

Rapport

Skien Kraftproduksjon AS

PROSJEKT

Opprustning og utvidelse av Klosterfoss
kraftverk

EMNE

Detaljplan for miljø og landskap

DATO / REVISJON: 6. april 2017 / 04

DOKUMENTKODE: 122280-7-RIVass-RAP-100



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult og NINA på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalene. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult og NINA har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult 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 NINA eller eventuell annen opphavsrettshaver.

Forside foto: Turbininntaket i Hjellevann 25. august 2015 v/M.Kraabøl

RAPPORT

PROSJEKT	Opprustning og utvidelse av Klosterfoss kraftverk	DOKUMENTKODE	122280-7-RIVass-RAP-100
EMNE	Detaljplan for miljø og landskap	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Skien Kraftproduksjon AS	OPPDRAGSLEDER	Jan Høiseth
KONTAKTPERSON	Bjørnar Petersen	UTARBEIDET AV	Jan Høiseth, Morten Kraabøl med flere
		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult 1084 Maskin

SAMMENDRAG

Denne rapporten presenterer en revidert detaljplan for tekniske løsninger som skal gi bedre opp- og nedvandringsmuligheter for fisk forbi Klosterfoss kraftverk. Slukeevnen ved kraftverket skal gjennom opprustnings- og utvidelse økes fra 240 til 320 m³/s ved å øke den installerte effekten fra 11 MW til 14 MW. De nye turbinenes hydrauliske utforming og redusert antall turbinblad fra 4 til 3 har redusert dødeligheten ved turbinpassasje med 20 – 30%. NVE har gitt innspill vedrørende passasje av fisk til tidligere detaljplaner, siste gang i august 2016 til detaljplan versjon 02, og i denne rapporten versjon 03 har vi forsøkt å etterkomme, besvare eller imøtegå NVEs kommentarer.

Før tiltaket er det kun fisketrappa som kan konkretiseres som et tiltak for fiskepassasje forbi kraftverket. I forbindelse med o/u-prosjektet skal det etableres to nye fiskepassasjer for nedstrøms vandringer av laks, sjørøtt, ål og niøye i ulike livsfaser. Disse passasjene vil utformes med spesialkonstruerte fiskeinnganger på overvannssiden av kraftverket, automatiske fisketellere og stor fleksibilitet i vannføring og tilhørende ledekonstruksjoner. Begge rørene vil bli dimensjonert for å kunne føre opp til 3,5 m³/s, som er mer enn konsesjonspålagt vannføring på 2,5 m³/s. Dette gir stor grad av fleksibilitet og muligheter for senere tilpasninger for optimalisering av funksjonalitet. Innvendig struktur utformes slik at fisken ikke støter på fysiske hindringer. Rørene vil kunne ut i undervannet mellom turbinavløpet og fisketrappa, og dermed vil rørene få en dobbelt funksjon ved at de også gir fleksibel attraksjonsvannføring ved fiskeinngangen til trappa. Retningen på den utgående strømmen fra rørene kan justeres i ettertid for å finne fram til best mulig effekt.

Det nederste røret er hovedsakelig tiltenkt nedvandrende blankål som vandrer om høsten. I følge faglitteraturen skjer ålens vandringer nær elvebunnen, og det er derfor planlagt en skråstilt ledemur i forkant av varegrinda som leder ålen bort til fiskerørets inntak. Inntaket vil bli dekket av ei lukket kasse som vurderes som attraktiv for ål.

Funksjonaliteten til denne tekniske løsningen vil bli forsterket av lyskastere som monteres på varegrindas nederste flyndre og lyssetter området mellom ledemuren og varegrinda. Ålen unngår belyste områder, og vil derfor holde seg i den skyggelagte oppstrøms side. Oppstrøms side av ledemuren kan også utstyres med steiner eller andre elementer som bidrar til at ålen oppholder seg og beveger seg langs muren mot fiskerørets inntak. En automatisk fisketeller er planlagt montert på røret i samlelummen for å logge fiskevandringene.

Det øverste røret er hovedsakelig tilpasset nedvandrende smolt og vinterstøing av laks og sjørøtt om høsten etter gyting og om våren før vårflommen gir forbitapping over flomlukene. Rørets inntak plasseres i hjørnet på søndre side av turbininntaket, og utnytter fiskenes oppholdssted i den rolige tilbakeslagssona som skapes av betongveggen over varegrinda. Inntaket konstrueres som et 2,5 m bredt overløp hvor vanninntaket kan reguleres vertikalt og horisontalt med bjelker og nålestengsler for fleksibilitet i bredde og høyde på vanninntaket. En automatisk fisketeller er planlagt montert på røret i samlelummen for å logge fiskevandringene. Fiskeinntaket vil også kunne belyses med egnet lyskilde for å forbedre effektiviteten om natten.

04	06.04.2017	Revidert iht. kommentarer fra NVE per februar 2017	JANH, MKR	MKR	JANH
03	18.01.17	Revidert iht. kommentarer fra NVE per august 2016	JANH, MKR	MKR	JANH
02	30.10.15		JANH, MKR	MKR	JANH
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Så vel nye som gamle turbiner kan beskrives som store, grovskovlede med lavt turtall. Nylig utførte beregninger ved EKOM viser generelt lav dødelighet og spesielt når det gjelder fisk med smoltstørrelse under turbinpassasje ved høye driftsvannføringer. De nye turbinene i Klosterfoss kraftverk har gjennomgående lavere dødelighet sammenliknet med de gamle turbiner, noe som hovedsakelig skyldes overgang fra fire til tre roterende skovler og større slukeevne. Medianverdiene for dødelighet ved driftsvannføringer 48, 72, 96 og 120 m³/s er beregnet til å være 20 – 30% lavere for nye turbiner sammenliknet med gamle turbiner. Lavere dødelighet gjelder samtlige fiskelengder i intervallet 10 – 70 cm. Nye og mer fiskevennlige turbiner må betraktes som et tiltak for å øke overlevelsen for fisk under utvandring.

Det er utarbeidet et kostnadsoverslag for bygging av de to fiskerørene på 14,65 millioner kroner basert på budsjettpriser fra entreprenører/leverandører og erfaringspriser.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
1.1	Om anleggseier	6
1.2	Organisasjonskart	7
1.3	Om anlegget.....	8
2	Lokalisering og eksisterende situasjon	9
2.1	Flom- og skredfare	11
2.2	Forholdet til andre myndigheter.....	11
2.2.1	Plan- og bygningsloven	11
2.2.2	Verneområder.....	11
2.2.3	Kulturminner.....	11
2.2.4	Forhold til forurensningsloven	11
2.3	Andre forhold.....	12
2.3.1	Viktige naturtyper og rødlistearter	12
2.3.2	Spesielt verdifull vegetasjon	12
2.3.3	Andre utfordrende partier som må vies spesiell oppmerksomhet	12
2.4	Fremdriftsplan	13
3	Beskrivelse av tiltaket	13
3.1	Styrende forutsetninger fra konsesjonen	13
3.2	Problemområder og avbøtende tiltak.....	14
3.3	Oversiktskart	15
3.4	Arealbruksplan	15
3.5	Anleggsdeler	16
3.5.1	Generelt	16
3.5.2	Inntak	16
3.5.3	Vannvei	17
3.5.4	Vannslipp og vannuttak	17
3.5.5	Kraftstasjon og øvrig bygningsmasse	17
3.5.6	Veibygging, riggområder	17
3.5.7	Masseuttak, deponi og tipp	18
3.5.8	Tilknytning til nettet.....	18
4	IK-vassdrag	18
5	Fiskepassasjer	18
5.1	Arrangementsforslag	18
5.2	Hydraulisk beregning	24
5.3	Funksjonalitetsvurderinger	25
5.3.1	Neddykket ålerør med tilhørende ledevegg langs bunnen	25
5.3.2	Smoltrør i overflaten.....	26
5.3.3	Fiskerørenes utløp på undervannssiden	27
5.3.4	Lyssetting av turbininntakene med tidsmessig synkronisering	28
5.4	Utstyr og plassering for fisketelling	28
6	Fiskefaglig vurdering av konsesjonspålagt ålerør	28
7	Beregninger av dødelighet for gamle og nye turbiner	29
8	Modellering og strømningsanalyse av finmasket inntaksrist	30
8.1	Modellbeskrivelse	30
8.2	Resultater	30
8.3	Resultatvurdering	31
9	Evt. tiltak for åleoppvandring.....	31
10	Telemetriundersøkelse for kartlegging av utvandrende fisk	32
11	Kostnadsoverslag for konsesjonspålagte tiltak	32
12	Konklusjoner.....	32
13	Litteratur	33
14	Vedlegg.....	36

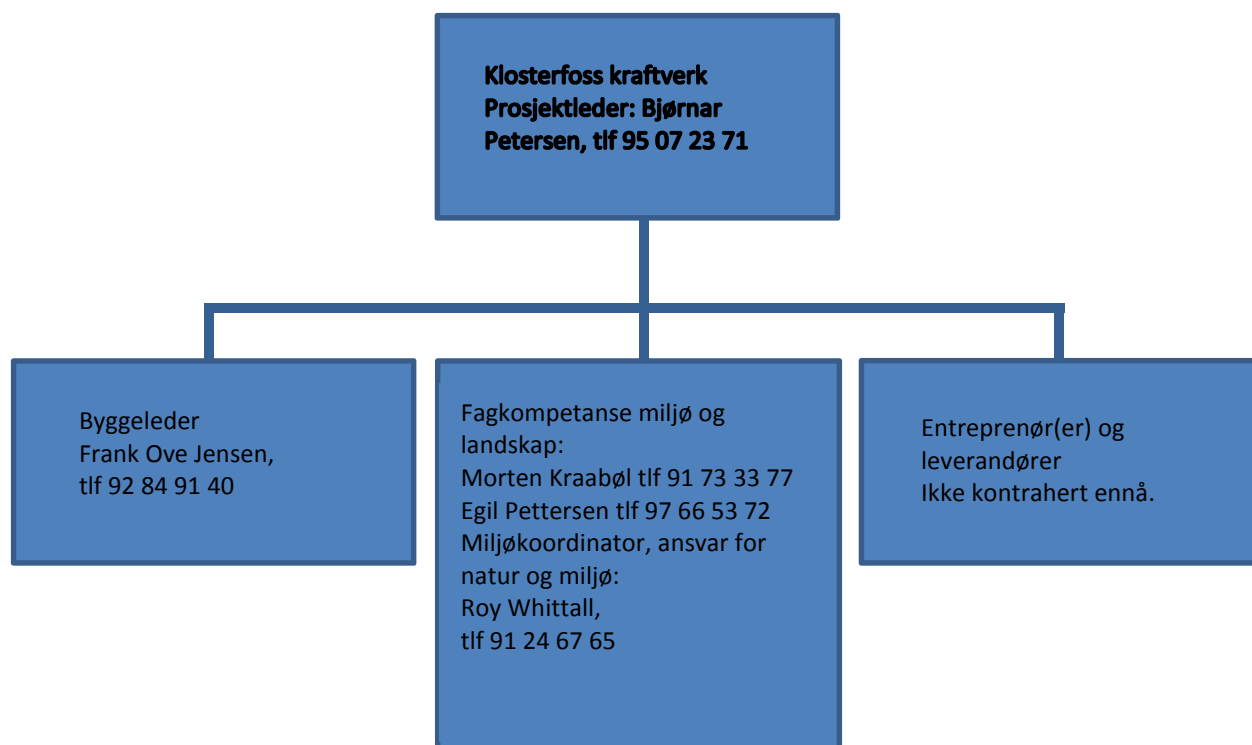
1 Innledning

Denne detaljplanen er utarbeidet iht. NVEs «Veileder for utarbeidelse av detaljplan for miljø og landskap for anlegg med vassdragskonsesjon» nr. 3 – 2013. Versjon 01 av detaljplanen ble oversendt NVE 13. januar 2014. I brev datert 15. februar 2015 pekte NVE på mangler i detaljplanen. I møte på NVEs hovedkontor 29. mai 2015 diskuterte partene SKP/MC og NVE elementer av detaljplanen og mulige endringer, begrensninger og videre detaljering. Versjon 02 av detaljplanen ble oversendt NVE 4. november 2015 og gjennomgått på NVEs hovedkontor 16. november samme år. NVEs kommentarer til detaljplan Versjon 02 er datert 19.08.2016. I tillegg bør det nevnes at representanter for NVE, SKP og Multiconsult møttes på Klosterfoss 11. august 2016. Hensikten med inspeksjonen var å se nærmere på planlagte løsninger for slipp og dokumentasjon av pålagt minstevannføring som gitt i utkast til detaljplan Versjon 02. Denne Versjon 03 av detaljplanen er et forsøk på å imøtekomme NVEs forventninger innenfor de teknisk-økonomiske begrensningene.

