

Adresseinformasjon fylles inn ved ekspedering. Se mottakerliste nedenfor.

Dato: 17.12.2021
Saksref: 201803932-18
Deres ref.: 200701245
Side: 1 / 5

Vår saksbehandler: Jan Christian Andreassen
Telefon:
Mobil: +47 95748601
E-post: Jan.Christian.Andreassen@banenor.no

Konsesjonssøknad Kjosfoss kraftverk med vannveier – svar på spørsmål fra NVE stilt den 26.05.2021, 16.09.2021 og 13.12.2021

Vi viser til e-poster fra Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) den 26.05.2021, 16.09.2021 og 13.12.2021, hvor NVE har bedt om svar på spørsmål knyttet til konsesjonssøknaden for Kjosfoss kraftverk med vannveier. Bane NOR søker med dette å svare ut de spørsmål som NVE har stilt.

Tidligere etterspurt tilleggsinformasjon fra NVE 26.05.2021

I brev av 26.05.2021 ba NVE bl.a. om en bedre faglig vurdering av konsekvensene for den laks- og sjøørretførende strekningen i Flåmselva. Det ble i den sammenheng også vist til høringsuttalelsen fra Statsforvalteren i Vestland som mente at virkningene på anadrom fisk var mangelfullt beskrevet i søknaden.

Vi ber derfor om en ny og grundigere vurdering av virkningene av dagens kraftverksdrift på den lakseførende strekningen. Vi forutsetter at vurderingen utføres av fiskefaglig og hydrologisk ekspertise. Vurderingene kan ta utgangspunkt i kraftverksdrift, tilgjengelige hydrologiske og fiskefaglige data og hvordan fysiske/morfologiske forhold i elveløpet spiller inn. Virkninger av en eventuell stans i kraftverket, med følgende brå reduksjon i vannføring fra full drift til 0,7 m³/s, må også inngå i vurderingen, jf. Statsforvalterens uttalelse.

Svar Bane NOR:

Bane NOR har engasjert Multiconsult (MC) som bistående faginstans, for å kunne svare ut ovennevnte spørsmål. En grundigere vurdering av virkningene av dagens kraftverksdrift på den lakseførende strekningen er nå gjennomført, og er dokumentert i egen rapport, se vedlegg.

Konklusjonen fra MC er følgende:

En samlet vurdering av forsøk med rask vannføringsreduksjon ved lav vannføring, studier av satellittfoto og befaringer av anadrom strekning, tilsier at opp- og nedkjøring av aggregat 1 ved Kjosfoss kraftverk har liten negativ innvirkning på ungfisk- og insektfaunaen på den anadrome strekningen. Middels negative effekter oppstår ved noen mindre arealer når vannføringen i elva er lav, mens det vurderes som lite sannsynlig at det oppstår skadelige effekter ved vanlige sommer- og høstvannføringer.

Det anslås skjønsmessig at de sårbare og utsatte arealene for strandingsproblematikk utgjør 2 000 – 2 500 m², tilsvarende 1,2 – 1,5 % av det anadrome arealet. En nedrampingshastighet på 3 cm/t er vesentlig lavere enn det som antas å være grenseverdien for sannsynlig skade (10-12 cm/t). Elvebreddene har i all hovedsak grov tekstur og bratt helning, noe som gjør at tørrlagte arealer blir små, selv om vannføringen er lav. Ved normal til høy vannføring, vil ikke en vannføringsvariasjon på 2,3 m³/s (tilsvarende aggregat 1) gi påviselig miljøskade på akvatisk fauna.

NVE spørsmål 1 fra 16.09.2021

Vi observerte at magasinene var godt fylt opp og at det var overløp over dammene inkludert på Reingungavatn, med relativt stor vannføring i Kjosfossen. Dette til tross for at det har vært en tørr vær-situasjon denne sommeren. Det ble opplyst om at damluka hadde 12,5 cm åpning i tillegg til overløp på selve damkrona. Om kvelden 13. september ble det lest av HRV + 10 cm, mens det var uleselig under selve befaringen. Kan dere anslå ca. hvor stor vannføringen i fossen var på befaringsdagen? Vi fikk forståelse av at kraftverket ikke var i drift, samtidig gikk det en god del vann i utløpskanalen. Hvor mye vann gikk igjennom kraftverket/utløpskanalen?

Svar Bane NOR:

Bane NORs vannmagasiner er relativt grunne, og vil både kunne fylles og tømmes raskt, dvs. i.a. relativt få dager. Det er helt normalt at magasinene i Flåmsvassdraget er fulle i sommerhalvåret, da tilsig og snøsmelting langt overstiger kapasiteten og slukeevnen til Kjosfoss kraftverk sine aggregater. Det er derfor helt normalt sommerstid med fulle vannmagasiner, god vannføring i elven og overløp på dammen ved Reingungavatn.

Når det gjelder åpning av damluka på 12,5 cm, så er dette en referanse til luken nedstrøms Klevavatn, og ikke bunnappelluken ved Reingungavatn! Slik sett er dette nok en misforståelse.

Det er observert noe lekkasjevann i utløpskanal for kraftverket, men ved befaringsstidspunktet var begge aggregater stanset og hvor bunnappelluken likeledes skal ha vært stengt, slik at vannet i all vesentlighet gikk over damkronen ved Reingungavatn. Det er mao. korrekt at Kjosfoss kraftverk ikke var i drift på befaringsdagen 14.9.2021, da kraftverket har fått fornyet sitt kontrollanlegg i.a. høsten 2021.

Vi har estimert at overløp over dammen på Reingungavatn på befaringsdagen 14.9.2021 var ca. 10 cm. Med en bredde på dammen på 41 meter, og en vannhastighet på ca. 0,7 m/s, vil dette kunne medføre en vannføring over dammen på estimert ca. 3,0 m³/s. Og som angitt var minimal vannføring gjennom kraftverket og hvor bunnappelluken var stengt.

Dette stemmer også bra med når en benytter NVE's basisformel for standardprofil:

$Q=C \cdot L_{\text{eff}} \cdot H_0^{3/2}$, hvor man med 10 cm overløp den 14.09.2021 og lengde på overløpet $L_{\text{eff}} = 41$ m, og regner med $C=2,15$, da får man en vannføring i fossen på ≈ 3 m³/s.

Den normale vannføringen gjennom rørgaten er avhengig av pådrag, produsert mengde kraft og kan variere mellom 0 og 4,6 m³/s. Et totalt rørbrudd vil kunne gi en bruddvannføring på $Q \approx 56$ m³/s, dette som funksjon av anleggets dimensjoner med rørdiameter $\varnothing=1250$ mm, høydeforskjell $\Delta h=91$ m, rørlengde $l=393$ m og Manningstall $M=110$.

