

RAPPORT

FISKEBIOLOGISKE VURDERINGER AV BESTANDSSITUASJON OG TILTAK FOR STORØRRET I TOKKEÅI, DALEN I TELEMARK

OPPDRAKSGIVER

TOKKE-VINJE VASSOMRÅDE I SAMARBEID
MED TOKKE KOMMUNE

EMNE

Akvatisk økologi/vilkårsrevisjoner

DATO / REVISJON: 05.02.2019

DOKUMENTKODE: 130906-RIM-RAP-002



RAPPORTEN ER ET SAMARBEIDSPROSJEKT MELLOM FØLGENDE INSTANSER:

Multiconsult



UNIVERSITETET I AGDER
FAKULTET FOR TEKNOLOGI OG REALFAG

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult og Universitetet i Agder på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen.

Multiconsult og UiA har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult og UiA skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult og UiA, eller eventuell annen opphavsrettshaver.

Forsidebilde: Oversikt over elvedeltaet som skiller elva Tokkeåi og innsjøen Bandak. Dalen i Telemark. Foto: M. Kraabøl.

RAPPORT

OPPDRAAG	Faglige vurderinger av bestandssituasjon og tiltak for storørret i Tokkeåi	DOKUMENTKODE	130906-00-RAP-02
EMNE	Akvatisk økologi / Vilårsrevisjon / Vannkraft	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	TOKKE-VINJE VASSOMRÅDE I SAMARBEID MED TOKKE KOMMUNE	OPPDRAAGSLEDER	Morten Kraabøl
KONTAKTPERSON	Olav Bjørn Bakken	UTARBEIDET AV	Morten Kraabøl, Even Moland og Esben Moland Olsen
KOORDINATER	SONE: 32N ØST:	ANSVARLIG ENHET	10105050 Oslo Naturressurser
GNR./BNR./SNR.	N/A		

02	05.02.2019	Kvalitetssikret og godkjent sluttrapport	MKR, EM, EMO	FGR	GRD, KLS
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

SAMMENDRAG

Multiconsult og Universitetet i Agder har på oppdrag fra Tokke/ Vinje vassområde i samarbeid med Tokke kommune gjennomført faglige vurderinger i henhold til et mandat på syv punkter om storørretens i Tokkeåi. Målet med studien er å bidra til å bedre kunnskapsgrunnlaget om storørreten, samt gjennomførte og potensielle miljøtiltak, som grunnlag for den pågående vilkårsrevisjonen for vassdraget. Studien omhandler dagens bestandssituasjon, en vurdering av hvordan bygging og drift av Lio kraftverk har påvirket storaurens leveområde og bestandssituasjon, samt en vurdering effekten av gjennomførte og pågående tiltak. Videre drøftes hvordan ytterligere tiltak kan bidra til å sikre en langsiktig levedyktig og høstbar populasjon av storørret, herunder bygging av fiskepassasje og føringer for miljøbasert vannføring. Studien er i første rekke basert på eksisterende undersøkelser og litteratur, analyse av fotografier samt gamle og nye oppmålinger. Det er også gjennomført befaring og dronofilmning for å kartlegge gyteaktivitet. Følgende konklusjoner er avgitt i hht. mandatet (forkortet):

1. Storørretbestanden i Tokkeåi klassifiseres som «kritisk truet av utryddelse».
2. De gjennomførte og pågående tiltakene i Tokkeåi nedenfor Helvetesfossen er i henhold til moderne miljødesign, men de er ikke tilstrekkelig innrettet mot storørretbestanden.
3. Storørreten hadde etter all sannsynlighet gode mulighet til å passere opp forbi Helvetesfossen før utbygging av Lio kraftverk. Fossen og flere mindre hindringer på den 8,2 km lange storørrestrekningen utgjorde en utfordring som kunne favoriserte storvokste individer og hadde således potensial for en sorterende effekt på kroppsstørrelse.
4. Gyte- og oppvekstforholdene oppstrøms Helvetesfossen vurderes til meget god kvalitet og i favør av storvokste individer. En gjenåpning av denne strekningen vil kunne medføre at seleksjonskrefter i favør av storørret vil gjenopprettes, og bestandsstørrelsen vil dermed trolig kunne øke betydelig ut over dagens potensial.
5. Bygging av fiskepassasje ved Helvetesfossen kommer ikke i konflikt med gjeldende retningslinjer fra Miljødirektoratet for denne type fiskeforsterkningstiltak. En fiskepassasje vil gi tilgang til gyte- og oppvekstområder som etter alt å dømme var i bruk før reguleringen. Det viktigste argumentet for å bygge fiskepassasje er imidlertid ikke hvorvidt storørreten tidligere hadde tilgang til denne elvestrekningen eller ikke, men at bestandsstørrelsen klassifiseres som «kritisk truet».
6. Det anbefales følgende overordnede føringer for en miljøbasert minstevannføring ovenfor Helvetesfossen:
A) Kildene til vannføringen bør i hovedsak komme fra tilløpsbekkene som renner inn i Tokkeåi ovenfor Ravnejuv.
B) Det bør også slippes resterende sikringsvannføring fra reguleringsmagasin. C) Minstevannføringen bør være høyest og mest variabel i opp- og nedvandringsperioden fra ca. 1. september til 1. desember. D) Variasjoner i vannføringen i denne perioden kan skapes i form av kunstige lokkeflommer. E) Utbedring av slike hindringer er mulig som følge av at maskiner kan få tilgang via nyere skogsbilveger. F) Slike utbedringer, og senere vedlikehold, vil kunne redusere vannbehovet under lokkeflommene. G) Laveste konstante minstevannføring om sommeren vurderes skjønnsmessig til 5 m³/s om sommeren og 2 m³/s om vinteren. H) Det anbefales videre kalibrerende studier for å finne nedre funksjonelle minstevannføringsnivå.
7. (Tilleggspunkt i mandatet). Effektkjøring av Lio kraftverk med gjentatte vannføringsreduksjoner vil gi en stor risiko for økt dødelighet hos ørretunger og meget stor risiko for økt dødelighet på bekkeniøye, stingsild og bunnfauna. Effektkjøring vurderes derfor som uforenlig med ivaretagelse av storørretbestanden.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	FORORD	7
2	Innledning	8
2.1	Bakgrunn.....	8
2.2	Prosjektets mandat.....	9
2.3	Arbeidsmetode og faglig grunnlag for rapporten	10
2.4	Elvestrekningen Tokkeåi og utløpet Bandak	10
3	STORØRRETS VERDI, BESTANDSSITUASJON OG EFFEKTER AV VASSDRAGSREGULERING	13
3.1	Storørrets verdi i Tokkeåi.....	13
3.2	Bestandssituasjonen for storørret i Bandak og Tokkeåi	13
3.2.1	Vurdering av ungfisktetthet	14
3.2.2	Oppsummering	15
3.3	Vassdragsregulerings effekt på storørret i Norge.....	15
3.4	Trusler for storørretbestanden i Bandak og Tokkeåi	16
3.5	Storørrets utbredelse i Tokkeåi i dag og før bygging av Lio kraftverk.....	17
3.5.1	Helvetesfossen som vandringshinder før og etter bygging av Lio kraftverk	18
3.6	Dokumentasjon av økt fallhøyde i Helvetesfossen - oppsummering	25
3.7	Verdien av området oppstrøms Helvetesfossen som potensielt leveområde for storørret	27
3.8	Storørretfiske i Tokkeåi.....	28
3.8.1	Fiske før oppstart av Lio kraftverk i 1969.....	28
3.8.2	Fisket etter utbyggingen	30
3.9	Potensielle negative konsekvenser av effektkjøring for andre arter i Tokkeåi	30
3.10	Oppsummering	32
4	GJENNOMFØRTE OG PÅGÅENDE MILJØTILTAK - EFFEKT PÅ STORØRRET	33
4.1	Restriksjoner i drift og minstevannføring i Lio kraftverk.....	33
4.2	Vurdering av habitatforbedrende tiltak i nedre del av Tokkeåi	35
4.3	Spesifikke anbefalinger om miljøbasert vannføring ovenfor Helvetesfossen	37
4.4	Oppsummering og faglige vurderinger	38
5	VURDERING AV FISKEPASSASJE SOM TILTAK	39
5.1	Hva er viktig ved ev bygging av fiskepassasje?	39
5.2	Er en fiskepassasje ved Helvetesfossen i tråd med overordnede retningslinjer?	40
	Faktaboks 1: Fisketrapper som bevaringstiltak for laksefisk	40
6	KONKLUSJONER	46
6.1	Overordnede konklusjoner	46
6.2	Konklusjoner på mandatets punkter	46
7	LITTERATUR	48

1 FORORD

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Tokke-Vinje vassområde i samarbeid med Tokke kommune. Rapporteringen er gjennomført av Morten Kraabøl, seksjon for naturressurser, hos Multiconsult Norge AS i samarbeid med Even Moland og Esben Moland Olsen ved Universitetet i Agder, Institutt for naturvitenskapelige fag, fakultet for teknologi og realfag. Rapporten representerer derfor et faglig samarbeid mellom Multiconsult og Universitetet i Agder. Alle forfatterne har vært involvert i tidligere forsknings- og utredningsprosjekter i Tokkeåi og Bandak.

Det rettes en takk til fotograf Kjetil Rolseth for analyse og teknisk behandling av gamle og nye fotografier fra Helvetesfossen, samt gjennomføring av droneflyvninger med videokamera.

2 Innledning

2.1 Bakgrunn

De fleste studier om vannkraftutbygging og konsekvenser for fisk har i stor grad omhandlet den atlantiske laksen. De estimerte konsekvensene av slike inngrep varierer fra relativt ubetydelig til stor negativ innvirkning (Bakken et al. 2016, Forseth & Harby 2013). I Norge er 84 (19 %) av elver med selvreproduserende villaks vurdert som betydelig preget i negativ retning som følge av vannkraftreguleringer (Johnsen et al. 2011). I 45 av disse elvene er villaksbestandene vurdert som utryddet, mens 19 bestander er utryddet som følge av vannkraftutbyggingen. Tilsvarende nasjonal oversikt finnes ikke for ørret eller andre fiskearter i regulerte vassdrag i Norge.

Vannkraftregulering kan føre til permanent eller delvis reduksjon av vanddekket areal på gyte- og oppvekstområder, samt effektkjøring med påfølgende stranding av fisk i ulike årsklasser og dødelighet under nedstrøms vandring som følge av turbinpassasje (Bakken et al. 2016, Coutant & Whitney 2000, Montèn 1985). Vannkraftutbyggingens relative skade på laksefisk-populasjoner avhenger av hvilke hensyn som tas for fiskeartenes ulike livssykluser.

Hovedformålet med revisjon av vilkår i eldre vassdragskonsesjoner er å bedre miljøtilstanden i regulerte vassdrag (NVE/Miljødirektoratet 2013). Nye vilkår kan settes for å rette opp miljøskader og ulemper som har oppstått gjennom langvarige reguleringseffekter. Slike skader og ulemper er gjerne knyttet til magasinfillinger og –tappinger, lav eller ingen vannføring i regulerte elver, endret vanntemperatur og –kvalitet knyttet til ulike kilder for vannslipp, hyppige endringer i vannstand og vannføring, vandringshindringer for opp- og nedvandrende fisk, og naturmiljøet generelt, både i og langs det berørte vassdraget (fisk, fugl, biologisk mangfold friluftsliv, landskap m.v., samt en rekke andre forhold knyttet til kulturminner, ferdsel m.v.) (NVE/Miljødirektoratet 2013).

I følge Olje- og Energidepartementets (OED) retningslinjer fra 2012 heter det at «*Ved en revisjon skal det gjøres en sammenligning av et allerede utbygd kraftanlegg sett opp mot anlegget med foreslåtte avbøtende tiltak. Det relevante sammenligningsgrunnlaget ved en revisjon er med andre ord ikke tilstanden før reguleringen*». Det er likevel sentralt å få oversikt over før-tilstanden, slik at en kan forstå potensialet for effekten av eventuelle avbøtende tiltak.

I avveiningen som myndighetene skal gjennomføre av nye eller endrede vilkår skal det gjøres en helhetlig vurdering av en rekke hensyn for å veie fordelene opp mot ulempene ved ulike tiltak. Det skal blant annet vurderes om de nye eller endrede vilkårene gir muligheter for vesentlige miljøforbedringer. Det må derfor gjøres en vurdering av det berørte områdets verdi, og de foreslåtte vilkårenes virkning på den berørte verdien. Et annet hensyn er i hvilken grad nye eller endrede vilkår vil medføre redusert krafttilgang for samfunnet sett opp mot hensynet til forsyningssikkerhet, behovet for fornybar energi, kostnaden ved tiltaket for konsesjonæren med videre (OED 2012). I revisjonsrapporten (NVE/Miljødirektoratet 2013) er det samtidig lagt til grunn i vassdrag med *svært stor* verdi med hensyn på fisk, og stort potensial for miljøforbedringer, vil man kunne måtte påberegne et større krafttap enn i vassdrag med mindre verdier.

Kunnskap er sentralt for å fatte kunnskapsbaserte forvaltningsvedtak. Det er gjennomført en evaluering av fem vilkårsrevisjoner (SusWater Policy Brief 2/2017). Evalueringen fant at beslutningsprosessene var lite transparente. Det var derfor begrensede muligheter til å vurdere kunnskapsgrunnlaget, hvilke instanser som har vært involvert og hvordan de ulike kunnskapsfeltene ble vektet i avveiningene mellom kraft- og miljøinteresser. Slik usikkerhet kan skape økt konfliktnivå lokalt. Det ble også identifisert uklarhet rundt referansetilstanden til vassdraget og bruken av miljø- og friluftslivsverdiene før den opprinnelige reguleringen (Köhler et al. (2016).

Tokkeåi i Skiensvassdraget er kategorisert av NVE som et prioritert vassdrag for vannkraftkonsesjoner som bør revideres innen 2022. Det er storørretforekomsten og bestandens gyte- og oppvekstmuligheter i Tokkeåi som er den viktigste årsaken til at Tokkeåi er så høyt prioritert (Miljødirektoratet/NVE 2013).

I 2007 åpnet Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) for revisjon av konsesjonsvilkårene for Tokke-Vinje-reguleringene. Dette omfattet bl.a. Lio kraftverk, som ble satt i drift i 1961. Det er gjennomført flere utredninger for å styrke kunnskapsnivået om bestandsstatus og reguleringens effekt for bestandsutviklingen i vassdraget. I den forbindelse har det fremkommet ulike faglige vurderinger knyttet til igangsatte tiltak for å styrke fiskepopulasjon i Tokkeåi nedenfor Helvetesfossen, og behovet for å sikre passasjemuligheter for storørret forbi Helvetesfossen. Faglige avklaringer omkring storørretens naturlige utbredelse i Tokkeåi, bestandsstatus, livsvilkår før og etter utbyggingen, samt faglige og forvaltningsmessige avklaringer vedrørende eventuell fiskepassasje forbi Helvetesfossen, synes derfor å være viktige supplement til kunnskapsgrunnlaget.

Tokke kommune har i samarbeid med Tokke-Vinje vassområde bedt om denne faglige utredningen for å få mer kunnskap om effekten av igangsatte habitattiltak for storørret, og hvorvidt det er grunnlag for å hevde at tiltakene er tilstrekkelige i lys av faglige anbefalinger og retningslinjer fra forvaltningen. De aktuelle problemstillingene for rapporten er nærmere beskrevet i prosjektets mandat.

2.2 Prosjektets mandat

Følgende mandat ble gitt av oppdragsgiver:

«Det synes å være behov for noen overordnede faglige vurderinger som omhandler storaurens bestandssituasjon pr. i dag, samt vurderinger av sentrale tiltak som har vært diskutert i prosessen. Det faglige grunnlaget for vurderingene skal være relevante publikasjoner som er produsert omkring biologiske forhold i Tokkeåi og Bandak og relevant faglitteratur og retningslinjer som gjelder for tiltakstypene som omhandles.

Prosjektets mandat er å gi kortfattede og konsise vurderinger og konklusjoner om følgende punkter:

1. Avklare hvorvidt storaurebestanden kan kategoriseres som sårbar eller truet.
2. Vurdere gjennomførte og pågående tiltak i Tokkeåi mellom Helvetesfossen og deltaområdet i Bandak. Det skal legges spesiell vekt på vurderinger knyttet til om tiltakene er tilstrekkelige til sikring av storaurebestanden, andre aurebestander, samt bekkeniøye, trepigget stingsild og akvatisk fauna.
3. Vurdere storaurens muligheter til å passere Helvetesfossen før Lio kraftverk ble bygget. Grunnlaget for vurderingene skal være tidligere publiserte kilder og kommunens sammenstilling av gamle og nye fotografier av Helvetesfossen med illustrerte høydekoter og –verdier.
4. Vurdere hvordan gyte- og oppvekstområdene oppstrøms Helvetesfossen ev. har hatt betydning for evolusjonen av storaurebestanden, og hvilken betydning en ev. gjenåpning/nyåpning av denne elvestrekningen vil ha for fremtidig bestandsutvikling hos storauren.
5. Vurdere om en eventuell fiskepassasje for storaure i Helvetesfossen kommer i konflikt med de gjeldende «Retningslinjer for å gje løyve til bygging av fiskepassasjar og fisketrapper» (Direktoratet for Naturforvaltning, datert 4. oktober 2007).
6. Gi en omtale at overordnede føringer til miljøbasert minstevannføring i Tokkeåi oppstrøms Helvetesfossen, og hvilke vannkilder som er best egnet for en slik minstevannføring (bekkeinntakene vs. regulert magasin Vinjevatn). I denne vurderingen skal det også relateres til bekkeløftens/juvets øvrige naturfaglige verdier som har relevans for ev. slipp av minstevannføring, spesielt rødlistede arter i Tokkeåi naturreservat.»

Leveransen skal være en kvalitetssikret fagrapport fra Multiconsult AS og Universitetet i Agder. Det er et ønske at rapporten skal være kortfattet og konsis, og det anmodes om at det vises til de tidligere publiserte rapporter når det gjelder kart, bilder og andre grafiske illustrasjoner. Leveringsfrist for ferdig rapport er 1. desember 2018.»

I etterkant har oppdragsgiver bedt om en overordnet vurdering av negative økologiske konsekvenser i Tokkeåi, dersom Lio kraftverk effektkjøres. Dette for å gi grunnlag for hva som bør undersøkes nærmere dersom dette blir aktuelt. I vår besvarelse av dette tillegget i mandatet har vi begrenset oss til å gi vurderinger av effekter på storørreten og dens viktigste byttedyr i elvesystemet.

2.3 Arbeidsmetode og faglig grunnlag for rapporten

Denne rapporten er utarbeidet på grunnlag av tidligere publiserte fagrapporter fra Tokkeåi og Bandak, søk i nasjonale avisarkiv etter omtale av ørretfisket i Tokkeåi før reguleringen, samt nye oppmålinger og sammenligninger av fastmerker i fjell fra gamle og nye bilder. Det foreligger fotografier av Helvetesfossen fra 1899, flere fra 1960-årene og nye fotografier fra 2018. Fotograf Kjetil Rolseth har gjennomført identifisering og måling av høyder på flere titalls fastmerker i fjellveggen inntil fossen og Helveteshylen. Dette utgjør et dokumentasjonsgrunnlag som til dels er uavhengig av oppmålingsdata. Det er gjort vurderinger på grunnlag av både fastmerker i fjell og oppmålte verdier knyttet til Helvetesfossens høyde og lengde. Bildene stammer fra Statens og Forsvarets kartverk, samt bilder og videoer fra droneflyvninger over Tokkeåi.

Det ble i tillegg gjennomført ti turer i felt for å sjekke gyteaktivitet i perioden 7. – 23. oktober høsten 2018 (K. Brattestå, pers.medd.). Første observasjon av storørret var den 15. oktober (svømte over gyteplass). Deretter ble det observert tilsvarende ved Geishyl den 19. oktober. Første oppstilling av gytefisk på gyteplass ble observert den 22. oktober, og første graveaktivitet den 24. oktober.

Dronefilming av Tokkeåi mellom deltaet og Helvetesfossen ble gjennomført den 24. oktober, 28. oktober og 3. november, og dekket således hele gyteperioden for storørret. Videoopptakene ble gjort i 4K-oppløsning og med polariserende filter som fjerner reflekser fra vannoverflata. Registreringer med videokamera og polariserende filter anses som den beste metodikken til denne type overvåkning. Opptakene muliggjør telling av gytefisk på hver overflyvning.

