
RAPPORT

Forbedret nedstrøms passasje for laks og sjøørret ved Hellefoss kraftverk i Drammenselva

OPPDRAGSGIVER

Modum Kraftproduksjon KF

EMNE

Forslag til teknisk miljøløsning

DATO / REVISJON: 4. november 2016 / 00

DOKUMENTKODE: 129082-RIM-RAP-001



Multiconsult

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

Multiconsult 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 eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Forbedret nedstrøms passasje for laks og sjøørret ved Hellefoss kraftverk i Drammenselva	DOKUMENTKODE	AAAAAA-CCC-RAP-###
EMNE	Forslag til teknisk miljøløsning	TILJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Modum Kraftproduksjon KF	OPPDRAGSLEDER	Morten Kraabøl
KONTAKTPERSON	Odd Røvang	UTARBEIDET AV	Morten Kraabøl
KOORDINATER	SONE: 32N ØST: 9°53'58 NORD: 59°47'16	ANSVARLIG ENHET	1085 Oslo Naturressurser
GNR./BNR./SNR.	N/A		

SAMMENDRAG

Denne rapporten beskriver utfordringer for fiskevandring av laks og sjøørret forbi Hellefoss Kraftverk i drammenselva. Kraftverket er det nederste i Drammenselva før utløp til Oslofjorden. På tross av tidligere tiltak utgjør kraftverket en tydelig barriere for fiskevandring, særlig nedstrøms. Nåværende utfordringer med fiskevandring beskrives på grunnlag av data fra fisketellinger, lokalkunnskap og befarings 2. mai 2016.

Det anbefales å gjennomføre konkret teknisk tiltak i den østre inntakskanalen. Forholdene ligger svært godt til rette for å etablere en funksjonell og trygg nedvandringsvei oppsamlingsområde i østre inntakskanal og videre ned til undervannsnivået, og det forventes god effekt på vinterstøing og smolt fra laks og sjøørret.

Til rapporten finnes vedlagt oppsummeringer av eksisterende vitenskapelig grunnlag og erfaringer fra liknende løsninger. Dette danner et viktig grunnlag for anbefalt løsning.

00	04.11.2016	Rapport, til levering	MKR	RLA	MKR
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Bakgrunn	5
2	Kort beskrivelse av Hellefoss kraftverk og fiskevandringene	5
2.1	Oppsummering av lokal kunnskap	6
2.2	Befaring den 2. mai 2016	7
2.3	Konklusjoner	7
3	Konkrete forslag til tekniske miljøløsninger	8
VEDLEGG: Beskrivelser av direkte sammenlignbare tiltak		11
	Boenfoss kraftverk	11
	Andre relevante referansestudier fra inn- og utland	12
	Oppsummering av kunnskap fra kraftverkspassasje hos laks i Frankrike	12
	Kragerøvassdraget	13
	Klarälven og Trysilvassdraget	15
	Klosterfoss i Skiensvassdraget	15

1 Bakgrunn

Laks som har passert fisketrappene ved Hellefoss dam og kraftverk samler seg i inntakskanalen til de to turbinene som er lokalisert på østsiden av elva (se figur 1, blått felt). Multiconsult v/Morten Kraabøl ble derfor engasjert til å delta på en befaring den 2. mai 2016 og foreslå en teknisk miljøløsning som gir nedvandringmuligheter for laks og sjøørret forbi kraftverket.

2 Kort beskrivelse av Hellefoss kraftverk og fiskevandringene

Hellefoss kraftverk (figur 1) er det nederste kraftverket i Drammenselva, og vandringshindringer på dette punktet kan representere alvorlige negative effekter for bestandene hos laks, sjøørret og ål i hovedelven og sideelver oppstrøms for kraftverket.

Det er bygget til sammen tre fisketrapper for å lette oppvandringen av laks. Den første trappa som ble konstruert i 1970-årene er stengt pga dårlig funksjonalitet og erstattet av en nyere fisketrapp med ombygd innhopp. Denne fungerer etter forholdene bra, men oppvandring av fisk opphører ved stort vannslipp gjennom sektorluka, hvilket er nødvendig ved høye vannføringer i elva. Av den grunn er det bygd ei ny fisketrapp som skal gi oppvandringmuligheter for fisk under flomsituasjoner.

Den årlige oppgangen av laks gjennom fisketrappene ved Hellefoss varierte i perioden 2011-2015 mellom 766 og 1590 individer (snittvekt; 5,4 kg). Den årlige fangsten av laks oppstrøms Hellefoss varierte i samme tidsperiode mellom 240 og 425 individer. Tabell 1 gir en oversikt over oppgang, fangst og resterende antall laks oppstrøms for Hellefoss kraftverk. De resterende laks er aktuelle for nedstrøms passasje forbi kraftverket. Tallene som angir resterende laks til nedvandring forutsetter dekkende fangstrapporter og at dødeligheten er null. Studier har vist at det er en viss dødelighet av voksen laks i elv. Dersom det legges til en skjønsmessig anslag for sjøørretoppgang og –fangst er det sannsynlig at disse tallene er representative for summen av antall laks og sjøørret som skal passere nedstrøms forbi kraftverket hvert år.

