsåns utlopp i södra Östersjön upp till Fridafors, drygt 3 mil uppströms utloppet och ca 3 km nedströms Granö kraftstation, har havsvandrande fisk de senaste hundra åren haft möjlighet att passera 3 kraftverk via installerade fiskpassagelösningar.



Figur 106. Mörrumsåns huvudavrinningsområde med position av Granö naturfåra drygt 3 mil norr om utloppet i Södra Östersjön.

Granö kraftstation

Granö kraftverk (Tabell 12) har varit i drift sedan 1959 och är beläget drygt 3 mil norr om Mörrumsåns utlopp i södra Östersjön. Vatten till kraftstationen leds via en ca 1,3 km lång intagskanal från intagsdammen strax nedströms sjön Åsnen. Parallellt med intagskanalen löper den ca 2,6 km långa ursprungliga åfåran som sedan kraftstationen uppbyggnad använts som spillfåra med en minimitappning på ca 50 l/s (Figur 107). I fåran byggdes sex st grunddammar för att upprätthålla vattenytor i den torrlagda fåran. Både dammen och kraftverket utgör ett definitivt vandringshinder för uppströmsvandrande fisk (Bergsten m.fl. 2013).

Figur 107. Granö kraftstation (röd punkt) och ungefärlig sträckning av den ursprungliga älvfåran från intagsdammen ned till sammanflödesområdet med turbinutloppet

Tabell 12. Fakta om Granö kraftstation

Granö Kraftstation **Ägare: Sydkraft Hydropower AB**	
Installerad effekt	8,8
Årsproduktion GWh/år	31,5
Regleringsamplitud damm	-
Utbyggnadsvattenföring m^3/s	60
Fallhöjd	18,5

Förekommande fiskarter

Mörrumsåns hyser bestånd av bland annat elritsa, färna, id, lax, sandkrypare, gers, gädda, abborre, sik, löja, mört, bergsimpa, lake, sutare, vimma , ål och öring (Nöbelin 2004). Det finns även bestånd av rödlistade musselarter, bland annat tjockskalig målarmussla. Mörrumsån är ansedd som södra Sveriges viktigaste laxälv och beräknas stå för nästan hela den årliga smoltproduktionen i området Södra Östersjön (ICES, 2020). Sannolikt har laxen historiskt vandrat upp till sjön Åsnen till lek- och reproduktionsområden innan ett kraftverk i Fridafors uppfördes i slutet av 1800-talet (Bergsten m.fl. 2014). Sedan dess har lax och öring haft tillgång till lek- och reproduktionsområden i de nedre delarna av Mörrumsån och inga lax- eller havsöringsbestånd har därefter funnits över Fridafors nedre kraftverk. I början av 2000 och 2020 har ytterligare biotop- och konnektivitetsåtgärder i form av bland annat en dammutrivning och nya fiskpassagelösningar utförts mellan Granö kraftstation och Mörrumsåns mynning vilket ökat tillgängliga arealer för havsvandrande fisk.

4.1.1 Beskrivning av Biotopvårdsåtgärd

Övergripande beskrivning

I och med att konnektivitetsåtgärder i Mörrumsån nedströms Granö kraftstation utförts under senare år omprövades gällande vattendom 2014 av Mark- och miljödomstolen. Detta med anledning av latenta villkor i domen som trädde i kraft då havsvandrande fisk åter kan ta sig upp till Granö kraftverk. I beslutet (Mål

1069-12) meddelades att biotopförbättrande åtgärder i Granö naturfåra för havsvandrande lax och havsöring ska genomföras samt en tappnings- och flödesregim tas fram. Efter att biotopvårdsåtgärderna utförts 2017 har provtappningar vid olika flöden mellan 2,3 –9,5 m^3/s utförts (EKOM AB, 2019) och förslag till ökad minimitappning tagits fram. Med stöd av detta skall en ny minimitappning och flödesregim i naturfåran beslutas av Mark- och Miljödomstolen, något som vid innevarande projekts slutpunkt ännu inte fastställts utan avvaktas i väntan på prövning enlig NAP. Sedan hösten 2020 har dock en ökad minimitappning på ca 2,6 m^3/s i naturfåran påbörjats i avvaktan på prövning.

Biotopvårdsåtgärd

Utrivningen av de sex grunddammarna och restaurering av respektive område samt andra fysiskt påverkade områden i den ca 2,6 km långa naturfåran (Figur 108) genomfördes under hösten/vintern 2017, och finns detaljerat beskrivna i Emåförbundets rapport från 2017. Efter utrivningen har naturmaterial från grunddammarna och tidigare upprensat material återanvänts för att optimera lek- och uppväxtområden för lax och öring. Vid sammanflödesområdet med kraftverkets utloppskanal har åtgärder för att förbättra anlockningen till naturfåran utförts där stenmassor i området schaktats bort för att öka hastigheten på lockströmmen från naturfåran. En del av de bortschaktade stenmassorna sorterades ut och återanvändes därefter som lekgrus på sträckor uppströms. Ett omfattande arbete har även utförts för att öppna upp avstängda sidofåror och kvillområden (Figur 109). Stor hänsyn har tagits till kulturmiljöer som pekats ut av länsstyrelsen vilket resulterat i att vissa lokaler restaurerats mer försiktigt och att vissa rensningsmassor lämnats orörda avsiktligt. Totalt har restaureringsarbetet pågått under två månader med bandgående grävmaskin under överseende av fiskevårdssakkunnig från Emåförbundet och i dialog med uppdragsgivaren.

Figur 108. Nedre delarna (t.v) och övre delarna av Granö naturfåra vid ett flöde på ca 2,6 m^3/s.

Figur 109. Öppnade sidofåror och kvillområden vid Trötte holme i Granö naturfåra vid ett flöde på ca 2,6 m³/s.

En av förutsättningarna för arbetet har varit att inte förändra ursprungliga bestämmande trösklar och sektioner i fåran som förändrar förutsättningar som lutning och vattenhastighet (Figur 110). Då restaureringsarbetet utfördes vid rådande minimitappning om ca 500 l/s genomfördes två provtappningar på ca 4-5 m³/s i åfåran under arbetets gång för att underlätta att se resultatet av restaureringen. Provtappningarna resulterade i kompletterande arbeten främst vid grunddammarna som visade sig ha en fortsatt indämmande effekt.

Inom utredningsarbetet har olika förslag på tappnings- och flödesregimer tagits fram som stöd för ny minimitappning i naturfåran som skall beslutas av Mark- och Miljödomstolen. Flödessimuleringar och provtappningar på flöden mellan 2,3 – 9,5 m³/s har genomförts där arealen uppväxtområde för lax och havsöring beräknats utifrån de olika flödena. Samtidigt har olika ekologiska flödesmodeller baserat på olika minimitappningar tagits fram där flödet fluktuerar på ett naturliknande sätt under året.

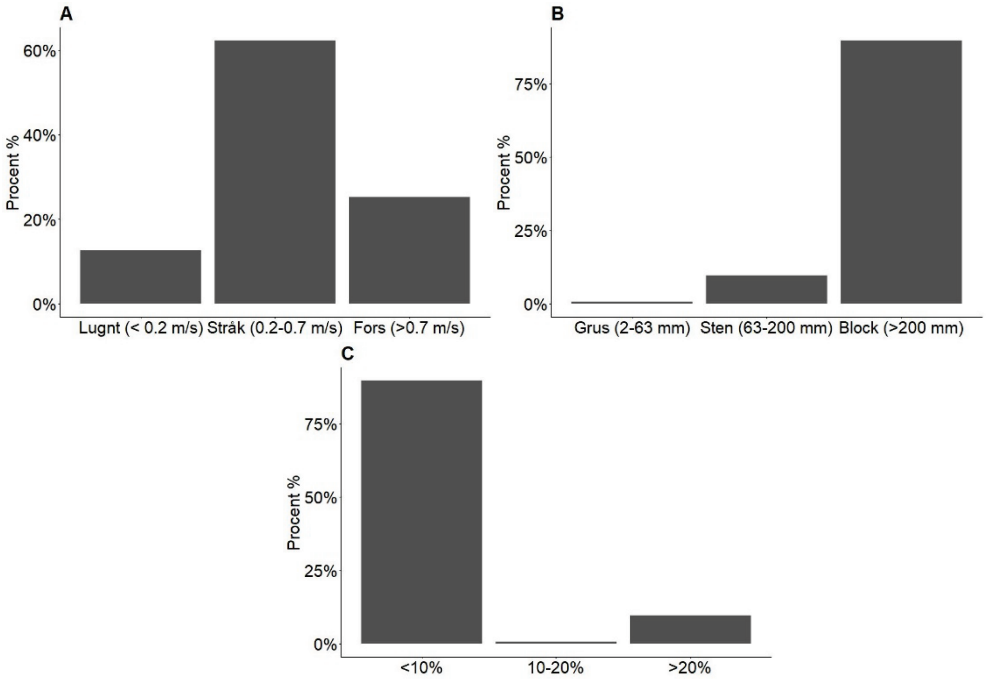
Figur 110. Tidigare grunddamm med nuvarande bestämmande tröskel (t.v) och forsen strax nedströms (t.h) vid ett flöde på ca 2,6 m³/s.

4.1.2 Inmätningar

I innevarande projekt karterades den restaurerade naturfåran vid ett tillfälle, våren 2021, med huvudsyftet att beskriva naturfårans lämplighet som uppväxtområde för öring och lax. Vid karteringstillfället var flödet cirka 2,6 m³/s, säga i enlighet med det lägsta flödet under året i tappningsplanen från Sydkraft Hydropower AB. Vid karteringstillfället karterades huvuddelen av de lämpliga lax- och öringhabitat i naturfåran men karteringen var inte heltäckande. Fler lämpliga sträckor fanns

framförallt annat längre söder om Trötte Holme samt på västra sidofåran av Trötte Holme.

Vid habitatkarteringen delades naturfåran upp i totalt tolv delsträckor där en sådan sträcka utgjordes av ett sammanhängande parti med liknande egenskaper med avseende på vattenhastighet, lutning och våt bredd. Vid varje delsträcka mättes djup, hastighet, bredd, bottensubstrat, beskuggningsgrad och lutning in varje meter längs en tvärgående transekt. Den vanligaste dominerande vattenhastigheten under karteringen våren 2021 var ström eller stråk (Figur 111A), dominerande substratet var block över 200 mm (Figur 111B) och beskuggningsgraden var mestadels under 10 procent Figur 111C). Den totala längden för samtliga karterade delsträckor, det vill säga huvudfåran samt sidofåror, uppgick till cirka 1150 meter och dess uppmätta areal till cirka 2,5 hektar. Den totala fallhöjden från dammen till sammanflödet med kraftstationens utloppskanal var 10,8 meter. Medellutningen på hela sträckan var cirka 1,2 % och delsträckornas lutning varierade mellan 0,2 – 2,15 %.



Figur 111. Vattenhastigheter (Figur A), procentuell täckningsgrad av bottensubstrat (Figur B) och procentuell beskuggningsgrad i Granö naturfåra vid habitatkartering våren 2021.

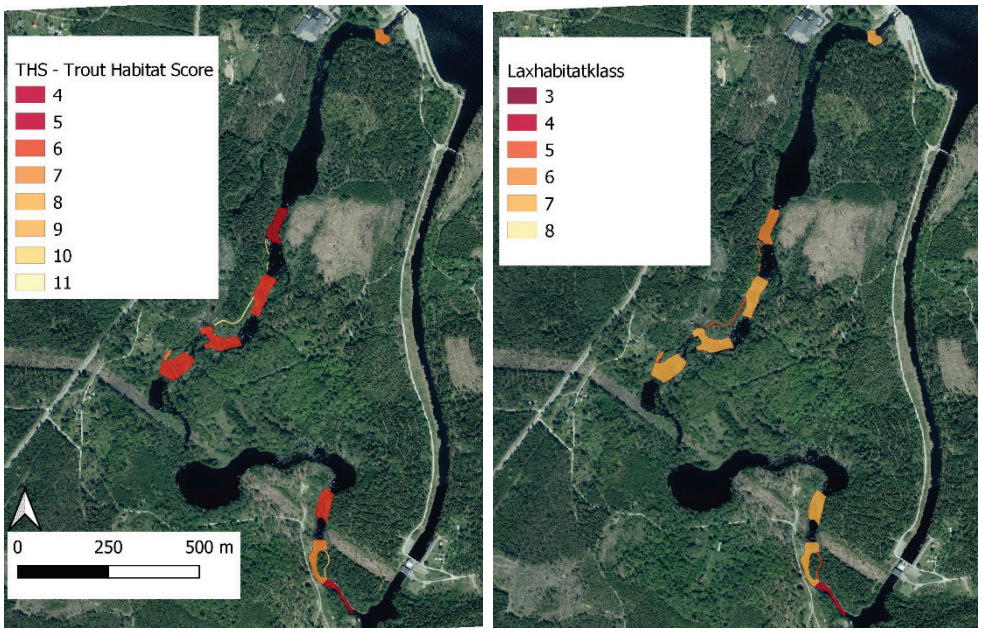
Trout Habitat Score

De inmätta fysiska parametrarna från karteringen användes för att klassificera öringhabitat i en tolvgradig skala (THS - trout habitat score) och laxhabitat i en åttagradig skala för respektive delsträcka, det vill säga delsträckornas lämplighet som uppväxtområde för öring och lax (Pedersen et.al 2017, Degerman & Spjuth, 2021).

Av de tolv delsträckorna bedömdes samtliga utom två till THS ≥ 6 (d.v.s. lämpligt öringhabitat) vilket motsvarar en areal på cirka 2 hektar (Figur 112A). De delsträckor som bedömdes bäst lämpade som uppväxtområde för öring i

naturfåran var sidofårorna runt Trötte holme samt sidofåran runt den längst nedströms belägna ön. Samtliga sidofåror erhölls ett THS ≥ 10, vilket karakteriserar hög lämplighet som öringhabitat.

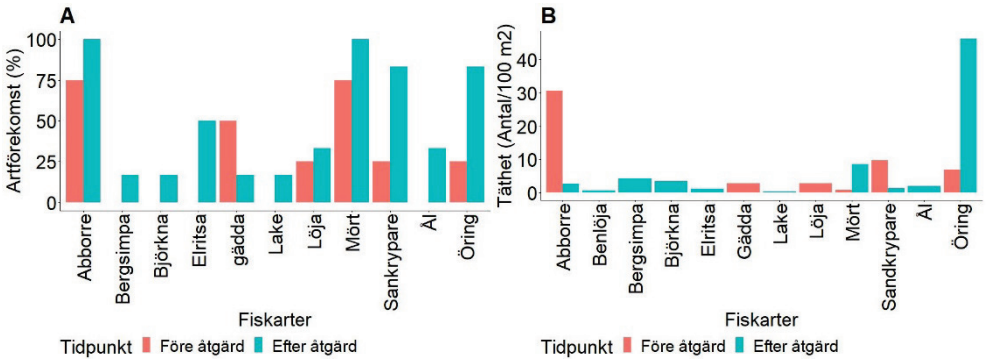
Samtliga delsträckor förutom en bedömdes till laxhabitatklass ≥ 5 (d.v.s. lämpligt laxhabitat) vilket motsvarar en areal på cirka 2,4 hektar (Figur 112 B). De delsträckor som bedömdes bäst lämpade som uppväxtområde för lax återfanns samtliga i huvudfåran, medan sidofårorna jämförelsevis erhölls en något lägre lämplighet.



Figur 112 Granö naturfåra uppdelad i tolv delsträckor med respektive öringhabitatkvalité (THS – Trout Habitat Score) och laxhabitatklass som beräknats utifrån öring- och laxhabitatkarteringen våren 2021 (Foto: Lantmäteriet).

4.1.3 Funktionsuppföljning

De nedre delarna av Granö naturfåra elfiskades vid fyra tillfällen före åtgärd, mellan 2007 – 2013, samt under hösten 2020, det vill säga i samband med att biotoprestaureringen slutfördes och minimitappning tillämpades i naturfåran. Under 2021 skedde ytterligare elfisketillfällen på nya elfiskelokaler lokaliserade längre uppströms från dammen ned till de nedre delarna av fåran. Öring har fångats vid nästan samtliga elfisketillfällen efter åtgärd samt är även den art som uppvisat högst tätheter (Figur 113A & B). Andra arter som ofta utgjorde en del av fångsten var mört sandkrypare och abborre. Ingen lax fångades.



Figur 113. Artförekomst (Figur A), dvs andel (%) av samtliga elfisketillfällen respektive art fångats vid, samt mediantäthet för fiskarter fångade i Granö naturfåra (Figur B). Före åtgärd var elfiskelokalerna lokaliserade till torrfårans nedre delar och efter åtgärd fördelat från naturfårans nedre delar upp till dammen.

Öringtätheter

Preliminära siffror från 2021 års elfiske, det vill säga ett år efter slutförd åtgärd, visade att Granö naturfåra uppvisar höga mediantätheter av öring (Sers m.fl. 2012). Tätheten av öring har därmed ökat sedan åtgärderna i Granö naturfåra slutfördes och mediantätheten uppgick 2021 till cirka 46 öringar/100m^2 (min 0 max 89). Variationen mellan de tre elfiskelokalerna var dock stor och sträcker sig mellan avsaknad av öring längst upp i naturfåran vid dammen till väldigt höga tätheter i dess nedre delar. Ytterligare uppföljande elfisken är planerade att utföras under 2022 och 2023.

Ingen beräkning för rekryteringsstatus för öring eller sammanställning av VIX-värden har funnits tillgänglig då endast preliminära elfiskeresultat efter åtgärd fanns tillgängligt.

4.1.4 Kostnader

Kostnader har sammanställts med hjälp av Sydkraft Hydropower AB. Investeringskostnaden för biotopvårdsarbetet i Granö naturfåra uppgick till ca 3 Mkr. Inga uppgifter över produktionsbortfall till följd av minimitappning har erhållits. Förstudiens kostnadsuppskattning för en minimitappning på 2,3 m^3/s var cirka 1,6 Mkr.

Investeringskostnad

Den största delen (1,6 Mkr) av investeringskostnaden bestod av förstudier med utförda provtappningar, flödessimuleringar och biotopvårdsplan. Resterande delar av investeringskostnad bestod av entreprenadkostnaden för utrivningen av spegeldammar och restaurering av fåran (ca 0,58 Mkr) samt tillståndsprocess (0,38 Mkr) och intern arbetskostnad (0,37 Mkr). Inga kostnader för driftstopp i samband med åtgärderna i naturfåran uppstod. Eftersom kraftverket kunde vara i drift under tiden.

Löpnade kostnader

Inga uppgifter över underhåll i naturfåran och produktionsbortfall till följd av minimitappning har erhållits. Detta beroende på åtgärden nyss har påbörjats och att domen ännu inte har vunnit lagakraft och därmed är bland annat minimitappningen inte fastställd. Oavsett vilken minimitappning som slutligen tillämpas innebär det kostnader för minskad produktion.