1.1 Om anleggseier

Konsesjonær	Navn: Skien Kraftproduksjon AS (SKP)	Tlf: 63 82 33 00
	Kontaktperson: Bjørnar Petersen	Tlf: 95 07 23 71
Kommune	Skien kommune	
Fylke	Telemark	
Konsesjon	Vassdragskonsesjon iht Vannressursloven §8, datert 29.08.2012. Ref 201004685-14 ksk/ingu	
Vassdragsnr.	016.A222	
Tiltakets navn	Opprustning og utvidelse av Klosterfoss kraftverk	
Organisasjonsnr.	985316406	
Adresse	Pausvegen 6	
	1927 Rånåsfoss	
Kontaktinformasjon byggefase	Kontaktperson: Bjørnar Petersen	Tlf: 95 07 23 71
	Prosjektleder – byggefase: Bjørnar Petersen	Tlf: 95 07 23 71
	Byggeleder: Frank Ove Jensen	Tlf: 92 84 91 40
	Fagkompetanse miljø – og landskap: Morten Kraabøl og Egil Pettersen	Tlf: 91 73 33 77 Tlf: 97 66 53 72
Kontaktinformasjon driftsfase	Kontaktperson: Sverre Revhaug	Tlf: 91 37 70 11
	Daglig leder: Tom Flattum	Tlf: 91 78 03 42
	Fagkompetanse miljø – og landskap: Sverre Revhaug	
	Tilsynsperson/oppfølging miljø – og landskap: Sverre Revhaug	
Sikkerhetsklasse	Klasse 1	
	VTA Trond Andresen	
Annet		

1.2 Organisasjonskart



1.3 Om anlegget

Opprustning og utvidelse av Klosterfoss kraftverk omfatter fornyelse av turbiner, generatorer, samt apparat og kontrollanlegg i kraftstasjonen og nytt nødstrømsaggregat. Arbeidene har pågått i perioden 2015 – 16 inne i kraftstasjonens maskinsal, turbinetasje og i vannveien under stasjonsbygningen, og de ble fullført i november 2016. Vannføringen gjennom stasjonens to turbiner er begrenset til 240 m³/s inntil tiltak iht. denne detaljplanen er etablert.

Grunnlagsdata for anlegget

Tema	Hentet fra NVEs vedtak	Endringer som følger av konsesjonen i forhold til eksisterende anlegg uten konsesjon
Kun ett alternativ	Opprustning og utvidelse	Økt slukeevne og installert effekt ved modernisering av elektromaskinteknisk utstyr
Inntak (kote)/type	HRV 5,02 moh/Rist montert i betongramme støpt mot fjell	Ingen endring.
Vannvei	Elvekraftverk med kort inntaks- og avløpskanal. Total lengde for inntakskanal, turbintilløp, sugerør og avløpskanal er 101 m.	Ingen endring.
Kraftstasjon (kote)	Kjøresterk plattform med heiseluke 8,5 moh Maskinsal 3,0 moh Senterlinje turbiner -2,4 moh	Ingen endring.
Overføringer	Ingen overføringer.	
Største slukeevne	2 x 160 m ³ /s = 320 m ³ /s	Økning fra 240 m ³ /s.
Minste driftsvannføring	50 m ³ /s	Ingen endring.
Installert effekt	2 x 7 MW = 14 MW	Økning fra 2 x 5,5 MW = 11 MW
Generatorytelse (dokumentasjon)	2 x 7,5 MVA = 15 MVA	Økning fra 2 x 5,67 MVA = 11,34 MVA
Antall turbiner/turbintype	2 stk. rørturbiner	Ingen endring.
Vei	Perm. veiadkomst fra Dir. Smidths gate 100 m fra kryss i Klostergata.	Ingen endring.
Avbøtende tiltak	Fisketrapp 1 m ³ /s i perioden 1.mai - 1. desember	Ingen endring.
	Fiskerør for ål 2,5 m ³ /s 15. april til 15.juni	Nytt tiltak.
	Fiskerør for smolt 2,5 m ³ /s 15. april til 15.juni	Nytt tiltak.
	Nordre flomluke 10 m ³ /s i perioden 15. april til 15.juni	Nytt tiltak.
	Fiskerør for ål 2,5 m ³ /s 15. august til 15. november	Nytt tiltak.
	Fiskerør for smolt 2,5 m ³ /s 15. august til 15. november	Nytt tiltak.
	Måleanordning for registrering av minstevannføring	Nytt tiltak.
Tippmasser	Ingen tipp. Små materialmengder som blir levert til offentlig godkjent mottak.	

Temaer som det søkes endringer i og argumentasjon for dette

Endring	Søkers forklaring og utdypende opplysninger
Ingen endring	

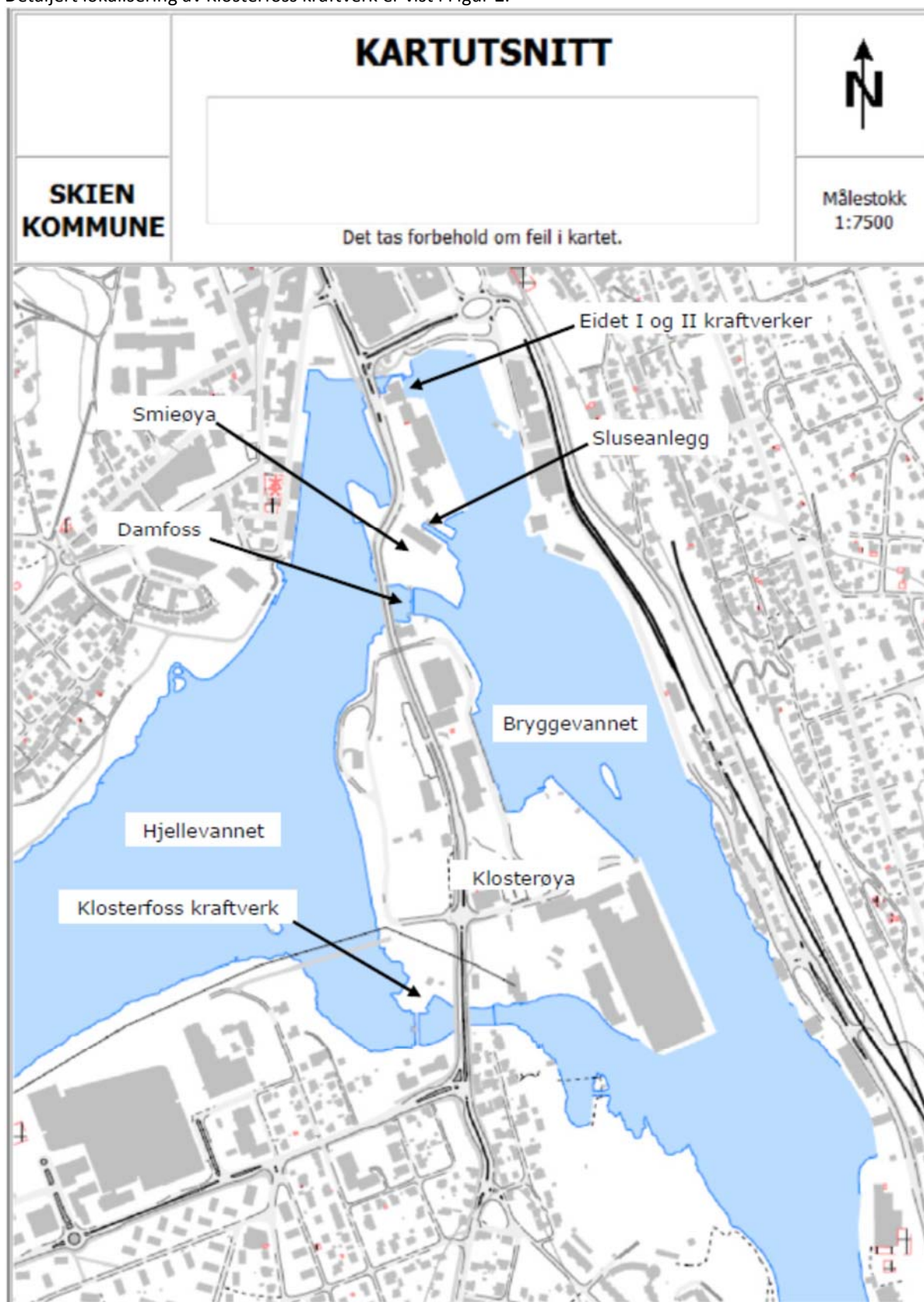
2 Lokalisering og eksisterende situasjon

Klosterfoss kraftverk er lokalisert i Skien kommune i Telemark fylke som vist i Figur 1.



Figur 1 Lokalisering av Klosterfoss kraftverk i Skien kommune

Detaljert lokalisering av Klosterfoss kraftverk er vist i Figur 2.



Figur 2. Detaljert lokalisering av Klosterfoss kraftverk

2.1 Flom- og skredfare

Opprustning og utvidelse av Klosterfoss kraftverk med økning av turbinenes totale slukeevne fra 240 m³/s til 320 m³/s endrer ikke flomstørrelsene for anlegget, dvs. at dimensjonerende flom og ulykkesflom er uforandret da det iht. damsikkerhetsforskriften ikke er tillatt å regne med flomavledning gjennom kraftstasjonen. Skredfare er ikke en aktuell problemstilling.

2.2 Forholdet til andre myndigheter

Vassdragskonsesjon iht. Vannressursloven §8, datert 29.08.2012, er gitt av NVE.

Vassdragskonsesjonen regulerer at Konsesjonæren bekoster og iverksetter tiltak knyttet til naturforvaltning (fisketiltak, plante- og dyreliv, friluftsliv, naturvitenskapelige undersøkelser) etter nærmere bestemmelser av Fylkesmannen i Telemark.

2.2.1 Plan- og bygningsloven

Opprustning og utvidelse av Klosterfoss kraftverk inklusive tiltak som beskrevet i denne detaljplanen er gjennomført innenfor Skien Kraftproduksjons eiendom som allerede er regulert for industriformål. Se kapittel 3.4 for eiendomskart.

NVE har gitt Skien kraftproduksjon AS tillatelse etter vannressursloven §8 til opprustning og utvidelse av Klosterfoss kraftverk. Plan- og bygningsloven kommer derfor uansett ikke til anvendelse. Kommunen skal imidlertid ha anledning til å uttale seg om planene dersom det er avvik av betydning i forhold til det som fremgår av konsesjonssøknaden.

2.2.2 Verneområder

Tiltaket berører ingen verneområder.

2.2.3 Kulturminner

Tiltaket vil ikke komme i berøring med kjente kulturminner.

Telemark fylkeskommune har uttalt at «Ingen av tiltaka som er skildra i søknaden vil medføre fysiske inngrep i eller på annan måte verke negativt inn på det automatisk freda kulturminnet Gimsøy kloster».

Konsesjonæren er klar over den generelle aktsomhets- og meldeplikten etter kulturminnelovens §8. Hvis det kommer fram noe som kan være et fredet kulturminne under anleggsarbeidene skal arbeidene umiddelbart stoppes og aktuelle instanser skal varsles.

2.2.4 Forhold til forurensningsloven

Avfall

Boring av fiskerør og bygging av inntak og samlelum for fiskerør vil kreve behov for deponering av følgende typer materialer og mengder:

- Evt. avkuttete forankringsbolter (armeringsjern) fra byggingen i 1969 under boring av fiskerør
- Armert betong fra boring gjennom betongramme ved inntaket og fra etablering av utløp fra samlelum; ca. 10 m³ armert betong som skal skilles i ren betong og armeringsstål
- Treverk fra forskaling av nye betongkonstruksjoner
- Kapp fra stålkonstruksjoner og plastrør (sveiste stålrør, PE rør)

Avfallshåndtering skal være i tråd med gjeldende lover og forskrifter. Det legges opp til at alt avfall fjernes og bringes ut av området. Dette vil ikke bli tillatt deponert på stedet. Treverk som benyttes under betongarbeidene vil bli kjørt til godkjent deponi/mottak. Utbygger plikter å foreta en forsvarlig opprydding av anleggsområdene.

Tippmasser

Boring av fiskerør og bygging av inntak og samlelum for fiskerør vil kreve behov for deponering av følgende tippmasser:

- Borkaks fra fullprofilboring av fiskerør; 112 m³ løse masser
- Finstoffer fra sedimentering av borvann
- Tilbakefylt sprengstein fra byggingen i 1969 og sprengstein for bygging av samlelum; ca. 210 m³ løse masser

Det er forutsatt at tippmassene blir deponert på SKPs eiendom ved Skotfoss kraftverk eller på annet egnet tippområde.

Forurensning

Tiltak mot forurensning skal være i samsvar med gjeldende lover og forskrifter.

I anleggsperioden er faren for forurensning i hovedsak knyttet til undervannsarbeid med dykkerlag for bygging av ledevegg og fiskerør inntak, boring av fiskerør, fjell- /gravearbeid for bygging av samlelum, oppbevaring og bruk av olje, annet drivstoff og kjemikalier. Entreprenørens medarbeidere vil få tilgang til kraftverkets sanitæranlegg i likhet med Skien Kraftproduksjons operatører.

Søl eller større utslipp av olje og drivstoff kan få negative miljøkonsekvenser. Olje og drivstoff vil lagres slik at volumet kan samles opp dersom det oppstår lekkasje, og slik at det ikke er fare for utslipp til vassdraget. Drivstofftank skal stå i et kar. Smøreolje oppbevares i en tørr container. Videre legges det opp til at det finnes oljeabsorberende materiale som kan benyttes hvis uhellet er ute.

Det er ikke ventet at støv og støy vil være et større problem, da sprengningsarbeidene vil være meget begrenset og det i tillegg ikke er noen bebyggelse i umiddelbar nærhet av anlegget.

2.3 Andre forhold

2.3.1 Viktige naturtyper og rødlistearter

Ikke aktuell problemstilling.

2.3.2 Spesielt verdifull vegetasjon

Ikke aktuell problemstilling.

2.3.3 Andre utfordrende partier som må vies spesiell oppmerksomhet

Eksisterende fisketrapp i Klosterfoss ble satt i drift i 1977. Den er velfungerende, og det er viktig at utløpet fra ventilkum for nye fiskerør plasseres og utformes slik at oppvandrende fisk ikke lokkes bort fra eksisterende fisketrapp.