Tabell 1. Oversikt over årlig oppgang av laks forbi Hellefoss kraftverk, årlig fangst oppstrøms kraftverket og den resterende populasjonen som er aktuelle for nedstrøms vandring forbi kraftverket.

År	Antall laks gjennom trappa	Antall laks fanget ovenfor	Resterende laks til nedvandring
2011	944	299	645
2012	1590	425	1165
2013	929	294	635
2014	766	331	435
2015	837	240	597



Figur 1: Satellittbilde av Hellefoss kraftverk i Drammenselva. Den blå pila viser en av de antatt viktigste nedvandringsrutene for laks og sjøørret i perioder med lite vannføring over lukene, og det blå feltet i østre inntakskanal angir hvor det ble observert vinterstøinger av laks under befaringen den 2. mai 2016. Det observeres opptil flere hundre laks i dette området hver vår. Laks og sjøørret samles også i noen grad på vestsiden.

2.1 Oppsummering av lokal kunnskap

Ifølge Frode Laugerud i HÅK (Hellefoss Åmot Kultiveringsanlegg SA) er det vanlig å se vinterstøinger av laks langs muren foran dette turbininntaket hvert år. Det observeres laks i tre perioder (med betydelig overlapp), og det er derfor sannsynlig at det er behov for nedstrøms vandring av voksen laks (og sjøørret) i tre puljer:

1. I løpet av lakseoppgangen om sommeren: Når oppvandringen av laks (og sjøørret) gjennom fisketrappa starter på forsommeren kommer de første laksene til syne foran turbininntaket. Dette tolkes som såkalte «over-shooters», dvs. oppvandrede laks som finner ut at de hører til i området nedstrøms Hellefoss kraftverk. Det er et velkjent fenomen at laksefisk utøver søkende atferd opp- og nedstrøms i elva når de ankommer sitt fødested. Det vurderes derfor slik at disse laksene som observeres foran turbininntakene utover sommeren er laks som ønsker å slippe seg ned igjen før gyting.
2. Etter gyteperioden i november: De første returvandrende laksene ned mot Hellefoss dam og kraftverk. Disse observeres foran varegrinda fremover mot årsskiftet og til dels gjennom vinteren. Ved det østre kraftverksinntaket og tilhørende kanal synes det å være begrenset rom for overvintring i stille vann hvis ikke fiskene svømmer oppstrøms og inn i elvas hovedløp. Dette tolkes som første nedvandringspulje av utgytt laks (og sjøørret), og det er mulig at kjønns sammensetningen av disse er forskjellig fra de som overvintrer og starter nedvandringen i mars (se pulje 3 nedenfor).
3. Om våren: Overvintrende laks starter returvandringen når vannføringen begynner å øke i mars, og ankommer Hellefoss dam og kraftverk som såkalte vinterstøinger. Dette er som regel utmagret

fisk som er svak og mottakelig for sykdom og sultedød dersom de ikke gis rask tilgang til næringsressursene i fjorden og havet. Det vurderes som særlig risikofylt for vinterstøinger å bli stående i den strømmsterke kanalen foran varegrinda ettersom de har marginale energireserver og forbruker energi ved å holde seg i strømmen mens vanntemperaturen (og stoffskiftet) øker. Det er grunn til å tro at denne gruppen skiller seg fra pulje to mht kjønn og øvrige bestandskarakteristika.

2.2 Befaring den 2. mai 2016

Personell fra følgende instanser deltok på befaringen: Hellefoss kraft, EB kraftproduksjon, Mattilsynet, Fylkesmannen i Buskerud, Modum kommune, SHG (Soya Hellefoss Grunneierlag) og HÅK.

Det ble gitt orienteringer om kraftverksanlegget, vannveiene og tidligere erfaringer/observasjoner med observasjon av nedvandrende laks i østre inntakskanal som ble hindret videre nedvandring. Under befaringen ble det observert titalls vinterstøinger av laks foran turbininntaket. Alle var samlet på et relativt begrenset område i innersvingen til inntakskanalen, og tettheten var størst helt inntil vestre murvegg og ned mot varegrinda (figur 1 og 3). Her er vannhastigheten vesentlig lavere enn i hovedkanalen, og det er forventet at de blir stående i dette området.

En betydelig andel av laksene hadde synlig sopp i hoderegionen og på finnene (figur 3 nederst). Flere av laksene gikk svært høyt i vannet, og blottet både rygg og finner ved flere anledninger. Bevegeligheten var stor og de søkte en del opp og ned langs muren på kanalens vestre side.