4.1.5 Diskussion och erfarenheter

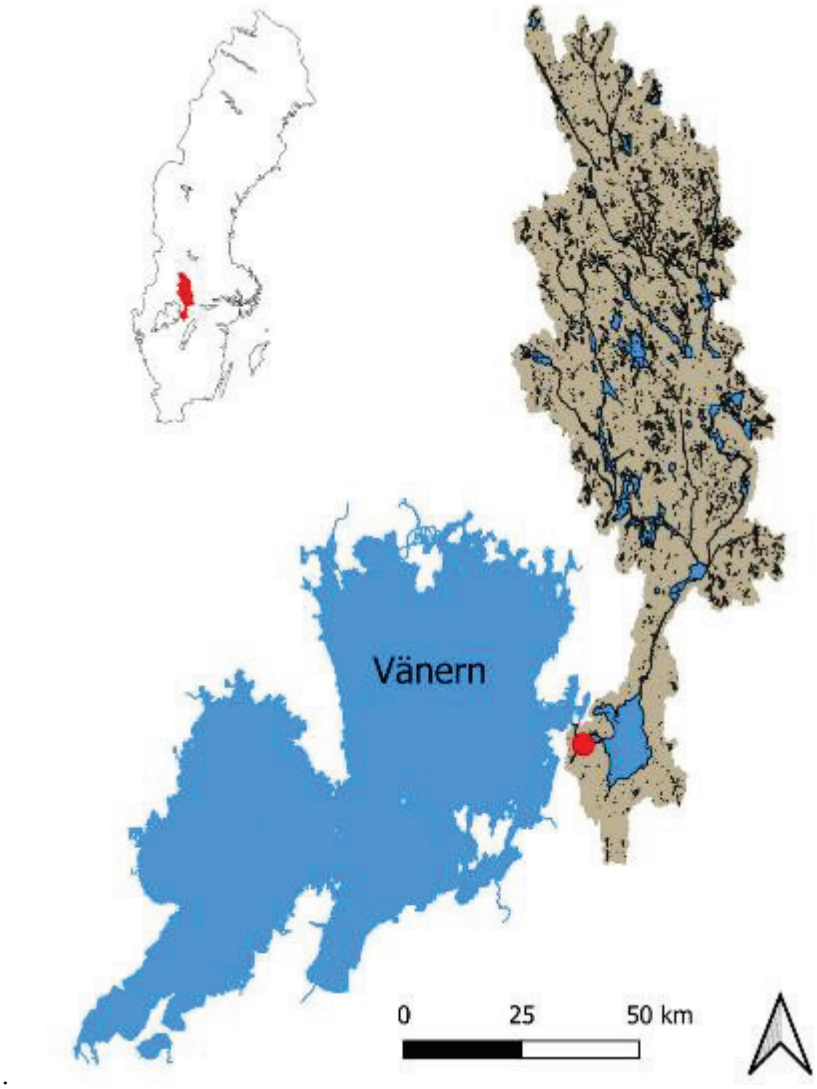
Åtgärderna i Granö naturfåra utfördes till en investeringskostnad på 2,93 Mkr och har utförts med anledning av latenta villkor i vattendomen som trädde i kraft då havsvandrande fisk åter kan ta sig upp till Granö kraftverk. Restaureringen har resulterat att grundammarnas dämmande effekter har tagits bort och mellan 2,5 – 4 ha strömmande lax- och öringhabitat har återställts. Redan ett år efter åtgärd konstaterades öring i mittersta och nedre delarna av fåran, vid det senare dessutom i höga tätheter. Resultatet kommer utvärderas under kommande år genom standardiserade elfiskeundersökningar för att följa återkoloniseringen av lax och öring.

Reproduktion i naturfåran av havsöring har sannolikt skett redan första året som havsvandrande fisk haft möjlighet att nå Granö naturfåra. Att det är havsvandrande öring styrks av observationer av passerande havsöring i omlöpen vid Fridafors kraftverk. I de nedre delarna av naturfåran observerades väldigt höga tätheter av öring under elfisketillfället 2021. Tätheterna avtog sedan ju längre uppströms i naturfåran elfiskelokalen var belägen för att sedan utebli strax nedströms intagsdammen. Ingen laxreproduktion har ännu konstaterats ett år efter slutförd åtgärd.

Genom simuleringar och provtappningar analyserades arealen uppväxtområde vid olika flöden mellan 2,6 – 9 m^3/s. Den potentiella arealen uppgick i dess analyser till mellan 4,0 – 6,0 ha och bör bedömas som ett maxvärde för aktuell vattenföring då modellen antagit att lämpligt bottensubstrat förekommit på samtliga sträckor. Vid en vattenföring på 2,3 m^3/s, dvs liknande som vid karteringstillfället i innevarande projekt, beräknades lämpligt habitat till ca 4 ha. Habitatkarteringen i innevarande projekt gav något lägre lämpliga lax- och öringhabitatarealer, ca 2,5 hektar, än vad tidigare års utredningar med simuleringar och provtappningar. I projektet var dock karteringen inte heltäckande och bedömningsgrunden för habitatkvalité olikt jämfört med tidigare. Således är slutsatsen att vid flöden kring 2,6 m^3/s återfinns det mellan 2,5 – 4 hektar lämpliga lax- och öringhabitat i Granö naturfåra. En kompletterande habitatkartering bör ge ytterligare en mer heltäckande bild.

4.2 GULLSPÅNGSÄLVEN - GULLSPÅNG

Gullspångsälvens delavrinningsområde avvattnar cirka 5040 km² och rinner efter källflödena i Värmlands och Dalarnas län till stor del inom Örebro län för att slutligen mynna i Västra Götalands län (Figur 114). Gullspångsälvens medelvattenföring är ca 65,5 m³/s (SMHI). Inom vattensystemet finns flera stora sjöar med den största till ytan, Skagern, lokaliserad drygt 5 km uppströms Gullspångsälvens mynning i Vänern. Uppströms Skagern delar sedan vattensystemet upp sig i allt fler sjöar och stora biflöden som historiskt utgjort lek- och uppväxtområden för älvens unika lax- och öringbestånd. I Gullspångsälvens nedre delar återfinns de enda kvarvarande lek- och reproduktionsområdena i form av Lilla och Stora Åråsforsen samt naturfåran vid Gullspångs kraftstation, beläget strax nedströms Skagern.



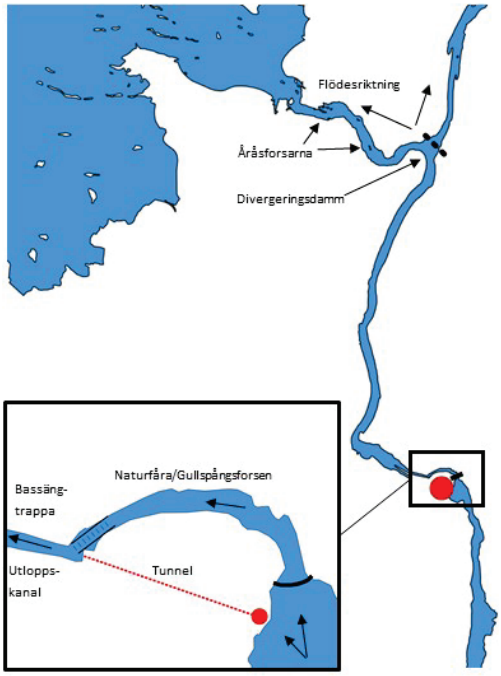
Figur 114. Gullspångsälvens delavrinningsområde. Den röda pricken markerar Gullspångs kraftstations läge cirka 5 kilometer uppströms Gullspångsälvens utlopp i Vänern.

Gullspångs kraftstation

Gullspångs kraftverk (Tabell 13) har varit i drift sedan början av 70-talet och ersatte ett tidigare kraftverk som togs i drift 1906. Kraftverket är beläget drygt 5 km uppströms Gullspångsälvens utlopp i Vänern. Vatten till kraftstationen leds från Skagern och kraftverket utnyttjas som ett reglerkraftverk. Parallellt med kraftverkets tunnel och turbinutlopp löper den ca 350 meter långa naturfåran som delvis utgörs av den ursprungliga älvfåran (Figur 115). När kraftverket inte körs måste dock, enligt Vänersborgs tingsrätt dom 2005 (Mål 3836-04), minimitappningen på 9 m^3/s släppas genom eller förbi kraftverket. Domen fastställde även att 3 m^3/s ska fördelas till den tidigare torrlagda naturfåran. Korttidsreglering får inte ske under perioden 20 april – 19 augusti och tappningsändring får endast ske 1 gång per vecka under denna tid. Gullspångsälvens utlopp utgörs av två fåror varav en utgörs av den ursprungliga älvfåran och den andra av en kanal som leder vattnet från älvfåran över en divergeringsdamm. Gullspångs kraftstation och reglerdamm utgör ett definitivt vandringshinder för uppströmsvandrande fisk.

Tabell 13. Fakta om Gullspångs kraftstation

Gullspångs kraftstation **Ägare: Fortum AB**	
Installerad effekt MW	40
Årsproduktion GWh/år	97,8
Regleringsamplitud damm m	3
Utbyggnadsvattenföring m^3/s	230
Fallhöjd m	22



Figur 115 Gullspångsälvens nedre delar med Gullspångs kraftstation (röd punkt) och ungefärlig sträckning av naturfåran från intagsdammen ned till sammanflödesområdet med turbinutloppet

Förekommande fiskarter

Gullspångsälven hyser en mångformig fisk- och bottenfauna där de nedre delarna nedströms Gullspångs kraftstation sedan början av 2000-talet utgörs av ett Natura 2000 område samt naturreservat. Älvens stora biologiska värde ligger främst i lax- och öringbestånden men även andra arter som asp, som är nära hotad, leker i älven (Länsstyrelsen, Västra Götaland, 2021). Gullspångsälven är tillsammans med Klarälven de enda kvarvarande laxförande älvarna som mynnar i Vänern. Den storvuxna Gullspångslaxen lever, likt Klarälvslaxen, hela sitt liv i sötvatten i Vänern och brukar betecknas som landlocked eller landlåst. Båda laxstammarna har sitt ursprung i den baltiska stammen av Atlantlax som förekommer i Östesjön.

Historiska uppgifter gör gällande att laxen historiskt vandrat upp förbi Skagernn vidare till lek- och reproduktionsområden i Let- Svart- och Timsälven (Degerman,

2004). Sedan utbyggnaden av Gullspångsälven de senaste hundra åren har lax och öring haft tillgång till lek- och reproduktionsområden i de nedre delarna av älven i framförallt Lilla och Stora Åråsforsen och sedan 2005 i Gullspångsforsen. Omfattande biotopvårdsåtgärder har utförts i forsarna för att förbättra livsbetingelserna för lax och öring.

4.2.1 Beskrivning av Biotopvårdsåtgärd

Inom "Projekt Gullspångsälven" mellan 2004 – 2008, har omfattande åtgärder skett i Gullspångsälvens nedre delar där grunden bestått av ändrad flödesreglering och restaurering av de enda kvarvarande lek- och uppväxtområdena för lax – Lilla och Stora Årsåforsen samt Gullspångsforsen. Ett uppföljande projekt - GRAP - GullspångRiverActionPlan (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021), som pågått under 2018 – 2020, har ytterligare utfört undersökningar och åtgärder i området. Syftet med de bevarandeåtgärder som utförts har varit att stärka naturvärden i Gullspångsälvens nedre delar, och i synnerhet förbättra miljön i laxens och öringens lek- och uppväxtområden. Det huvudsakliga målet enligt avsiktsförklaringen från 2003 är att säkerställa överlevnaden för den vilda Gullspångslaxen (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2003). Inom GRAP (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021) har förslag på nya bevarandemål tagits fram, men ännu inte fastställts i bevarandeplanen för Natura2000-området, som innefattar bevarandegenetiska mål i syfte att generera gynnsam bevarandestatus. Målen innefattar en långsiktigt gynnsam bevarandestatus med en genomsnittlig genetisk effektiv populationsstorlek (Ne) > 500 vilket motsvarar mer än 800 lekfiskar årligen. Även ett kortsiktigt mål med Ne > 50 – 100 har definierats, vilket motsvarar den lägsta rekommenderade bevarandenivån.

Gullspångsforsen

I Gullspångsforsen, det längst uppströms belägna lek- och reproduktionsområdet, utfördes en första restaurering 2004 där bland annat natursten och grus tillförts för att skapa naturliga lek- och uppväxtområden för lax och öring. I forsens nedre del, i anslutning till kraftverkets turbinutlopp, installerades en bassängtrappa för att ge möjlighet för fisken att vandra upp till forsen (Figur 116). Sedan 2004 har forsen en minimivattenföring på 3 m^3/s som tillförs via ytutskoven i kraftverkets reglerdamm och påverkas därmed inte av kraftverkets korttidsreglering. För att öka anlockningen till bassängtrappan ökar vattenföringen till 5 m^3/s under 20 dygn i augusti – november. Under planerade stopp i turbinen förs hela minimitappningen på 9 m^3/s via Gullspångsforsen och forsen används även som vattenväg för eventuellt spill. Då Skagern utgör ett stort reglermagasin sker detta dock sällan.

Figur 116. Bassängtrappan som binder samman naturfåran med kraftverkets utloppskanal (t.v) och naturfårans övre del vid reglerdammen.

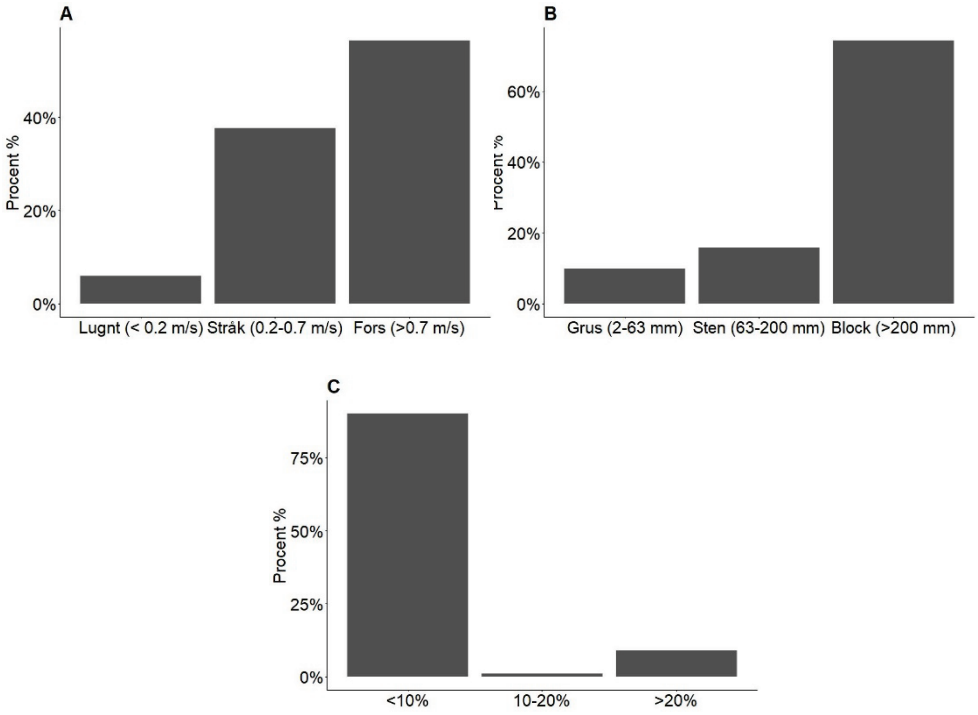
Tillförsel av lekgrus har skett löpande, ungefär var tredje år, då materialet lätt flyttas på grund av de spilltappningar som görs och den höga lutningen i forsen. Sedan 2018 har ytterligare åtgärder utförts på knappt hälften av forsens yta. Bland annat har större block tillförts för att dämpa de snabbast forsande delarna, lekytor optimerats i de övre delarna och öppnande av en sidofåra skapat nya uppväxtområden (Figur 117). Längst uppströms närmast dammen har dessutom en tröskel av block anlagts för att sprida vattnet bättre över fåran. Minst en fiskevårdssakkunnig har varit med på plats under hela arbetet. Dessutom har en renovering av bassängtrappan utförts då ett av de nedre stegen skadats under ett högt spillflöde 2012.

Figur 117. Naturfårans mellersta del som restaurerats ytterligare under 2018.

4.2.2 Inmätningar

I innevarande projekt karterades Gullspångsforsen under sommaren 2021 med huvudsyftet att beskriva naturfårans lämplighet som uppväxtområde för öring och lax. Samtliga sträckor i naturfåran som bedömdes som lämpliga uppväxtområden karterades.

Vid habitatkarteringen av naturfåran delades upp i totalt elva delsträckor där en sådan sträcka utgjordes av ett sammanhängande parti med liknande egenskaper med avseende på vattenhastighet, lutning och våt bredd. Vid varje delsträcka mättes djup, hastighet, bredd, bottensubstrat, beskuggningsgrad och lutning in varje meter längs en tvärgående transekt. Den vanligaste dominerande vattenhastigheten under karteringen våren 2021 var fors (Figur 118A), vanligaste substratet var block över 200 mm (Figur 118B) och beskuggningsgraden var nästan uteslutande <10 procent(Figur 118C). Den totala längden för samtliga karterade delsträckor, det vill säga huvudfåran samt sidofåror, uppgick till cirka 400 meter och dess uppmätta areal till cirka 0,56 hektar. Den totala fallhöjden var cirka 6,5 meter från strax nedströms regleringsdammen till strax uppströms bassängtrappan. Medellutningen för hela sträckan var cirka 1,6 procent och delsträckornas lutning varierade mellan 0,7 – 3,1 procent.



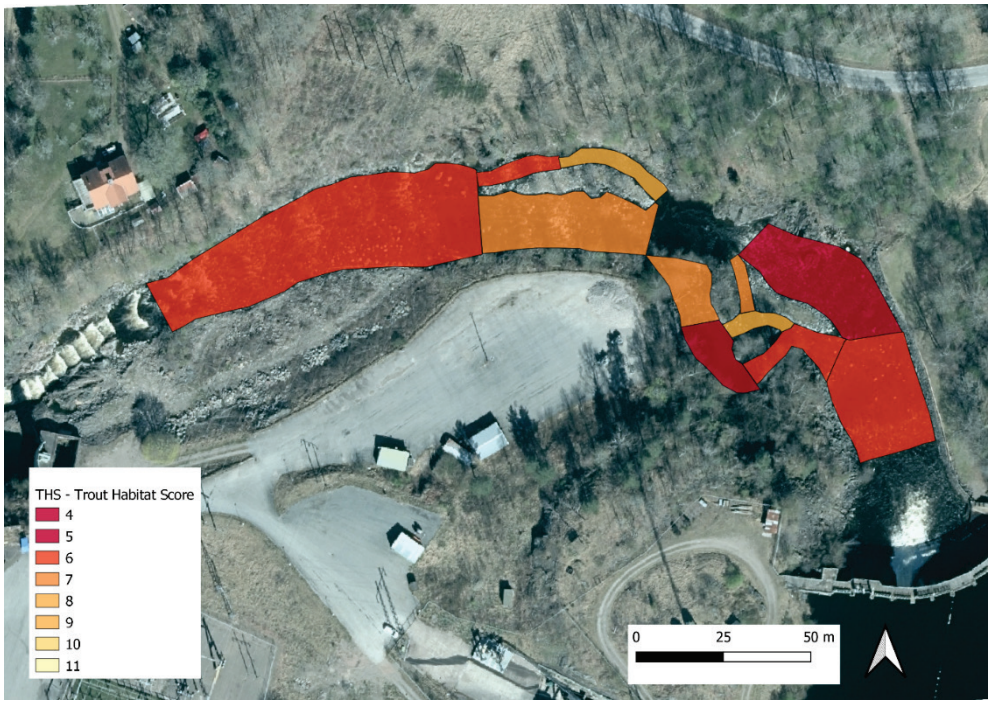
Figur 118. . Vattenhastigheter (Figur A), procentuell täckningsgrad av bottensubstrat (Figur B) och procentuell beskuggningsgrad i Gullspångsforsen vid habitatkartering sommaren 2021.