Dronefilming ble også benyttet til å dokumentere elvestrekningens morfologi fra Helvetesfossen og opp til øverste vandringshindrende fossefall ved Ravnejuv.

2.4 Elvestrekningen Tokkeåi og utløpet Bandak

Tokkeåi og Bandak tilhører Tokke-Vinje-grenen (ca. 80 km langt vassdragsavsnitt) og har sitt utspring fra de vestlige deler av Hardangervidda. Nedbørfeltet er 2800 km² og høyeste punkt i feltet er Sundfloeggi, 1719 m o.h. Den midlere felthøyden er 1030 m o.h., mens Bandak ligger på 72 m o.h. Vassdraget karakteriseres som gjennomregulert med til sammen sju kraftverk som eies av Statkraft, 17 reguleringsmagasin og 24 elver med redusert vannføring. Reguleringene har medført en reduksjon og utjevning av vannføringen i Tokkeåi, med påfølgende endringer i fysiske miljøfaktorer som vanntemperatur og sedimentasjonsprosesser. Før reguleringene var vårflommene de dominerende flommene.

Den samlede reguleringsgraden er 63 % (Trae 2002). Avrenningen til vassdraget varierer betydelig over feltet, og oppgis til om lag 80 l/s x km² i de vestlige deler, og rundt 18 l/s x km² ved Dalen (se nærmere beskrivelser av vannføringsforhold i Pettersson 2000). Kun en av de regulerte elvene har formaliserte krav til minstevannføring, men Statkraft har innført selvpålagte restriksjoner på utvalgte strekninger.

Tokkeås elveløp fra Vinjevatn og ned til Helveteshylen går i ei dyp og trang kløft med et stort mangfold av arter og naturtyper. Bekkekløften mellom Åmot og Dalen karakteriseres av naturtyper som er fukt-krevende. Redusert vannføring og hogst er vurdert som hovedtrusler mot naturmangfoldet (Brandrud &

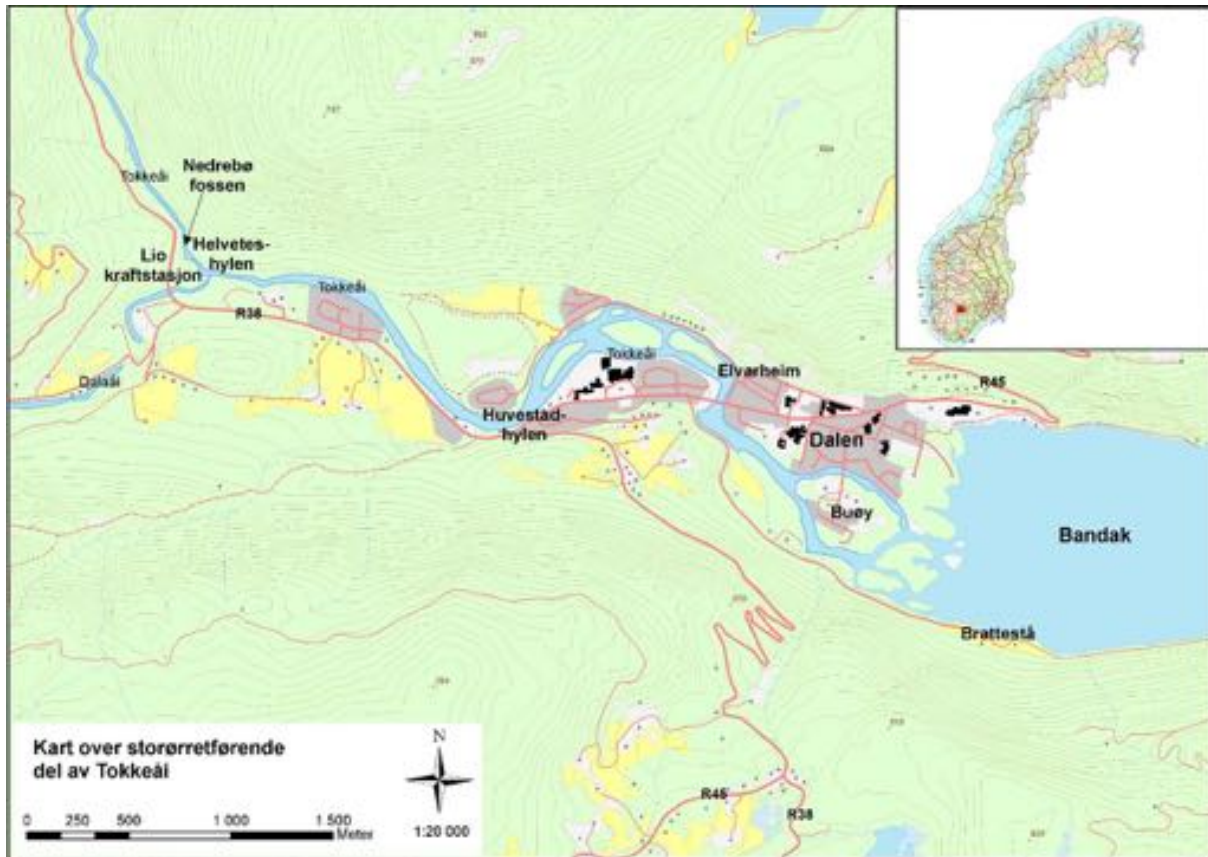
Reiso 2009). I nedre deler tilføres Tokkeåi en regulert restvannføring fra Rukkeåi og Dalaåi fra vest. Vannføringsmessig kan den uregulerte Tokkeåi ved Helvetesfossen sammenlignes med f.eks. Driva, Gaula og Orkla. I dag foreligger det ingen bestemmelser om minstevannføring på denne elvestrekningen, og vannføringen er overført til kraftverkene Lio og Tokke. Ringvirkningene på flora- og akvatisk fauna i og rundt Tokkeåi er i liten grad undersøkt. Storparten av dette bekkekløft systemet (Tokkeåi naturreservat) er nå omfattet av et skogvern med unntak av den tørrlagte elvestrengen og sideløp. Til sammen 55 km av Tokkeåi har ingen bestemmelser om minstevannføring etter reguleringsinngrepene.

De nedre 4,8 km av Tokkeåi, mellom Helveteshylen ved utløpstunnelen fra Lio kraftverk og Bandak, fungerer pr i dag som gyte- og oppvekstområde for storørret fra Bandak. Denne elvestrekningen har et areal på drøyt 330 000 m² og faller med 23 høydemeter fra Helveteshylen til Bandak (fallgradient 1:209). Før reguleringsinngrepene var det to store høler i elva, Tønsberghylen og Elvarheimshylen, som til sammen utgjorde 40-50 000 m². Resten av elvestrekningen var preget av strømmer og stryk av varierende karakter. Vannføringen i Tokkeåi nedstrøms utløpet av Lio kraftverk er dominert av driftsvannføringen, som preges av varierende vannføring og årlige driftsutfall. Den midlere uregulerte vannføringen gjennom året ved utløp i Bandak er målt til 88,9 m³/s. Til sammenligning er middelvannføringene i Driva, Orkla og Gaula hhv. 66, 67 og 97 m³/s. Dagens midlere vannføring som følge av reguleringsinngrepene er redusert til 20,4 m³/s (Tabell 1). Den regulerte vannføring nedstrøms kraftverksutløpet fra Lio utgjør mellom 9,7 % (juni) og 86,1 % (februar) av den uregulerte vannføringen. Reguleringsinngrepene har medført en betydelig reduksjon av vannføringen i perioden mai til desember, i tillegg til at flomtoppene er utjevnet. Ovenfor Helvetesfossen foreligger det ingen bestemmelser om minstevannføringer. Det forekommer imidlertid fortsatt flommer i forbindelse med snøsmelting om våren og nedbør utover høsten (Pettersson 2000).

En oversikt over fem storflommer i Tokkeåi før reguleringsinngrepene i nedbørfeltet viser maksimums-vannføringer mellom 578 og 1136 m³/s, mens de fem største flommene i perioden fra reguleringsinngrepene ble gjennomført og fram til 1999 varierte mellom 286 og 309 m³/s (Pettersson 2000).

Tabell 1. Oversikt over måneds- og årsmiddelvannføringer i Tokkeåi ved Elvarheim målestasjon før og etter kraftregulering (kilde: Pettersson 2000).

Måned	Uregulert vannføring (m ³ /s) (periode: 1919-1957)	Regulert vannføring (m ³ /s) (periode: 1968-1998)
Januar	20,7	13,7
Februar	16,6	14,3
Mars	14,9	9,8
April	29,5	13,0
Mai	180,7	32,5
Juni	262,8	25,4
Juli	164,5	27,7
August	103,4	25,4
September	99,9	24,9
Oktober	89,0	26,9
November	49,4	16,9
Desember	31,3	14,9
Årsmiddel:	88,9	20,4



Figur 1. Kart over Tokkeåi fra samløpet mellom utløpstunellen Lio kraftstasjon i Helveteshylen og ned til deltaområdet i Bandak (fra Kraabøl et al. 2015).

3 STORØRRETTENS VERDI, BESTANDSSITUASJON OG EFFEKTER AV VASSDRAGSREGULERING

I dette kapittelet beskrives storaurens verdi, bestandssituasjon og utbredelse i Tokkeåi, viktige eksisterende og potensielle leveområder. Videre belyses hvordan byggingen av Lio kraftverk spesielt og reguleringen av vassdraget generelt har påvirket og påvirker storørreten.

3.1 Storørretens verdi i Tokkeåi

I arbeidet med revisjonsrapport (NVE/Miljødirektoratet; Rapport nr. 49/2013: Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022 - Nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering) ble det utviklet en metodikk for å fastsette verdien av et vassdrag, og det ble benyttet støttekriterier for verdisetting av fisk og fiske. Her ble det bla skilt på spesielt viktige storørretbestander, og andre storørretbestander eller vassdrag med stor andel storvokst ørret (Vedlegg 4 i samme rapport). De spesielt verdifulle storørretbestandene ble sidestilt med både laks i nasjonale vassdrag, og med andre spesielt viktige anadrome bestander i øvrige vassdrag.

Det finnes distinkte bestander av ørret i Tokkeåi, og disse er definert som ulike forvaltningsenheter (Kraabøl et al. 2015). Alle disse enhetene har i prinsippet lik bevaringsverdi. Storørret på gytevandring i elva er pr i dag totalfredet, mens det foregår et relativt omfattende og attraktivt sportsfiske på den mer småvokste samlebestanden i deltaområdet.

Ørretbestandene er således potensielt verdifulle for sportsfiske. Storørretbestanden i Tokkeåi er karakterisert som en av de få klassiske storørretbestandene i Norge (Kraabøl 2010, Kraabøl et al. 2015, Museth et al. 2018).

Storørreten i Tokkeåi har blitt vurdert som en spesielt viktig storørretbestand og verdien ble satt til *svært stor* (SS) i revisjonsrapporten (NVE Rapport 49/2013). I rapporten er revisjonsobjektet Tokkeåi (Tokke-Vinjereguleringen) vurdert som kategori 1.1., som er den høyeste kategorien, beskrevet som «vassdrag med stort potensial for forbedring av viktige miljøverdier». Miljødirektoratet har pr. epost til Morten Kraabøl den 27. mars 2014 bekreftet storørreten i Tokkeåi skal vurderes og hensyntas på samme måte som en laksebestand i et nasjonalt vassdrag.

3.2 Bestandssituasjonen for storørret i Bandak og Tokkeåi

Problemstillingene som er reist omkring storørretens bestandssituasjon i Tokkeåi/Bandak har klare likhetstrekk med laks og sjøørret i regulerte vassdrag. Bestandssituasjonen har hatt en negativ utvikling over tid, både som følge av reguleringsinngrep og beskatning i innsjø (parallell til fjord og hav). Bestandssituasjonen ble i NINA rapport 1050 (Kraabøl et al. 2015) vurdert som «sårbar», mens Fylkesmannens miljøvern avdeling i ettertid har omtalt bestandene i Telemark som «kritisk truet». Begge disse vurderingene viser at behovet for spesifikke og virkningsfulle forsterkningstiltak er til stede.

I prosessen med å utforme kunnskapsgrunnlaget for storørreten i Tokkeåi, ble det fra regulatens side presisert at de ferskvannsbiologiske undersøkelsene skulle bidra til en levedyktig bestand av storørret (Kraabøl et al. 2015; side 22). Konsortiet som gjennomførte undersøkelsene presiserte hva som legges til grunn for begrepet «levedyktig bestand av storørret»: «*For langsiktig levedyktighet hos dyrepopulasjoner er det en tommelfingerregel at Ne bør være minst 500 individer for å unngå tap av genetisk variasjon. Denne tilnærmingen er lagt til grunn i disse undersøkelsene.*».

I følge det eksisterende kunnskapsgrunnlaget som foreligger for storørret i Tokkeåi er storørretbestanden vesentlig lavere enn det som anses som en minimum for langsiktig overlevelse. Resultater fra genetiske undersøkelser (Kraabøl et al. 2015) viser at ørretbestandene i Tokkeåi og Bandak viser en tredelt genetisk struktur, og at Tokkeåi er det viktigste rekrutteringsområdet for storørreten. I de samme undersøkelsene

ble den effektive populasjonsstørrelsen hos storørretbestanden beregnet til 54-114 individer (Kraabøl et al. 2015; side 90), noe som er vesentlig lavere enn kravet for langsiktig levedyktighet. Vurdering av gytebestand for storørret i Tokkeåi.

Telling av gytegroper er en viktig parameter for å vurdere bestandsstørrelsen av hunnfisk, samt hvordan bestandssituasjonen utvikler seg over tid. Tranmæl og Midttun (2005) fant ca.100 storørretgroper i 2005, mens det ble funnet hhv 38, 50 og 54 gytegroper i 2011, 2012 og 2013 (Kraabøl et al. 2015). Disse tellingene ble gjennomført fra elvedeltaet og opp til Helvetesfossen. Gytebestanden 2011, 2012 og 2013 kan derfor estimeres til hhv. 74, 100 og 108 individer (gitt at kjønnsfordelingen er 50:50). De genetiske undersøkelsene konkluderte med en tilsvarende effektiv gytebestand (Ne) (54-114 stk) (Kraabøl et al. 2015).

Antall storørretgroper var vesentlig høyere i de øvre deler av Tokkeåi i 2011 sammenlignet med 2012 og 2013 (Kraabøl et al. 2015). Vannføringen i Tokkeåi var vesentlig høyere og preget av større variasjoner i 2011 sammenlignet med 2012 og 2013. Dette ble tolket som en indikasjon på at fordelingen av gytefisk ble redusert ved lave vannføringer i oppgangstiden. Årsaken til dette ble antatt å være oppvandringsbegrensninger som følge av tversgående steinterskler i nedre del av elva. Fordeling av gytegroper viser at storørret gyter i Tokkeåi på hele strekningen fra samløp med Dalaåi og ned til Bandak. Det ble imidlertid funnet indikasjoner på at høy og varierende vannføring i Tokkeåi ga en høyere andel av store gytegroper i øvre deler av elva. Genetiske analyser av ungfisk viste også at forekomsten av storørretunger var relativt sett høyere i øvre deler sammenlignet med nedre deler (Kraabøl et al. 2015).

Høsten 2017 ble større gytegroper telt og gytefelt avgrenset ved observasjon fra land/vading og ved dykking. Det var gjennomgående vanskelig å identifisere gytegroper over store elveareal sikkert grunnet omfattende gravearbeider i 2016, tilføring av gytesubstrat i 2017, påfølgende høye vannføringer i 2017 og en større flom (350 m³/s) i gyteperioden. Gytegroper/-områder skiller seg derfor ikke, eller i svært liten grad, ut som lysere felt med mer porøst substrat. Som følge av nylig masseforflytning og redusert begroing på elvebunnen, framtrer også naturlige elvearealer som lysere partier. Observasjon fra land på ikke-dykkede strekninger fant 24 større gytegroper (se nærmere presiseringer i Heggnes, Karlsson og Brattestå 2017).

Droneflyvninger høsten 2018 dekket hele gyteperioden for storørret.¹ Til sammen ble det dokumentert 12 gyteaktive hunnfisk >2 kg, samt ca. 20 hannfisk >2 kg. Dette er det laveste antall gytefisk som er registrert i Tokkeåi. Dette resultatet underbygger kategoriseringen av storørretbestanden som kritisk truet av utrydning.

De gjennomførte gytefisktellingerne i Tokkeåi i perioden 2004-2018 indikerer en vesentlig nedgang i gytebestanden. Årsakene til denne nedgangen har stor grad av kompleksitet, og det er ikke enkelt å vurdere alle påvirkningsfaktorene opp mot hverandre. Fredningen av storørret i Tokkeåi tilsier imidlertid at årsakene er koblet til kraftverksdrift (gjentatte driftsutfall, endret temperaturregime, reduksjon av viktige byttedyr m.m.) og tidligere tiltak (steinterskler på tvers av elveleiet) som gradvis har forringet habitatkvaliteten for ørret i Tokkeåi nedenfor Helvetesfossen (Kraabøl et al. 2015). Effekten av nylig gjennomførte forbedringstiltak har foreløpig ikke medført positiv respons på gytebestandens størrelse. Dette kan skyldes at responstiden fra tiltak til økt gytebestand er lang (se Kraabøl et al. 2015).

3.2.1 Vurdering av ungfisktetthet

En annen indikator for vurdere ørretens bestandssituasjon er ungfisktetthet. Gjennomførte undersøkelser viser relativt lave tall for ungfisktetthet i vassdraget. Tetthetene av ørretunger på faste elfiskestasjoner i

¹Statkraft og miljømyndighetene bestemte at det ikke skulle gjennomføres telling av gytefisk eller gytegroper ved dykking på grunn av flere tiltak i elvebunnen i 2018.

2018 var blant de laveste som er beregnet siden 2011. Dette gjaldt både årsunger (0+) og ørret eldre enn årsunger (Saltveit et al. 2018). Årsakene til dette ble ikke fullt ut forklart i denne rapporten. Virkningene av utlegging av løsmasser var vanskelig å vurdere som følge av at de ble gjort like i forkant av elfisket. Det vurderes at redusert gytebestand av storørret kan være en av årsakene til de lave tetthetene av ørretunger. Videre påpekes det at ungfisktetthet i seg selv ikke er et godt mål på bestandssituasjonen for storørretbestanden.

Sluttrapporten fra de ferskvannsbiologiske undersøkelsene, som ble gjennomført i perioden 2010-2013 (Kraabøl et al. 2015), viste en gjennomsnittlig tetthet av årsunger (0+) av ørret i Tokkeåi fra 24,6-32,4 fisk/100 m², og 10,0-14,1 fisk/100 m² for rekrutter eldre enn årsunger. Både årsunger og eldre rekrutter ble funnet i hele Tokkeåis lengderetning fra nær samløp med Dalaåi og ned til Bandak. Ungfisken representerer trolig en blandet bestand av storørret og «vanlig» ørret, og gir derfor ikke et spesifikt bilde av ungfisktetthet av storørret. En sammenligning av tetthet og vekst hos ørretunger i andre vassdrag tilsier at begge disse måleparameterene ga lave verdier. Årsakene til den lave veksten ble i sluttrapporten tilskrevet temperaturendringene (høyere temperatur om vinteren og lavere om sommeren) som følge av at driftsvannet til Lio kraftstasjon tas inn fra dykkede inntak i Byrtevatn.

Årsakene til den lave ungfisktettheten ble videre diskutert i sluttrapporten, men omfanget og effektene av raske nedtrappinger og kraftverksutfall ble ikke estimert (Kraabøl et al. 2015). Det kan imidlertid være grunn til å tro at de gjentatte vannføringsendringene og enkelte utfall i Lio kraftverk er en medvirkende årsak, og at effektene virker sterkest på storørret fordi vannstandssenkningen i slike tilfeller er raskest i de øvre deler av elva. Fra lokalt hold er det observert død ungfisk av ørret ved flere anledninger etter raske reduksjoner i driftsvannføring (se dokumentasjon i Kraabøl et al. 2015). Det bør derfor undersøkes nærmere om de selvpålagte restriksjonene som regulanten påla seg selv etter forsøkene som ble gjennomført den 10. juli 2003 (referert som «Vurdering av stoppforløp i stasjoner med utløp elv-pp022»); Statkraft internt notat) sikrer god nok overlevelse av ungfisk ved gyteområdene til storørret.

