

Øyvind Kanstad Hanssen / Vidar Bentsen / Rita Strand

## Fiskefaglige registreringer i Sagvatnansvassdraget i 2020 - identifisering av flaskehalsar for produksjon av laks og sjørøtt

Kanstad-Hanssen, Ø, Bentsen, V., Strand, R. 2022. Fiskefaglige registreringer Sagvatnanvassdraget i 2020 - identifisering av flaksehalsar for produksjon av laks og sjørret. SNA-rapport 01/2022. 37 s.

Ranheim/Lødingen, februar 2022

ISBN: 978-82-8341-069-3

Rettighetshaver:

© Skandinavisk naturovervåking. Kan siteres fritt med kildeangivelse

Tilgjengelighet: Åpen

Publiseringstype: Digitalt dokument (pdf)

Ansvarlig signatur: Daglig leder Vemund Gjertsen

Oppdragsgiver: Nord-Salten Kraft AS (NSK)

Kontaktperson hos oppdragsgiver: Jørgen Finvik Olsen / Odd Erling Grimstad

Forsidebilde: Laks på tur opp fisketrappa i Sagfossen.

Nøkkelord: Laks / Sjørret / Videoovervåking / Fisketrapp / Vassdragsregulering/  
Flaskehalsar/Miljødesign

Kontaktopplysninger:

Skandinavisk naturovervåking

Ranheimsvegen 281

7055 Ranheim

Telefon: 99113077

[Vemund.Gjertsen@skandnat.no](mailto:Vemund.Gjertsen@skandnat.no)

## Forord

Sagfossen kraftverk ble satt i drift i 1979 og eierne, Nord-Salten Kraft AS (NSK), ble gjennom konsesjonen pålagt å betale inn kr. 300 000 til et fiskefond som skulle bestyres av Hamarøy kommune. I 1992 ble deler av dette fondet brukt for å finansiere byggingen av fisketrapper i Sagfossen og Sagelva, slik at anadrom fisk kunne vandre opp i vassdraget. Trappa eies og driftes av Sagvatn Grunneierlag. Før fisketrappa ble bygd var Sagfossen et absolutt oppvandringshinder for eventuell anadrom fisk som oppholdt seg i elvemunningen nedenfor fossen. Både sjørret og laks benytter seg i dag av fisketrappa og begge artene har etablert seg i vassdraget ovenfor Sagfossen.

I 2019 påla Miljødirektoratet NSK å gjennomføre fiskefaglige undersøkelser i den delen av vassdraget som nå er tilgjengelig for anadrom fisk. Disse undersøkelsene omfattet blant annet fysiske habitatkartlegginger i flere elver, samt overvåking av fiskevandring i fisketrappa i Sagfossen og eventuell feilvandring av nedvandrende fisk i kraftverksinntaket. Undersøkelsene har til hensikt å identifisere eventuelle flaskehalsar for fiskeproduksjonen, samt å vurdere eventuelle kompensierende tiltak.

Våren 2020 ble Skandinavisk Naturovervåking engasjert av NSK til å utføre den pålagte overvåkingen i påleggets punkt 3, dvs. habitatkartlegging og vurdering av flaksehalsar for produksjon av laks og sjørret, samt overvåking av fiskevandring i fisketrappa og i kraftverksinntaket. Resultatene fra disse undersøkelsene og analysene, samt behov for kompensierende tiltak, vurderes i denne rapporten.

Gjennomgangen av videomaterialet har blitt gjennomført av Vemund Gjertsen og Ole Kristian Berggård. Vidar Bentsen og Øyvind Kanstad Hanssen har hatt ansvar for utarbeidingen av rapporten.

Vi ønsker å takke Nord-Salten Kraft AS for oppdraget og deres kontaktperson Jørgen Olsen Finvik for god bistand ved montering/demontering av videosystemet.

Øyvind Kanstad Hanssen  
Prosjektleder  
Skandinavisk naturovervåking AS

# Innhold

|  |    |
|--|----|
| Forord .....   | 3  |
| Sammendrag .....   | 5  |
| 1. Innledning .....  | 6  |
| 2. Vassdrags- og reguleringsbeskrivelse .....                          | 7  |
| 2.1 Områdebeskrivelse.....   | 7  |
| 2.2 Vassdragsreguleringen .....  | 8  |
| 3. Metoder og datagrunnlag .....                                       | 9  |
| 3.1 Hydrologiske variasjoner og vanntemperatur .....                   | 9  |
| 3.1.1 Hydrologisk variasjonsanalyse .....                              | 9  |
| 3.1.2 Vanndekte arealer og vannføring .....                            | 12 |
| 3.1.3 Vanntemperatur .....   | 12 |
| 3.2 Habitatkartlegging.....  | 13 |
| 3.2.1 Elveklasser .....  | 13 |
| 3.2.2 Bunnssubstrat.....   | 15 |
| 3.2.3 Skjul .....  | 16 |
| 3.3 Kartlegging av gyteområder .....                                   | 17 |
| 3.4 Bestandsdata.....  | 17 |
| 3.4.1 Ungfisk.....   | 17 |
| 3.4.2 Registreringer, anadrom fisk .....                               | 19 |
| 4. Diagnose – vurdering av påvirkningsfaktorer .....                   | 27 |
| 4.1 Habitatflaskehals .....  | 27 |
| 4.1.1 Endret vannføring og mekaniske og geomorfologiske prosesser..... | 27 |
| 4.1.2 Skjul og bunnssubstrat .....                                     | 28 |
| 4.1.3 Gytehabitat .....  | 28 |
| 4.2 Hydrologiske flaskehals .....                                      | 28 |
| 4.2.1 Vannføring, vanndekt areal og vannføring gjennom året.....       | 29 |
| 4.2.2 Betydning av vannføring for fiskevandring .....                  | 30 |
| 4.2.3 Vanntemperatur .....   | 31 |
| 4.3 Informasjon fra bestandsdata.....                                  | 32 |
| 4.4 Samlet vurdering .....   | 33 |
| 5. Tiltak og designløsninger .....                                     | 35 |
| 6. Litteratur .....  | 36 |

## Sammendrag

Kanstad-Hanssen, Ø., Bentsen, V. og Strand, R. 2022. Fiskefaglige registreringer Sagvatnavassdraget i 2020 - identifisering av flaksehals for produksjon av laks og sjørørret. SNA-rapport 01/2022. 37 s.

Sagvatnavassdraget ble regulert for kraftproduksjon sist på 1970-tallet, og etterundersøkelser for å kartlegge effektene av utbyggingen har først blitt utført etter vel 35 års drift av kraftverkene i vassdraget. Ved bruk av midler fra et konsesjonspålagt fiskefond ble det bygd en fisketrapp i Sagfossen og Sagelva tidlig på 1990-tallet som sikret anadrom laksefisk tilgang til vassdraget, og i 2019 pålag Miljødirektoratet regulanten å gjennomføre fiskefaglige undersøkelser rettet mot de anadrome fiskebestandene i vassdraget. Undersøkelsene skulle omfatte fysiske habitatkartlegginger samt overvåking av fiskevandring til og fra vassdraget.

Undersøkelsene i vassdraget har blitt utført med utgangspunkt i handbok for miljødesign, og undersøkelsene danner bakgrunn for en identifisering og vurdering av flaskehals for produksjonen av anadrom fisk. Habitatkartlegging og vurdering av øvrige fysiske faktorer som påvirker fiskeproduksjonen viser at det primært er naturgitte forhold som bestemmer hvor mye ungfisk og smolt som vassdraget kan produsere, iom. at alle elvestrekninger som antas å utnyttes av laks og sjørørret er upåvirket av vassdragsreguleringen og kraftverksdrift. Eneste unntaket er Hoffmannselva, der vannføringen påvirkes, men de negative effektene vurderes som små i denne elva.

Overvåking i både fisketrappa og i inntakstunellen til Sagfossen kraftverk viser at vannføring, vannveier og vandringsmuligheter utgjør en flaskehals for fiskeproduksjonen, siden fisk som ønsker å vandre til sjøen primært må vandre gjennom fisketrappa. Overløp til Sagelva, som er elva mellom Rotvatnet og sjøen, skjer ikke årvisst eller regelmessig når smolt og eldre laks og sjørørret søker mot havet. Vannføringen i fisketrappa utgjør kun 3-4 % av total vannføring ut av vassdraget, og når det ikke er overløp til Sagelva går alt øvrig vann inn i Sagfossen kraftverk. Videoovervåking foran varegrindene til kraftverket viser at all smolt som finner veien hit går inn i kraftverket og må antas å dø. Det blir sannsynliggjort at 15-60 % av smoltproduksjonen i vassdraget kan havne i kraftverket, og dette utgjør en betydelig flaskehals for produksjonen av laks og sjørørret. Laksestøinger og eldre sjørørret observeres også foran varegrindene, og kan oppholde seg der lenge. Dette antas også å utgjøre en flaskehals ved at forsinket utvandring til havet påvirker både tilvekst og overlevelse.

For å avbøte de negative effektene knyttet til vandringsrutene for fisk kan ulike sperresystemer vurderes ved varegrindene eller installasjoner for å lede fisk mot fisketrappa er også en mulighet. Kostnadene ved slike tekniske løsninger og/eller et eventuelt vanntap vil være høye, og må vurderes i lys av at produksjonspotensialet for anadrom fisk er lavt i vassdraget og at det neppe vil bidra til å etablere høstbare bestander.

# 1. Innledning

Sagfossen kraftverk ble satt i drift i 1979, og gjennom midler fra et konsesjonspålagt kommunalt fiskefond ble det bygd laksetrappet i Sagfossen og Sagelva i 1992. Etter byggingen av fisketrappet har små bestander av laks og sjørret etablert seg i vassdraget. Selv om bestandene har etablert seg i etterkant av reguleringene i vassdraget, har Miljødirektoratet konkludert at kraftverkseieren har et ansvar for å bekoste fiskefaglige undersøkelset rettet mot de anadrome fiskebestandene, og har et ansvar for eventuelle skadevirkninger av reguleringen på disse fiskebestandene.

Sagfossen kraftverk utnytter fallet mellom Rotvatnet og sjøen, og en vesentlig andel at tilsiget til Rotvatnet drenerer til sjøen gjennom kraftverket. Inntaket til kraftverket ligger nært inntil utløpselva, Sagelva, som i store deler av året er tørrlagt. Fisketrappa er i praksis eneste vandringsrute for fisk som skal ut i sjøen eller vende tilbake til vassdraget fra sjøopphold, men trappa er ikke åpen gjennom hele året. Overvåking har dokumentert at fisk vandrer opp i vassdraget gjennom fisketrappa, og at trappa også kan benyttes av fisk på utvandring. Selv om fisk også kan vandre over sperredamen i Sagelva ved flom, skjer slike overløp sjelden og sammenfaller ikke nødvendigvis med utvandringsvinduet for smolt og voksen fisk. Det er dermed nærliggende å anta at fisk under utvandring kan søke mot inntaket til kraftverket, der det alltid går langt høyere vannmengder enn det gjør mot Sagelva og fisketrappa. Passering gjennom kraftverksturbiner er forbundet med høy dødelighet, og dødeligheten øker med fiskestørrelsen (Kroglund et al. 2011). I Sagfossen kraftverk står det en Francis-turbin, som er turbintypen med lavest sannsynlighet for at fisk overlever en passering.

Med bakgrunn i forekomstene av anadrom fisk i vassdraget mottok kraftverkseieren, Nord-Salten Kraft AS, et pålegg fra Miljødirektoratet (av 5. juli 2019) gjeldende fiskefaglige undersøkelset og vurdering. Her kreves det blant annet at fiskevandringen i fisketrappa i Sagfossen skal overvåkes, samt at eventuell fiskevandring inn i kraftverksinntaket skal kartlegges. Videre krever Miljødirektoratet at elvestrekninger innenfor lakseførende strekning skal habitatkartlegges, og at undersøkelsetene samlet skal legges til grunn for en vurdering av eventuelle flaksehalses for produksjon av laks og sjørret. Flaksehalsanalyse kreves imidlertid ikke utført i full overensstemmelse med miljødesign-metodikk (jfr. Forseth & Harby 2013).

Nord-Salten kraft engasjerte Skandinavisk naturovervåking til å utføre oppgavene nevnt ovenfor, og denne rapporten gjengir resultatene fra overvåkingen av fiskevandring både i fisketrappa og ved inntaksristene i kraftverket, samt vurderingene knyttet til eventuelle flaskehalses for produksjonen av laks og sjørret. I og med at flaksehalsanalyse er et sentralt element i pålegget fra Miljødirektoratet, er rapporten bygget rundt miljødesign-metodikken.

## 2. Vassdrags- og reguleringsbeskrivelse

### 2.1 Områdebeskrivelse

Sagvatnavassdraget ligger i Hamarøy kommune og munner ut i Sagfjorden, ca. 9 km sør for Innhavet. Flere av innsjøene i vassdraget er regulert, og i tillegg til de nederste innsjøene (Rotvatnet, Strindvatnet, Sandnesvatnet og Kjerringvatnet) regnes Rotelva, Lielva, Makkvasselva (alle ved Rotvatnet), samt nedre 500 m av Hoffmanselva (innløpselv til Sandnesvatnet) som lakseførende (**Figur 1**). Vassdraget har et nedbørsfelt på ca. 247 km<sup>2</sup> (uregulert) og total lakseførende strekning er på ca. 13 km.



**Figur 1** Lakseførende strekning i Sagvatnavassdraget.

I følge lakseregisteret ([www.lakseregisteret.no](http://www.lakseregisteret.no)) har sjørreten i vassdraget klassifisering som «reduisert». Det er ikke gjort noen klassifisering på laksebestanden og vassdraget er ikke registrert med noen sjørøyebestand.

I 5-6 år etter at fisketrappa i Sagfossen ble åpnet ble det flyttet 50 – 60 gytelaks fra utløpselva til innsjøene (Halvorsen, 2000). I 1995 ble det ved elektrofiske registrert at laksen hadde tatt i bruk tre av de korte innløpselvene i systemet (Jørgensen og Halvorsen, 1996), og i 1997 ble det på nytt påvist lakseunger i den ene (Lielva) av disse tre elvene (Andersen, 1999). Undersøkelser fra 2016 viste til dels gode tettheter av lakseunger også i Makkvasselva (Halvorsen, 2017). Det ble også registrert gode tettheter av lakseunger i straumen mellom Sandnesvatnet og Strindvatnet. Samlet er det likevel svært begrensede gyte- og oppvekstarealer for laks i vassdraget, og alle potensielle produksjonsarealer er allerede tatt i bruk av laksen.



Under prøvafiske med garn i 1999 ble det fanget både stasjonær røye og ørret i innsjøene innenfor anadrom strekning, og røya var den dominerende arten (Jørgensen og Halvorsen, 1996). Røyebestanden ble betegnet som overtallig, mens ørretbestanden var noe bedre. Det ble ikke fanget sikre sjørreter eller sjørøyer i noen av innsjøene. Det ble heller ikke funnet sikker anadrom laksefisk ved prøvafiske i 2016, og fiskesamfunnet var dominert av en ørretbestand med god rekruttering (Halvorsen, 2017). Endringene i fiskesamfunnet ble satt i sammenheng med flerårig tynningsfiske i innsjøene.

