

## Fiskevandring forbi kraftverk og dammer i Rena og Glomma

Systemforståelse, lokal og internasjonal basiskunnskap og innspill til instruksjoner ved de enkelte fiskepassasjene

Morten Kraabøl  
Ole Nashoug



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

**Norsk institutt for naturforskning**

## **Fiskevandring forbi kraftverk og dammer i Rena og Glomma**

**Systemforståelse, lokal og internasjonal basiskunnskap og innspill til instruksjoner ved de enkelte fiskepassasjene**

**Morten Kraabøl  
Ole Nashoug**

Kraabøl, M. & Nashoug, O. 2010. Fiskevandringar forbi kraftverk og dammer i Rena og Glomma: Systemforståelse, lokal og internasjonal basiskunnskap og innspill til instruksar ved de enkelte fiskepassasjene - NINA Rapport 537. 47 s.

Lillehammer, oktober 2010

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2112-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Morten Kraabøl

KVALITETSSIKRET AV

Jon Museth

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Børre K. Dervo (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

GLB

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Trond Taugbøl

FORSIDEBILDE

Turbulente forhold omkring fisketrappa i Løpet (foto: M. Kraabøl)

NØKKEWORD

Glomma, Søndre Rena, Søre Osa, fiskevandringar, fiskepassasjer, harr, ørret, nedvandring, oppvandring, lukemanøvrering

KEY WORDS

River Glomma, River Søndre Rena, River Søre Osa, fish migrations, fishways, grayling, brown trout, downstream migration, upstream migration, spillway manipulation

#### KONTAKTOPPLYSNINGER

##### **NINA hovedkontor**

7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 01

##### **NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 22 60 04 24

##### **NINA Tromsø**

Polarmiljøsenteret  
9296 Tromsø  
Telefon: 77 75 04 00  
Telefaks: 77 75 04 01

##### **NINA Lillehammer**

Fakkeltgården  
2624 Lillehammer  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 61 22 22 15

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

*Kraabøl, M. & Nashoug, O. 2010. Fiskevandring forbi kraftverk og dammer i Rena og Glomma: Systemforståelse, lokal og internasjonal basiskunnskap og innspill til instruksjoner ved de enkelte fiskepassasjene - NINA Rapport 537. 47 s.*

Denne rapporten er utarbeidet med bakgrunn i tidligere utredning av fisketrappene i Glomma-vassdraget og nye befaringer ved de enkelte fisketrappene. De nye befaringene ble gjennomført 13. og 17. november 2008, samt 28. april 2009. Befaringene omfattet fisketrapper og flomluker ved Høyegga dam, Strandfossen kraftverk, Skjefstadfoss kraftverk, Braskereidfoss kraftverk, Kongsvinger kraftverk og Funnefoss kraftverk i Glomma, Storsjødammen og Løpet kraftverk i Søndre Rena og Valmen kraftverk i Søre Osa. Under befaringene ble fisketrappene og tilhørende konstruksjoner og elvestrekninger også vurdert med henblikk på tiltak for fiskevandring. Samtlige kraftverksdammer i Glomma og Rena har en eller flere fisketrapper. Kunnskapsgrunnlaget fra alle disse trappene er varierende. Felles for de fleste trappene er at det ikke ble registrert fiskeoppgang i de første årene etter bygging. Vassdragsreguleringene i Glomma og Rena har gitt store fysiske forandringer i elvestrengene. De utbygde strykstrekningene var ikke tidligere vandringshindringer for ørret og harr, og historiske kilder antyder omfattende fiskevandring i store deler av vassdraget. Følgende forhold har forandret drivkreftene for fiskevandring i elvesystemet:

Rendalsoverføringen medførte at 40 % av Glommas vannføring ble overført til Renavassdraget ovenfor Storsjøen. Dette reguleringsinngrepet endret innbyrdes forhold mellom elvene. Gunstigere temperaturregime i Rena og lavere vannføring i Glomma kan ha endret lønnsomheten ved fiskevandringene mellom elvene. Etableringen av Løpsjøen i Søndre Rena omformet et naturlig elveleie til en regulert innsjø. Tidligere gyte- og oppvekstområder for ørret og harr ble omskapt til en god lokalitet for gjedde. Økt predasjon på både ungfisk og voksen fisk på denne strekningen har påført vandringsystemet en risikofaktor som reduserer fordelene ved å vandrer mellom optimale habitater i elvesystemet. Fragmentering som følge av etablering og drift av ti elvekraftverk innenfor en elvestrekning med sammenhengende system av fiskevandring. Betydelige problemer med å gjennomføre opp- og nedstrøms vandring gjennom livssyklusen kan i tillegg til Rendalsoverføringen ha redusert gevinstene ved vandringene mellom elvesystemene. Tømmerlukene som ble installert ved de fleste kraftverkene ga meget gode nedvandringsforhold for fisk. Disse lukene har i liten grad blitt benyttet etter at tømmerfløtningen opphørte i 1985. Bortfall av tømmerfløtningen vurderes derfor som negativt i forhold til fiskevandringene. Stor slukeevne ved kraftverkene og påfølgende korte perioder med overskuddsvann gjennom året begrenser i stor grad vandringsmulighetene. Nedvandrende fisk følger gjerne elvas hovedstrømmer, og ledes derfor mot turbininntakene. Fisk som slipper seg ned gjennom turbinene utsettes for dødelighet avhengig av turbintype, rotasjons hastighet og kroppsstørrelse. Videre er det grunn til å tro at tapping av bunnvann gjennom sektorlukene også virker hindrende på nedvandring av fisk. Lysåpningene i varegrindene foran turbininntakene kan være avgjørende for fiskens vilje og mulighet til å slippe seg ned gjennom turbinene. Driftmessige forhold ved kraftverkene favoriserer stor lysåpning (100 mm i kraftverkene i Glomma- og Renavassdraget for å redusere behovet for rensk av grindene, mens såpass stor lysåpning gir nedvandringsmulighet for relativt stor fisk (opptil 1-2 kg). Nye Osa kraftverk effektkjøres og man må anta at dette fører til stor variasjon vannkjemi og vanntemperatur mellom kraftverksutløp og elvemagasinet Løpsjøen. Dette kan påvirke både fiske- og næringsdyrfaunaen på den berørte strekningen, og dermed være medvirkende årsak til økologiske endringer i systemet (stress, vekstforløp, etc.). Automatisering og fjernstyring av kraftverkene omfatter hovedsakelig sektorluker som slipper bunnvann. Denne driftsendringen reduserer bruken av andre luker, og medfører reduserte muligheter for nedstrøms vandring forbi kraftverket.

Fiskevandring i elvesystemer er antakeligvis forbundet med relativt marginale fordeler i form av økt fekunditet og kroppsstørrelse. Generelt sett tilbyr elvehabitater begrensede vekstforhold sammenlignet med innsjøer, fjorder og marine miljøer. Det er derfor grunn til å anta at slike vandringsystemer er vesentlig mer sårbare sammenlignet med for eksempel storørret- og

sjørretssystemer. Fisketrapper med antatt varierende funksjonalitet, samt sektorluker og turbiner som slipper overskuddsvann gjennom neddykkede åpninger har antakelig redusert mulighetene for å gjennomføre opprinnelig livssyklus for flergangsgytende fiskearter. Det antas at toveis funksjonalitet er såpass viktig for ørret, harr og andre fiskearter at selv velfungerende fisketrapper alene ikke ville medført opprettholdelse av vandringsystemene over tid. Dersom reguleringsinngrepene i Glomma og Rena har redusert drivkreftene i naturgrunnlaget vil en fullskala reetablering av vandrende fiskebestander ikke være mulig selv om vandringsbarrierene fjernes. Det er imidlertid sannsynlig at restbestandene vil styrkes en del.

Følgende forhold vurderes som betydningsfulle både for å bedre opp- og nedvandring forbi kraftverkene: Økt bruk av tømmerluker eller annen overflatetapping, optimalisering av lukemanøvrering og fiskeoppgang, økt vannføring gjennom fisketrappene, forbedrede nedvandringmuligheter gjennom overflatetappende flomluker og økt driftsperiode for alle fisketrapper. Historiske data på trappeoppgang (1985 – dd) fra Glommaprosjektet bør analysere for å avdekke eventuell sammenheng mellom fiskeoppgang og lukemanøvrering, vannføring m.m.