2.3 Konklusjoner

I følge observasjonene som ble gjort under befaringen og tidligere erfaringer fra lokalkjente folk er det en årviss hendelse at laks (og noe sjøørret) samler seg på samme sted til nokså forutsigbare tider hvert år (se ovenfor). Årsaken til dette antas å være at inntaksarrangementet til kraftverket er utformet slik, at det leder inn returvandrende laks og sjøørret, som følger hovedstrømmen som går inntil den østre elvebredden. Langt færre laks observeres foran de andre turbininntakene.

Inntakskanalen er buet, og i innersvingen langs betongmuren er vannhastigheten roligere (bakevje) og danner en foretrukket standplass for laks og sjøørret. Disse hydrauliske forholdene er gunstige fordi de virker ledende og samlende på vinterstøinger (og muligens også smolt). Dette er det mest gunstige oppholdsstedet for fisk i kanalen, og det vil alltid samle seg fisk i dette området så lenge inntakskanalens konfigurasjon er uforandret.

Inntakskanalen har et tydelig fall på noen cm fra elvemagasinet inn til varegrinda. Vanligvis er vannmassene i slike inntaksområder demmet opp, og vannhastigheten øker gradvis inn mot varegrinda. I dette tilfellet er den innfallende vannstrømmen tilsynelatende jevnt høy (over 1-2 m/s) gjennom hele kanalen. Det er grunn til å tro at dette kan virke begrensende på laksens evne til å passere gjennom varegrinda. Den ankommer etter all sannsynlighet baklengs ned mot varegrinda. I såpass sterke og turbulente strømmer vil derfor halefinnen benyttes med sideveis utslag som kan forhindre at den passerer mellom elementene i varegrinda. I tillegg vil den spile ut bryst- og bukfinner for å øke manøvreringsdyktigheten. Begge disse finneparene har en slik anatomi at de ikke kan bøyes fremover, og dette kan også bidra til å forhindre passasje av varegrinda. Opphopningen av vinterstøing i dette området er såpass omfattende at den 10 cm store lysåpningen i varegrinda

åpenbart virker delvis forhindrende i forhold til turbinpassasje. Andelen som passerer gjennom turbinene er ikke kjent.

Ulempen ved dette pr. i dag er at vinterstøingen fanges inne i en inntakskanal uten alternative nedvandringsveier. Oppholdstiden i dette området kan derfor bli så lang at den utvikler energirelaterte problemer som følge av høy aktivitet, samt soppinfeksjoner. Slimlag og hud kan bli påvirket som følge av direkte kontakt med både varegrinda og betongveggen (dette ble observert under befaringen).

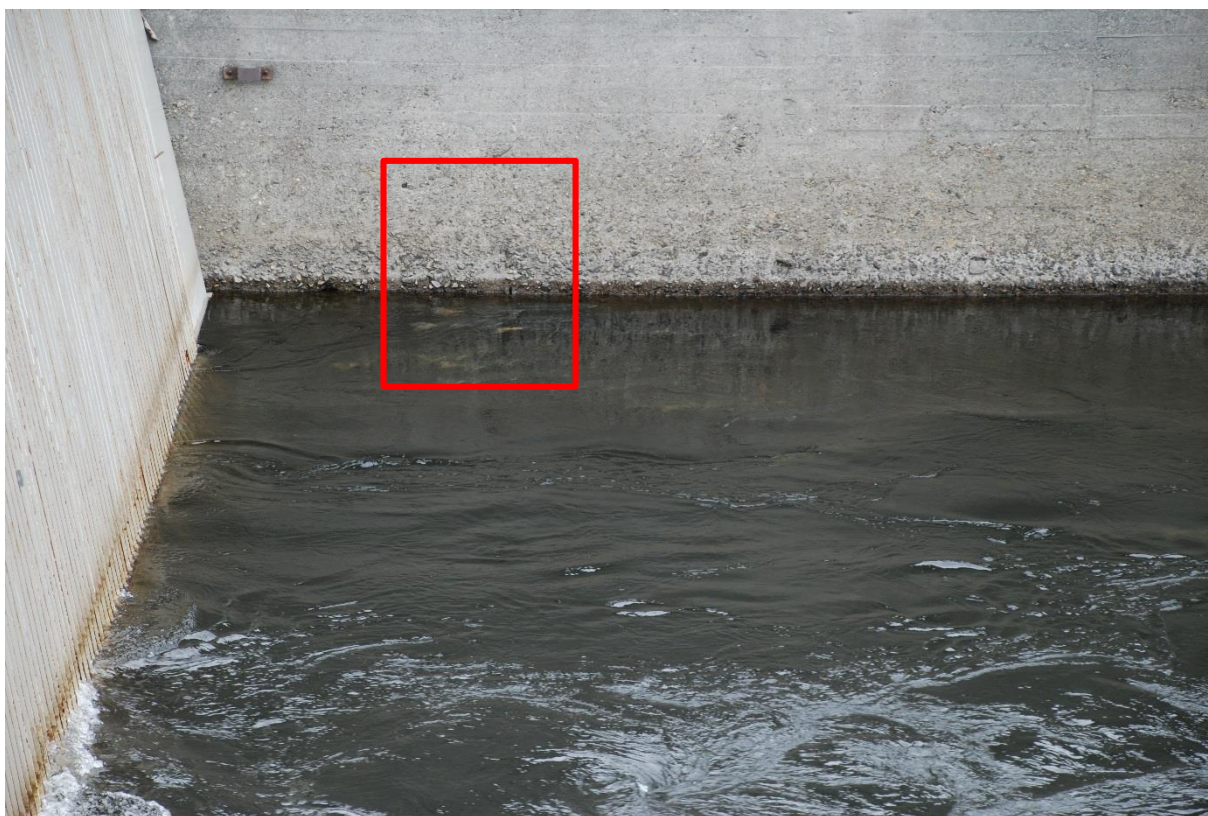
3 Konkrete forslag til tekniske miljøløsninger