NVE spørsmål 2 fra 16.09.2021

Vi har i brev fra Bane Nor av 27.08.2021 fått en vedlagt oversikt over driften av kraftverket (produksjonsvariasjoner) og vannstander/døgnregulering i Reingungavatn. Dette var også et tema på befaringen. Hvor nødvendig er døgnreguleringen, og hva vil konsekvensene være dersom det innføres restriksjoner på kjøringen av kraftverket for å redusere hyppige vannføringsendringer nedstrøms?

Svar Bane NOR:

Døgnreguleringen i Kjosfoss kraftverk er i dag helt nødvendig, da typisk tre forhold vil styre reguleringsbehovet:

- Naturlig variasjon i tilsig, vannstander i magasiner og vannføring i elven, som følge av snøsmelting (variasjoner i temperatur på morgen/kveld) gjør at energiproduksjonen i Kjosfoss kraftverk og pådrag på kraftverkets aggregater vil variere.
- Naturlig variasjon pga. kraftig/langvarig regnvær vil gi behov for høy energiproduksjonen i Kjosfoss kraftverk og pådrag på kraftverkets aggregater. Tilsvarende vil man i tørre perioder måtte kjøre aggregater med lavt pådrag eller stanse det ene/begge aggregater.
- Nødvendig vedlikehold av jernbanens kontaktledning, typisk intensivt på nattestid i sommerhalvåret, vil gjøre at 16,7 Hz-aggregatet vil måtte stanse om natten (når vedlikeholdet skjer). Vannforbruket gjennom kraftverket vil dermed variere fra dagtid (typisk fullt pådrag) til nattestid (typisk redusert pådrag pga. stans av 16,7 Hz aggregat). Fordi det sommerstid normalt er høy vannføring, vil slik variabel regulering ha svært begrenset virkning nedstrøms. Av måleserier for vannstander/døgnregulering i Reingungavatn, ser man at det reduserte pådraget pga. vedlikeholdsbehov ved lav vannstand, utgjør vannstandsendringen ca. 3 cm/t, noe vi vurderer vil gi liten til begrenset virkning for vassdraget samlet sett. Variasjoner dokumenteres også av vedlagte rapport for påvirkning av laksebestanden.

Konsekvenser av en potensiell innføring av restriksjoner på kjøringen av Kjosfoss kraftverk, for å redusere hyppige vannføringsendringer nedstrøms er:

- Tilsig i magasiner pga. snøsmelting og regnvær vil uansett bidra til at vannføringen i elven vil variere helt naturlig. Dette lar seg vanskelig regulere, og variabel vannføring vil dermed være helt naturlig for vassdraget.
- Variasjonene som er forårsaket av variabel aggregatkjøring (typisk pga. vedlikehold sommerstid), er relativt små (vannstandsendring ca. 3 cm/t), og vil etter Bane NORs vurdering ha liten til begrenset innvirkning på vassdraget nedstrøms inkludert for fiskebestanden i Flåmselva, se vedlagt rapport.
- Den eneste muligheten til å oppnå jevn kjøring av kraftverket (særlig sommerstid), vil være å slå av 16,7 Hz-aggregatet helt. Dette vil potensielt redusere kapasiteten til Kjosfoss kraftverk med 50 % (2,1 MVA), noe som selvsagt vil ha stor økonomisk betydning. En tvungen stans av nevnte aggregat vil på årsbasis kunne utgjøre inntektstap for Bane NOR på i størrelsesorden 3,0-4,0 MNOK/år (ut fra en estimert potensiell produksjon ca. 9.000 MWh/år). Samfunnsnyten ved kraftverksdriften vil dermed reduseres betydelig. Bane NOR kan ikke anbefale dette.

NVE spørsmål 3 fra 16.09.2021

I de gjeldende reguleringskonsesjonene er det ikke satt noen magasinrestriksjoner, f.eks. krav om høy sommervannstand eller tidspunkt for når magasinet skal være fullt. Ifølge opplysningene i konsesjonssøknaden har reguleringspraksis vært at alle magasiner umiddelbart fylles opp når snøsmeltingen starter, og at vannstanden kun unntaksvis er senket når landskapet ikke lenger er snødekt. Hvilke konsekvenser for kraftverksdrift, produksjon, flomhåndtering og eventuelt andre forhold ser dere dersom gjeldende reguleringspraksis formaliseres i nytt manøvreringsreglement (dvs. at det settes bestemmelser i reglementet om tidspunkt for oppfylling eller høy sommervannstand).

Svar Bane NOR:

Reguleringsmulighetene for Kjosfoss kraftverk og tilknyttede vannveier er begrensede, fordi magasinkapasiteten er relativt liten. Beregninger tilsier at man ila. kun 19 døgn ville kunne tømme det øverste magasinet (Klevavatn), dersom man åpnet lukene og produserte kraft på maksimalt nivå. Slik sett er man derfor i stor grad avhengig av rådende, naturgitte forhold som nedbør, frost og snøsmelting, som i stor grad vil bestemme tilsig, vannstander i magasinene og vannføring i elven.

Det er helt korrekt at reguleringspraksis for Kjosfoss kraftverk med vannveier fram til i dag har vært; at alle magasiner umiddelbart fylles opp når snøsmeltingen starter, og at generatorene startes opp på våren, når vannføringen igjen tillater kraftverksdrift. Fra forsommer til høst er det i normalår mer vann i magasiner og større vannføring i elven enn det som trengs for slukeevnen til generatorer i Kjosfoss kraftverk. Dette fører til overløp for demningen ved Reingungavatn, og normalt rikelig med vann i Kjosfossen. Kun unntaksvis, og i svært tørre år, er vannstanden senket i sommerhalvåret, hvor det da ikke er overløp.

Bane NOR ser i dag liten grunn til at det må etableres et nytt manøvreringsreglement, all den tid man i så stor grad er prisgitt naturgitte forhold som nedbør, frost og snøsmelting i Flåmsdalen, og at man dermed har liten mulighet til regulering pga. små magasiner. Normalt vil det derfor være høy vannstand i magasinene i sommerhalvåret, og ofte med overløp på dammen ved Reingungavatn.

Bane NOR ser videre at en variabel kjøring av 1-fase-generatoren, som i sommerhalvåret ofte må stanses på nattetid pga. vedlikehold på jernbanens kontaktledning, i liten grad vil påvirke en allerede høy vannstand i Flåmselva sommerstid. Likeledes vil en eventuell gradvis ned/oppregulering av pådrag i svært liten grad innvirke på vannstanden i Flåmselva sommerstid. Og vinterstid, med lavere vannføring, vil en variabel generatorkjøring kun være behov for i liten grad, da ønsket vedlikehold normalt gjennomføres på sommeren.