3.2.2 Oppsummering

Gjennomgangen viser at den effektive populasjonsstørrelsen hos storørretbestanden i Tokkeåi må økes betydelig for å sikre langsiktig levedyktighet og potensialet for høsting. Estimert antall gytende storvokste hunner av storørret i Tokkeåi har sunket fra om lag 100 individer og ned til 12 individer gjennom hele overvåkningsperioden (2005-2018). Ungfisktettheten viste en økende tendens fra 2011 til 2017, men avtok igjen i 2018. Dette indikerer at storørretbestanden avtar, men ikke nødvendigvis de andre delpopulasjonene av ørret i Tokkeåi. En videreføring av ungfisk- og gytetellinger anbefales for å følge den videre utviklingen. I kapittel 4 følger en analyse av hvorvidt de gjennomførte tiltakene i nedre deler har potensial til å oppfylle kravene til langsiktig levedyktighet og høstbart overskudd hos storørret.

3.3 Vassdragsregulerings effekt på storørret i Norge

Vassdragsreguleringer generelt kan utgjøre en trussel for mange fiskebestander i Norge. Inngrepene medfører gjerne redusert økologisk kvalitet på elvehabitatet som er direkte berørt av reguleringen (Forseth & Harby 2013, Bakken, Forseth & Harby 2016, Baras et al. 2001). Gyte- og oppvekstområdene, samt vandringsmulighetene mellom habitatene i regulerte vassdrag med laksefisk, kan videre bli ødelagte eller gjort utilgjengelige i regulerte vassdrag (Gunnerød & Mellqvist 1979).

Det er publisert to statusrapporter for storørret i Norge. Den første kom i 1996 (Derivo et al. 1996). Den betegnet datidens vassdragsreguleringer som en alvorlig trusselfaktor for storørretbestandene i norske vassdrag. Utvalget beskrev at flere av bestandene som gyter i inn- og utløpselver til innsjøer har gått sterkt tilbake. I alt 52 av 168 registrerte gyte- og oppvekstlokaliteter for storørret ble rapportert som negativt berørt. 23 av 30 innsjøer som tjener som næringslokalitet var negativt påvirket av reguleringsinngrep.

En nyere gjennomgang av status for storørret i Norge fant at vassdragsreguleringer vurderes å være en sentral negativ påvirkningsfaktor i 69 % av de undersøkte lokalitetene (Museth et al. 2018). Statusrapporten konkluderte bl.a. med følgende;

«Siden bestandssituasjonen for flere storørretlokaliteter er uavklart, og en stor andel av bestandene antas å ha hatt en negativ bestandsutvikling siden gjennomgangen i 1996 (Dervo mfl. 1996), bør man prioritere tiltak for å styrke og bevare storørretbestander. Som nevnt innledningsvis bør man fokusere på følgende»:

- *Sikre miljøbasert vannføring i regulerte elver som i størst mulig grad er tilpasset storørretens ulike krav gjennom livet.*
- *Gjennomføre habitatforbedrende tiltak i gyteelver som er negativt påvirket av vassdragsregulering, masseuttak, flomforbygninger og/eller andre fysiske inngrep.*
- *Bedre funksjonaliteten til eksisterende vandringsløsninger og gjennomføre avbøtende tiltak ved små (f.eks. kulverter) og store (f.eks. kraftverksdammer og -utløp) menneskeskapte vandringshindre.*
- *Ved planlegging av ovennevnte tiltak vurdere behov for målrettede tiltak for å bevare og styrke viktige byttfiskarter for storørret.*
- *Sørge for en bærekraftig regulering av fiske.»*

3.4 Trusler for storørretbestanden i Bandak og Tokkeåi

Vassdragsregulering har også vært regnet som en viktig trussel for bestander av storørret i Telemark og Tokke-Vinje vassdraget. Dervo et al. (1996) omtalte storørretforekomstene i Telemark på følgende måte (s. 23): *«I Telemark er det registrert 4 innsjøer med minst 13 gyte- og oppvekstlokaliteter for storørret. I tillegg er det 4 innsjøer med usikker storørretstatus. Alle innsjøene er til dels sterkt påvirket av vassdragsreguleringer (Heggenes & Dokk 1995). Reguleringene har trolig ført til at alle stammene med unntak av én, er truet av utryddelse. Kunnskapen om storørretstammene i Telemark er imidlertid mangelfull».*

Regulering i Tokkeåi har, ifølge Kraabøl et al. (2015), også ført til habitatforringelser og fragmentering av leveområder for andre fiskearter. Dette er dokumentert for ørret, tre-pigget stingsild, bekkeniøye og bunndyr. Det kommer blant annet som følge av fysiske endringer knyttet til vannføring, endringer i vanntemperatur og steinterskler (Kraabøl et al. 2015). I tillegg er det sannsynlig at gyte- og oppvekstområdene oppstrøms Helvetesfossen gikk tapt etter at Lio kraftverk ble ferdigstilt.

Det er flere andre faktorer enn vassdragsregulering som utgjør trusler mot sårbare og truede storørretbestander. Overbeskatning regnes som en viktig trusselfaktor (Museth et al. 2018), men denne trusselen er avviklet i Tokkeåi i 2009 gjennom fredning (Kraabøl et al. 2015).

Introduksjon av fremmede arter er også en alvorlig trussel, noe som er spesielt aktuelt for storørretbestanden og andre fiskebestander i Bandak og Tokkeåi. Etter at gjedda ble introdusert i nedre deler av Skiensvassdraget, har den nå spredt seg oppover til de øvre sluseanleggene for båttrafikk i Telemarkskanalen. Pr i dag er det installert en elektrisk fiskesperre ved Kjeldal sluse for å hindre at gjedde får tilgang til Bandak. Gjedda er en introdusert art i Skiensvassdraget og utgjør en direkte trussel mot storørretbestanden, øvrige fiskebestander og elvemusling (Fylkesmannen i Telemark 2016).

Samlet sett er derfor to av tre trusselfaktorer underlagt aktive forvaltningstiltak (fredning av storørret og videre spredning av gjedde), mens tiltak for å redusere habitatforringelser i Tokkeåi nedstrøms Helvetesfossen er under arbeid (Pulg et al. 2018). Dette blir nærmere beskrevet nedenfor.

3.5 Storørretens utbredelse i Tokkeåi i dag og før bygging av Lio kraftverk

De øverste vandringshindringer for laks og ørret kan ofte være vanskelig å bestemme. Det er flere årsaker til dette, og her gis en kortfattet og generell redegjørelse. For det første er det som oftest bare et fåtall fisk som passerer de øverste «vanskelige» fosser og stryk i gyteelvene. Elvegradienten er gjerne høy, og vellykket passering kan dermed være bestemt av vannføring og vanntemperatur i den perioden fisken ankommer. Kombinasjonen av sen oppvandring, gyteklar fisk, høy vannføring og lav vanntemperatur kan virke sterkt begrensende på videre oppvandring. Enkelte år kan det derfor hende at fossene er vandringshindringer, mens de i andre år kan slippe forbi fisk. For det andre er mengden av fisk naturlig avtakende oppover i vassdragene. Dette skyldes at fisk finner sine gyteplasser på vei oppstrøms, og at den siste andelen som er hjemmehørende i øvre deler er alltid vesentlig lavere enn andelen fisk som passerer de nederste deler av vassdraget. Dette medfører at interessen for fiskerier er lavest ovenfor slike delvis vandringshindringer. For det tredje er det ikke uvanlig at man er usikker på hvilke fosser eller stryk som utgjør det øverste og endelige vandringshinderet i elver. Særlig vanskelig er dette når det gjelder innlandsørret og sjøørret, ettersom det i de fleste tilfeller finnes stasjonær elve- og/eller bekkørret oppstrøms vandringshinderet.

Dagens utbredelsesområde for storørret fra Bandak er i all hovedsak begrenset til Tokkeåi nedstrøms Helvetesfossen og i Dalaåi (Kraabøl et al. 2015). I Dalaåi er det tidligere angitt at storørret fantes i Dalaåi opp til den nederste fossehølen under fylkesveg 38. I følge nyere undersøkelser er det observert storørret på flere kilo i øvre del av denne fossen (Kraabøl & Gregersen 2017). I tillegg er det rapportert om fangst av ørret på 60-70 cm i Dalaåi ovenfor denne fossen. Samlet sett tyder dette på at den omtalte fossen i Dalaåi er et delvis vandringshinder for storørret, og at det vurderes som sannsynlig at noen individer kommer seg forbi, og at de dermed anvender gyteområdene som er registrert videre innover i dette vassdraget.

Hvorvidt storørret fra Bandak kunne passere Helvetesfossen før reguleringen har vært et omstridt tema. I forbindelse med ekspropriasjonsskjønnet for Tokkereguleringene ble det gjennomført en utredning om ørretfisket i Tokkeåi (Sømme 1959). En tolkning av denne utredningen er gjort av NINA på oppdrag fra Statkraft (Museth 2018). Her fremgår det at: «*Beskrivelse av fiske og fiskesamfunnet i Tokkeåi oppstrøms Helveteshylen basert på lokalkunnskap før inngrepene tyder på at det ikke var regulære vandringer av storørret på denne strekningen (Sømme 1959), men det er grunn til å anta området nedstrøms utløpet av Lio kraftverk og Helveteshylen var et svært viktig gyteområde som har blitt negativt påvirket*». Videre at «*opplysningene fra Sømme (1959) beskriver imidlertid et regulært fiske oppstrøms Helveteshylen uten fangst av storørret, og det er grunn til å tro at hvis det hadde vært regulære vandringer av storørret på denne strekningen hadde det vært et fiske etter disse*».

En nærmere vurdering av utredningen til Sømme (1959) viser et noe mer nyansert bilde. I sin utredning omtaler Sømme ørretfisket i Tokkeåi ned til Sandane ved Ravnejuv. Elvestrekningen fra Sandane og ned til Helvetesfossen er ikke omtalt i utredningen, og utredningen kan derfor ikke benyttes som dokumentasjon på at Helvetesfossen var et oppvandringshinder før reguleringen. Det er nettopp denne 8,2 km lange strekningen, mellom Sandane og Helvetesfossen, som er vurdert som aktuelt gyte- og oppvekstområde for storørret fra Bandak, og ikke de ovenforliggende elvestrekningene som Sømme beskriver. Denne avgrensningen er avklart gjennom undersøkelser utført av både Multiconsult (Kraabøl & Gregersen 2017), UNI Miljø (Pulg et al. 2018) og dronefilming i 2017 (utført av fotograf K. Rolseth).

Årsaken til at strekningen fra Sandane til Helvetesfossen ikke ble omtalt av Sømme (1959) er trolig dens utilgjengelighet for fiske i tiden frem til reguleringen. Den uregulerte Tokkeåi utgjorde et faremoment for stangfiskere ved at elvekantene var vanskelig tilgjengelige og bestod av blokkstein og rasområder som var våte av fosserøyk og begroing. Elva var stedvis stri og farlig, og ras fra fjellsidene utgjorde en reell fare. Storørret på gytevandring ville dessuten oppholde seg i denne elvestrekningen om høsten og i perioder med relativt stor vannføring. Kombinasjonen av faremomenter, årstid og vanskelig tilgjengelighet medførte at denne strekningen ikke ble benyttet til fiske.

I den grad det likevel foregikk et stangfiske på denne strekningen, så er det lite trolig at det foregikk på den tiden storørreten eventuelt hadde passert Helvetesfossen. Oppgangen av gytefisk fra Bandak skjer tidligst fra slutten av juli og øker i omfang utover i september og oktober. Helvetesfossen representerte sannsynligvis et vannføringsbetinget oppgangshinder, og ørretenes ankomst til gyteplasser oppstrøms fossen skjedde derfor antakeligvis i september og oktober. På denne tiden av året var det ikke skolefri og stangfiskesesongen var ansett som «over». Kombinasjonen av kortere perioder med dagslys etter skole- og arbeidstid, rasfare som følge av frostnetter og glatte steiner etter sommerens algebegroinger tilsier sammen med strekningens beliggenhet, at det ikke ble utøvd stangfiske i den aktuelle perioden hvor storørreten eventuelt oppholdt seg oppstrøms Helvetesfossen. Det er heller ikke kjent fra lokalt hold at det ble fisket på denne elvestrekningen i tiden frem til reguleringen (grunneier Jan Olav Kollberg, pers.med).

Et eventuelt stangfiske på denne elvestrekningen ville foregått med enkel redskap som er tilpasset elvelevende småørret. Sømme (1959) beskriver at det ble fisket med mark og flue etter småørret i Tokkeåi ovenfor Sandane, og det er grunn til å tro at den samme redskapen ville ha blitt/ble anvendt under et eventuelt begrenset fiske nedstrøms Sandane. Dette er vanligvis ikke redskap som fungerer effektivt på storørret.

Telemetristudiene som ble gjennomført i perioden juni 2014 – desember 2017 viste at oppvandringen i all hovedsak forekom på fallende vannføringer etter en flomtopp (Heggenes et al. 2018). Det er derfor grunnlag for å anta at en flomtopp gir et signal til fisk som står klar og er motivert for å gå på elv, noe som er kjent fra andre undersøkelser (e.g. Banks 1969; Jonsson 1991; Lundqvist et al. 2008). Rapporten konkluderte med at: «...som en konsekvens av dette vil det i år uten en eller flere naturlige flomtopper i restvannføringen, være nyttig å slippe en «lokkeflom» i Tokkeåi for å etterligne dette signalet. Lokkeflommen bør være av et volum og en varighet som faktisk lokker fisken på elv, og tar den opp til gyteområdene. Observasjonene her i perioden 2015-2017 indikerer at en tredobling vannføringen fra 15-20 m^3s^{-1} til nærmere 50 m^3s^{-1} synes å ha fungert for oppvandring» (s. 94-95).

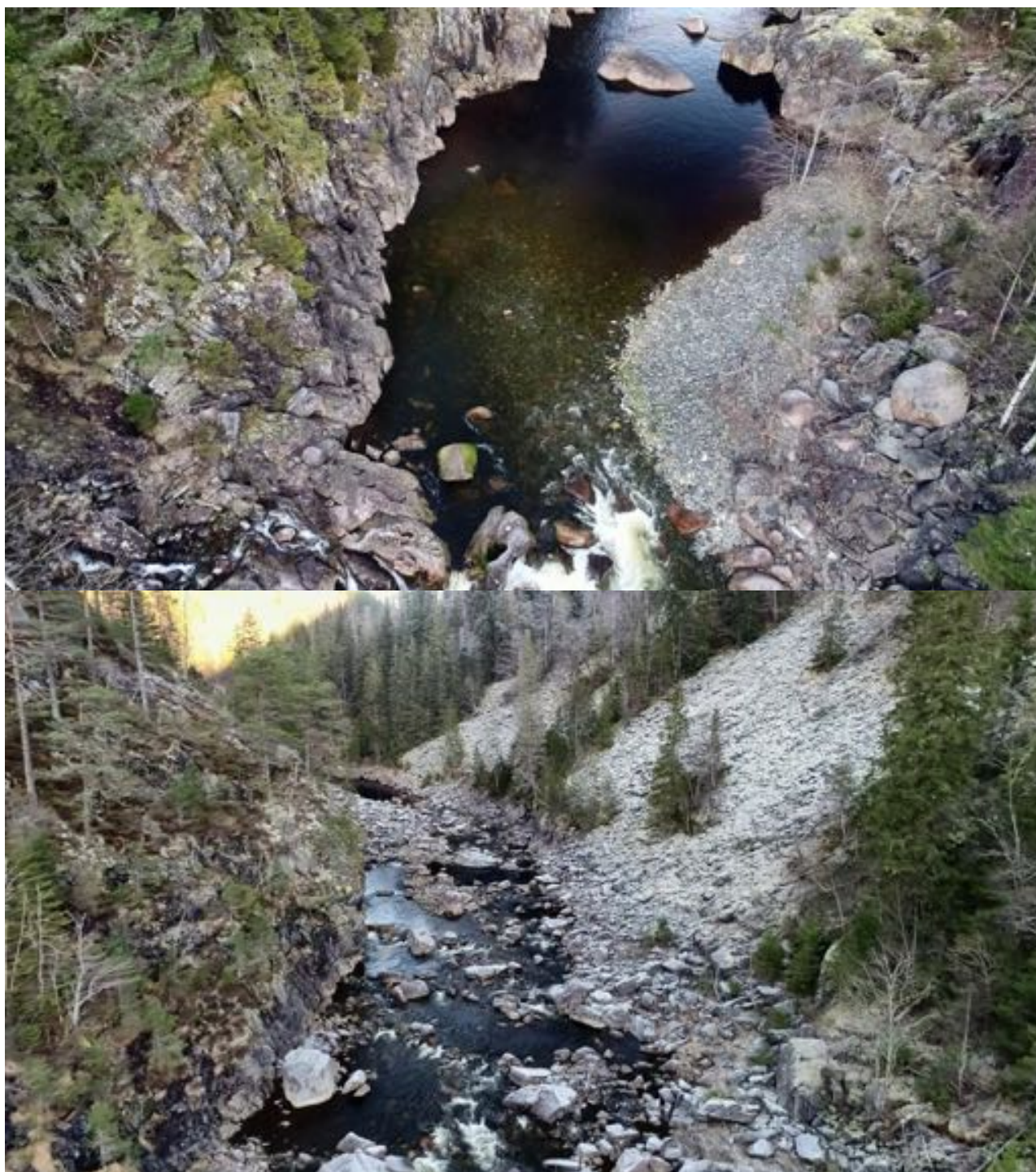
3.5.1 Helvetesfossen som vandringshinder før og etter bygging av Lio kraftverk

Helvetesfossen er pr i dag ansett som et tilnærmet fullstendig vandringshinder, selv om det trolig kan forekomme situasjoner under høy vannføring hvor enkelte storørreter kan finne en mulig oppvandringsvei i fossekomplekset. Passasjemulighetene som kan oppstå i spesielle situasjoner vurderes som lite relevante for storørretens reproduksjon og bestandsstørrelse (Pulg et al. 2018). Enkelte tilfeller av forbipassering er blant annet indikert gjennom en telemetristudie gjennomført i perioden 2014-2017, der flere store ørreter (vekt over 1 kg) ble utstyrt med akustiske sendere og hvor disse fiskenes bevegelser i innsjø og elv ble registrert ved hjelp av et nettverk av hydrofoner. Disse undersøkelsene viste at de største fiskene i utvalget vandret lengst opp i elven, helt opp til Helvetesfossen. Større fisk stod også lengre på elv i forbindelse med gytevandringen. En større ørret (59 cm, 2.4 kg) viste et gjentakende vandringsmønster hver høst i 2015, 2016 og 2017 preget av lengre opphold i øvre del av elven nær vandringshinderet (Helvetesfossen) (Heggenes et al. 2018). Det er sannsynlig at dette individet forserte vandringshinderet i en episode med særlig stor vannføring i 2015. Det er likevel rimelig å karakterisere dagens fossefall som et betydelig vandringshinder for oppvandrende storørret fra Bandak. Samtidig kan det ikke utelukkes at det samme individet forserte Helvetesfossen, og oppholdt seg på elven over denne i en kortere eller lengre periode, i samtlige av de tre årene. Dette viser at motivasjonen for å vandre høyt opp i elven er tilstede, og at det ikke kan utelukkes at noen individer har egenskapene som skal til for å forsere dette sterkt modifiserte hinderet.

Gyte- og oppvekstområdene som er tilgjengelige på den aktuelle 8,2 km lange storørretførende strekningen betegnes som potensielt godt egnet for storørret (Pulg et al. 2018). Det øverste vandringshinderet er en ca. 10 m høy foss mellom Ravnejuv og Vesle Ravnejuv. Elvestrekningen ligger i et juv med bratte fjellsider på hver side av elven. Strekningen er dominert av grovt substrat med flere mindre gytearealer og gode oppvekstområder fordelt på hele strekningen (Figur 2). Enkelte steinrøyser i elveleiet representerer

vannføringsavhengige hindringer, men de vurderes å være passerbare ved vannføringer over 10 m³/s. Før reguleringen vurderes disse røysene som relativt uproblematisk for opp- og nedvandrende storørret.