Vandring av fisk gjennom fisketrappa i Sagfossen er kartlagt i flere år. I 2009 viste videoovervåking nederst i fisketrappa at 119 laks, 87 sjørret og to sjørøyer vandret opp i vassdraget. Blant laksene ble 20 individer klassifisert som rømt oppdrettslaks (Lamberg og Kanstad-Hanssen, 2010). I tillegg ble det registrert utvandring av 36 laksesmolt og en vinterstøing. I årene 2012-2014 ble oppvandring av fisk gjennom trappa registrert ved bruk av fiskefelle (Kanstad-Hanssen og Bentsen, 2013; 2014; 2015). Disse tre årene ble det registrert 20-64 laks, 53-54 sjørreter og opp til tre sjørøyer som vandret opp i vassdraget.

Det har vært antatt at etableringen av laks ovenfor fisketrappa var basert på en bestand/forekomst av laks nedstrøms Sagfossen. I 2020 ble det imidlertid gjennomført salinitetsmålinger i dette området, der det konkluderes at vannmassene i området regelmessig har høy saltholdighet og dermed er uegnet for gyting av anadrom laksefisk (Halvorsen, 2020). Anadrom laksefisk som har oppholdt seg nedenfor fossen må derfor ha kommet fra andre vassdrag, og bestanden av laks i vassdraget er dermed introdusert.

## 2.2 Vassdragsreguleringen

Konsesjon for regulering og kraftproduksjon i vassdraget ble gitt i 1977. Øverst i vassdraget overføres vannet fra Goigjavri til Slunkajavrre, som er inntaksmagasin for Slunkajavrre kraftverk. Dette kraftverket har utløp til Rekvatnet, som er inntaksmagasin for Rekvatnet kraftverk med utløp i Fjerdevatnet. Fjerdevatnet har i tillegg tilsig fra det uregulerte restfeltet (Sjette- og Sjuendevatnet), og vannføringen i Hoffmanselva, som knytter Fjerdevatnet til Sandenesvatnet, styres dermed både av kraftverksdriften lengre opp i vassdraget og naturlig tilsig. Sandnesvatnet, Strindvatnet og Rotvatnet knyttes sammen av to straumer, og fungerer inntaksmagasin for Sagfossen kraftverk der Rotvatnet reguleres med 1 m og Strindvatnet med 0,2 m. Utløpselva (Sagelva) fra Rotvatnet er sperret med en dam, og utover overløp ved flom knyttes Rotvatnet til sjøen gjennom fisketrappene. Inntaket til Sagfossen kraftverk ligger i nordenden av Rotvatnet, vel 150 meter fra innløpsoset til Sagelva. I og med at utløpselva fra Rotvatnet er sperret med demning må all opp-/nedvandring av anadrom fisk skje gjennom fisketrappa. Under flom (overløp over dam) kan imidlertid fisk også vandre ut gjennom Sagelva og Sagfossen. I tillegg kan fisk på utvandring søke mot kraftverksinntaket.



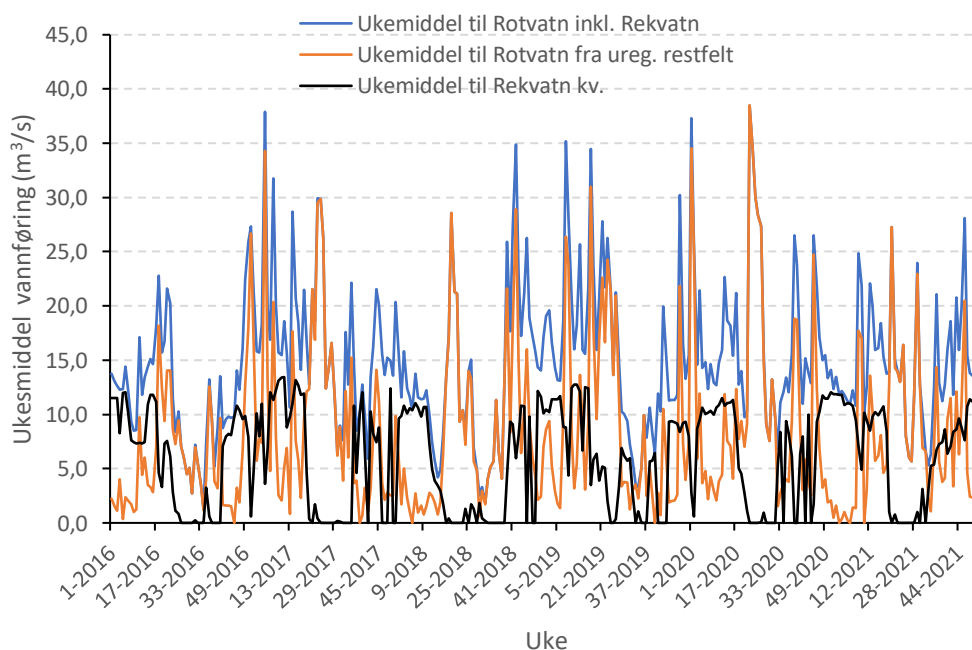
## 3. Metoder og datagrunnlag

### 3.1 Hydrologiske variasjoner og vanntemperatur

#### 3.1.1 Hydrologisk variasjonsanalyse

Det er begrenset tilgang på hydrologiske data fra vassdraget, men på bakgrunn av målte vannstander i magasinene og produksjonsdata fra kraftverkene, fremstiller regulanten tilsigsserier i form av ukesmiddel som kan belyse hydrologiske forhold innenfor den lakseførende delen av reguleringsområdet.

Tilsigsserien «*Tilsig til Rotvatn inkl. Rekvatnet*» representerer det beste målet for vannføringen inn til Sandnes-, Strind- og Rotvatnet, og viser tilsiget både fra det høyereliggende regulerte nedbørsfeltet rundt Rekvatnet og Slunkajavrre og fra de uregulerte restfeltene som drenerer til Fjerdevatnet og Rotvatnet (**Figur 2**). Denne tilsigsserien er i stor grad beskrivende for vannføringen i Hoffmannsaelva, som knytter Fjerdevatnet til Sandnesvatnet. Tilsigsserien «*Tilsig til Rekvatn kv.*» viser tilførsel av vann til Fjerdevatnet fra det regulerte feltet rundt Rekvatnet og Slunkajavrre. Differansen mellom disse to ulike tilsigsberegningene utgjør tilsiget til Rotvatn (inkl. Sandnesvatnet og Strindvatnet) fra de uregulerte nedbørsfeltene rundt Rotvatnet og rundt Fjerdevatnet.



**Figur 2** Samlet tilsig (ukesverdier) til Rotvatnet, dvs. tilførsel fra Rekvatn kv. + tilsig uregulert restfelt, tilsig (ukesmiddel) fra det uregulerte restfeltet og tilsig (produksjon) Rekvatnet kraftverk i årene 2016-2021.

Tilsigsseriene viser at tilsiget fra de uregulerte delfeltene alltid er betydelig i perioder der tilsiget fra Rekvatn holdes igjen, dvs. når produksjonen i Rekvatn kraftverk er lav eller stanset (**Figur 2**). Den eneste

lakseførende elvestrekningen, utover den tørrlagte Sagelva, som er påvirket av vassdragsreguleringen er Hoffmanselva, og denne er dermed sikret vannføring selv om Rekvatn kraftverk skulle stanse. Med tilsigserien fra uregulerte restfelt som basis, bidrar kraftproduksjonen i Rekvatnet til at Hoffmanselva gjennomgående har en forhøyet vintervannføring sammenlignet med naturtilstand.

Sandnesvatnet, Strindvatnet og Rotvatnet ligger på samme nivå når Rotvatnet ligger på høyeste tillatte vannstand (HRV-45,45 m.o.h), men ved LRV (44,45 m.o.h) påvirkes ikke vannstanden i Sandnesvatnet (O. E. Grimstad, Nordsalten Kraft, pers.medd.). Vannstanden i Sandnesvatnet påvirkes derimot av driften i Rekvatn kraftverk. Straumen eller sundet mellom Rotvatnet og Strindvatnet vil ved lav vannstand i Rotvatnet få en lav vannhastighet, men inntar aldri karakter av en elv, og bunnssubstratet er sand og finkornet grus (**Figur 3**). Området anses derfor ikke å ha noen verdi som gyteområde eller oppvekstområde for nyklekket yngel. Straumen mellom Sandnesvatnet og Strindvatnet har karakter som en relativt stilleflytende elv, der vannhastigheten avhenger av vannstanden i de to innsjøene (**Figur 4**). Det har ikke blitt utført registreringer for å kartlegge sammenhengen mellom vannhastigheter/vanddyb i denne straumen og vannstand i Sandnesvatnet og Strindvatnet.



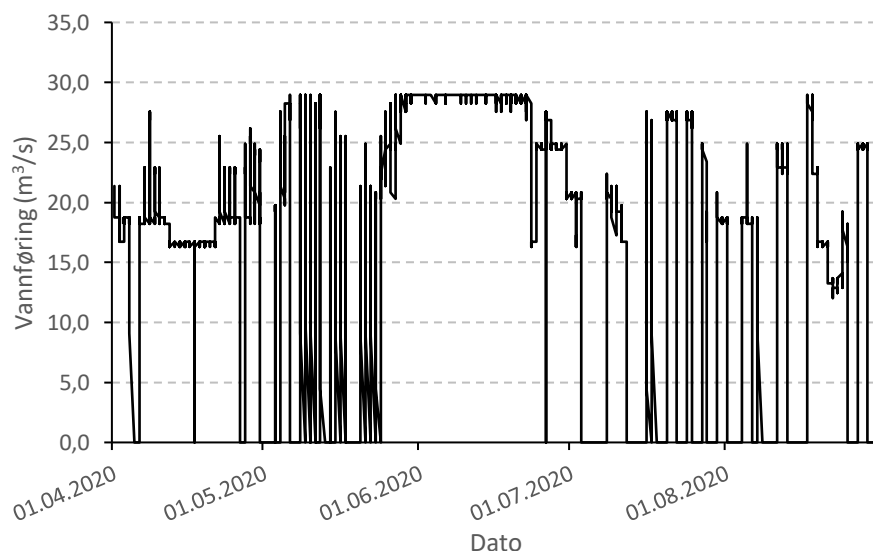
**Figur 3** Straumen/sundet mellom Strindvatnet og Rotvatnet.



**Figur 4** Straumen mellom Sandnesvatnet og Strindvatnet.

Gjennom reguleringen av Rotvatnet og etablering av terskel og sperredam i utløpselva, har ikke fisk fri vandring ut til sjøen bortsett fra ved flomsituasjoner som gir overløp over sperredam. Laks- og sjørørretsmolt, samt overvintrende eldre anadrom fisk, kan utenom eventuelle overløpssituasjoner kun forlate vassdraget gjennom fisketrappa eller gjennom Sagfossen kraftverk. All oppvandring av anadrom fisk til vassdraget må skje gjennom fisketrappa.

Vannføringen i fisketrappa styres gjennom en luke øverst i trappa, og vannføringen vil ligge i området fra 0,5 m<sup>3</sup>/s til opp mot 1 m<sup>3</sup>/s. Det er vanlig at fisketrappa åpnes i starten av juni og holdes åpen til midten av oktober. I andre sammenlignbare vassdrag starter gjerne utvandringen med utvandring av vinterstøinger av laks og eldre sjørørreter, mens smoltutvandringen som oftest starter et par uker seinere og kan pågå ut i siste halvdel av juni. I og med at laksetrappa normalt ikke åpnes før i starten av juni, vil eneste utvandningsrute være gjennom kraftverket. Når midlere vannføring (ukesmiddel) ved utløp Rotvatnet ligger i utvandningsperioden for laks og sjørørret i intervallet 14-25 m<sup>3</sup>/s, og når fisketrappa åpnes i juni utgjør vannføringen her om lag 3-4 % av vannføringen som går gjennom kraftverket. Når laks og sjørørret skal tilbake til vassdraget etter et sjøopphold ligger midlere (ukesmiddel) vannføring ved utløp Rotvatnet mellom 7-17 m<sup>3</sup>/s, og vannføringen i fisketrappa utgjør da 4-10 % av vannføring gjennom kraftverket. Det har imidlertid stor betydning at produksjonen i Sagfossen kraftverk kan variere mye, både gjennom døgnet og fra dag til dag, og at full stans inntreer relativt hyppig gjennom vandringssesongen for anadrom fisk (**Figur 5**). I perioder når kraftverket står vil fisketrappa være eneste vandningsrute for fisk som skal ut i sjøen eller vende tilbake fra sjøopphold.



**Figur 5** Vannføring gjennom Sagfossen kraftverk i perioden 1. mai-1.september 2020.

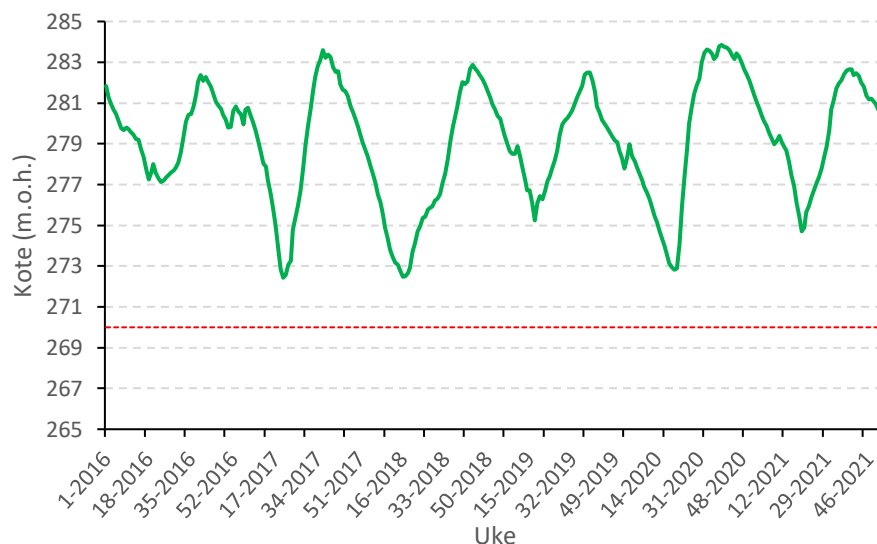
### 3.1.2 Vanndekte arealer og vannføring

Bestander av anadrome laksefisk er som oftest tetthetsregulerte i yngel- og ungfiskstadiet (Wootten 1990, Lindeman, Grant, Desjardins 2015), dvs. at det er en antatt direkte positiv sammenheng mellom størrelsen på habitater som er egnet som leveområde for ungfisk og produksjonskapasiteten. Reguleringsinngrepene i Sagvatnnavassdraget påvirker kun en elvestrekning, Hoffmanselva, mens øvrige elvestrekninger innenfor lakseførende del av vassdraget er upåvirket av reguleringen. Lav oppløsning på tilsigsserier, og ingen direkte målinger av tilsig fra uregulerte restfelt, gir ikke muligheten til å vurdere sammenhenger mellom kraftverksdrift og vanndekte arealer i Hoffmannselva. Basert på beregnet vannføring fra uregulert restfelt og vannføring gjennom Rekvatn kraftverk, sikrer kraftverksdriften at Hoffmanselva sjelden når en uregulert lavvannsføring gjennom vinteren (jfr. **Figur 2**). Det er dermed heller ikke av stor betydning å vurdere endringer i vanndekte arealer i Hoffmannselva.