Trout Habitat Score och laxhabitatklass

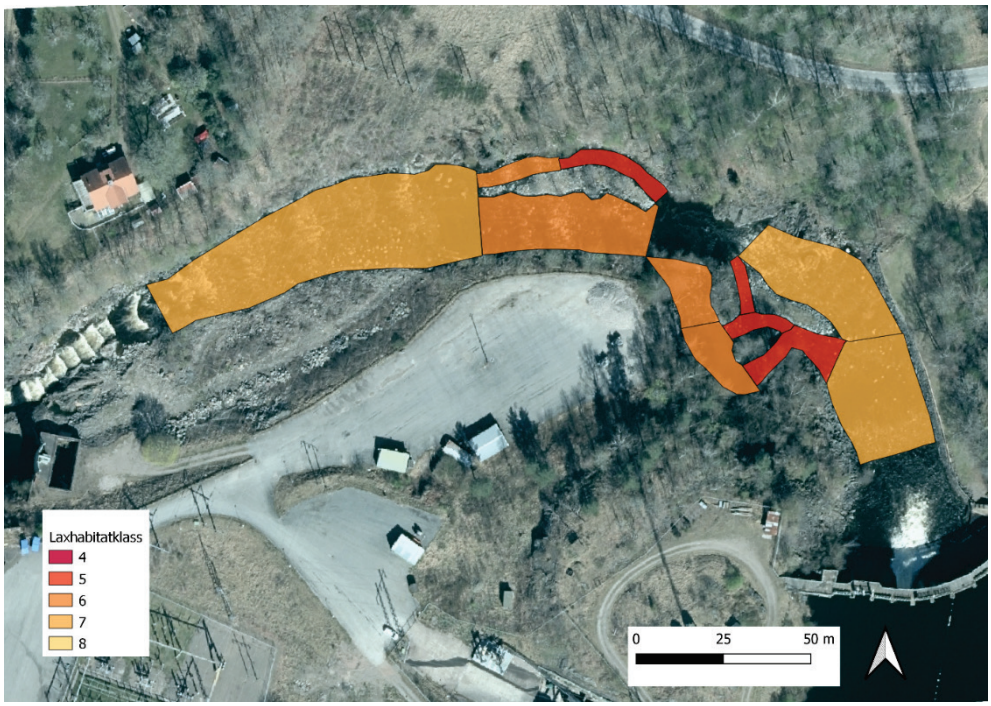
De inmätta fysiska parametrarna från karteringen användes för att klassificera öringhabitat i en tolvgradig skala (THS - trout habitat score) och laxhabitat i en

åttagradig skala för respektive delsträcka, det vill säga delsträckornas lämplighet som uppväxtområde för öring och lax (Pedersen et.al 2017, Degerman & Spjuth, 2021).

Av de elva delsträckorna bedömdes samtliga utom två till THS ≥ 6 (d.v.s. lämpligt öringhabitat) vilket motsvarar en areal på cirka 0,46 hektar (Figur 119). De delsträckor som bedömdes bäst lämpade som uppväxtområde för öring i naturfåran var sträckorna i mitten av naturfåran Samtliga delsträckor bedömdes till laxhabitatklass ≥ 5 (d.v.s. lämpligt laxhabitat) vilket motsvarar en areal på cirka 0,56 hektar (Figur 120) och motsvarar hela den karterade ytan. De delsträckor som bedömdes bäst lämpade som uppväxtområde för lax återfanns i längst nedströms respektive uppströms i naturfåran. Den uppmätta arealen uppväxtområde för både lax och öring var något högre än en motsvarande kartering utförd 2018.



Figur 119. Gullspångsforsen uppdelad i sex delsträckor med respektive öringhabitatkvalité (THS – Trout Habitat Score) som beräknats utifrån öringhabitatkarteringen våren 2021 (Foto: Lantmäteriet).



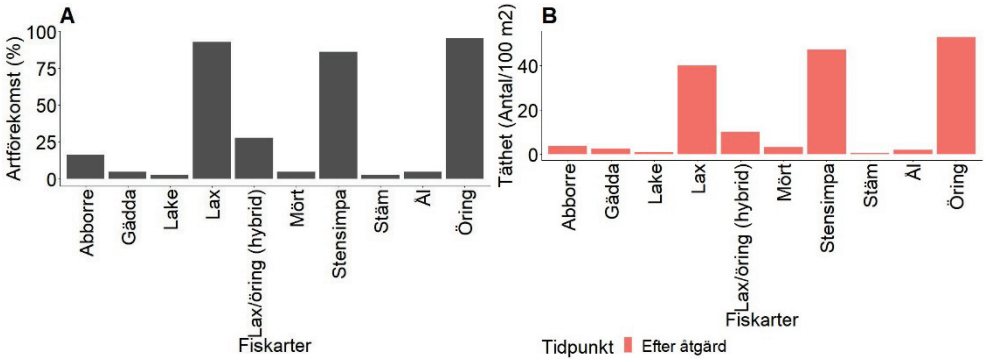
Figur 120. Gullspångsforsen uppdelad i åtta delsträckor med respektive laxhabitatklass som beräknats utifrån laxhabitatkarteringen våren 2021 (Foto: Lantmäteriet).

4.2.3 Funktionsuppföljning

Elfiske

I Gullspångsforsen har totalt fem elfiskelokaler fiskats efter den första restaureringen 2004, varav 3 lokalerna har fiskats i regel varje eller vartannat. Öring, lax och stensimpa har fångats vid nästan samtliga elfisketillfällen (Figur 121A) samt är de arter som uppvisat högst tätheter (Figur 121B)

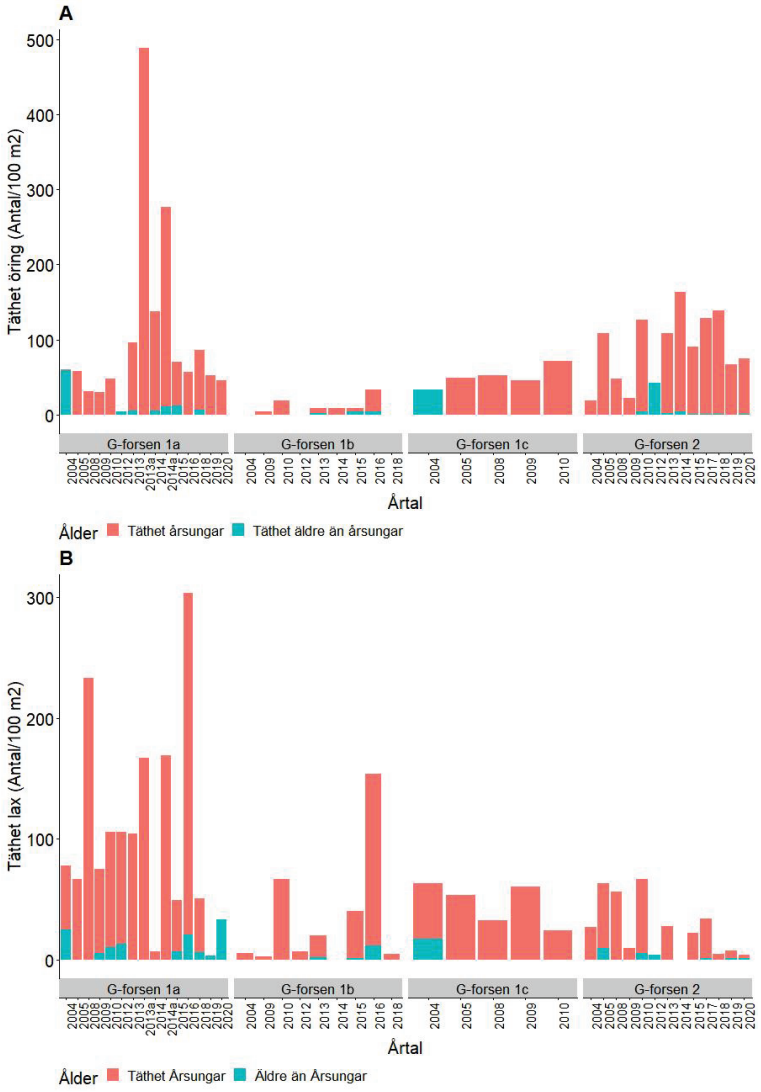
De vanligaste artförekomsterna, det vill säga andel (%) elfisketillfällen respektive art fångats vid, har varit lax, öring och stensimpa som samtliga fångats vid runt 90 procent av elfisketillfällen (Figur 121A). Även hybrider av öring och lax är vanligt förekommande. Föregående tre arter är även de arter som uppvisat högst tätheter i Gullspångsforsen(Figur 121B).



Figur 121 Artförekomst (Figur A), dvs andel (%) av samtliga elfisketillfällen respektive art fångats vid, samt mediantäthet för fiskarter fångade i Gullspångs naturfåra (Figur B).

Öring- och laxtätheter

Gullspångsforsen uppvisar i regel mycket – extremt höga tätheter av öring även om normalt -extremt låga tätheter också förekommit (Sers m.fl. 2012). Mediantätheten av öring har efter åtgärderna i Gullspångsforsen varit 49 öringar/100 m² (min 0 max 488) (Figur 122 A). Gullspångsforsens täthet av lax är hög där även normala och extremt höga tätheter vanligen förekommer(Sers m.fl. 2012). Mediantätheten av lax har efter åtgärderna i Gullspångsforsen varit 34 laxar/100 m² (min 0 max 303) (Figur 122 B). De senaste åren har en minskning av laxar observerats.



Figur 122. Tätheter av öring (Figur A) och lax (Figur B) (0+ samt >0+) per 100 m² för samtliga fisken vid fyra elfiskelokaler i Gullspångsforsen mellan 2005 – 2020.

Rekryteringsstatus öring

Rekryteringsstatusen för öring i Gullspångsforsen, där uppgifter från delsträckornas öringhabitatklass (THS) och de observerade tätheterna av årsungar (0+) användes, har varierat mellan 98 – 129 procent med ett medelvärde på 107 procent. Rekryteringensstatusen var därmed i medel högre än den genomsnittliga rekryteringsstatusen för svenska vattendrag som mynnar i havet på västkusten, som mellan 2014 – 2019 varierat mellan 61 - 75 procent. (Magnusson et.al 2020).

Vix – värdet (vattendragsindex) har för samtliga elfisketillfällen efter åtgärd beräknats till 0,8 , det vill säga hög VIX-klass (>0,749). Endast vid ett fåtal elfisketillfällen bedöms VIX som lägre än god VIX-klass.

Lekgropsräkning och DNA-provtagning

Räkning av lekgropar av öring och lax, där metoden finns beskriven i Syrjänen med flera (2014), i Gullspångsforsen och Åråsforsarna har utförts under en lång

tid. Resultatet från lekgropsräkningen i de tre forsarna visar på en ökande trend i antalet lekgropar för lax och öring de senaste 15 åren där medelantalet de senaste 5 åren (126 st)är högre än medel för hela perioden (76 st) (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021).

För att öka kunskapen om arttillhörighet, lekframgång och ynglens spridning har lekgropsräkning under senare år (2014 – 2019) kompletterats med DNA-provtagning av rom och embryon samt av lax- och öringungar. Resultat från DNA-analysen visar att antalet lekgropar från lax i de tre forsarna varierar stort mellan åren (6 – 53st) medan antalet lekgropar för öring varierat något mindre (30 – 80st).

Antalet lekgropar från lax i Gullspångsforsen har årligen under perioden i medel uppgått till drygt 4 (min-max: 0 – 13) medan antalet lekgropar från öring i forsen varit ca 20 (min-max: 13 – 25). DNA-analysen har även visat att det årliga antalet leklaxar i Gullspångsforsen varit få, i medel 13 individer (min-max: 9 – 18). Det årliga antalet leklaxar i Åråsforsarna har varit något högre och uppgått till i medel 31,8 individer (min-max: 17 – 40). Den genetiskt effektiva storleken på laxpopulationen har skattats till i genomsnitt ca 20 (8 i Gullspångsforsen och 12 i Åråsforsarna).

4.2.4 Kostnader

Kostnaderna har sammanställts med hjälp av Mariestads kommun. Den ursprungliga restaureringen av Gullspångsforsen 2003 var en del av ”Projekt Gullspångsälven” som även innefattade restaurering av de nedströms belägna Åråsfårsarna, en ny divergeringsdamm och ändrad flödesreglering i Gullspångsälvens nedre delar. Den totala kostnaden för projektet var drygt 50 Mkr varav investeringskostnaden för restaureringen i Gullspångsforsen uppgick till cirka 1,2 Mkr. I Gullspångsforsen har lekgrus tillförts vid 7 tillfällen fram till 2019 till en okänd summa.

Löpnade kostnader

Ingen uppgift om produktionsförlust till följd av minimitappningen i Gullspångsforsen fanns att tillgå.

4.2.5 Diskussion och erfarenheter

Åtgärdsprogrammen som utförts i Gullspångsälven har syftat till att stärka populationen av den unika Gullspångslaxen och öringen i Gullspångsälven. Den ursprungliga restaureringen 2005 genomfördes till en investeringskostnad på 1,2 Mkr. Åtgärderna i naturfåran har resulterat i att öring och lax återigen åter igen leker och reproducerar sig i Gullspångsforsen med relativt höga tätheter av lax-och öringungar. Vix – värdet (vattendragsindex) har för samtliga elfisketillfällen efter åtgärd beräknats till 0,8, det vill säga hög VIX-klass. Den begränsade arealen i kombination med få lekfiskar och låg reproduktion i naturfåran och de nedströms belägna Åråsforsarna indikerar dock att ytterligare åtgärder i älven måste vidtas för att uppnå bevarandemålen för lax och öring i Gullspångsälven (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021). Inom GRAP-projektet konstateras att populationerna av lax och öring inte uppnått nivåer som är godtagbara varken för kortsiktigt eller långsiktigt bevarande. Laxpopulationens genetiskt effektiva storlek (Ne) har i

genomsnitt endast varit 20 (8 i Gullspångsforsen och 12 i Åråsforsnarna) vilket är betydligt lägre än den lägsta rekommenderade bevarandenivån på Ne > 50.

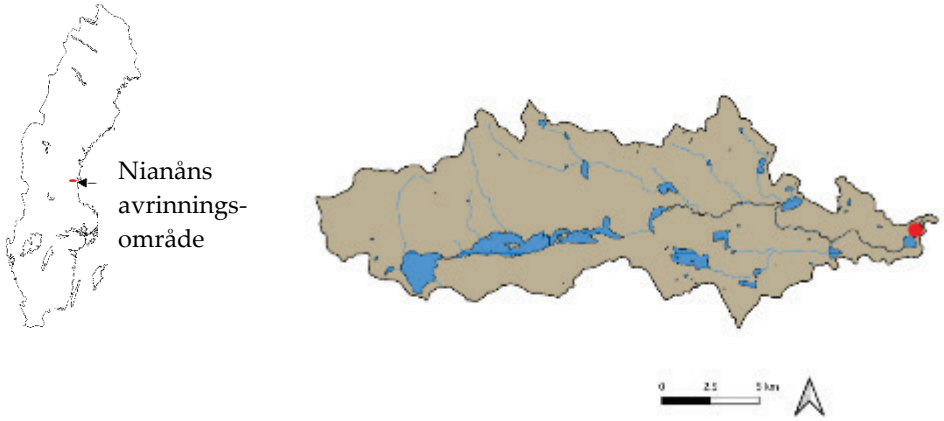
De första elfiskena bestod av lax- och öringfångst som härrörde från de yngelutsättningar av 14000 laxyngel och 13000 öringyngel som skedde de första åren efter slutförd åtgärd 2004 – 2008. Under första året, 2004, noterades spår av lek och lekvandrande öring i forsen. Eftersom inga yngelutsättningar gjordes 2007 kunde lax- och öringfångsten under elfiskena 2007 visa på lek i forsen av både lax och öring under hösten 2006. Sedan dess har lax och öring årligen fångats vid elfisken där tätheterna pendlat kring normala respektive mycket höga tätheter. Den stora variationen i täthet av lax kan vara ett resultat av en ojämn uppvandringen av leklax mellan åren, med få honor och få lekgropar.

Biotopvård enligt en detaljerad arbetsplan har genomförts under senare år för att optimera lek – och uppväxtområde. Vid en jämförelse av 2018 års habitatkartering (Sportfiskarna, 2018) med innevarande projekts visar att åtgärderna resulterat i en något högre areal uppväxtområde för lax och uppgår i nuläget till knappt 0,6 ha . En optimering av arealerna i Gullspångsforsen, men även Åråsforsarna, är en av förutsättningarna för att kunna uppnå gynnsam bevarandestatus för laxen och öringen. Biotopvård och tillförsel av lekgrus i Gullspångsforsen har skett vid flera tillfällen efter 2004 som en följd av att de fysiska strukturerna och lekgrus påverkats av höga flöden vid spill. Under slutet av 2011 – början av 2012 spilldes mellan ca 100 – 200 m^3/s genom Gullspångsforsen under ett oplanerat stopp för reparation i kraftstationen. Detta medförde omfattande påverkan på forsens fysiska struktur där det mesta av lekgruset spolades bort och stora block och sten flyttades. Även bassängtrappans nedre steg i skadades. Tillförsel av lekgrus har skett ungefär vart tredje till var femte år. En noggrannare planering av lekgrusbäddarna, med större stöd i nedströmsänden och armering, skulle sannolikt medföra färre kompletteringar.

Förslag på ytterligare åtgärder i Gullspångsforsen har tagits fram (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021), bland annat att öka minimitappningen samt utöka den tillgängliga arealen vid Gullspångsforsen. Som ett led av ökad minimitappning skulle då även en ny teknisk fiskväg dimensionerad för högre flöden krävas. Den nuvarande korttidsregleringen medför att vattenståndet i de nedströms belägna Åråsforsarna fluktuerar upp till 50 cm mellan minimitappning och full drift. Åtgärdsförslag inom GRAP för att minska korttidsregleringens negativa effekt på bestånden innefattar bland annat en ökad minimitappning och modifiering av divergeringsdammen vilket skulle ge en jämnare vattenföring under året. En stor utmaning för framtida nödvändiga åtgärder för laxens fortlevnad är att genomföra dessa på ett kostnadseffektivt sätt tillsammans med fortsatt korttidsreglering.

4.3 NIANÅN - SOFIEHOLM

Nianåns huvudavrinningsområde (nr 46) avvattnar cirka 197 km² och ligger till största delen Hudiksvalls kommun, Gävleborgs län (Figur 123). Nianåns 22 km långa huvudfåra passerar tre sjöar och ett antal biflöden ansluter längs vägen, vilket ger en total vattendragslängd på 9 mil. Nianåns medelvattenföring vid mynningen är 2,4 m³/s (SMHI) och strömförhållandena utgörs till störst del av strömmande biotoper, men även svagt strömmande och lugnflytande biotoper förekommer. Vid Nianåns utlopp i Bottenhavet ligger den cirka 350 meter långa Sofieholmsforsen som de senaste hundra åren varit den enda tillgängliga sträckan för uppströmsvandrande fisk från havet (Hudiksvalls kommun, 2005, 2016).



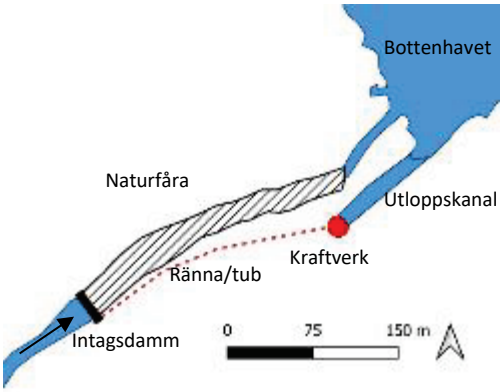
Figur 123. Nianåns Huvudavrinningsområde med Sofieholmsforsen position vid Nianåns utlopp i Bottenhavet.

Sofieholms kraftverk

Sofieholms kraftverk (Tabell 14) uppfördes i 1900-talets början och är beläget i anslutning till Nianåns utlopp i Bottenhavet. Vatten till kraftstationen har letts via en cirka 200 m lång tub vid intagsdammen för att sedan mynna i Bottenhavet via en 100 m lång utloppskanal (Figur 124). Parallellt med tuben och utloppskanalen går en cirka 350 m lång torrfåra som periodvis varit helt torrlagd då föregående vattendom tillät nolltappning. Sträckan har dock sannolikt trots detta haft ett kontinuerligt lågt flöde (”1 – 2 hinkar”) på grund av läckage från dammen, vilket upprätthållit lek - och uppväxtområden för bland annat öring (Johan Andreasson, Hudiksvalls kommun, personlig kommentar). Kraftverket har utgjort ett definitivt vandringshinder för uppströmsvandrande fisk från Bottenhavet men är tillsammans med intagsdammen och tuben utrivet sedan 2017.