2.4 Fremdriftsplan

Vedlegg 5 Tegning 100 Fremdriftsplan Versjon 3 tar utgangspunkt i at det oppnås enighet mellom Skien Kraftproduksjon og NVE/Fylkesmannen i Telemark om detaljplan for fisketiltak før 1. mars 2017. Perioden for detaljprosjektering, forespørsel/tilbud og kontrahering er antatt å ta 7 måneder slik at arbeidene kan starte ca. 1. oktober 2017. Den største usikkerheten er knyttet til tilgjengelighet av spesialentreprenør for boring av fiskerør, men det er grunn til å tro at 10 måneders varsel er tilstrekkelig til å sikre slik entreprenørkapasitet. En lokal betongentreprenør vil starte forberedende arbeider for boring av fiskerør. Samtidig må prosjektet sikre verkstedkapasitet for fabrikasjon av luker med mere. Bygge- og montasjearbeidene er planlagt å ta 7 måneder. Til slutt er det satt av 14 dager for testing, vannføringsmålinger, testing av fisketellere, installasjon av skjermvisning og demonstrasjon for NVE og Fylkesmannen i Telemark. Selv om prosjektet er begrenset i omfang vil det kreve mye koordinering mellom to entreprenører, en maskinleverandør, dykkerentreprenør, flere utstyrsleverandører og ikke minst kraftverksdrift.

Innen 6 måneder etter ferdigbefaring skal opprydding i området være ferdigstilt og sluttrapport sendes til NVE.

NVE skal holdes orientert om fremdriften i prosjektet, og skal inviteres til å utføre tilsyn tidlig i anleggsarbeidene.

3 Beskrivelse av tiltaket

3.1 Styrende forutsetninger fra konsesjonen

Ref. Vassdragskonsesjonen Vilkår 1 Vannslipping:

«I tiden 15. april til 15. juni skal det slippes 15 m³/s, hvorav 10 m³/s over nordre flomluke, og 5 m³/s fordelt på to fiskepassasjer. Fra 15. august til 15. november slippes 5 m³/s til fiskepassasjene. Til fisketrappen skal det slippes 1 m³/s fra 1. mai til 30. november. Dersom tilsiget er mindre enn kravet til minstevannføring skal hele tilsiget slippes forbi. Kraftverket skal i slike tilfeller ikke være i drift. Kraftverket skal til enhver tid kjøres etter tilsiget, alle endringer skal skje gradvis, og typisk start-/stoppkjøring skal ikke forekomme.

Det skal etableres måleanordning for registrering av minstevannføring. Dataene skal forelegges NVE ved forespørsel.»

En konkretisering og detaljering av vilkåret er diskutert i NINA Rapport 1078 fra oktober 2014, presentert og diskutert på møte med NVE og Fylkesmannen på Klosterfoss torsdag 6. november 2014 og endelig presentert i brev med vedlegg fra Akershus Energi/Skien Kraftproduksjon til NVE med kopi til Fylkesmannen datert 27.11.2014.

Følgende konkretisering av vilkåret er foreslått:

<i>Fisketrapp</i>	<i>1 m³/s i perioden 1.mai - 1. desember (som ble i drift satt i 1977)</i>
<i>Fiskerør for ål</i>	<i>2,5 m³/s i perioden 15. april til 15.juni</i>
<i>Fiskerør for smolt</i>	<i>2,5 m³/s i perioden 15. april til 15.juni</i>
<i>Nordre flomluke</i>	<i>10 m³/s i perioden 15. april til 15.juni</i>
<i>Fiskerør for ål</i>	<i>2,5 m³/s i perioden 15. august til 15. november</i>
<i>Fiskerør for smolt</i>	<i>2,5 m³/s i perioden 15. august til 15. november</i>

Det etableres en måleanordning for registrering av vannføring.

Ved alle steder med krav om minstevannføring skal skilt om bestemmelser gjøres lett tilgjengelig for allmennheten.

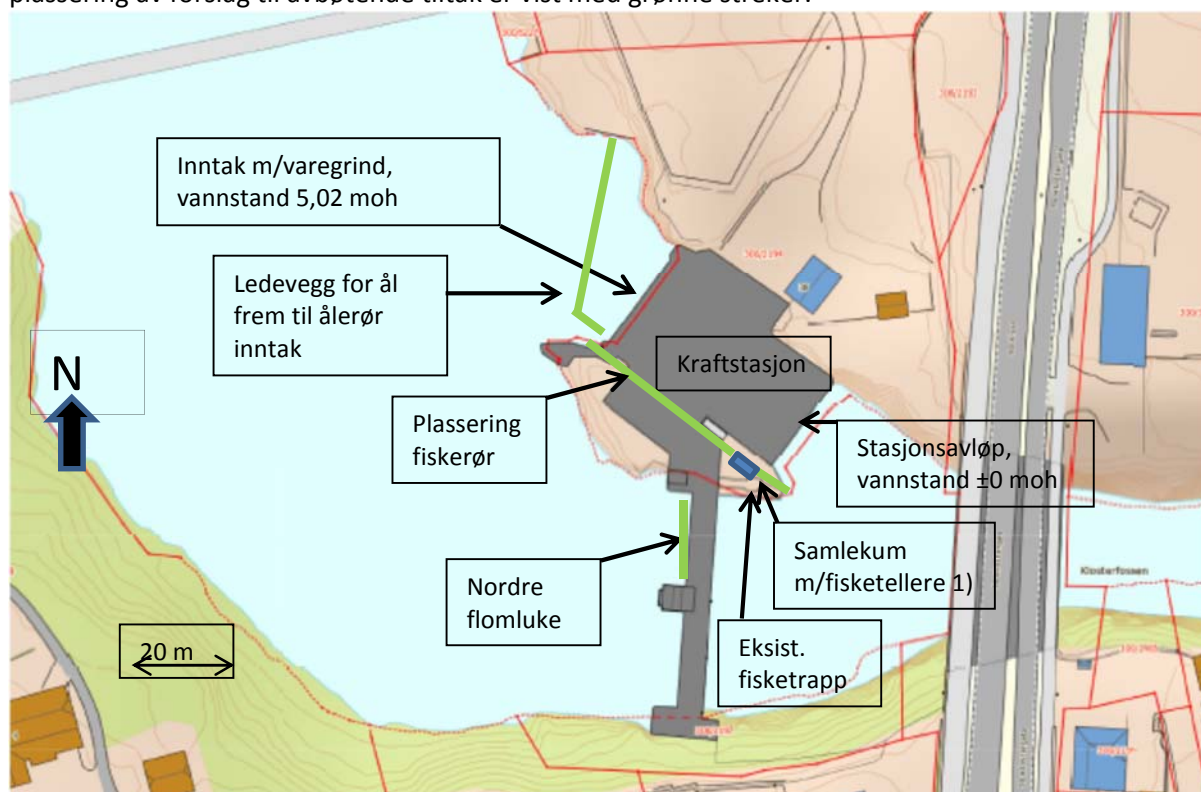
3.2 Problemområder og avbøtende tiltak

Formålet med fisketiltakene er å forbedre forholdene for utvandrende fisk slik at den samlede virkning av økt turbinvannføring og bygging og idriftsettelse av fisketiltak opphever hverandre og slik sett gir utvandrende fisk bedre betingelser etter utvidelse av turbinvannføringen fra 240 m³/s til 320 m³/s.

I Kapittel 5 er forslag til tiltak diskutert og detaljert.

3.3 Oversiktskart

Oversiktskart med markering av sentrale anleggsdeler i forhold til fisketiltak er vist i 3. Aktuell plassering av forslag til avbøtende tiltak er vist med grønne streker.



Figur 3 Oversiktskart

Merknad 1: Uttrykket «samlekum» henspiller på at ålerøret og smoltrøret møtes her og føres videre gjennom kummen til hvert sitt avløp. Komponenter for lufting, fisketelling, vannføringsmåling og avstengning er planlagt montert i samlekummen.

3.4 Arealbruksplan

Arbeidene knyttet til fisketiltak vil bli gjennomført innenfor Skien Kraftproduksjons eiendom med gnr. 300 bnr. 2194 som vist i Figur 4.



Figur 4 Eiendomskart for gnr. 300 bnr. 2194. Eiendomsgrensen er vist.

3.5 Anleggsdeler

3.5.1 Generelt

Klosterfoss kraftverk ble bygget i perioden 1967 – 69. Søknad om opprustning og utvidelse som NVE har gitt vassdragskonsesjon for, omfatter økt slukeevne fra 240 m³/s til 320 m³/s. SKP har igangsatt fornyelse av turbiner, generatorer og apparat og kontrollanlegg i kraftstasjonen og nytt nødstrømsaggregat. Formålet med det nye nødstrømsaggregatet er å sikre regulering av flomluker og for å bedre strømforsyningen til utstyr som er viktig for å opprettholde sikker drift av stasjonen. Kapasiteten for nødstrøm er økt fra 73 kVA til 250 kVA. Det nye aggregatet er plassert i eksisterende rom for nød diesel og det er ikke gjort noen utvendige endringer av bygget.

Vedlegg 1, 2 og 3 viser kraftverket før og etter opprustning og utvidelse. Vedlegg 1 er en «som bygget» situasjonsplan med fangdammer fra byggefasene. Vedlegg 2 er en «som bygget» tegning som viser lengdesnitt gjennom vannveien med kraftstasjonen. Vedlegg 3 er et lengdesnitt gjennom turbin og generator etter fornyelse. Resterende del av vannveien, dvs. opp- og nedstrøms, skal ikke forandres under opprustning og utvidelsesprosjektet.

Riggområde for arbeider for avbøtende tiltak som beskrevet i denne detaljplanen vil være innenfor kraftverkseiers eiendomsgrense som vist på Figur 4.

3.5.2 Inntak

Inntakets plassering i plan og snitt er vist på Figur 3 og Vedlegg 2. Skien Kraftproduksjon har byttet ut den gamle varegrinden med en ny og forsterket varegrind. Arrangementet for den nye varegrinden er vist i Vedlegg 4. Den nye varegrinden ble bestilt og montert fordi den gamle varegrinden var utsatt for skadelige vibrasjoner i grindstavene. Utsifting av varegrinden er dermed å betrakte som en aktivitet knyttet til drift og vedlikehold av kraftverket.

Om Fiskeavleder mot nordre flomluke

Fiskeavleder mot nordre flomluke, som et alternativ til fiskerørene, ble foreslått i NINA rapport 1078. Forslaget går ut på å sette opp en ny skråstilt og finmasket varegrind i inntakskanalen på oppstrøms side av inntaket med eksisterende varegrind. En slik skråstilt varegrind vil ha såpass stort tverrsnittsareal at vannhastigheten gjennom grinda kan holdes på et akseptabelt nivå, og skråstillingen vil i seg selv gi reduserte muligheter for fisk å passere gjennom elementene. En teknisk-økonomisk vurdering for dette alternativet er utført, og det er teknisk mulig å bygge en slik konstruksjon, men innebærer store vannulempere da tørrlegging av Hjellevann eller bygging av fangdam trolig ikke er mulig. Tiltaket er ikke et konsesjonsvilkår og det er kostnadsberegnet til i underkant av 40 mill. NOK. Kostnadsoverslaget viser at konstruksjonen krever mer kapital enn kapitalisert produksjonsøkning ved økning i turbinvannføring fra 240 m³/s til 320 m³/s.

SKP fremholdt på møtet med NVE 29. mai i 2015 at denne fiskeavlederen ikke er konsesjonspålagt og at den er uaktuell.

3.5.3 Vannvei

Ref. kapittel 3.5.1.

3.5.4 Vannslipp og vannuttak

Vannslipp til fisketrappen er en etablert praksis ved Klosterfoss kraftverk.

Regulering av pålagt slipp over Nordre flomluke på 10 m³/s i perioden 15. april til 15. juni skal foregå på følgende måte:

Inne i flomluken vil det bli montert en krenkningssensor (4-20 mA) som måler åpningsgraden til luken. Ut i fra tabell som beskriver vannføringen i forhold til kote terskel luke og kote overvann så vil det bli beregnet en vannføring over luken. Regulatoren vil regulere vannføringen til 10 m³/s eller mer så lenge vannføringen er høyere enn summen av slukeevnen til aggregatene, fiskerørene, laksetrappen og 10 m³/s over nordre flomluke. Dersom vannføringen er lavere vil aggregatene måtte redusere sitt pådrag slik at vannføringen over luken kan holdes på 10 m³/s. Aggregatene vil ha laveste prioritet i vannstandsregulatoren. Det vil bli to vannstandsregulatorer hvor av den ene er definert som hovedregulator og vil styre alle objektene som skal reguleres. Dersom hovedregulatoren skulle stoppe, vil nødregulatoren ta over reguleringen. Nødregulatoren styrer kun lukene og aggregatene vil bli stanset dersom vannstanden synker under 4,9 m.o.h.

Informasjonsskilt med beskrivelse av miljøpålegg iht. konsesjonen skal monteres på utsiden av SKPs eiendom på Klosterøya for allmenhetens informasjonsbehov.

3.5.5 Kraftstasjon og øvrig bygningsmasse

Ref. kapittel 3.5.1.

3.5.6 Veibygging, riggområder

Det bygges ingen nye veier i forbindelse med ombyggingen av kraftverket. Transport til området vil skje på offentlig vei og privat vei. Tilgjengelige områder for entreprenørenes rigging er vist på Figur

5. Alle de viste områder er på SKPs eiendom og tilrigging på disse områdene vil ikke forstyrre kraftverksdrift.



Figur 5 Tilgjengelige riggområder er markert med slik skravor 

3.5.7 Masseuttak, deponi og tipp

Ref. kapittel 2.2.4.