Nedenfor har vi vurdert virkningene av ulike forhold ved et potensielt nytt manøvrereglement:

Virkning for kraftverksdrift:

Et manøvrereglement vil ikke påvirke kraftverksdriften i stor grad. Man vil uansett være avhengig av tilstrekkelig tilsig og fylling av magasinene, og så vil oppstart av først ett, dernest det andre aggregatet, følge av tilgjengelig vann. Et evt. «pålegg» om jevn drift av aggregater sommerstid, vil ikke være mulig å etterkomme, da man for 16,7 Hz-aggregatet som produserer togstrøm vil måtte tilpasse seg vedlikehold av kontaktledningsanleggene, og man vil da måtte koble ut denne generatoren ved gjennomføring av nevnte vedlikehold på typisk nattetid. Et evt. pålegg om nedstengning av 16,7 Hz-aggregatet vil ha store negative økonomiske konsekvenser, og samfunnsnyttan vil ved et slikt grep reduseres betydelig.

Virkning for produksjon:

Som beskrevet for kraftverksdrift. For en kort periode på vår/høst vil man kunne ha nytte av lukestyring for å kunne holde en jevnere produksjon for hhv. ett og to aggregater i drift, men erfaringsmessig vil man ved overgang vinter/vår få snøsmelting og raskt komme opp i vannvolumer som gir full produksjon og snart også overløp. Ved overgang høst/vinter vil man tilsvarende redusere produksjonen etter tilgjengelig vann, og vil til slutt stanse begge aggregater vinterstid.

Virkning for flomhåndtering:

Ved flomsituasjoner vil man i så stor grad som mulig sørge for full energiproduksjon, full belastning på aggregater, og stor vanngjennomstrømning gjennom kraftstasjonen. Det er mulig å benytte lukestyring for særlig Klevavatn og Reingungavatn og slippe igjennom vann og kortvarig redusere overløp, men erfaringsmessig vil man uansett raskt få overløp over dammen ved Reingungavatn, noe som gir mye vann i Kjosfossen og elven nedstrøms.

Spørsmål fra NVE 13.12.2021

Viser til brev med tilleggsinformasjon datert 27.08.2021. I vedlegget med produksjonsdata opplyses det at jernbaneaggregatet kjøres på ca. 1 MW, mens det andre leverer en effekt på 1,8 MW, dvs. til sammen 2,8 MW.

Av konsesjonssøknaden fra 2019 fremgår at det er installert to generatorer med en samlet effekt på 4,2 MW, men at anlegget vil bli driftet på ca. 3,6 MW med begge turbiner i drift. Slukeevnen er oppgitt til 4,6 m³/s.

Vi ser at fra og med 2016 har maks levert effekt vært om lag 2,8 MW, mens den i perioden 2011-2016 lå på 3,6 MW. Betyr dette at driften av jernbaneaggregatet er redusert permanent? Er i så fall slukeevnen i kraftverket endret? Dersom det er kraftverksdata og/eller andre sentrale opplysninger i søknaden som må oppdateres, ber vi om det gjøres så raskt som mulig.

Svar Bane NOR:

Det er helt korrekt at det i Kjosfoss kraftverk er installert to generatorer med en samlet synytelse på 4,2 MVA (2 x 2,1 MVA), og med utnyttbar aktiv effekt på 3,6 MW (2 x 1,8 MW) med begge turbiner i full drift. Slukeevnen er da 4,6 m³/s til sammen.

Det er også korrekt at levert effekt den senere tiden har vært om lag 2,8 MW, mens den tidligere lå på 3,6 MW. Dette skyldes utfordringer med vibrasjoner på den ene generatoren, som dermed er driftet på lavere effekt enn installert.

Det er Bane NORs klare intensjon at begge generatorer skal kunne kjøres på full ytelse i fremtiden, enten ved at det gjøres tiltak på dagens aggregat eller at dagens aggregat fornyes, slik at aggregatet driftes på full installert effekt. Det er ikke Bane NORs ønske å nedskalere eller permanent drifte kraftverket med lavere ytelse enn den installerte effekten til kraftverkets generatorer.

Med vennlig hilsen

Jan Andreassen

Leder Energi Plan og prosjekt

Bane NOR SF

Energi, Drift og teknologi

Dokumentet er godkjent elektronisk og sendes uten signatur

Mottakere:

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE)

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT (NVE), Jan Sørensen

Kopi:

Energi, Vibeke Hodne

Energi Drift, Johan Stenvig

Asset Management, Ole Erik Almenningen

Vedlegg:

Rapport variabel vannføring i Flåmselvi - MC - 20211217

RAPPORT

OPPDRAAG	Ferskvannsbiologiske vurderinger av variabel vannføring i Flåmselvi	DOKUMENTKODE	10211607-01 RIM NOT
EMNE	Akvatisk biologi	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Bane NOR	OPPDRAAGSLEDER	
KONTAKTPERSON		SAKSBEH	Morten Kraabøl
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult AS, seksjon for naturressurser

SAMMENDRAG

En samlet vurdering av forsøk med rask vannføringsreduksjon ved lav vannføring, studier av satellittfoto og befaringer av anadrom strekning tilsier at opp- og nedkjøring av aggregat 1 ved Kjosfoss kraftverk har liten negativ innvirkning på ungfisk- og insektfaunaen på den anadrome strekningen. Middels negative effekter oppstår ved noen mindre arealer når vannføringen i elva er lav, mens det vurderes som lite sannsynlig at det oppstår skadelige effekter ved vanlige sommer- og høstvannføringer.

Det anslås skjønnsmessig at de sårbare og utsatte arealene for strandingsproblematikk utgjør 2 000 – 2 500 m², tilsvarende 1,2 – 1,5 % av det anadrome arealet.

En nedrampingshastighet på 3 cm/t er vesentlig lavere enn det som antas å være grenseverdien for sannsynlig skade (10-12 cm/t). Elvebreddene har i all hovedsak grov tekstur og bratt helning, noe som gjør at tørrlagte arealer blir små, selv om vannføringen er lav. Ved normal til høy vannføring, vil ikke en vannføringsvariasjon på 2,3 m³/s (tilsvarende aggregat 1) gi påviselig miljøskade på akvatisk fauna.