Instruksene for de enkelte trappene bør inneholde detaljerte formuleringer om følgende forhold: Vannføring i trappene bør være tilpasset alle målartene med hensyn til vandrings sesong og svømmekapasitet, definisjon av målarter som er aktuelle ved de enkelte trappene, tidspunkt for åpning og stengning av trappene, røkting og oppsyn av feller til ulike deler av sesongen, overvåkningsmetodikk (spesielt for nedvandring over tømmerluker), prosedyrer for bedøvelse, merking, gjenoppvåkning og utsetting av merket fisk, angivelse av prøvetakingsparametere, journalførings- og rapporteringsrutiner.

Morten Kraabøl, NINA avdeling for naturbruk, Fakkeltården, NO-2624 Lillehammer.  
[morten.kraabol@nina.no](mailto:morten.kraabol@nina.no)

## Abstract

*Kraabøl, M. & Nashoug, O. 2010. Fish migrations and fish passages at hydropower plants and dams in Rena and Glomma rivers: Understanding the migratory system, reviewing local and international knowledge and suggestions for fishway instructions – NINA Report 537. 47 pp.*

This technical report evaluates migratory conditions for several fish species at fishways and spillways at Høyegga dam, Strandfossen hydro power plant (HPP), Skjefstadfoss HPP, Braskereidfoss HPP, Kongsvinger HPP og Funnefoss HPP in Glomma river, Storsjø dam and Løpet HPP in Rena river and Valmen HPP i Søre Osa river. The generation of hydroelectric power is done by the run-of-river concept. Both historical and anecdotal data indicate extensive and long-ranging migrations within this river system before hydroelectric developments in the water course. Several aspects of the hydroelectric installations have probably altered the physical conditions related to migrations as well as the ecological forces that drive within-river migratory systems. The abstraction of 40% of the annual water discharge from Glomma river to Rena river (Rendalsoverføringen) is believed to have altered the driving forces for within-river migrations for grayling and brown trout. In theory, this water abstraction may have turned the direction for fish migrations between these rivers. The establishment of the artificial lake Løpsjøen led to a significant increase of pike population, and predation on smolts and other migrating subadults may have contributed to the decline in fish migrations. The array of semi-passable dams and HPP has also reduced the migratory tendency and caused fragmentation of previously connected populations. Most of the spillways release bottom spill for flow management and fixed minimum water discharge. The cessation of timber floating in 1985 disengaged the need for surface spill at the dams, and most of the downstream passage occurs through the turbines or submerged spillways. According to international literature, such passage routes are linked to a varying degree of size-dependent mortality. A possible result from this may be stabilizing selection towards smaller body size and earlier sexual maturation, and a shift from migratory towards resident life histories. All HPPs have large turbine installations, and spillwater release occurs only during floods. In front of the turbine intakes there are grids (100 mm) that allows both young and adult fish to enter the turbines. No physical deflecting devices are installed to avoid turbine entrance, and the lack of alternative routes may lead to turbine passage for migrants. In southern Rena, production water from Nye Osa HPP confluence with Rena river, creating a different and possibly stressful environment with fluctuating temperature and chemical cues downstream the confluence due to hydropeaking. Finally, the remote operation of spillgates for spillwater management (moderate floods and fixed flow release) is almost consequently done by releasing deep spillwater from the reservoir through spillgates with poor location for fish navigation.

Habitat shifts in inland rivers are rewarded by far less increase in fitness compared to anadromous migration systems. Inland river systems provide only narrow gradients for somatic growth between river sections. Thus, riverine migratory systems are far more vulnerable to hydroelectric development because alternative (fragmented) life history strategies imply only a minor drop in lifetime fitness compared to anadromous populations. Creating a two-way functionality for migrations at the hydroelectric dams is considered imperative to preserve the near-extinct migratory life histories of grayling and trout. However, a large scale restoration of the migratory system is probably not achievable as long as the water abstractions affect the habitat gradient between river sections.

Future operation schemes of the HPPs should pay more attention to optimal spillway manipulation, and focus on attraction water for both up- and downstream migrating fish with different swimming capacities and migratory timing. The water discharge through fishways should be differentiated during the season to meet the requirements of different species. All target species should be defined at each passage as well as opening and closing date of each fishway. Methods for monitoring fish passage should be manually operated for upstream migrants, and video recordings may be useful to count downstream migrants at surface spillways. To avoid trash accumulation in the fishways during floods and ice breakage, daily attention is important

to serve early migrating grayling. Procedures for administering anesthesia, tagging methods, recovery and release of fishway migrants should be done according to animal welfare legislations and by authorized personnel. Monitoring parameters should be chosen to meet the demands of surveillance of near-extinct populations.

Morten Kraabøl, NINA Department of Human Dimensions, Fakkeltgården, NO-2624 Lillehammer, Norway. [morten.kraabol@nina.no](mailto:morten.kraabol@nina.no)



# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>7</b>
<b>Forord</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Bakgrunn</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Materiale og metode</b> .....	<b>11</b>
2.1 Kort om fisketrappene i Glomma og Rena .....	11
2.2 Overordnede forhold som påvirker fiskevandring .....	11
2.3 Fiskevandring i regulerte innlandsvassdrag .....	13
<b>3 Generell vurdering av utbedringspotensialet i regulerte innlandselver</b> .....	<b>15</b>
<b>4 Basiskunnskap</b> .....	<b>17</b>
4.1 Internasjonale erfaringer med fiskepassasjer for opp- og nedvandring.....	17
4.1.1 Oppvandring .....	17
4.1.2 Nedvandring .....	18
4.2 Lokale erfaringer fra tidligere undersøkelser og utredninger .....	19
4.3 Vil økt fiskevandring gjennom trappene gi mer fisk i Glomma og Rena? .....	20
<b>5 Befaringer og tiltaksforslag ved enkelte kraftverkene/dammene</b> .....	<b>21</b>
5.1 Funnefoss kraftverk.....	21
5.1.1 Tiltaksforslag .....	22
5.2 Kongsvinger kraftverk .....	23
5.2.1 Tiltaksforslag .....	23
5.3 Braskereidfoss kraftverk.....	24
5.3.1 Tiltaksforslag .....	25
5.4 Skjefstadfossen kraftverk .....	26
5.4.1 Tiltaksforslag .....	26
5.5 Valmen (Søre Osa) .....	28
5.5.1 Tiltaksforslag .....	28
5.6 Løpet kraftverk .....	29
5.6.1 Befaring ved Løpet kraftverk den 28. april 2009 .....	30
5.6.2 Tiltaksforslag .....	31
5.7 Storsjødammen.....	33
5.7.1 Tiltaksforslag .....	33
5.8 Strandfossen .....	35
5.8.1 Tiltaksforslag .....	35
5.9 Høyegga dam.....	37
5.9.1 Tiltaksforslag .....	37
<b>6 Forslag til innhold i trappeinstrukser</b> .....	<b>39</b>
6.1 Vannføring i trappene.....	39
6.2 Definisjon av målarter .....	39
6.3 Åpning og stengning av trappene.....	39
6.4 Overvåkningsmetodikk (manuelt eller video) .....	39
6.5 Røkting og oppsyn av feller.....	40
6.6 Merking og bedømmelse.....	40
6.7 Prøvetaking.....	40
6.8 Journalføring .....	41

6.9 Lukemanøvreringens innvirkning på fiskeoppgang .....	41
6.10 Lukemanøvreringens innvirkning på nedvandring av fisk.....	41
<b>7 Kommentarer og konklusjoner .....</b>	<b>42</b>
<b>8 REFERANSER .....</b>	<b>44</b>

## Forord

Forum for reguleringer og fisk i Hedmark vedtok i sin aktivitetsplan for 2008 at det skulle utarbeides egne instruksjoner for fremtidig drift av de enkelte fisketrappene. Gjennom flere år har det blitt påpekt fra flere hold at fisketrappenes konstruksjon og beliggenhet er den direkte årsaken til den overveiende negative utviklingen i antall trappevandrende fisk siden registreringene startet. Det er imidlertid viktig å formidle at fiskevandring drives av en rekke overordnede økologiske forhold, og disse har blitt vesentlig forandret som følge av reguleringene i Glomma og Rena. For å besvare dette oppdraget på best mulig måte har undertegnede derfor funnet det nødvendig å bidra til en helhetlig forståelse av vandringssystemene for fisk i Glomma og Rena.

Effektive tiltak for å bedre opp- og nedvandningsforholdene ved hvert damanlegg eller kraftverk innebærer store kostnader fordi de planmessige løsningene ved hver installasjon i liten grad tok høyde for økologiske hensyn. Det er derfor grunn til å påpeke at det på ingen måte må forventes store effekter av små tiltak som for eksempel justeringer av vannføringer i trappene, nye omløpskanaler, fiskeinngangenens beliggenhet og endret lukemanøvrering. Men det understrekes at enkle tiltak likevel kan være meget viktige for å bevare restbestander av vandrende fisk i elvesystemet.