### 3.1.3 Vanntemperatur

Vanntemperatur er den viktigste abiotiske faktoren som styrer metabolske prosesser hos fisk, og påvirker livshistorievalg på individnivå (Jonsson & Jonsson 2011). Foruten å påvirke utviklingen hos yngel (klekketidspunkt og swim-up) er vanntemperatur, sammen med næringstilgang, styrende for blant annet veksthastighet og smoltalder (se Jonsson & Jonsson 2011). Studier har vist at f.eks. laks og ørret først oppnår en positiv tilvekst når vanntemperaturen overstiger 4 grader (Jonsson mfl. 2001), og lengden av vekstsasjonen er derfor sterkt korrelert med vanntemperaturen.

Det foreligger ingen målinger av vanntemperaturer på noe punkt innenfor reguleringsområdet. I den grad vanntemperatur innenfor den lakseførende delen av vassdraget blir påvirket av vassdragsreguleringen skjer dette trolig gjennom driften av Rekvatnet kraftverk. Inntaket til kraftverket ligger på kote 270 i Rekvatnet, mens høyeste (HRV) og laveste (LRV) regulerte vannstand for magasinet er henholdsvis kote 283,75 og 271,75. Dette tilsier at inntaket av vann til kraftverket skjer på vanddyb fra knapt 2 meter til ca. 14 m. Fyllingskurven for Rekvatnet viser at laveste vannstand hvert år inntreer mellom uke 17-21, dvs. en gang i løpet av mai, mens høyeste vannstand de fleste år inntreer i første halvdel av oktober (**Figur 6**). I praksis innebærer dette at vannet som går gjennom Rekvatn kraftverk og renner ut i Fjerdevatnet, og deretter Sandnesvatnet, tidlig på vinteren vil ha en noe forhøyet temperatur, (jfr. inntak fra vannlag på om lag 15 meters dyp). Etter hvert som Rekvatn-magasinet tappes ned gjennom vinteren vil vanntilførselen i større og større grad tilsvare temperaturen i overflatevann, og dermed være lik vanntemperatur fra naturlig avrenning. I sommersasjonen tilsier inntak av vann fra 14-15 meters dyp at produksjonsvannet som renner ut i Fjerdevatnet har noe lavere temperatur enn naturlig avrenning fra Rekvatnet gjennom Falkelva.



**Figur 6** Fyllingskurve for Rekvatnet i årene 2016-2021. Rød linje markerer kotehøyde for inntak til Rekvatn kraftverk.

## 3.2 Habitatkartlegging

I pålegget fra Miljødirektoratet kreves at: «Det skal gjennomføres en fysisk habitatkartlegging for å identifisere flaskehals for laks og sjørøret». Etter avklaring med Miljødirektoratet (M. Bjørnhaug) er det avklart at kravet knyttet til å identifisere flaskehals ikke fordrer fullt omfang i henhold til miljødesignmetodikk (jfr. Forseth og Harby 2013). Så langt som mulig, ut fra hydrologiske data som regulanten kan fremlegge, har vi utført hydrologisk variasjonsanalyse, som primært knyttes til driften av Sagfossen kraftverk, vannføring i fisketrappa og tilsig fra uregulert restfelt. Kartlegging av habitat og gyteområder bygger i all hovedsak på tidligere undersøkelser (Halvorsen 2017), mens skjulmålinger og mesohabitatkartlegging er basert på egne registreringer i 2020.

### 3.2.1 Elveklasser

Mesohabitatkartlegging i ei elv omfatter overflatebølger, helningsgrad, vannhastighet og dyp (Borsányi fl. 2004; Forseth og Harby 2013), og formålet med kartleggingen er å sannsynliggjøre hvordan disse ulike faktorene påvirker leveområdene for fisk (**tabell 1**). Klassifiseringen 'turbulent overflate' betyr at bølgene er større enn 5 cm og at overflaten har krusninger eller er brutt, mens 'glatt overflate' innebærer at bølgene er lavere enn 5 cm. Helningsgraden regnes som 'bratt' når den overstiger 4 %, mens vannhastigheten betegnes som 'hurtig' når den er større enn 0,5 m/s. Et område vurderes som dypt når dybden overstiger 70 cm. De ulike mesohabitatene kombineres så til såkalte elveklasser (se Forseth & Harby 2013; **tabell 2**).

**Tabell 1** Klassifisering av mesohabitat ut fra fysiske karakterer (Tabellen er hentet fra «Håndbok for miljødesign i regulerte vassdrag», Forseth & Harby (2013)).

| Kriterier  | Overflatestruktur              | Helningsgradient | Vannhastighet | Vanndybde | Klasse |
|------------|--------------------------------|------------------|---------------|-----------|--------|
| Avgjørelse | Glatt / småriller              | Bratt            | Hurtig        | Dyp       | A      |
|            |                                |                  | Sakte         | Grunn     |        |
|            |                                | Moderat          | Hurtig        | Dyp       | B1     |
|            |                                |                  | Sakte         | Grunn     | B2     |
|            |                                |                  | Hurtig        | Dyp       | C      |
|            |                                |                  | Sakte         | Grunn     | D      |
|            | Brutt / Ubrutte stående bølger | Bratt            | Hurtig        | Dyp       | E      |
|            |                                |                  | Sakte         | Grunn     | F      |
|            |                                | Moderat          | Hurtig        | Dyp       | G1     |
|            |                                |                  | Sakte         | Grunn     | G2     |
|            |                                |                  | Hurtig        | Dyp       |        |
|            |                                |                  | Sakte         | Grunn     | H      |

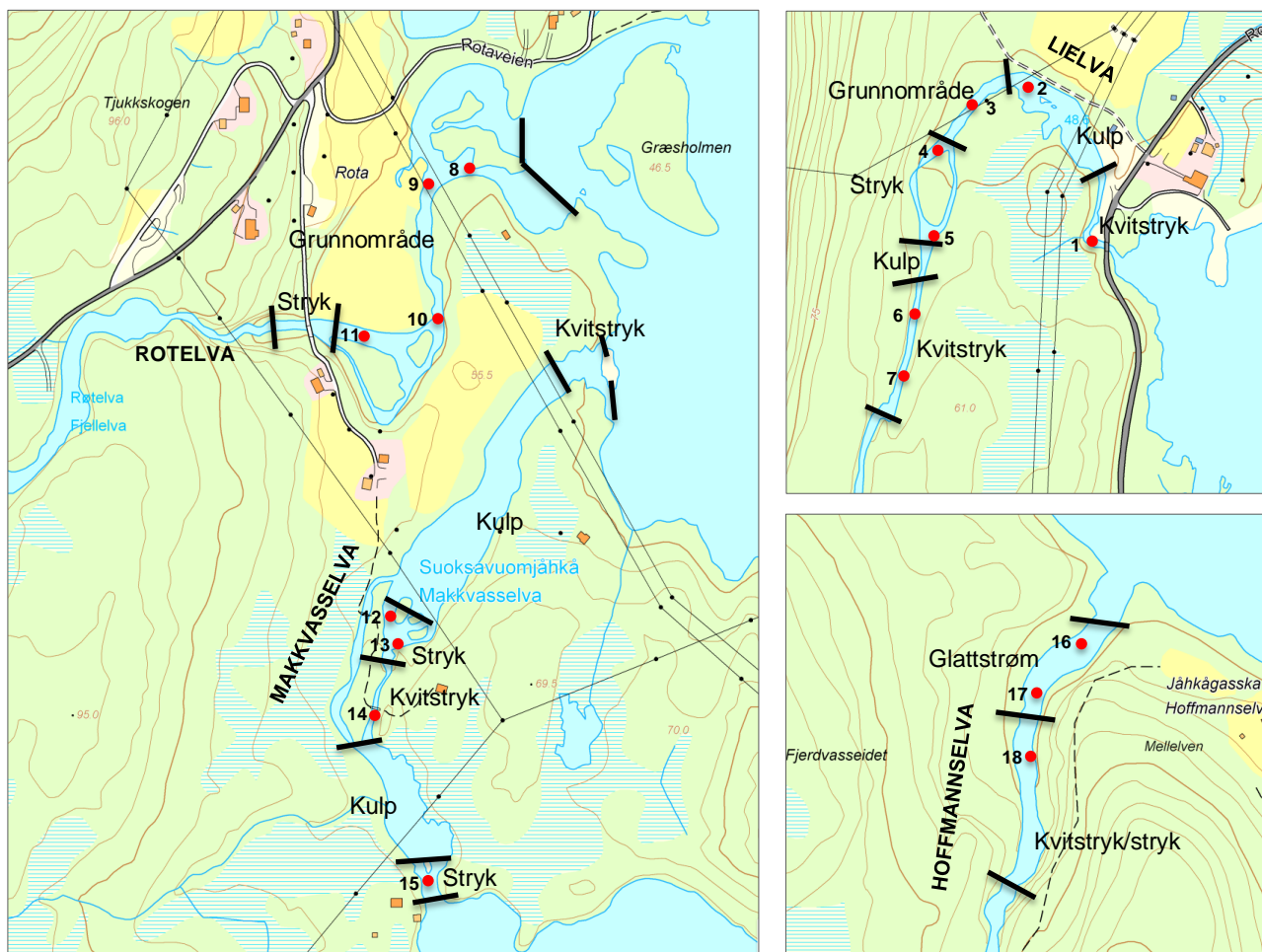
**Tabell 2** Klassifisering av elveklasser, basert på mesohabitat. (Tabellen er hentet fra «Håndbok for miljødesign i regulerte vassdrag», Forseth & Harby (2013)).

| Elveklasse  | Mesohabitat | Overflatemønster | Helningsgradient | Vannhastighet | Vanndybde |
|-------------|-------------|------------------|------------------|---------------|-----------|
| Glattstrøm  | A+B1+B2     | Glatt            | Moderat          | Rask          | Grunn/Dyp |
| Kulp        | C           | Glatt            | Moderat          | Langsom       | Dyp       |
| Grunnområde | D           | Glatt            | Moderat          | Langsom       | Grunn     |
| Kvitstryk   | E+F         | Turbulent        | Bratt            | Rask          | Dyp/Grunn |
| Stryk       | H+G1+G2     | Turbulent        | Moderat          | Rask          | Grunn/Dyp |

Med unntak for Hoffmannselva er ingen av de aktuelle elvestrekningene påvirket av reguleringsinngrepene i form av endringer i vannføring eller vanndekte arealer. Det har derfor begrenset verdi å kvantifisere (beregne areal) kartleggingen av mesohabitat, i og med at det ikke ligger en mulighet til å endre/manipulere vannføring på elvestrekningene. Dvs. at mesohabitat som en flaksehals for fiskeproduksjon ikke er en faktor som kan påvirkes gjennom endringer i reguleringsregime og kraftproduksjon. Det er kun Hoffmannselva som påvirkes av reguleringen, ved at vannføringen her bestemmes delvis av kjøremønster i Rekvatn kraftverk. Kartleggingen viser at nedre halvdel av elva klassifiseres som «glattstrøm», mens øvre halvdel klassifiseres som «kvitstryk» (**Figur 7**). Basert på vannføringen ved befaring er det vurdert som lite sannsynlig at klassifiseringen «glattstrøm» endres som følge av normale endringer i vannføring i elva, med unntak for tilfeller der Rekvatn kraftverk står og tilsig fra restfeltet samtidig er lav. Da utelukkes det ikke at klassifiseringen endres til «grunnområde». En tilsvarende lavvannssituasjon i øvre del av elva vil ha mindre innvirkning på klassifisering. Dette indikerer at variasjonene i vannføring i Hoffmannselva ikke medfører endringer i mesohabitat som har reell betydning for beskaffenheten av elvestrekningen som produksjonsområde for ungfisk.



Utover dette viser kartleggingen av Makkvasselva domineres av kulper og stryk/kvitstryk, og at mesohabitat som gjerne assosieres med gode oppvekstforhold for ungfisk, dvs. «grunnområder», «glattstrøm» og «stryk», er i underskudd på denne elvestrekningen. Grunnområder utgjør hoveddelen av Rotelva, og indikerer at oppvekstforholdene for ungfisk kan være gode i elva. I Lielva faller nær halve elvestrekningen innenfor klassifiseringene «grunnområde» og «stryk», mens resten enten er kulper eller «kvitstryk». Variasjonen langs Lielva gir et godt tilbud av leveområder for ungfisk på ulike stadier. Straumen mellom Sandnesvatnet og Strindvatnet klassifiseres som «kulp».



**Figur 7** Kartutsnitt, lakseførende elvestrekninger rundt Rotvatnet og Sandnesvatnet. Mesohabitatkartlegging fremgår av avmerkede soner, og lokaliteter med utførte skjulmålinger er markert med røde punkter.

### 3.2.2 Bunnsubstrat

Vi har ikke utført egne registreringer av bunnsubstrat, og legger til grunn registreringene utført av Halvorsen (2017). I Lielva beskrives substratet på fem lokaliteter som ble ansett som representative for elvestrekningen, og på fire av fem lokaliteter dominerer grovt substrat som stein og blokk mens sand og berg dominerte på den siste. I Rotelva var to av tre lokaliteter dominert av noe finere substrat (finkornet grus) med innslag av stein og blokk, mens den siste stort sett besto av stein. I Makkvasselva lå alle



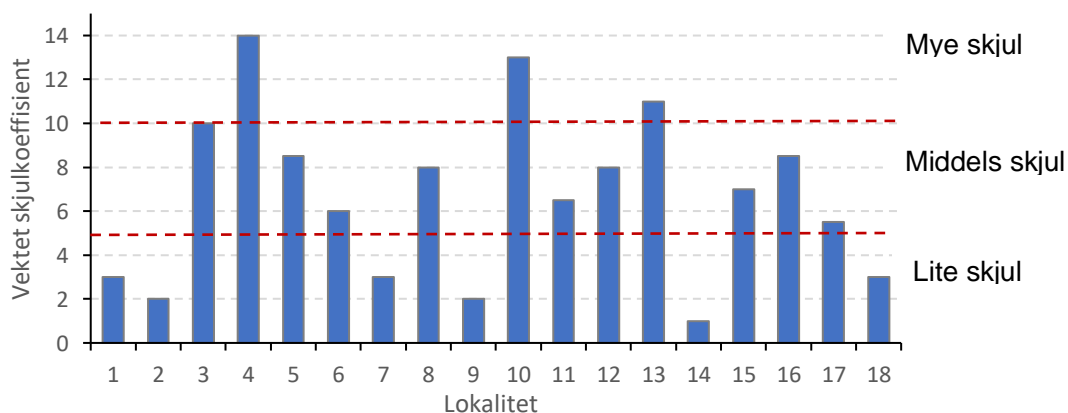
lokalitetene i stryk-partier, og substratet var grovt (blokk og stein). I Hoffmannselva dominerte stein på alle lokalitetene, med innslag av blokk på to av tre lokaliteter.