1. utkast	17.12.2021	Fiskebiologiske vurderinger	Morten Kraabøl		
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn og oppdragsbeskrivelse	3
2	Metodebeskrivelse	3
2.1	Studier av satelittbilder	3
2.2	Vannstandsmålinger og befaringer	3
3	Vassdragsbeskrivelse med reguleringer	4
3.1	Drift av Kjosfoss kraftverk.....	4
3.2	Leinafoss kraftverk.....	4
3.3	Lakse- og sjøørretbestanden i Flåmselvi.....	4
3.3.1	Laksebestanden	4
3.3.2	Sjøørretbestanden	4
4	Resultater fra analyser av satellittbilder.....	5
4.1	Bunntopografi og fysiske inngrep på anadrom strekning	5
4.2	Identifisering av grunne og sårbare områder i elva	5
5	Økologiske konsekvenser av variabel vannføring på anadrom strekning	12
6	Forsøk med rask reduksjon på 2,5 m ³ /s fra Kjosfoss dam og kraftverk	13
7	Befaring av elveleiet	13
7.1	Generelle vurderinger.....	13
7.2	Sårbare områder.....	14
8	Konklusjoner	16
9	Anbefalinger	16
10	Referanser.....	17

1 Bakgrunn og oppdragsbeskrivelse

Bane NOR SF søkte om fornyet konsesjon for Kjosfoss kraftverk og tilhørende reguleringer i Flåmsvassdraget den 5. juli 2019. NVE ba om mer utfyllende informasjon fra Bane NOR i brev datert 26. mai 2021. NVE støttet seg til Fylkesmannens (nåværende Statsforvalteren) i Vestland sin uttalelse om at virkningene på anadrom fisk bør belyses bedre enn det som kom frem av søknaden. Bakgrunnen er at Flåmselvi er et nasjonalt laksevassdrag, og status for laksebestanden oppgis som svært dårlig. Denne fiskebiologiske utredningen har til hensikt å gi utfyllende informasjon om de økologiske virkningene av variabel kraftverksdrift ved Kjosfoss kraftverk.

2 Metodebeskrivelse

2.1 Studier av satellittbilder

Denne utredningen har tatt utgangspunkt i hvordan vannføringen på anadrom strekning blir påvirket av regulering og variabel kraftverksdrift. For å belyse dette, er Flåmselva undersøkt ved hjelp av bildeanalyser av elveleiet. Fotogrunnlaget er satellittbilder (se f.eks Figur 1) som er hentet ut fra *norgebilder.no*. Bildene er vurdert med hensyn til

- Overordnet bunntopografi og fysiske inngrep på anadrom strekning
- Identifisering av grunne og sårbare områder i elva som kan bli helt eller delvis tørrlagt ved driftsstans og/eller driftsrelatert vannføringssenkning.

I tillegg ble det målt samlet lengde og areal på anadrom strekning. Arealoppmålingene ble gjort med utgangspunkt i antatt vanddekket areal ved normal vannføring. Definisjonen av elvebredd ble gjort ut ifra vurderinger av satellittbildene fra *norgebilder.no*.

2.2 Vannstandsmålinger

For å avgjøre påvirkningen av brå avslag av aggregat 1 i Kjosfoss kraftverk, ble det gjennomført vannstandsmålinger på anadrom strekning v/Flåm kirke og befaringer av elveleiet den 2., 3. og 4. desember 2021.

Vannstandsmålinger ble gjennomført etter en vannføringsreduksjon på 2,5 m³/s fra Kjosfoss. Reduksjonen ble gjennomført ved at det ble kjørt henholdsvis 1,3 og 2,3 m³/s i aggregatene 1 og 2, pluss 1,2 m³/s gjennom ei bunnluke i damanlegget. Da vannføringen ved Flåm kirke stabiliserte seg, ble aggregat 1 og bunnluke avstengt. Dette ga en rask vannføringsreduksjon på 2,5 m³/s.

Leinafoss kraftverk reagerte på det økte vannslippet ved at det ført kom vann over det faste overløpet på dammen. Deretter økte vannføringen i turbinene, noe som medførte både økning og senkning av vannstanden ved Flåm kirke. Etter kontakt med både driftspersonell og driftssentralen, ble kraftverket stabilisert, slik at den planlagte vannføringsreduksjonen kunne gjennomføres.

2.3 Befaring

Det ble gjennomført en befaring av anadrom strekning den 4. desember. Hele elvestrekningen ble besiktiget og fotografert. Hensikten var å søke etter sårbare/utsatte arealer som kan gi stranding av ungfisk og insektlarver. Søket ble gjort uavhengig av de identifiserte arealene som ble funnet ved studier av satellittbilder.

3 Vassdragsbeskrivelse med reguleringer

Søknaden om fornyet konsesjon for Kjosfoss kraftverk og tilhørende reguleringer innebærer ikke noen endring i driftsmønster. Driften forblir uforandret som den har vært siden kraftverket ble satt i drift i 1944.

3.1 Drift av Kjosfoss kraftverk

Driften av Kjosfoss kraftverk er variabel som følge av at ett av aggregatene er koblet til Flåmsbanen. Årsaken til at produksjonen, og dermed også vannføringen varierer, er at Kjosfoss Kraftverk og ett av aggregatene er direkte knyttet til drift av Flåmsbanen. Kraftverket består av 2 aggregater hvorav det ene (aggregat 2) på ca 1,8 MW leverer 3-fase strøm (50 Hz) til nettet. Aggregat 1 yter maksimum 1 MW og leverer 1-fase strøm (16 2/3 Hz). Dette aggregatet er installert utelukkende for å forsyne Flåmsbanen. Aggregatet leverer strøm etter behov i jernbanens kontaktledningsanlegg. Videre er Flåmsbanen som kjent en meget utsatt jernbanestrekning som krever stadig utbedringer og jevnlig vedlikehold. Dette arbeidet medfører at aggregatet må stoppes med hyppige mellomrom (primært nattetid) for å muliggjøre nødvendige utbedringer på jernbanen. Det finnes ingen steder å levere denne 1-fase-strømmen, og aggregat 1 må derfor stoppes. Det forekommer hyppigere stans av aggregat 2 på sommerstid, da det er større aktivitet på Flåmsbanen.

3.2 Leinafoss kraftverk

Leinafoss kraftverk ligger lenger ned i vassdraget rett oppstrøms anadrom strekning. Kraftverket driftes av E-CO. Leinafoss er et rent elvekraftverk uten reguleringsmuligheter. Kraftverket har krav til slipp av minstevannføringer på 3 m³/s om sommeren (15. mai – 15. september) og 0,7 m³/s om vinteren (16. september – 14. mai). Døgnreguleringer (skvalpekjøring) er ikke tillatt. Det antas at dette kraftverket ikke påvirker vannføringen nedstrøms i særlig grad, men under forsøkene den 3. desember 2021 medførte den økte vannføringen fra Kjosfoss at vannføringene gjennom turbinene og over det faste overløpet ved dam Skåla vekslet i størrelse. Dette ga raske utslag ved målestasjonen ved Flåm kirke. Hvorvidt dette var et engangstilfelle, eller om dette skjer ved raske vannføringsendringer fra Kjosfoss, er ukjent.