Lillehammer 25. oktober 2010

Morten Kraabøl  
Prosjektleder

# 1 Bakgrunn

Glommaprosjektet pågikk i perioden 1985-2007, og hadde som målsetting å gjøre Glomma til ei bedre fiskeelv ut i fra de miljøbetingelser som forelå med de omfattende menneskelige inngrepene i vassdraget (Qvenild 2008). Prosjektet skulle øke kunnskapsgrunnlaget for å vurdere kompensierende tiltak. Dette har blant annet resultert i settefiskproduksjon basert på stedegne ørretstammer. I løpet av prosjektperioden har det blitt gjennomført undersøkelser både i Glomma, Rena og reguleringsmagasinene i nedbørfeltet. Et av de mest sentrale tema i disse undersøkelsene har vært kartlegging av fiskevandring i elvesystemet.

I regi av Glommaprosjektet ble det igangsatt overvåking av fiskeoppgangen i fisketrappene, samt forsøk med individmerking av trappevandrerne. Disse undersøkelsene har gitt verdifull basiskunnskap om ulike aspekter ved fiskevandring i systemet. Statistikk på årlig oppgang av harr og ørret, registrerte gjengefangster i fisketrapper i vassdraget og geografisk fordeling av innrapporterte gjengefangster er tidligere rapportert for fisketrappene ved Høyegga og Strandfossen i Glomma (Qvenild, 2001; Museth og Qvenild 2003a) og for fisketrappene ved Løpet og Storsjødammen i Søndre Rena (Museth og Qvenild 2003b,c).

Det foreligger imidlertid få opplysninger om oppgang av fisk i de første årene etter etableringen av de enkelte fisketrappene. Fiskeoppgangen i flere av trappene ble ikke registrert de første driftsårene, og det foreligger derfor utilstrekkelige data som beskriver omfanget av fiskevandringene like etter regulering. Glommaprosjektet startet opp registreringene av fisk i trappene i årene 1984/85, og både trappeoppgangen og gjengefangster av merket fisk indikerte at de omfattende fiskevandringene som ble beskrevet i tidligere utredninger var betydelig redusert i omfang.

I 2007 finansierte Glommaprosjektet en innledende befaring av fisketrappene i Glomma, Rena og Søre Osa (Kraabøl & Museth 2007). Forum for reguleringer og fisk i Hedmark bestemte i sin Aktivitetsplan for 2008 at det skal utarbeides egne instruksjoner med forslag til åpning og stengning av trappene. I tillegg ble det pekt på behovet for å etablere aktuelle metoder for å registrere og overvåke fiskevandringene. I tillegg til å belyse disse punktene tar denne rapporten sikte på å fremme forståelsen av hele elveøkosystemet. Dette anses som viktig for å forstå endringene i systemet både med hensyn til reguleringsteknisk og økologisk utvikling, samt sette dette i sammenheng med økologiske drivkrefter for fiskevandring innen et regulert elvesystem.

## 2 Materiale og metode

Denne rapporten er utarbeidet med grunnlag i tidligere utredning av fisketrappene i Glomma-vassdraget (Kraabøl & Museth 2007) og nye befaringer ved de enkelte fisketrappene. De nye befaringsene ble gjennomført 13. og 17. november 2008, samt 28. april 2009. Under befaringsene ble fisketrappene og tilhørende konstruksjoner og elvestrekninger også vurdert med henblikk på tiltak for fiskevandring.

I tillegg er det lagt vekt på en helhetlig forståelse av økosystemene i Søndre Rena og Glomma i forhold til fiskevandring. Fiskevandring foregikk tidligere over et stort geografisk område som har blitt regulert til kraftformål gjennom flere etapper. Det har derfor skjedd vesentlige endringer i både fysiske og økologiske forhold i influensområdet for de berørte kraftverkene. Dette omhandler komplekse forhold som i ulik grad virker fremmende eller hemmende på lønnsomheten ved fiskevandring i dette systemet. Problemstillingene som berører fiskevandring gjennom fisketrappene kan derfor ikke løses kun ved tekniske utbedringer ved de enkelte fisketrappene.

Rapporten bygger i tillegg på resultatene som har fremkommet gjennom Glommaprosjektet (Qvenild 2008). Kunnskapsgrunnlaget spenner således både over flere titalls rapporter og notater fra Glommaprosjektet og internasjonal forskningslitteratur omkring fiskevandring i regulerte elver.

### 2.1 Kort om fisketrappene i Glomma og Rena

Samtlige kraftverksdammer i Glomma og Rena har en eller flere fisketrapper (Linløkken 1993; Kraabøl & Museth 2007; Qvenild 2008). Kunnskapsgrunnlaget fra alle disse trappene er varierende. Felles for de fleste trappene er at fiskeoppgangen ikke ble registrert i de første årene etter bygging. Glommaprosjektet besørget registreringer av fiskeoppgangen ved alle trapper ved å sette inn fiskefeller for manuell kontroll i trappene. En samlet vurdering av fiskeoppgangen og sikkerhetsmessige aspekter ved de enkelte lokalitetene medførte at registreringene kun ble opprettholdt ved Høyegga, Strandfossen, Skjefstadfossen, Løpet og Storsjødammen (Qvenild 2008). Alle trappene har betongkulper som viktig del av konstruksjonen. Den øvre del av fisketrappa ved Storsjødammen er en motstrømstrapp av Denil-typen, og er konstruert av treverk. Den nedre del av fisketrappa ved Strandfossen er en utgravd kanal i morenemasser og en tunnelpassasje gjennom et drenerør av betong. Inne i røret er det lagt steingrupper for å bryte den laminære strømmen opp i mindre kulper.

Deler av fiskepassasjen ved noen trapper ligger inne i mørklagte bygninger eller rør. Det er ikke satt opp kunstig belysning ved noen av disse.

Fiskefellene ble konstruert i forbindelse med Glommaprosjektet. De er tilpasset kulpestørrelsene ved de enkelte trappene, og er fleksible ved at de kan heises/løftes opp ved behov. Fellene består av relativt finmasket netting i aluminiumsrammer med ruseåpning/"kalv" i den ene enden. Fellene er til dels dimensjonert etter vanlig vannhøyde i kulpene, og tillater ikke fisk å passere utenom fella. Fellene er imidlertid ikke dimensjonerte for fisketrappenes maksimale vannføringskapasitet, og de vil hindre eventuell nedstrøms passasje av fisk gjennom trappene.

### 2.2 Overordnede forhold som påvirker fiskevandring

Vassdragsreguleringene i Glomma og Rena har gitt store fysiske forandringer i elvestrengene. De utbygde strykstrøkningene var ikke tidligere vandringshindringer for ørret og harr, og histo-

riske kilder antyder omfattende fiskevandring i store deler av vassdraget. Reguleringsinngrepene omfatter både elvekraftverk og overføringer av vann fra henholdsvis Glomma og Osensjøen til Rena. Dette har gitt forandringer i årlig vannføring, vanntemperatur og vannkjemi i begge elvene, og ved kraftverkene fordeles vannføringen gjennom kunstige passasjer. De overordnede forhold som preger elvesystemet i dag er derfor vesentlig forandret sammenlignet med den uregulerte situasjonen, og det er viktig å ta høyde for dette når ulike prosjekter og tiltak skal iverksettes.

Det råder en viss uenighet omkring tolkningen av de historiske opplysningene som omtaler fiskevandringene i elvesystemet før reguleringene. Synspunktene kan deles inn i to svært forskjellige tolkninger av beskrivelsene av harrfiskerier langs vassdraget. Det ene synet beskriver omfattende fiskevandring i elvesystemet, mens andre mener at fiskerienes intensitet forflyttet seg oppover i vassdraget som følge av sesongbetont temperaturøkning oppover i vassdraget om våren og forsommeren. Disse to perspektivene representerer svært viktige og overordnede forhold som bør avklares. Restaurering av et komplekst vandringssystem krever fokus på toveis vandringsveier og kraftverksproblematikk, mens restaurering av stasjonære bestander omhandler habitatforbedrende tiltak mellom kraftverkene. I denne fremstillingen betraktes de historiske opplysningene om fiskevandring som en reell situasjon, og at kraftverkene og fisketrappene representerer flaskehalser i dette systemet.