3.5.8 Tilknytning til nettet

Klosterfoss kraftverk har innmatingspunkt på Moflata transformatorstasjon.

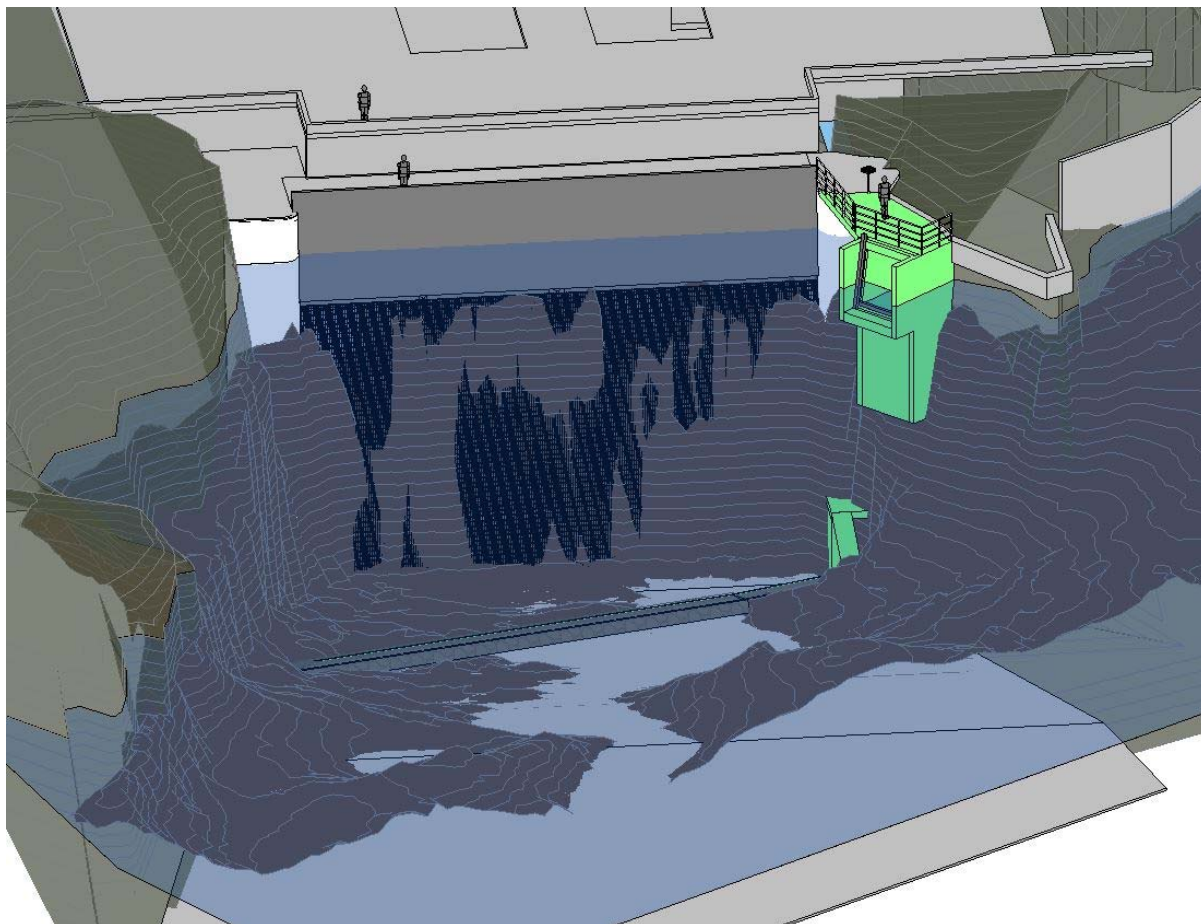
4 IK-vassdrag

I henhold til forskriften om IK-vassdrag vil det bli gjennomført en ROS-analyse og nødvendige kontrollplaner vil bli utarbeidet før byggestart. Kontrollplaner vil bli oversendt NVE før byggestart.

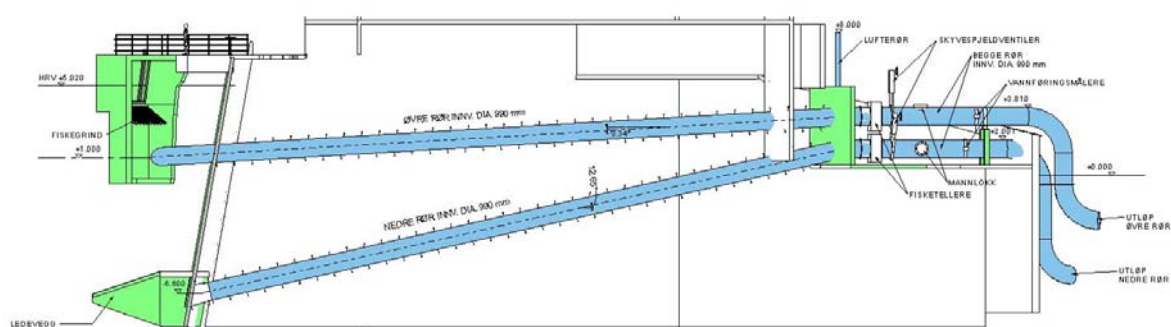
5 Fiskepassasjer

5.1 Arrangementsforslag

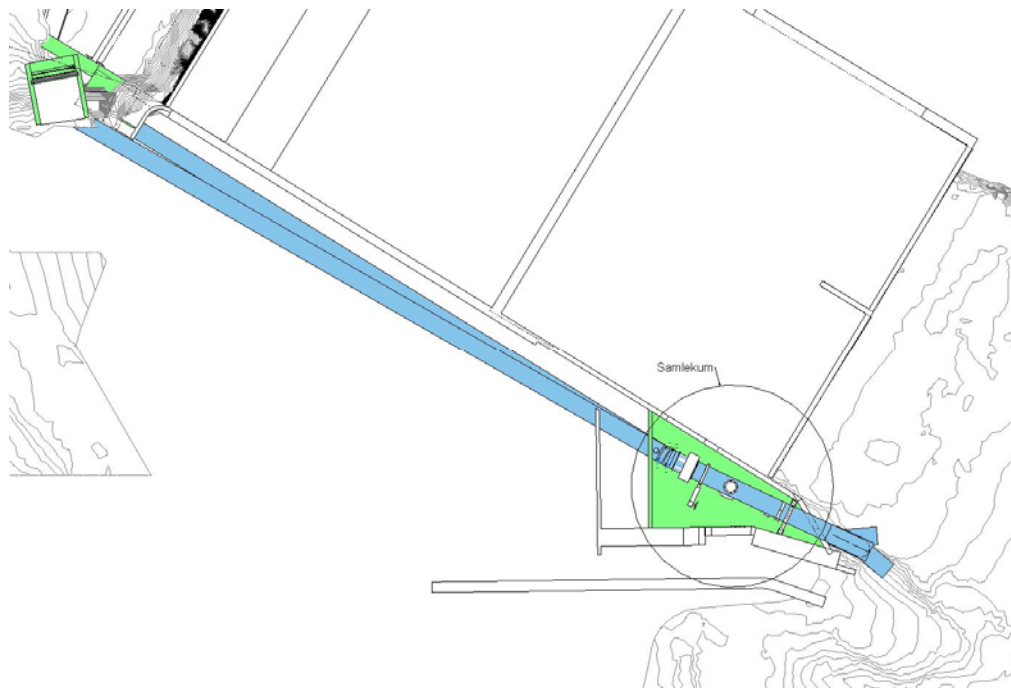
Multiconsult har utarbeidet en 3D-modell i programvaren Autodesk Revit av fiskerørene med inntak og utløp og tilstøtende konstruksjoner slik som kraftstasjonsinntaket med den utsprengte kanalen og inntaksrister med betonginnramming, kraftstasjonsavløpet og fisketrappen med mellomliggende område for boring av fiskerør og montasje av fiskerør med fisketellere, ventiler, mannlokk vannføringsmålere mm. 3D-modellen har blitt videreutviklet nylig med bunnkart både på oppstrøms og nedstrøms side av kraftstasjonen. Det er Skanska Survey som har kartlagt bunnen med ekkolodd.



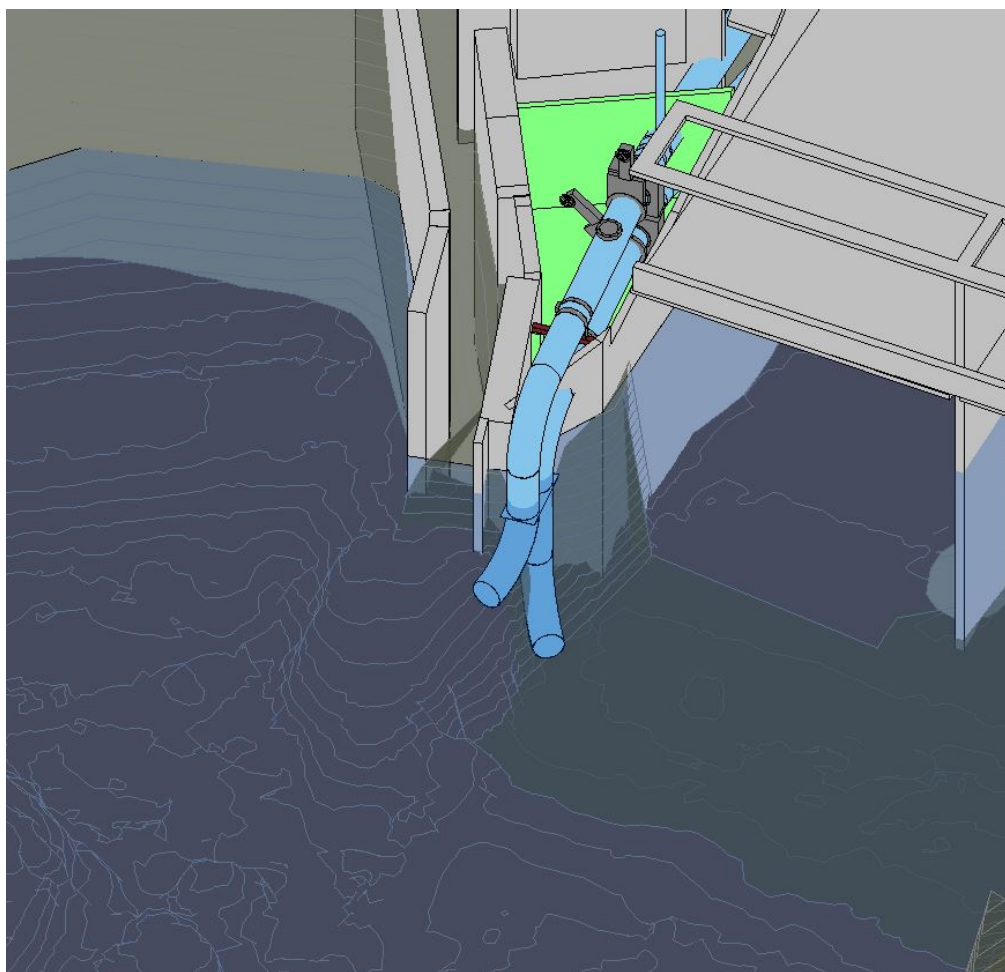
Figur 6 Kraftstasjonsinntaket med lukeregulert smoltrørrinntak og ledevegg til ålerørrinntak (nye konstruksjoner med grønn farge og ledemur med grå farge)



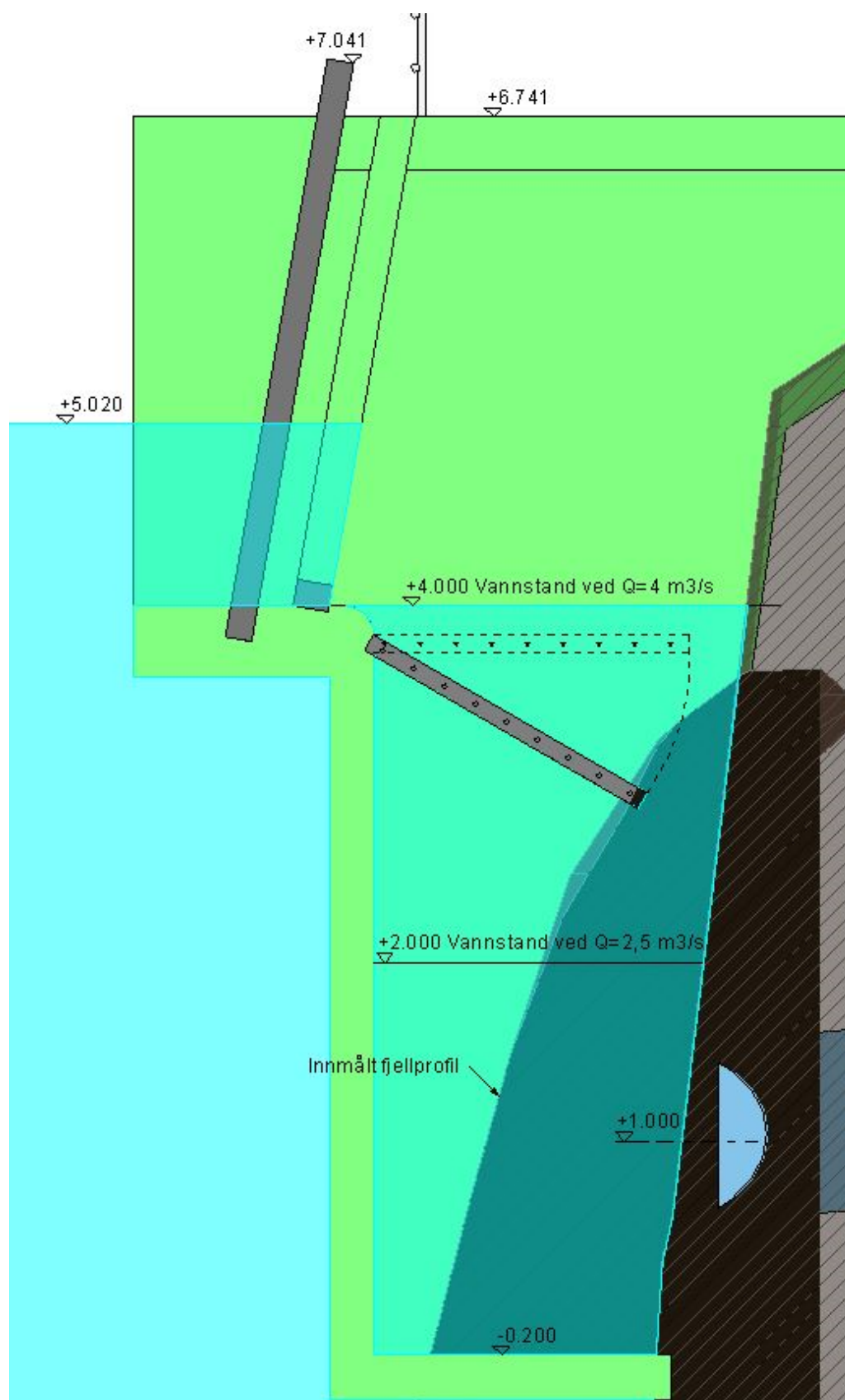
Figur 7 Lengdesnitt gjennom fiskerørene med inntak til venstre, borede hull gjennom berget, samlelum og utløp