Det foreslås derfor å gjennomføre tiltak i den østre inntakskanalen. Forholdene ligger svært godt til rette for å etablere en funksjonell og trygg nedvandringsvei fra laksens oppsamlingsområde i østre inntakskanal og videre ned til undervannsnivået, og det forventes god effekt på vinterstøing og smolt fra laks og sjøørret. Følgende spesifikasjoner anbefales:

- Etablering av en 50 - 70 cm bred åpning i murveggen i inntakskanalen. Denne bør ha en høyde som muliggjør tapping av overflatevann i de fleste situasjoner om sommeren, høsten og våren.
- Dybden/høyden på åpningen bør være slik at den tolererer vannstandssvingninger på overvannssiden.
- Åpningen bør ha avrundede hjørner inn mot inntakskanalen, og murveggenes tykkelse avgjør hvor mye avrundning som kan tillates med hensyn til konstruksjonsmessige forhold.
- Det bør etableres et egnet lukesystem for regulering av åpning i fht overvannet. Det er mulig at fiskeluka vil kunne fungere med et redusert tverrsnittsareal.
- På nedstrøms side av fiskeluka bør det bygges en kanal eller et rørsystem som leder nedvandrende fisk ned til undervannet. Fallhøyden er såpass lav at det ikke er fare for fallskader på fisk. Denne vannveien bør imidlertid ha glatte vegger for å unngå friksjonsskader på skjell- og hudlag, samt øyne hos fisk. Øvrig design og plassering kan gjøres fritt i henhold til lokale forhold.



Figur 2: Forslag til plassering av fiskeluke og rørsystem som fører vann og fisk ned til undervannet.



Figur 3. Øverst: Forslag til plassering av fiskeluke i forhold til varegrinda og overvannsspeilet. Bredden foreslås til 50-70 cm, og høyden bør tilpasses slik at den gir overflatetapping under de fleste vannføringer/vannivåer. En stim med vinterstøinger av laks er synlig inntil murveggen. Nederst: Nærbilde av deler av stimen med vinterstøing som ble observert under befaringen den 2. mai 2016. Fysisk kontakt med varegrinda og betongveggen kan medføre skader på slim- og hudlag (Foto: M. Kraabøl).

VEDLEGG: Beskrivelser av direkte sammenlignbare tiltak

Boenfoss kraftverk

Ved Boenfoss kraftverk i Tovdalselva er det gjennomført et tilsvarende tiltak som er foreslått ved Hellefoss kraftverk. Som en følge av at det ikke var isluke inntil turbininntaket ble det boret et hull i betongvegg til siden for inntaket for å etablere en tryggere nedvandringsvei for laksesmolt og utgytt voksen laks. Figur 5 viser en *powerpoint-slide* som fiskeforvalter i Aust- og Vest Agder, Frode Kroglund, presenterte på fiskeforvaltersamlingen i 2015. Selv om dette kraftverket er vesentlig mindre enn Hellefoss kraftverk, er prinsippene de samme; det etableres en alternativ fluktrute i form av et hull i vegg inntil turbininntaket.

Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder

Tovdal – forsøk i 2011

Lamberg mfl. 2012

- Ingen isluke her
- Borra hull i vegg v/varegrinda
- $(Q_{\text{flukt}}/Q_{\text{turb}} * 100) > 5\%$ (500 l/s)
- >75 % av all smolt & vinterstøing brukte fluktåpningen
- Mye predasjon fra sjørøret foran hullet

Turbin Fluktrute

18 - 21 mai 2015

fiskeforvaltning

ssdrag og

Figur 5. Powerpoint-presentasjon av fisketiltak ved Boenfoss kraftverk i Tovdalselva (gjengitt med tillatelse fra F. Kroglund).