Dagens situasjon karakteriseres hovedsakelig av restbestander av vandrende fisk som har opprettholdt denne strategien til tross for at de økologiske forhold som styrer reproduksjon, oppvekst/ernæring og vandring har endret karakter. Denne karakteristikken baserer seg på det beskjedne antall fisk som passerer trappene, og at en viss andel av vandrerne ikke nødvendigvis har en klar destinasjon (gyte-, nærings eller overvintringsvandring). Dette forsterker behovet for bevaring av restbestandene fordi de faktisk er mindre enn trapperegistreringene tilsier. Nedenfor gis en kort oppsummering av de overordnede forhold som antas å ha påvirket fiskebestandenes vandrende livssyklus i Glomma, Rena og Søre Osa.

*Rendalsoverføringen* medførte at inntil  $55 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (ca 40 %) Glommas vannføring ble overført til Rena ovenfor Storsjøen. Dette reguleringsinngrepet endret innbyrdes forhold mellom elvene. Gunstigere temperaturregime i Rena og lavere vannføring i Glomma kan ha endret lønnsomheten ved fiskevandringene mellom elvene. Dersom dette er tilfelle, vil det være ytterst vanskelig å restaurere tidligere vandringsmønstre mellom Glomma og Rena som følge av endrede rammebetingelser i miljøene og utjevning av forskjellene mellom habitatene.

*Etableringen av Løpsjøen* i Søndre Rena omformet et naturlig elveleie til en regulert innsjø. Tidligere gyte- og oppvekstområder for ørret og harr ble omskapt til en god lokalitet for gjedde. Økt predasjon på både ungfisk og voksen fisk på denne strekningen har påført vandringssystemet en risikofaktor som reduserer fordelene ved å vandre mellom optimale habitater i elvesystemet. Ansamlinger av utvandrende fisk ved Løpsjødammen som nøler med å slippe seg ned gjennom segmentlukene eller turbinene kan tiltrekke seg gjedde, og dermed bli utsatt for betydelige predasjonstap. Ettersom gjedda er utbredt over hele elvesystemet er det også mulig at den utøver et predasjonstrykk i alle større og mindre elvekraftverks-magasiner hvor vannet demmes opp og gir gode betingelser for gjedde.

*Fragmentering* som følge av etablering og drift av ti elvekraftverk innenfor tidligere antatt elvestrekning med sammenhengende system av fiskevandring. Betydelige problemer med å gjennomføre opp- og nedstrøms vandring gjennom livssyklusen kan i tillegg til Rendalsoverføringen ha redusert gevinstene ved vandringene mellom elvesystemene. Forsinkelser som følge av ugunstige forhold ved både oppvandring i fisketrapp og nedvandring gjennom luker eller turbiner har også sannsynligvis hatt stor innvirkning på vandringenes lønnsomhet.

*Tømmerlukene* som ble installert ved de fleste kraftverkene gir meget gode nedvandringsforhold for fisk. Disse lukene har i liten grad blitt benyttet etter at tømmerfløtingen opphørte i 1985. Fjernstyring av lukemanøvreringen er ved alle kraftverk lagt til sektorluker som tapper

bunnvann. Det er derfor kun under meget høye flomvannføringer at tømmerlukene benyttes. Bortfall av tømmerfløtningen vurderes derfor som negativt i forhold til fiskevandringene.

*Stor slukeevne ved kraftverkene* og påfølgende korte perioder med overskuddsvann gjennom året begrenser i stor grad vandringsmulighetene. Nedvandrende fisk følger gjerne elvas hovedstrømmer, og ledes derfor mot turbininntakene. Fisk som slipper seg ned gjennom turbine- ne utsettes for dødelighet avhengig av turbintype, rotasjonshastighet og kroppsstørrelse. Fisk som ikke vil slippe seg ned gjennom turbinene, enten som følge av naturlig aversjon eller som følge av inntaksrista, blir forhindret i å passere kraftverket nedstrøms så lenge det ikke slippes vann gjennom tømmerlukene. Videre er det grunn til å tro at tapping av bunnvann gjennom sektorlukene også virker hindrende på nedvandring av fisk.

*Lysåpningene i varegrindene* foran turbininntakene kan være avgjørende for fiskens vilje og mulighet til å slippe seg ned gjennom turbinene. Drift av kraftverket favoriserer stor lysåpning (100 mm i Glomma- og Renaverkene) for å redusere behovet for rensk av grindene, mens såpass stor lysåpning gir nedvandringmulighet for relativt stor fisk (opptil 1-2 kg).

*Nye Osa kraftverk* effektkjøres og man må anta at dette fører til stor variasjon vannkjemi og vanntemperatur mellom kraftverksutløp og elvemagasinet Løpesjøen. Dette kan påvirke både fiske- og næringsdyrfaunaen på den berørte strekningen, og dermed være medvirkende årsak til økologiske endringer i systemet (stress, vekstforløp etc).

*Automatisering og fjernstyring* av kraftverkene omfatter hovedsakelig sektorluker som slipper bunnvann. Denne driftsendringen reduserer bruken av varierte luker, og medfører økt sårbarhet for nedstrøms vandringer forbi kraftverket. Det antas at dette er mannskapsbesparende, og at manuelle lukemanøvreringer vil medføre uønskede kostnader.

## 2.3 Fiskevandring i regulerte innlandsvassdrag

Fisketrapper med antatt varierende funksjonalitet, samt sektorluker og turbiner som slipper overskuddsvann gjennom neddykkede åpninger har antakelig medført betydelige problemer med å gjennomføre opprinnelig livssyklus for flergangsgytende fiskearter. Det antas at toveis funksjonalitet er såpass viktig for ørret, harr og andre fiskearter at selv velfungerende fiske- trapper alene ikke ville medført levedyktige bestander over tid. Dersom det kun gis enveis pas- sasjemuligheter ved kraftverksdammer og andre kunstige hindringer i regulerte innlandsvass- drag vil ikke slike tiltak være tilstrekkelige for å opprettholde bestander av vandrende fiskearter.

Fiskevandring i elvesystemer er antakeligvis forbundet med relativt marginale fordeler i form av økt fekunditet og kroppsstørrelse. Generelt sett tilbyr elvehabitater begrensede vekstforhold sammenlignet med innsjøer, fjorder og marine miljøer. Det er derfor grunn til å anta at slike vandringsystemer er vesentlig mer sårbare sammenlignet med for eksempel storørret- og sjørørretssystemer. For å oppnå vesentlig høyere kroppsstørrelse må elvelevende fiskearter både skifte habitater uten stor risiko og ha et langt livsløp. Fordelene som oppnås ved et mar- ginalt vekstomslag som følge av vandringer mellom optimale habitater i elvesystemet kan der- for lett bli eliminert ved moderat økning i vandringsassosiert mortalitet som for eksempel pas- sasje av turbiner eller forsinkelser som følge av nøling ved unaturlige vandringsveier forbi kraftverkene.

Effekten av gjenåpning av vandringsforbindelse mellom stasjonære og dels fragmenterte be- stander mellom kraftverkene er usikker. Det er grunn til å anta at dagens restbestander av vandrere vil få økt suksess og at deres avkom i løpet av få generasjoner vil prege bestandene i større grad. Videre er det grunn til å anta at genetiske komponenter som driver fiskevandring er ikke fjernet fra bestandene fordi de er linket til andre egenskaper som fortsatt opptrer i be- standenes genotype. Dersom reguleringsinngrepene i vassdraget har redusert drivkreftene i

naturgrunnlaget vil reetablering av vandrende fiskebestander ikke være mulig selv om vandringsbarrierene fjernes. Det er imidlertid mulig at vandringshindringer i tillegg til vannføringsendringer til sammen påvirker drivkreftene for fiskevandring på de aktuelle elvestrekningene.



### 3 Generell vurdering av utbedringspotensialet i regulerte innlandselver

Mengden fisk som passerer fisketrappene er derfor en funksjon av en rekke overordnede og detaljerte forhold som virker inn på livssyklusene hos fiskebestandene. Problemstillingene som er relevante for utbedringer og restaurering av fiskevandring omfatter både detaljer ved fisketrappene og større forhold andre steder i vassdraget. Grunnlaget for fiskevandring innenfor et elvesystem forutsetter toveis funksjonalitet ved flaskehalsene for at slike livssykluser skal opprettholdes over tid. I denne rapporten legges det derfor vekt på forhold som har betydning både for opp- og nedvandring forbi kraftverkene.

Økt bruk av tømmerluker eller annen overflatetapping i perioder hvor vannføringen overskrider slukeevnen vurderes som avgjørende for at vandringssystemene skal opprettholdes. Det har ikke vært fokus på disse aspektene tidligere, og tømmerlukene har sjelden vært i bruk etter at tømmerfløtingen opphørte på 1980-tallet. Det synes lite hensiktsmessig å forvente en økning av andelen vandrende fisk mellom kraftverkene dersom det ikke legges til rette for at tømmerlukene (eller andre luker med overflatetapping) i større grad benyttes ved drenering av flom og minstevannføring. Normalt benyttes de kun ved meget store flommer, og bunntappende sektorluker har tilstrekkelig kapasitet til å håndtere normale flomperioder. Dessuten er det disse sektorlukene som er fjernstyrte.