Figur 8 Plan av fiskerørene med inntak til venstre, borede hull, samleikum og utløp



Figur 9 Fiskerørenes utløp på «neset» mellom stasjonens avløpskanal og fisketrappen



Figur 10 Snitt gjennom inntakskonstruksjon for øvre fiskerør (smolt) med nålestengsel, bjelkestengsel, rist for hindre tilbakehopping, vannstander i kummen for forskjellige vannføringer og rørinntak på kote +1. Det mørkegrønne feltet er fjell som må fjernes.

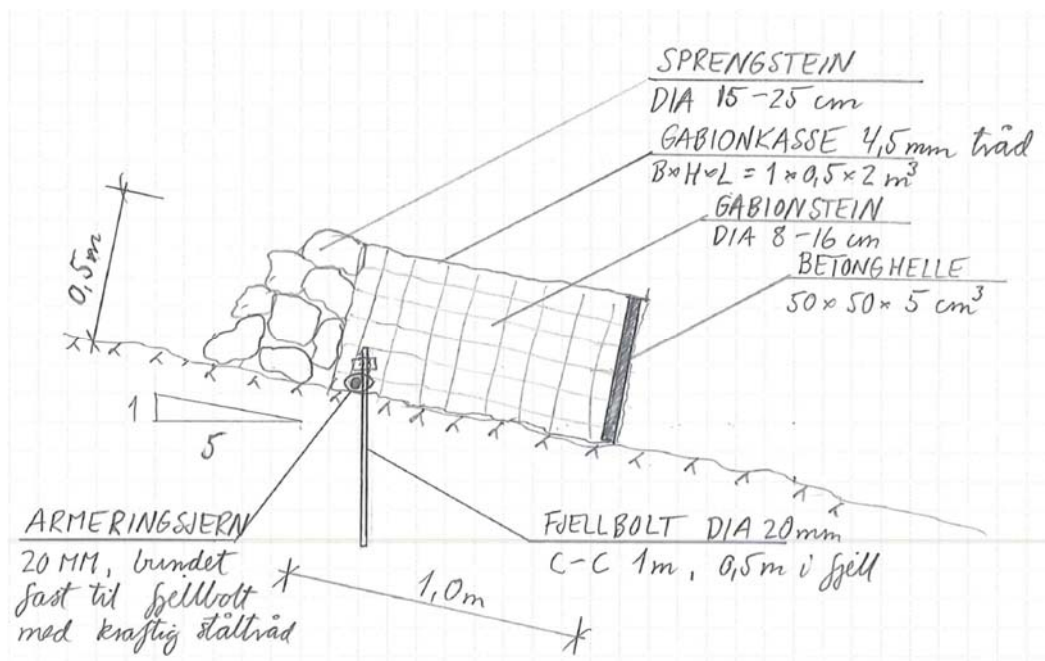
Tekniske data med kommentarer er gitt i Tabell 1 og 2 for hhv. øvre og nedre fiskerør

Konstruksjonsdel	Dimensjoner	Kommentarer
Inntak med bjelke- og nålestengsel for regulering av vannføring	B x H = 2,5 x 1 m ²	Med full åpning er kapasiteten ca. 4 m ³ /s, men virkelig kapasitet kan kun bestemmes ved fullskala testing. Kapasiteten kan reguleres ned ved å sette horisontale bjelker eller ved å sette nåler eller ved å kombinere bjelker og nåler. Om det skal være en liten lense for å stanse drivgods slik som på Skotfoss må vurderes iht. driftserfaringer og smoltutvandring.
Inntakskum	2,5 m bred og 5 m dyp fra HRV til bunn på kote 0	En skråstilt rist for å hindre smolten i å hoppe motstrøms. En spalt i risten mellom rist og fjellflate slik at utvandrende vinterstøinger faller ned i kummen.
Rørinntakets plassering	Senterlinje for rørkonus på kote +1	Rørinntaket må dykkes med 3 m under vannstanden i inntakskummen for å unngå luftmeddriving.
Stålforet hull gjennom berget	35 m langt boret hull dia 1060 mm fores med stålør innv. dia 990 mm, 10 mm gods-tykkelse, dvs. utv. dia 1010 mm. v = 3,3 m/s ved 2,5 m ³ /s v = 5,2 m/s ved 4 m ³ /s	Bergartene er lagdelt leirskifer, som er en grei bergart å bore i men med risiko for utfall og forkiling av borkrone og stålforing. 1060 mm borkrone er en standard dimensjon. Borhullet fores for å unngå vannlekkasje til kraftstasjonen.
Samlekum	Lufterør, dia 300mm Fisketeller Skyvespjeldventil Vannføringsmåler	Formålet er å «lufte» vannet for at fisketeller og vannføringsmåler skal fungere optimalt. Nyutviklet rørmontert fisketeller basert på RiverWatcher fra VAKI. Revisjonsventil som er fullt åpen under drift m/minimum vandringshinder. Vannføringsmåling på røret gjennomføres med «Clamp-on ultralyd flowmeter» eller tilsvarende
Rørutløpets plassering og utforming	Senterlinje rørutløp på ca. kote -2	Utstyres med et dreibart 90° bend for testing av attraksjonsvannføring ved fisketrappen

Tabell 1 Øvre fiskerør (smolt)

Konstruksjonsdel	Dimensjoner	Kommentarer
Skrå ledevegg på bunnen av inntakskanalen	Ca. 40 m lang, 0,5 m høy, 1 m bredde	Gabioner fylt med sprengstein forankret til fjell, «tettet» med betongplater. Grov stein i røys på oppstrøms side. Se Figur 11.
Kort ledevegg i betong med økende høyde i retning inntaket.	Høyden øker fra 0,5 m til 4 m der den møter eksist. betongkonstruksjon ved inntaksristens høyre side.	Danner sammen med en betongplate en innkassing av rørinntaket.
Inntak med glideluke	Glideluke med dimensjon $H \times B = 1 \times 1 \text{ m}^2$	Luken skal fungere for regulering av vannføring og som stengeluke for revisjon
Stålforet hull gjennom berget	37 m langt boret hull med dia 1060 mm fores med sveist stålrør innvendig dia 990 mm og 10 mm godstykkelse, dvs. utvendig dia 1010 mm. $v = 3,3 \text{ m/s}$ ved $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ $v = 5,5 \text{ m/s}$ ved $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$	Bergartene er lagdelt leirskifer, som er en grei bergart å bore i men med risiko for utfall og forkiling av borkrone og stålforing. 1060 mm borkrone er en standard dimensjon. Borhullet fores for å unngå vannlekkasje til kraftstasjonen
Samlekum	- Fisketeller - Skyvespjeldventil - Vannføringsmåler	Nyutviklet rørmontert fisketeller basert på RiverWatcher fra VAKI. Revisjonsventil som er fullt åpen under drift m/minimum vandringshinder. Vannføringsmåling på røret gjennomføres med «Clamp-on ultralyd flowmeter» eller tilsvarende
Rørutløpets plassering og utforming	Senterlinje rørutløp på ca. kote -5	Utløpet plasseres på dypere vann og lenger unna fisketrappen for å unngå attraksjonseffekt.

Tabell 2 Nedre fiskerør (ål)



Figur 11 Snitt av ledevegg for ål

5.2 Hydraulisk beregning

Beregning av kapasitet for rør med dia 990 mm fra HRV til UV				
Rør:				
Mannings tall		85		Sveist stålør
Koeffisienter for singulærtap				Ref. NVE Veileder 1/2006 Inntakshåndboken
Innløpstatp	$x_{innløp}$	0,25		
Totalt bendtap	x_{bend}	0,5		1 stk 10 grader bend + 2 stk 90 grader bend der $r/D = 2$
Tapskoeffisient åpen sluseventil	x_{ventil}	0,15		
Tapskoeffisient VAKI fisketeller		0,15		Anslag
Tap i dykket utløp	$x_{utløp}$	1		
Sum singulærtap	x_{totalt}	2,05		
Brukte formler:				
Falltap i rør	$hm = (Q/a)^2 \cdot L / (M^2 \cdot R^{1,33})$			Mannings formel
Falltap singulær	$hm = (x \cdot (Q/a)^2) / (2 \cdot g)$			
	Q	4	m³/s	
	d	0,99	m	Stålør med innvendig diameter 990 mm
	l	46	m	og veggtykkelse 10 mm
	a	0,770	m²	
	g	9,81	m/s²	
Tap pga vannhastighet i rør		1,11	m	
Tap pga singulærtap		2,82	m	
		3,93	m	Nær samme tall
Nivå inntakskum		4		Antar 1 m sprang fra HRV
Nivå undervann		0		til nivået i inntakskummen
Trykkehøyde		4	m	

Figur 12 Beregning av tappekapasitet for øvre fiskerør (smolt)

Beregningen i Figur 12 viser at den prosjekterte løsningen med god margin tilfredsstillende kravet til kapasitet på 2,5 m³/s for det øvre røret (smolt), og faktisk får en maksimal tappekapasitet på 4 m³/s. Det er smoltrøret som har minst kapasitet pga. at ca. 1 m av fallhøyden går bort mellom HRV og inntakskummen. Den maksimale tappekapasiteten for nedre fiskerør (ål) er noe høyere enn 4 m³/s.

Virkelig tappekapasitet for begge rør kan kun bestemmes ved fullskala testing. For å ta høyde for evt. større falltap i virkeligheten enn de som er identifisert og beregnet, settes den beregnede kapasiteten til 3,5 m³/s for begge rør hver for seg.

5.3 Funksjonalitetsvurderinger

5.3.1 Neddykket ålerør med tilhørende ledevegg langs bunnen

Tiltak som kan redusere andelen blankål som går gjennom varegrindene og videre gjennom turbinene utgjør hovedsakelig etablering av alternative nedvandringsveier og tilhørende sperrer/ledeanordninger som har en konfigurasjon som er i samsvar med ålens vandringsatferd. Fysiske sperrer i form av finmasket varegrind er ikke økonomisk gjennomførbart for o/u-prosjektet ved Klosterfoss, og det foreslås derfor andre tiltak med betydelig grad av fleksibilitet og muligheter for senere optimalisering.

Nedvandrende blankål beveger seg som regel dypt i vannmassene, og gjerne langs bunnen, men nyere forskning viser at blankålen vandrer ut ved stor vannføring og i forskjellige vannlag. En varslet rapport fra NINA, som vil belyse bl.a. dette temaet, blir ikke tilgjengelig før i mai – juni i år. Et neddykket ålerør ved bunnen av varegrinda vil derfor kunne oppdages og benyttes av blankål som følger hovedstrømmen mot turbininntaket (varegrinda). Ålerørets inngang er imidlertid plassert på søndre side av den 21 meter brede varegrinda foran turbininntakene. For å øke sannsynligheten for at ålen finner inntaket til ålerøret har vi foreslått en skråstilt ledekonstruksjon langs bunnen (Figur 6 og 7). Denne vil lede frem til en «kasse» (se innfelt skisse i Figur 7) som bygges i overgangen mellom ledemuren og inngangen til ålerøret. Ål som kommer nedover langs bunnen vil derfor bli ledet langs denne skråstilte gabionmuren som fører ålen inn mot ålerøret.