Tabell 14. Fakta om Sofieholms kraftverk. (Runesjö, 2014, refererad till i Hudiksvalls kommun, 2016)

Sofieholms kraftstation **Ägare: -**	
Installerad effekt MW	0,58
Årsproduktion GWh/år	2,2
Regleringsamplitud damm m	-
Utbyggnadsvattenföring m^3/s	4,2
Fallhöjd m	18,5



Figur 124. Sofieholmsforsen med ungefärlig placering av kraftverksdammen och sträckning av den borttagna tuben (sträckad röd linje) samt turbinutlopp. Torrfåran (sträckat område) och utloppskanalen mynnar i Bottenhavet överst till höger i figuren.

Förekommande fiskarter

Vid elfiske har öring, gädda, lake, abborre, gärs och stensimpa fångats (Svenskt elfiskeregister – SERS. 2021) och övriga kända arter i vattendraget är stäm, siklöja, nors, mört och benlöja. Det finns ett talrikt bestånd av flodpärlmussla, framförallt i övre delarna av vattendraget. Nedströms Sofieholms kraftverk har ett antal havslevande arter nyttjat både kraftverkens utloppskanal och torrfåran som reproduktionslokal, trots rådande begränsade flöden och vandringsmöjligheter. I utloppskanalen har årligen sik reproducerat sig, havsöring har observerats i lektid och flodnejonöga fångats in i nettingfällor (Hudiksvalls kommun, 2005). I torrfårans begränsade vattenmiljöer har årsungar och äldre öringar konstaterats vid samtliga 3 elfisketillfällen åren innan utrivningen (Svenskt elfiskeregister – SERS. 2021).

4.3.1 Beskrivning av biotopvårdsåtgärd

Övergripande beskrivning

Efter att Hudiksvalls kommun löst in Sofieholms kraftstation av dåvarande ägare Nikraft AB initierades ett biotopvårdsprojekt i Nianån. Hudiksvalls kommuns syfte med biotopvårdsprojektet var att höja naturvärdena i Nianån genom att restaurera av vattenkraft och flottledsrensning påverkade vattenbiotoper. Åtgärdsarbetet har bestått i att förbättra livsbetingelserna för vattenlevande organismer genom att återskapa naturliga förhållanden i vattendraget. Detta har genomförts genom att avlägsna artificiella vandringshinder, återskapa en naturlig flödesregim samt restaurera strömvattenbiotoper. Som ett led i projektet avvecklades Sofieholms kraftstation och reglerdammen togs bort 2017. Även den tidigare torrfåran i Sofieholmsforsen restaurerades och i slutet av 2020 upprättades ett naturreservat. Naturreservatets syftar dels till att skydda Nianån från framtida utbyggnad och dels för att säkerställa allmänhetens tillgång till rekreation i området och bevara områdets värdefulla kulturmiljö (Hudiksvall kommun, 2016).

Utöver ovan nämnda åtgärder har fler åtgärder utförts i Nianån med biflöden som endast översiktligt avhandlas i detta stycke . Bland annat har biotopvårdsåtgärder av flottledsrensade sträckor utförts 2006 – 2007 (Hudiksvalls kommun, 2012) och en sjötröskel anlades 2017 vid det uppströms belägna Nianfors. Syftet med åtgärderna har varit att ökad konnektivitet i Nianån och ge bland annat

uppströmsvandrande havsöring möjlighet att utnyttja uppväxtområden längre uppströms i vattendraget. Sammanlagt har arealen 'bra-mycket bra' uppväxtområden för öring efter biotopvårdsåtgärderna bedömts till 1440 m^2 och 'tämligen bra' till 75000 m^2. (Hudiksvalls kommun, 2016).

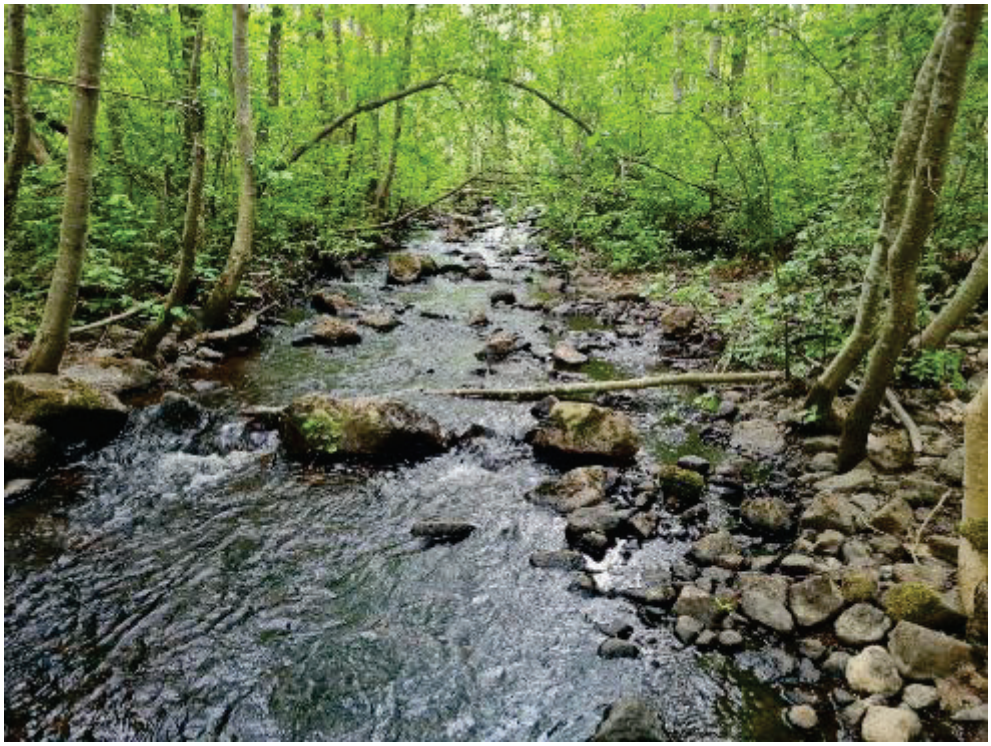
Biotopvårdsåtgärd

Utrivningen av kraftverksdammen och nedmontering av Sofieholms kraftverk påbörjades under sensommaren 2017. I samband med utrivningen restaurerades även den 350 meter långa torrfåran (Figur 125). Arbetet med utrivningen och restaureringen utfördes av Hudiksvalls kommun och pågick under cirka 6 veckor. Restaureringen av Sofieholmsforsen innefattade bland annat beredning av fåran i form av skogsavverkning och utläggning av substrat i form av större block och grus. Dessutom öppnades två sidofåror upp i de nedre delarna av forsen (Figur 126). Sofieholmsforsen består efter åtgärderna av en knappt 400 meter lång huvudfåra med ett kvillområde i forsens nedre delar. Vid normalflöde består kvillområdet av två sidofåror, en norr om och en söder om huvudfåran, som tillsammans utgör en längd på cirka 150 meter (Figur 127).

För att undersöka de kulturhistoriska värdena i området kring Sofieholmsforsen utfördes 2015 en kulturmiljöutredning. Den arkeologiska utredningen syftade till att dokumentera och registrera byggnader, konstruktioner lämningar och miljöer som bedömts ha ett kulturhistoriskt värde och som skulle kunna påverkas av de planerade åtgärdsinsatserna. Bland annat bedömdes Sofieholms kraftstation och intagsdamm ha ett högt kulturhistoriskt värde (Landskapsarkeologerna, 2015). Dessa beslutades därför att bevaras, det senare i form av dammvallens fundament (Figur 125).

Figur 125. Sofieholmsforsens övre del med den utrivna kraftverksdammen vars fundament finns bevarade (t.v) samt nedre del med utloppet i Bottenhavet. Till vänster om huvudutloppet syns det gamla utloppet till kraftstationen som numer är en restaurerad sidofåra (södra sidofåran) och till höger utloppet till ytterligare en sidofåra (norra sidofåran). .

Figur 126. Sofieholmsforsens nedre del. Överst till vänster syns utloppet i Bottenhavet och till höger den södra sidofåra vars sträckning till stor del består av den restaurerade utloppskanalen till kraftstationen. De större blocken har tillförts då grövre substrat tidigare avlägsnats vid flottledsrensningen.

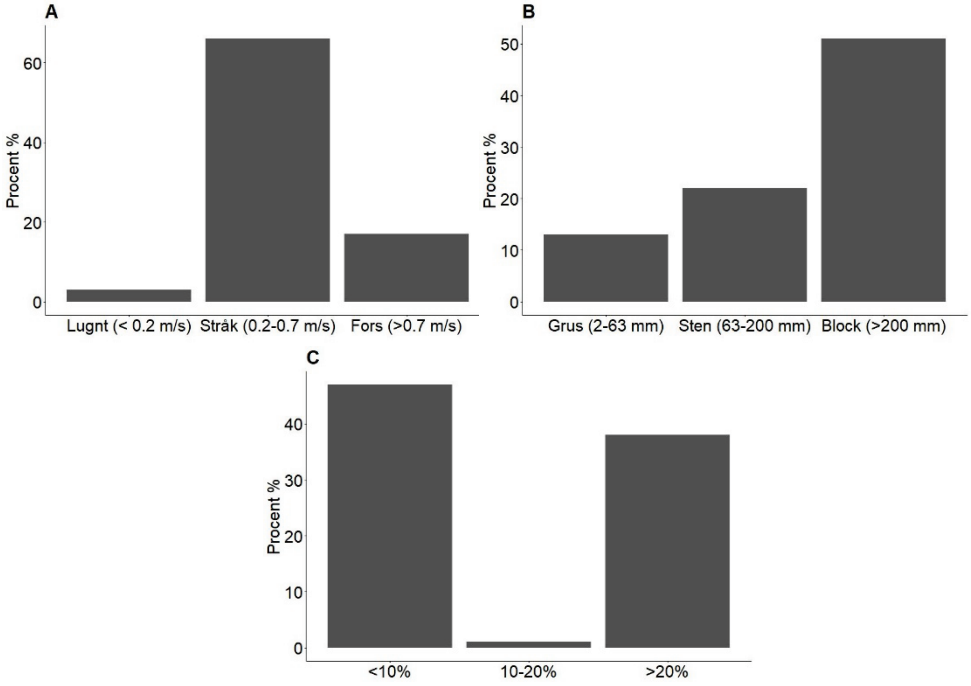


Figur 127. Den norra sidofåran i Sofieholmsforsens nedre del. Sträckan kännetecknas av hög beskuggning.

4.3.2 Inmätningar

Innevarande projekt karterade huvudfåran av den restaurerade naturfåran vid två tillfällen, hösten 2020 och sommaren 2021, med huvudsyftet att beskriva naturfårans lämplighet som uppväxtområde för öring. Vid det första karteringstillfället under hösten 2020 var flödet lägre än normalt för årstiden (Johan Andreasson, personlig kommunikation) och därför upprepades karteringen sommaren 2021, då med ett mer normalt flöde för årstiden. Vid detta tillfälle karterades även de två sidofårorna i forsens nedre del.

Vid habitatkarteringen delades naturfåran upp i totalt åtta delsträckor där en sådan sträcka utgjordes av ett sammanhängande partimed liknande egenskaper med avseende på vattenhastighet, lutning och våt bredd. Vid varje delsträcka mättes djup, hastighet, bredd, bottensubstrat, beskuggningsgrad och lutning in varje meter längs en tvärgående transekt. Den vanligaste dominerande vattenhastigheten under karteringen sommaren 2021 var ström eller stråk (Figur 128A), dominerande substratet var block över 200 mm (Figur 128B) och beskuggningsgraden var mestadels under 10 procent, tätt följt av över 20 procent beskuggning (Figur 128C). Den totala längden för samtliga karterade delsträckor, det vill säga huvudfåran samt sidofåror, uppgick till cirka 540 meter och dess uppmätta areal till cirka 0,5 hektar. Den totala fallhöjden delsträckan längst uppströms till mynningen i Bottenhavet mättes in till 18,5 meter. Medellutningen på hela sträckan var cirka 4,6 % och delsträckornas lutning varierade mellan 1,4 – 11,2 %. Den mittersta delsträckan i huvudfåran består av en brantare fors och då denna exkluderats var medellutningen för resterande sträckor drygt 3,2 %.

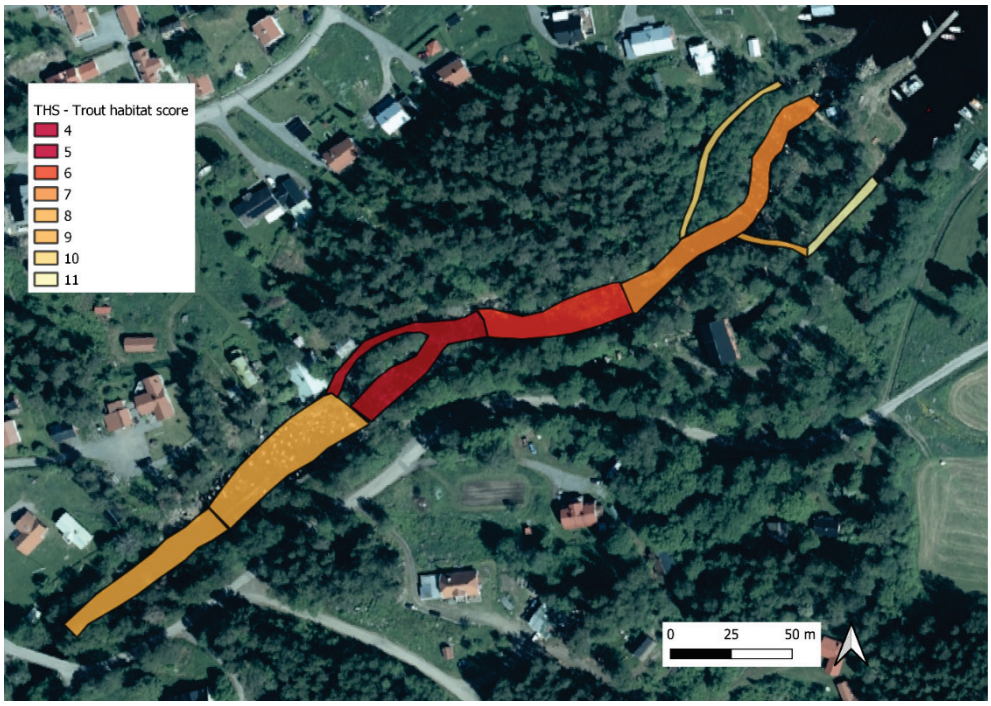


Figur 128. Vattenhastigheter (Figur A), procentuell täckningsgrad av bottensubstrat (Figur B) och procentuell beskuggningsgrad i Sofieholmsforsen vid habitatkartering sommaren 2021.

Trout Habitat Score

De inmätta fysiska parametrarna från öringhabitatkarteringen sommaren 2021 användes för att klassificera habitatet i en tolvgradig skala (THS - trout habitat score) för respektive delsträcka, det vill säga delsträckornas lämplighet som uppväxtområde för öring (Pedersen et.al 2017).

Av de åtta delsträckorna bedömdes samtliga utom en till THS ≥ 6 (d.v.s. lämpligt öringhabitat) vilket motsvarar en areal på cirka 0,43 hektar (Figur 129). De delsträckor som bedömdes bäst lämpade som uppväxtområde för öring i forsen var sidofårorna i forsen nedre del. En jämförelse av resultatet från de delsträckorna som karterades under både 2020, som karakteriserades av onormalt låga flöden, och 2021, då ett normalare flöde för årstiden förekom, visade att delsträckorna i regel var något bättre lämpade, i medel en klass högre, som uppväxtområde för öring under 2021.

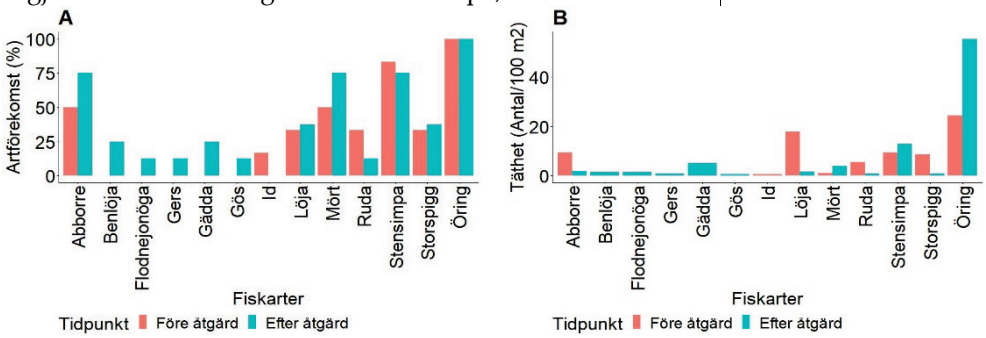


Figur 129. Sofieholmsforsen uppdelad i åtta delsträckor med respektive öringhabitatkvalité (THS – Trout Habitat Score) som beräknats utifrån öringhabitatkarteringen sommaren 2021 (Foto: Lantmäteriet).

4.3.3 Funktionsuppföljning

Nianån har totalt 25 elfiskelokaler fördelade mellan huvudfåra och biflöden varav tre elfiskelokaler är belägna i Sofieholmsforsen. Vid två av de tre lokalerna, i kraftverkskanalen och nedre torrfåran, utfördes de första elfiskena 2014 och mellan 2016 – 2020 har elfisken utförts kontinuerligt på de tre elfiskelokalerna, med något undantag. Öring fångades vid samtliga elfisketillfällen och är den art som uppvisat högst tätheter både före och efter åtgärd (Figur 130A & B). Andra arter som ofta

utgjorde en del av fångsten var stensimpa, mört och abborre.

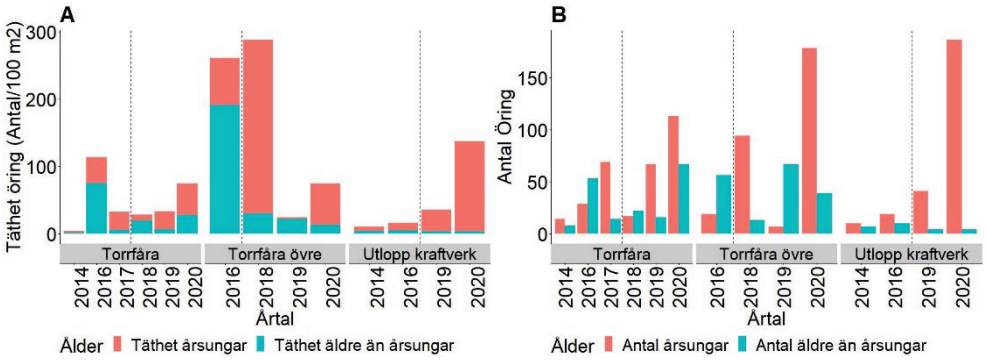


Figur 130. Artförekomst i Sofieholmsforsen (Figur A), dvs andel (%)av samtliga elfisketillfällen respektive art fångats vid, samt mediantäthet för fiskarter fångade i Sofieholmsforsens (Figur B) vid tre elfiskelokaler före respektive efter åtgärd.

Öringtätheter

Sofieholmsforsen uppvisar i regel höga mediantätheter av öring, både före och efter åtgärd, även om normala och extremt höga tätheter också varit vanligt förekommande, i synnerhet efter åtgärd (Sers m.fl. 2012).

Tätheten av öring har en ökande trend sedan åtgärderna i Sofieholmsforsen slutfördes 2017 där mediantätheten av öring efter åtgärd uppgår till 55 öringar/100m² (min 25 max 288) (Figur 131A). Ingen signifikant skillnad kunde dock ses vid en jämförelse av medeltätheter av öring före och efter åtgärd (parat t-test, t = 0.35213, df = 2, p-value = 0.7584). Även antalet fångade öringar för de tre elfiskelokalerna efter åtgärd ökade till 102 öringar/elfiskelokal (min 39 max 217) (Figur 131B), men även här kunde ingen signifikant skillnad visas mellan före och efter åtgärd (parat t-test, t = -3.8545, df = 2, p-value = 0.06119).