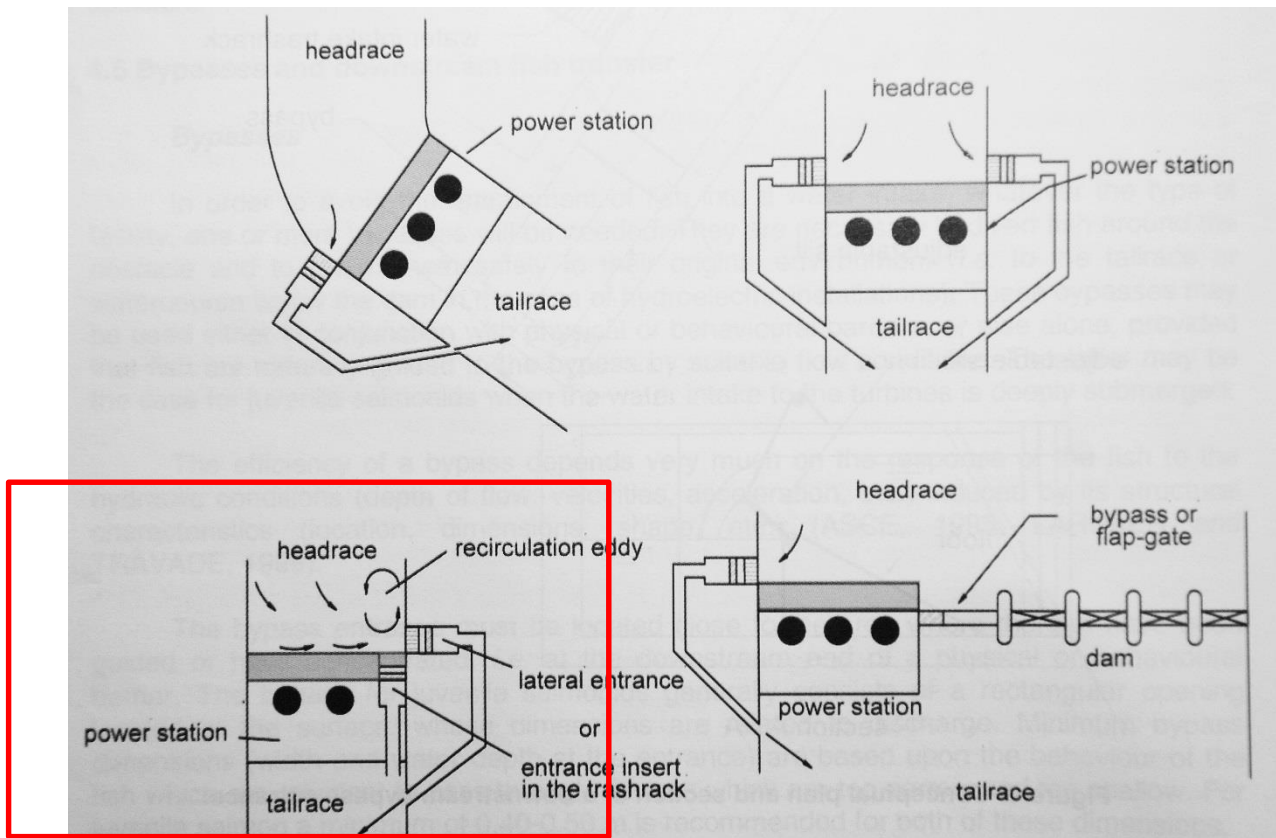
Hullet i betongveggen var sirkulært med et tverrsnittsareal på litt under 0,4 m² (tilsvarende en diameter på 70 – 80 cm), og en kapasitet på ca 500 l/s. Dette tilsvarte omkring 5 % av slukeevnen til kraftverket. Dette medførte at ca 75 % av all smolt og utgytt voksen laks (vinterstøing) benyttet dette hullet som nedstrøms vandringsrute. Ved Boenfoss ble en del av smolten tatt av predatorer før den kom fram til hullet, men dette er ikke relevant for Hellefoss kraftverk. Figur 5 viser stim av laksesmolt som er på vei ned gjennom dette hullet.

Andre relevante referansestudier fra inn- og utland

Nedenfor gis fylldig omtale og/eller utvalgte sitater fra relevante praktiske studier og anbefalinger som er gitt av sentrale forskningsmiljøer på fiskevandring. Referansene i parenteser er ikke gjengitt i egen litteraturliste i dette notatet, men de kan finnes i kildematerialet til de siterte publikasjonene.

Oppsummering av kunnskap fra kraftverkspassasje hos laks i Frankrike

I 2002 ble det publisert en samling med fagfelleurderte artikler med tittel (oversatt til norsk): «Fiskepassasjer; biologisk grunnlag, designkriterier og overvåkning». Denne publikasjonen (Larinier, Travade & Porcher 2002) oppsummerer kunnskap og praktisk erfaring med fiskepassasjer forbi elvekraftverk i Frankrike. I en av artiklene omtales ulike tekniske løsninger for nedstrøms vandring forbi dammer og kraftverksinntak, og figur 4 er hentet derfra (Larinier & Travade 2002; **Downstream migration; problems and facilities, s. 181 – 205**). Den illustrerer optimal plassering av fiskeluker ved kraftverksinntak ved forskjellige konfigureringer av inntaksområdet på oppstrøms side, og brukes i stor utstrekning i Skandinaviske vassdrag med tilsvarende vandrede bestander av laks og ørret.