Elvestrekningen oppstrøms Helvetesfossen har pr i dag en middels bestand av elveørret (Kraabøl & Gregersen 2017), noe som viser at dagens situasjon gir livsrom for ørret på denne elvestrekningen. Den tilgjengelige elvestrekningen (8,2 km) har et vanddekket areal på 140 000 m² ved vannføring på 1,3 m³/s. Elva stiger med 144 høydemeter, noe som tilsvarer en fallgradient på 0,018. Tilgjengelig gyteareal har blitt beregnet til 1675 m², og skjulforholdene (vektet) var 9,4 (se nærmere beskrivelse i Pulg et al. 2018). Forholdene for storørret karakteriseres dermed som vesentlig bedre enn elvestrekningen nedstrøms Helvetesfossen (se elveavsnitt i figur 5).



Figur 5. Eksempel på godt egnet gyteområde (øverst) og oppvekstområde (nederst) i Tokkeåi oppstrøms Helvetesfossen (Foto: Kjetil Rolseth).

Helvetesfossen har gjennomgått flere endringer gjennom tidene. Topografien ved fossenakken utgjorde et praktisk problem for tømmerfløting, og tømmeret kunne i noen tilfeller samle seg opp i såkalte «tømmervaser» som følge av at passasjen i øvre del av fossen var for smal. Utbedringer ble derfor gjort i form av sprengningsarbeider for å utvide tverrsnittsarealet. Hvorvidt dette påvirket oppvandringen av storørret forbi fossen er uavklart. Det vurderes imidlertid som sannsynlig at det ikke forringet

oppvandringsmulighetene i vesentlig grad fordi sprengningene ble gjort for å fjerne utstikkende bergknauser som vanskeliggjorte tømmerfløtingen. Disse tiltakene påvirket ikke fossens høyde i nevneverdig grad.

Byggingen av Lio kraftverk medførte en senkning av undervannsstanden i Helvetesfossen (vannspeilet i Helveteshylen). Årsaken var at denne hølen ble resipient for driftsvannet fra kraftverket, og tiltak ble gjennomført for å avlede driftsvannet videre nedover i Tokkeåi for å hindre oppstuvning. Dette medførte at fossefallet ble høyere enn før reguleringen. Det er grunn til å anta at dette bidro til at fossen ble omgjort fra et delvis passerbar hinder til et tilnærmet permanent vandringshinder.

Helvetesfossen, som også omtales som Nedrebøfossen, var opprinnelig et kompleks bestående av flere fosser og stryk (Figur 6). Dette partiet av Tokkeåi har forandret karakter ved flere anledninger opp gjennom årene, og det er gjennomført et stort antall utbedringer og tiltak knyttet til tømmerfløting og kraftproduksjon både i selve fossen, i hølen nedenfor og i Tokkeåi forøvrig. I "Beskrivelse af Skiens vasdrag"- Nasjonalbiblioteket, side 94 og 95 står følgende:

"Nedrebøfossen var for temmelig generende under fløtningen, idet der midt i fossen var et skjær og paa venstre bred en odde, som tvang vandet over mod høire bred, saa der her dannedes to dybe og sterke bagevjer, som almindelig kaldets "Helvede". Før disse bagevjer var fulde kom intet tømmer forbi, og det tømmer, som var kommet ind i evjerne, beskadiges meget. Til forbedring av flødningsforholdene blev der av Kanalvesnet i 1875 udarbejdet forslag. Senere har flødningsbestyrelsen foretaget en del sprengningsarbejder i fossen og paa vest siden nedenfor samme. Disse arbejder har vist sig meget hensigtsvarende, saa der her nu kun lægger sig smaa tømmervaser, der lett kan stikkes ud, naar vand begynder at falde. I alt er der anvendt ca. 25000 udbedringer af fløtningsforholdene i Tokke (Tokkeåi), væsentlig sprængningsarbejder og opførelse av stenskjærme."

Denne beskrivelsen tyder på at det naturlige fossefallet var mer komplekst og fordelt på flere og lengre vannløp før de første tiltakene ble gjennomført. Særlig var dette gjeldende ved lave vannføringer.

Videre ble det i 1985 tatt ut fjell og masse fra Helveteshyl og ned til Gjesshyl. Det nederste trinnet i det samlede fossekomplekset ble sprengt bort etter at Åmøtehylen ble senket (Figur 7). Samtidig ble også elveløpet mellom disse hølene utvidet for å få inn nødvendig maskinstørrelser og for å redusere oppstuvinga i selve Helveteshyl. Vannstanden i Helveteshylen og nedstrøms kanal mot Gjesshylen ble senket flere meter ved at det nederste fossefallet ble tatt ned og elvebunnen ned mot Åmøtehylen (ved samløp Dalaåi) ble senket og utvidet.

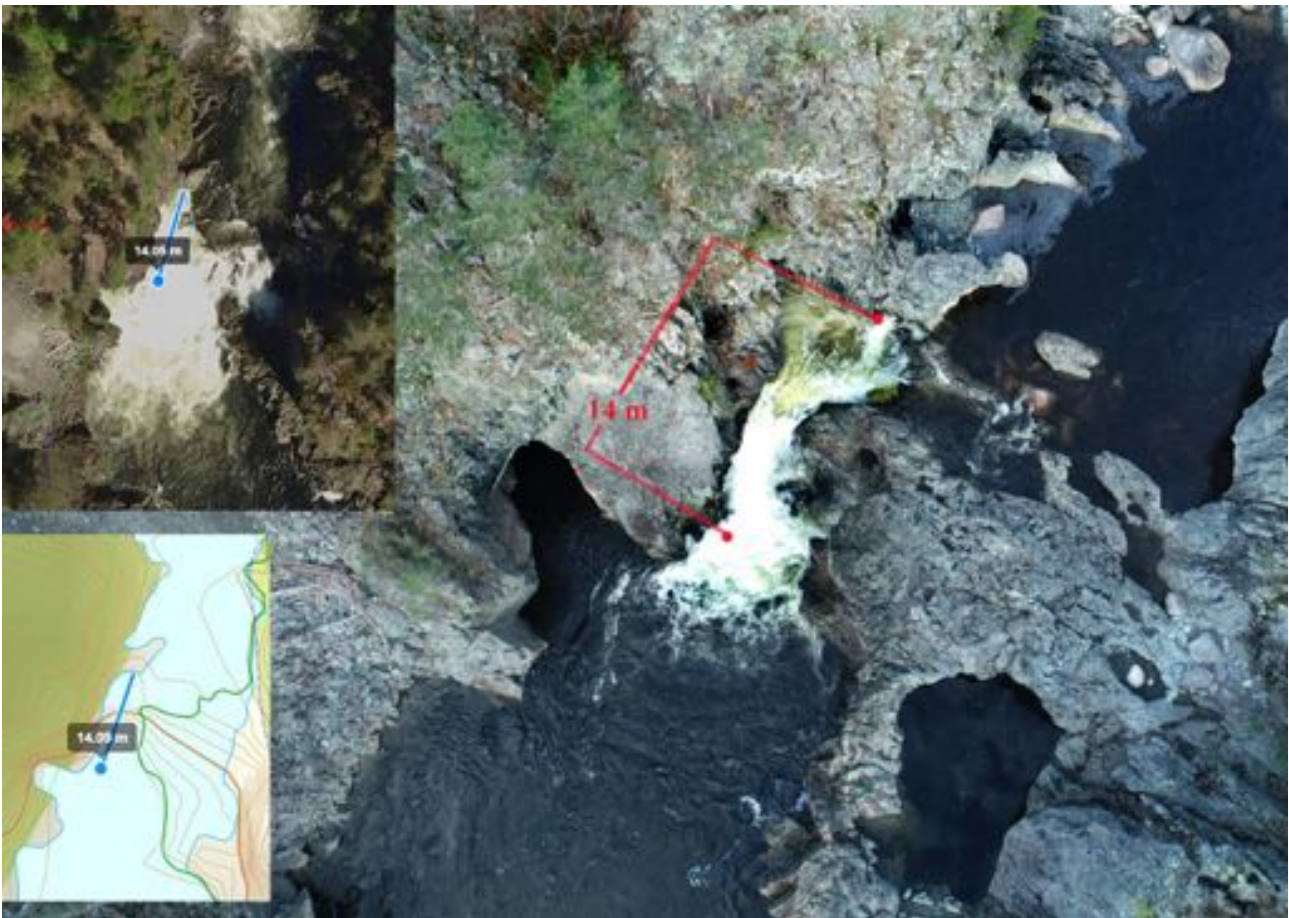
Helvetesfossen karakteriseres fortsatt som et trapert fossefall (Figur 8). Fjerning av nederste fossefall og senkning/utvidelse av elveleiet ned mot Åmøtehylen har medført at disse naturlige traperingene har blitt overført til Helvetesfossen. Dagens fossefall er karakterisert som et delvis trapert fall med en mellomliggende kulp i øvre del. Den samlede fallhøyden ved lav vannføring (<10 m³/s) er ca. 7 m. De ulike sprangene fra bunn til topp ved lav vannføring (<10 m³/s) er som følger: Fra vannspeil i Helvetesfossen og opp til jettegryte og mellomkulp er hhv. 3,5 og 6,2 m. Fossens samlede lengde er 14 meter (Figur 5). Dette tilsvarer en fallgradient på ca. 1:2. Vannsøylen som beskriver fossen er relativt samlet ved lavere vannføringer, men den sprer seg over et bredere fossehode (fast fjell) ved høyere vannføringer. Dette medfører at fossen faller både ut i Helveteshylens vannspeil og ned i en jettegryte som ligger ca. 3,5 m høyere. Ved vannføringer over 10 m³/s, og særlig ved høyere vannføringer, karakteriseres vannsøylen i fossen som mektig og tykk. Det er overveiende sannsynlig at nedre del (mot elvebunnen) av vannsøylen består av vann med moderat innblanding av luftbobler, mens øvre del er preget av «hvitt vann» med høyt innhold av luftbobler. Helveteshylens dybde var godt over 10 meter før regulering, og er følgelig redusert tilsvarende med senkningen av undervannsstanden.



Figur 6. Fotografi fra Helvetesfossen og Nedrebøfossen i 1899 som viser to av fallene. Fallet i forgrunnen ble fjernet i forbindelse med utbyggingen av Lio kraftverk.



Figur 7. Fotografi fra anleggsperioden for byggingen av Lio kraftverk. På dette bildet er nedstrøms elvestrekning mot Åmøtehylen senket, noe som medførte økt fossefall i det nederste fossetrinnet. Det ble i sin helhet sprengt bort, og disse tiltakene definerer dagens senkede vannspeil i Helveteshylen.



Figur 8. Fotomontasje av satellittbilde, dronefoto og kart over Helvetesfossen og deler av Helveteshylen. Tre ulike oppmålinger viser av fossens høyde og lengde er hhv. 7 og 14 m ved tilsvarende lav vannføring som vist på hovedbildet. Til høyre i hovedbildet ses jettegryta som ligger ca. 3,5 m høyere enn vannspeilet i Helveteshylen ved denne vannføringen. Fotoarrangement og oppmålinger er gjort av Kjetil Rolseth.

Ved byggingen av Lio kraftverk ble fallhøyden på Helvetesfossen økt som en følge av to ulike tiltak. For det første ble det nederste fallet (Figurene 6 og 7) i sin helhet sprengt bort. For det andre ble elvas løp i berggrunnen ned til Åmøtehylen utvidet i form av senkning av bunnen og utvidelser i bredden (Figur 7). Konsekvensene av disse trinnvise senkningene medførte at Helvetesfossen fikk tilsvarende økt fallhøyde.

Disse suksessive inngrepene i Helveteshylen resulterte i en senkning av vannspeilet på flere meter. Sammenligninger av bilder og fastpunkter i fjell før og etter utbyggingen viser at høydedifferansen er minst 3,2 meter ved lik vannføring. Vannføringen i Tokkeåi ble samtidig redusert til å omfatte kun resttilsig etter utbyggingen (Tabell 1). Den reelle økningen i Helvetesfossens høyde ble dermed trolig mellom 5 og 6 meter i den aktuelle oppvandringsssesongen i august-oktober. Dette skyldes at den regulerte vannføringen gjennom fossen er lav i tørre perioder etter regulering, mens dette trolig ikke var tilfelle før regulering. Fossen har dermed blitt et betydelig større, og kanskje til dels permanent, vandringshinder for storørret etter utbyggingen. Oppvandringsmuligheter kan likevel forekomme i gunstige situasjoner, noe som tidligere gjennomførte telemetristudier har indikert (Heggenes et al. 2018). Det er særlig spranget fra vannspeilet i Helveteshylen og opp til mellomliggende kulp i selve fossefallet (se Figur 10) som har blitt for høyt. Tidligere kunne storørret med stor sannsynlighet komme seg opp til denne mellomkulpen ved å svømme opp i vannsøyla og deretter ta videre sats opp mot fossens toppunkt.

3.6 Dokumentasjon av økt fallhøyde i Helvetesfossens - oppsummering

En fastpunkt-analyse av fjellformasjoner som er avbildet på gamle og nye fotografier av Helvetesfossen viser at fallhøyden i Helvetesfossen har økt med minst 3,2 meter ved lik vannføring (Figur 9). Dersom man medregner den regulerte vannføringen i denne perioden (25 %, jf Tabell 1), er den reelle falløkningen i oppvandringsperioden for storørret (august-oktober) mellom 5 og 6 meter. Det bemerkes også at manglende pålegg om minstevannføring medfører perioder med vannføringer ned mot 0 m³/s i elvestrekningen over Helvetesfossen.

Basert på denne gjennomgangen er det sannsynlig å anta at inngrepene som ble gjennomført i forbindelse med byggingen av Lio kraftverk, samt redusert vannføring i Tokkeåi over Helvetesfossen, har skapt et vandringshinder og samtidig redusert produksjonsareal for storørret. Differansen i fossens fallhøyde før og etter regulering er så stor at det med god margin kan sannsynliggjøres at storørreten passerte opp forbi Helvetesfossen før reguleringen. Det er imidlertid grunn til å anta at denne passasjen likevel var utfordrende som følge av de fysiske forhold før reguleringen, og at den foregikk ved gunstige vannføringer og -temperaturer. Det er med nåværende kunnskapsgrunnlag ikke mulig å gi en nøyaktig vurdering av hvilke vannføringer som ga best oppvandringsmulighet, men den kan anslås til mellom 50 og 200 m³/s.



Figur 9. Visuell fremstilling av differansen mellom vannspeil i Helveteshylen i uregulert (blå markering) og regulert (som vist på grunnlagsfotografiet) ved vannføring på 3-5 m³/s. Høydeforskjellen er målt til minst 3,2 m. Fotografiet er tatt i oktober 2018. Foto og illustrasjon: Kjetil Rolseth.

3.7 Verdien av området oppstrøms Helvetesfossen som potensielt leveområde for storørret

På grunnlag av konklusjonen om at Helvetesfossen før bygging av Lio kraftverk trolig var et passerbart vandringshinder, har elvestrekningen oppstrøms Åmøtehylen og Helvetesfossen trolig vært viktig for storørreten. Hoveddelen av tilgjengelig gyteareal (8020 m²) finnes i den nedre delen av Tokkeåi (nedstrøms Helvetesfossen). Den tidligere tilgjengelige øvre delen av elven (oppstrøms Helvetesfossen) har imidlertid et betydelig gyteareal (1670 m²), selv på svært beskjeden vannføring (1.3 m³/s). Denne delen omfatter samtidig en lengre strekning (8.2 km) enn den nedre (Pulg et al. 2018). Juvet som elven her løper gjennom gjør også denne elvestrekningen til et for mennesker lite fremkommelig område, slik at deler av elven ville ha vært helt uforstyrret i gytetiden. Her har det vært kun et begrenset fiske og fravær av andre forstyrrelser.

Det er også flere faktorer som kunne gjøre at store fisk trivdes på den øvre elvestrekningen. Den korte, kraftige, storvokste storørretformen er en eksplosiv form tilpasset effektiv forsering av fossefall og graving i grov grus. Det er kjent at forhold i elven kan selekere hurtig for egenskaper som gir gytere suksess i elven hos laksefisk. Ulik morfologi, ulik kroppsform, kan hurtig velges bort eller favoriseres dersom elven har egenskaper som tillater en type å passere, men ikke en annen (Carlson & Quinn 2007). Gytesubstratet som er tilgjengelig i øvre del er av en grov type som er gunstig for yngel, og foretrukket av fisk som er stor nok og sterk nok til å kunne grave i den. Den øvre delen av elven har dessuten betraktelig bedre tilgang på skjul (vektet skjul 9,4) sammenlignet med den nedre delen (vektet skjul 4,7) (Pulg et al. 2018).

I et øko-evolusjonært perspektiv, der man tar i betraktning hvilke seleksjonspress en art er gjenstand for (Gregory 2009), er det nærliggende å konkludere at forholdene, som preget den uregulerte Tokkeåi fra Helvetesfossen og opp til Ravnejuv/Sandane, var vesentlig annerledes enn nedre del. Flere vannføringsavhengige vandringshindre og gytesubstrat tilpasset stor og sterk fisk, har representert en seleksjonsmekanisme. Store individer har sannsynligvis blitt «belønnet» med tilgang til gode gyteplasser sammen med andre storørret. Som følge av genetisk segregering (Kraabøl et al. 2015) kan det antas at dette har foregått uten nevneverdig innblanding fra sympatrisk ørret med andre konkurrerende strategier. Elven, i sin opprinnelige variable tilstand, var en viktig del av mekanismen som gjorde den hurtigvoksende, sent kjønnsmodne fiskespisende storørreten til en suksesstrategi i Bandak-Tokkeåi-systemet.

Det foreligger for øvrig ingen opplysninger om begrensende næringsforhold i Bandak. Vekstforholdene synes å være svært gode, og ørretenes kondisjonsfaktor er gjennomgående høy. Næringsforholdene i Tokkeåis nedre deler mot deltaet, og i selve deltaet, er imidlertid begrenset som følge av gjentatte episoder med driftsutfall i Lio kraftverk. Dette har medført dødelighet på ørret, bekkeniøye, trepigget stingsild og bunndyrfauna (Kraabøl 2010, Kraabøl et al. 2015).

Basert på denne gjennomgangen er det sannsynlig at gjenopprettet tilgang til den øvre elvestrekningen (Helvetesfossen – Ravnejuv/ Sandane) vil kunne virke positivt på storørretbestanden. Dette vil innebære et større tilgjengelig gyte- og produksjonsareal for bestanden, og oppretting av en viktig seleksjonsmekanisme. Det faktum at det fantes en større bestand i perioden før- og like etter reguleringen kan begrunnes med redusert leveområde. Årsklasser av storørret fra denne tiden vil nødvendigvis ha dominert bestanden i minst ett tiår etter reguleringen, og denne gruppen har trolig foretrukket elvestrekningen over Helvetesfossen. Telemetriprosjektet (Heggenes et al. 2018) viste samtidig at store individer av dagens bestand er motivert for å gå høyt opp i elven, og tilsvarende er dokumentert ved tellinger av gytegroper (Kraabøl et al. 2015). Rapporten fra telemetriprosjektet inntok et øko-evolusjonært perspektiv på bevaring av storørret som livsform og konkluderte at fremtidig forvaltning må bidra til å favorisere en storørretstrategi i økosystemet, blant annet ved at det gis tilgang til Tokkeåi oppstrøms Helvetesfossen. Heggenes et al. (2018) viser også til at suksess på gyte- og oppvekstområder øker med større og sterkere fisk.

3.8 Storørretfiske i Tokkeåi

Historiske og nyere data om fiske og fangst kan bidra til å belyse hvilke deler av elva som har gode leveområder storørret samt hvordan bestandsstørrelsen har endret seg etter utbyggingen av Lio Kraftverk.

3.8.1 Fiske før oppstart av Lio kraftverk i 1969

Før disse reguleringsinngrepene ble gjennomført var storørretfisket i Tokkeåi ved Dalen kjent over store deler av Norge. Engelske sportsfiskere oppholdt seg i Dalen for å fiske i Tokkeåi, Bandakdeltaet og Bandak. Dalen hotell var kjent over hele Europa som en følge av at det engelske aristokratiet tilbrakte mye tid på dette hotellet. Mange av disse var sportsfiskere. I boka «*The most picturesque routes in southern Norway*» (The Skien-Telemarkens Tourist Club 1896) omtales ørretfisket i Tokkeåi, deltaet og Bandak på følgende måte: «*Excellent fishing in the river, and also in the lake (Bandakvatn), the fish often attain a large size. Fly for river. Trolling and spinning for the lake. July-Sept.*». Denne omtalen av ørretfisket i Tokkeåi tilsier at de engelske sportsfiskere anså fluefiske etter storørret i Tokkeåi som fremragende, og at det foregikk et tilsvarende godt fiske med sluk og dorging i Bandak og deltaområdet. De øvrige vann og vassdrag i området er omtalt med benevnelsene «*occasionally some fine trout*», «*fair fishing*» og «*good fishing*». Betegnelsen «*excellent fishing*», som er benyttet for sportsfisket i Tokkeåi og Bandak i 1896, tilsier at dette var en av de beste lokalitetene for ørretfiske i Sør-Norge på den tiden.