### 3.2.3 Skjul

Tilgjengeligheten av skjul i form av hulrom mellom steiner på elvebunnen er svært viktig for overlevelse og vekst hos yngel/ungfisk (Finstad mfl. 2007, 2009), og ungfiskproduksjonen hos laks, ørret og røye er derfor direkte avhengig av tilgangen på skjul. Dette skyldes at fiskeungene velger standplasser/territorier hvor de både kan finne mat, samt finne skjul for predatorer. Tilgjengeligheten av skjul, dvs. antall og størrelse på hulrom i substratet, kvantifiseres ved å registrere (innenfor et areal på 0,25 m<sup>2</sup>) hvor mange ganger og hvor dypt en plastslange som er 13 mm tykk kan stikkes inn i hulrom mellom stein og grus. Størrelsen på hulrom deles i tre skjulkategorier (Finstad mfl. 2007); S1: 2-5 cm, S2: 5-10 cm og S3: >10 cm. Målingene utføres innenfor et kvadratisk areal på 0,25 m<sup>2</sup> (0,5x0,5 m), og for at målingene i størst mulig grad skal være tilfeldige blir ei 'stålramme' (0,5x0,5 m) kastet tilfeldig ut i elva på tre hovedområder, dvs. nær elvebredd, i midten av elva og områder ca. halvveis til midten av elva. Målingene summeres til en verdi for et vektet skjul, der dypere hulrom gir høyere verdi (Forseth & Harby 2013);

$$S1 + (S2 \times 2) + (S3 \times 3)$$

Skjulumålinger ble utført på til sammen 17 lokaliteter, fordelt til Lielva, Rotelva, Makkvasselva og Hoffmannselva (**Figur 7**). På hver lokalitet ble målinger utført på to til tre punkter, dvs. at til sammen 44 punktmålinger ble gjennomført, og gjennomsnittlig vektet skjul er oppgitt for hver lokalitet (**Figur 8**). Generelt kan tilgangen på skjul betegnes som middels god for elvestrekningene samlet sett. Vektet gjennomsnittlig skjul var «lite skjul» på 6 av 18 lokaliteter, «middels skjul» på 8 og «mye skjul» på 4 lokaliteter. Gjennomsnittlig skjul for hver enkelt elv var uventet likt, og varierte fra 5,7 i Hoffmannselva til 7,4 i Rotelva. Lokaliteter med lite skjul lå enten innen områder med kvitstryk og grovt substrat/bart fjell eller i kulp-områder med mye finkornet substrat.



**Figur 8** Vektet gjennomsnittlig skjul på 17 lokaliteter. Det er utført to til tre punktmålinger innenfor hver lokalitet

### 3.3 Kartlegging av gyteområder

Vi har ikke utført egen kartlegging av gyteområder, og legger til grunn registreringene utført av Halvorsen (2017) sammen med observasjoner i forbindelse med målinger av skjul. I Lielva beskriver Halvorsen (2017) at gyteforholdene er bra eller meget bra på fire av fem lokaliteter, mens våre observasjoner tilsier at substratet gjennomgående er noe grovt og at potensielle gyteområder er små, men det vurderes ikke å være underskudd på egnet gyteareal. Potensielle gyteområder er dessuten relativt jevnt fordelt langs elvestrekningen. I Rotelva er det gode gyteforhold på alle tre lokaliteter som Halvorsen (2017) beskriver, og våre observasjoner tilsier at det er et tilfredsstillende tilbud av potensielle gyteområder, spesielt i midtre del av lakseførende strekning. I Makkvasselva opplyser Halvorsen (2017) at det er bra til meget bra gyteforhold på alle tre undersøkte lokaliteter. Vår vurdering er at det gjennomgående er noe grovt substrat der hvor vannhastighet og vanddyb sannsynliggjør gyting, og at det for elvestrekningene under ett er få gode gyteområder. Imidlertid vurderes tilgangen på gyteområder som tilstrekkelig i forhold til tilgjengelig areal av godt habitat for ungfiskproduksjon. I stor grad gjelder samme vurdering for Hoffmannselva.

### 3.4 Bestandsdata

#### 3.4.1 Ungfisk

Det ble utført fiskefaglige undersøkelser i vassdraget i 2016, som omfattet både prøvafiske i innsjøene og ungfiskregistreringer på elvestrekninger innenfor lakseførende del av vassdraget (Halvorsen 2017). Data fra disse undersøkelsene er av så ny dato at vi ikke har vurdert det som nødvendig å gjennomføre nye registreringer, og det har heller ikke blitt vurdert som nødvendig å supplere med nye lokaliteter for å sikre representativitet innenfor hver elvestrekning.

Elver som antas å kunne ha betydning for produksjon av ungfisk av laks og ørret er Lielva, Rotelva, Makkvasselva, Falkelva og Hoffmannselva. De tre førstnevnte elvene renner ut i Rotvatnet, mens de to siste renner ut i Sandnesvatnet. Det som kjennetegner alle elvene er at relativt korte strekninger er tilgjengelig for anadrom fisk, og mellom 70-560 m, eller totalt 2140 m elvestrekning kan utnyttes av anadrom fisk (**tabell 3**). Arealet av de ulike elvestrekningene har blitt beregnet på bakgrunn av FKB-data, og spenner fra vel 2000 m<sup>2</sup> til 7500 m<sup>2</sup> og samlet areal er knapt 23000 m<sup>2</sup>. Falkelva er fraført store deler av naturlig nedbørsfelt, og er tilnærmet tørrlagt. Det er ikke dokumentert at laks utnytter denne elva, og areal herfra er derfor ikke beregnet. Beregnede arealer har utgangspunkt i elveareal fra elvebredd til elvebredd som definert i kartgrunnlag, og tar ikke hensyn til områder med tørrfall. Arealene blir dermed maksimumsmål, og beskriver ikke faktiske vanddekte arealer innenfor tidsrom av året og vannføringer som har bestandsregulerende effekter.

| Elvenavn           | Elvelengde | Areal (m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|------------|-------------------------|
| Lielva             | 560*       | 5779                    |
| Rotelva            | 450        | 7526                    |
| Makkvasselva       | 200        | 3162                    |
| Hoffmansselva      | 260        | 4528                    |
| Falkelva           | 600        | -                       |
| Straumen (Strinda) | 70         | 2063                    |
| Sum                | 2140       | 23058                   |

Ungfiskregistreringene som ble utført i 2016 dekker alle aktuelle elvestrekninger, og ut fra lengde på de ulike elvestrekningene er utvalg og antall av fiskelokaliteter vurdert å representere elvestrekningene på en god måte. Halvorsen (2017) viser at fangstene av laksunger er lave til middels høye på de fleste lokalitetene, og gjennomsnittet varierer fra 4-14,5 individer per 100 m<sup>2</sup> (**tabell 4**). Det må bemerkes at dette er tall som beskriver faktisk fangst etter en fiskeomgang, og ikke beregnede tetthet som gjerne vil gi verdier som er dobbelt så høye (gitt fangbarhet lik 0,5). De høyeste fangstene av laksunger ble gjort i Makkvasselva og Rotelva. Fangstene av ørretunger varierte fra 4,3-13,7 individer per 100 m<sup>2</sup>, og mest ørret ble fanget i Lielva og Hoffmansselva.

| Elv           | Lok. | Areal (m <sup>2</sup> ) | Laksunger |    |     |         | Ørretunger |    |     |         |
|---------------|------|-------------------------|-----------|----|-----|---------|------------|----|-----|---------|
|               |      |                         | 0+        | 1+ | >1+ | n/100 m | 0+         | 1+ | >1+ | n/100 m |
| Lielva        | 1    | 90                      | 0         | 1  | 1   | 2,2     | 0          | 5  | 4   | 10      |
|               | 2    | 100                     | 0         | 0  | 0   | 0       | 3          | 11 | 0   | 11      |
|               | 3    | 100                     | 0         | 11 | 0   | 11      | 6          | 15 | 0   | 15      |
|               | 4    | 120                     | 0         | 8  | 1   | 7,5     | 1          | 18 | 6   | 20      |
|               | 5    | 40                      | 0         | 0  | 0   | 0       | 0          | 2  | 3   | 12,5    |
|               |      | Snitt                   |           |    |     | 4       |            |    |     | 13,7    |
| Rotelva       | 1    | 100                     | 0         | 8  | 1   | 9       | 1          | 0  | 3   | 3       |
|               | 2    | 100                     | 2         | 6  | 2   | 8       | 2          | 2  | 4   | 6       |
|               | 3    | 100                     | 1         | 10 | 0   | 10      | 2          | 3  | 7   | 10      |
|               |      |                         |           |    |     | 8       |            |    |     | 6,3     |
| Makkvasselva  | 1    | 100                     | 0         | 0  | 6   | 6       | 0          | 2  | 3   | 5       |
|               | 2    | 50                      | 6         | 4  | 5   | 18      | 0          | 1  | 2   | 6       |
|               | 3    | 50                      | 1         | 6  | 4   | 20      | 1          | 0  | 1   | 2       |
|               |      |                         |           |    |     | 14,5    |            |    |     | 4,3     |
| Hoffmansselva | 1    | 100                     | 0         | 2  | 9   | 11      | 5          | 9  | 8   | 17      |
|               | 2    | 100                     | 8         | 0  | 3   | 3       | 0          | 5  | 1   | 6       |
|               | 3    | 50                      | 0         | 0  | 1   | 2       | 1          | 4  | 4   | 16      |
|               |      |                         |           |    |     | 5,3     |            |    |     | 13      |
| Falkelva      |      | 250                     | 0         | 0  | 0   | 0       | 0          | 45 | 5   | 20      |
| Straumen      |      | 70                      | 0         | 1  | 5   | 9       | 0          | 0  | 2   | 3       |

Dersom fangstdata og tilgjengelig areal for de ulike elvestrekningene settes sammen får vi et anslag for hvor mye ungfisk som de ulike elvene kan holde (**tabell 5**). Slike beregninger kompliseres av flere faktorer, der de viktigste er at arealberegningene er maksimumsanslag (bidrar til å overestimere antall ungfisk) og at ungfisk kan forlate elvestrekningene under alle aldersstadier (bidrar til å underestimere antall ungfisk). Når ungfisk forlater elvene synes ut fra fangstdata fra elektrofiske å variere mellom

elvestrekningene, men i stor grad viser registreringene at aldersgruppene 0+ og 1+ trolig i liten grad har vandret ut fra elvene. Vi har derfor valgt å benytte fangstene av ungfisk med alder 1+ for å synliggjøre ungfiskproduksjonen i vassdraget, og finner at det totale elvearealet kan gi grunnlag for produksjon av vel 2000 laksunger og vel 2000 ørretunger (**tabell 5**). Dersom vi legger til grunn 50 % dødelighet mellom år hos ungfisk og at smoltalder i vassdraget er 3-4 år, finner vi at denne ungfiskproduksjonen kan tilsvare om lag 250-500 smolt av hver art. Da er det ikke tatt hensyn til at arealgrunnlaget trolig bidrar til å overestimere produksjonen eller at en stor del av ørretungene rekrutteres til den stasjonære bestanden i innsjøene. Det er heller ikke tatt hensyn til at Halvorsen (2017) fant til dels høye tettheter av ørretunger i nedre del av Falkelva, men arealet er begrenset og gir neppe grunnlag for produksjon av mer enn en handfull sjøørretsmolt.

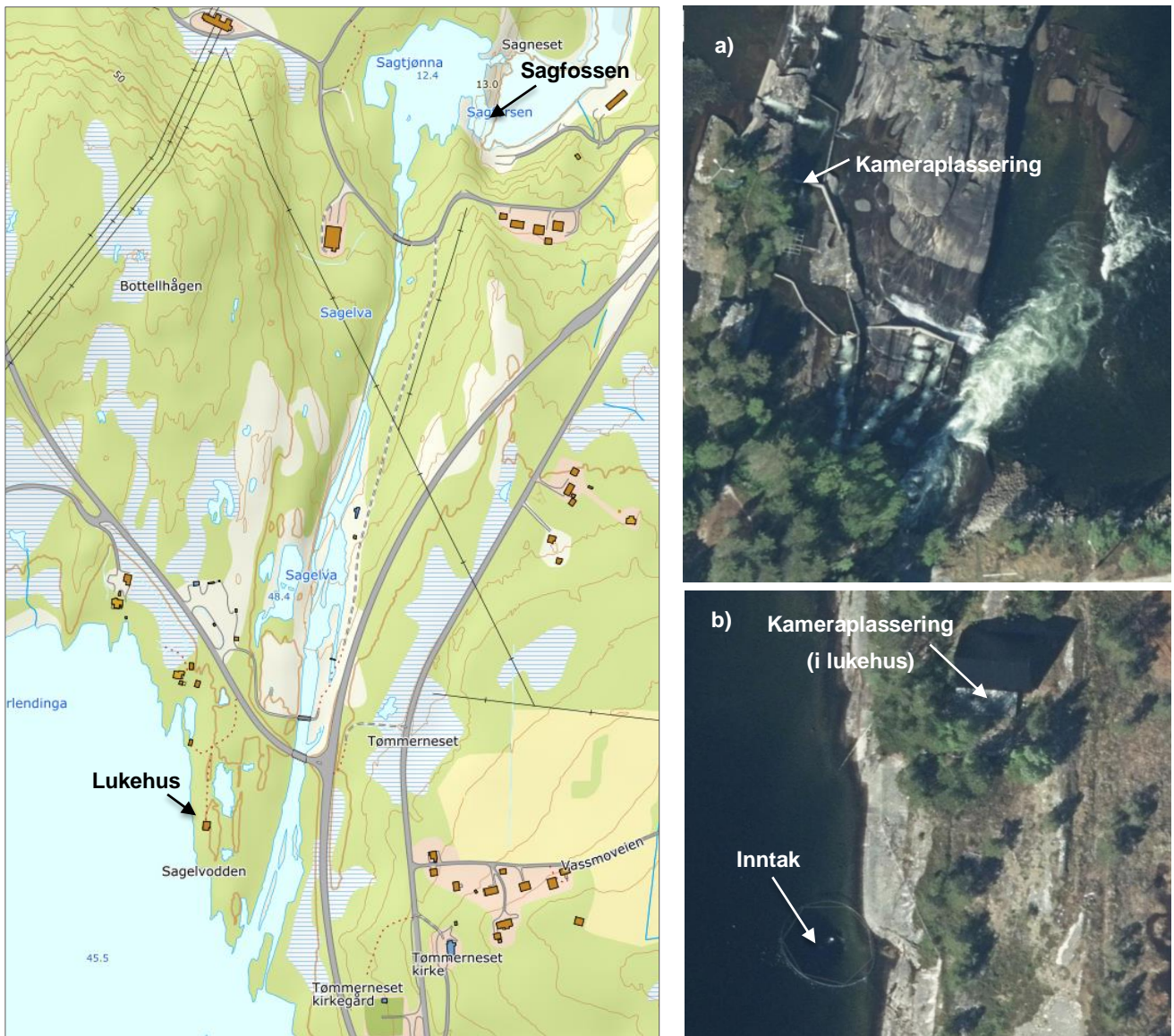
| Elv           | Laksunger             |                  |                         |                           | Ørretunger            |                  |       |                            |
|---------------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------|-------|----------------------------|
|               | Gj.snitt obs. tetthet | Beregnet tetthet | Areal (m <sup>2</sup> ) | Estimert antall laksunger | Gj.snitt obs. tetthet | Beregnet tetthet | Areal | Estimert antall ørretunger |
| Lielva        | 3,8                   | 7,6              | 5779                    | 439                       | 10,3                  | 20,6             | 5779  | 1190                       |
| Rotelva       | 8                     | 16               | 7526                    | 1204                      | 1,7                   | 3,4              | 7526  | 256                        |
| Makkvasselva  | 6,7                   | 13,4             | 3162                    | 423                       | 1,0                   | 2,0              | 3162  | 63                         |
| Hoffmannselva | 0,7                   | 1,4              | 4528                    | 63                        | 7,3                   | 14,6             | 4528  | 661                        |
| Straumen      | 1,5                   | 3                | 2063                    | 62                        | 0                     | 0                | 2063  | 0                          |
| Sum           |                       |                  |                         | 2191                      |                       |                  |       | 2170                       |

### 3.4.2 Registreringer, anadrom fisk

Laks- og sjøørretsmolt, samt overvintrende eldre anadrom fisk, kan utenom eventuelle overløpssituasjoner kun forlate vassdraget gjennom fisketrappa eller gjennom Sagfossen kraftverk. All oppvandring av anadrom fisk til vassdraget må skje gjennom fisketrappa.