Optimalisering av lukemanøvrering og fiskeoppgang er viktig fordi oppvandrende fisk søker normalt mot elvas hovedstrøm. Det er derfor antatt å være uheldig at flomvann tappes gjennom luker som er lokalisert på motsatt side av fisketrappen. En samlokalisering av flomvann og fisketrappas fiskeinngang bør etterstrebes gjennom hele oppvandringssesongen for fisk. Det må imidlertid tas hensyn til lokale forhold når det gjelder turbulens og sterke strømmer ved fiskeinngangen. Forsøk som tar sikte på å optimalisere manøvrering av lokkevann bør etterstrebes.

Økt vannføring gjennom fisketrappene vil bidra til å øke attraksjonsvannet fra fisketrappa og ut i elva hvor fisken søker etter vandringsruter. Det vil også sannsynligvis bidra til å forbedre oppvandringsforholdene gjennom kulpene i fisketrappa, særlig ørret og harr. Det er imidlertid grunn til å påpeke at en vannøkning i trappene kan virke negativt på strømsvake arter. Dersom oppgangsperiodene for strømssterke og strømsvake arter skiller seg i tid kan det være behov for ulike vannføringer i trappa gjennom oppvandringssesongen.

Nedvandringsmuligheter forbi kraftverkene er viktig både for ung og voksen fisk, og bør derfor optimaliseres. Denne vandringsmuligheten er i prinsippet like viktig som oppvandringen, blant annet fordi vandringerne til gytelokalitetene skjer nedstrøms så vel som oppstrøms. Dessuten er fiskeartene flergangsgytende, og returvandring er derfor sentralt. Forholdene som virker inn på nedvandringen kan til dels optimaliseres ved at overflatetappende luker åpnes i større deler av flomperiodene. En annen viktig faktor er samlokalisering av turbininntak og tømmerluker. Vannføringen gjennom turbinene i elvekraftverkene representerer som regel den største vannveien forbi kraftverket, og former i stor grad strømningene i inntaksmagasinen. Denne hovedstrømmen følges ofte av nedvandrende fisk, og nærhet til overflatetappende luker vil øke sannsynligheten for at fisken benytter denne skånsomme nedvandringsruten i stedet for turbinene.

Økt driftsperiode for alle fisketrapper vil favne om en større del av vandringssesongene for de ulike artene. Det er særlig harrvandringene som har vært skadelidende av at fisketrappene ikke har vært i drift fra tidlig om våren. Årsaken til dette er at vårflommen fører mye brask, og gjør driften av fisketrappa vanskelig. I de fleste tilfeller har det gått vann i trappene fra tidlig om våren, men fiskefella har som regel ikke vært i drift før siste fase av vårflommen. I mange år har antakeligvis en del av harrvandringene sannsynligvis passert før fella kom i drift. Dette betyr at oppgangstallene for harr ikke nødvendigvis er godt egnede til overvåkning av trendene i

oppvandringen. I de tilfeller hvor det ikke ble sluppet vann gjennom fisketrappa under tidlig gytevandring hos harr kan en del av harrbestanden ha blitt forhindret passasje av trappa som følge av redusert tilgjengelig periode, og at harren er sårbar for forsinkelser i forkant av gytingen.

## 4 Basiskunnskap

### 4.1 Internasjonale erfaringer med fiskepassasjer for opp- og nedvandring

Kunstig etablerte fiskepassasjer har vært brukt i flere hundre år for å bedre fiskens muligheter til å passere naturlige eller menneskeskapte hindre (DeLachenade 1931; Nemenyi 1941). I de fleste tilfellene har passasjene blitt konstruert med tanke på oppvandrende laksefisk med stor svømme- og hoppekapasitet. Varierte konstruksjoner har blitt etablert med ulik grad av funksjonalitet (Clay 1995; Laine et al. 2002; Larinier 1998; 2002). I vassdrag med mange arter har ensidig fokusering på økonomisk viktige fiskearter ført til at mange arter har fått reduserte leveområder (Lucas et al. 1999). I løpet av de siste tiårene har det imidlertid blitt utført studier og praktiske prosjekter som tar høyde for at fiskepassasjene skal brukes av mange arter med ulik kapasitet til vandring i strømmende vann (Lucas & Baras 2001; Calles & Greenberg 2007; Mallen-Cooper & Brand 2007). Man har for eksempel gjort en del erfaringer med å etablere naturlige vannkanaler med substrat, vannbevegelser, kanalmorfologi og gradienter som er tilpasset et bredt spekter av arter (Jungwirth 1996; Eberstaller et al. 1998). Slike artsspesifikke tilpasninger i fiskepassasjene har et klart fortrinn sammenlignet med kanaliserte vannveier, blant annet ved at de gir større variasjon i krevende vandringsveier.

#### 4.1.1 Oppvandring

Fiskepassasjer som er konstruert for oppvandrende laksefisk har i stor utstrekning blitt anlagt i artsrike vassdrag i en rekke land som for eksempel Sør-Amerika (Quirós 1989), Sør-Afrika (Bok 1990), Nigeria (Petts 1984), Sudan (Bernacsek 1984), Pakistan (Khan 1940; Ahmad et al. 1962), Thailand (Pholprasith 1995), New Zealand (Jowett 1987) and Australia (Mallen-Cooper & Harris 1990). Mange av disse fiskepassasjene har imidlertid vist seg å fungere dårlig i forhold til målartene (Petts 1984). Viktige årsaker til dette har vært at fallgradienten har vært for stor og at vannhastigheten gjennom passasjene har vært større enn svømmekapasiteten til mange arter.

Fallgradienten i fiskepassasjer for oppvandrende fisk er derfor en avgjørende faktor fordi den i stor grad bestemmer vannhastigheten. Den vanligste fallgradienten i kulpetrapper for laksefisk varierer mellom 1:4 og 1:9. Fallhøyden mellom kulpene i laksetrapper er gjerne rundt 30 cm, og vannhastigheten mellom kulpene er da  $2,4 \text{ m s}^{-1}$  eller høyere (Mallen-Cooper 1989; Clay 1995). Forsøk med lavere fallgradienter, mellom 1:18 og 1:32, og med vannhastigheter under  $1,4 \text{ m s}^{-1}$  har vist seg langt mer effektive for å øke antall arter som passerer trappene (Mallen-Cooper 1994; Barrett & Mallen-Cooper 2006). I tillegg vil slike moderate fallgradienter og vannhastigheter gi økt mulighet for passasje av ung og umoden fisk på nærings- eller overvintlingsvandring.

Fisketrappens fallgradient og utforming er også avgjørende for dannelsen av turbulens i trappekulpene. Turbulens skapes av energien i det innfallende vannet i hver kulp, samt hvilke muligheter kulpene gir for absorpsjon av denne energien. Denne fallenergien betegnes som energifordelingsfaktor (EFF) og måles som Watt pr.  $\text{m}^3$  ( $\text{W m}^{-3}$ ). For laksefisk anbefales om lag  $200 \text{ W m}^{-3}$  (Bell 1973) mens for karpefiskarter anbefales EFF ned mot  $125 \text{ W m}^{-3}$  (Larinier et al. 2002; Katopodis 1981). Småvokste innlandsfiskearter i Australia har en øvre EFF-grense på  $92 \text{ W m}^{-3}$  og tolererer kun svak turbulens for vellykket passasje (Mallen-Cooper 1999; Stuart & Mallen-Cooper 1999).

Likevel er det slik at beregninger av EFF-verdier for ulike fisketrappdesign likevel ikke gir et tilstrekkelig bilde av det tredimensjonale og komplekse miljøet i hver trappekulp. EFF-tilnærmingen bør derfor anvendes med forsiktighet og alltid vurderes i forhold til forekomst av

turbulens. Konstruksjoner som fordeler turbulensen jevnt utover i kulpenes vannvolum bør etterstrebes for å optimalisere oppvandringsmulighetene for småvokste karpefiskarter og andre strømsvake arter. Fisketrapper med neddykkede vannkanaler (submerged orifice type) anbefales ikke som følge av sterke, konsentrerte og varierte strømnings i kulpene. Derimot er den såkalte "vertical slot"-typen vesentlig bedre i denne sammenheng fordi en større del av vannvolumet blir brukt til absorpsjon av energien. Mallen-Cooper & Brand (2007) anbefaler videre utvikling og raffinering av sistnevnte fisketrappetype for å gi optimal fordeling av turbulens ved etablering av fiskepassasjer i økosystemer hvor mållartene har variert svømmekapasitet.