Huitfeldt-Kaas (1923) skriver følgende; "*Kun i visse Vestlandsdistrikter og enkelte steder i Telemarken med sterk reisetrafik, særlig av engelske turister, har en del hoteller ved leie eller kjøp skaffet sig fiskeretter i nærliggende vand eller elver til avbenyttelse for sine gjæster. Paa adskillige steder er saadant sportsfiske efter ørret av væsentlig betydning for hotellernes drift, idet gjennomreisende sportsfiskere derved ofte bringes til at slaa seg ned paa vedkommende fiskeplasser for nogen tid. Til flere hoteller, som nyder et særlig godt renome for sitt sportsfiske, kommer der stadig reisende-særlig utlændinger- ogsaa enkommelig i den hensigt at drive sportsfiske og opholde sig der en længere tid av sommeren (...). Blandt hoteller og skydsstationer som besidder fiskeretter egnet for sportsfiske efter ørret eller i hvis nærhet der er anledning til saadant fiske, vil jeg videre nævne: Langs hovedtrafikruten gjennom Telemarken: Triset hotel i Laardal (fiske i Bandak), Hotel Bandak paa Dalen (fiske i Tokeelven og Bandak)*" (siste avsnitt er hentet fra Kraabøl et al. 2015).

Det foreligger også flere redaksjonelle avisomtaler og annonser i senere tid som forteller om et rikt ørretfiske i deltaet og i Tokkeåi på 1960- og 1970-tallet. Det fremkommer at ørretfisket var omfangsrikt i deltaet, og at Tokkeåi på den tid var en av Telemarks beste ørretelver. Ørretfisket omfattet både elva og deltaet, og engasjerte både lokale folk og tilreisende turister.

Det ble skrevet flere årlige avisartikler og –notiser hos flere store aviser, hvor både fisket generelt, og omtale av storvokste individer, ble omtalt. Denne medieinteressen omfattet både regionale aviser i Telemark og andre fylker i Norge. Nedenfor refereres et utvalg av disse avisomtalen fra tidsperioden 1959 til 1975 (kilde: Nasjonalbiblioteket).

I Telemark Arbeiderblad den 2. november 1959 (side 6) ble det trykket et leserbrev med overskriften «Fiskeriet i Tokkeåi» fra «grunneigar». Her fremkommer det at «*hundrevis av turistar, innflutte og bygdefolk har boltra seg i fiskefridomen som i generasjonar har prega Tokkeåi og Bandak. I hundrevis av år tilbakars hev våre forfedre drive høstfiske med garn og tekje store mengder med storaure*».

Norges Handels- og sjøfartstidende (nåværende Dagens Næringsliv) omtalte den 12. september 1961 at «*Ørretfisket i Tokkeelven har vært meget godt i høst. Det er således tatt ørreter opp til 10 kg*». Østlandsposten (dagsavis som dekker Larvik kommune i Vestfold) publiserte den 17. september 1963 følgende under overskriften «*5 kg's ørret tatt på Dalen*»: «*Høstens fiske etter kjempeørretene i Tokkeelven er så smått begynt, men den store strømføringen i elven har vanskeliggjort garnsettingen, og fangstene har*

gjennomgående vært små». Videre i denne artikkelen omtales ørreter på 5,5 og 3,5 kg, og at de virkelig store ørretene foreløpig har uteblitt fra fangstene. Denne omtalen indikerer at ørretfisket var såpass kjent at man valgte å publisere en omtale før årets fiske var sluttført.

Aftenposten skriver den 13. juli 1967 under overskriften «Rikt ørretfiske i Bandakområdet». «*I Bandak har det den siste tid vært et usedvanlig godt ørretfiske, særlig i området omkring elveoset der Tokke-elven renner ned i vannet. Både bygdefolk og de mange campingturistene på Dalen har fått til dels store fangster på flue- og markstenger, men også endel på sluk. Ørreten har jevnt over vært ganske stor, enkelte opptil 0,5 og én kilo, og de er fine og røde i kjøttet. Kaspar Holter på Dalen er overlegent best av alle som har deltatt i det rike fiske. Med sin fluestang har han tatt over 300 ørreter. En av årsakene til det gode fiske sies å være den til dels store vannføring i Tokkeelven i sommer».*

I Morgenposten (Osloavis som ble utgitt frem til 1971) omtalte et oppslag (Figur 10) i Telemarksavisa Varden under overskriften «Kjempeørreter tatt i Tokkeelven» (ukjent årstall): «*Kjempeørretene fra Bandak er nå på vei opp til gyteplassene i Tokkeelven for å gyte. Når det er stille vær, kan man stå på Storebro på Dalen å se dem svømme forbi i elven under, forteller Varden. Man har sett opptil flere kjempefisker av gangen. De største blir anslått til å veie mellom åtte og ti kilo».* Videre i samme artikkel omtales grunneiernes til dels store fangster på garnfiske. En grunneier skal ha tatt 4-5 ørreter på mellom 4 og 6 kg. Denne omtalen indikerer at oppgangen av storørret var betydelig, og det er ikke vanlig å se mange store av ørret og laks i slike elver med mindre det er en betydelig gytebestandsstørrelse.



Figur 10. Eksempel på avisomtale i Morgenposten som indikerte en større bestand av storørret enn det som er tilfellet pr 2018.

Aftenposten skrev den 3. november 1975 under overskriften «Svær fisk i Tokkeelven». «*Tokke-elva på Dalen i Telemark holder fortsatt stillingen som en av fylkets beste ørretelver, og det er et stort spørsmål om det er noen andre som kan hamle opp med den når det gjelder fiskens størrelse, skriver bladet Varden. Den største ørreten som er tatt i elven i høst veide 11,5 kg, den nest største 9,5 og videre er det tatt ørreter på 7*

kilo og mange på 4-5 kilo. Ellers forteller folk på Dalen at fiskebestanden i Bandak er minst like stor som før reguleringen. Dessuten er ørreten blitt rødere og finere i kjøttet.

3.8.2 Fisket etter utbyggingen

Det finnes ingen offisiell statistikk over beskatningen av storørret i Bandak og Tokkeåi i nyere tid, men det ble samlet inn fangstjournaler og fotografier av storørretfangster fra nordre del av Bandak (Kraabøl 2010, Kraabøl et al. 2015). Lokale garnfiskere leverte dokumentasjon på storørretfisket i Bandak ved deltaet. Anslagsvis ble det fanget mellom 50 og 80 individer av gytevandrende storørret hvert år på 1970-, 1980-, 1990- og deler av 2000-tallet fordelt på garn og andre redskapstyper (Kraabøl et al. 2015).

Fram til 2009 foregikk et omfattende garn-, ruse- og stangfiske etter ørret opp til ca. halvkiloen i deltaområdet. Garn- og rusefanget ørret ble levert til Dalen hotell, mens stangfisket i all hovedsak gikk til privat konsum. Gjennomsnittsvekten hos den garnfangede ørreten lå omkring 300 gram. I noen år fram til 2008 ble det årlig fanget mellom 700 og 1000 ørret, tilsvarende 210-300 kg, mens det i 2008 ble det tatt ut 1000 ørret, tilsvarende 300 kg. Dette fisket ble intensivert betydelig i 2009. Til sammen 2500 ørret ble fisket ut både med garn (ca. 1500 stk) og storruse (ca. 1000 stk). Det anslås at om lag 600 kg ørret ble tatt ut med disse redskapstypene i 2009 (Kraabøl et al. 2015).

I tillegg foregikk det inntil nylig et relativt intensivt sportsfiske etter ørret i deltaområdet, og enkelte kunne fange opptil 500-600 ørret pr. år. Snittvekten på disse var noe høyere som følge av innslag av enkelte større ørret opp til 1,5 kg, samt gjenutsetting av ørret under vanlig matfiskstørrelse (20-25 cm). I tillegg er det flere fiskere som i sum tar anslagsvis 500 ørret av samme størrelse pr. år. Dette gir grunnlag for å anslå at sportsfiskere fanget årlig om lag 1000 ørret i deltaområdet, tilsvarende 400 kg. Den samlede beskatningen av mellomstor ørret i deltaområdet gjennom de siste tiårene har derfor variert mellom 1700 og 3500 individer pr. år, tilsvarende 610-1000 kg. I tillegg kommer 50-80 storørret med gjennomsnittsvekt på ca. 5 kg, tilsvarende 250-400 kg (Kraabøl et al. 2015). I dag er det innført strenge restriksjoner på ørretfiske som følge av bestandsreduksjonen.

Den totale årsavkastningen fra ørretfisket i nordre Bandak og deltaområdet kan derfor anslås til 860-1400 kg. Det understrekes at dette er anslag som i stor grad er basert på opplysninger fra rettighetshaverne, samt enkelte fangstjournaler fra garnfiskere. Ørretfiskeriene hadde derfor et betydelig omfang før reguleringene.

Det meste av dette høstingsfisket har nå opphørt som følge av at høstingspotensialet for de ulike ørretbestandene er uavklart, og at storørretbestanden er vurdert til å være kritisk truet av utryddelse. Dette blir også understreket av miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Telemark i 2018 (foredraget «Fisk i Skiensvassdraget – utfordringer og status 2018»), og i forskning (Laikre et al. 1999, Frankham et al. 2014).

3.9 Potensielle negative konsekvenser av effektkjøring for andre arter i Tokkeåi

Effektkjøring er en type drift av et vannkraftverk som medfører at kraftverket startes og stoppes ofte og hurtig, noe som igjen vil medføre hyppige endringer i vannføring, vannstand, vanntemperatur og vannkjemiske forhold sammenlignet med normaltilstanden, dersom kraftverket har utløp til elv.

Miljøvirkningene av effektkjøring vil også avhenge av kraftverkets plassering i vassdraget, en rekke fysiske forhold i vassdraget, hvordan faktisk kraftverket driftes, i hvor stor grad kjøringene påvirker magasinenes fyllingsnivå, miljøforholdene nedstrøms kraftverkenes avløp og av sårbarheten og mangfoldet i arter som lever i vannmiljøet som påvirkes. Det er også ulike effekter for kraftverk som har sitt avløp til en elv sammenlignet med avløp til en innsjø.

Det er forsket mye på konsekvenser og avbøtende tiltak i lakseelver, men kunnskapen er mangelfull for forhold i innsjøer og magasin, og for innlandsfisk.

Fiskefaunaen i Tokkeåi består av hovedsakelig av ørret, bekkeniøye og trepigget stingsild, mens sik, røye, ørekyte og abbor finnes sporadisk. Niøye og stingsild er spesielt sårbare overfor effektkjøring som følge av at de lever på grunne områder som utsettes for stranding ved små vannstandsvariasjoner. Begge disse artene har også en lavere mobilitet enn ørret og laks.

Stingsild lever i tilknytning til vannvegetasjon, som er mest utbredt langs elvebreddene og på grunt vann. Denne arten er derfor sårbar overfor raske vannstandsreduksjoner. Faren for stranding er også stor som følge av at den lever i vegetasjon som kan kollapse over individene når vannstanden synker. Overlevende individer vil søke tilbake til grunne områder når vannstanden stiger igjen, og repetisjoner vil derfor redusere bestanden i løpet av kort tid. I tillegg vil også akvatisk strandvegetasjon bli skadelidende av effektkjøring, slik at habitatenes kvalitet forringes permanent.

Bekkeniøye lever nedgravd i bunnsubstratet i viker, bakevjer og på deltaflaten. Larvene (ammocoetes). Estimert tetthet i egnet substrat på deltaflaten var 15,2 ind./m² (Schartum & Kraabøl 2014). En episode med rask vannføringsreduksjon den 23. august 2012 viste at kortvarig og kritisk lav vannføring reduserer bestanden av niøye. Tilsvarende er rapportert ved flere anledninger. Schartum and Heggenes (2013) viste imidlertid at ammocoetes overlever i 8 dager etter at substratet er drenert, men forsøket ble gjort i et laboratorium uten påvirkning av sol og vind. I virkeligheten tørker substratet og niøyene mye fortere. I tillegg er niøyer utsatt for predasjon fra fugl både når de eksponerer seg og når de ligger nedgravd nær overflaten. Ettersom en andel niøyelarver velger en passiv strategi med å ligge rolig i det tørrlagte substratet, og at noen klarer å flykte til våte områder, vil det trolig overleve noen individer etter tørrleggingsepisoder. Bestanden kan imidlertid bli sterkt svekket ved gjentatte episoder, slik tilfellet vil være under effektkjøring.

CEDREN har avgitt konkrete råd til forvaltning og industri i denne sammenheng (Bakken et al. 2016). De viktigste anbefalinger til operasjonelle tiltak og tekniske endringer som vil kunne gi stor positiv virkning, er knyttet til kraftverksdriften. Her gjengis anbefalingene som er knyttet opp til effektkjøring (som også har stor relevans til hyppige utfall av kraftverket).

- Redusere senkningshastigheten ved nedramping eller avslag av kraftverk.
- Øke minstevannføringen
- Tilpasse tidspunkt for vannføringsreduksjoner til de minst sårbare tidsperiodene for mållartene
- Driftsmessige tiltak må ses i sammenheng med fysiske tiltak i vassdraget
- Avklare hva som er økonomisk forsvarlig
- Vurdere iboende begrensninger i installert maskineri og vannveier
- Ved utbygging/oppgradering av tekniske deler bør miljømessige hensyn tas
- Riktig dimensjonert omløpsventil er viktig for å eliminere risiko for utfallsrelaterte vannføringsreduksjoner

Det er viktig å påpeke at økosystemet i Tokkeåi, deltaområdet og Bandak er mer komplekst enn klassiske anadrome vassdrag som er studert gjennom CEDREN-prosjektene. Tilpasninger i forhold til ørret er ikke relevante tilpasninger for niøye og stingsild. Overføringsverdien av kunnskapen som er formidlet for laks og ørret er derfor begrenset anvendelighet på mållartene i dette økosystemet. Det poengteres også at storørretbestanden er kritisk truet som følge av lav bestandsstørrelse (begrunnet i denne rapporten).

3.10 Oppsummering

- Storørreten i Tokkeåi har blitt vurdert som en spesielt viktig storørretbestand og verdien er satt til *svært stor* (SS).
- Den effektive populasjonsstørrelsen hos storørretbestanden i Tokkeåi må økes betydelig dersom målet er å sikre langsiktig levedyktighet samt å potensialet for høsting. Gytebestanden er inne i negativ utvikling, og bestandssituasjonen karakteriseres som svært kritisk.
- Fallhøyden i Helvetesfossen økte med minimum 3,2 meter som følge av byggingen av Lio kraftverk i 1961. Før dette hadde storørreten sannsynligvis tilgang på en 8,2 km lang elvestrekning med godt egnet storørrethabitat.
- En kvalitativ sammenligning av historiske opplysninger omkring storørretforekomsten før og nå tilsier at elvestrekningen ovenfor Helvetesfossen sannsynligvis var tilgjengelig for gyting og oppvekst av storørret.
- Undersøkelser av Tokkeåi oppstrøms Helvetesfossen og opp til øvre vandringshinder ved Sandane/Ravnejuv, viser at det foreligger muligheter for å gjenåpne tilgangen til denne elvestrekningen ved etablering av fiskepassasje og miljøbasert minstevannføring. Dette vil kunne bidra til å sikre langsiktig levedyktighet og fremtidig høsting av storørret.

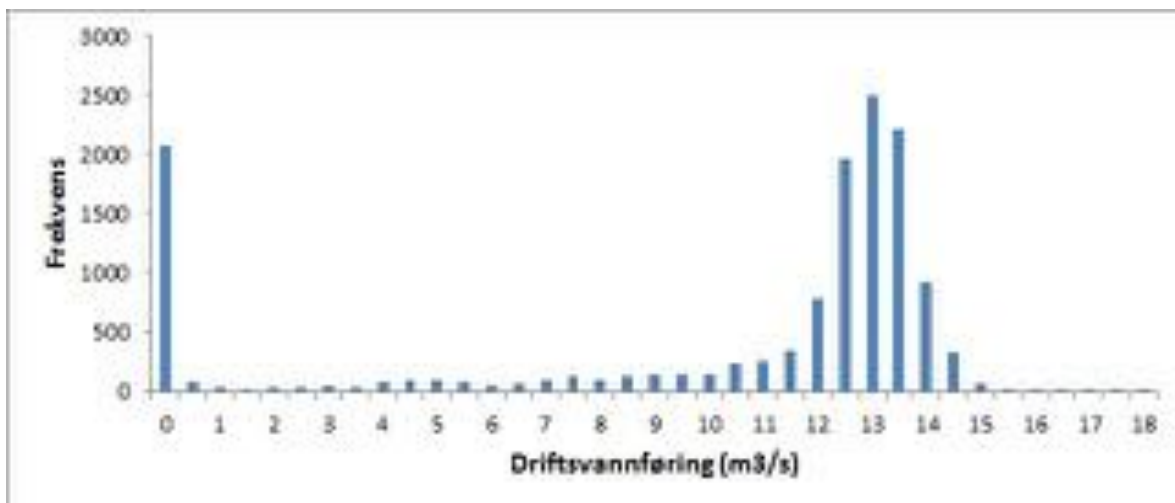
4 GJENNOMFØRTE OG PÅGÅENDE MILJØTILTAK - EFFEKT PÅ STORØRRET

Storørretenes livsløp er delvis kartlagt, og kan karakteriseres som langlivet med et langsomt og utholdende vekstforløp (Tranmæl & Midtun 2005, Heggenes et al. 2009, Johnsen et al 2012, Kraabøl et al. 2014, 2015). Denne livshistorien medfører at det tar opptil 15-20 år før målrettede tiltak kan dokumenteres i form av for eksempel økt gytebestand.

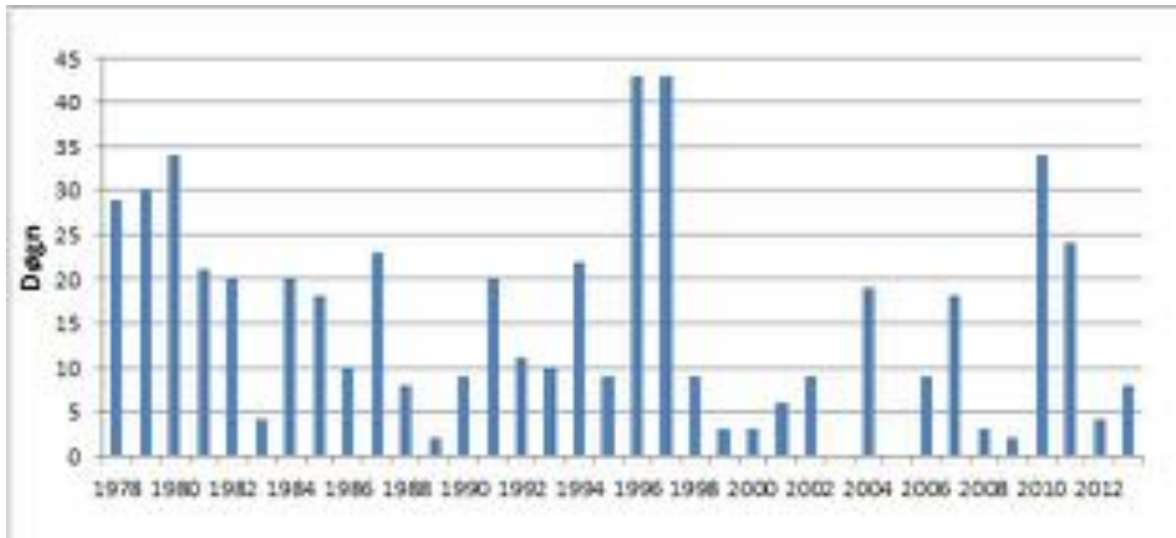
Tiltak som er rettet spesifikt mot storørret vurderes også som vanskelig å gjennomføre på elvestrekningen nedstrøms Helvetesfossen, ettersom det er definert tre ulike forvaltningsenheter av ørret i dette området (Kraabøl et al. 2015). I dette kapitlet vurderes hvilken effekt iverksatte tiltak har for storørretbestanden i Tokkeåi.