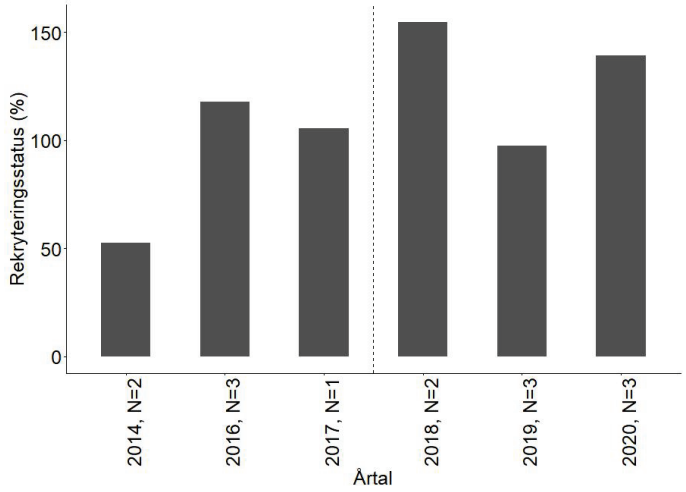


Figur 131. Tätheter av öring (0+ samt >0+) per 100 m² (Figur A) och fångst av öring (0+ samt >0+) för samtliga fisken vid tre elfiskelokaler i Sofieholmsforsen mellan 2014 – 2020. Streckad vertikal linje avser tidpunkt för utrivning av kraftverksdammen och restaurering av naturfåran. 2014 elfiskades endast två av lokalerna och 2017 endast en

Rekryteringsstatus öring

Rekryteringsstatusen för öring i Sofieholmsforsen, där uppgifter från delsträckornas öringhabitatklass (THS) och de observerade tätheterna av årsungar (0+) användes, ökade från i medel 95 procent innan åtgärd till 135 procent efter åtgärd (Figur 132). Både innan och efter åtgärd var rekryteringensstatusen högre

än den genomsnittliga rekryteringsstatusen för svenska vattendrag som mynnar i Bottenhavet, som mellan 2014 – 2019 varierat mellan 71 – 83 procent. (Magnusson et.al 2020). Vix – värdet (vattendragsindex) har vid samtliga elfisketillfällen efter åtgärd beräknats till 0,36, vilket motsvarar måttlig VIX-klass (0,466-0,274). Före åtgärd har VIX däremot beräknats till 0.582, det vill säga god VIX-klass (0,749-0,467).



Figur 132. Rekryteringsstatus (%) för öring i Sofieholmsforsen mellan 2014 – 2020. N anger antal fiskade elfiskelokaler för respektive år. Streckad vertikal linje avser tidpunkt för utrivning av kraftverksdammen och restaurering av naturfåran

Telemetristudie öring

Under hösten 2017 utförde Hudiksvalls kommun tillsammans med Karlstads universitet en telemetristudie på lekvandrande havsöring i Nianån. Totalt åtta havsöringar med en medellängd på 48 centimeter (min 35cm max 65 cm) fångades i en ryssja i anslutning till Nianåns utlopp i Bottenhavet och märktes med radiosändare. Dessa återutsattes sedan på en närliggande plats i de nedre delarna av Sofieholmsforsen. Den manuella pejlingen pågick sedan till slutet av november. Av de åtta öringarna pejlades sju till området kring den utrivna intagsdammen och en längre uppströms i vattendraget.

4.3.4 Kostnader

Kostnader har sammanställts med hjälp av Johan Andreasson, Hudiksvalls kommun som även varit projektledare för biotopvårdsprojektet.

Investeringskostnaden för utrivning av kraftverksdammen och restaurering av Sofieholmsforsen uppgick till 1.09 Mkr. Ingen löpande kostnad har tillkommit. Investeringskostnaden innefattade entreprenadkostnad, intern arbetskostnad, olika utredningar samt övriga kostnader och redovisas separat mer detaljerat nedan.

Entreprenadkostnad

Knappt hälften av investeringskostnaden uppgick av entreprenadskostnaden, innefattande främst utrivningsarbetet med grävmaskin vid dammen och

restaurering av naturfåran samt till – och bortförsel av dammaterial och substrat till naturfåran (ca 400 Tkr). Kostnaden fördelade sig uppskattningsvis 50/50 på utrivningen av dammen och habitatrestaureringen. Övriga kostnadsdelar i entreprenaden bestod av sprängning och material till ifyllnad av intilliggande väg. Den slutliga entreprenadkostnaden blev cirka 20 % billigare än kostnadsuppskattningen för entreprenaden i förstudie, vilket uppgick till 600 Tkr.

Intern arbetskostnad (Hudiksvalls kommun): 575 Tkr

Avser lönekostnader för internt arbete inom kommunen. Den största delen (cirka 400 Tkr) bestod av arbetet med utrivningen av dammen och restaureringen av fåran i form av skogsavverkning och arbetsledning. Uppskattningsvis fördelade sig lönekostnaderna jämnt mellan restaureringen och utrivningen. Resterande summa (175 Tkr) bestod av internt arbete med projektering, förstudie och tillståndsprocess.

Utredningar: Ca 50 Tkr

Lite drygt hälften av summan (ca 31 Tkr) bestod av utredningar av kulturmiljön i området. Det utfördes bland annat en kulturmiljöutredning samt inmätningar av kulturobjekt. Resterande summa bestod till största delen av tillståndsprocess av åtgärder med ansökan till tingsrätt och granskning av ansökan av Länsstyrelsen. En liten kostnad gick till markägarersättning och flödesberäkningar.

Övriga kostnader: 7,2 Tkr

Övriga kostnader bestod av besiktning av två närliggande hus samt vattenprover i en brunn.

Kringliggande kostnader: 184 Tkr

Kostnader som indirekt kopplats samman i projektet var inköp av brygga och muddring av botten vid småbåtshamn intill kraftverkets utloppskanal på grund av förändrat flöden(164 Tkr), byggnation av träbro samt övrigt småplock (ca 20 Tkr).

4.3.5 Diskussion och erfarenheter

Dammutrivningen och biotopvården i Sofieholmsforsen utfördes till en investeringskostnad på 1,09 Mkr och har resulterat i att öring och andra havsvandrande arter återigen kan använda sig av de lek- och reproduktionsområden som varit torrlagda i över 100 år. Dessutom har en stor del av kulturmiljön i närområdet bevarats och området används även som rekreationsområde.

Öring har efter åtgärd vid elfisken observerats i höga tätheter samt har även bekräftats passera forsen uppströms vidare upp i Nianåns vattensystem där ytterligare stora arealer biotopvårdade lek- och uppväxtområden finns tillgängligt. Vix – värdet (vattendragsindex) har vid samtliga elfisketillfällen i Sofieholmsforsen efter åtgärd beräknats till 0,36, vilket motsvarar måttlig VIX-klass (0,466-0,274) och är en minskning mot före åtgärd. Det finns dock en problematik kring utvärdering av VIX i anslutning till lugnvatten som till exempel sjöar och hav eftersom fångst av enstaka individer av toleranta arter som påverkar indexet negativt kan

förekomma i högre utsträckning (Naturvårdsverket 2007). I Nianåns fall har även ett stort antal toleranta arter (tex abborre, ruda, mört och benlöja) varit vanliga artförekomster. Likväl finns en problematik kring utvärdering av VIX i torrfåror, som var fallet innan utrivning av Sofieholms reglerdamm, då bedömningen görs på delvis eller periodvis torrlagda fåror (Havs- och vattenmyndigheten 2018).

Restaureringen av Sofieholmsforsen har varit en relativ okomplicerad åtgärd där få till exempelutredningar och insatser, utöver dammutrivningen och restaureringen, har utförts. En anledning är den fåtaliga bebyggelsen i anslutning till uppströmsliggande damm och fåra som blivit påverkad av dammutrivningen. Endast en brunn har varit föremål för vattenprovtagning och två närliggande hus för besiktning. Den enskilt dyraste delen av dammutrivningen var demonteringen av tuben och den öppna ränna som ledde vattnet in i tuben. Slutsatsen från erfarenheterna med demonteringen av dessa var att detta moment kunde ha delats upp i etapper istället för att all demonteringen skedde samtidigt. Nuvarande arbetssätt skapade merarbete då mycket löst virke från konstruktionen var tvunget att hanteras vid samma tidpunkt. Utöver restaureringsåtgärderna har insatser för att bevara de kulturhistoriska värdena i området. Ett gott samarbete har skett med Länsstyrelsen avseende bevarandet av den närliggande kulturmiljön. Bland annat har Sofieholms kraftverk och delar av intagsdammen identifierats ha ett högt kulturhistoriskt värde i kulturmiljöutredningen varefter dessa har bevarats. Både restaureringen och bevarandet av kulturhistoriska värden ligger i linje med målbilden att skapa ett naturreservat som ska främja både rekreation och kulturmiljön samt skydda forsen mot framtida utbyggnad.

5 Sammanfattande diskussion

Åtgärdsexemplen i innevarande projekt visar på att anläggandet av fungerande fiskvägar och biotopvårdsåtgärder oftast är komplext och platsspecifikt. Åtgärderna i innevarande projekt innefattar en rad olika åtgärdstyper, målarter och platsspecifika egenskaper och sträcker sig från Mörrumsån i söder till Piteälven i norr. Studievattendragen är av olika storlek och medelvattenföringen i dessa varierar mellan 4 – 445 m³/s.

Detta återspeglas i såväl kraftverkens årsmedelproduktion (2 – 2256 GWh/år) och installerad effekt (0,5 – 599 MW). De platsspecifika förutsättningarna återspeglas även i den stora variationen av åtgärdskostnader, i synnerhet mellan de olika studieobjekten med fiskpassagelösningar.

Målarterna för de studerade åtgärderna har i regel varit lax och öring, men även bland annat ål och asp i några av de sydligaste vattendragen.

I de fall uppföljning av åtgärdernas funktion genomförts har resultatet oftast visat på förbättringar i form av t.ex., förbättrad passageeffektivitet och ökade tätheter av lax- och öring. Direkta jämförelser av de olika åtgärdernas effekter på olika platser har dock försvårats av att studierna i de flesta fall utförts med olika metoder och med olika noggrannhet. Om erhållen kunskap om de olika åtgärdernas effekt ska vara överförbar från en plats till en annan krävs att uppföljningsarbetet i framtiden standardiseras.

5.1 FISKPASSAGELÖSNINGAR

Att utforma väl fungerande fiskpassagelösningar är komplicerat, eftersom deras funktion styrs av såväl platsspecifika förutsättningar som målarternas egenskaper. Den bästa lösningen varierar således mellan platser, vilket försvårar kunskapsöverföringen mellan vattendrag och platser. Samtidigt är kunskapen god om ett antal nyckelegenskaper som utmärker välfungerande fiskpassagelösningar, såsom t.ex. placering och stigrännans utformning.

Förprojektering

Vad som är den bästa fiskpassagelösningen är plats- och artspecifikt och som underlag för en funktionell fiskpassage bör man utgå från de lokala fysiska förutsättningarna på platsen och målarter i det aktuella vattendraget. Förstudier rörande fiskens vandring och ansamlingsplatser och områdets markförutsättningar kan båda vara viktiga i förprojektering för en funktionell lösning. De fysiska förutsättningarna, t.ex. fallhöjd, utrymme på platsen, flöden och sidofåror är oftast avgörande för fiskpassagens placering och typ.

Erfarenheter från Billstaån visar t.ex. att en längsgående stålspont var en teknisk förutsättning vid anläggning av omlöp i en brant slänt och att ökade kostnader i samband med bergsschaktning (genomsläppligt berg) möjligtvis kunde förebyggts av en grundlig markundersökning. Även i Stornorrfors medförde genomsläppligt berg i anslutning till fångdammen en betydligt mer kostsam och tidskrävande

anläggningsprocess än planerat. I de fall förutsättningar med höga vattennivåfluktuationer i uppströms belägna intagsdammar eller sjöar rekommenderas slitsrännor som kan hantera högre vattennivåvariationer jämfört med andra lösningar. Detta har implementerats vid Näktens fiskpassage vilket var en förutsättning för att hantera Näktens reglernivå på 1,3 meter. Således bör anläggandet av en fiskpassage föregås av förstudier och projektering som identifierar viktiga platsspecifika egenskaper, vilka beskrivs mer i nedanstående stycken.

Placering av fiskpassage - utlopp och inlopp

Utloppet av en uppströmspassage bör i första hand förläggas i området där fisken stoppas i sin vandring och kan vara avgörande för fiskvägens funktion. I Sverige är det vanligt att en fiskpassage anläggs i en sidofåra, ofta den ursprungliga vattendragsfåran, där det vanligen rinner lite vatten relativt huvudflödet i kraftverkskanalen. Merparten av fiskpassagelösningarna i innevarande projekt är exempel på sådana lösningar och i nästan samtliga fall har anlockningsproblematik i sammanflödesområdet konstaterats eller förmodats. Fisken har här uppehållit sig i längre perioder och i vissa fall avbrutit sin uppströmsvandring. I t.ex. Sikfors estimerades en tidsfördröjning på mellan 2-5 veckor för lekvandrande lax och öring i anslutning till kraftverket. Sannolikt utgjorde sammanflödesområdet med sidofåran och kraftverkets turbinutlopp, i kombination med passage av dammen, en stor del av fördröjningen (Länsstyrelsen Norrbotten, 2016). Då fiskpassagen istället förläggs vid ett kraftverk bör utloppet placeras så nära turbinutloppet som möjligt (DWA 2010), men områden med kraftig turbulens bör undvikas. Erfarenheter från Sikfors har t.ex. visat att en förändrad tappning via dammens utskovsluckor, med reducerad turbulens och mindre bakvatten nedan dammen som följd, förbättrade anlockningen till passagens utlopp.

En tumregel är att anpassa utloppet för bäst funktion vid de förutsättningar som normalt råder under vandringsperiod. Förutsättningarna vid utloppet vid låga vattennivåer bör även beaktas för att undvika att de nedre delarna i utloppet stundtals blir för branta. I Finsjö nedre visade sig lutningen de nedersta fem meterna i omlöpet variera mellan ca 2,5 – 14 % , beroende på om kraftverket var i drift eller ej vilket påverkade vattennivåerna i utloppskanalen. En lutning på 14 % överskrider rekommendationer på lutning och kan potentiellt påverka passageeffektiviteten negativt, i synnerhet för svagsimmande arter. Liknande förutsättningar observerades i Nykvarns omlöp där lutningen de nedersta tio meterna mättes in till ca 5 %, således inom rekommendationerna för lutning i naturlika faunapassager, då kraftverket var ur drift. För att minimera s.k ”fallbacks”, dvs fisk som direkt återvänder nedströms dammen efter uppströmspassage, är placeringen av passagens inlopp av vikt. Eftersom fisk kan vara omtumlad eller utmattad efter passage ska områden med stora vattenhastigheter undvikas och således bör inloppet uppströms dammen placeras en bit från turbinintaget eller utskovet. Fallbacks har observerats i bland annat Hertingforsen där flera lekvandrande laxar återvänt nedströms kraftverket igen efter lyckad passage – för att sedan åter passera uppströms igen. Detta ställer krav på fiskpassagens funktion för att minimera tidsåtgången för lyckad passage, i synnerhet då fisk kan passera densamma vid upprepade tillfällen.

För låglutande galler bör flyktöppningen placeras vid gallrets nedströmsände, något som åtgärden med β-galler i Herting i Ätran visat fungerat väl, och för α-galler kan en eller flera flyktöppningar placeras ytligt vid gallrets nedströmsände, något som är fallet i Finsjö övre i Emån och Nykvarn i Stångån. Samma princip gäller för ledarmar där dess nedströmsände således bör anslutas till det avsedda utskovet eller flyktöppningen och åskådliggörs vid Stornorrfors och Sikfors. Samtidigt bör områden med stilla eller mer lugnflytande vatten undvikas vid placering av flyktöppning. I t.ex. Anundsjö försvårar sannolikt placeringen av slitsrännans inlopp avledningen (dit fisken är avsedda att avledas), där området karakteriseras av lugnflytande vatten och vegetation, då nedströmsvandrande smolt i regel följer huvudströmmen. Även utloppet är av stor betydelse för åtgärdens funktion och bör förläggas så att predationsrisken och skaderisken vid nedfallet minimeras. Områden direkt nedströms vandringshindret med djupt och lugnt vatten bör undvikas då predatorer endera tenderar att ansamlas eller har lättare att fånga byten under sådana förutsättningar. Utloppets placering och fallhöjd skiljer sig i regel åt och är beroende av platsspecifika egenskaper. I Herting och Finsjö övre utgörs t.ex. utloppet av ett relativt lågt fall i slutet av flyktrännan i sidofåran respektive vid sidan av kraftverkets turbinutlopp. I Stornorrfors utgörs utloppet av smoltavledningsröret med uppskattningsvis 2 m fallhöjd några meter ut i sidofåran och i Sikfors av ett modifierat utskov som för vattnet i en båge över nedströms liggande bassängtrappsutlopp.

Flöden

Hur mycket vatten som krävs i en fiskpassage för att fisk fysiskt skall kunna vandra beror på dess typ, fiskart och fiskens storlek (ICPDR 2013). Generellt bör flödet vara 200 l/s och uppåt men utgörs vanligen av högre flöden än så. Vid flödesmätningarna under fiskvandringsperiod var flödet mellan 0,9 – 1,4 m^3/s i fyra naturlika faunapassager (Finsjö övre och nedre, Nykvarn och Anundsjö), 0,4 – 0,6 m^3/s i tre naturlika faunapassager i det mindre vattendraget Billstaån och 0,6 m^3/s i bassängtrappan i Sikfors. Det relativa flödet i fiskpassagerna, dvs. inmätt flöde jämfört med det angivna i vattendom eller tappningsschema, förhöll sig i regel mellan 80 – 120 %. Exempel på både lägre flöden (Sikfors: drygt 60 % av angivet flöde) och högre flöden (Nykvarn: ca 140 % av angivet flöde) observerades. Ingen trend för de observerade relativa flödena fanns således men detta visar svårigheten att beräkna rätt flöde vid projektering och vikten av flödesmätningar efter implementerad åtgärd för justering till korrekt flöde under olika förutsättningar.

Lockvattnet vid fiskpassager finns endast utvärderat vid ett fåtal exempel och således finns inte några säkra rekommendationer på hur mycket lockvatten som krävs för en funktionell lösning. Calles m.fl. rekommenderar att lockvattnet utgörs av minst 5 % av medelvattenföringen på platsen, där lockvattnet under högflöden dessutom ökas i paritet med detta. ICPDR (2013) anger som tumregel 1 % som tillräckligt i större älvar (>50 m^3/s), 2 % i mellanstora vatten (25 - 50 m^3/s) och en större andel än så i mindre vattendrag. Wolter & Schomaker (2019) fann att medianflödet (fiskpassagens dimensionerade flöde/MQ) i olika typer av fiskpassager med hög funktion var 5 % av MQ, med en stor spridning uppåt och nedåt. Således varierar flödesgränsen för vad som anses vara tillräckligt god

anlockning. På vissa platser kan det krävas att ytterligare lockvatten, utöver vattnet som rinner genom passagen, tillförs för att öka anlockningen till utloppet. I till exempel Sikfors görs detta via en bottenlucka som tillför ca 2 m^3 vid trappans utlopp och i Stornorrfors kan ca 20 m^3/s lockvatten tillföras vid trappans utlopp. I Stornorrfors har dessutom ett minikraftverk installerats för att utvinna energi från lockvattnet. I de fall fiskpassagen mynnar i en sidofåra kan ett ökat kontinuerligt flöde (t.ex. Herting i Ätran med en minimitappning på 11 m^3/s i den ursprungliga fåran vilket motsvarar ca 20 % av MQ) eller ett periodvis substantiellt ökat flöde, s.k klunkning (t.ex. Stornorrfors i nedre Umeälven med tappningar uppemot 50 m^3/s under vandringssäsong) resultera i ökad anlockning till densamma. I större vattendrag är rätt lockvatten en utmaning, vilket Stornorrfors med olika testade flödesregimer i den ursprungliga älvfåran vittnar om, och för att utvärdera åtgärdens effekt krävs i regel plats-specifika studier. Ytterligare ett alternativ kan vara att tillfälligt stänga kraftverket för att locka upp fisk i sidofåran (praktiseras vid b.la Billsta kraftverk i Billstaån, dock ej med fastställd framgång).