3.3 Lakse- og sjøørretbestanden i Flåmselvi

3.3.1 Laksebestanden

Flåmselvi har status som nasjonalt laksevassdrag og at bestandstilstanden for laks er karakterisert som svært dårlig. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) har beregnet gytebestandsmålet for Flåmselvi til 147-294 kg hunnlaks (snitt: 196). I henhold til kvalitetsnormen for villaks (2010-2014) ble bestanden betegnet som «svært dårlig». Tilsvarende tilstand ble også gitt for oppnåelse av gytebestandsmål, høstbart overskudd og genetisk integritet.

Laksen var fredet i periodene 1990-1993 og 1997-2002. Vassdraget ble stengt for fiske etter laks og sjøørret i 2009 etter vedtak i Flåm elveigarlag og det ble ikke åpnet for fiske i forskriften (fra fylkesmannen) før juli 2013. Det ble kun lovlig med fiske i juli måned i 2013 og 2014, og med pålegg om gjenutsetting av all villaks. Fra 2015 ble fisket igjen stengt. Telling av gytefisk i perioden 2013-2017 viste at gytebestandsmål oppnåelse og høstbart overskudd ble karakterisert som «Svært god».

3.3.2 Sjøørretbestanden

På Vestlandet er det lakselus som er den klart viktigste påvirkningsfaktoren som reduserer bestandsstørrelsene hos sjøørret. Deretter følger konsekvenser av vannkraft og arealinngrep. Deler av bestandene fra indre fjordområder, og som har lengre vandringer i fjordsystemene, vurderes å være spesielt utsatt for lusepåslag og påfølgende dødelighet.

Tilstanden til sjøørretbestanden er karakterisert som «Dårlig». Påvirkningsfaktorer med negativ betydning på bestanden oppgis å være arealinngrep og lakselus. Vannkraftregulering ble oppgitt å være en ubetydelig påvirkningsfaktor.

Reduserte fangster fra en topp på slutten av 1990-tallet. Ingen sjøørret rapportert avlivet etter 2008. Tellinger i perioden 2012-2017 tyder på nedgang i perioden. Tellinger i perioden 1987-1994 tyder på et større innsig i periode med større uttak av fisk. Fangstene på slutten av 1990-tallet større en innsiget i dag. Store flommer kan ha redusert ungfiskproduksjonen. Forbygninger og flomsikring (Anon. 2019).

4 Resultater fra analyser av satellittbilder

4.1 Bunntopografi og fysiske inngrep på anadrom strekning

Den anadrome elvestrekningen fra utløpet i fjorden og opp til steinterskel nedenfor Leinafoss kraftverk ble målt til 4.802 meter. Arealet av vanddekt areal ved antatt normal vannføring ble beregnet til ca. 165.000 m².

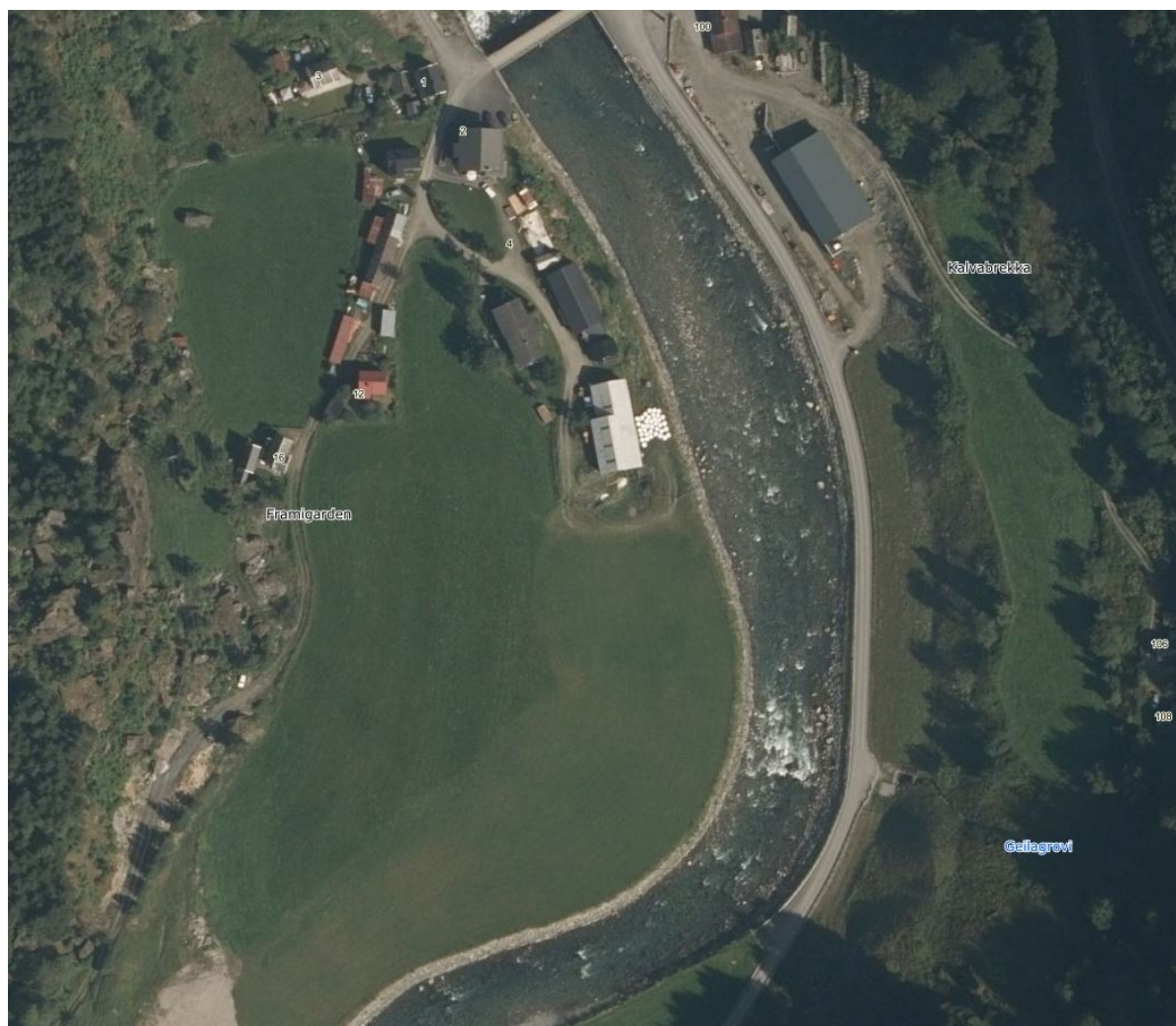
Elvas bunntopografi beskrives som utpreget homogen med en relativt flat bunnprofil med begrenset markering av dypål. Det er et fåtall dype høler på anadrom strekning. Substratets tekstur varierer fra grov blokkstein, steinører og grusansamlinger med kornstørrelse ned mot grov sand. En overordnet vurdering av habitatkvalitet for laks og sjøørret tilsier at det finnes egnede arealer for gyting og oppvekst for to-tre årsklasser, men det er en vesentlig mangel på høler med dype og rolige skjulområder (se eksempelbilde i Figur 1).