4.1 Restriksjoner i drift og minstevannføring i Lio kraftverk

Det ble gjort en analyse av utfallsfrekvensen fra Lio kraftverk av Schartum & Kraabøl (2014) i perioden 1977 til 2013, se figur 2. Frekvensfordelingen viser at før 2010 gikk Lio kraftverk enten på full last (ca. 13 m³/s), eller så var kraftverket skrudd helt av. Etter 2010 kjøres driftsvannføringen ned til 4 m³/s (selvpålagt restriksjon), og stanses kun ved driftsutfall. Antall døgn med driftsvannføring under 2 m³/s i mai og juni måned er vist i figur 3. Enkelte år, som i 1996 og 1997, stod kraftverket hele 70 % av tiden, mens kraftverket ikke hadde et eneste «nededøgn» i 2003 og 2005. Det er vanskelig å spore noen trend i dataene, kan det se ut som om nedetiden generelt er redusert fra ca. år 2000.



Figur 2. Driftsvannføring fra Lio kraftverk i perioden 1977 til 2013. Fordelingen viser at kraftverket enten har gått med full last omkring 13 m³/s, eller så har kraftverket stått (fra Schartum & Kraabøl 2014).



Figur 3. Antall døgn i mai og juni (N = 61) der driftsvannføring fra Lio kraftverk var under 2 m³/s (fra Schartum & Kraabøl 2014).

Det ble tidligere gitt anbefalinger om å øke den laveste vannføringen (selvpålagt minstevannføring) fra 2 til minst 4 m³/s (Kraabøl et al. 2015). Forbedringer i antall utfall og reduksjoner i vannføring er dokumentert i de senere årene (Schartum & Kraabøl 2014), men det er også dokumentert at slike hendelser utgjør begrensende faktorer for ørret, niøye, stingsild og bunndyrfaunaen. Figur 4 viser illustrasjoner fra feltarbeid 23. august 2012, hvor 97 døde individer ble funnet på en 240 m lang elvebredd i Asiahylen (Schartum & Kraabøl 2014). Erfaringene indikerer at en nedre kritisk vannføringsgrense på 4 m³/s i nedre Tokkeåi ikke er tilstrekkelig for å ivareta alle målartene i elvas nedre deler. En skjønnsmessig vurdering basert på flere tilfeller av utfall, samt befaringer i nedre deler av Tokkeåi ved lave vannføringer, tilsier at en heving av laveste vannføring opp mot 10-12 m³/s vil kunne ivareta hensyn til niøye og stingsild bedre i de nedre deler av Tokkeåi. Utfall og raske vannføringsreduksjoner vil øke omfanget av stranding av disse byttefiskartene. Nærmere undersøkelser ble anbefalt av Kraabøl et al. (2015). Slike undersøkelser vil kunne avdekke hva slags dimensjonering som er hensiktsmessig for omløpsventil i Lio kraftverk. På bakgrunn av kjennskap til elva kan det være aktuelt med en omløpsventil som tilsvarer kraftverkets slukeevne. Dersom det innføres minstevannføring i Tokkeåi oppstrøms Helvetesfossen, vil denne vannføringen komme i fratrekk når det gjelder dimensjoneringen av omløpsventilen.



Figur 4. Til venstre: Eksempel på døde bekkeniøyer som ble funnet under et kraftverksutfall den 23. august 2012. Til høyre: Vannstanden i Tokkeåi på samme dato (fra Schartum & Kraabøl 2014).

Observasjoner av død niøye og stingsild i nedre deler av Tokkeåi ved avstenginger gir også indikasjoner på at den nedre vannføringen på 4 m³/s er for lav for å sikre bestand av niøye, som inngår i dietten til storørreten i deltaområdet (Schartum & Kraabøl 2014, Kraabøl et al. 2015).

4.2 Vurdering av habitatforbedrende tiltak i nedre del av Tokkeåi

UNI Miljø (nå NORCE) har gjennomført habitatforbedrende tiltak for ørret i nedre deler av Tokkeåi (Nedstrøms Helvetesfossen). Vurderingene omfatter ikke niøye og stingsild. Elvestrekningen ble først kartlagt ved bruk av den såkalte miljødesign-tilnærmingen som er beskrevet for laks i egen håndbok (Forseth & Harby 2013). Dette innebar kartlegging av gyteforhold, oppvekstområder for ungfisk og konektivitet langs elvestrekningen, medregnet vurdering av flaskehals for hvert tema. Det ble gjort tilpasninger til storørret, bl.a. ved å ta stor kroppsstørrelse i betraktning. I tillegg ble det tatt hensyn til tidligere kunnskap som har fremkommet gjennom fiskebiologiske undersøkelser (se omtale i Kraabøl et al. 2015). Nedenfor gjengis omtale av tilstandsbeskrivelser og tiltak som er gjennomført pr. 2018 (fra Pulg et al. 2018), samt vurderinger fra av tiltakene.

«Fra Tokkeåis utløp i Bandak og opp til Elvarheim var vanddekt areal ved ca. 20 m³/s målt til 136.000 m², og elvas fallgradient er ca. 0,002. Over halvparten av substratet i de nedre delene av elven består av grus, sand og mudder. Gjennomsnittlig skjul i substratet (middels vektet skjul) var 2,7. På noen små strekninger nede ved Buøy ble det gjennomført harving i slutten av 2016. Dette økte skjulet lokalt i disse områdene, men arealet var så lite at det ikke endret skjulverdien totalt. Det finnes en rekke kunstige terskler i elvestrekningen som bidrar til oppstuvning og reduserte vannhastigheter. Kartlagt gyteareal var totalt 3175 m², ca. 2.3 % (ved 20 m³/s, 2016). I tillegg finnes et potensielt gyteområde nederst i deltaet i Bandak (Heggenes et al. 2017) som ikke er med i denne beregningen. Det må regnes med at særlig mindre ørret bruker slike områder med lav gradient og finere grusmasser. Dessuten ble det rapportert gytegroper i strandsonen i Bandak og utløpsstrømmen (Skarperudstrømmen, Kraabøl et al 2015). Gytearealet i Tokkeåi er middels fordelt med litt større arealer på brekket til Ivirohylen og nedenfor Hoppesteinterskelen. Avstanden mellom de potensielle gyteplassene varierer, men er aldri større enn ca. 300 m utenom i den store hølen ved Elvarheim. Storaure kan vandre gjennom hele strekningen og det finnes ingen absolutte vandringsbarrierer. Ved lave vannføringer kan imidlertid en rekke terskler virke som vannføringsavhengige vandringshindre siden de har et bredt og grunt overfall uten lavvannsrenne» (avsnittet er hentet fra Pulg et al. 2018).

«Fra Elvarheim og opp til Geishylen/Helvetesfossen karakteriseres elvestrekningen har et areal på 196.000 m² og en gjennomsnittlig gradient på ca. 0,007 (ca. 20 m³/s). Substratet er grovere enn nedenfor og er dominert av rullestein og blokk. Her var det jevnt over moderat til lite skjul, og mye skjul i en kort strekning langs Huvestadveien. Middels vektet skjul for hele strekningen var 6,1 (2016). Det ble gjennomført habitattiltak i 2017 ved Geishylen, terskler ovenfor Huvestahylen ble restaurert til naturtypiske brekk (2016), terskler ble senket ved Hakaflåthylen (2016) og det ble satt i gang harving i flere områder med lite skjul. Tiltakene har bidratt til økt skjul lokalt særlig ved tersklene ovenfor Huvestahylen. Det ble kartlagt totalt 4843 m² gyteareal (høst 2016). Dette tilsvarer 2,5 % av arealet og gjenspeiler en økning fra 1,6 % før tiltakene ble satt i gang. Selv om enkelte flekker er fordelt over hele strekningen, er hovedarealet aggregert i Hakaflåthylen, på det restaurerte brekket ovenfor Huvestadhylen (gamle terskler 1 og 2), på brekket nedenfor Geishylen og på Åmøtehylen. Strekningen er brattere enn nedenfor men det finnes gode vandringsforhold for storaure opp til Helvetesfossen. Ved lave vannføringer kunne terskler inntil 2016 virke som vannføringsavhengige vandringshindre. Denne situasjonen er imidlertid vesentlig forbedret etter tiltak gjennomført i 2016, da terskler ble fjernet og redusert samt at lavvannsrenner ble etablert. Tersklene i løpet langs Huvestadvegen og øverste terskel i løpet ved idrettsbanen ble ikke justert. Disse vil fortsatt kunne virke som vannføringsavhengige vandringshindre ved lave vannføringer» (avsnittet er hentet fra Pulg et al. 2018).

Tilstandsbeskrivelsene er i tråd med det som tidligere har fremkommet gjennom fiskebiologiske undersøkelser og visuelle vurderinger. Beskrivelsene er svært detaljerte, og gir derfor en god beskrivelse av

den faktiske situasjonen. Det presiseres imidlertid at det som oppgis som kartlagte gytearealer bør oppfattes som potensielle gyteområder.

Gjennomførte tiltak med harving av grusmasser med mye finstoff, fjerning av flere steinterskler, utlegging av gytegrus og øvrige habitatforbedringer vurderes som adekvate og i tråd med et moderne miljødesign.

Pulg et al. (2018) vurderer tiltakene i nedre deler av Tokkeåi slik: «*Sett for hele elvearealet virker endringene fra før- til etter små siden areal av de vurderte tiltaksområdene er lite, og siden flere tiltak enda ikke er ferdigstilt. Likevel kan det sees en endring i ønsket retning når vi sammenligner habitatkvalitet for hele arealet før og etter de vurderte tiltakene. Nedenfor Elvarheim økte tilgjengelig skjul fra 2,6 til 2,7, mens gytearealet er omtrent likt (mye tiltak gjenstår). Ovenfor Elvarheim økte tilgjengelig skjul fra 5,6 til 6,1. Gyteareal økte fra 3081 m² til 4843 m².*».

Det vurderes slik at tilgjengelig skjul som skapes gjennom disse tiltakene reduseres etter hvert som det tilføres mer finsediment til denne delen av elva. Tiltakene må derfor vedlikeholdes med noen års mellomrom dersom effekten skal bli langvarig.

Fjerning/tilrettelegging av steinterskler for opp- og nedvandring var nødvendige tiltak for å bedre konnektiviteten ved lave vannføringer, og i tråd med faglige anbefalinger (Kraabøl et al. 2015).

En vurdering av tiltakene fra videoopptakene fra droneflyvningene i 2018 ga imidlertid indikasjoner på at storørreten foretrekker noe grovere gytegrus enn det som ble lagt ut i elva, og mindre ørret (<2 kg) ble observert på nylagt gytegrus. Betydningen av dette bør evalueres, ettersom det kan medvirke til at de ulike del-bestandene av ørret i Tokkeåi kan få økt utveksling av gener som følge av deling av gyteplasser i større grad enn tidligere.

For storørret antas det at tilgangen på byttefisk er viktig i tiden rett etter utvandring til deltaet og/eller innsjø. I deltaområdet er det både niøye og stingsild, og disse utgjør etter alt å dømme en viktig næringskilde for ørret som er på vei til å bli storørret (Kraabøl 2010). Forekomstene av bekkeniøye, tre-pigget stingsild og generell bunndyrfauna i deltaområdet og nedre deler av elvesystemet i Tokkeåi har stor betydning for storørretbestanden (Kraabøl 2010, Kraabøl et al. 2015, Schartum & Kraabøl 2014), men de omfattes ikke av tiltakene. De utgjør en viktig næringskilde for ørret i mellomfasen fra et liv i elv til innsjø. Det har tidligere ofte blitt observert bekkeniøye og tre-pigget stingsild i ørretmagene (Kraabøl 2010, Schartum & Kraabøl 2014), mens det er ikke tilfelle i nyere undersøkelser (Kraabøl et al. 2015). Dette kan skyldes en kombinert effekt av nedtapping av Bandak, gjentatte utfall i Lio kraftverk og minstevannstanden på 4 m³/s. Tiltak for storørret bør derfor ta høyde for å bevare storørretens byttedyr som lever i det samme elveavsnittet.

Disse forholdene ble nærmere vurdert i Kraabøl et al. (2015). Endringer i vannføring vil påvirke vandrings- og oppvekstforholdene for både stasjonær ørret og storørret. Utfall i kraftverket fører imidlertid til stranding og dødelighet av fisk, og antas å ramme storørretungene spesielt. Dette skyldes at de i større grad forekommer i øvre del av elva opp mot Helvetesfossen og utløp fra Lio kraftverk. På denne strekningen skjer det meste av storørretgytingen i mange år, og vannstandsreduksjonene skjer raskest på denne strekningen fordi den ligger nært inntil kraftverksutløpet.

De hyppige vannstandsvariasjonene som preger driften av Lio kraftverk vurderes som en begrensende faktor for ørretens næringsdyr (Kraabøl et al. 2015), og de gjennomførte tiltakene forbedrer ikke konsekvensene av driftsutfall i Lio kraftverk. Konsekvenser av raske vannføringsreduksjoner i regulerte elver bestemmes av reduksjonens størrelse, tørrlagt areal, hvor raskt det skjer og hyppigheten. Bunndyr er vesentlig tregere til å flytte seg sammenlignet med fisk, og skadeomfanget på husbyggende vårfluer, snegler og muslinger er større enn hos frittsvømmende arter som for eksempel døgn- og steinfluer. Det er

gjennomført flere studier som viser sterkt redusert bunndyrfauna dersom elvebunnen utsettes for gjentatte tørrlegginger. Som et eksempel nevnes Nidelva ved Trondheim, hvor det ble funnet at faunaen på bunnarealer som utsettes for gjentatte tørrlegginger var permanent fattigere enn bunnarealer som var konstant dekket av vann (Harby et al. 2004). Dette kan igjen medføre redusert næringstilgang for ørret i deltaområdet (Bakken et al. 2016). Tetthet av viktige bunndyr for fisk i Tokkeåi's nedre deler var lav, og den kunne ikke relateres til organisk forurensning (Kraabøl et al. 2016). Årsaken er derfor, etter alt å dømme, effekter av gjentatte vannstandsvariasjoner som følge av utfall, homogenisering av elvemiljøet m.m. Tiltak som reduserer stranding av bunndyr i elva er derfor viktig for å opprettholde næringsgrunnlaget for storørret fram til innsjøfasen, og gjentatte utfall av ulike årsaker gjennom året er ikke forenlig med sikring av en levedyktig bestand. Tilsvarende vil kunne gjelde for en eventuell effektkjøring av Lio kraftverk.

4.3 Spesifikke anbefalinger om miljøbasert vannføring ovenfor Helvetesfossen

I dette kapitlet gis noen anbefalinger for hvilke hensyn som ligge til grunn for miljøbasert vannføring i denne delen av elva. Anbefalingene er basert på beste praksis miljøbasert minstevannsføring og forfatterens generelle og stedsspesifikke kunnskap om ørretens habitatpreferanser, vandrings- og gytebiologi.

- A) For å sikre en mest mulig naturlig vannkvalitet for en eventuell minstevannføring, anbefales det at kildene til vannføringen bør i hovedsak komme fra tilløpsbekkene (bekkeinntakene til kraftstasjonen) som renner inn i Tokkeåi ovenfor Ravnejuv. Dette vil kunne bidra til å gi forbedringer i temperaturforhold og en vannkjemi som har utspring i de samme del-nedbørfeltene som ga vann til Tokkeåi før reguleringen.
- B) Bekkeinntakene vil trolig ikke kunne gi tilstrekkelig minstevannføring til enhver tid. Det bør derfor vurderes å slippes resterende sikringsvannføring fra reguleringsmagasin. Dette bør helst skje fra de øvre vannlag.
- C) For å sikre best mulig fordeling av gytefisk i elva anbefales det at minstevannføringen bør være høyest og mest variabel i opp- og nedvandringsperioden fra ca. 1. september til 1. desember. Dette vil bidra til å sikre toveis vandringer i elveleiet ovenfor Helvetesfossen. Dette begrunnes med identifiserte vannføringsavhengige hindringer (blokksteiner og ras-røyser).
- D) Variasjoner i vannføringen i denne perioden vurderes som viktige stimuli for å igangsette vandringer. Disse kan skapes i form av kunstige lokkeflommer som slippes fra reguleringsmagasin.
- E) Etablering av skogsbilveg ned til elva er gjennomført etter utbyggingen. Dette kan gi tilgang med maskiner, og det anbefales at det planlegges utbedring av disse hindringene.
- F) Utbedringer av slike hindringer, og senere vedlikehold, vil kunne redusere vannbehovet under lokkeflommene. Flere av disse hindringene vil oversvømmes ved vannføringer på ca 5 m³/s, og forbivandring kan dermed forbedres.
- G) Det er vanskelig å angi den laveste minstevannføring som vil sikre gode livsbetingelser med nåværende kunnskapsgrunnlag. En skjønnsmessig og foreløpig vurdering tilsier at en minstevannføring på 5 m³/s om sommeren og 2 m³/s om vinteren vil være tilstrekkelig, forutsatt at det også forekommer naturlige og/eller kunstige lokkeflommer.
- H) Dersom det blir aktuelt å slippe minstevannføring på denne elvestrekningen vil det være behov for videre kalibrerende studier for å finne nedre funksjonelle minstevannføringsnivå.

4.4 Oppsummering og faglige vurderinger

En overordnet vurdering tilsier at tiltakene er gjennomført i tråd med moderne miljødesign for laks og ørret. De er imidlertid ikke tilstrekkelige for å ivareta en levedyktig og høstbar storørretbestand fordi:

- 1) De er ikke i tilstrekkelig grad rettet spesifikt inn mot storørretbestanden, og vil ha en generell positiv virkning på både storørret og de mer storvokste fraksjoner av «stor» deltaørret. Konsekvensene kan bli utveksling av gener mellom tidligere genetisk segregerte del-populasjoner. Dette begrunnes med at det sannsynligvis ikke er et klart skille mellom habitatpreferanser mellom del-bestandene av ørret i Tokkeåi, og tiltakene kan derfor gi positiv effekt av generell karakter for alle delbestandene. Det er behov for å utrede tiltakene nærmere med hensyn til de ulike delbestandene.
- 2) De er ikke tilstrekkelige til å løfte storørretbestanden opp til en nivå som sikrer langsiktig levedyktighet. Dette begrunnes med det begrensede arealet som er tilgjengelig på den 4,8 km lange nedre elvestrekningen, og at de andre del-bestandene av ørret er forvaltningsenheter på linje med storørret.
- 3) Viktige byttedyrarter for ørretbestandene i Tokkeåis nedre deler er bekkeniøye og trepigget stingsild. Viktigheten av disse artene er omtalt i Kraabøl et al (2015), men omfattes ikke av de nye undersøkelsene.
- 4) Spesifikke anbefalinger er gitt for miljøbasert minstevannføring oppstrøms Helvetesfossen. Disse innebærer sikring av naturlig vannkvalitet, kilder for vannslipp, behov for variert minstevannføring og fysiske tiltak i elveleiet og kalibrerende studier for å definere laveste vannføringsnivå som sikrer økologisk funksjonalitet.

Det bør også gjennomføres en karakteristikk av grusmasser som benyttes til gyting hos typiske storørret, slik at det etableres en god referanse for substratkarakteristikk. For å ivareta storørretens bestand bør det iverksettes tiltak for habitatsforbedring utenom i oppgangsperioden for storørret så langt det er mulig. Det synes også som sentralt å utvikle en plan som tar hensyn til tidsmessige aspekter, både for biologiske forstyrrelser i anleggsfasen og for oppfølging av eventuelle tiltak over tid. Tiltak for storørreten bør også ha en innretning som favner om dens byttedyr i elvefasen (niøye, stingsild og øvrig bunnfauna).

5 VURDERING AV FISKEPASSASJE SOM TILTAK

Fra miljømyndighetenes side er fiskepassasjer vurdert som et viktig tiltak for å sikre sårbare og truede bestander av laksefisk, og spesielt de anadrome laksefiskene (Faktaboks 1). Fisketrappene har gitt anadrome fiskearter tilgang til elvestrekninger utover deres naturlige utbredelsesområde (DN 2002). Fisketrapper omtales som et av de viktigste fiskeforsterkningstiltakene i Norge gjennom tidene, og at de har hatt stor betydning for å styrke og bevare en rekke fiskebestander (DN 2011). Det er imidlertid vesentlig å inkludere muligheter for både opp- og nedvandring når slike tiltak vurderes.