Figur 4. Veiledende prinsippsskisser for plassering av fiskeluker ved turbininntak for elvekraftverk. Figuren nederst til venstre (i rød ramme) har størst relevans for Hellefoss kraftverk. Det dannes en bavevje (resirculation eddy) på den ene siden som følge av innsvingt inntakskanal, og her samles nedvandrende fisk. En fiskeluke nært inntil varegrinda er derfor i tråd med internasjonale anbefalinger (NB: forholdene ved Hellefoss er speilvendte i forhold til innrammet illustrasjon).

Kragerøvasdraget

I forbindelse med planarbeidene med å reetablere laksevandringer i Kragerøvasdraget er det utarbeidet en rekke anbefalinger av tiltak for å sikre både opp- og nedstrøms vandringer forbi kraftverkene. Denne rapporten har en profil som er i tråd med dagens kunnskapsfront på dette området, og det gjengis derfor sitater fra **Kvingedal et al. 2013**: Reetablering av laks i Kragerøvasdraget – anbefalte tiltak for å sikre toveis vandringsmuligheter. - NINA Rapport 943:

«Selv om storparten av laksen bare gyter én gang som voksen så kan flergangsgytere utgjøre en vesentlig andel av gytebestanden, og særlig når overlevelsen fram til første gyting er lav (Halttunen 2011). I en undersøkelse av 12 norske elver fant Jonsson et al. (1991) at andelen varierte fra 7-30 %, med størst andel i elver dominert av en-sjøvinterlaks. Hvor lenge fisken er i sjøen før den returnerer for gyting er avhengig av bl.a. geografisk plassering (nord-sør-gradient), miljøforhold i elva (fallgradient, vannføring, smoltalder m.m. (se oppsummert i Jons-son & Jonsson (2011)). I Alta vandret noen av vinterstøingene ut igjen umiddelbart etter gyting, mens de fleste, og de mest produktive (laks i best kondisjon og hunner), vandret om våren om-trent samtidig med smolten (Halttunen 2011). I Storelva ved Tvedestrand, vandret all vinterstøing på våren i 2011 (Kroglund upubliserte resultater). De tiltakene som gjøres for å hjelpe nedvandringen av smolt kan derfor i stor grad også bedre overlevelsen til vinterstøing. I henhold til Monténs modell for treffsannsynlighet, øker denne proporsjonal med fiskens kroppslengde. Treffsannsynligheten for en 12 cm lang smolt ble estimert til 11-12 % for de enkelte kraftverkene. Antar en at støingene har en kroppslengde på rundt 70 cm, kan en dermed forvente at ca. 70 % vil dø i hvert av kraftverkene som følge av treffskader og med fem kraftverk etter hverandre vil bare 0,2 % overleve om de ikke har andre utvandringsveier.

Tiltak for å unngå/ redusere andel fisk som vandrer ut gjennom turbininntaket har vært kjent i forskningslitteraturen gjennom lang tid, men har vært lite påaktet i Skandinavia. Det er særlig de franske forskningsmiljøene (Larinier 2001, Larinier & Travade 2002) som har fremskaffet en god kunnskapsplattform om slike tiltak. Disse har dannet grunnlaget for flere andre nasjonale retningslinjer (Irish Guidelines 2005, Turnpenny et al. 1998). Rådene er basert på forsøk og erfaringer gjort i vassdrag som har karakteristika som er sammenlignbare med de forhold vi har i Norge. Det har også vært stor aktivitet på utvikling av ulike tiltak i USA og Canada. De fleste av tiltakene igangsatt i Nord-Amerika er i elver som er betydelig større enn de vi har i Norge. Tiltakene som settes i verk i store elver trenger ikke være like effektive eller anvendbare under våre forhold. Inntil man har mer erfaring med ulike typer tiltak, også de som er utviklet for stør-re forhold, tar vi utgangspunkt i de franske anbefalingene når vi vurderer hvilke tiltak som er best egnet i Kragerøvasdraget. De fleste tiltak benyttet i Frankrike, men også i England, Scotland og Irland, baserer seg på at fisken ledes til et sideløp. Tiltakene bygger på to prinsipper; fiskens motivasjon for å følge hovedstrømmen inn kraftverksinntaket må hemmes eller avbrytes i nærheten av turbininntaket, og fisken må deretter ledes eller lokkes til et tilrettelagt sideløp som sikrer trygg passasje forbi kraftverket. Hemming oppnås med bruk av gitter/varegrinder, ledegjerder eller skremmetiltak (som strobelys og boblegardiner). Disse må være riktig utformet for å ha ønsket funksjon. Side-løpet må være plassert i nærheten av kraftverksinntaket og ha tilstrekkelig vannføring til at smolt og støing oppfatter det som en mulig vandringsvei.