Flödet är sammankopplat med vattenhastigheter och flödesenergi genom passagen där olika fiskarter har olika preferenser och begränsningar. T.ex. rekommenderas en medelvattenhastighet i naturlika passager på 0,5 – 1,0 m/s (ICPDR, 2013). Samtliga medelvattenhastigheter i innevarande projekts omlöp visade sig följa denna rekommendation. Mätningarna visade på likartade hastigheter i de fem inmätta omlöpen där hastigheterna var lägst vid botten (medel = 0,59 m/s), något högre vid 0,4xdjupet (medel 0,77 m/s) och högst i ytan (medel = 0,9 m/s) [Repeated measure Anova, $F(1,488, 35,720)=42,417$, $p < 0.001$]. Lägre hastigheter vid botten är ofta en förutsättning för passage även av mer svagsimmande arter. I de fall flödesenergi var möjligt att beräkna vid tekniska faunapassager indikerade mätningarna både högre (Anundsjö slitsränna och Sikfors bassängtrappa) och lägre (Näktens slitsränna) värden jämfört med rekommendationerna på maximalt 200 W/m^3 (Larinier, 1992). Den höga flödesenergin i slitsrännan vid Anundsjö, som dessutom karakteriserades av höga fallhöjder vid de nedersta bassängerna, är sannolikt delvis orsakat av det vid tillfället relativt höga flödet på grund av driftstopp i kraftverket vid inmätningstillfället. Botten på slitsrännan saknar också lutning vilket också kan orsaka högre fallhöjder.

Nedströmsavledarens funktion är delvis beroende av den mängd vatten som tappas i förbipassagen och oftast sker smoltvandringsperioden i samband med höga vattenflöden i vattendraget. I Herting tappades t.ex. >30 % av flödet via någon av de två nedströmpassagerna (β-galler och naturlik faunapassage) med en total passageeffektivitet förbi via nedströmspassagerna för smolt på 89 – 98 % (Nyqvist 2018). Flyktöppningen vid β-gallret är dimensionerat för 3 m^3/s och har därmed en överdimensionerad slukförmåga vilket rekommenderas för att ha möjlighet i efterhand att anpassa flödet till de arter som förekommer. I Finsjö övre kan desto mindre vatten tappas genom flyktöppningarna, endast ca 2 % av det maximala flödet i intagskanalen (kraftverkets utbyggnadsvattenföring), men i kombination med spill har en total passageeffektivitet förbi kraftverket på ca 84 % för laxsmolt uppmäts. I Sikfors, där > 50 % av flödet spilldes via yt-eller bottenluckor under en stor del av smoltvandringsperioden, avleddes 85 % av smolten till ytutskovet via ledarmen med en passageffektivitet på knappt 70 %.

Lutning och substrat

Tekniska faunapassager kan anläggas med större lutning än naturlika passager då vattnet effektivare bromsas upp av mellanväggar jämfört med naturligt substrat som stenar och grus på botten. Medellutningen inom projektets tekniska faunapassager (två bassängtrappor och två slitsrännor) var snarlika och varierade mellan ca 7,4 – 8 %. Fallhöjden mellan bassänger varierade mellan 0,2 – 0,35 m och är i paritet eller något högre än gällande rekommendation på en maximal fallhöjd på 0,2 m (HAV, 2021). För att underlätta för svagsimmande arter kan botten i slitsrännor utgöras av natursten, något som utförts i t.ex. Näktens slitsränna. För naturlika faunapassager bör lutningen vara 1–5 % (DVWK 2002), men gärna < 2 % om det finns utrymme. Enligt inmätningar utgjordes medellutningen i projektets omlöp vanligen runt 2 % (min 1,4 max 2,6), även om kortare sektioner av högre lutning dock kunde konstateras i några av faunapassagerna. Substratet i naturlika passagers bör efterlikna naturliga vattendrag och utgöras av ett >2 dm tjockt lager. Substratet i omlöpen utgjordes mestadels av sten och block (63 – 200 respektive 200 – 630 mm) med en i fält observerad täthet av större block (> 630mm, dvs strömkontrollerande strukturer) på mellan 0,17 – 0,5 block/m. Sannolikt var dock tätheten i några omlöp något i underkant då flödet medförde begränsad sikt och svårigheter i karteringen. I nuläget finns ingen rekommendation kring hur mycket större block som bör placeras ut men en tumregel kan vara att tillföra fler block om vattenhastigheter och lutning i stigrännan är höga.

Med låglutande galler avses intagsgaller med lutning <45° i förhållande till vattnets rörelseriktning. För bästa funktion ska dock vinkeln vara ≤30° då kraften som verkar parallellt med gallret därmed blir dubbelt så stor som den kraften som verkar vinkelrätt mot gallret. Detta ökar sannolikheten för en fisk att ledas längs med gallret istället för att klämmas mot det och förbättrar därmed fisken möjlighet att ledas mot en flyktöppning. Samtliga låglutande galler i projektet har en lutning på 30° förutom Finsjö övre där den uppgår till 35°.

Fallhöjd

Naturlika passager används framförallt på platser med låg fallhöjd och i mindre vattendrag medan tekniska passager kan vara lämpliga vid hög fallhöjd och vid platser med ont om utrymme. Fallhöjden för fiskpassagelösningarna i projektet varierade 2,4 – 22 m där passagerna vid de högsta fallhöjderna (Sikfors - 12 m, Stornorrfors – 22m) utgjordes av 120 respektive 250 m långa bassängtrappor. De naturlika faunapassagerna hade i regel fallhöjder mellan 2,4 – 5,1 meter men exemplen från två av de längsta omlöpen i Sverige, Finsjö nedre och Anundsjö, visar att fallhöjder på upp till ca 9 meter är applicerbart för omlöp under förutsättning att utrymme för åtgärden finns.

Djup och dimensioner

Generellt bör vattendjupet i en fiskpassage vara ≥ 2,5 gånger fiskens kroppshöjd (DWA 2010). För samtliga naturlika passager inom projektet mättes medeldjupet under vandringssäsong i den djupaste delen i mitten av stigrännan till 0,48 – 0,73 m. Enligt rekommendationerna bör därmed innevarande omlöp vara lämpliga för sannolikt samtliga på platsen förekommande vandringsbenägna arter och storlekar. Utöver djup är även fiskpassagens dimensioner av vikt för att möjliggöra

fysiskt utrymme för (DWA 2010). Generellt bör bassängerna i en teknisk passage vara minst 3 gånger fiskens längd och beror därmed på vilka målarter som finns i vattendraget. I Stornorrfors är bassängerna 3,5 m långa och i Sikfors 3 m, vilket därmed enligt rekommendationer är lämpligt för lax upp till ca 1, 2 respektive 1 m.

Vad gäller flyktöppningarnas dimensioner vid låglutande galler bör dessa inte understiga en bredd på 0,5 m och djup 0,4 m (Travade & Larinier 1992). Vid Herting utgörs flyktöppningen vid β-gallret t.ex. av två öppningar i den reglerbara klaffluckan, en vid botten respektive ytan, och i Finsjö övre (α-galler) är flyktöppningarna enligt rekommendationerna tillräckligt breda (0,5m) med något grunda (0,33 – 0,35m). I Nykvarn utgör inloppet till omlöpet i anslutning till α-gallret den enda flyktöppningen där djupet inte var möjligt att mäta men både bredd och djup överstiger redan nämnda gränser. Resultat från fiskräknaren i omlöpets inlopp har visat att många arter passerar nedströms via densamma men dess avledningseffektivitet är i nuläget okänd.

Åtgärdskostnader

Kostnader för fiskpassagelösningar varierar stort, även för likartade passagelösningar, vilket Carlström (2017) visade i en sammanställning av ett 80-tal projektkostnader för olika typer av fiskpassager. Även i innevarande projekts åtgärdsurval återspeglas en stor variation i åtgärdskostnader och varierar från 1 – 180 Mkr. Underlaget är dessvärre än mer begränsat i omfattning och baseras likt Carlströms sammanställning på ett varierande underlag med olika detaljeringsgrad för de olika åtgärderskostnaderna. Dessutom innefattas få stora kraftverk med fiskpassagelösningar. Erfarenheter från datainsamlingen visar att det sällan har varit enkelt att tillhandahålla kostnadsuppgifter, i vissa fall har informationen gått förlorad i och med att projektledare gått i pension eller avslutat sin tjänst. Samtidigt har uppgifter från totala projektkostnader erhållits, vilket även inkluderat flera andra åtgärder i större projekt, där kostnaderna inte kunnat redovisas detaljerat för respektive åtgärd.

Få, om något, samband kring åtgärdskostnader och olika förutsättningar eller attribut fanns. Åtgärder för uppströmsvandrande fisk visar t.ex. ett samband mellan ökad kostnad och installerad effekt samt medelårsproduktion i kraftverk, men då Stornorrfors (som särskiljer sig storleksmässigt) exkluderas, kunde inget sådant samband ses. (Linjär regression $p > 0,05$). Kostnaden per fallhöjdsmeter för fem omlöp varierade mellan 0,2 Mkr och 4,5 Mkr och för två kombinationslösningarna av slitsränna/omlöp mellan 2,2 – 2,3 Mkr. Av nedströmsavledarna uppgick α- och β-gallren till mellan 1 – 4,7 Mkr och kostnaden per löpmeter för ledarmarna till ca 0,07 - 0,3 Mkr

De löpande kostnaderna utgörs vanligen av drift och underhåll av fiskpassagen, där arbetet med fiskräknare utgör en stor del, och uppgår för de flesta studieobjekten (Stornorrfors exkluderat) till 200 – 300 Tkr. Även produktionsförluster till följd av det tillförda flödet i fiskpassagerna utgör i några enskilda fall det klart största kostnaden. I t.ex. Hertingforsen beräknas den årliga produktionsförlusten för minimitappningen på 11 m^3/s uppgå till 2,3 Mkr (baserat på ett elpris på 0,4 öre/kWh) och i Nykvarn till ca 0,25 Mkr (med ett antaget elpris på i snitt 35 öre/kWh). Det bör dock poängteras att uppgifter för

produktionsförluster inte erhållits för samtliga studieobjekt varvid detta sannolikt generellt utgör en större del av de löpande kostnaderna än vad som framkommit från projektets exempel.

5.2 BIOTOPVÅRDSÅTGÄRDER

Att utforma väl fungerande naturfåror är komplicerat, eftersom deras funktion styrs av såväl flöden, platsspecifika förutsättningar och målarternas egenskaper. Den bästa lösningen varierar således mellan platser, vilket försvårar kunskapsöverföringen mellan vattendrag och platser. I nuläget finns inga utförliga rekommendationer om lämpliga flödesnivåer. För att öka den ekologiska potentialen i naturfåror rekommenderas att spegla den naturliga flödesdynamiken och undvika statiska tappningar (Renöfält m.fl., 2015). För att utreda bästa möjliga minimitappning, flödesregim och potentiell tillkomst av habitat kan underlag tas fram genom inmätningar, modelleringar och provtappningar.

Förprojektering

Inmätningar i form av tvärsnittssektioner eller den nationella höjdmodellen kan ge ett underlag för modellering av potentiellt habitat i naturfåror (Malm Renöfält m.fl., 2015). I Granö naturfåra simulerades olika flöden och tillsammans med provtappning estimerades arealen uppväxtområde för lax och öring (EKOM AB, 2019). I detta specifika fall kunde en potential areal på 4,0 ha nås vid ett flöde på ca 2,3 m^3/s och för att nå ytterligare 1 ha skulle det i princip krävas en fördubbling av flödet. En öring- och laxhabitatkartering i innevarande projekt bekräftade metodens estimat av areal potentiellt uppväxtområde, även om karteringen indikerade en något lägre areal än under förstudierna. I naturfåran vid Stornorrfors kraftstation har biotopkartering och hydrauliska simuleringar kombinerats för att bedöma i vilken utsträckning det finns lämpliga lekområden för främst lax och öring (Aldvén & Wendin, 2020). Resultatet visade på en ringa areal med lämpliga lekområden (31 m^2) med avseende på substrat, djup och vattenhastighet. Då förutsättningar för en större areal lekområde saknas, var slutsatsen att naturfåran främst bör fungera som en vandringsväg och inte som ett lekområde. Erfarenheter från Gullspångsälven visar även på behovet av uppföljning av åtgärder. Biotopvård enligt en detaljerad arbetsplan har genomförts under senare år för att optimera lek- och uppväxtområde. Dock konstateras att populationerna av lax och öring inte uppnått nivåer som är godtagbara varken för kortsiktigt eller långsiktigt bevarande. Den begränsade arealen i kombination med få lekfiskar och låg reproduktion i naturfåran och de nedströms belägna Åråsforsarna implikerar att ytterligare åtgärder i älven måste vidtas för att uppnå kommande bevarandemål för lax och öring i Gullspångsälven (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021). Vid åtgärdsprojekten i både Granö och Sofieholmsforsen (Nianån), där en dammutrivning skett, poängteras bevarandet av kulturmiljö i anslutning till åtgärdsområdet som en viktig punkt att beakta innan och under restaureringsarbetet.

Flöden

Tillförsel av vatten i naturfåror som tidigare varit helt eller delvis torrlagda bidrar sannolikt alltid till en ökad biodiversitet (Malm Renöfält m.fl., 2015). I nuläget

finns dock inga utförliga rekommendationer om lämpliga nivåer, p.g.a. otillräckligt kunskapsunderlag. I t.ex. Gullspångsforsen utgör minimitappning på 3 m^3/s knappt 5 % av medelvattenföringen och knappt hälften av MLQ i Gullspångsälven. I Hertingforsen utgör minimitappningen på 11,3 m^3/s knappt 20 % av medelvattenföringen i Ätran, men flödet i forsen uppgår sannolikt periodvis till en högre andel än så i och med den passiva tillförseln av vatten över dammvallarna som ökar om vattennivån uppströms höjs. För att öka den ekologiska potentialen i naturfåror rekommenderas att spegla den naturliga flödesdynamiken och undvika statiska tappningar (Malm Renöfält m.fl., 2015). I förstudier i Granö naturfåra har tex olika ekologiska flödesmodeller tagits fram (men ännu inte implementerats då vattendom inte är fastställd i nuläget) med Mörrumsåns naturliga flödesdynamik som förebild. I Granös fall föreslår flödesmodellerna följaktligen en hög vattenföring vintertid, sjunkande under vår, lågt sommartid följt av ökat flöde under hösten. I Hertings fall sker denna reglering automatiskt i och med den passiva tillförseln av vatten över dammvallarna. I många naturfåror ökar ofta flödet under våren i och med flöden under vårfloder som övergår kraftverkets utbyggnadsförmåga, något som vanligen förekommer i t.ex. Anundsjö naturfåra.

Biotopvård

I Sverige har många forsar blivit rensade och kanaliserade för flottning och tillförsel av flöde i naturfåror bör därmed följaktligen kombineras med biotopvård (Malm Renöfält m.fl., 2015). I flera av projektets åtgärdsurval har material som t.ex. större block och lekgrus återförts efter tidigare flottledsrensning. Fåran kan restaureras i sin helhet med öppnande av stängda sidofåror, som t.ex. Hertingforsen, Granö och Sofieholmsforsen (Ninanån) eller anpassat efter rådande minimitappning, som t.ex. Gullspångsforsen eller Anundsjö Naturfåror med en minimitappning som är betydligt lägre än vattendragets MQ kan vara dåligt anpassade till de nya förutsättningarna med lägre vattenhastigheter och grunda strömpartier (Forseth & Harby, 2014). För att anpassa fåran kan principen ”älv i älven” implementeras där en avsmalnad djupare fåra sträcker sig genom naturfåran, vilket säkerställer habitat vid rådande minimitappning likväl som vid ökade flöden under extra spill. Anundsjö naturfåra biotopvårdades enligt denna princip för ett minimiflöde mellan 0,25 – 0,8 m^3/s, med förekommande extra spill framförallt på våren, för att gynna lax och öring. Liknande princip implementerades även i Hertingforsen men där huvudsyftet istället var att säkerställa en djupare fåra som fisken kan vandra i även under lågflöden. Biotopvårdade naturfåror anses ännu mer värdefulla om de ökar konnektiviteten i vattendraget, vilket är fallet i b.la. Herting, Nianån och Anundsjö.

Vattenkraften kan ha betydande effekt på sedimenttransport (Brandt 1994) och höga flöden kan påverka fårornas struktur och spola bort substrat. Höga flöden kan periodvis förekomma i naturfåror då det ofta spills vatten då t.ex. flödet i vattendraget övergår kraftverkets utbyggnadsförmåga. I Gullspångsforsen medförde högt spill 2011 -2012 omfattande påverkan på forsen med efterföljande återställning och tillförsel av nytt lekgrus. Under sådana förutsättningar kan en noggrannare planering av lekgrusbäddarna, med större stöd i nedströmsänden och armering, sannolikt medföra färre kompletteringar över tid. Ingen kompletterande tillförsel har däremot utförts vid någon av de andra naturfårorna, men arbetet i

Gullspångsforsen understryker vikten av uppföljning för optimering av lek- och uppväxtarealer. I Frankrike har en annan lösning testats där högar av lekgrus istället placerade strax nedströms dammen, som sedan erroderas under högre flöden (Larrinier, pers. kommunikation, 2018). Följaktligen bör man eftersträva att ersätta substrat om bortspolning sker och ingen sedimenttransport som tillför substrat på platsen sker.

Åtgärdskostnader

Investeringskostnaden för de biotopvårdade naturfårorna varierade mellan 1 – 3 Mkr och uppgått till ca 1 – 2 Mkr/ha lämpligt uppväxtområde för lax och öring. Underlaget är dessvärre begränsat i omfattning och olika detaljeringsgrad för att utföra en detaljerad analys. I endast ett fall har produktionsförlusten beräknats (Herting: Produktionsförlust på 30 % för vatten som leds via faunapassagen/naturfåran) som i många fall kan utgöra den största löpande kostnaden och inga uppgifter har erhållits för kostnader vid tillförsel av substrat.

5.3 UPPFÖLJNING

Standard för telemetri (kvantitativt) EU-standard

Telemetristudier på fisk kan ge tillförlitliga uppgifter om passageeffektiviteter då arter har ett vandringsbehov uppströms, tex lekvandrande asp, lax och öring, eller nedströms, t.ex. blankål, kelt och smolt. Resultaten är dock inte alltid lätta att tolka vilket kan bero på flera orsaker. Under senare år har laxhälsoproblematiken i Umeåälven försvårat utvärderingen av bassängtrappans funktion och i Hertingforsen, där telemetristudier på en rad arter utförts, använde vissa individer sannolikt forsen som endera lek- (havsnejonöga) eller uppväxtområde (laxsmolt) vilket därmed enligt definitionerna tolkats som misslyckad passage. Detsamma gällde vid Finsjö övre och nedre i Emån där juvenil öring och lake i högre grad använde omlöpen som habitat, med låg passageeffektivitet som följd. Oftast är det även en utmaning att fånga fisk för märkning och det är en fördel att använda sig, om möjligt, av befintliga fällor. Erfarenheter från för- och efterstudier vid Herting visar att de förändrade förutsättningarna vid kraftverket kan medföra att fisken inte uppehåller sig och ansamlas i lika hög utsträckning som tidigare med följd att fångstmetodiken som använts inte längre fungerar lika bra. I Vindelälven är ryssjfångad smolt, som har använt för utvärdering av Stornorrfors ledarm, beroende av flödet i älven då ryssjan måste tas ur drift vid för stora flöden, något som även observerats i smoltvandringstudier i Klarälven (Bergman och Carlsson 2021).