De to største og dypeste er Grindahølen og Steinshølen, men det også identifisert noen mindre høler. Det ble også observert 6 kunstige steinterskler som til dels lager mindre høler med roligere strømhastighet enn øvrige strykepartier. Det ble også observert flere rester av steinterskler som har erodert i stykker etter etablering. Bunnsubstratet beskrives som variert og antas å ha en dynamisk utforming, der flommer kan forandre elvebunnen i vesentlig grad.

Det er til sammen 7 vegbruer med tilhørende fysiske installasjoner i vannstrengen på anadrom strekning. Elvebreddene er gjennomgående kanalisert og flomforbygd med steinvoller inntil bredden (Figur 1). Det er kun begrensede områder som har naturlig variasjon i form av innsnevninger/viker, øyer med dynamiske elveløp og utstikkende bergknauser. Tilgrensende områder beskrives av intensive landbruksområder med begrenset kantvegetasjon. Resten av elvebredden består av fyllinger fra veger på begge sider av elva. Kun en mindre del av elvestrekningen har preg av godt etablert kantvegetasjon og semi-naturlige elvenære områder.

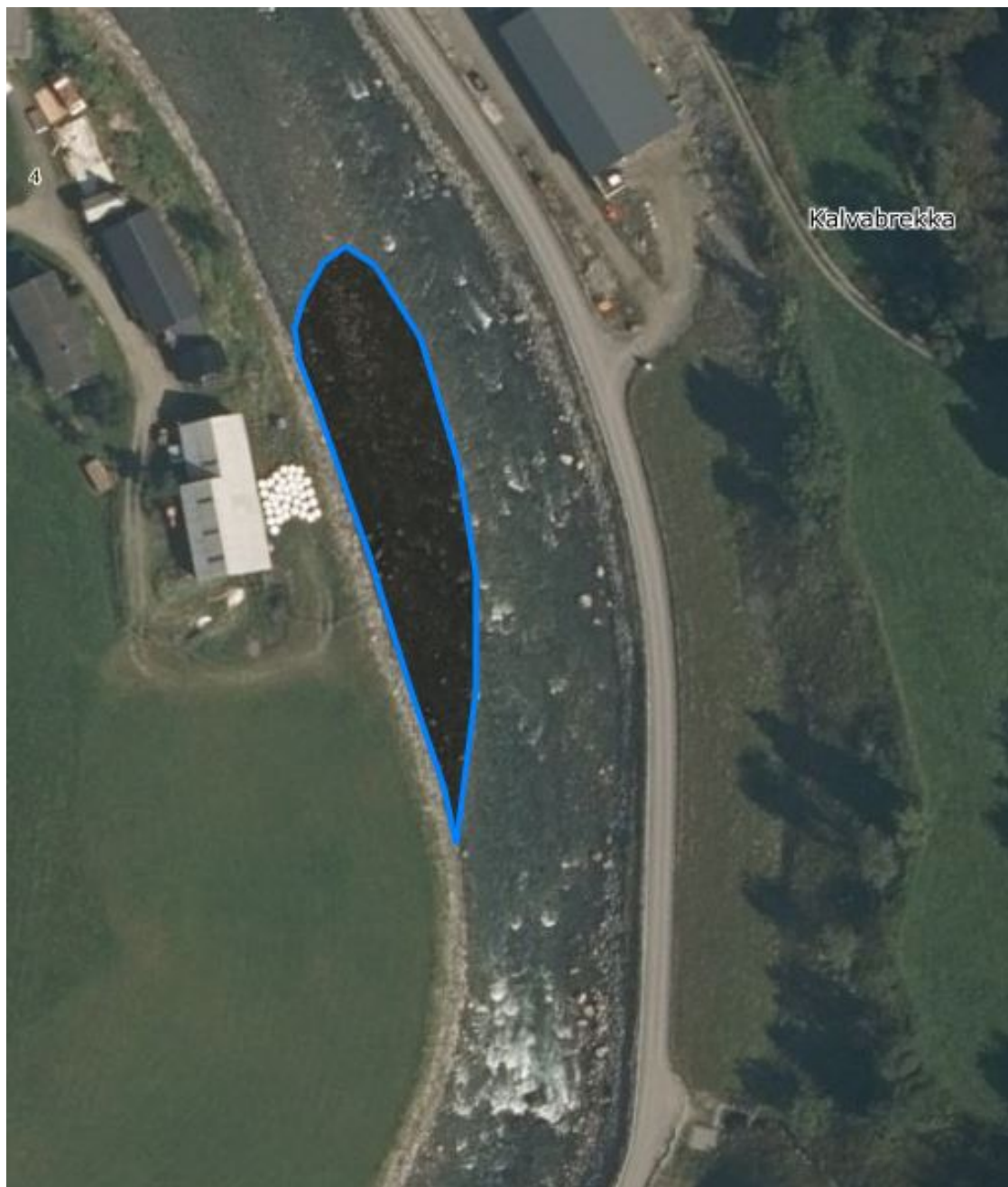
4.2 Identifisering av grunne og sårbare områder i elva

Satellittbildene ga grunnlag for å avgrense de grunneste arealene i elveleiet. Til sammen ble det identifisert 5 grunne områder som vurderes å være sårbare for vannstandsreduksjoner under lave vannføringer. Arealene på disse områdene varierte fra 277 til 2.926 m². Det presiseres at denne analysen kun omfatter grunne områder i elveleiet, og studier av satellittbilder gir ikke presis informasjon som kan brukes til å avgjøre om disse gruntområdene vil gi strandingsfare ved hurtige vannføringsreduksjoner. Dette blir derfor nærmere vurdert som følge av gjennomført befaringsden 4. desember 2021. Nedenfor gis en kort beskrivelse av de enkelte gruntområdene.



Figur 1. Satellittbilde fra elvestrekningen Geilagrovi og ned til bru ved Flåm kirke. Bildet illustrerer elveleiets topografi og øvrig inngrepsstatus med flomsikringer, vegfyllinger, bruer og dyrket mark langs Flåmselvi.

1. Grunt område på elvas venstre side ved Kalvabrekka. Området består av relativt grov, men variert, elvegrus i elvas innersving. Dette er et typisk deponiområde for elvegrus, og det antas at det er relativt stabilt og vedvarende, selv om arealet vil variere mellom år. Oppmålt areal er 1.389 m² (Figur 2).



Figur 2. Avgrensning av grunt og potensielt sårbart område ved Kalvabrekka.