For å overvåke vandring av anadrom fisk til å fra vassdraget ble det montert ett undervannsvideokamera, med tilhørende undervannslys, øverst i fisketrappa (**Figur 9**). Kameraet ble plassert i en utsparring i veggen mellom to trinn, og all fisk som passerte opp fisketrappa ble registrert med tidspunkt for passering, art, kjønn og lengde. Det ble også plassert ut fire undervannsvideokamera, med tilhørende undervannslys inne i inntakstunellen og foran varegrinder/ristene (se **Figur 9** og **vedlegg 1**). Også her ble observerte fisker registrert med tidspunkt for observasjon, art, kjønn og lengde. Kameraene som ble benyttet leverer et PAL videosignal med standardoppløsning 720 x 576 piksler. Reell bildeoppløsning er ca. 600 TV-linjer. Opptakssystemet lagret hvert kamerasignal i full oppløsning med en bilderate på tre bilder pr sekund kontinuerlig gjennom hele sesongen.



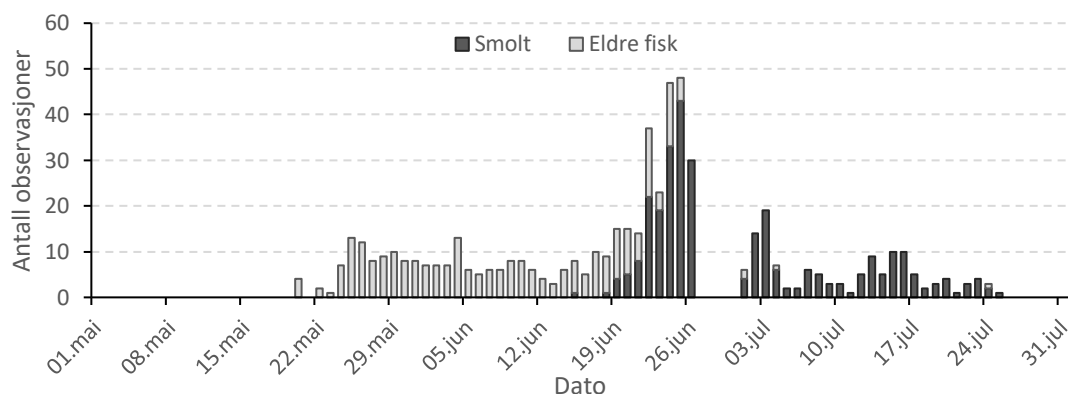


**Figur 9** Kameralokaliteter i Sagvatnanvassdraget, med a) ett kamera i nest øverste trinn i fisketrappa i Sagfossen og b) fire kameraer ved inntaksrister i lukehus.

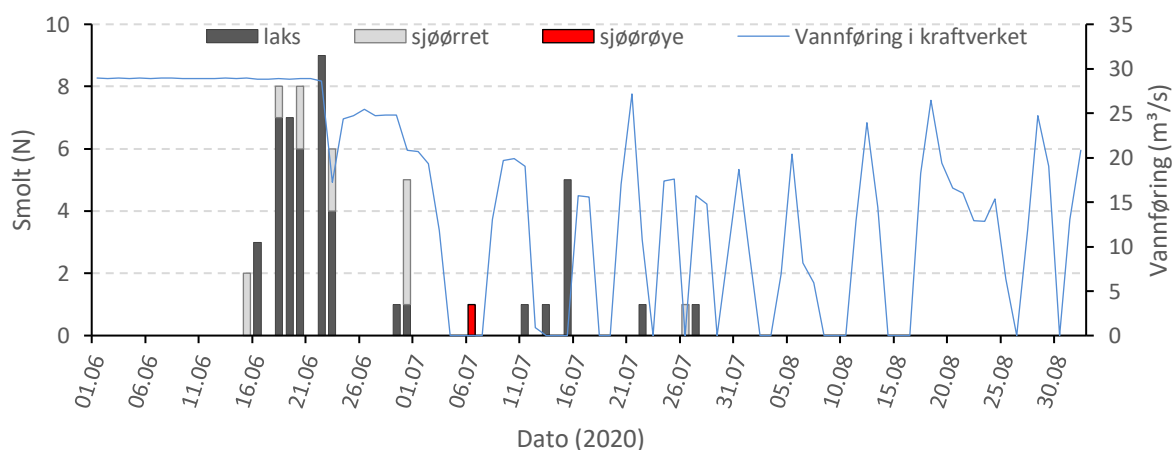
### Utvandring av fisk

Overvåkingsdata fra andre vassdrag innenfor samme geografiske område viser at smoltutvandring er vanlig innenfor perioden fra midten av mai til slutten av juni, der hovedtyngden av smolt vandrer tidlig i juni (Kanstad-Hanssen mfl. 2021, Kanstad-Hanssen mfl. 2018, Lamberg mfl. 2014). Veteranvandrende sjørret og laksestøinger starter gjerne utvandring i starten av mai, og i stor grad har disse fiskegruppene forlatt vassdraget tidlig i juni. Utvandringsforløpet til både voksen laks og sjørret og for smolt varierer mellom år, i hovedsak som en respons på vanntemperatur slik at utvandring starter seinere dersom vanntemperaturen forblir lav langt ut over våren/forsommeren (Vollset mfl. 2021, Gjertsen mfl. 2016). I 2020 var det mye snø i nedslagsfeltet til Sagvatnanvassdraget, og smelteflommen var både sein og lang. Videoovervåkingen inne i inntakstunellen til Sagfossen kraftverk startet 11. mai, og de første registreringene av veteranvandrende sjørret og laksestøinger ble gjort 20. mai (**Figur 10**). Smolt ble

observert inne i inntakstunellen først 15. juni. I fisketrappa startet overvåking 2. juni, men de første nedvandrende fiskene (smolt) ble også her observert 15. juni (**Figur 11**). Overvåking inne i inntakstunellen til Sagfossen kraftverk startet 11. mai, mens overvåkingen i fisketrappa startet når fisketrappa ble åpnet 2. juni.



**Figur 10** Antall observasjoner av smolt og eldre nedvandrende laks og sjørøret inne i inntakstunellen til Sagfossen kraftverk.

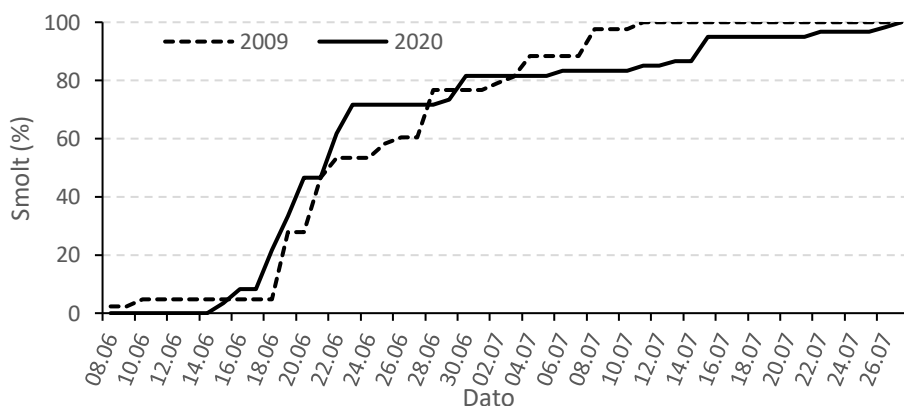


**Figur 11.** Utvandring av smolt i fisketrappen i Sagfossen i 2020. Vannføring gjennom Sagfossen kraftverk er vist i figuren.

Disse observasjonene viser at det var et sammenfall mellom første observasjoner av smolt i fisketrappa og inne i inntakstunellen, og kan ses som en indikasjon på at utvandringen av smolt kan ha startet på dette tidspunktet. Et forbehold som må knyttes til dette er at det gikk vann i overløp til Sagelva i perioden 29. mai til 17. juni (O.E. Grimstad, Nordsalten kraft AS, pers. medd.), og at fisk dermed hadde en utvandringmulighet utenom fisketrapp og inntakstunellen. Det ble kun observert ett individ av eldre laksefisk som vandret ned gjennom fisketrappa, og det kan ikke utelukkes at eldre laks og sjørøret har vandret ut av vassdraget mens det gikk overløp til Sagelva. Ved en tilsvarende overvåking i fisketrappa i 2009 ble det også da observert nedvandring av svært få eldre laksefisk, en laksestøing og tre sjørørreter (Lamberg & Kanstad-Hansen 2010). I 2009 var det ingen overløp til Sagelva i perioden 1. mai til 1. juli,

og all utvandring må da ha skjedd enten gjennom fisketrappa eller via inntaket til Sagfossen kraftverk. Observasjoner i 2020 av eldre laks og sjørret inne i inntakstunellen ble gjort i en uke før overløpet startet og gjennom hele perioden med overløp (**Figur 10**). Kraftproduksjonen, dvs. vannføringen gjennom inntakstunellen, var høy og stabil, samtidig som vann gikk i overløp til Sagelva. Det er viktig å påpeke at vi ikke har overvåket eventuell fiskevandring forbi overløpstærskel i Sagelva, og at mulig utvandring av spesielt eldre laks og sjørret, men også smolt, via Sagelva, ikke kan utelukkes fra vurderingene. Overløp til Sagelva skjer ikke nødvendigvis hver vår, og varighetene av overløp varierer mye, og representerer en usikker utvandringsrute for anadrom laksefisk.

Det ble totalt registrert 60 smolt som vandret ned i perioden 15. juni til 27. juli i 2020. Av alle nedvandrende smolt var 78 % laksesmolt, 20 % sjørretsmolt og 2 % var sjørøyesmolt. De ulike artene vandret i samme tidsrom, og i blandede stimer (**Figur 11**). Hovedutvandringen (25 – 75 %) foregikk i perioden 9.-29. juni, hvor 50 % hadde vandret ut den 22. juni (**Figur 12**). I 2009 ble fisketrappa åpnet noen dager tidligere enn i 2020, den 8. juni, og smolt ble registrert i trappa samme dag. Det ble registrert kun 36 smolt i fisketrappa. Tidspunktet for 50 % utvandring var imidlertid likt begge årene, den 22. juni (**Figur 12**). I 2020 var det overløp til Sagelva innenfor utvandringsperioden for smolt, mens det ikke var overløp i 2009. Et likt utvandringsforløp disse to årene kan indikere at overløp til Sagelva i liten grad påvirker når smolten vandrer.



**Figur 12** Kumulativ utvandring av smolt i fisketrappa i Sagfossen i 2009 og 2020.

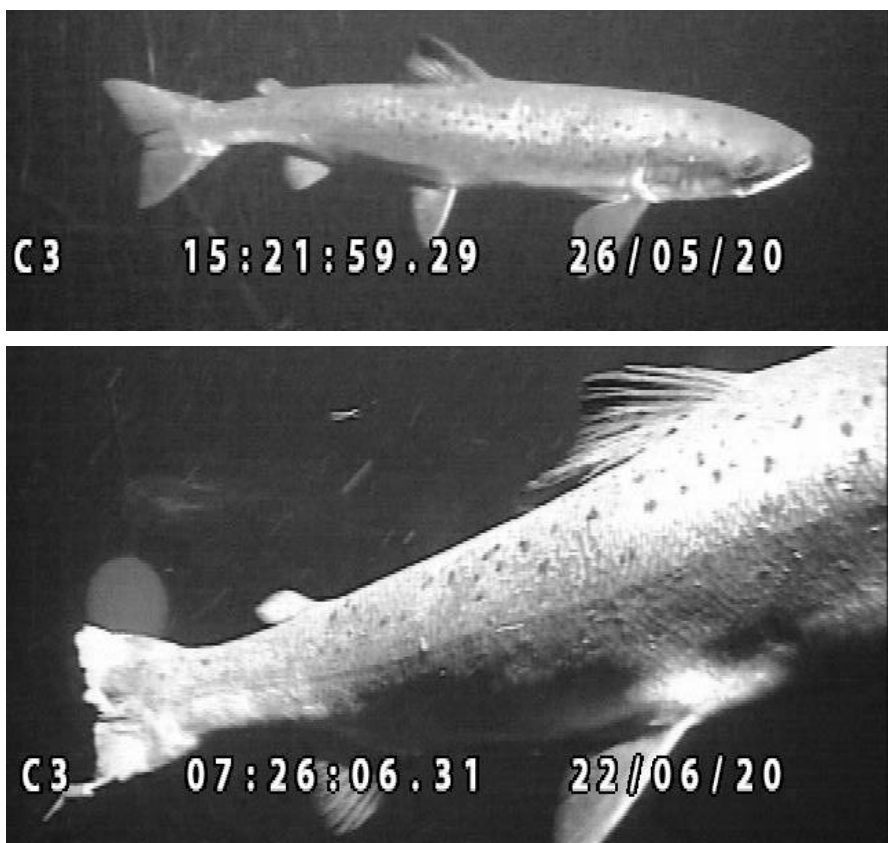
Overvåkingen med videokameraer foran varegrindene i inntakstunellen til Sagfossen kraftverk var ikke satt opp med tanke på å dekke hele arealet av varegrindene. Dette har begrenset muligheten til å følge bevegelsene til et og samme individ, og i tillegg har vekslende vannhastigheter som følge av start og stopp i kraftverket komplisert vurderingen av registrerte observasjoner. Begrensningene i overvåkingsoppsettet medfører at det ikke er mulig å avgjøre i hvor stort omfang en fisk blir registrert mange ganger. Størrelsen ble vurdert på all observert fisk, og på bakgrunn av størrelsesvurderingene og sammenligning av bilder av observerte fisker, er det utført en skjønnsbasert estimering av hvor mange unike individer som har blitt observert.



Til sammen ble det observert 568 fisk inne i inntakstunellen i løpet av overvåkingsperioden (**tabell 6**). Om lag halvparten av observasjonene var av fisk som ble kategorisert som smolt/førstegangsvandrere, dvs. laksesmolt eller sjørrettsmolt med lengder mindre enn 20 cm. Det var 52 smolt som ble observert å passere gjennom varegrindene, og alle passeringene ble registrert i juni (**Figur 10**). Dette utelukker ikke at det også passerte smolt gjennom varegrindene i løpet av juli, i og med at vi ikke har hatt full oversikt over hele varegrind-arealet. Adferd/bevegelse indikerer at en stor andel av smolten som har blitt observert har oppholdt seg foran varegrindene i opptil en uke før de til slutt har gått gjennom varegrindene. Vi kan ikke fastsette et eksakt antall smolt som har vandret inn i inntakstunellen eller gjennom varegrindene, men trolig har de aller fleste smoltene som har blitt observert til slutt passert gjennom varegrindene. Anslagsvis kan 100-150 unike smolt ha oppholdt seg inne i inntakstunellen, og mange har trolig oppholdt seg foran varegrindene over mange dager opptil uker.