Denne utredningen viser at det kan være grunn til å vurdere tiltak for å øke storørretens tilgang til potensielle leveområder oppstrøms Helvetesfossen. Det er derfor sentralt å vurdere hvordan en eventuell fiskepassasje kan innrettes for å fungere best mulig, og hvorvidt en eventuell fiskepassasje er i tråd med de vilkår som er gjeldende for denne tiltakstypen. Denne analysen er basert på de ulike faglige vurderingene som er gjort i det ovenstående.

5.1 Hva er viktig ved ev bygging av fiskepassasje?

En eventuell fiskepassasje som skal ha til hensikt å koble sammen elvestrekningene under og over Helvetesfossen må designes slik at den selekterer i favør av stor kroppsstørrelse. Storørret skal kunne passere i større grad enn mindre ørret, men skillet bør ikke være fullt ut sorterende. Dette av hensyn til flergangsgytende (iteropar) livshistoriestrategi. Nettopp her, i kombinasjonen av fiskepassasjens sorterende effekt og et vannføringsregime som trigger fisken til å vandre opp, ligger muligheten til å restaurere elvens «belønning» av storørret-strategien og på denne måten bidra til «evolusjonær redning» av storørreten (se f.eks. Carlson et al. 2014). Tilstrekkelig vannføring, i form av en miljøbasert minstevannføring, blir deretter trinn to for å sikre levedyktig og til dels høstbar bestand av storørret. Et vannføringsregime som sikrer vann med en mest mulig naturlig årlig variasjon i temperatur kan bidra til høy overlevelse av yngel (fra Vinjevatn samt mindre sidebekker og -elver). Disse aspektene bør imidlertid vurderes nærmere ved design av eventuelle tiltak.

Faktaboks 1: Fisketrapper som bevaringstiltak for laksefisk

Menneskeskapte hindringer i opprinnelige vandringsveier for fisk er å betrakte som et avvik fra naturtilstanden (Kraabøl et al. 2012). Formålet med etablering av fisketrapper har vært å bedre fiskens mulighet for vandring. Tidligere ble det lagt stor vekt på øke fiskeproduksjonen ved å øke tilgjengelige gyte- og oppvekstarealer. I dag er bygging av fisketrapper et viktig tiltak for å bevare vandrende fiskebestander og naturmangfold (Direktoratet for naturforvaltning 2011). Dette er nært knyttet til målene for Vannforvaltningsforskriften som ble vedtatt i 2006 (Kgl. res. 15. desember 2006). Et av de viktigste prinsippene i vannforskriften er at ferskvann, kystvann og grunnvann skal ha «god økologisk status». Dette forutsetter tiltak for å mimere avvik fra naturtilstanden når det gjelder sammensetning, mengde og aldersstruktur av fiskearter.

I Handlingsplan for restaurering av fisketrapper i anadrome vassdrag (Direktoratet for Naturforvaltning 2011) omtales fisketrapper som «*kunstige oppgangsveier som har som formål å føre fisk forbi naturlige vandringshindre som fosser og stryk og/eller kunstige vandringshindre*». I Norge er det bygget i overkant av 500 fisketrapper, hvorav 450 er bygget primært for anadrome fiskearter. De fleste fisketrappene er bygget ved fossefall som i flere tilfeller har vært naturlige hindringer for oppvandring, mens om lag en fjerdedel er bygget for å sikre passasjemuligheter for fisk ved dammer (Grande 2010).

I handlingsplanen (DN 2011) omtales fisketrappenes betydning for å oppnå gytebestandsmål og høstbart overskudd: «*I vassdrag der fiskebestandene er sårbare eller truet av utryddelse på grunn av liten bestandsstørrelse, kan fisketrapper være et viktig bevaringstiltak. I enkelte tilfeller kan en funksjonell fisketrapp også være viktig for oppnåelse av gytebestandsmålet, dvs. at det er nok gytefisk for å utnytte vassdragenes produksjonskapasitet. Oppnådd gytebestandsmål åpner for opprettholdelse av fisket i vassdraget. Ved vassdragsinngrep der vandrende fisk fysisk utestenges fra tidligere leveområder som en direkte funksjon av vannføringsendringer eller damanlegg, kan effektive fisketrapper være helt avgjørende for den videre eksistensen for vandrende fiskebestander*».

Fisketrapper som forvaltningstiltak har i størst grad vært knyttet til anadrome laksefisk. På grunn av sammenlignbar livssyklus, habitatspreferanser og populasjonsdynamikk er overføringsverdien fra laks til storørret imidlertid vesentlig. Faglige og forvaltningsmessige begrunnelser for fisketrappers betydning for laks vurderes dermed som gyldig for bevaring av storørretbestanden.

5.2 Er en fiskepassasje ved Helvetesfossen i tråd med overordnede retningslinjer?

I 2007 ble det gitt spesifikke retningslinjer for bygging av fiskepassasjer og fisketrapper (DN 2007). Det ble med dette innført nye vilkår som må være oppfylt for at Fylkesmannen skal kunne gi byggetillatelse. Dersom en ny fiskepassasje berører et vernet område, skal saken legges frem for Miljødirektoratet før det kan tas en avgjørelse. I retningslinjene legges det bl.a. vekt på at nye vandrende fiskearter ikke bør gis ny tilgang til eksisterende innsjøer som gir økt konnektivitet (sammenkobling).

Følgende tre forhold må være oppfylt for at Fylkesmannen kan gi tillatelse til bygging av fiskepassasje, jf. gjeldende retningslinjer gitt 4. oktober 2007:

Krav 1: Tekniske inngrep har forringet eller ødelagt fiskens naturlige vandringsveger, eller naturlige leveområder

Basert på tilgjengelig informasjon og analyser er det rimelig å anta at byggingen av Lio kraftverk med tilhørende senkning av undervannsstanden i Helvetesfossen utgjør et teknisk inngrep som med stor sannsynlighet har ødelagt storørretens tidligere vandringsvei opp forbi fossen og videre opp til tidligere

gyte- og oppvekstforhold. I tillegg har elvestrekningen i Tokkeåi mellom kraftverksutløpet og ned til Bandak blitt forringet som gyte- og oppvekstområde for storørret. Dette skyldes i stor grad en kombinasjon av utspredninger i og nedenfor Helveteshylen, uttak av grusmasser, bygging av steinterskler og de driftsmessige forholdene som har preget kraftverksdriften (Kraabøl et al. 2015). Denne elvestrekningen mottar hovedsakelig driftsvann fra Lio kraftverk.

Krav 2: Fiskebestanden er sårbar eller truet på grunn av menneskeskapt påvirkninger, og gjenåpning eller etablering av effektiv vandringsvei er nødvendig for å styrke bestanden

Storørretbestanden i Tokkeåi/Bandak er kategorisert som «sårbar» (Kraabøl et al. 2015). Nyere utredninger med utgangspunkt i samme datagrunnlag ble utført av prof. Linda Laikre ved Stockholms Universitet i Sverige. Med basis i bevaringsbiologiske prinsipper (Laikre et al. 1999) ble det vurdert at bestanden kan kategoriseres som nær «kritisk truet».

Ved å vurdere status som «kritisk truet» for utryddelse, kan en legge til grunn den synkende trenden i antall storørret i Tokkeåi de siste 15 årene (se f.eks. Heggenes et al. 2017 og gytetellinger for 2018). I tillegg vektlegges en nyere vurdering av den generelle betydningen av genetisk bestandsstruktur og den såkalte «50-500» regelen (Frankham et al. 2014). Tidligere ble det vurdert at 50 individer av gytefisk som bidro med sine gener til neste generasjon ($N_e = 50$) var tilstrekkelig for å minimere innavl i løpet av 5 generasjoner, og at en N_e på 500 individer var tilstrekkelig for å ivareta det evolusjonære potensial i et lengre perspektiv (Laikre et al. 1999). Frankham et al. (2014) anbefalte at disse nedre grensene for bestanders levedyktighet bør fordobles (tilsvarende $N_e = 100 - 1000$). Tolkningene av slike genetiske retningslinjer for levedyktighet er utfordrende, og det kan være forskjellig anvendelse av retningslinjene for sympatriske vs. allopatriske bestander. I Tokkeåi er de identifiserte del-populasjonene pr i dag sympatriske (Kraabøl et al. 2015), men det er mulig at tilgangen til elvestrekningen ovenfor Helvetesfossen bidro til større grad av atskilte bestandsstrukturer i elvesystemet. Uansett vil storørretbestanden med nåværende kunnskapsnivå kategoriseres med god margin innenfor det som settes som krav for bygging av fiskepassasje; at bestanden skal være sårbar eller truet.

Det er sannsynlig at storørretbestanden kan kategoriseres som «kritisk truet» av utryddelse innen få ørretgenerasjoner også når man legger skjønsmessige langtidseffekter av gjennomførte habitattiltak nedstrøms Helvetesfossen til grunn. Differansen mellom nåværende bestandsstørrelse og en bestand som skal være både livskraftig og høstbar over tid, er såpass stor at det ikke vurderes som tilstrekkelig med generelle habitatforbedrende tiltak nedenfor fossen. Begrunnelsen er at tiltakene kan medføre delt anvendelse av gyteplasser og økt genflyt mellom delbestandene. Dette vil i så fall kunne redusere graden av lokale tilpasninger som har foregått over flere tusen år. Det understrekes at det er dokumentert ulike delbestander i dette elvesystemet (Kraabøl et al. 2015), og at dette sannsynligvis er et resultat av lang tids tilpasninger til ulike habitater og livshistorier over tid.

Det understrekes imidlertid at gjennomførte tiltak i nedre del av Tokkeåi nedre er av god kvalitet og i tråd med moderne miljødesign i regulerte vassdrag med laks og ørret. Tiltakene er imidlertid ikke tilstrekkelig rettet mot storørret og dens byttedyr.

Krav 3: Det knyttes store interesser til, og ligger til rette for, utnyttelse av fiske i forbindelse med friluftsliv og utmarksnæring

Laksefisk forvaltes i all hovedsak både etter ønske om høstingspotensial og for å bevare populasjoners levedyktighet i et komplekst trusselbilde av ulike inngrep i leveområdene (Young 2004). Det er et uttalt ønske fra Tokke kommune og brukerinteressene at den fremtidige forvaltningen tar hensyn til at det er flere del-populasjoner i Tokkeåi, og at det ikke er tilstrekkelig med en målsetning om å sikre en levedyktig bestand av storørret. Den skal også kunne inngå i et strengt regulert høstingsregime, fortrinnsvis til fordel for sportsfisket.

Ørretfisket i Tokkeåi og Bandakdeltaet er i dag karakterisert som et attraktivt fiske etter mellomstor ørret, selv om strenge restriksjoner er innført. Det er i særlig grad fluefiske med imitasjoner som preger fiskeutøvelsen, og flere tilreisende fiskere oppsøker denne lokaliteten. Alt fiske etter storørret er imidlertid fredet som følge av bestandssituasjonen, og det er derfor pr i dag ingen høsting av denne ressursen. Bandak fiskarlag og Tokke jff ønsker imidlertid at storørretbestanden skal kunne bli høstbar i fremtiden, og at det kan åpnes for et begrenset sportsfiske. Sportsfisket og yrkesfisket i Tokkeåi, deltaet og i Bandak var omfangsrikt over lang tid før utbyggingen, og ørretfisket med stang sto i en særstilling fordi den engelske overklassen benyttet Tokkeåi som en turistdestinasjon. Det er derfor knyttet betydelige kulturhistoriske interesser til et storørretfiske i Tokkeåi, og det kan trekkes klare paralleller med flere norske lakseelver (f.eks. Gulbrandsen 1994, Eknæs 1979). Det forekommer derfor store fiskeinteresser i Tokkeåi, og det ligger til rette for utnyttelse av fiskemulighetene dersom det gjennomføres tiltak som øker bestandsstørrelsene. Det konkluderes med at det ikke foreligger formelle innvendinger til de tre opplistede forholdene som må oppfylles før det kan gis tillatelse til bygging av fisketrapp ved Helvetesfossen.

I tillegg til ovenstående krav, er det seks vilkår må være oppfylt for at Fylkesmannen skal kunne gi tillatelse til bygging av fisketrapp eller annen type fiskepassasje. Tabell 2 gjengir disse vilkårene sammen med en vurdering av gyldighet for Tokkeåi. Det foreligger ingen kjente forhold som strider mot de seks opplistede vilkårene som må være oppfylt før tillatelse kan gis fra Miljødirektoratet.

Tabell 2. Vurderinger av de seks vilkårene som må være oppfylt før bygging av fiskepassasje kan gjennomføres.

Vilkår	Faglig vurdering
1 Etablering av fiskepassasje må ikke medføre fare for store negative og irreversible effekter på naturlige fiskebestander og andre ferskvannsorganismer i områdene oppstrøms vandringshinderet pga spredning av sykdommer eller etablering av uønskede arter	En eventuell fiskepassasje for ørret forbi Helvetesfossen vil ikke medføre introduksjon av en ny art til et vassdragsavsnitt, slik tilfellet er for laksetrapp. Det finnes i dag en ørretbestand i Tokkeåi ovenfor Helvetesfossen (Kraabøl & Gregersen 2017, Pulg et al 2018). Denne bestanden er antakeligvis et resultat av nedstrøms kolonisering av ørret fra ovenforliggende lokaliteter, eller en kombinasjon med gjenværende elvestasjonær restbestand fra storørretgylting før regulering. Denne elveørreten beskattes ikke pr i dag som følge av at elvestrekningen ikke er tilgjengelig for noen form for fiske. Det er ikke registrert andre ferskvannsorganismer ovenfor fossen som kan ta skade av en fiskepassasje. Det er heller ikke kjent noen form for sykdomsutbrudd nedstrøms fossen som kan spres videre oppover i vassdraget. Dersom gjedda etablerer seg i Bandak, vil den ikke kunne passere en fiskepassasje som er designet for storørret. Det bemerkes også at en eventuell etablering av gjedde i Bandak vil styrke behovet for en fiskepassasje ytterligere. Etablering av fiskepassasje forbi Helvetesfossen vil ikke kunne gi noen form for negative eller irreversible effekter på fiskebestanden ovenfor fossen. Det foreligger ingen fare for spredning av uønskede fiskearter eller spredning av sykdommer.

2	Dersom vandringshinderet ligger nederst i vassdraget, og formålet med fiskepassasjen er å etablere ny fiskeart i vassdraget, skal saken legges frem for Direktoratet for Naturforvaltning (nå Miljødirektoratet)	En fiskepassasje i Helvetesfossen vil ha som formål å gi storørreten tilgang til en lengre elvestrekning til gyting og oppvekst, og det er derfor ikke en ny fiskeart som skal etableres ovenfor fossen. Ørret er utbredt i hele Tokkeåi fra før.
3	Som hovedregel må det ikke være større innsjøer i det vassdragsområdet som blir åpnet for vandrende fisk gjennom etablering av fiskepassasje	Det ligger ingen innsjøer i det vassdragsområdet som blir åpnet for oppvandring av storørret forbi Helvetesfossen. Det ligger vandringshindringer som medfører at storørreten kun vil forekomme i en relativt bratt elvestrekning på 8,2 km ovenfor fossen.
4	Det må dokumenteres gode gyte- og oppvekstforhold for de aktuelle fiskeartene på de tilgjengelige elvestrekningene oppstrøms vandringshinderet	<p>Det er gjennomført to undersøkelser av elvestrekningen ovenfor Helvetesfossen (Kraabøl & Gregersen 2017; Pulg, Espedal Olsen; Stranzl & Postler 2018). Pulg et al. (2018) foretok en grundig undersøkelse, mens Kraabøl & Gregersen (2017) gjennomførte en innledende befaring for å avklare hvorvidt det var ørret på strekningen og en overordnet vurdering av habitatkvalitet og vandringshindringer. Pulg et al. (2018) konkluderte med at elvestrekningen ovenfor Helvetesfossen har fysiske habitatforhold som er prinsipielt egnet for storaure. Lengden på den storørretførende strekningen er anslått til 8,2 km. Et oppgangshinder er definert i form av en ca. 10 m høy foss som ligger om lag 1,6 km ovenfor Ravnejuv. Strekningen har flere vannføringsavhengige vandringshinder, men alle disse vil bli eliminert ved vannføringer mellom 10 og 30 m³/s. Skjultilgang i elvebunn er større sammenlignet med elvestrekningen nedenfor fossen. Gytearealet på den potensielle storørretførende strekningen utgjør om lag 1670 m², tilsvarende 1,1 % av det totale elvearealet. Dette betyr i så fall at en fiskepassasje potensielt kan åpne opp en elvestrekning på ca. 8,2 km og et vanndekt areal på 148.000 m² ved en vannføring på 1,3 m³/s, og dette kan gi grunnlag for en årlig produksjon av noen tusen utvandningsklare ørretunger.</p> <p>Analysen i denne rapporten viser at både gyte- og oppveksthabitatene i Tokkeåi ovenfor Helvetesfossen er godt egnet for storvokst ørret. Elvas fallgradient og substratets karakter tilsier at denne elvestrekningen sannsynligvis har kvaliteter som er i favør av storvokste individer. Korrelasjoner mellom fenotype og genotype (f.eks. Bernatchez 2004) kan være en viktig faktor som forklarer forekomsten av den økologiske formen av storørret i Tokkeåi, gitt at denne delbestanden hadde tilgang til elvestrekningene ovenfor Helvetesfossen før reguleringsinngrepet ble gjennomført. I så fall var</p>

		sannsynligvis seleksjonskreftene i Helvetesfossen og ovenforliggende stryk- og grovsubstratpregede substrat i favør av storvokst ørret.
5	Etablering av fiskepassasje må ikke føre til vesentlig skade på vassdragsmiljø og kulturminner, eller andre allmenne interesser i vassdraget	<p>Etablering av fiskepassasje i Helvetesfossen berører ingen viktige kulturminner. Den berører imidlertid et vassdragsnært miljø som er vernet. Vassdragsmiljøet er imidlertid negativt preget av at det ikke foreligger pålegg om minstevannføring på denne strekningen. Etablering av en fiskepassasje bør ses i sammenheng med etablering av en miljøbasert minstevannføring, noe som vil virke positivt inn på vassdragsmiljøet i Tokkeåi naturreservat.</p> <p>Det er knyttet vesentlige allmenne interesser til naturreservatet og storørretbestanden. En fiskepassasje med tilhørende minstevannføring vil medføre at området blir mer naturlignende, noe som vurderes å gagne en viktig allmenn interesse knyttet til et kulturhistorisk og attraktivt fiske og bevaring av naturkvalitetene i et naturreservat. Mer vann gir også mer fosserøyk og humiditet til elvenær natur som er betinget av høy luftfuktighet. Denne kløfta har internasjonal bevaringsverdi som øker dersom det blir mer vann og fukt i kløfta.</p> <p>Tap av kraftproduksjon til nasjonalt forbruk og balansekraft mot Europa vil påvirke allmenne interesser. Det vurderes at dette er et prioritert vassdrag med såpass viktige fiske- og naturverninteresser (kategori 1.1.) at gevinsten på miljøsidan kan veies opp mot redusert kraftproduksjonen uten stor disharmoni.</p>
6	Dersom det nye området som vil bli gjort tilgjengelig gjennom etablering av fiskepassasjen ligger innenfor et verneområde skal saken legges frem for Direktoratet for Naturforvaltning (nå Miljødirektoratet)	Elvestrekningen som blir gjort tilgjengelig for storørret fra Bandak ligger i Tokkeåi naturreservat.

Retningslinjene, med de spesifiserte forhold og vilkår som må oppfylles, er i første rekke utformet for laks og andre anadrome fiskearter. Åpning av nye elvestrekninger for laks medfører en utvidelse av laksens naturlige utbredelsesområde, og det er derfor behov for å sjekke ut en rekke konflikt- og risikomomenter før slike tiltak gjennomføres. Det er derfor en restriktiv praksis knyttet til denne type fiskeforsterknings-tiltak for laks. Situasjonen er imidlertid annerledes for ørret i Tokkeåi. Det er overveiende sannsynlig at den vandret forbi Helvetesfossen før Lio kraftstasjon ble bygget. Dessuten finnes det ørret i Tokkeåi ovenfor fossen pr i dag. Det er heller ikke identifisert betenknings knyttet til nye arter eller sykdomsrisiko er kjent i dette tilfellet.