2. Grunt område på elvas venstre halvdel ved Heimdal. Området består av grov grus og dels blokk- og storstein i elvas yttersving. Det antas at dette er et deponiområde for stor stein der hvor vannhastigheten er stor og presser steinene inn mot land i elvesvingen. Området vurderes som relativt stabilt og ble målt til 824 m² (Figur 3).



Figur 3. Avgrensning av grunt og potensielt sårbart område ved Heimdal.

3. Grunt område i høyre elveløp forbi Øyna. Elva deler seg i to løp på hver side av Øyna, og det høyre løpet er mest sårbart for tørklegging ved lave vannføringer. Det mest sårbare området ble identifisert inntil Øyna i nedre halvdel (Figur 4). Arealet består av finkornet og sortert elvegrus. Området vurderes som relativt ustabil, og kan variere mellom år. Arealet ble målt til 277 m². Det er mulig at det er flere sårbare områder i begge elveløpene forbi Øyna.



Figur 4. Avgrensning av grunt og potensielt sårbart område i høyre elveløp forbi Øyna.

4. Grunt område oppstrøms Brekke bru. Området består av middels til finkornet elvegrus på høyre side av elva. Substratet fremstår som homogent og mindre variert enn de øvrige identifiserte gruntområdene. Dette skyldes sannsynligvis at vannstrømmen ved høyere vannføringer er relativt jevn over dette området, og at det derfor er relativt homogen tekstur på deponert materiale. Arealet ble målt til 1.829 m² (Figur 5).



Figur 5. Avgrensning av grunt og potensielt sårbart område oppstrøms Brekke bru.

5. Grunt område ved Tjønni. Området består av finkornet og homogen elvegrus som er avsatt langs elvas høyre side. Det antas at hovedstrømmen i elva går langs venstre elvebredd, og at vannhastigheten ved flom er såpass jevn at den deponerte elvegrusen blir relativt homogen. Gruntområdet vurderes som relativt stabilt som følge av forekomsten av store og gamle trær. Arealet ble målt til 2.926 m² (Figur 6).



Figur 6. Avgrensning av grunt og potensielt sårbart område ved Tjønni.

Summen av de 5 identifiserte gruntområdene utgjorde 7.239 m². Felles for disse potensielt sårbare gruntområdene er at de består av grus- og steinavsetninger som er forbundet med elvebredder i inner- eller yttersving. Det finnes også andre grunne områder i midtre deler av elveleiet som kan utgjøre et problem ved reduksjoner av vannføring, men en foreløpig vurdering tilsier at

strandingsrisiko for ungfisk og akvatiske insekter er lavere enn de identifiserte områdene som er beskrevet ovenfor.

Satellittbildene gir begrenset grunnlag for å identifisere og arealberegne sårbare områder. Av den grunn ble det gjennomført en befaring av elveleiet, slik at arealene kunne vurderes ved bruk av en annen metode. Dersom det likevel legges til grunn et 2 meter bredt sårbart område på begge sider av den anadrome strekningen, tilsier dette et samlet areal på 19.208 m². Tabell 1 gir en oversikt over sårbare arealer ved vannstandsreduksjoner og driftsstans i perioder med lav vannføring i vassdraget.

Tabell 1. Oversikt over identifiserte sårbare områder, topografisk beskrivelse og areal der ungfisk og akvatiske insekter kan strande ved hurtige vannføringsreduksjoner (kraftverksdrift og -utfall).

Område nr	Lokalitet	Beskrivelse	Oppmålt Areal (m ²)	% av samlet elveareal
1	Kalvabrekka, venstre side	Grov og variert elvegrus	1.389	0,84
2	Heimdal, venstre side	Stor stein	824	0,50
3	Øyna, høyre elveløp	Finkornet og homogen elvegrus	277	0,17
4	Brekke bru, høyre side oppstrøms	Middels til finkornet elvegrus	1.829	1,11
5	Tjønni, høyre side	Finkornet og homogen elvegrus	2.926	1,78
Elvebredder	Begge sider av anadrom strekning	Hovedsakelig grove steinfyllinger mot elvebunnen	19.208	11,64
SUM	-	-	26.447	16,03

5 Økologiske konsekvenser av variabel vannføring på anadrom strekning

Det samlede arealet av de antatt mest sårbare områdene i elveleiet, slik de er vurdert gjennom satellittbilder, omfatter 16 % av det totale elvearealet. Dersom det er slik at disse områdene blir helt eller delvis tørrlagt i forbindelse med varierende vannføring og driftsstans i Kjosfoss kraftverk i perioder med lav vannføring, og at de har en utforming som tilsier høy grad av stranding av ungfisk og insekter, vurderes dette å være en alvorlig påvirkningsfaktor. De økologiske konsekvensene kan derfor være betydelig negative når de vurderes i lys av at Flåmselvi er et nasjonalt laksevasdrag som er påvirket av flere andre inngrep.

Hvorvidt de identifiserte områdene faktisk blir tørrlagt i slike situasjoner, ble undersøkt den 4. desember 2021 i form av befaring og besiktigelse av anadromt elveleie områdene ved lav vannføring. Dette vil kunne bidra til å gi et vesentlig bedre grunnlag for å vurdere økologiske konsekvenser.

Variasjonen i tekstur på de sårbare områdene tilsier at eventuelle tørrlegginger vil kunne påvirke ungfisk i alle stadier frem til smoltutvandring. Dette begrunnes med at egg, årsyngel og eldre parr og pre-smolt fordeler seg slik at de har egnede skjulforhold. Egg og årsyngel finnes i størst grad på finkornet elvebunn, mens de søker grovere substrat med større hulrom etter hvert som de vokser frem mot smoltifiseringen.

6 Forsøk med rask reduksjon på 2,5 m³/s fra Kjosfoss dam og kraftverk

Den 3. desember kl. 07:15 ble det sluppet til sammen 4,8 m³/s fra Kjosfoss dam og kraftverk. Fra kraftstasjonen ble det sluppet 2,3 m³/s gjennom 3-fase aggregatet, 1,3 m³/s fra 1-fase aggregatet. Fra dammen ble det sluppet 1,2 m³/s gjennom ei bunnluke. Forskjellene i slippsted ble ikke vektlagt under forsøket.

Utover formiddagen ble det målt både stigende og synkende vannføring ved Flåm kirke. Dette til tross for av vannslippet fra Kjosfoss fortsatt var konstant. Ved Leinafoss ble det observert variabel vannføring over det faste overløpet ved dam Skåla, og ut fra turbinavløpet. Etter flere avklaringer ble det antatt at dette skyldes av den økte vannføringen fra Kjosfoss medførte en periode med varierende vannføringer over dam og gjennom turbinene. Situasjonen ble stabilisert, slik at forsøket kunne gjennomføres. Vannføringene gjennom aggregat 1 og bunnluka ble stanset kl. 15:00, tilsvarende en brå vannføringsreduksjon på 2,5 m³/s.