Basert på antall fisk i ulike størrelseskategorier og bilder av enkeltfisk har vi hatt muligheten til å vurdere hvor mange større laks og sjørret som har oppsøkt og oppholdt seg inne i inntakstunellen. I og med at hver observasjon er angitt med klokkeslett har vi ansett observasjoner av individer innenfor samme størrelseskategori som unike fisk dersom registreringene er adskilt med mer enn 4 dager (basert på observerte fordelinger av observasjoner). Det kan ikke utelukkes at så få som 15 individer gir opphav til alle registreringer av fisk med lengder mellom 35-55 cm og mellom 65-75 cm, som til sammen teller 59 observasjoner. De fleste observasjonene av større fisk har blitt vurdert til lengdegruppen 60 cm, og basert på antall fisk registrert samtidig i videobildene og sammenligning av stillbilder av fisk, har vi kommet til at disse 214 observasjonene trolig er basert på så få som seks ulike fisker. Enkeltindivider har oppholdt seg foran varegrindene så lenge som en måned, og har pådratt seg betydelige slitaskader på finner etter kontakt med varegrindene (**Figur 13**). Fire større fisk ble observert å passere gjennom varegrindene, og ett individ ble fanget på varegrinden og døde. Dersom minimumsanslagene for antall unike fisker stemmer, har 20 % av de større fiskene som vandret inn i inntakstunellen gått videre ned vannveien til kraftverket, mens de øvrige har forlatt tunellen etter å ha oppholdt seg her i opptil en måned.

| <b>Tabell 6</b> Registrerte observasjoner av fisk (sjørret og laks) i kamerasektorene foran varegrindene i inntakstunellen til Sagfossen kraftverk i perioden 11. mai til 1. august 2020. Størrelse ble vurdert til nærmeste 5 cm for fisk større enn 20 cm, mens kategorien 'smolt' omfatter fisk med lengde opp mot 20 cm. |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|  | Smolt | 35 cm | 40 cm | 45 cm | 50 cm | 55 cm | 60 cm | 65 cm | 70 cm | 75 cm | Sum |
| Foran varegrinder  | 243   | 3     | 3     | 15    | 28    | 7     | 214   | 1     | 1     | 1     | 512 |
| Gjennom varegrind  | 52    |       | 1     | 1     |       | 1     | 1     |       |       |       | 56  |



**Figur 13** Bilder av laksestøing foran varegrind. Identifisert som samme individ, som oppholdt seg i kamerabildene minimum i en måned.

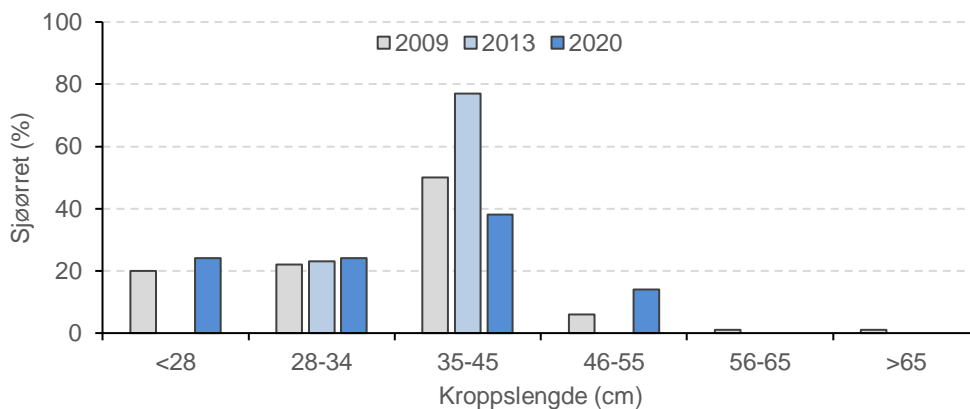
### Oppvandring av fisk og bestandssammensetning

I 2020 ble fisketrappa åpnet den 2. juni og overvåkingen ble avsluttet den 20. september. Vi mangler imidlertid data etter den 18. august på grunn av feil på den siste harddisken. I 2009 var overvåkingsperioden lengre, fra 8. juni til 30. september (Lamberg & Kanstad-Hanssen 2010), og i 2013 fra 11. juni til 14. oktober (Kanstad-Hanssen & Bentsen 2014). I 2009 kom 50 % av laksen opp etter den 18. august, mens kun 14 % av laksen vandret opp seinere enn 18. august i 2013. For sjørørret var tilsvarende at 45 % og 55 % vandret opp seinere enn 18. august i hhv. 2009 og 2013.

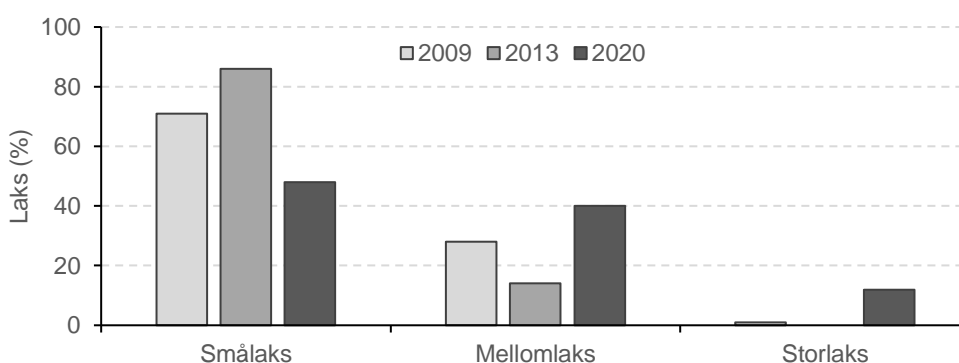
I 2020 ble det registrert 32 laks, 14 sjørørret og 5 sjørøyer gjennom videoovervåkingen i fisketrappa (**tabell 7**). Selv om registreringen i 2013 dekte hele oppvandringsperioden ble det registrert et tilsvarende antall laks (32 ind.), mens det ble registrert 119 laks i 2009. I 2009 ble 16,8 % (n=20) av laksene kategorisert som oppdrettslaks, mot 5,7 % i 2013 og 3,1 % i 2020. Det ble registrert 116 og 53 sjørørreter i hhv. 2009 og 2013. Sett i lys av en avkortet overvåkingsperiode i 2020, og prosentvis kumulativ oppvandring i 2009 og 2013, kan det legges til grunn at spesielt antall sjørørret kan være betydelig underestimert (ca. 50 %) mens registrert oppvandring av laks kan representere anslagsvis 50-85 % av totaloppvandringen. Det er vanlig at det er de minste, førstegangsvandrende sjørørretene som ankommer vassdragene seinest. En sammenligning av fiskestørrelsene som ble registrert i 2009 og 2020 viser imidlertid at

størrelsesfordelingen var relativt lik, og kan dermed indikere at registreringene i 2020, til tross for avkortet overvåkingsperiode, fanget opp en stor andel av sjørøretene som ankom vassdraget (**Figur 14**). En tilsvarende sammenstilling av registrerte størrelsesgrupper for laks viser at smålaks har dominert oppvandringen i 2009 og 2013, men var lik oppvandringen av mellomlaks i 2020 (**Figur 15**). I og med at innsiget av ulike størrelsesgrupper av laks kan variere mye mellom år er ikke dette forholdet egnet til å belyse om mye laks har vandret opp seint på sesongen.

| År   | Laks | Sjørøret | Sjørøye |
|------|------|----------|---------|
| 2009 | 119  | 116      | 2       |
| 2013 | 36   | 53       | 1       |
| 2020 | 32   | 14       | 5       |



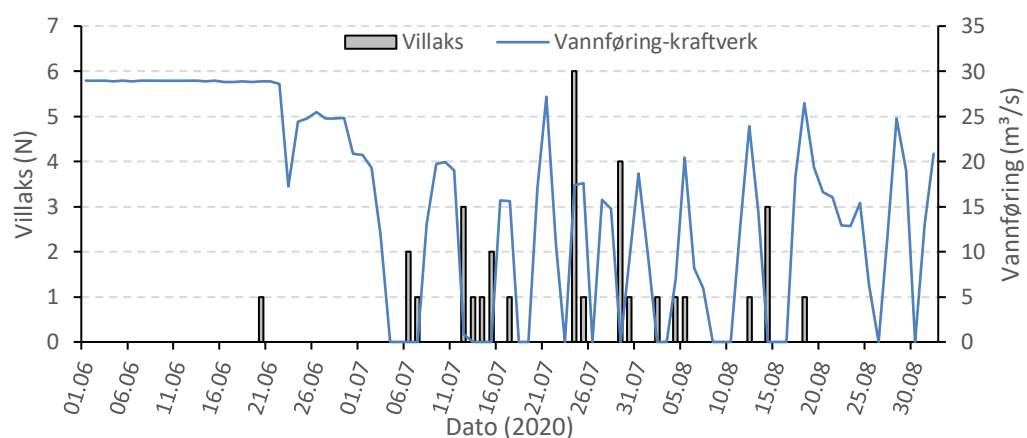
**Figur 14** Fordeling (%) av ulike størrelsesgrupper hos sjørøret som vandret opp fisketrappa i Sagfossen i 2009 og 2020.



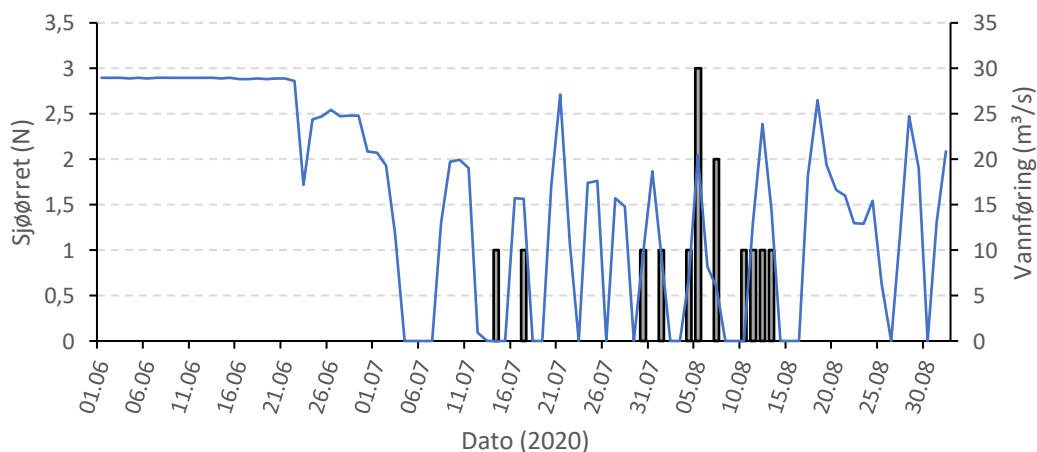
**Figur 15** Fordeling (%) av ulike størrelsesgrupper av laks som vandret opp fisketrappa i Sagfossen i 2009, 2013 og 2020.

I 2020 dukket den første laksen opp i trappa 20. juni, og 50 % av laksene ble registrert i løpet av juli (**Figur 16**). Den første sjørøreten ble registrert i fisketrappa først 14. juli, og kun tre individer (21 %) vandret opp i løpet av juli (**Figur 17**). Vannføringen gjennom kraftverket varierende mellom 0 (når kraftverket

ble stoppet) og 29 m<sup>3</sup>/s i løpet av oppvandringsperioden (se **figur 16, 17**), og vi har for laks synliggjort daglig oppvandring i forhold til vannføringen fra kraftverket (**tabell 8**). Hele oppvandringsperioden i 2020 varte i 60 dager. I løpet av denne perioden sto kraftverket i 21 dager (35 % av dagene), og da vandret 56 % av laksen. Beregning av antall laks som vandret opp i fisketrappa viser en sammenheng mellom vannføringen ut av kraftverket og antall fisk som vandrer, hvor antall individer per dag faller med økende vannføring fra kraftverket (**tabell 8**). Selv om oppløsningen for vannførings-/produksjonsdata fra Sagfossen kraftverk er lav, dvs. at kun døgnmiddel er tilgjengelig, indikerer registreringene i fisketrappa at det er færre fisk som finner fisketrappa i døgn der vannføringen fra kraftverket er høy, enn i døgn der vannføringen er lav eller at kraftverket står.



**Figur 16.** Oppvandring av villaks i fisketrappa i Sagfossen og vannføring i kraftverket i 2020.



**Figur 17.** Oppvandring av sjørørret i Sagfossen og vannføring i kraftverket i 2020.

| <b>Tabell 8</b> <i>Oppvandring av laks i fisketrappa i forhold til vannføring i kraftverket</i> |                |               |               |               |                   |
|---|----------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| <b>Vannføring (m<sup>3</sup>/s)</b>   | <b># dager</b> | <b>%dager</b> | <b># laks</b> | <b>% laks</b> | <b># laks/dag</b> |
| 0   | 21             | 35,0          | 18            | 56,3          | 0,86              |
| 1,0 – 9,9   | 5              | 8,3           | 2             | 6,3           | 0,4               |
| 10,0 – 19,9   | 19             | 31,7          | 8             | 25,0          | 0,42              |
| 20,0 – 29,9   | 15             | 25,0          | 4             | 12,5          | 0,27              |
|   | 60             | 100,0         | 32            | 100,0         | 0,49              |

## 4. Diagnose – vurdering av påvirkningsfaktorer

### 4.1 Habitatflaskehals

Kvalitet/egnethet, størrelse og romlig fordeling av gyteområder, samt tilgjengeligheten til skjul og næring på ulike livsstadier (yngel, parr og smolt), har avgjørende betydning for hvor mange fiskeunger/smolt som kan produseres i en elv eller langs en elvestrekning. Tilgang på gode gyteområder og skjul, er derfor viktige flaskehals for produksjonen av anadrome laksefisk.

I regulerte vassdrag kan redusert vannføring, og derav mindre vanddekt areal, redusere oppvekstområdene for fisken. Men også fravær av flommer (dvs. mer ensartet vannføring), kan påvirke fiskeproduksjonen negativt, blant annet fordi mer ensartet vannføring fører til økt sedimentering. De store, naturlige flommene har en viktig funksjon ved å flytte på massene i elvene, og dermed «luften» substratet og motvirke at finere sedimenter får sette seg i hulrom mellom grovere substrat. Dersom de store flommene reduseres eller uteblir kan fortettinger av hulrom i substratet både forringe kvaliteten på gyteområdene og redusere tilgangen på skjul for ungfisk. I regulerte vassdrag, der flommene uteblir, kan habitatforringelse oppstå ved at målte skjulverdier ikke samsvarer med hvor grovt (steinete) substratet er, slik det normalt vil være i uregulerte vassdrag.

#### 4.1.1 Endret vannføring og mekaniske og geomorfologiske prosesser

Mekaniske og geomorfologiske prosesser knyttet til endringer i vannføring er knyttet til elvestrekninger, og er dermed kun relevant å vurdere for Hoffmannselva. De vanligste effektene relatert til endringer i vannføring som følge av utbygging av vassdrag til kraftproduksjon er endring i sedimentasjonsprosesser og ny-dannelser i forbindelse med flommer. Hoffmannselva er en kort elv, dominert av grove masser, og massetransporten er fra naturens side lav i en slik elv. Transport av fine sedimenter fra områder lengre opp i vassdraget utelukkes i stor grad av sedimenteringsprosesser i Fjerdevatnet. Når det heller ikke er observert fine sedimenter eller annen oppfylling av hulrom i substrat (jfr. pkt. 3.2.2 og 3.2.3), blir vår

vurdering at de mekaniske og geomorfologiske prosessene som normalt bidrar til å vedlikeholde elvebunnen, dvs. motvirker tetting av hulrom i elvebunnen, fortsatt godt virksomme i Hoffmannselva.