Det å hindre eller hemme fiskens bruk av turbininntaket er ikke tilstrekkelig for å berge fisken raskt og levende forbi kraftverket. Fisken må samtidig tilbys en alternativ vandringsvei - et side-løp. Sideløp skal ha inngangen enten som en del av varegrinda eller stå i umiddelbar nærhet til varegrinda. Mens en utvandringsløsning som er lokalisert mer enn 2 m oppstrøms varegrinda i liten grad vil bli benyttet

vil en tilsvarende løsning plassert mindre enn 1 m fra varegrinda være optimal (Larinier & Travade 2002, Turnpenny et al. 1998).

Inntaket til sideløpet må utformes slik at det her ikke oppstår for rask økning i vannhastighet eller turbulens (Larinier & Travade 2002). Inntaket til sideløpet kan med fordel utformes som en trakt (Haro et al. 1998). I en trakt vil vannhastighet akselerere (1 m/s pr. m) gradvis opp til hastigheter på 3 m/s. En slik løsning sikrer at man har gode hydrauliske betingelser ved innløpet og at vannhastighet øker innover i sideløpet slik at fisken følger vannstrømmen videre fremfor å returnere til turbininntaket.

Effektiviteten til sideløpet er sterkt knyttet til vannføringsbrøken mellom drift- og spillvannføring. Hovedregelen er desto mer vann til sideløpet, desto bedre blir avledningseffektiviteten. Vannføringen som avledes fra hovedstrømmen og ut gjennom sideløpet setter opp en vannstrøm som skal gi avledningsstimuli for fisk til å forlate vannstrømmene knyttet til turbininntaket. Vannbehovet vil være sterkt knyttet til det hydrauliske miljøet omkring varegrinda og vil kunne være ned mot 2 % av totalvannføringen dersom varegrinda er skråstilt for å øke til 5 % når grinda står vinkelrett på vannstrømmen (Odeh & Orvis 1998). I Frankrike angis vannføringen i sideløp til å ligge mellom 2 og 10 % avhengig av blant annet sideløpets plassering, varegrindas bredde og vannhastigheter (Larinier & Travade 2002).

Vann til sideløpet kan således i noen tilfeller gi et ikke ubetydelig tap i kraftproduksjon under smoltutvandringsperioden. Dette tapet kan reduseres ved at mye av vannet som brukes til å tiltrekke fisk pumpes tilbake til inntaks-bassenget. Sideløpet utformes slik at mye vann kan brukes til å tiltrekke fisk, vann og fisk skilles og fisken transporteres videre i en begrenset vannstrøm, mens resten av vannet pumpes tilbake. Dette kan være energimessig gunstig så lenge vann ikke må pumpes høyt. Et regneeksempel med utgangspunkt i Kragrøvdassdraget kan illustrere dette: Dersom produksjonsvannføringen reduseres fra 36 til 34 m³/s (2 m³/s brukes i sideløpet) og fallhøyden i kraftverket er 10 m vil en enkel produksjonsformel tilsa et produksjonstap på 4700 kWh pr. døgn. En pumpe med løftehøyde på 0,5 m vil forbruke i størrelsesorden 50 kWh, som gir et døgnforbruk på 1200 kWh. Pumping av vann vil dermed kunne kompensere for en stor del av produksjonstapet samtidig som man får en god tiltrekning av smolten (stor vannstrøm).

Vannbehovet ut sideløpet vil endres med endringer i totalvannføring. Dette kan håndteres ved at det plasseres profiler i innløpet til sideløpet, hvor profilstørrelse er optimalisert ut fra hydrauliske forhold (Johnson & Dauble 2006, Rainey 1985). Når vannføringen i elva overstiger slukekapasiteten til kraftverket vil sideløpet kunne bli neddykka. Det kan tas hensyn til dette ved at veggene på sideløpet lages noe høyere enn vannstands nivået under flom. Dermed vil sideløpets funksjon opprettholdes også ved flom.

Sideløpet bør plasseres slik at det ikke oppstår uønsket oppadgående strømminger i området. Om slike oppstår kan dette motvirkes ved å montere perforerte plater eller rister horisontalt ved inntaket til sideløpet (Larinier & Travade 2002). Det vil være en fordel med dykka varegrind i forhold til en som stikker opp av vannspeilet. Med en dykka varegrind kan det lettere settes opp et godt hydraulisk bilde som dermed reduserer fiskens oppholdstid ved turbininntaket, skaper gode oppholdssteder nært overflata og dermed reduserer vannbehovet som skal til for å gi attraksjonsstimuli mot en alternativ nedvandringsvei.

Sideløp som beskrevet over er utprøvd i Storelva, Tvedestrand. Her er sideløpet plassert vinkelrett på varegrinda. Lysåpningen til varegrinda er 50 mm. Når sideløpet tilføres < 3 % av vannføringen i elva benytter < 40 % av smolten dette alternativet. Når sideløpet tilføres > 4 % av vannet øker

effektiviteten til > 80 %. Små fisk er mer villig til å vandre ut turbinløpet enn stor fisk (F. Kroglund upubliserte resultater).