Calles & Greenberg (2007) studerte 240 individer fordelt på 15 arter som passerte nyetablerte naturlige fiskepassasjer i Emån i Sverige. De to bekkeliknende fiskepassasjene var henholdsvis 370 og 150 m lange med fallgradienter på 2,5 og 1,8 % og dybder mellom 0,5 og 1 m. Vannhastigheten varierte fra 0 og opp mot  $2 \text{ m s}^{-1}$  i de 2,5-4 m brede kanalene. Til sammen 240 individer av karpefisk, gjedde, abbor, lake og ørret benyttet fisketrappen og illustrerer dermed potensialet dersom forholdene tilfredsstillende de enkelte artenes krav. I tillegg fungerte fiskepassasjene for fisk i ulike livsstadier. I alt 74 % av de PIT-merkede individene fra dette brede artsspekteret passerte fisketrappen. Et overraskende funn var at arter som abbor og suter, som er typiske fiskearter for rolige vannforekomster, hadde noe høyere passeringsrate sammenliknet med mer strømssterke arter som stam, lake og mort. Andre studier av disse artene i fisketrapper har vist et omvendt bilde (Lucas et al. 1999; Knaepkens et al. 2005). Suter har en svært begrenset svømmekapasitet (Wolter & Arlinghaus 2003) og ville ut i fra generelle vurderinger forventes å utebli fra fisketrappa. Dette studiet viste at lavt fall og varierte og begrensede turbulenser kan gi tilfredsstillende oppvandringsmuligheter for arter med lav svømmekapasitet. Gjerdde og lake, som passerte disse trappene i Emån, er kjent for å vandre gjennom fiskepassasjer som naturlige kanaler, Deniltrapper og vertical slot-trapper (Schwalme et al 1985; Degerman 2001).

Fiskepassasjer som er etablert som utgravde kanaler med hydrologiske forhold som etterliknet en naturlig bekk er kjent for å gi passasjemuligheter for et større artsspekter enn støpte og kanaliserte fisketrapper av tradisjonelt design (Eberstaller et al.1998). Men det er også unntak som viser at arter som brasme og laue kan passere krevende passasjer som Deniltrapper (Baras et al. 1994). Variasjoner i passeringseffektiviteten kan til viss grad være forårsaket av motivasjon fremfor svømmekapasitet alene. Viljen til å yte sin maksimale svømmekapasitet varierer sannsynligvis mye mellom gytemodne og umodne individer på vandring. Intraspesifikke forskjeller som for eksempel ulike størrelser og kjønn kan også gi skjeve bilder innen arten fordi motivasjonen og svømmekapasiteten varierer med kroppsstørrelse, stadium og kjønn (Baras et al. 1994; Prignon et al. 1998; Calles & Greenberg 2007).

Studier har vist at lav passeringseffektivitet i fisketrapper har vært knyttet til dimensjonene på trappekanalen. Vannvolumet har gjerne vært lavt i kombinasjon med at maksimalverdiene på vannhastigheten har vært høy (Mader et al. 1998; Aarestrup et al. 2003; Knaepkens et al. 2005). Spesielt viktig er forholdet mellom vannføring og fisketrappens bredde (VF/BR). Dette forholdet bør ikke overstige  $0,1 - 0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ . Dersom dette tallforholdet fordobles vil det redusere artsdiversiteten gjennom fiskepassasjen (Gebler 1998). Andre faktorer som reduserer artsdiversiteten gjennom fisketrapper er den totale lengdeutstrekningen (Slatick & Basham 1985; Clay 1995; Calles & Greenberg 2007).

#### 4.1.2 Nedvandring

I de senere år har forskningen på fiskepassasjer inntatt et mer holistisk syn på fiskevandring (for eksempel Calles & Greenberg 2009; Kraabøl et al. 2010). Fra en ensrettet fokusering på oppvandring foreligger det et økende antall studier som tar hensyn til at mållartene i fisketrapper som oftest er flergangsgytende (O'Connor et al. 2006; Agosthino et al. 2007; Kraabøl & Museth 2007), og dermed er avhengig også av nedstrøms vandring. Nedstrøms passasje av fisketrapper, damluker og terskler kan skade fiskene i form av friksjonssår, øyeskader, blød-

ninger og i verste fall dødsfall (Bell & DeLacy 1972). Telemetristudier har også vist at fisk kan opptre nølende og unnvikende ved slike nedstrøms passasjer (Kynard & Buerkett 1997; Aarestrup & Koed 1998; Jepsen et al. 1998; Haro et al. 2000; Behrmann-Godel & Eckmann 2003; Arnekleiv et al. 2007; Kraabøl et al. 2008). Til en viss grad har denne nølingen vist seg å være relatert til utformingen av terskelens øvre struktur (O'Connor et al. 2006). Nølende nedvandring over terskler er satt i sammenheng med flere fysiske forhold som varierer med konstruksjonen av tersklene og øvrige omgivelser. Raskt akselererende vannhastighet, skarpe kontraster mellom lys og mørke, minkende areal og vannvolum i kombinasjon med akselererende vannhastighet, visuelle oppfatninger av terskelen hos fisk og trykk- og lydbølger som genereres av tekniske innretninger ved passasjepunktet er forhold som kan medvirke til nøling hos nedvandrende fisk (Haro et al. 1998; Coutant & Whitney 2000; Behrmann-Godel & Eckmann 2003). Avbøtende tiltak for ørretsmolt kan i denne sammenheng være økt vannføring, lysmanipulering og redusert turbulens ved terskelen (Haro et al. 1998). Videre har det vist seg at avrundete og jevne terskeltopper gir lavere grad av nøling enn skarpe og kantete utforminger (Haro et al. 1998).

## 4.2 Lokale erfaringer fra tidligere undersøkelser og utredninger

Undersøkelser som i størst mulig grad kan avgjøre omfanget og den geografiske utstrekningen av fiskevandringene i Glomma og Rena bør gjennomføres. Det bør tas stilling til de anekdotiske opplysningene om tidligere fiskevandring i Glomma og Rena, og det er antakeligvis fortsatt endel konkret kunnskap å hente ved å intervju grunneiere og rettighetshavere som enten var direkte involvert i fisket, eller i kraft av at de er nære etterkommere etter fiskere.

Modningsstadium hos fisk som vandrer i fisketrappene vil gi grunnleggende og relevant basis kunnskap om fiskevandringene. Gytevandrende fisk har sannsynligvis en høyere motivasjon for vandring sammenlignet med andre vandrere, og kan anses som essensielle for opprettholdelse av bestandene. Gytevandrende harr om våren er mer sårbare for forsinkelser sammenlignet med ørret fordi tidsvinduet er vesentlig snevrere. Tiltak som letter harrvandringene er derfor meget viktige. Vandring som er knyttet næringssøk eller andre mer eller mindre definerte destinasjoner er antakelig av mindre betydning.

Sammenheng mellom lukemanøvrering og fiskeoppgang er ved enkelte steder gjennomført over kortere tidsrom, men det mangler tilstrekkelig kunnskap til å kunne gi anbefalinger. Konkrete forsøk med ulik manøvrering av flomluker og parallelle registreringer av fiskeoppgangen i trappene vil i løpet av 3-5 år kunne gi grunnlag for å definere optimale manøvreringsregimer for overskuddsvann gjennom lukene.

Turbininntakene representerer en nedvandringsvei for flere arter i alle alderstrinn. De fleste ristene har en lysåpning på 100 mm, og gir derfor passasjemuligheter for både ung og gytemoden fisk. Fysiske og atferdsrelaterte tiltak for å begrense nedvandring av fisk gjennom turbinnene bør utredes ved de enkelte kraftverkene.

Overvåkning og individmerking av fiskeoppgang ved alle kraftverk bør gjenopprettes ved alle fisketrappene for å avgjøre historiske utviklingstrender og dagens status for trappevandring. Lange brudd i tidsseriene gjør at overvåkingen bør gå over 3-5 år. Restbestandene som passerer trappene bør merkes med Carlin-merker fremfor Floy-merker for å redusere merketapet gjennom årene.

En holdningsaksjon blant fiskerne bør gjennomføres for å optimalisere gjenfangstrapporteringen. Fiskere som sender inn merker bør tilskrives kort tid etter innsendingen. Belønningsordninger bør også vurderes.