#### **4.1.2 Skjul og bunnssubstrat**

Beskaffenhet av bunnssubstrat og tilgangen til skjul langs de lakseførende elvestrekningene i vassdraget er med unntak for Hoffmannselva ikke påvirket av reguleringsinngrepene. I Hoffmannselva viser registreringer at bunnssubstratet domineres av stein (diameter 10-50 cm) og blokk (>50 cm). Innslaget av finere substrat, dvs. grus og sand, er lavt, og bunnssubstratet er dermed gjennomgående grovt. Tilgjengeligheten av skjul for ungfisk avhenger av substrat-sammensetningen, og for fint og for grovt substrat reduserer tilgangen til skjul. I Hoffmannselva kategoriseres tilgangen til skjul som middels til lav, og må ses i sammenheng med at substratet består av mye stor stein og blokk. Noe lav skjul-kapasitet i elva er dermed ikke knyttet til tetting av hulrom av sand og finkornet grus, som gjerne er en effekt av endret vannføringsregime som følge av kraftproduksjon.

Generelt tilsier registreringer i de øvrige elvene at sammensetningen av substrat og tilgjengeligheten av skjul at produksjonspotensialet for ungfisk av laks og ørret er middels godt, og bestandsregistreringene samsvarer i stor grad med forventning ut fra antatt produksjonspotensial. Isolert sett representerer derfor ikke beskaffenhet av substrat og tilgjengelighet av skjul en flaksehals for fiskeproduksjonene i vassdraget.

#### **4.1.3 Gytehabitat**

Selv om det ikke er gjennomført detaljerte kartlegginger av potensielle gyteområder tilsier egne observasjoner og registreringene fra Halvorsen (2017) at selv om påviste gyteområder er små, så er de jevnt fordelt langs de ulike elvestrekningene og gytehabitat og romlig fordeling vurderes ikke som en flaksehals for fiskeproduksjonen (primært mht. laks).

## **4.2 Hydrologiske flaskehals**

Endringer i vannføring kan generelt sett påvirke bestander av laksefisk både ved variasjonen i avrenning gjennom året, og ved direkte redusert vannmengde. Raske endringer i vannføring kan føre til stranding av fisk, samt påvirke vekst både gjennom stress og redusert tilgang på næringsdyr. Endringer i vannføring kan også påvirke vandringsmulighetene for fisk på vei ut av vassdraget og for gytefisk som skal opp i vassdraget. Endringer i utvandringsforløp kan påvirke overlevelsen i sjøen, og endringer i oppvandringsforløp og -mulighet kan påvirke gytesuksessen. Videre kan høy vannføring under oppvandringen reduseres utover høsten og i verste fall føre til tørrlegging av gytegroper. Endringer i vannføring, dvs. bortfall av deler av nedbørsfeltet og/eller magasinerings av vann, kan også innvirke på vanntemperaturen, og dermed påvirke veksten hos ungfisk og alder ved smoltifisering.

Bestander av ungfisk av laksefisk reguleres sterkt gjennom tetthetsavhengig dødelighet (Charnov 1986, Elliott 1994, Jonsson mfl. 1998). Når reguleringen fører til at vanddekt areal reduseres, minker oppvekstarealene og fisketettheten, og dødeligheten øker. Perioder med lav vannføring og redusert vanddekt areal kan derfor utgjøre en viktig flaskehals for fiskeproduksjonen.

De fysiske reguleringsinngrepene i Sagvatnanvassdraget er i stor grad knyttet til områder som ligger ovenfor den lakseførende delen av vassdraget. Innenfor den delen av vassdraget som er tilgjengelig for laks og sjørret er de hydrologiske påvirkningene knyttet til 1) vannføring i Hoffmannselva som i stor grad avhenger av driften i Rekvatn kraftverk, 2) vandringsmulighetene for fisk mellom Rotvatnet og sjøen, som påvirkes av drift i Sagfossen kraftverk og 3) en mulig temperatureffekt i innsjøene nedenfor Rekvatn kraftverk som en følge av tilførsel av vann fra dypere vannlag i Rekvatnet. Andre lakseførende strekninger i vassdraget, dvs. Lielva, Rotelva og Makkvasselva, er ikke påvirket av reguleringsinngrep.

#### **4.2.1 Vannføring, vanddekt areal og vannføring gjennom året**

Sammenhengen mellom vannføring og vanddekt areal og vannføring gjennom året (avløpsfordeling) er kun relevant å vurdere for elvestrekninger som har endret vannføring og avløpsfordeling gjennom året som følge av reguleringsinngrep. Dette gjelder kun for Hoffmannselva, som med om lag 260 m lang lakseførende strekning, utgjør kun 12 % av total lakseførende elvelengde i vassdraget (jfr. **tabell 3**). I og med at det ikke foreligger vannføringsdata med god oppløsning blir vurderingene for Hoffmannselva basert på en grov tilnærming, som innebærer at reguleringseffekten på vannføring i Hoffmannselva anses å omfatte forhøyet vintervannføring og en viss reduksjon av sommervannføring. En konsekvens av slike endringer vil være at vanddekt areal gjennom vintersesongen har økt, mens vanddekt areal i sommersesongen i sum trolig er redusert. Den biologiske betydningen av disse endringene vil i sommersesongen være at fiskeproduksjonen kan bli noe redusert som følge av et lavere tilgjengelig areal for ungfisk, og det viktigste i vintersesongen vil trolig være lavere risiko for tørrlegging av gyteområder. I og med at sammenhengen mellom vannføring og vanddekt areal ikke har blitt kartlagt, og at vannføringsdata med tilstrekkelig god oppløsning mangler, blir en videre vurdering av effektene av endret vannføring og vanddekt areal i Hoffmannselva ikke mulig. Vi finner imidlertid ikke grunnlag for å anta at fiskeproduksjonen i elva har blitt vesentlig endret som følge av vassdragsreguleringen. Tar man i betraktning at Hoffmannselva har relativt liten betydning for den samlede produksjonsevnen for smolt i vassdraget, dvs. at den utgjør kun 12 % av samlet elvelengde og 19 % av samlet areal, blir ikke-vesentlige endringer i fiskeproduksjon av mindre betydning for den samlede smoltproduksjonen i vassdraget. På vassdragsnivå utgjør derfor endringer i vanddekt areal og avløpsfordeling en liten/ubetydelig flaskehals for produksjonen av ungfisk/smolt.



#### 4.2.2 Betydning av vannføring for fiskevandring

Utløpselva fra Rotvatnet, Sagelva, er i utgangspunktet tørrlagt som en følge av reguleringen av Rotvatnet og Strindvatnet (Sandnesvatnet påvirkes ikke). Overløp skjer kun sporadisk ved flomsituasjoner, og det er ikke årvisse overløp innenfor perioden mai-juni. Det er innenfor denne perioden både voksen laks og sjørret og smolt søker mot sjøen, og når det ikke går overløp til Sagelva er eneste vandringsmulighet ut av vassdraget enten gjennom fisketrappa eller via vannveien til Sagfossen kraftverk.

I de fleste vassdrag starter voksen laks og sjørret vandring mot sjøen allerede i starten av mai, men i Sagvatnanvassdraget viste overvåkingen at voksen fisk først ble observert inne i inntakstunellen til kraftverket i slutten av mai. Inntakstunellen til kraftverket starter på innsjøbunnen, og vanlig vannføring gjennom kraftverket i dette tidsrommet ligger i intervallet 14-25 m<sup>3</sup>/s. Åpningen på inntakstunellen, i form av et hull i innsjøbunnen, representerer ikke et naturlig utløpsos eller en naturlig start på en elv, og det kan ikke utelukkes at mange fisk unngår et slikt område eller bruker lang tid før en slik vandringsrute velges. I 2020 startet et overløp til Sagelva 27. mai, og siden det knapt ble observert eldre sjørret på utvandring, verken i inntakstunellen eller i fisketrappa, er det rimelig å anta at sjørret dette året fant veien ut av vassdraget gjennom overløpet og Sagelva. Det var imidlertid veldig få sjørret som ble registrert i fisketrappa også i 2009, og da var det ingen overløp til Sagelva i mai-juni. Det er derfor rimelig å anta at få om noen eldre laksefisk fant ut til sjøen dette året, og trolig er dette relevant også for en rekke andre år nå det ikke går overløp til Sagelva. Det er videre en rimelig antakelse at eldre laksefisk bruker lang tid på å finne vei ut av vassdraget når det ikke går overløp, og at dette medfører avkortet eller forskjøvet oppholdstid i sjøen. Det er verdt å bemerke at fiskerappa utgjør kun 3-4 % av vannføringen ut av vassdraget i dette tidsrommet. Avkortet og forskjøvet sjøopphold har spesielt stor betydning for sjørret som kun er ute i sjøen gjennom sommersesongen. I og med at overvåking i fisketrapp i to år ikke har dokumentert at mer enn ett par voksne individer vandrer ut av vassdraget, må vi konkludere at vannføring og vandringsrute utgjør en betydelig flaskehals for produksjonen av anadrom laksefisk gjennom å påvirke mulighetene for utvandring til sjø for fisk som tidligere har vandret opp i vassdraget.

Smoltutvandringen som er dokumentert fra Sagvatnanvassdraget i 2009 og 2020 skjer vesentlig seinere enn i sammenlignbare vassdrag, men i 2020 kan det ikke utelukkes at tidlig vandrende smolt gikk ut via overløpet til Sagelva. I og med at overløp kun skjer sporadisk innenfor utvandringsperioden for smolt, må det på generell basis legges til grunn at smolten vandrer mot sjø gjennom fisketrappa eller vannveien til kraftverket. Når de første smoltene oppdages i fisketrappa først i midten av juni må det legges til grunn at smolten bruker lang tid på å finne en mulig vandringsvei, og at en slik forsinkelse har en kostnad i form av tapt tilvekst i tidlig sjøfase. Dette har størst betydning for sjørretsmolt, som kan få et betydelig avkortet sjøopphold. Smolt som ikke finner fram til fisketrappa vil uten overløp til Sagelva søke mot inntakstunellen til Sagfossen kraftverk, og overvåkingen viser at en stor andel av disse fiskene går gjennom varegrindene trolig vil dø i møte med Francis-turbinen. Vannføring og vandringruter utgjør gjennom økt dødelighet og

en sannsynlig forsinket utvandring til sjø en betydelig flaskehals for produksjonen av anadrom fisk i vassdraget.

Når laks og sjørret vender tilbake til vassdraget etter endt sjøopphold er fisketrappa eneste oppvandringsmulighet til vassdraget. Overvåkingen i fisketrappa indikerer at fisk har problemer med å finne åpningen på fisketrappa når vannføringen gjennom kraftverket er høy. Siden kraftverket har variert drift gjennom sommersesongen, inntreer likevel perioder der fisken finner fisketrappa lettere ofte. Variable oppvandringsmuligheter gjennom sommeren er vanlig også i uregulerte elver med naturlig avrenning, og vi finner ikke grunn for å trekke frem oppvandringsmulighetene i fisketrappa som en flaskehals av betydning for produksjonen av laks og sjørret.

#### 4.2.3 Vanntemperatur

Gjennom driften av Rekvatn kraftverk, som mottar vann fra 2-15 meters dyp i Rekvatnet, er det en mulighet for at temperaturregimet i Hoffmannselva og innsjøene lengre ned i vassdraget blir endret fra et naturlig regime. Det foreligger imidlertid ingen faktiske temperaturmålinger fra vassdraget, og vurdering av eventuell temperaturpåvirkning er derfor basert på en teoretisk vurdering av konsekvensene av at avrenningen fra Rekvatnet har blitt endret fra overflatebasert vannføring (naturlig avrenning via utløpselv) til kraftverksstyrt vannføring fra dypere vannlag i Rekvatnet.

Ved at Rekvatn kraftverk henter vann på dyp i Rekvatn som gjennom året varierer med fyllingsgraden i inntaksmagasinet, vil effekten i grove trekk være at produksjonsvannet gjennom sommerhalvåret hentes fra vanddyb der temperaturen er lavere enn i naturlig overflate-avrenning, mens produksjonsvannet i vinterhalvåret kan forventes å ha noe høyere temperatur enn naturlig overflate-avrenning. Dette åpner for at fisk i Hoffmannselva og innsjøene lengre ned i vassdraget kan oppleve noe høyere vanntemperatur i vintersesongen sammenlignet med et naturlig temperaturregime, mens uregulert nedbørsfelt bidrar med så mye vann i sommersesongen at temperaturregimet i mindre grad påvirkes av kraftverksdriften. Vi har imidlertid ingen mulighet til å kvantifisere eventuelle endringer i vanntemperaturer, og kan kun basere en slik vurdering på data fra fiskebestandene innenfor områdene nedstrøms Rekvatn kraftverk. Halvorsen (2017) gjennomførte prøvofiske i de fire innsjøene som ligger nedenfor Rekvatn kraftverk, der årlig gjennomsnittlig tilvekst ble beregnet for både ørret og røye. Det var svært liten variasjon mellom innsjøene, og tilveksten var 3,8-3,9 cm/sesong blant ørret og 3,2-3,6 cm/sesong blant røye. Sett i lys av registrert fisketetthet (fangst per garnnatt, CPUE), som samlet for ørret og røye varierte fra 20 fisk per garnnatt (100 m<sup>2</sup>) i Fjerdevatnet (nærmest Rekvatn kraftverk) avtagende til knapt 10 fisk i Rotvatnet, indikerer lik tilvekst i alle innsjøene at det kan være en underliggende temperaturforskjell som kompenserer for forskjellene i fisketetthet og derav tilgang på mat. I så fall opplever fisk i Fjerdevatnet varmere vann, i deler av eller hele året, enn fisk i Rotvatnet. De observerte forskjellene i tilvekst trenger

imidlertid ikke å være knyttet til temperaturregimet overhodet, men være et direkte uttrykk for ulik tilgang på næring.

En konsekvens av eventuelle endringer i vanntemperatur i innsjøene har primært effekt for produksjonen av ørret, i og med at laksunger i mindre omfang utnytter innsjøer som oppvekstområde (og er heller ikke dokumentert i Sagvatnanvassdraget), I og med at en temperatureffekt kan forventes å ha størst effekt i vintersesongen er nok betydningen for veksthastigheten for fisk relativt lav, men en liten positiv effekt skal like vel ikke utelukkes. Men, uten faktiske temperaturmålinger kan vi ikke ta stilling til om en eventuell liten senkning i temperatursummen i sommersesongen oppveier den mulige effekten av noe forhøyet temperatur i vintersesongen, og faktisk effekt for produksjon av sjørretsmolt er dermed uklar. Laksunger lever i utgangspunktet på elv helt frem til smoltifisering, og det er kun Hoffmannselva som er relevant å vurdere for reguleringsbetinget temperaturendring. Basert på våre beregninger av elvevis produksjon av laksunger (**tabell 5**), bidrar Hoffmannselva svært lite (>5 %) til totalproduksjonen av laksesmolt. Vår vurdering er derfor at eventuelle endringer i temperaturregimet i liten grad påvirker produksjonen av laksesmolt.