Behovet av en kvalitativ standard och potential inom förvaltningen (lekbeståndsmål).

En väl fungerande fiskräknare har goda möjligheter att utgöra ett värdefullt verktyg för förvaltning av t.ex. laxbestånd, men kan inte enskilt visa fiskpassagens effektivitetet. Vid totalt 6 plaster i projektets exempel fanns fiskräknare installerade där uppgifter om art, storlek och riktning erhållits. Vidare har data från fiskräknare gett information om artsammansättning, storleksfördelning, beståndsutveckling över tid och vandringsmönster. Antalet arter och registreringar varierade stort mellan olika studieobjekt men i regel kunde fisk konstateras passera fiskpassagen

redan första året efter åtgärd. Fiskräknarna har varit ett värdefullt verktyg för uppföljning där projektmål om ökad konnektivitet påvisats. En standard kring kvaltitativ uppföljning finns inte i dagsläget men skulle sannolikt förbättra utvärderingen av fiskpassager.

För att utvärdera antalet fiskar behöver man utesluta upprepade registreringar av samma fisk vilket sannolikt endast är möjligt vid få registreringar eller små tidsskillnader mellan upp- och nedströmsregistreringarna. Det går även att begränsa analysen till större fisk som i fiskräknarna i Billsta och Näktens omlöp visade att antalet större öringindivider som passerar omlöpen var betydligt färre än antalet registreringar i fiskräknarna. Erfarenheter från fiskräknaren i Billsta visade även vikten av tillräcklig avgallring i anslutning till fiskräknaren. Otillräcklig avgallring medförde här att mindre fisk kunde passera nedströms vid sidan av vilket resulterade i en ”falsk” nettouppvandring och mer svårtolkad passagedata. Även i Anundsjö omlöp observerades vid platsbesök en otillräcklig avgallring vid rådande höga flöde, men effekten av detta har inte analyserats och antalet fisk i omlöpet har hittills varit få. Resultatet från fiskräknarna har inte kunnat användas för att utvärdera passageeffektiviteter, men i Sikfors har en kombination av en fiskräknare och ekolodskamera kunnat påvisa en fördröjning av lax och öring i anslutning till kraftverket.

Olika funktionsmått i naturfåror

Elfiske kan ge en skattad täthet av t.ex. lax och öringungar på en lokal och det sammantagna resultatet kan användas för att erhålla vattenförekomstens status -. VIX-klassning, som erhålls via SERS. Bedömningen av ekologisk status fungerar optimalt vid elfiske på grunda och strömmande hårdbottnar, dvs laxfiskhabitat, men bedömningsgrunder saknas för provtagning av lugnflytande och sjöliknande habitat samt i större vattendrag (HAV, 2018). Av naturfårorna var det endast Gullspångsforsen som erhölls hög VIX-status medan resterande i regel uppvisade måttlig VIX-status. En nackdel med VIX i detta sammanhang är att naturfåror vanligen (åtminstone i innevarande projekts studieobjekt) varit belägna i anslutning till lugnvatten som sjöar och hav. Detta kan medföra att VIX fungerar sämre där t.ex. toleranta arter som ål tenderar att vara överrepresenterade och fångst av enstaka toleranta individer kan visa på påverkan på indexet. Således krävs lokal kännedom för en bra statusbedömning. Därför kan även resultatet jämföras med elfiskeresultat från andra fiskade vattendrag, s.k. jämförelsevärden, för att få en uppfattning om hur artförekomsterna och tätheterna förhåller sig till andra liknande vattendrag (SERS, 2008). I Herting- och Gullspångsforsen har lax och öring fångats vid nästan samtliga elfisketillfällen där normala – höga tätheter av lax och låga respektive mycket höga tätheter av öring uppvisats. I Anundsjö har endast låga tätheter av lax och öring uppvisats och i Sofieholmsforsen samt Granö har höga tätheter av öring uppvisats. Rekryteringsstatusen för öring kan dessutom skattas om uppgifter om t.ex. djup och vattenhastigheter erhållits från elfiskedata eller öringhabitatkartering. I t.ex. Gullspångsforsen och Sofieholmsforsen var rekryteringsstatusen för öring hög (medel >100 %) medan den i Hertingforsen i medel varit lägre, 58 %, och därmed något lägre än liknande vattendrag på västkusten (Magnusson et.al 2020).

Före/efter:

Resultat av de miljöförbättrande åtgärderna i studerade projekt har i regel skett relativt snabbt där återkolonisering av naturfåror och fiskvandring genom samtliga fiskpassager skett redan de första åren. Elfiskeresultat i naturfåror har t.ex. visat att återkolonisering av densamma och höga tätheter av lax och öring kan ske redan året efter slutförd åtgärd. Året efter att vatten tillfördes Granö naturfåra och fisken fick möjlighet att nå fåran kunde t.ex. årsungar av havsöring konstateras på platsen och i naturfårorna i Herting, Sofieholmsforsen (Nianån), Anundsjö och Gullspångsforsen har förekomst av lax och/eller öring konstaterats årligen sedan genomförd åtgärd, dock i varierande tätheter. Resultat från fiskräknare i omlöp visade att en stor andel av förekommande arter i vattendragen registrerades i fiskräknarna redan åren efter slutförd åtgärd. Vidare har även målarterna; oftast asp, lax och öring registrerats vid ett stort antal tillfällen. Sannolikt är effekten av åtgärden beroende av tid och en längre tidsserier krävs för att erhålla långsiktiga mål. Erfarenheter från fiskpassagelösningar visar dessutom att en förbättrad funktion kan fås genom justeringar efter hand av passagen i fråga, men är beroende av att förändringarna på något sätt utvärderas.

5.4 IMPLIKATIONER FÖR FORTSATTA ÅTGÄRDSPROGRAM OCH UPPFÖLJNING

För att få en samlad bild av arbetet med miljöförbättrande åtgärder i vattendrag i Sverige samlas information in till den nationella databasen ”Åtgärder i vatten” vars syfte är att skapa en bättre vattenmiljö. Systemet ska vara Sveriges huvudsakliga register över fiskvägar där innehållet ska vara tillgängligt för forskning och förvaltning inom fiskevård och restaureringsprojekt och är ett led i att öka kunskapsunderlaget om fiskpassager.

Målbilder för åtgärder bör specificeras och, om möjligt vara kvantifierbara, för att ge en bättre bild av vad åtgärden syftar till att uppnå. Detta bidrar även till ett mer framgångsrikt genomförande av uppföljningsmetod och ambitionsnivån av åtgärden samt underlättar utvärderingen huruvida åtgärden varit lyckad eller ej.

Fiskpassagelösningarna i innevarande projekt följer i stor utsträckning befintliga riktlinjer om utformning, vilket är en klar förbättring mot hur det har sett ut historiskt. Merparten av fiskpassagerna är belägna i sidofåror och i nästan samtliga fall har det konstaterats en anlockningsproblematik till sidofåran av konkurrerande flöden från turbinutlopp. Det rådande kunskapsläget om anlockningsflöde är begränsat och erfordrar vidare forskning.

Naturfårorna i innevarande projekt varierar stort i både längd och areal men framförallt vilket flöde som tappas i dem. För att kunna öka förståelsen kring vilka flöden, i relation till det aktuella vattendragets flöde, som gör åtgärden mest effektiv behövs ett större kunskapsunderlag. Vidare bör man vid förprojektering av naturfåror genomföra olika flödessimuleringar och habitatmodeller, särskilt i de fall endast en liten andel av vattendragets MQ tillförs fåran, för att på så sätt identifiera vilka flöden som kan vara mest gynnsamt ur ett ekologiskt men även ekonomiskt perspektiv. Man bör eftersträva att flödesdynamiken återspeglar den naturliga variationen i vattendraget med höga flöden under snösmältning etc.

Innevarande projekts studieobjekt har utvärderats med flera olika metoder. Kvantitativa funktionsuppföljningar för fiskpassager, t.ex. radiotelemetri, ger en attraktion- och passageeffektivitet för de undersökta arterna och har visat sig vara en mycket användbar teknik för att studera fiskpassagers funktion, men kan av olika anledningar (t.e.x utmaning att fånga fisk, kostnader) inte alltid vara applicerbar. De kvalitativa funktionsuppföljningarna, t.ex. fiskräknare, ger en bra överblick av bl.a. artförekomst och storleksfördelning och kan vid noggrann analys användas för att estimera antalet upp- och nedströmspasserande fiskindivider, men kan inte enskilt ge fiskpassagens attraktions- och passageeffektivitet. För att enklare kunna tolka resultat från elfisken kan jämförelser med likartade vattendrag göras av t.ex. lax- och öringtätheter. Referensvärden, s k jämförelsevärden, från likartade vattendrag kan på så vis ge en bild av vad som är ”normala” tätheter och artförekomster. Således ger olika metoder olika kunskap om åtgärdernas funktion vilket kan göra det svårt att jämföra olika fiskpassagelösningar och naturfåror. Erfarenheter från aktuella studieobjekt visar även vikten av att ett fortlöpande förbättrings- och uppföljningsarbete för att fiskpassagen ska nå sin fulla potential.

Bilaga A: Summering av FPL och biotopvårdsåtgärder

Tabell 15. Summering av studieobjektens kraftverk, åtgärdstyp, kostnader och funktion.

Vattendrag	Kraftverk MW GWh/år	Fiskpassage-lösning (FPL)	Biotopvårds - åtgärd	Togs i drift	Investerings kostnad (Mkr)	Löpande kostnad (Mkr)	Funktions-uppföljning	Funktion
Billstaån	Billsta 0,65 MW 2 GWh/år	Omlöp	-	2017	4,9	0,05	Fiskräknare	Upp- och nedströmspassage (d.v.s. observationer i fiskräknare) av: Abborre, gädda, harr, lake, löja, mört, regnbåge och öring. De mest förkommande observationerna har utgjorts av öring och harr (målarter).
Billstaån	Strömbacka 0,5 MW 2 GWh/år	Omlöp	-	2017	3,1	0,02	Fälla	Uppströmspassage (d.v.s. fångst i fiskfälla) av: Abborre, gädda, harr, lake, mört, regnbåge och öring. De mest förkommande fångsterna har utgjorts av öring och harr (målarter).
Billstaån	Näkten - -	Omlöp/ slitsränna	-	2017	6,3	Ingen uppgift	Fiskräknare	Upp- och nedströmspassage (d.v.s. observationer i fiskräknare) av: Abborre, gädda, harr, lake, mört, regnbåge och öring. De mest förkommande observationerna har utgjorts av öring (målart). Samtliga åtgärder i Billstaån ha resulterat i en ökad konnektivitet i Billstaån där uppströmsvandrande fisk från Storsjön återigen har möjlighet att passera Billsta och vidare upp till Strömbacka. Dessutom har nedströmsvandrande fisk från Näkten återigen möjlighet att passera Näktens södra reglerdamm och få tillgång till lek- och uppväxtområden i Billstaån
Emån	Finsjö övre 0,6 MW 3,2 GWh/år	Omlöp α-galler	-	2000 2009	2 1	0,2	Telemetri	Vid en utvärdering av omlöpen 2001 - 2005 passerade totalt nio arter något av omlöpen i Finsjö nedre och övre i uppströms riktning och tolv arter nedströms. För flera fiskarter, däribland färna, braxen, sutare, abborre, lake och öring var passageeffektivitet hög, i medel cirka 75 %. Lekvandrande havsöring hade ännu högre passageeffektivitet, 90 – 100 procent. Telemetristudierna visade på en anlockningsproblematik för lekvandrande öring i sammanflödesområden med kraftverkens utloppskanal och den ursprungliga åfåran med hög fördröjning som följd och en total passageeffektivitet förbi båda kraftverken på 65 %. En utvärdering av avledaren vid Finsjö övre under två vårsäsonger, 2009 och 2010, resulterade i att totalt 1043 individer och 19 av Emåns totalt 33 arter påträffades i avledaren. Passageeffektiviteten för öringsmolt vid α-gallret var 46 procent, där ingen smolt passerade genom turbinerna, och den totala passageeffektiviteten, det vill säga lyckad passage oavsett vägval, vid Finsjö övre efter att alfagallret implementerats 84 %.
Emån	Finsjö nedre 2,15 MW 11, 6 GWh/år	Omlöp	-	2000	2	0,2	Telemetri	

Vattendrag	Kraftverk MW GWh/år	Fiskpassage-lösning (FPL)	Biotopvårds - åtgärd	Togs i drift	Investerings kostnad (Mkr)	Löpande kostnad (Mkr)	Funktions-uppföljning	Funktion
Gullspångs-älven	Gullspång 40 MW 97,8 GWh/år	-	Naturfåra	2004	1,2	Ingen uppgift	Elfiske Lekgrops-räkning DNA-provtagning	Öring, lax och stensimpa har fångats vid nästan samtliga elfisketillfällen samt är de arter som uppvisat högst tätheter. Mediantätheten av öring och lax har efter åtgärderna i Gullspångsforsen varit relativt höga, 49 öringar/100 m² (min 0 max 488) respektive 34 laxar/100 m² (min 0 max 303). Lekgropsräkning med kompletterande DNA-analys har visat att det årliga antalet leklaxar i Gullspångsforsen varit få, i medel 13 individer (min-max: 9 – 18). Den begränsade arealen (ca 0,56 hektar lämpligt laxhabitat och ca 0,46 hektar lämpligt öringhabitat) i kombination med få lekfiskar och låg reproduktion i Gullspångsforsen och de nedströms belägna Åråsforsarna indikerar att ytterligare åtgärder i älven måste vidtas för att uppnå bevarandemålen för lax och öring i Gullspångsälven.
Mörrumsån	Granö 8,8 MW 31,5 GWh/år	-	Naturfåra	2020	3	Ingen uppgift	Elfiske	Efter åtgärd (endast elfiskat året efter åtgärd hittills) har öring fångats vid nästan samtliga elfisketillfällen samt är även den art som uppvisat högst tätheter. Andra arter som ofta utgjorde en del av fångsten var mört sandkrypare och abborre. Ingen lax har ännu fångats. Restaureringen har resulterat att grundammarnas dämmande effekter har tagits bort och mellan 2,5 – 4 ha strömmande lax- och öringhabitat har återställts.
Nianån	Sofieholm (Utrivet) 0,58 MW 2,2 GWh/år	-	Naturfåra	2017	1,09	0	Elfiske Telemetri	Av de totalt 13 fiskarterna som fångats vid elfiske har öring stensimpa, mört och abborre utgjort en stor del av fångsten. Öring har fångats vid samtliga elfisketillfällen och är den art som uppvisat högst tätheter både före och efter åtgärd. Tätheten av öring har en ökande trend sedan åtgärderna i Sofieholmsforsen slutfördes 2017 där mediantätheten av öring efter åtgärd uppgår till 55 öringar/100m². Utöver att det tillkommit 0,43 hektar lämpliga öringhabitat i forsen har telemetristudier visat att öring numer har möjlighet att passera forsen vidare uppströms i Nianåns vattensystem och därmed fått möjlighet att utnyttja uppväxtområden längre uppströms i vattendraget.
Norra Anundsjöån	Anundsjö 5 MW 26 GWh/år	Omlöp/ slitränna Nätavledare		2015	20	0,2-0,3	Fiskräknare	Resultaten från fiskräknaren visar att endast ett 60-tal fiskar (totalt sju vandringsbenägna fiskarter) årligen passerar omlöpet. Endast tre laxar 2017 – 2021 har passerat omlöpet men öring utgör emellertid en stor del av registreringarna. Telemetristudien på nedströmsvandrande odlad laxsmolt visade på en bristfällig avledande förmåga hos nedströmsavledarens där ingen smolt avleddes till slitsrännans inlopp och vidare genom omlöpet.

Vattendrag	Kraftverk MW GWh/år	Fiskpassage-lösning (FPL)	Biotopvårds - åtgärd	Togs i drift	Investerings kostnad (Mkr)	Löpande kostnad (Mkr)	Funktions-uppföljning	Funktion
Norra Anundsjöån			Naturfåra		1	Ingen uppgift	Elfiske	Elfisken i naturfåran visade på låga tätheter av lax och öring. Sannolikt kan dessa laxar härröra från yngelutsättningar då ingen reproduktion i naturfåran ännu observerats.
Stångån	Nykvarn 0,3 MW 1,5 GWh/år	Omlöp	-	2020	12,6	0,3	Fiskräknare	Upp- och nedströmspassage (d.v.s. observationer i fiskräknaren) av: Abborre, asp (målart), björkna, braxen, färna, gädda, löja, mört, sutare, id, faren och ål (målart). Vanligaste observationerna har utgjorts av abborre, braxen och mört. Ingen uppföljning där fiskpassagelösningens effektivitet utvärderats har utförts, men antalet registrerade fiskar i upp- och nedströms riktning är hög.
		α-galler		2020	4,7			
Piteälven	Sikfors 50 MW 185 GWh/år	Bassängtrappa	-	1992	Ingen Uppgift	0,3	Fiskräknare Ekolods-kamera	Både antalet lax och öring som registreras i bassängtrappan har ökat stadigt sedan 90-talet och de senaste fem åren har det i medel årligen registrerats cirka 1500 laxar och 1500 öringar. Utvärderingen med ekolodskameran påvisade att det sker en tidsfördröjning på mellan 2 – 5 veckor för lekvandrande lax och öring i anslutning till kraftverket. Sannolikt skedde den största delen av fördröjningen vid kraftverkets turbinutlopp och vid kraftverksdammens spilluckor.
		Ledarm		2010	10	0,32	Telemtri	Ledarmen hade en avledningseffektivitet för nedströmsvandrande smolt på ca 85 % där 80 % lyckades med sin passage, vilket därmed är en något lägre passageeffektivitet jämfört med andra utvärderade nedströmslösningar. Jämfört med den likartade nedströmsavledaren i Stornorrfors är dock avledningseffektiviteten hög
Umeälven	Stornorrfors 600 MW 2256 GWh/år	Bassängtrappa	-	2010	180	Ingen uppgift	Fiskräknare Telemetri	Bassängtrappan möjliggör passage av lekvandrande lax och öring förbi Stornorrfors kraftstation till lek- och uppväxtområden i Vindelälven. Passageeffektiviteten genom bassängtrappan har visat sig vara hög för uppströmsvandrande lax, 95 %. De åtgärder som utförts 2014 för att förbättra anlockningseffektiviteten in till bassängtrappan från difusorn har resulterat i högre passageffektivitet och lägre uppehålls- och passagetid.

Vattendrag	Kraftverk MW GWh/år	Fiskpassage-lösning (FPL)	Biotopvårds - åtgärd	Togs i drift	Investerings kostnad (Mkr)	Löpande kostnad (Mkr)	Funktions-uppföljning	Funktion
Umeälven		Ledarm		2010	33	Ingen uppgift	Telemetri	Vid ledarmen, i anslutning till bassängtrappans intag, indikerar försök med PIT-märkt smolt 2013 en avledningseffektivitet på ca 4,5 %. Smolt visade sig passera bassängtrappan snabbt på en mediantid av 1,3 dygn och med en beräknad passageeffektivitet på 85 – 90 %, men osäkerheter i tolkning av data gör denna siffra svåruppskattad. Passage genom smoltfångstanläggningen och anslutande tub har inte utvärderats, men anlades för att underlätta smoltens nedströmsvandring .Trots den låga avledningseffektiviteten underlättar nuvarande upplägg med smoltfångstanläggning fiskkontroll inom Index-vattendraget Vindelälven/Umeälven
Ätran	Herting 3,3 MW 2,46 GWh/år	Omlöp/inlöp B-galler	Naturfåra	2014	35	2,3	Fiskräknare Telemetri	Efter åtgärderna vid Hertingforsen har det registrerats totalt 20 uppströmsvandrande arter i fiskräknaren, varav 15 inte är salmonider och inkluderar både svagsimmande och små arter. Vid en studie av Nyqvist med flera (2018) under våren 2014 fångades totalt 5904 individer tillhörande 19 arter i fiskfällan i anslutning till β-avledaren. Telemetristudier visade för de studerade arterna lax, ål och havsnejonöga en generell total passageeffektivitet förbi Herting på > 90 % i både upp- och nedströms riktning samt en låg tidsåtgång för passage. Idag finns inga liknande resultat på åtgärder publicerade med så hög effektivitet för atlantlax. Naturfåran/faunapassagen har visat sig fungera väl som ett strömhabitat med förekomst av flera arter och uppväxtområde för framförallt lax. Faunapassagen är konstruerad med en djupare stigränna i mitten av fåran för att möjliggöra passage även under lågflöden.