Merke- gjenfangststudier av oppvandrende fisk ved utvalgte fisketrapper bør gjennomføres for å kvantifisere grad av forsinkelse, avbrutt vandringssyklus og eventuell seleksjon. Slike forsøk er tidligere gjennomført ved enkelte trapper gjennom Glommaprosjektet, og tilsvarende studier bør fortsette ved de fleste trappene.

Radiomerkestudier av fisk som passerer alle fisketrappene vil gi detaljert kunnskap om den sammenhengende vandringsatferden etter passasje av fisketrapper. Det eksisterer i dag begrenset kunnskap hvorvidt disse fiskene søker opp mot oppstrøms beliggende dammer/kraftverk. Slike telemetristudier vil belyse andelen av vandringsvillige fisk som har kapasitet til å passere to eller flere kraftverk. I tillegg vil radiomerket fisk inngå i studier som omfatter optimal manøvrering av overskuddsvann gjennom flomluker.

### **4.3 Vil økt fiskevandring gjennom trappene gi mer fisk i Glomma og Rena?**

Som tidligere nevnt antas det at fiskevandringene i Glomma og Rena var forbundet med marginale fordeler med hensyn til vekst, fekunditet og overlevelse ("fitness"). Det forventes derfor ikke en vesentlig økning i fiskemengden i elvesystemene dersom vandringsmønstrene restaureres. Det forventes imidlertid en økning i antall vandrende individer som oppnår stor kroppsstørrelse som følge av optimal habitatbruk. I tillegg vil økt grad av vandring medføre endringer i fiskens fordeling i vassdraget gjennom året. Økt opphopning av vandrende ørret og harr i egnede overvintringshøler om høsten, vinteren og våren vil bli en naturlig følge av økt konnektivitet mellom habitater. Fordeling av ørret og harr til ernæringslokaliteter om sommeren vil derfor bli mer preget av miljøforhold som styrer vandring hos fiskeartene.

Ved noen av kraftverkene er det størst problemer knyttet til nedvandring av fisk. I de tilfeller der eneste nedvandringsvei er gjennom turbinene vil faren for stabiliserende seleksjon på fiskestørrelse være stor. Rent mekanisk vil stor fisk i større grad bli drept som følge av slag mot turbinbladene enn mindre fisk. Denne mekaniske seleksjonen vil til en hver tid være virksom på nedvandrende fisk. Dersom denne seleksjonen er stor vil det også kunne forventes en evolusjonær respons i form av tidlig kjønnsmodning i den vandrende bestanden. Summen av disse seleksjonskreftene vil være redusert bestandsstørrelse og stabiliserende seleksjon mot småvokst fisk.

## 5 Befaringer og tiltaksforslag ved enkelte kraftverkene/dammene

### 5.1 Funnefoss kraftverk

Funnefoss kraftverk utnytter 10,6 m vannfall i tidligere Funnefossen, og ligger i Glomma om lag 5 km oppstrøms samløpet med Vorma. Det var tidligere et godt fiske etter ørret, harr og sik i fossen. Gullbust, laue, stam, harr og ørret vandrer regelmessig gjennom trappa. Storørret på opptil 5 kg er registrert i trappa. Det antas at økningen i ørretbestanden i Vorma er relevant for denne delen av Glomma. Fisketrappene ved Funnefoss vurderes derfor som viktige for å styrke forekomsten av storørret både i Glomma og Vorma, og har også en viktig betydning for andre fiskearter. Overvåkingen av fiskeoppgangen bør gjenopptas, og hver enkelt fisk bør radio-merkes inntil tilstrekkelig kunnskap om destinasjon og returvandring er klarlagt. For øvrig bør alle fisker registreres med sentrale parametere og individmerkes med Carlinmerker.

Fisketrappa på østsiden munner ut i utsprengt kanal like nedenfor turbinutslaget, og to mindre trappesystemer ligger på vestsiden. Fiskeinngangen på østsiden vurderes som noe uheldig plassert fordi den er lokalisert et godt stykke nedenfor turbinutslagene og dammen. Det antas imidlertid at oppvandrende fisk naturlig søker inn i denne kanalen fordi mesteparten av vannføringen til enhver tid slippes her. De to vestre fisketrappene har sannsynligvis en viss funksjon når det slippes overskuddsvann over dammen. Fisketrappa på østsiden har imidlertid relativt små kulper og lite vann sammenliknet med andre fisketrapper i vassdraget. Dette kan være uheldig for stor fisk, som for eksempel storørret fra Vorma. Det er mulig at spranghøyden mellom et par av kulpene er i høyeste laget for andre arter enn ørret og harr. Det begrensede volumet på kulpene gjør at en utvidelse av skårene mellom kulpene ikke bør gjennomføres før det er foretatt hydrauliske vurderinger.

Både turbininntaket og tømmerluka er lokalisert på østsiden av demningen. Dette vurderes som fordelaktig for opp- og nedvandring av fisk. I aktuelle oppgangsperioder bør det slippes varierende mengder vann gjennom tømmerrenna for å lokke fisk mot trappemunningen. Eventuelle ombygginger i utløpsområdet bør vurderes.

Det grunne inntaksmagasinet har en meget klar strømrøtning mot turbinene, og åpning av tømmerluka under flomperioder vil antakeligvis bidra vesentlig til effektiv passasje av fisk nedstrøms demningen. Tømmerluka er 8 m bred og drenerer vannet gjennom en betongkanal som løper parallelt med fisketrappa. For å unngå friksjonsskader på nedvandrende fisk bør vannmengden gjennom tømmerluka ikke underskride  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Videoovervåking av nedvandrende fisk er en velegnet overvåkningsmetode dersom øvre og ytre lukekant males hvit. Kontinuerlige videoregistreringer vil avdekke aktuelle perioder hvor nedvandring foregår. Ytre lukekant bør belyses om natten for å sikre døgkontinuerlige registreringer.

Fisketrappesystemet i elvas flomløp på vestsiden anses som viktige tiltak for fisk som søker opp i flomløpet når vannføringen overskrider kraftverkets slukeevne. Registreringer av fiskeoppgangen bør settes i gang igjen i trappa som ligger midt på demningen. Flomløpet består av bergknatter med svært ujevn struktur. Det er støpt betongmurer og mindre trappepassasjer som sikrer vannspeil og vandringsveier ved lave vannføringer i flomløpet. Ved avstengning av overskuddsvann er det mulig at fisk blir stengt inne i kulpene i flomløpet. Dette problemet bør utredes nærmere for å unngå innestengning av vandrende fisk når flomlukene stenges om høsten.

### 5.1.1 Tiltaksforslag

Det foreslås en forsøksperiode på 5-7 år for å gjennomføre tiltakene beskrevet nedenfor, samt evaluere effektene både på opp- og nedvandring av fisk forbi kraftverket.

- Vurdere behov for nødvendige ombygginger for å kunne gjennomføre følgende tiltak:
- Gjenoppta ukentlig overvåkning av fiskeoppgangen gjennom trappa
- Undersøke gonadestatus hos trappevandrende fisk
- Vurdere behov og muligheter for videoovervåkning av tømmerluca ved vannslipp
- Øke vannføringen i trappa til 500 l/sek
- Sammenlikne lukemanøvrering og fiskeoppgang for årene med registrert fiskeoppgang
- Etablere prøvereglement for lukemanøvrering som bedrer oppgang av fisk i trappa
- Sette fiskefella i drift fra tidlig i april



**Bilde 1** Fisketrappene ved Funnefoss kraftverk. Fisketrappa og tømmerrenna går parallelt ned mot den utsprengte kanalen ved driftsvannsutslippet (t.v.). Trappesystemene på vestsiden av elva (t.h., øverst og nederst). Foto: M. Kraabøl.



## 5.2 Kongsvinger kraftverk

Kongsvinger kraftverk ligger også innenfor rekkevidde av storørret fra Vorma, og bør derfor anses som viktig for storørret i denne delen av Glomma. Det er registrert mort, laue, vederbuk, harr og ørret i fisketrappa, og harrvandringene er relativt omfangsrike. Overvåkingen av fiskeoppgangen bør derfor gjenopptas. Hver enkelt fisk bør radiomerkes og følges gjennom årsykluser. For øvrig bør all fisk individmerkes.

Fisketrappa har flere fiskeinnganger, og kan derfor fungere ved ulike vannstander på nedsiden av dammen. Fiskeinngangene er lokalisert i forbindelse med en utstikkende betongfløy uten nær tilknytning til elvebredden. Flomluker på hver side av denne betongkonstruksjonen er antakelig fordelaktig for å lokke fisken til denne delen av elveleiet. Overvåkingen av fiskeinngangen ble avsluttet som følge av sikkerhetsmessige årsaker. Manuell transport av fisk over demningen krever klatring i stiger og betydelig risiko. Av den grunn overvåkes ikke fiskeoppgangen. Betydelige mengder av harr ankom trappa om våren, og storørret opp til 6 kg ble tidligere registrert. Disse opplysningene indikerer at fisketrappa gir oppgangsmuligheter for fisk og har en meget viktig funksjon for denne delen av Glomma.