### 4.3 Informasjon fra bestandsdata

Registreringene langs elve- og bekkestrekninger som er tilgjengelig for sjøvandrende laksefisk viser at beskaffenheten for ungfiskproduksjon kan anses som middels god. Generelt er variasjonen god langs de fleste elvestrekningene, og ungfisk finner i stor grad leveområder som tilfredsstillende krav på ulike livsstadier. Tilgangen til skjul er av vesentlig betydning for hvor store tettheter av ungfisk man skal forvente å finne, og målingene av skjul viser gjennomsnittlig middels god skjulkapasitet på alle elvestrekningene. Resultatene fra ungfiskregistreringene viser relativt lave tettheter av laksunger, dvs. observerte tettheter fra 4-14 ind. 100 m<sup>2</sup> og beregnede tettheter fra 8-29 ind./100 m<sup>2</sup>. Imidlertid var tetthetene av ørretunger på samme nivå, og samlet ungfisktetthet var dermed middels høy. Det var dermed et rimelig godt samsvar mellom registrerte ungfisktettheter og målt tilgang på skjul. Selv om ungfisktetthetene var middels høye er alle elvestrekningene relativt korte og utgjør et areal som er begrensende for fiskeproduksjonen. De observerte tetthetene av ørretunger må ses i lys av at dette er fisk som rekrutteres både til den stasjonære og sjøvandrende delen av ørretbestanden.

Det er vurdert at gytehabitat og avstand mellom gyteområder og oppvekstområder ikke utgjør en begrensning for fiskeproduksjonen i vassdraget. De relativt lave tetthetene av laksunger kan ses i direkte sammenheng med hvor mange gytefisk som vandrer opp i vassdraget, mens gytefisk av både sjørret og stasjonær ørret bidrar til størrelsen på ungfiskbestandene av ørret. Overvåkingen i fisketrappa i årene 2009, 2013 og 2020 sannsynliggjør at mellom 30-100 villaks vandrer opp i vassdraget hvert år. Dette kan tilsvare at det hvert år deponeres 35.000-100.000 lakserogn i vassdraget, noe som gjennom naturlig dødelighet (se Jonsson og Jonsson 2011) kan antas å resultere i 1.500-4.500 laksunger med alder 1+.

Dette er i godt samsvar med estimerte antall laksunger med alder 1+ basert på ungfiskregistreringer (jfr **tabell 5**), og indikerer at laks som har vandret opp i vassdraget gjennomgående har hatt god gytesuksess og at overlevelsen på tidlige livsstadier har vært god. Det er ikke mulig å utføre tilsvarende vurderinger for ørret, iom. at vi ikke har estimater for hvordan gytebidraget fordeles mellom sjøørret og stasjonær fisk.

Vi har antatt at de observerte ungfisktetthetene fra undersøkelsene i 2016 kan tilsvare en samlet smoltproduksjon av laks og sjøørret på 250-500 individer. Når denne smolten skal forlate vassdraget har overvåkingen i inntakstunellen til Sagfossen kraftverk vist at en viss andel av smolten ender opp i turbinen, og må antas å dø. Dersom våre anslag for hvor mange smolt (75-150 ind.) som søkte mot inntakstunellen og går gjennom varegrindene stemmer, og vi antar at beregningen av smoltproduksjon er gyldig, kan 15-60 % av smoltproduksjonen gå tapt gjennom kraftverket. *Smolttap gjennom kraftverket må derfor anses som en flaskehals for produksjonen av anadrom fisk i vassdraget.*

Laksunger og ørretunger konkurrerer om å utnytte det tilgjengelige elvearealet rundt innsjøene i lakseførende del av vassdraget. Dersom en større andel av smolten som produseres i vassdraget overlever til møtet med sjø, vil antall gytefisk av laks og sjøørret som vender tilbake øke. Da vil også en større andel av ungfisken i elvene være individer som smoltifiserer og vandrer ut i sjøen igjen, og som ikke velger en stasjonær livshistorie.

Overvåkingen foran varegrindene har også vist at støinger av laks og eldre sjøørret på utvandring kan oppholde seg i inntakstunellen, men at få individer går gjennom varegrindene. Imidlertid kan de større fiskene oppholde seg svært lenge inne i inntakstunellen før de finner veien ut, og dette flytter utvandring til sjøen til langt ut på sommeren. For 2020 er det sannsynliggjort at om lag 20-25 fisk, primært laksestøinger, oppsøkte inntakstunellen. Vi har ingen tall for oppvandringen av laks året før, men basert på registrert oppvandring i 2013 og 2020 utgjør de 20-25 individene trolig minimum halvparten av laksene som vandret opp året før. Det at overvåkingen i inntakstunellen avdekket at eldre sjøørret på utvandring i mindre omfang enn laks søker mot tunellen kan indikere at sjøørret i større grad en laks, i alle fall i 2020 da det gikk overløp til Sagelva i naturlig utvandringsvindu, fant denne naturlige vandringsveien. Selv om relativt få eldre fisk går gjennom varegrindene, vil et forsinket møte med sjøen ha en negativ effekt for både overlevelse og tilvekst. Det er vanskelig å kvantifisere dette, men disse effektene må anses å utgjøre en liten flaskehals for fiskeproduksjonen.

#### **4.4 Samlet vurdering**

Registreringene av skjul, beskrivelser av bunnssubstrat, klassifisering av mesohabitat og tilgang og romlig fordeling av gyteområder tilsier at vassdraget byr på middels gode gyte- og oppvekstforhold for laks og sjøørret. Reguleringsinngrepene har med unntak for Hoffmannselva ingen betydning for disse vurderingene, og i Hoffmannselva vurderes reguleringseffektene som små/ubetydelige. Det er imidlertid

naturgitte begrensninger for ungfiskproduksjonen i vassdraget gjennom begrenset tilgang på produksjonsarealer for ungfisk. Det er videre funnet et rimelig godt samsvar mellom vurdert produksjonspotensial basert på fysiske faktorer og observerte tettheter av ungfisk, og i tillegg samsvarer beregnet antall laksunger på elvestrekningene med det sannsynlige gytebidraget fra laks. Dette indikerer at gytefisk som ankommer vassdraget finner gode gyteområder og at avkom har god overlevelse. Når det i tillegg er et faktum at det meste av produksjonsarealet for ungfisk av laksefisk ligger i upåvirkede elvestrekninger, kan det ikke knyttes noen reguleringsrelaterte flaskehals for produksjonen av anadrom fisk til fysiske faktorer og habitatkvaliteter i vassdraget.

Hvorvidt Sagvatnanvassdraget hadde forekomster av anadrom laksefisk nedstrøms vandringshinderet som Sagfossen utgjør før utbygging av vassdraget har lenge vært uklart, men nyere målinger av saltholdighet nedstrøms Sagfossen tilsier at tidligere forekomster av laksunger, laks og sjørret må være basert på vandring fra andre nærliggende elver (Halvorsen 2020). Ved utbyggingen av vassdraget ble det i utgangspunktet heller ikke tatt hensyn til at anadrom fisk skulle kunne ha fri vandring til og fra sjø, og i dag må utvandring til sjø skje gjennom en fisketrapp som ble etablert i etterkant av kraftutbyggingen eller gjennom utløpselva, som kun har vannføring ved sporadiske tilfeller av overløp. Utvandring gjennom fisketrappa antas å påvirke utvandringstidspunktet, og har spesielt for sjørret en negativ effekt i form av redusert oppholdstid i sjø og mulig økt dødelighet i sjøfasen. Vannføringen gjennom kraftverket utgjør en vesentlig del av total vannføring ut av vassdraget, og når inntaket til kraftverket ligger nært inntil utløpselva og fisketrappa medfører det at både smolt og eldre laks og sjørret finner veien inn i inntakstunellen til kraftverket. Trolig passerer en stor andel av smolten gjennom varegrindene og dør i Francisturbinen, mens eldre laks og sjørret, som i liten grad går gjennom varegrindene, kan få kraftig forsinket utvandring til sjø ved at de ikke finner ut av inntakstunellen. I og med at overløp til Sagelva ikke skjer hvert år eller regelmessig i utvandringsperioden for smolt og eldre fisk medfører vannføring og utvandringvei en betydelig flaskehals for produksjonen av anadrom fisk i vassdraget.

| <b>Tabell 8</b> Oppsummering av flaskehals og status for produksjonen av anadrom laksefisk i Kildalselva. De ulike begreper er nærmere beskrevet i Forseth og Harby (2013). |   |   |
|---|---|---|
| <b>Bestandsregulering</b>   | Stadium for regulering – fra habitatkartlegging<br>Stadium for regulering – fra bestandsdata<br>Samlet vurdering stadium for regulering                     | Ingen<br>Smolt, voksen fisk<br>Smolt, voksen fisk |
| <b>Habitatflaskehals</b>  | Mengde og avstand mellom gytehabitat<br>Skjul   | Ingen<br>Ingen                                    |
| <b>Produktivitet ut fra habitat</b>   |   | Svært lav   |
| <b>Vannføring og totalproduksjon</b>  |   | Liten   |
| <b>Hydrologiske flaskehals</b>  | Sommervannføring som flaskehals<br>Vintervannføring som flaskehals<br>Vannstand under gyting som flaskehals<br>Vanntemperatur som flaskehals (ungfiskvekst) | Ingen<br>Ingen<br>Ingen<br>Ingen/lav              |
| <b>Bestandsreducerende faktorer</b>   | Redusert smoltproduksjon på grunn av temperatur<br>Redusert suksess/overlevelse smoltutvandring<br>Sannsynlighet for habitatforringelse                     | Ingen<br>Høy<br>Ingen/lav                         |

## 5. Tiltak og designløsninger

De negative effektene av vassdragsreguleringene og kraftverksdrift i Sagvatnavassdraget er knyttet til at fisk ikke har naturlige utvandringsruter til sjø utenom perioder med overløp til Sagelva. De negative effektene gir seg utslag i redusert overlevelse for smolt på utvandring ved at de havner i turbinen, og gjennom forsinket eller forhindret utvandring av eldre laks og sjøørret. Overløp til den normalt tørrlagte Sagelva innenfor tidsrommet for utvandring av smolt og eldre fisk skjer ikke årvisst, og når det eventuelt inntreer kan varigheten være kort.

Det blir nærliggende å foreslå at det må sikres en trygg vandringsrute for fisk som skal ut av vassdraget. Man kan se for seg ulike løsninger for dette, enten ved å sikre et overløp til Sagelva i et tidsrom og med en varighet som muliggjør utvandring for både smolt og eldre fisk, eller ved å lede fisken mot fisketrappa. Uavhengig av dette vil produksjonen i Sagfossen kraftverk, og vannføringen gjennom inntakstunellen, utgjøre en vesentlig del av del av vannføringen ut av vassdraget, og en ukjent men trolig relativt høy andel av fisk på utvandring vil søke mot og inni inntakstunellen. Dette problemet kan teknisk sett løses eller reduseres ved å etablere en fiskesperre i åpningen på inntakstunellen, men vil trolig ikke redusere problemet som forsinket utvandring innebærer.

De aktuelle tiltakene har uansett en høy kostnad, i form av de tekniske løsningene og eventuelt vanntap (overløp), som må ses i lys av forventede effekter for populasjonene av laks og sjøørret. På grunn av naturgitte betingelser, dvs. beskaffenhet av og begrenset tilgang på elvestrekninger, kan det ikke forventes at vassdraget skal huse særlig større bestander av laks og sjøørret enn hva man finner i dag. Her må det også legges til grunn at selv om smolttapet gjennom kraftverket reduseres eller fjernes, og at flere eldre laksefisk får gjennomføre flere vandringer mellom vassdraget og sjøen, vil det fortsatt være små og sårbare bestander av laks og sjøørret i vassdraget som neppe vil utgjøre en reelt høstbar ressurs. Et forhold som heller ikke skal overses er at en økning i laksebestanden vil påvirke konkurranseforholdet blant ungfisk av laks og ørret i elvene, noe som igjen kan gi seg utslag i lavere rekruttering til den stasjonære ørretpopulasjonen.

## 6. Litteratur

- Borsányi P, Alfredson K, Harby A, Ugedal O, Kraxner C (2004) A Meso-scale Habitat Classification Method for Production Modelling of Atlantic Salmon in Norway. *Hydroécol Appl* 1:119-138
- Finstad AG, Einum S, Forseth T, Ugedal O (2007) Shelter availability affects behaviour, size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon. *Freshwater Biology* 52(9):1710-1718  
doi:10.1111/j.1365-2427.2007.01799.x
- Finstad AG, Einum S, Ugedal O, Forseth T (2009) Spatial distribution of limited resources and local density regulation in juvenile Atlantic salmon. *The Journal of animal ecology* 78(1):226-35  
doi:10.1111/j.1365-2656.2008.01476.x
- Forseth T, Harby A (2013) Håndbok for miljødesign i regulerte vassdrag,
- Gjertsen V, Lamberg A, Strand R, Kanstad-Hanssen Ø, Bjørnbet S (2016) Overvåking av laks, sjørørret og sjørøye i Lakselva på Senja i 2014. SNA-Rapport 02/2016 52 s
- Halvorsen M (2017) Reguleringen i Sagvatnvassdraget, Hamarøy- etterundersøkelser i 2016. Nordnorske ferskvannsbiologer Rapport 2017-01:36
- Halvorsen M (2020) Salinitetsmåling i kulpen under Sagfossen, Tømmernesset. Nordnorske ferskvannsbiologer Notat 21022020:8
- Jonsson B, Jonsson N (2011) Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout: habitat as a template for life histories. Springer Dordrecht Heidelberg London, 708 pp
- Kanstad-Hanssen Ø, Bentsen V (2014) Oppvandring av anadrom laksefisk i 11 vassdrag i Nordland i 2013- en vurdering av innslag av rømt oppdrettslaks. *Ferskvannsbiologen Rapport* 2014-01:48 s
- Kanstad-Hanssen Ø, Bentsen V, Gjertsen V, Lamberg A (2021) Videoovervåking av anadrom laksefisk i Silavassdraget og Flostrandvassdraget i årene 2018-2020. *Skandinavisk naturovervåking SNA-rapport* 09/2021:60
- Kanstad-Hanssen Ø, Lamberg A, Gjertsen V (2018) Oppvandring av anadrom laksefisk i Svolværvassdraget i 2017. SNA-Rapport 06/2018 27 s
- Kroglund F, et al. (2011) Effekter av å passere en kraftverksturbin på smoltoverlevelse og atferd. Betydningen av tiltak. NIVA Rapport LNR 6139-2011 34 s
- Lamberg A, Bjørnbet S, Gjertsen V, Strand R, Kanstad-Hanssen Ø (2014) Videoovervåking av laks, sjørørret og sjørøye i Lakselva på Senja i 2012 *Skandinavisk naturovervåking Rapport* 04/2014. p 49
- Lamberg A, Kanstad-Hanssen Ø (2010) Videoovervåking av laks og sjørørret i fisketrappa i Sagvatnavassdraget i 2009. *LBMS Rapport* 01-2010
- Lindeman AA, Grant JWA, Desjardins CM (2015) Density-dependent territory size and individual growth rate in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Ecology of Freshwater Fish* 24(1):15-22  
doi:10.1111/eff.12120
- Vollset KW, et al. (2021) Predicting the nationwide outmigration timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts along 12 degrees of latitude in Norway. *Diversity and Distributions* n/a(n/a)  
doi:<https://doi.org/10.1111/ddi.13285>
- Wootton RJ (1990) *Ecology of Teleost Fishes*. Chapman & hall, London



# Vedlegg

**Vedlegg 1.** Tunnelsjakt med kameraplassering sett fra siden (t.v) og sett ovenfra (t.h). En betongvegg deler innløpet i to løp.