Målinger av vannstanden ble utført hver halvtime fra kl. 15:00 til 21:30. Vannstanden holdt seg stabil frem til kl. 17:30. Fra dette tidspunktet og frem til 20:30 sank vannstanden med 9 cm. Dette tilsvarer en vannføringssenkning på 3 cm/t. Målingene etter 20:30 viste konstant og stabilisert vannstand (Tabell 2).

Dagens tilstand på aggregat 1 er noe redusert, slik at det ikke var forsvarlig å kjøre med full belastning. Under normale forhold gir dette aggregatet en vannføring på 2,3 m³/s. Forsøket ble derfor gjort med noe større vannføringsreduksjon enn det som er tilfellet under normale forhold.

Tabell 2. Måletall for vannstand ved Flåm kirke hver halvtime i perioden kl. 15:00 til 21:30 den 3. desember 2021. Vannstanden ved forsøksstart var 70 på vannmåleren ved brua, og dette ble gitt verdien 0 i tabellen.

Klokkeslett	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30
Vannstand	0	0	0	0	0	0	-1	-3	-4	-5	-7	-9	-9	-9

Det vurderes slik at en maksimal vannstandssenkning på 3 cm/t ved brå avslag av aggregat 1 ikke vil medføre vesentlige strandingsproblemer av ungfisk og akvatiske insekter på den anadrome strekningen i Flåmselva. Det anbefales likevel at det etableres prosedyrer for gradvis avstengning av dette aggregatet, mest som et føre-var prinsipp.

7 Befaring av elveleiet

7.1 Generelle vurderinger

I forkant av forsøket kom det nysnø som la seg i elveleiet. Dette gjorde befaringsforholdene gunstige, med tanke på å se hvilke arealer som ble påvirket av forsøkene som ble gjennomført dagen i forveien. Det bemerkes at den reelle vannføringsvariasjonen var noe større enn det som ble målt, ettersom Leinafoss kraftverk ga varierende vannføringer over dam og gjennom turbinene i en periode.

Elvebreddene i Flåmselva er sterkt preget av flomforbygninger. Disse er imidlertid noe tilbaketrukket, slik at elvebreddene fremstår som relativt naturlige. Breddene har også en gunstig helningsgrad, slik at det i liten grad skjer avsnøringer av vannpytter ved reduksjon av vannføring. Substratet i elvebreddene er gjennomgående grovt med god porøsitet (hulrom), og det vurderes

slik at de har en utforming som gjør at de i liten grad er sårbare for stranding av ungfisk og insektlarver.

Ved enkelte områder ble det likevel funnet grusører med finere tekstur og flate arealer, og som derfor antas å være mer utsatt for strandingsproblematikk. Arealene av disse områdene er ikke beregnet, men de anslås skjønnsmessig til å være mindre enn 10 % av det sårbare arealet som ble beregnet ut ifra satellittfoto (Tabell 1).

7.2 Sårbare områder

Det øverste området som ble identifisert ut ifra befaringen var ei grusør ved Kalvbrekka, like oppstrøms bru og vannmålerstasjonen ved Flåm kirke (Figur 7). Dette området ble også identifisert ved bruk av satellittfoto (Figur 2). Dette området vurderes som sårbart for vannstandsreduksjoner ved lave vannføringer, men det er ingen områder som blir helt avsnørt. Det er også et indre løp som gir vanngjennomstrømming i grusen.



Figur 7. Sårbart areal (rød ring) ved Kalvbrekka, like oppstrøms bru ved Flåm kirke. Området samsvarer med det som er angitt i Figur 2.

Det andre området som ble identifisert som sårbart var vis-a-vis Flåm skole. Grusøra har gjennomslag av vann fra en liten bekk, og det er et mindre areal inntil vegfyllingen som kan avsnøres ved vannstandsreduksjoner.



Figur 8. Sårbart areal (rød ring) ved Flåm skole.

Ved Flåm samfunnshus ble det funnet ei grusør med finkornet tekstur med forsenkning (Figur 9). Dypålen går helt inntil veien på motsatt siden, og grusøra dannes antakeligvis av at det dannes ei bakevje ved flom og/eller høye vannføringer. Deponi av fin grus skjer antakeligvis i et dynamisk forhold til de ulike flomvannføringene. Forsenkningen fungerer som ei felle for ungfisk og insektlarver, og det var aktivitet med kråkefugl (og trost) i denne vannpytten. Dette arealet er sterkt utsatt for stranding, men kun ved lave vannføringer.



Figur 9. Utsatt areal ved Flåm samfunnshus med stor fare for stranding av ungfisk og insektlarver ved raske vannføringsreduksjoner.

8 Konklusjoner

En samlet vurdering av forsøk med rask vannføringsreduksjon ved lav vannføring, studier av satellittfoto og befaringer av anadrom strekning tilsier at opp- og nedkjøring av aggregat 1 ved Kjosfoss kraftverk har liten negativ innvirkning på ungfisk- og insektfaunaen på den anadrome strekningen. Middels negative effekter oppstår ved noen mindre arealer når vannføringen i elva er lav, mens det vurderes som lite sannsynlig at det oppstår skadelige effekter ved vanlige sommer- og høstvannføringer.

Det anslås skjønnsmessig at de sårbare og utsatte arealene for strandingsproblematikk utgjør 2 000 – 2 500 m², tilsvarende 1,2 – 1,5 % av det anadrome arealet.

En nedrampingshastighet på 3 cm/t er vesentlig lavere enn det som antas å være grenseverdien for sannsynlig skade (10-12 cm/t). Elvebreddene har i all hovedsak grov tekstur og bratt helning, noe som gjør at tørrlagte arealer blir små, selv om vannføringen er lav. Ved normal til høy vannføring, vil ikke en vannføringsvariasjon på 2,3 m³/s (tilsvarende aggregat 1) gi påviselig miljøskade på akvatisk fauna.

9 Anbefalinger

Det anbefales likevel at det utarbeides en prosedyre for mer langsom stans og oppstart av aggregat 1. Begrunnelsen er at denne utredningen er basert på relativt enkle undersøkelser, og det kan være at det hadde blitt avdekket noen flere sårbare arealer ved anvendelse av mer omfattende metoder og analyser. Dette som et føre-var prinsipp.

Det anbefales også at det vurderes enkle tiltak for å redusere sårbarheten til de påviste områdene med strandingsrisiko. Dette kan for eksempel gjøres ved påfylling av masser, graving av små kanaler som drenerer innestengt vann (se spesielt Figur 9).

10 Referanser

Anon. 2019. Klassifisering av tilstanden til 430 norske sjøørretbestander.

Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 7, 150 s.

NINA 2016. Miljøvirkninger av effektkjøring; kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri. NINA temahefte 62, 205 sider.