6 Referenslista

Aldvén, D., & Wendin, G. (2020) Areal lekområden i Stornorrfors naturfåra. Vattenfall AB, R&D, Fluid Mechanics.

Alenäs, I (2017). Hertingprojektets positiva effekter för vandringsfisk i Ätran 2008-2017- med en historisk återblick. Firma Ingemar Alenäs

Arnekleiv, J. & M. Kraaböl, 1996. Migratory behaviour of adult fast-growing brown trout (Salmo trutta L.) in relation to water flow in a regulated Norwegian river. Regulated rivers: Research & Management 12:39–49.

Bergman, E. & Carlsson, N. (2021) Klarälven – produktion av vild laxsmolt 2018 – 2019. Karlstads universitet. Institutionen för miljö- och livsvetenskaper

Bergsten P, Nicolin S, Frisk A, Rydgren B, Poveda Björklund I & Stage J. 2014. Miljöförbättrande åtgärder i Mörrumsån och Ångermanälven, med fokus på havsvandrande arter. Utredning utförd av ÅF Industry AB på uppdrag av E.ON Vattenkraft Sverige AB.

Brandt, M. (1996). Sedimenttransport i svenska vattendrag exempel från 1967-1994. Retrieved from SMHI website: http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:smhi:diva-2411

CEN (2021). Water quality - Guidance for assessing the efficiency and related metrics of fish passage solutions using telemetry. European committee for standardization. EN 17233:2021

Calles EO, Greenberg LA. 2005. Evaluation of nature-like fishways for re-establishing connectivity in fragmented salmonid populations in theRiver Emån. River Research and Applications 21: 951–960.

Calles EO, Greenberg LA. 2007. The use of two nature-like fishways by some fish species in the Swedish River Emån. Ecology of Freshwater Fish 16: 183–190.

Calles EO, Greenberg LA. 2009. CONNECTIVITY IS A TWO-WAY STREET—THE NEED FOR A HOLISTIC APPROACH TO FISH PASSAGE PROBLEMS IN REGULATED RIVERS. River Research and Applications 25: 1268–1286.

Calles O, Karlsson S, Hebrand M, Comoglio C. 2012. Evaluating technical improvements for downstream migrating diadromous fish at a hydroelectric plant. Ecological Engineering. 48: 30-37.

Calles, O., Degerman, E., Wickström, H., Christiansson, J., Gustafsson, S., and Näslund, I. (2013). Anordningar för upp- och nedströmsvandring av fisk vid vattenanläggningar. Underlag till vägledningom lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:14.

Calles O., Christiansson J., Kläppe, S., Alenäs, I., Karlsson, S., Nyqvist, D. & Hebrand M. (2015). Slutrapport Hertingprojektet – Förstudie och uppföljning av åtgärder för förbättrad fiskpassage 2007-2015. Naturresurs rinnande vatten, Karlstads universitet. 36 sidor.

Calles, O. & Piccolo, J. (2017a) Förslag tillförbättringsåtgärder för miljöanpassningar vid Nedre Finsjö kraftverk i Emån. Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap, Naturresurs rinnande vatten. Karlstad Universitet.

Calles, O. & Piccolo, J. (2017b) Förslag tillförbättringsåtgärder för miljöanpassningar vid Övre Finsjö kraftverk i Emån. Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap, Naturresurs rinnande vatten. Karlstad Universitet.

Carlsson, N. 2019. Låglutande galler och betydelsen av spaltvidd för passageeffektivitet hos nedströmsvandrande Europeisk ål (Anguilla anguilla), Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap, Karlstad Universitet.

DVWK. 2002. Fish passes - design, dimensions and monitoring. FAO, Rome.

DWA (2005). DWA Topics. Fish Protction Technologies and Downstream Fishways. Dimensioining, Design, Effectiveness Inspection. *Deutsche Vereinigun fur Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall*. 228 sidor

DWA, 2010, Merkblatt DWA-M 509. Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke. Gestatltnung, Bemessung, Qualitätssicherung, (www.dwa.de), 287 s.

EKOM AB (2019) PM 2019-06-12. Minimitappning Granö, Mörrumsån – analys av provtappning och simuleringar. EKOM AB

Emanuelsson, A., Christensen, P., Mikaelsson, F., Böjer, M., Göransson, F., Östberg, J., Öhrfeldt, U., Hemfrid-Schwartz, Y., Norén, P & Calles, o., (2017). Fysiska avledare för uppsamling av blankål vid vattenkraftverk. Tekniska utmaningar och kostnadseffektiviseringar. Energiforsk rapport 2017:458 Projekt Krafttag ål.

Emåförbundet (2017). Granö naturfåra i Mörrumsån – utrivning av grunddammar och restaurering. Emåförbundet

Energiforsk (2018). Krafttag ål 2015-2017. Rapport 2018:504

Ferguson, J.W., Poe, T. & T.J. Carlson, (1998). Surface-oriented bypass systems for juvenile Salmonids on the Columbia River, USA. in: Jungwirth M., Schmutz S., Weiss S., eds. Migration and fish bypasses. Oxford: Fishing News Books

Fjeldstad, H.-P., Pulg, U., and Forseth, T. (2018). Safe two-way migration for salmonids and eel past hydropower structures in Europe: a review and recommendations for best-practice solutions. Marine and Freshwater Research 69(12): 1834-1847.

Forseth, T. & Harby, A. (2014). Handbook for environmental design in regulated salmon rivers. - NINA Special Report 53. 90 pp.

Greenberg, L., Löwgren, M., Nyberg, L. & Calles, O (2002) Fiskvägar och flödesregimåtgärder i reglerade vatten: konsekvernser för vattendragets

HVMFS 2019:25. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten. Havs- och vattenmyndigheten

Havs- och vattenmyndigheten (2015). Förvaltning av lax och öring. Havs- och vattenmyndighetens förslag på hur förvaltning av lax och öring bör utformas och utvecklas

Havs- och vattenmyndigheten (2018). Fisk i vattendrag, vägledning för statusklassificering. Rapport 2018:37

Havs- och vattenmyndigheten (2021). Vägledning för fisk- och faunapassager. https://www.havochvatten.se/vattenkraft-och-arbete-i-vatten/vattenkraftverk-och-dammar/miljo--och-skyddsatgarder/vagledning-for-fisk--och-faunapassager.html

Hudiksvalls kommun (2005). Fiskevårdsplan 2005

Hudiksvalls kommun (2012). Uppföljningsrapport fiskevårdsåtgärder 2006-2007

Hudiksvalls kommun (2016) Miljökonsekvensbeskrivning för utrivning av vattenanläggningar i Nianån.

Ices (2020) ICES Advice on fishing opportunities, catch, and effort Baltic Sea ecoregion. Atlantic salmon (Salmo salar) in subdivisions 22–31 (Baltic Sea, excluding the Gulf of Finland)

ICPDR, 2013. Measures for ensuring fish migration at transversal structures. International commission for the protection of the Danube river, 50 s.

Johlander, A., (1997). Fiskvägar. Ur: Fiskevård i rinnande vatten. Red. T. Järvi, Fiskeriverket, 201 s.

Johlander, A. & P. Sjöstrand, (1993). Fiskvägar i sydvästra Sverige – en översikt. Fiskeriverkets Utredningskontor, Jönköping.

Katopodis, C., Kells, J.A., and Acharya, M.(2001). Nature-like and conventional fishways: alternative concepts? Canadian Water Resources Journal 26(2): 211-232.

Kriström, B., Calles, O., Greenberg, L., Leonardsson, K., Paulrud, A., Ranneby, B. & Sandberg, S. (2010). Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader I nu reglerade vatten. Slutrapport 3, Elforsk rapport 10:90

Landskapsarkeologoerna (2015) Kulturhistoriska värden kring Sofieholms kraftverk. Rapport 2015:19

Larinier, M. & F. Travade, (1999). The development and evaluation of downstream bypasses for juvenile salmonids at small hydroelectric plants in France.

in: Odeh M., ed. Fish Passage Technology. Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society.

Larinier, M. & Travade, F. (2002). Downstream Migration: Problems and Facilities. Bull. Fr. Pêche Piscic, 364, 181-207

Lindgren, R., Nyqvist, D., & Calles, O. (2017). Fiskräknares potential inom förvaltningen. Karlstad: Karlstad universitet.

LUNDSTRÖM, T. S., BRYNJELL-RAHKOLA, M., LJUNG, A. L., HELLSTRÖM, J. G. I. & GREEN, T. M. 2015. Evaluation of Guiding Device for Downstream Fish Migration with in-Field Particle Tracking Velocimetry and CFD. Journal of Applied Fluid Mechanics, 8, 579-589.

Lundqvist, H., K. Leonardsson, D.-E. Lindberg, S. Westbergh, Å. Forssén, & G.I. Hellström.2014. Utvärdering av funktionen hos fisktrappan i Norrforsunder perioden 2013-2020. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö, Umeå, Rapport. (30 sid.).

Lundqvist, H., Rivinoja, P., Leonardsson, K. & McKinnell, S. 2008. Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (Salmo salar L.) in a flow controlled river and its effect on the population. Hydrobiologia 602:111–127. DOI 10.1007/s10750-008-9282-7

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. (45 sid.).

Länsstyrelsen i Hallands Län (2013) Bevarandeplan för Ätran

Länsstyrelsen i Hallands Län (2018) Herting – Samlade erfarenheter. Meddelande 2018:16

Länsstyrelsen i Hallands Län, (2021). Fiskvandring vid Herting 2000-2020. rapportnummer 2021:10

Länsstyrelsen Jönköpings Län (1999a). Biotopkartering Emån 1998. Meddelande 1999:20

Länsstyrelsen Jönköpings Län (1999b). Biotoper för lax och havsöring i Emån. Sammanställning av biotopkartering 1998 för sträckan mynningen – Blankaström. Meddelande 1999:22

Länsstyrelsen Norrbotten, 2013. PM - Registrering av utsatt märkt smolt genom videoupptagning vid ytvattenutskovet vid smoltavledaren i Sikfors kraftverk, Piteälven 2012.

Länsstyrelsen Norrbotten, 2016. PM - Pilotprojekt för uppföljning av fiskvägens effektivitet samt förekomst av fördröjning på uppvandring av lax och öring med ekolodskamera i Sikfors kraftverk, Piteälven 2015.

Länsstyrelsen Norrbotten, 2018. Piteälven SE0820434, Bevarandeplan Natura 2000-område.

Länsstyrelsen Norrbottens län (2021) 28 – Ume älv (hämtat 20210915, https://www.lansstyrelsen.se/download/18.52ea1660172a20ba65c10378/1593765651451/Ume%20 %C3%A4lv.pdf)

Länsstyrelsen Västra Götaland (2003). Avsiktsförklaring Gullspångslaxen (Hämtad från https://www.gullspangslaxen.se/wp-content/uploads/2019/03/Avsiktsforklaring_2003.pdf, 2021-06-20)

Länsstyrelsen Västra Götaland (2021). Åtgärdsplan för Gullspångslax Slutrapport för projekt GRAP, GullspångRiverActionPlan 2018-2020. Rapport 2021:06

Länsstyrelsen Östergötland (2011) Fiskevårdsplan Roxen 2011, 2011:17

Malm Renöfält, B., Jansson, R., & Ahonen, J. (2015). Ekologisk återställning i helt eller delvis torrlagda fåror i anslutning till vattenkraftverk. Havs och Vattenmyndigheten. Rapport 2015:22

Magnusson, K., Dannewitz, J., Kagervall, A., & Palm, S (2020). Svenska havsöringsbestånd på västkusten och i Östersjön – ststus, exploatering och förvaltning. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Sötvattenslaboratoriet.

Monten, E. 1988. Fiskodling och vattenkraft, Vattenfall, Sverige. p. 139.

NATURVÅRDSVERKET (2007). Bilaga A till handbok 2007:4 Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag

Nicolin S, Ulinder F & Frisk A. 2016. Granö torrfåra, Mörrumsån - Flödessimuleringar av mintappning och biotopåtgärder vid Granö torrfåra. Utredning utförd av ÅF Industry AB på uppdrag av Sydkraft Hydropower AB.

Noonan, M. J., J. W. A. Grant, m.fl., 2012. A quantitative assessment of fish passage efficiency. Fish and Fisheries 13(4):450–464.

Norrköpings Kommun (2006). Asp (Aspius aspius) i sjöar och vattendrag inom Finspångs, Linköpings och Norrköpings kommuner förekomst och förslag till faunavårdande åtgärder. Natur i Norrköping 1:06

Naturvårdsverket. Moälvsprojektet – Från Källa till hav, återställning av Moälven, LIFE05 NAT/S/000109 (hämtat från http://skyddadnatur.naturvardsverket.se/handlingar/rest/dokument/276651)

Nyqvist, D., Elghagen, J., Heiss, M. & Calles, O., (2018). An angled rack with a bypass and a nature-like fishway pass Atlantic salmon smolts downstream at a hydropower dam. Marine and Freshwater Research. 69. 10.1071/MF18065.

Nyqvist, D, P.A. Nilsson, I. Alenäs, J. Elghagen, M. Hebrand, S. Karlsson, S. Kläppe, O. Calles (2017). Upstream and downstream passage of

migrating adult Atlantic salmon: Remedial measures improve passage performance at a hydropower dam. Ecological Engineering. Volume 102, 2017, Pages 331-343.

Näslund, I., Degerman, E., Calles, O., and Wickström, H. 2013a. Fiskvandring - arter, drivkrafter och omfattning i tid och rum. Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:11 2013:11.

Näslund, I., Kling, J., and Bergengren, K. 2013b. Vattenkraftens påverkan på akvatiska ekosystem - en litteratursammanställning. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:10.

Nöbelin, F. 2008. Naturvärdesbedömning av vattendrag i Blekinge. Länsstyrelsen Blekinge. ISSN: 1651–8527

Odeh, M. & C. Orvis, (1998). Downstream fish passage design considerations and developments at hydroelectric projects in the North-east USA. in: Jungwirth M., Schmutz S., Weiss S., eds. Migration and fish bypasses. Oxford: Fishing News Books.

Pedersen, S., Degerman, E., Debowski, P., & Petereit, C. (2017). Assessment and recruitment status of Baltic Sea trout populations. In G. Harris (Ed.), Sea Trout: Science & Management: Proceedings of the 2nd International Sea Trout Symposium (pp. 423-441). Troubador Publishing.

Petter Tibblin (2011) FISKEVÅRDSPLANROXEN2011. ROXENS FVOF

Pouchard C. (2003) Havsöringens (Salmo trutta) och laxens (Salmo salar) lekområden och lekvandring i Vindelälven och Piteälven. SLU Institutionen för Vattenbruk.

Rivinoja, P., Östergren, J., Leonardsson, K., Lundqvist, H., Kiviloog, J., Bergdah, L. & Brydsten, L. (2004) Downstream migration of Salmo salar and S. trutta smolts in two regulated northern Swedish rivers. Proceedings, Fifth International Symposium on Ecohydraulics, Madrid, Spain

Rivinoja, P. 2005. Migration Problems of Atlantic Salmon (Salmo salar L.) in Flow Regulated Rivers. Doctoral thesis. Department of Aquaculture, SLU (Swedish University of Agricultural Sciences), Faculty of Forest Sciences, Umeå. ISSS: 1652-6880. ISBN: 91-576-6913-9.

Sers, B., Magnusson, K. & Degerman, E (2008). Jämförelsevärden från Svenskt Elfiskeregister. Information från Svenskt ElfiskeRegister Nr1, 2008.

Svenskt elfiskeregister – SERS. 2021. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser. http://www.slu.se/elfiskeregistret [2021-05-26]

Sjöstrand P. 2009. Provtappning i Mörrumsåns ursprungliga fåra vid Granö kraftverk. PM från Jönköpings Fiskeribiologi AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Kronobergs län och Kammarkollegiet.

Sjöstrand P, Lindvall P & Nilsson N. 2016. Modellering av optimalt flöde i naturfåran vid Granö kraftverk, Mörrumsån. PM från Jönköpings Fiskeribiologi AB på uppdrag av Tingsryds kommun.

Sportfiskarna (2019). Ursprungliga och nuvarande uppväxtmiljöer för Gullspångslax och Gullspångsöring – Laxhabitatklass och Trout Habitat Score.

Sweco (2012). FISKVÄGAR I STÅNGÅN OCH STORÅN -ÅTGÄRDSFÖRSLAG SAMT FÖRSLAG TILL PRIORITERINGAR UTIFRÅN EKOLOGISK NYTTA I RELATION TILL KOSTNADER OCH FÖRLUST AV FÖRNYELSEBAR ENERGI AV FISKVÄGAR I MOTALA STRÖM, SVARTÅN, STÅNGÅN OCH STORÅN

Travade, F., Larinier, Michel., Subra, S., Gomes, P. & De Oliveira, E., (2010). Behaviour and passage of European silver eels (Anguilla anguilla) at a small hydropower plant during their downstream migration. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 398. 01. 10.1051/kmae/2010022.

Vattenmyndigheten Södra Östersjön (2012). Kunskapsöversikt Stångåns avrinningsområde - Delrapport inom Kulturmiljö och vattenförvaltning – planeringsunderlag för Södra Östersjöns vattendistrikt

Vattenmyndigheterna & Länsstyrelserna. Del 3 Åtgärdsplan för Umeälvens avrinningsområde

Wolter, C. & Schomaker, C. (2019). Fish passes design discharge requirements for successful operation. River Research and Applications Special issue: 1-5.

Örnsköldsviks Kommun (2018) Förvaltningsplan för lax och öring i Moälven. Samhällsbyggnadsförvaltningen

Örnsköldsviks Kommun (2021). Fiskevård i Moälven 2020. Miljö- och Hälsoenheten.

Östergren, J. 2006. Migration and Genetic Structure of Salmo salar and Salmo trutta in Northern Swedish Rivers. Doctoral thesis. Department of Wildlife, Fish, and Environmental stuides, SLU (Swedish University of Agricultural Sciences), Faculty of Forest Sciences, Umeå..

MILJÖÅTGÄRDER I VATTENDRAG – EXEMPELSAMLING

Rapporten innehåller en sammanställning av erfarenheter kring miljöförbättrande åtgärder som funktion, utformning och kostnader, vid tio studieobjekt i anslutning till vattenkraftverk.

Erfarenheter från projektets åtgärdsexempel visar att optimal utformning av väl fungerande fiskpassagelösningar och biotopvårdsåtgärder är komplicerat, eftersom deras funktion styrs av såväl platsspecifika förutsättningar som målarternas egenskaper. Den stora storlekspridningen på studievattendragen, och följaktligen även kraftverkens årsmedelproduktion (2 – 2256 GWh/år) och installerad effekt (0,5 – 599 MW) återspeglas även i den stora variationen av åtgärdskostnader, i synnerhet mellan de olika studieobjekten med fiskpassagelösningar.

Vid uppföljningen av åtgärdernas funktion har resultatet oftast visat på förbättringar i form av till exempel förbättrad passageeffektivitet och ökade tätheter av lax- och öring. Direkta jämförelser av de olika åtgärdernas effekter på olika platser har dock försvårats av att studierna i de flesta fall utförts med olika metoder och med olika noggrannhet. Om erhållen kunskap om de olika åtgärdernas effekt ska vara överförbar från en plats till en annan krävs att uppföljningsarbetet i framtiden standardiseras.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se

Energiforsk