En viktig forutsetning for at denne konstruksjonen skal fungere etter hensikten er at ålen ikke går over kanten på gabionmuren og fortsetter mot turbininntaket. Vannhastigheten langs bunnen i forkant av varegrinda er mellom 0,9 og 1 m/s ved fullt pådrag i turbinene. Dette er i overkant av blankålens svømmekapasitet, og for å redusere risiko for at ålen blir tatt av strømmen over kanten foreslås følgende konkrete tiltak:

- 1) Utlekking av storstein eller andre objekter på oppstrøms side av gabionmuren. Dette vil skape refugier i form av hulrom som ålen både kan benytte til opphold og forflytninger. Ål har en tendens til å søke inn i slike strukturer for å oppnå bedre skjul.
- 2) Gabionmuren «tettes» med prefabrikerte, stående betongplater slik at vannstrømmen gjennom muren blir redusert.
- 3) Belysning av nedstrøms område mellom ledeveggen og varegrinda. Det skisseres et arrangement bestående av flere lyskastere som belyser bunnen og varegrinda med ulike vinklinger og lyskjegler. Dette vil medføre aversjon for ål som eventuelt svømmer over ledeveggen. Vannhastigheten over ledemuren vil normalt ikke overstige ålens svømmekapasitet (0,5 m/s), noe som gir ålen mulighet til å ta seg tilbake til den skyggelagte oppstrøms siden av ledeveggen.

I enden av ledemuren bygges en kasse som gir ekstra god skygge og ly for nedvandrende ål som har gått ned langs ledemuren. En slik konstruksjon vil etter alt å dømme virke tiltrekkende for ål, og vil derfor øke sannsynligheten for at blankålen kommer helt inntil innløpet til ålerøret. Vanninntaket, og dermed også inngangen for fisk, vil bli plassert inntil betongveggen innerst i denne kassa.

Fleksibilitet er viktig for å gjennomføre videre justeringer for å optimalisere funksjonaliteten til både ledemuren og ålerøret. Steinmassene på oppstrøms side av ledemuren kan modifiseres med hensyn til mengde og tekstur. Andre løsninger enn stein kan også vurderes. Det må for øvrig påregnes vedlikehold av disse strukturene, og det antas en viss oppfylling av finere masser som må fjernes etter nærmere bestemte intervaller.

Det er også mulig å etablere en vandringsforbindelse fra kassa som dekker ålerørets vanninntak og opp til smoltrøret i overflaten. Disse to fiskerørene vil bli plassert rett overfor hverandre, og det kan derfor legges et rør hvor ålen kan svømme direkte opp til smoltrøret dersom den ikke går ned gjennom ålerøret. Dette kan bygges relativt enkelt dersom det viser seg at ålerøret ikke fungerer tilfredsstillende. Vi vil ikke anbefale å tilføre luft for å få noe vannhastighet i et slikt rør da luftbobler vil bli trukket inn i smoltrøret og virke forstyrrende på både fisketelleren og vannføringsmåleren.

Vannføringen som skal slippes gjennom ålerøret er satt til $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Registreringer av nedvandrende fisk med Vaki-teller vil gjøre det mulig å eksperimentere med ulike vannføringer. Det er ikke gitt at $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vil fungere best for blankål, og det legges derfor opp til at vannføringen kan justeres for å finne fram til optimal vannføring.

Belysningen på nedsiden av ledeveggen (Figur 13) festes i den nederste flyndren på varegrinda og rettes i oppstrøms retning mot ledemuren. På denne måten skapes en belyst side mellom ledeveggen og varegrinda, og det er kjent at ålen unngår belyste områder. På oppstrøms side av ledemuren vil det dannes en skyggesone fra lyskasterne, og dette vil kunne medføre at ålen aktivt forsøker å holde seg inntil ledemuren på oppstrøms side og deretter følge den skyggebelagte sonen ned mot kassa som beskytter inngangen til ålerøret.

5.3.2 Smoltrør i overflaten

Smoltrøret plasseres inntil varegrinda på søndre eller høyre side av turbininntaket. Denne vurderes som godt egnet fordi den ligger nært inntil betongveggen i overkant av varegrinda. Avstanden fra senter inntak til smoltrøret til øvre høyre hjørne av inntaksrista er kun 2 - 3 m. Denne veggen skaper en tilbakeslagssone for innkommende vannstrøm slik at den blir en egnet standplass både for smolt og vinterstøing av laks og sjøørret. Smoltrørets vannføring på $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vil kunne gi en merkbar endring av vannstrømmen i denne oppholdssonen for laksefisk, i tillegg til at den avgir et antatt lokkende lydsignal og visuelle inntrykk som fanger fiskens oppmerksomhet dersom den er tilstrekkelig nært inntil vanninntaket.

Det bygges en 2,5 meter bredt overløp med terskel på kote +4 som vist på Figur 10. Vertikale føringer for et bjelkestengsel bygges inn i overløpets vegger slik at det blir mulig å regulere vannføringen både med horisontale bjelker og vertikale nåler. For å regulere vannføringen over terskelen kan man sette én eller flere horisontale bjelker i kombinasjon med én eller flere vertikale nåler. Når overløpet er regulert til å slippe $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, vil vannet falle ca. 3 m ned i inntakskummen, dvs. til kote +2. Når overløpet er regulert til å slippe $4 \text{ m}^3/\text{s}$, vil vannet falle ca. 1 m ned i inntakskummen, dvs. til kote +4. På figur 10 er det tegnet inn en rist for å hindre at utvandrende fisk hopper tilbake. Risten vil bli konstruert slik at den kan ettermonteres. Vanninntaket til smoltrøret ligger med senterlinje på kote +1 i inntakskummen. I inntakskummen vil vannet til en viss grad bli «luftet». En fullstendig utlufting av vannføringen er ikke mulig med de eksisterende plassforholdene. Derfor skal det være et vertikalt lufterør i samlekkummens oppstrøms ende.

Nedvandrende laksefisk har en tendens til å søke mot svake lyskilder om natten. Det er derfor mulig å montere egnet belysning med kvikksølv-pærer ved smoltrørets vanninntak for å tiltrekke fisk i aktuelle nedvandningsperioder.

5.3.3 Fiskerørenes utløp på undervannssiden

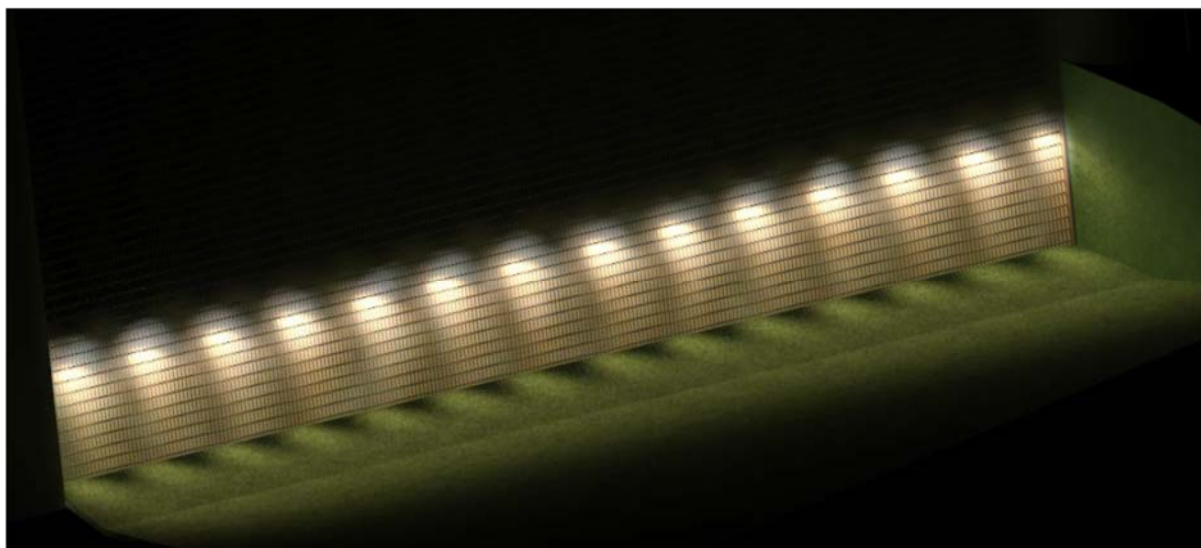
Begge fiskerørene faller ut på undervannssiden mellom fiskeinngangen i fisketrappa og turbinutløpet. Vannets hastighet ved utløpet vil bli om lag 5 -6 m/s. Dette vurderes som uproblematisk for alle fiskearter, og det forventes ikke skader som kan relateres til trykkendringer eller skjærkrefter ved ankomst til undervannet.

Passasjen gjennom røret vil bli helt fri for hindringer. I nedre del av rørene vil vannstrømmen vinkles før utløpet. Fiskenes ferd gjennom røret og vinklingen vurderes som uproblematisk ettersom fisken har en egenvekt som er lik vannets egenvekt. Fisk vil derfor ikke bli slått inn mot rørets vegger som følge av vinklingen. Vannhastigheten på 5-6 m/s er heller ikke tilstrekkelig til å utsette fisken for skadelige skjærkrefter ved ankomst i undervannet. Rørets indre struktur vil være såpass glatt at det heller ikke der oppstår skjærkrefter i tverrsnittprofilen.

Fiskerørenes utløp i sonen mellom fisketrappa og turbinavløpet har stort potensial som attraksjonsstimuli for fisk som søker fisketrappa. Samlet sett vil fiskerørene gi en tilleggsvannføring på 5 m³/s, og dette er en betydelig økning i forhold til fisketrappas maksimale kapasitet på om lag 1 m³/s. Denne attraksjonsvannføringen antas å ha en positiv effekt for fiskeoppgangen uansett hvordan den faller inn i undervannet fordi fisken søker mot vannkilder av denne typen. Vinklingen av vannføringen fra rørene kan innrettes slik at de gir en lokkende effekt til fiskeinngangen i trappa, og vinklingen kan enkelt justeres i etterkant. I første omgang anbefales det at kun ett av rørene benyttes til attraksjonsformål, mens det andre røret, dvs. ålerøret, får avløp på dypere vann mot kraftverkets avløpskanal.

Utløp over undervannet, dvs. fritt fall, som anbefales i Svensk håndbok for fiskevandring (Havs- og vattenmyndigheten, 2013), har blitt vurdert. Men undervannstanden varierer mye; fra laveste undervann på $\pm 0,8$ moh for kombinasjonen fjære sjø og liten elvevannføring til høyeste undervann på ca. +3,0 moh (ref. flommen i september 2015) for kombinasjonen flomvannføring og flo sjø. Tilgjengelig fallhøyde for å presse 2,5 m³/s gjennom hvert av rørene i en normalsituasjon er som kjent 5,02 m basert på overvannstand lik HRV på +5,02 moh og undervannstanden på $\pm 0,0$ moh. Dermed er det bare for perioder med undervannstand på $\pm 0,0$ moh og lavere at det ville være mulig å få til fritt fall og samtidig oppnå konsesjonskravet på 2,5 m³/s. I tillegg kommer at en slik løsning vil ikke gi fleksibilitet mhp. retningsstyring av attraksjonsvannføringen fra smoltrøret.

5.3.4 Lyssetting av turbininntakene med tidsmessig synkronisering



Figur 13 Illustrasjon for å vise belysning av nedre del av inntaksristene i turbininntakene

Figur 13 viser illustrasjon av belysning vha. 14 stk LED lys montert på den nederste flyndra til varegrinda. Type lys er beskrevet i produktbrosjyre fra leverandør i Vedlegg 7

Belysning har ulik effekt på ål og laksefisk. Det er derfor viktig å opprette et lysregime for turbininntaket og smoltrøret som underbygger hensikten med belysning. Blankålen vandrer ut av vassdraget fortrinnsvis under flomperioder utover høsten (august-oktober), og i disse periodene bør belysningen av turbininntaket være i drift hele døgnet. Det anbefales at denne belysningen slås av i november når vinterstøing av laks og sjøørret returnerer fra gyteplassene. I denne perioden bør det kun være moderat belysning ved smoltrøret (som også er dimensjonert for vinterstøing). Tilsvarende bør smoltrøret være belyst under smoltutvandringen fra slutten av april til juli. Forsøk med tids- og styrkemessig optimalisering av lysregimet muliggjøres av fisketellerne.

Det henvises for øvrig til kap. 6.

5.4 Utstyr og plassering for fisketelling

Aktuelle leverandører av fisketellere har vært kontaktet for avklaring om det er tilgjengelige tellere på markedet for montering direkte på et rør. Basert på god erfaring gjennom flere år med fisketeller type Riverwatcher fra VAKI har vi kommunisert og samarbeidet med den Islandske leverandøren VAKI. Etter vurdering av flere alternativ har VAKI valgt å tilby en videreutvikling av Riverwatcher for montasje på rør. Se Vedlegg 8. SKP har inngått en intensjonsavtale med VAKI for utvikling og leveranse av en modifisert Riverwatcher for montasje på både øvre og nedre fiskerør i samlelummen. Bestilling kan først effektueres etter NVEs godkjenning av denne detaljplanen.

6 Fiskefaglig vurdering av konsesjonspålagt ålerør

Først og fremst er det enighet om at den foreslåtte løsningen er i tråd med internasjonal fagkunnskap om ålens nedvandring, og at den er tuftet på publisert kunnskap om at 1) ålen vandrer langs bunnen, 2) den har aversjon mot lys, og særlig kunstig belysning, 3) den foretrekker komplekse bunnstrukturer og kan la seg lede i bunnmonterte rør- eller veggformasjoner og 4) at den går inn i neddykkede rørringganger dersom de hydrauliske forholdene legges til rette uten for rask akselerasjon av strømhastigheten.