Både smolt og vinterstøing er svært sårbare under nedvandring og har lett for å miste skjell. Økt skjelltap vil kunne gi i redusert overlevelse på grunn av osmotiske påvirkninger i saltvann. Transportsystemet fra sideløpet tilbake til elva nedenfor kraftverket må derfor utformes på en slik måte at skjelltap unngås. Fritt fall kan benyttes såfremt fallhøyden ikke er for stor og det er tilstrekkelig med vann i mottaksbassenget. Skråstilte åpne kanaler kan benyttes, og kan være lange og ha fall på opp mot 45°. Odeh & Orvis (1998) har gitt noen generelle råd om oppsamlingsbassenger og fallhøyder. Et oppsamlingsbasseng (som smolten faller ned i) bør være 10 m³ pr. m³ vannføring i sideløpet. Dybden på bassenget bør være minst ¼ av fallhøyden, men ikke under 90 cm når fallhøyden er <3,6 m. Nedvandringssløpet kan også være en del av en laksetrapp, men ikke en Denil-trapp. Mye turbulens i transportstrengen kan også gi skjelltap og bør unngås».

Klarälven og Trysilvassdraget

Det ble nylig gjennomført en utredning for å reetablere laksevandringer mellom Väneren i Sverige, via Klarälven og Trysilvassdraget til Femunden. Dette innebar forslag til tiltak for å sikre toveis vandringer forbi alle kraftverkene. Følgende sitat som omhandler nedvandring forbi kraftverk er tatt fra: **Kraabøl, et al. 2015: Tiltak for å reetablere toveis konnektivitet for vandrede fiskearter forbi 11 elvekraftverk i Klarälven i Sverige og Trysil elva i Norge. I: Hedenskog & Gustavsson & Qvenild (red.): Vänerlaxens fria gång. Två länder, en älv. Ekologisk status och underlag till åtgärdsprogram för Klarälven, Trysil elva och Femundselva med biflöden. Länsstyrelsen i Värmland (publ. nr. 2015-17. ISBN 0284-6845) och Fylkesmannen i Hedmark (publ. nr. 2/2015. ISBN 82-7555-155-2), s. 174-204.**

«Vannveier som slipper overflatevann, som for eksempel flomluker, tømmerrenner og isluker er alternative vandringsveier for nedvandrende fisk forbi kraftverk (Johnson & Dauble 2006; Larinier 2008), og er regnet for relativt trygge (Larinier & Travade 2002). Slike vannveier fungerer ofte som gode alternativer for nedvandrende fisk under følgende forutsetninger: 1) de bør være lokalisert svært nær varegrinda foran turbininntaket (Larinier & Travade 1999; Gosset et al. 2005), og 2) det bør slippes overflatevann i den tiden det er vandringsvillig fisk foran turbininntaket (Larinier et al. 2002; Arnekleiv et al. 2007; Kraabøl et al. 2008).

Nedvandrende fisk som slipper seg over ei luke med overflatetapping kan imidlertid påføres skader og økt dødelighet dersom forholdene er ugunstige. Fritt fall av fisk gjennom lufta kan gi fallhastigheter som dreper all fisk når de treffer vannflata i undervannet nedenfor dammen. Den anbefalte maksimale fritt-fall-høyden for fisk som slipper seg utfor overflateluker er 13 meter, og helst under 10 meter, uavhengig av om fisken faller utenfor eller innenfor vannsøylen. Det er viktig at slike passasjer er fri for oppstikkende strukturer og at underlaget er tilstrekkelig glatt og jevnt for å unngå slag- og friksjonsskader på fisk som passerer».

Klosterfoss i Skiensvassdraget

Et tilsvarende arbeid med å forbedre nedvandringmulighetene for laks og sjøørret ved Klosterfoss i Skien ble nylig utført som et samarbeid mellom Multiconsult og NINA. Følgende tekst som omhandler teknisk løsning for fiskeluke ved turbininntaket med tilhørende rørsystemer hentet fra; **Høiseth & Kraabøl 2015. Opprustning og utvidelse av Klosterfoss kraftverk. Detaljplan for miljø og landskap. MC notat; 122280-7-RIVass-RAP-100_ver02: «Smoltrøret plasseres inntil varegrinda på nordre side av turbininntaket. Denne vurderes som godt egnet fordi den ligger nært inntil betongveggen i overkant av varegrinda. 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 m³/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 etableres ei 2 meter bred senkbar luke ved selve vanninntaket, og ved full kapasitet vil vannsøylen over lukekanten være 70 cm. Etter passering av lukekant vil fisken falle noen desimeter ned til et vannbasseng, og vanninntaket til smoltrøret ligger i bunnen av dette bassenget. Denne konstruksjonen vil redusere innsugning av luftbobler i smoltrøret.

Vannføringen i smoltrøret kan justeres med ventil for å finne fram til en optimal vannføring for fisk.

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 nedvandingsperioder».