Hovedkonklusjonen i denne gjennomgangen av myndighetenes krav og vilkår er at en fiskepassasje forbi Helvetesfossen ikke er i strid med retningslinjene. Spørsmålet om hvorvidt storørreten kunne passere Helvetesfossen før reguleringsinngrepene ble gjennomført er derfor mindre relevant. Den viktigste biologiske begrunnelsen for å etablere en fiskepassasje forbi fossen er den kritiske bestandssituasjonen til storørretbestanden. En fiskepassasje forbi fossen vurderes som et vesentlig supplement til de gjennomførte og pågående tiltakene i nedre del av vassdraget for å styrke den sårbare/kritisk truede storørretbestanden.

For å ivareta storørret er det, i tillegg til etablering av en fiskepassasje, også være behov for å etablere et miljøbasert minstevannføringsreglement i Tokkeåi oppstrøms Helvetesfossen.

6 KONKLUSJONER

6.1 Overordnede konklusjoner

Et sentralt formål med vilkårsrevisjoner er å bedre miljøtilstanden i regulerte vassdrag (NVE/Miljødirektoratet 2013). Nye vilkår kan settes for å rette opp miljøskader og ulemper som har oppstått gjennom langvarige regulerings effekter. I denne sammenheng er det sentralt å vurdere potensialet for miljøforbedringer og effekten av eventuelle avbøtende tiltak. Det skal blant annet vurderes om de nye eller endrede vilkårene gir muligheter for vesentlige miljøforbedringer (OED 2012). I vassdrag med utsatte fiskebestander som har *svært stor* verdi, og det er et stort potensial for miljøforbedringer, vil man kunne akseptere at miljøtiltak skal ha større krafttap enn i vassdrag med mindre verdier (NVE/Miljødirektoratet 2013).

Konsesjonsvilkårene for Tokke-Vinje-reguleringen er nå åpnet for revisjon. Storørret-bestanden i Tokkeåi vurderes å være «kritisk truet» av utryddelse. Videre er den vurdert til å ha *svært stor* verdi (NVE/Miljødirektoratet 2013). Muligheten for å utvikle storørretbestanden til en levedyktig og i noen grad høstbar størrelse vil i stor grad bli påvirket av de nye konsesjonsvilkårene. Det er derfor sentralt med stedsspesifikk kunnskap om denne arten for å kunne treffe effektive vedtak i forvaltningen. Denne rapporten har som mål å bidra til å tette kunnskapshull på sentrale områder relevant for den truede storørretbestanden i vassdraget, samt vurdere mulige effekter av gjennomførte og potensielle miljøtiltak.

Kunnskap om utbredelse og bestand før regulering er vesentlig for å kunne vurdere hva som vil være effektive tiltak. Gytebestandens størrelse og utvikling er sentralt for bestandens langsiktige overlevelse og mulighet for fremtidig høsting. Den årlige gytebestanden er på noen få titalls individer, mens det før reguleringen var en vesentlig større bestand som ble høstet over flere tiår. Bestandsutviklingen er, ifølge gytetellinger i perioden 2004-2018, nå inne i en negativ utviklingsfase.

Denne utredningen gir et faglig grunnlag som viser at storørret etter all sannsynlighet hadde mulighet til å passere opp forbi Helvetesfossen og benytte en 8,2 km lang elvestrekning til gyting og oppvekst før Tokke-Vinje reguleringene ble gjennomført. Denne elvestrekningen kan karakteriseres som meget godt egnet for naturlig rekruttering hos storørret, og det er derfor overveiende sannsynlig at bortfall av denne elvestrekningen medførte betydelig redusert bestandsstørrelse. Kombinasjonen av fossekompleksene ved Helvetesfossen og den grove bunnstrukturen i Tokkeåi oppstrøms fossen vurderes å utgjøre sentrale miljøvariabler i den evolusjonære historien som har gitt storørret som en økologisk livsform i sameksistens med andre genetisk distinkte del-populasjoner. Tilgangen til disse områdene har derfor sannsynligvis vært medvirkende til dannelsen av storvokste individer og genetisk atskilte ørretbestander.

6.2 Konklusjoner på mandatets punkter

Denne faglige utredningen gir grunnlag for konklusjoner på hvert enkelt punkt som Tokke kommune ønsket utredet (se kapittel 2.1. Prosjektets mandat og leveranse). Det avgis følgende konklusjoner på bakgrunn av vurderinger av tidligere publisert materiale om ørret i Tokkeåi, retningslinjer for bygging av fiskepassasjer og internasjonal faglitteratur:

1. Storørretbestanden i Tokkeåi vil, i henhold til Laikre et al. (1999) og Frankham 2014 - og i henhold til nylig gjennomførte studier på gytebestanden – klassifiseres som «kritisk truet av utryddelse».
2. De gjennomførte og pågående tiltakene i Tokkeåi nedenfor Helvetesfossen er i henhold til moderne miljødesign, men de er ikke tilstrekkelig innrettet mot storørretbestanden dersom man skal sikre en robust og livskraftig bestand på sikt. De gjennomførte habitattiltakene i nedre deler av Tokkeåi vurderes å være utført etter god faglig standard. De er imidlertid ikke rettet spesifikt mot delbestanden storørret og sentrale

byttfiskarter (bekkeniøye og trepigget stingsild). I tillegg gir ikke tiltakene de samme evolusjonære mekanismene som trolig var til stede i elven ovenfor Helvetesfossen før bygging av Lio Kraftverk. Tiltakene har derfor ikke tilstrekkelig potensial dersom målet er å sikre en robust og langsiktig levedyktig bestand av storørret. Etablering av fiskepassasje i Helvetesfossen, med tilhørende minstevannføring på oppstrøms elvestrekning, vil imidlertid kunne medføre økt produksjonsareal, økt geografisk atskillelse mellom ørretpopulasjoner, tilgang til en elvestrekning med høyere fallgradient og et substrat som selekterer for storvokste individer.

3. Storørreten hadde etter all sannsynlighet gode mulighet til å passere opp forbi Helvetesfossen før utbygging av Lio kraftverk. En samlet vurdering av vandyp ved fossefoten, senket undervannsnivå, spranghøyder og trapert fossefall tilsier at en ukjent fraksjon av bestanden passerte ved gunstige forhold og brukte inntil 8,2 km av Tokkeåi oppstrøms Helvetesfossen til gyting og oppvekst. Det antas at mulighetene for passasje var vannførings- og temperaturavhengige. Fossen og flere mindre hindre oppstrøms utgjorde en utfordring som favoriserte storvokste individer og således hadde en sorterende effekt på kroppsstørrelse.

4. Gyte- og oppvekstforholdene oppstrøms Helvetesfossen er av meget god kvalitet og vil trolig favorisere storvokste individer. Det er derfor sannsynlig at en åpning av denne strekningen vil medføre at seleksjonskrefter i favør av storørret gjenopprettes, og videre at bestandsstørrelsen vil øke betydelig ut over dagens potensial. En eventuell fiskepassasje bør være selektiv i favør av storvokst ørret.

5. Gjennomgangen viser at bygging av fiskepassasje ved Helvetesfossen ikke kommer i konflikt med gjeldende retningslinjer for denne type fiskeforsterkingstiltak. En fiskepassasje vil gjenåpne tidligere benyttede gyte- og oppvekstområder. Spørsmålet om hvorvidt Helvetesfossen var passerbar for storørret før utbyggingen er imidlertid av underordnet betydning, uavhengig av tidligere oppvandringsmuligheter. Det viktigste argumentet for å bygge fiskepassasje er at bestandsstørrelsen klassifiseres som «kritisk truet», og at det er viktig å øke gyte- og oppvekstareal som i mindre grad deles med andre sameksisterende ørretpopulasjoner.

6. På bakgrunn av denne utredningen anbefales følgende overordnede føringer for en miljøbasert minstevannføring ovenfor Helvetesfossen: A) Kildene til vannføringen bør i hovedsak komme fra tilløpsbekkene som renner inn i Tokkeåi ovenfor Ravnejuv. B) Det bør også slippes resterende sikringsvannføring fra Vinjevatn. C) Minstevannføringen bør være høyest og mest variabel i opp- og nedvandringsperioden fra ca. 1. september til 1. desember. D) Variasjoner i vannføringen i denne perioden kan skapes i form av kunstige lokkeflommer, og disse må være tilstrekkelige for å sikre opp- og nedvandring forbi de vannføringsavhengige vandringshindringene. E) Utbedring av slike hindringer er imidlertid mulig som følge av at maskiner kan få tilgang via en skogsbilveg som er anlagt etter utbyggingen. F) Slike utbedringer, og senere vedlikehold, vil kunne redusere vannbehovet under lokkeflommene. G) Laveste konstante minstevannføring om sommeren bør være høyere enn om vinteren. Et skjønnsmessig forslag er hhv. 5 og 2 m³/s. H) Det anbefales videre kalibrerende studier dersom det blir behov for å finne nedre funksjonelle minstevannføringsnivå.

7. (Tilleggspunkt i mandatet). En overordnet vurdering av negative økologiske konsekvenser som følge av effektkjøring av Lio kraftverk er begrenset til å omfatte storørret og dens viktigste byttedyr. Effektkjøring av Lio kraftverk vurderes i utgangspunktet som uforenlig med oppbygging av en livskraftig storørretbestand. Begrunnelsen er at risiko for dødelighet fra gjentatte vannføringsreduksjoner er stor hos ørretunger og meget stor hos bekkeniøye, stingsild og bunnfauna. De gjennomførte avbøtende tiltakene vurderes som lite egnet til å sikre fisk fra stranding under effektkjøring.

7 LITTERATUR

Bakken, T.H., Forseth, T. & Harby, A. 2016. Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri. CEDREN. NINA temahefte 62; 205 sider.

Banks, J. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *Journal of Fish Biology*, 1, 85-136.

Baras, E. & Lucas, M.C., 2001. Impacts of man's modifications of river hydrology on the migration of freshwater fishes: a mechanistic perspective. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 1, 291–304.

Bernatchez, L. 2004. Ecological theory of adaptive radiation. An empirical assessment from coregonine fishes (*Salmoniformes*). I: Hendry, A.P. & Stearns, S.C. 2004. *Evolution Illuminated. Salmon and their relatives*. Oxford University Press, kapittel 6, side 185.

Brandrud T. & E., Reiso S. 2009. Naturverdier for lokalitet Tokkeåi, registrert i forbindelse med prosjekt Bekkekløfter 2008. NaRIN faktaark. BioFokus, NINA, Miljøfaglig utredning.

Campton, D.E. & Utter, F.M. 1987. Genetic structure of anadromous cutthroat trout (*Salmo clarki clarki*) populations in the Puget Sound area: evidence for restricted genetic flow. *Can. J. Aquat. Fish Sci.*44: 573-582.

Carlson, S.M., Cunningham, C.J. & Westley, P.A.H. 2014. Evolutionary rescue in a changing world. *Trends in Ecology and Evolution*, 29, 521-530.

Carlson, S.M. & Quinn, T.P. 2007. Ten years of varying lake level and selection on size-at-maturity in sockeye salmon. *Ecology*, 88, 2620-2629.

Coutant, C.C. & Whitney, R.R. 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: a review. *Transactions of the American Fisheries Society* 129; 351-380.

Dervo, B., Taugbøl, T. & Skurdal, J. 1996. Storørret i Norge - status, trusler og erfaringer med dagens forvaltning 10/1996. Østlandsforskning.

Direktoratet for Naturforvaltning (DN) 2002. Fisketrapper i Norge. Notat 2002-3, 24 sider.

Direktoratet for Naturforvaltning (DN) 2011. Handlingsplan for restaurering av fisketrapper for anadrome laksefisk (2011-2015). DN rapport 7-2011.

Direktoratet for Naturforvaltning (DN) 2007. Retningslinjer for å gi løyve til bygging av fiskepassasjer og fisketrapper. DN Ref.: 06/8535 ART-FF-STS, arkivkode 454.24.

Eknæs, Å. 1979. Innlandsfiske. Det norske samlaget/Norsk kulturarv, Oslo 1979, 146 sider.

Forseth, T. & Harby, A. 2013 (red.). Håndbok for miljødesign I regulerte laksevasdrag- NINA Temahefte 52: 1-90 s.

Frankham, R., Bradshaw, C.J.A. & Brook, B.W. 2014. Genetics in conservation management: Revised recommendations for 50/500 rules, Red list criteria and population viability analyses. *Conservation Biology* 170; 56-63.

Grande, R. 2010. Håndbok for fisketrapper. Tapir Akademisk Forlag.

Gregory, T.R. 2009. Understanding natural selection: essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2, 156-175.

Gulbrandsen, P.G. 1994. Med karjol og laksestenger i Norge for 150 år siden. Lokalhistorisk Forlag 1994, 123 sider.

- Gunnerød, T.B. & Mellqvist, P. (red.) 1979. Vassdragsregulerings biologiske virkninger i magasiner og lakseelver. Foredrag og diskusjoner ved symposiet 29.-31. mai 1978, 294 sider.
- Harby, A., Alfredsen, K., Arnekleiv, J.V., Flodmark, L.E.W., Halleraker, J.H., Johansen, S. & Saltveit, S.J. 2004. Raske vannstandsendringer i elver. Virkninger på fisk, bunndyr og begroing. SINTEF-rapport TR A5932.
- Heggenes, J. & Dokk, J.G. 1995. Undersøkelser av gyteplasser og gytebestander til storørret og laks i Telemark, høsten 1994. Laboratorium for Ferskvannsekologi og Innlandsfiske (LFI), rapport 156, 30 sider.
- Heggenes, J., Karlsson, T., Brattestå, K. 2017. Gytegrepregistreringer i Tokkeåi høsten 2017. HSN Skrift XX 2017: Høgskolen i Sørøst-Norge, Institutt for natur- helse- og miljø, 29 s.
- Heggenes, J., Fjeldheim, P.T., Karlsson, T., Schartum, E., Olsen, E.M., Moland, E. 2018. Hydroakustiske undersøkelser av vandringsadferd og habitatbruk til ørret (*Salmo trutta*) i Bandak og Tokkeåi i Telemark. Skriftserien fra Høgskolen i Sørøst-Norge nr. 30, ISBN: 978-82-7206-474-6 (Online)
- Heggenes, J., Sageie, J. & Kristiansen, J. 2009. Rehabilitering av elvehabitat i Tokkeåi, Dalen i Telemark - Tilstand og tiltak. Høgskolen i Telemark. Rapport 2/2009, 85 s.
- Jonsson, N. (1991) Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. Nordic Journal of Freshwater Research, 66, 20-35.
- Johnsen, B.O., Arnekleiv, J.V., Asplin, L., Barlaup, B.T., Næsje, T.F., Rosseland, B.O., Saltveit, S.J. & Tvede, A. 2011. Hydropower development – Ecological Effects. I: Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. (red.): Atlantic salmon ecology, First edition. Wiley-Blackwell, side 351-385.
- Johnsen, S. I., Kraabøl, M., Brabrand, Å., Saltveit, S. J., Dokk, J. G. & Pavels, H. 2012. Fiskebiologiske undersøkelser i Bandak og Tokkeåi 2011. NINA Rapport 862, 50 s.
- Kraabøl, M., Museth, J., Skurdal, J. & Johnsen, S.I. 2012. Holder fisketrappene mål i forhold til Vannforskriften? Tidsskriftet VANN 4/2012, side 504-522.
- Kraabøl, M., A. Brabrand, T. Bremnes, J. G. Dokk, S. I. Johnsen, H. Pavels, S. J. Saltveit & E. Schartum 2014. Ferskvannsbioologiske undersøkelser i Tokkeåi og Bandakdeltaet. NINA Rapport. 955, 28 s.
- Kraabøl, M., Brabrand, Å., Bremnes, T., Heggenes, J., Johnsen, S. I., Pavels, H., Saltveit, S. J. 2015. Ferskvannsbioologiske undersøkelser i Tokkeåi. Sluttrapport for perioden 2010-2013 - NINA Rap-port 1050. 99 sider + vedlegg.
- Kraabøl, M. & Gregersen, F. 2017. Fiskebiologiske undersøkelser i Tokkeåi og Dalaåi ovenfor antatt vandringshinder for storørret. Multiconsult 129247-RIM-RAP-001.
- Köhler, B., Barton, D., Ruud, A. & Aas, Ø. (2016): Erfaringer fra gjennomførte vilkårsrevisjoner & behov for bedre beslutningsstøtte. <https://docplayer.me/38329377-Erfaringer-fra-gjennomførte-vilkårsrevisjoner-behov-for-bedre-beslutningsstotte.html>
- Laikre (red.) et al. 1999. Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the concerted action on identification, management and exploitation of genetic resources in brown trout (*Salmo trutta*) ("TROUTCONCERT"; EU FAIR CT97-3882)
- Lundqvist, H., Rivinoja, P., Leonardsson, K. & McKinnell, S. 2008. Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a regulated river and its effect on the population. Hydrobiologia, 602, 111-127.
- Montèn, E. 1985. Fisk och turbiner. Om fiskars möjligheter att oskadda passera genem kraftverksturbiner. Rapport fra Vattenfall. Stockholm 1985, 116 sider.

- Museth, J., Dervo, B., Brabrand, Å., Heggenes, J., Karlsson, S. & Kraabøl, M. 2018. Storørret i Norge – definisjon, status, påvirkningsfaktorer og kunnskapsbehov. NINA Rapport 1498. Norsk institutt for naturforskning.
- Nielsen, J.L., Carpanzano, C., Fountain, M.C. & Gan, C.A. 1997. Mitochondrial DNA and nuclear microsatellite diversity in hatchery and wild *Oncorhynchus mykiss* from freshwater habitats in southern California. Trans. Am. Fish. Soc. 126: 397-417.
- NVE/Miljødirektoratet 2013. Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022. Nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering. Rapport 49, 285 sider + vedlegg.
- Olje- og Energidepartementet (OED) 2012. Retningslinjer for revisjon av konsesjonsvilkår for vassdragsreguleringer. Y-0116 B. 61 sider.
- Pettersson, L. E. 2000. Flomberegning for Tokkeåi ved Dalen. Flomsonekartprosjektet. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, dokument nr. 16, 27 sider. ISSN: 1501-2840.
- Pulg, U., Espedal Olsen, E., Stranzl, S. & Postler, C. 2018. Kartlegging av gyte- og oppvekstområder for storaure i Tokkeåi i Telemark 2015 – 2017. LFI-rapport nr.: 307, 42 sider.
- Quinn, T. 2005. The behaviour and ecology of Pacific salmon and trout. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. University of Washington Press, Seattle and London. 378 sider.
- Saltveit, S.J., Brabrand, Å., Bremnes, T. & Pavels, H. 2018. Overvåkning av fiskebestandene i Tokkeåi i Telemark. Resultater fra undersøkelsene i 2018. Rapport nr. 75, 17 sider..
- Schartum, E. & Kraabøl, M. 2014. Undersøkelser av bekkeniøye i Bandakdeltaet og Tokkeåi , Telemark. Resultater fra undersøkelsene i 2012 og 2013. NINA rapport 1002; 37 sider.
- SusWater Policy Brief 2/2017. Environmental improvement through revision of terms of hydropower licences, 8 sider.
- The Skien-Telemarkens Tourist Club (red.) 1896. The most picturesque routes in southern Norway with map. New revised version. Skien 1896.
- Trae 2002. Flomsonekart for Dalen. NVE.
- Tranmæl, E. & Midttun, L. 2005. Vandrings- og bestandsundersøkelser av ørret (*Salmo trutta*) i et sterkt regulert elveøkosystem. Masteroppgave Høgskolen i Telemark, 80 s.
- Utter, F., Milner, G., Ståhl, G. & Teel, D. 1989. Genetic population structure of chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, in the Pacific northwest. Fishery Bulletin 87: 239-264.
- Wehrhahn, C.F. & Powell, R. 1987. Electrophoretic variation, regional differences, and gene flow in the coho salmon (*Oncorhynchus kistuch*) of southern British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 822-831.
- Young, K.A. 2004. Toward evolutionary management. Lessons from salmonids. I: Hendry, A.P. & Stearns, S.C. Evolution illuminated. Salmon and their relatives. Kap. 13, side 388-376.