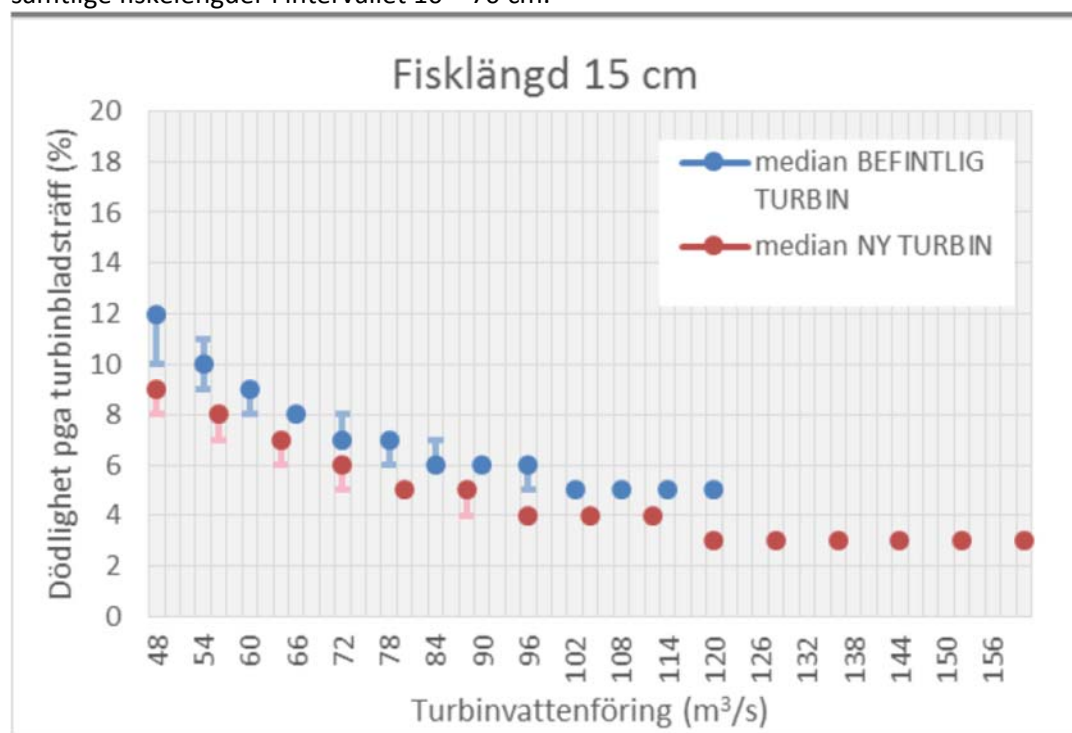
7 Beregninger av dødelighet for gamle og nye turbiner

Som følge av at NVE stilte spørsmål ved dødelighetssimuleringene utført ved NIVA har vi kontaktet både Førsteamanuensis Kjell Leonardsson ved Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) og på Leonardssons oppfordring engasjert EKOM AB v/Økolog Per Lundström for å utføre nye dødelighetsberegninger. Beregningene er utført ved bruk av programvare utviklet av Kjell Leonardsson i 2014. Vedlegg 9 inneholder rapporten i sin helhet. De viktigste resultatene er diskutert og inkludert i dette kapittelet.

Klosterfoss kraftverk er utrustet med 2 nye rørturbiner med slukeevne 160 m³/s per turbin. De gamle turbinene hadde slukeevne 120 m³/s per turbin. De nye turbinene har 3 turbinskovler ift. de gamle som hadde 4, og de nye turbinenes turtall er 100 omdreininger per minutt mens de gamle turbinene turtall var 83,33. Laveste slukeevne for både nye og gamle turbiner er 50 m³/s.

Så vel nye som gamle turbiner kan beskrives som store, grovskovlede med lavt turtall. Utførte beregninger viser generelt lav dødelighet og spesielt når det gjelder fisk med smoltstørrelse under turbinpassasje ved høye driftsvannføringer. På oppstrøms side av turbinene er varegrinda med lysåpninger på 68 mm. Varegrinder generelt har vist seg å mekanisk hindre fisk med lengder større enn 10 ganger lysåpningen, dvs. at varegrinda hindrer fisk med lengder større enn 70 cm fra å passere turbinene.

Nye turbiner har gjennomgående lavere dødelighet sammenliknet med gamle turbiner. Se Figur 14. Medianverdiene for dødelighet ved driftsvannføringer 48, 72, 96 og 120 m³/s er beregnet til å være 20 – 30% lavere for nye turbiner sammenliknet med gamle turbiner. Lavere dødelighet gjelder samtlige fiskelengder i intervallet 10 – 70 cm.

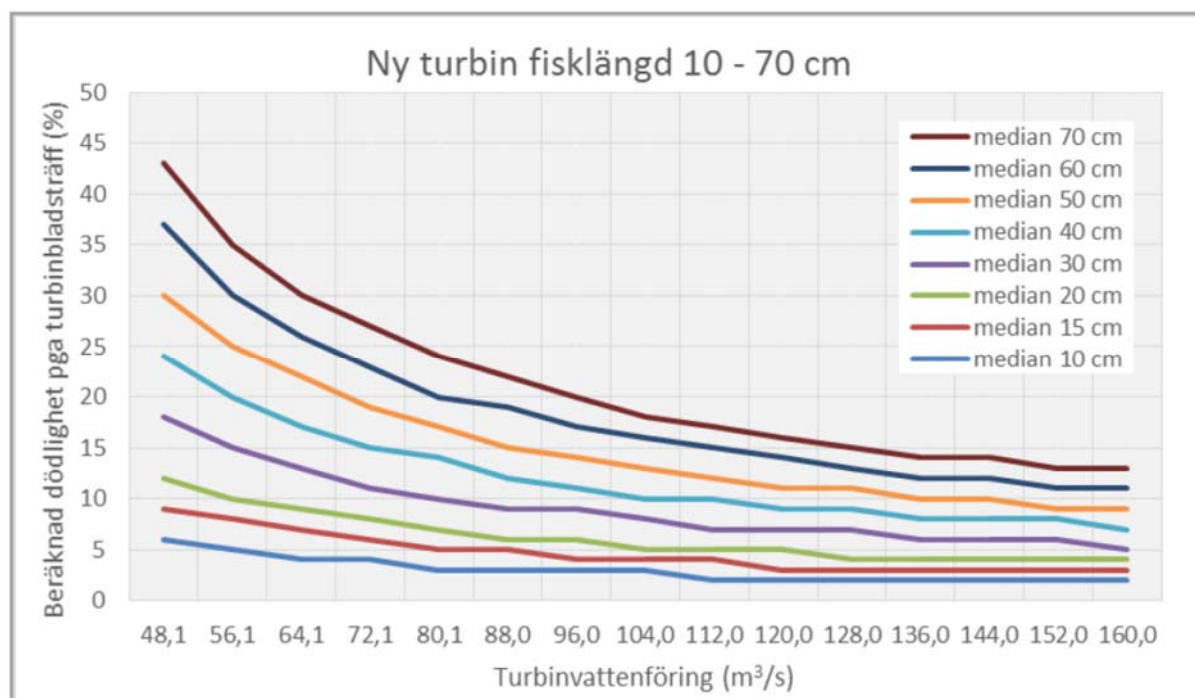


Figur 14 Sammenlikning av beregnet dødelighet pga. turbinskovltreff ved passasje gjennom gammel og ny turbin på Klosterfoss, fiskelengde 15 cm

Den beregnede dødelighet i de nye turbinene er lavere ved høy driftsvannføring ift. ved lav driftsvannføring. Se Figur 15. Medianverdiene for dødelighet ved 160 m³/s er beregnet til å være ca.

30 – 50% lavere ift. ved 80 m³/s. Ved totale vannføringer i intervallet 50 – 160 m³/s oppnås derfor en høyere overlevelse ved passasje gjennom turbin dersom alt vannet får passere gjennom én turbin.

For vannføringer opp til 100 m³/s vil alt vannet passere gjennom én turbin da turbinenes minste slukeevne er 50 m³/s. For vannføring over 100 m³/s vil kraftverksdrift fordele vannføringen på begge turbiner for maksimalisert produksjon evt. operere kun én turbin ved revisjonsbehov.



Figur 15 Beregnet dødelighet for ulike fiskelengder ved passasje gjennom ny turbin ved ulike driftsvannføringer

8 Modellering og strømningsanalyse av finmasket inntaksrist

8.1 Modellbeskrivelse

Det er kun én metode for å oppnå finmasket inntaksrist som har vært vurdert som realistisk, dvs. å legge en tilsvarende rist utenpå eksisterende rist. Styrkeberegninger og vibrasjonsanalyse for en slik løsning er ikke utført.

Det er gjennomført en simulering av vannstrøm gjennom inntaksristen med dobbel rist i de øverste 2.5 m og enkel rist over hele tverrsnittet nedenfor. For å redusere lysåpningen mellom riststavene fra 68 mm til 29 mm kan man montere identiske ristpaneler på oppstrøms side av eksisterende rist. På den måten kan gaffelen på den nye ristrenskeren fra ENERQUIP, som skyver rusk og rask på risten ned mot terskel før gaffelen lukker rundt oppsamlet materiale, passere overgangen mellom dobbel og enkel rist. Modellen av risten med vektoriserte vannhastigheter er vist i Vedlegg 6.

8.2 Resultater

Som vist i Vedlegg 4 er bruttomål for den permanente inntaksristen B x H = 21 000 x 11 640 mm² eller 244,44 m². Brutto vannhastighet, dvs. dersom inntaksristen ikke er montert, ved maksimal turbinslukeevne er 320 m³/s/244,44 m² = 1,31 m/s (til sammenlikning er brutto vannhastighet for førtilstanden 240 m³/s/244,44 m² = 0,98 m/s). Effektiv vannhastighet, dvs. med inntaksristen

montert, ved maksimal turbinslukeevne på 320 m³/s er 1,54 m/s. Det er beregnet på basis av 10 mm tykke grindstaver, 68 mm lysåpning mellom stavene og avstandsholdere for grindstaver og 3 stk. flyndrer som støtter inntaksristen. Til sammenlikning er effektiv vannhastighet 1,16 m/s for førtilstanden med maksimal turbinslukeevne på 240 m³/s.

Side 4 i Vedlegg 6 viser at vannhastigheten øker til ca. 2 m/s ved overgangen mellom de to ristene. Falltapet over den delvis doble risten er 50 mm, mens falltapet er 18 mm for dagens enkle rist. Begge falltap gjelder for brutto vannhastighet på 1.31 m/s, som tilsvarer full slukeevne.

8.3 Resultatvurdering

Det er flere negative sider ved den doble risten som gjør at den ikke er foreslått som et tiltak:

- Utvandrende smolt risikerer å bli klemt fast eller trukket gjennom overgangen mellom ristene der vannhastighetene er 2 m/s, som er mer enn smoltens svømmehastighet på 1,6 m/s. For dagens rist er brutto vannhastighet 1,3 m/s, som smolten klarer å svømme imot.
- Rusk og rask som legger seg på dagens inntaksrist, som er på nedstrøms side av en evt. dobbel rist, vil ikke bli fanget av tennene i den nye ristrenskerens gaffel.
- Det er mulig at dobbel rist vil introdusere skadelige vibrasjoner pga. enda høyere vannhastighet.
- Inntaket på Klosterfoss er neddykket med 2,3 m, som er gunstig ift. utvandrende smolt.
- Falltapet over eksisterende varegrind er betydelig (0,2 m), og den vil øke ved igangkjøring av nye turbiner. En finmasket varegrind vil øke falltapet ytterligere.
- Kostnaden for dobbel rist er betydelig, men ikke beregnet.

En finmasket varegrind er uegnet på Klosterfoss kraftverk.

9 Evt. tiltak for åleoppvandring

NINA, Multiconsult og Akershus Energi har gjennomført befaringer ved Klosterfoss kraftverk for å se på mulighetene for å legge til rette for oppvandring av åleyngel og glassål. Forholdene synes å ligge til rette for ålerenner. Det er imidlertid noen betenkeligheter knyttet til dette tiltaket.

Dødelighet hos voksen blankål som passerer nedstrøms forbi elvekraftverk er høy som følge av ålens kroppslengde. Hunnål er gjennomgående lengre enn hannene, og vil følgelig ha høyest dødelighet. Før dette tiltaket gjennomføres ved kraftverkene i Skiensvassdraget bør hele vassdragets åleførende deler vurderes samlet. Ålerenner ved Klosterfoss vil kun gi tilgang til et begrenset elveavsnitt opp til Skotfoss kraftverk. Det synes derfor å være et behov for økt kunnskap og forvaltningsmessige avklaringer omkring ål generelt i norske regulerte vassdrag.

Innsiget av ål til norske fjorder og vassdrag er redusert med mer enn 90 % fra 1980-tallet. Dette har sannsynligvis medført redusert konkurranse om mat og plass for gulål i oppvekstårene. Videre er det slik at gulålen vokser opp både i elver, bekker og fjordsystemer. Det er også registrert sykdom på ål i norske vassdrag. En samlet vurdering av det reduserte åleinnsiget og derav liten grad av intraspesifikk konkurranse i fjordsystemene gjør at det ikke nødvendigvis er formålstjenlig å legge til rette for oppvandring i elvene med påfølgende dødelighet under nedvandringen. Primært ønsker derfor SKP å innhente mer detaljert kunnskap om ålens vandringer forbi Klosterfoss før det påkostes tekniske løsninger for effektiv passasje (se kap. 6 og 10).

For øvrig mener SKP at konsesjonsvilkårene ikke direkte pålegger regulanten å installere en ålepassasje, og mener at slik passasje evt. kan bygges siden.

10 Telemetriundersøkelse for kartlegging av utvandrende fisk

Konsesjonæren SKP vil gjennomføre 2D-telemetriundersøkelse etter etablering av detaljplanens tiltak for å dokumentere ved kartlegging hvordan utvandrende fisk fordeler seg på tilgjengelige passasjer (fiskerør, over flomluke, gjennom turbiner).

11 Kostnadsoverslag for konsesjonspålagte tiltak

Aktivitet	Budsjettet kostnad (1 000 kr)	Kommentarer
Ledevegg for å lede ål frem til inntak nedre fiskerør	500	10 arbeidsdager med dykkerlag å kr 40 000 + kr 100 000 for materiell (fjellbolter, gabioner, stein)
14 stk LED-lys montert på nedre flyndre ved inntaksrist for å skremme ål	500	Basert på tilbud fra leverandør + montasje med dykkerlag. Belysning har ingen virkning
Fjerning av fjell under vann for fiskerør og inntak	400	Basert på budsjettpris fra spesialentreprenør. Antar 8 dager og kr 40 000 per dag + fjerning av sprengstein
Dykket inntakskonstruksjon for nedre fiskerør	1 000	Prefabriert betongkonstruksjon som forankres og tettes av dykkerlag
Inntakskonstruksjon for øvre fiskerør m/bjelke- og nålestensel for fleksibilitet	1000	Med plattform over glideluker
Boring av 2 stk fiskerør dia 1060 mm	2 100	Basert på budsjettpris fra bore entreprenør
Stålforing av fiskerør fra inntak til avløp;leveranse, transport, montasje	800	For å unngå lekkasjer til stasjonen. Sveist stålrør dia 990 mm m/tykkelse 10 mm.
Bygging av samlelum	1 400	Sprengning, graving, betongarbeid
To fisketellere, begge montert på rørene i samlelum	1 500	Basert på pris for utvikling og leveranse fra VAKI
2 stk ventiler i samlelum	500	Type skyvespjeldventiler med dia 990 mm
Glideluke m/føringer og opptrekksmekanisme for inntak nedre fiskerør	600	Én luke med dimensjon 1 x 1 m2
2 stk ultralyd vannføringsmålere	200	Basert på tilbud fra leverandør
Skilt for å opplyse offentligheten om miljøpålegg	150	
Konsulent prosjektering og oppfølging	1300	Konsulenter for bygg- og anleggsteknikk og fiskerifaglig ekspertise
Prosjektoppfølgning Byggherre SKP	500	
Produksjonstap	2 200	40 dager x 10 MW x 230 kr/MWh
Total	14 650	

12 Konklusjoner

- Etablering av ny nedstrøms fiskepassasje for fisk som utvandrer i overflaten (øvre fiskerør), dvs. hovedsakelig laks og sjørørret, vil kompensere for reduksjon i nedvandringsforhold for fisk som skyldes mindre vannmengde og antall døgn med forbitapping over flomlukene.

- Øvre fiskerør konstrueres med stor grad av fleksibilitet mhp. inntaksutforming, rist for å hindre tilbakehopping og utslippslokalitet. Dette muliggjør kontinuerlig arbeid med å optimalisere funksjonaliteten etter at o/u-prosjektet er ferdigstilt.
- Etablering av ny nedstrøms fiskepassasje for fisk som utvandrer i dypere vannlag (nedre fiskerør), dvs. ål, konstrueres med stor grad av fleksibilitet mhp. ledekonstruksjoner, vanninntak, belysning og utslippslokalitet.
- Installering av automatiske fisketellere ved begge fiskepassasjene vil kunne benyttes som kontinuerlig evalueringsverktøy.
- Plasseringen av fiskerørenes utløp mellom turbinavløpet og fisketrappa vurderes som gunstig for å øke oppvandring av fisk til fisketrappa fordi denne vannstrømmen kan fungere som attraksjonsvannføring.
- De nye turbinene vil gi lavere dødelighet for fisk som passerer denne vannveien. Dette skyldes en reduksjon fra fire til tre turbinskovler, bedre hydraulisk utforming og større turbinslukeevne. Det vil derfor passere større vannvolumer mellom hver turbinskovl, og risikoen for å bli truffet av en skovl blir derfor redusert.
- Tiltak for å øke oppvandring av åleyngel forbi kraftverket frarådes i første omgang. Begrunnelsen er at nedstrøms passasjemulighet bør bli tilstrekkelig effektiv. Den nåværende bestandssituasjonen for ål i Norge tilsier at den reduserte bestanden har tilstrekkelig oppvekstområder i fjordsystemene.

13 Litteratur

De foreslåtte tekniske løsningene for toveis fiskepassasje er utarbeidet med bakgrunn i forskningslitteratur som omhandler de samme fiskeartene og undersøkelser ved lignende kraftverk. Denne kunnskapen er anvendt med de begrensninger som er gitt av tiltakenes økonomiske konsekvenser og teknisk gjennomførbarhet. Følgende faglitteratur er benyttet i utarbeidelsen av rapporten:

Adam, B., Bosse, R., Dumont, U., Hadderingh, R., Jørgensen, L., Kalusa, B., Lehmann, G., Pischel, R. & Schwevers, U. 2005. Fish protection technologies and downstream fishways. Dimensioning, design, effectiveness inspection. DWA German Association for Water, wastewater and waste, Hennef, Tyskland.

Behrmann-Godel, J. & Eckmann, R. 2003. A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish* 12; 196-202.

Berg, R. 1986. Fish passage through Kaplan turbines at a power plant on the River Neckar and subsequent eel injuries. *Vie de Milieu* 36; 307-310.

Buyse, D., Mouton, A.M., Stevens, M. et al. 2014. Mortality of European eel after downstream migration through two types of pumping stations. *Fisheries management and Ecology* 21; 13-21.

- Breukelaar, A.W., Ingedahl, D., Vriese, F.T., de Laak, G., Staas, S. & Klein Breteler, J.G.P. 2009.** Route choices, migration speeds and daily migration activity of European silver eels *Anguilla anguilla* in the River Rhine, northwest Europe. *Journal of Fish Biology* 74; 2139-2157.
- 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.
- Cullen, P. & McCarthy, T.K. 2003.** Hydrometric and meteorological factors affecting the seaward migration of silver eels (*Anguilla anguilla* L.) in the lower River Shannon. *Environmental Biology of Fishes* 67; 349-357.
- Durif, C.M.F. & Elie, P. 2008.** Predicting downstream migration of silver eels in a large river catchment based on commercial fishery data. *Fisheries Management and Ecology* 15; 127-137.
- Durif, C., Elie, P., Gosset, C., Rives, J. & Travade, F. 2003.** Behavioural study of downstream migrating eels by radio telemetry at a small hydroelectric power plant. *American Fisheries Society Symposium* 33; 343-356.
- Eicher, G.J. 1987.** Turbine-related fish mortality: review and evaluation of studies. Electric Power Research Institute, California, EPRI AP-5480, Prosjekt 2694-4. Eicher Associates, Inc., Oregon (sitter fra NVE-rapport 1/2010).
- Ferguson, J.W., Ploskey, G.R., Leonardsson, K., Zabel, R.W. & Lundqvist, H. 2008.** Combining turbine blade-strike and life cycle models to assess mitigation strategies for fish passing dams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65; 1568-1585.
- Feunteun, E. 2002.** Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain. *Ecological Engineering* 18; 575-591.
- van Ginneken, V.J.T. & Maes, G.E. 2005.** The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its life cycle, evolution and reproduction: a literature review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 15; 367-398.
- Gosset, C., Travade, F., Durif, C., Rives, J. & Elie, P. 2005.** Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant. *River Research and Applications* 21; 1095-1105.
- Hadderingh, R.H., van der Stoep, J.W. & Habraken, J.M.P.M. 1992.** Deflecting eels from water inlets of power stations with light. *Irish Fisheries Investigation Series A 8(Freshwater)* 36; 78-87.
- Hadderingh, R.H., van Aerssen, G.H.F.M., De Beijer, J. & van der Velde, G. 1999.** Reaction of silver eels to artificial light sources and water currents; an experimental deflection study. *Regulated Rivers, Research and management* 15; 365-371.
- Jansen, H.M., Winter, H.V., Bruijs, M.C.M. & Polman, H.J.G. 2007.** Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. *ICES Journal of Marine Science* 64; 1437-1443.
- Kemp, P.S., Anderson, J.J. & Vowles, A.S. 2012.** Quantifying behavior of migratory fish: Application of signal detection theory to fisheries engineering. *Ecological Engineering* 41; 22-31.
- Laffaille, P., Acou, A., Guillouët, J. & Legault, A. 2005.** Temporal changes in European eel, *Anguilla anguilla*, stocks in a small catchment after installation of fish passes. *Fisheries Management and Ecology* 12; 123-129.

- Larinier, M. & Travade, F. 2002.** Downstream migration; problems and facilities. Publisert artikkel i: Larinier, M., Travade, F. & Porcher, J.P. 2002: Fishways; biological basis, design criteria and monitoring. Bull. Fr. Pêche Piscic. 364 suppl., 208 sider.
- Marohn, L., Prigge, E. & Hanel, R. 2014.** Escapement success of silver eels from a German river system is low compared to management-based estimates. *Freshwater Biology* 59; 64-72.
- Marthur, D., Heisey, P.G., Skalski, J.R. & Kenney, D.R. 2000.** Salmonid smolt survival relative to turbine efficiency and entrainment depth in hydroelectric power generation. *Journal of the American Water Resources Association* 36; 737-747.
- McCarthy, T.K., Frankiewicz, P., Cullen, P., Baszkowski, M., O'Connor, W. & Doherty, D. 2008.** Long-term effects of hydropower installations and associated river regulation on River Shannon eel populations; mitigation and management. *Hydrobiologia* 609; 109-124.
- McCleave, J.D. 1980.** Swimming performance of European eel (*Anguilla anguilla* (L.)) elvers. *Journal of Fish Biology* 16; 445-452.
- McCleave, J.D. & Arnold, G.P. 1999.** Movements of yellow- and silver-phase European eels (*Anguilla anguilla* L.) tracked in western North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 56; 510-536.
- Montèn, E. 1985.** Fisk och turbiner. Om fiskars möjligheter att oskadda passera genom kraftverksturbiner. Rapport fra Vattenfall. Stockholm 1985, 116 sider.
- NVE (Redaktør; Thorstad, E.B.) 2010.** Ål og konsekvenser av vannkraftutbygging. En kunnskapsoppsummering. Rapport 1/2010 fra Prosjektet Miljøbasert vannføring, fase II, 136 sider.
- Pedersen, M.I., Jepsen, N., Aarestrup, K. et al. 2012.** Loss of European silver eel passing a hydropower station. *Journal of Applied Ichthyology* 28; 189-193.
- Piper, A.T., Wright, R.M., Walker, A.M. & Kemp, P.S. 2013.** Escapement, route choice, barrier passage and entrainment of seaward migrating European eel, *Anguilla anguilla*, within a highly regulated lowland river. *Ecological Engineering* 57; 88-96.
- Piper, A.T., Manes, C., Siniscalchi, F. et al. 2015.** Response of seaward-migrating European eel (*Anguilla anguilla*) to manipulated flow fields. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 282 (online publ.)
- Porcher, J.P. 2002. Fishways for eel. Publisert i: Larinier, M., Travade, F. & Porcher, J.P. 2002:** Fishways; biological basis, design criteria and monitoring. Bull. Fr. Pêche Piscic. 364 suppl., 208 sider.
- Russon, I.J. & Kemp, P.S. 2011.** Advancing provision of multi-species fish passage: Behaviour of adult European eel (*Anguilla anguilla*) and brown trout (*Salmo trutta*) in response to accelerating flow. *Ecological Engineering* 37; 2018-2024.
- Trancart, T., Acou, A., De Oliveira, E. Et al. 2013.** Forecasting animal migration using SARIMAX: An efficient means of reducing silver eel mortality caused by turbines. *Endangered Species Research* 21; 181-190.
- Vowles, A.S., Karlsson, S.P., Uzunova, E.P. et al. 2014.** The importance of behavior in predicting the impact of a novel small-scale hydropower device on the survival of downstream moving fish. *Ecological Engineering* 69; 151-159.
- Vøllestad, L.A. 1986.** Growth and production of female yellow eels (*Anguilla anguilla*) from brackish water in Norway. *Vie de Milieu* 36; 267-271.

Vøllestad, L.A. & Jonsson, B. 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river: Evidence for density-dependent mortality, and development of a model for predicting yield. *Journal of Animal Ecology* 57; 983-997.

Watene, E.M., Boubée, J.A.T. & Haro, A. 2003. Downstream movement of mature eels in a hydroelectric reservoir in New Zealand. *American Fisheries Society Symposium* 33; 295-305.

Wirth, T. & Bernatchez, L. 2001. Genetic evidence against panmixia in the European eel. *Nature* 409; 1037-1040.

Aarestrup, K., Thorstad, E.B., Koed, A., Jepsen, N., Svendsen, J.C., Pedersen, M.I., Skov, C. & Økland, F. 2008. Survival and behavior of European silver eel in late freshwater and early marine phase during spring migration. *Fisheries Management and Ecology* 15; 435-440.

14 Vedlegg

Vedlegg 1 Som bygget tegning 236-067

Vedlegg 2 Som bygget tegning 236-105

Vedlegg 3 Drawing 1241166 Turbine_Cross_Section

Vedlegg 4 Tegning 103078 A -Arrangement for ny varegrind

Vedlegg 5 Tegn 100 - Fremdriftsplan for byggeperioden Versjon 3

Vedlegg 6 Simulering av vannstrøm gjennom dobbel inntaksrist

Vedlegg 7 Produktbrosjyre for LED lys i turbininntaket

Vedlegg 8 VAKI Klosterfoss project proposal 4 October 2016

Vedlegg 9 Beräkning av dödlighet på fisk vid nedstrøms passage genom turbin