Fiskefella er lokalisert i nedre deler av fisketrappa. Manuell bæring av fisk over dammen er forbundet med risiko. Det foreslås derfor at det etableres en fiskefelle ved fisketrappas vanninntak på oversiden av dammen. Konstruksjonen og plasseringen bør være av samme type som fiskefella ved Storsjøen i Rena. Gangbro og rekkverk rundt fella, samt elektrisk vinsj for heving og senking av felleburet vil være nødvendig for kontroll og merking av fisk. Denne ombyggingen eliminerer risikoaspektene og muliggjør gjenopptagelse av overvåkingen av fiskeoppgangen.

Tømmerluka ble ombygd i 1988 ved at en mindre sektorluke ble montert på toppen av tømmerluka. Nedvandringmulighetene ble derved sterkt forringet. Den nye luka brukes aktivt for å regulere de øvrige lukene. Den har kapasitet til å løftes over vannspeilet, men det gjøres svært sjelden.

Kraftverket var under ombygging under befaringen den 14. november 2009. En ny turbin med økt slukeevne blir montert ved siden av den andre turbinen. Dette vil forkorte avstanden mellom turbininntaket og den ombygde tømmerluka. Nedvandrende fisk vil derfor bli naturlig ført forbi denne luka, som bør bygges om til å kunne drenere vann fra overflaten. Dette vil forbedre returvandringmulighetene for fisk forbi Kongsvinger kraftverk.

### 5.2.1 Tiltaksforslag

Det foreslås en forsøksperiode på 5-7 år for å gjennomføre nedenforstående tiltak, samt evaluere effektene både på opp- og nedvandring av fisk forbi kraftverket.

- Vurdere behov for nødvendige ombygginger og tilrettelegginger for å kunne gjennomføre følgende tiltak:
- Flytte fiskefella til fisketrappas vanninntak på oversiden av demningen.
- Gjenoppta ukentlig overvåking av fiskeoppgangen gjennom trappa.
- Undersøke gonadestatus hos trapevandrende fisk
- Vurdere behov og muligheter for ombygging av den tidligere tømmerluka for å gjenopprette muligheten for overflatetapping.
- Øke vannføringen i trappa til 500 l/sek
- Sammenlikne lukemanøvrering og fiskeoppgang for årene med registrert fiskeoppgang
- Etablere prøvereglement for lukemanøvrering som bedrer oppgang av fisk i trappa



**Bilde 2** Kongsvinger kraftverk: Ombygd tømmerluke med sektorluke på toppen (t.v.). Kulpetrappene går i en slynge nedenfor dammen (t.h. øverst). Taping av bunnvann gjennom løfte-luker er et problem for nedstrøms fiskevandring (t.v. nederst). Foto: M. Kraabøl.

### 5.3 Braskereidfoss kraftverk

Braskereidfoss kraftverk ligger i et stilleflytende område av Glomma. Oppgangen av fisk ble overvåket noen år på 1980-tallet, og foruten ørret og harr ble det registrert gullbust, mort, laue og gjedde. Enkelte år passerte noen storørreter, mens andre år kom det ingen. De aller fleste ørretene var typiske storørreter mellom 1 og 3,9 kg. Fiskefella har ikke vært i drift de senere år, og bør derfor settes i drift igjen.

Flere fiskeinnganger ble laget for å gi oppvandringsmuligheter ved ulike vannføringer nedenfor dammen. Turbinutslaget er lokalisert ved fiskeinngangene på vestsiden, og bidrar til å lokke fisk inn mot dette området. Turbinutslaget er preget av sterk turbulens, og kan forstyrre fiskens navigering. I tillegg ligger det en tømmerluke inntil fisketrappen, og attraksjonsvann bør slippes over denne luke i perioder hvor fisken søker opp mot fisketrappen. To andre segmentluker er plassert på østsiden av dammen, og vannslipp i disse lukene bør unngås i perioder med fiskeoppgang fordi fisken lokkes vekk fra fiskeinngangen til trappa.

Tømmerluka er lokalisert nært inntil turbininntaket. Dette er fordelaktig for å lede fisk på nedvandring gjennom tømmerluka. Elvas hovedstrøm ledes til enhver tid inn mot turbinene, og tapping over tømmerluka vil med stor sannsynlighet oppdages av fisken. Det bør derfor slippes mest mulig overskuddsvann i denne luka.

### 5.3.1 Tiltaksforslag

Det foreslås en forsøksperiode på 5-7 år for å gjennomføre nedenforstående tiltak, samt evaluere effektene både på opp- og nedvandring av fisk forbi kraftverket.

- Vurdere behov for nødvendige ombygginger for å kunne gjennomføre følgende tiltak:
- Gjenoppta ukentlig overvåkning av fiskeoppgangen gjennom trappa.
- Undersøke gonadestatus hos trappevandrende fisk
- Vurdere behov og muligheter for videoovervåkning av tømmerluka ved vannslipp
- Øke vannføringen i trappa til 500 l/sek
- Sammenlikne lukemanøvrering og fiskeoppgang for årene med registrert fiskeoppgang
- Etablere prøvereglement for lukemanøvrering som bedrer oppgang av fisk i trappa
- Sette fiskefella i drift fra tidlig i april



**Bilde 3** Braskereidfoss kraftverk: Fiskeoppgangen er konstruert med flere fiskeinnganger for å øke funksjonaliteten ved vannstandsendringer (øverst). Turbinutslaget og fiskeinngangen er samlokalisert, og gir markant attraksjonsvann i et bredt elveleie (nederst). Foto: M. Kraabøl.

## 5.4 Skjefstadfossen kraftverk

Skjefstadfossen kraftverk forhindret oppstrøms fiskevandring i en periode på 40 år fra byggingen av dammen til fisketrappa ble bygd. Til tross for denne barrieren ble det registrert en del størret opp til 5,3 kg i trappa i perioden 1985-2006. Det er også registrert et beskjedent antall harr og laue i fella.

Flomvann tappes normalt gjennom flomlukene nr. 5 og 6. Disse lukene er lokalisert på østsiden av dammen, og spesielt flomluke 6 kan benyttes for å slippe attraksjonsvann ved fisketrappa i perioder med fiskeoppgang. Denne luka kan slippe overflatevann. Turbininntaket er imidlertid lokalisert på vestsiden, og avstanden til luka som kan slippe overflatevann er relativt stor. Det slippes overflatevann kun når vannføringen over dam overstiger  $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Fjernregulering av vannføringen skjer gjennom de vestre sektorlukene, og overskuddsvann inntil  $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  manøvreres gjennom disse lukene.

Nedenfor kraftverket er det en minstevannføringsstrekning på om lag 700 m. Om sommeren er det kun fisketrappa som tilfører vann på denne strekningen. En betongterskel er etablert for å holde på deler av vannspeilet om sommeren. Om vinteren foreligger det ingen bestemmelser om minstevannføring. Elveleiet er utformet slik at det blir en del vannfylte kulper som virker som feller på fisk som befinner seg på minstevannføringsstrekningen når fisketrappa stenges om høsten. Kulpene er dype, og tidligere befaringer har konkludert med at faren for innfrysning er begrenset. Oksygenmangel som følge av islokk og flere måneders oppholdstid kan likevel medføre livsfare for overvintrende fisk. Det vurderes som viktig at det etableres et differensiert minstevannføringsreglement for sommer- og vintermånedene. Om sommeren er det behov for en minstevannføring som gir vandringsmuligheter opp til fisketrappa uavhengig av totalvannføringen.

### 5.4.1 Tiltaksforslag

Det foreslås en forsøksperiode på 5-7 år for å gjennomføre nedenforstående tiltak, samt evaluere effektene både på opp- og nedvandring av fisk forbi kraftverket.

- Vurdere behov for nødvendige ombygginger for å kunne gjennomføre følgende tiltak:
- Gjenoppta ukentlig overvåkning av fiskeoppgangen gjennom trappa.
- Undersøke gonadestatus hos trappevandrende fisk
- Øke vannføringen i trappa til 500 l/sek
- Sammenlikne lukemanøvrering og fiskeoppgang for årene med registrert fiskeoppgang
- Etablere prøvereglement for lukemanøvrering som bedrer oppgang av fisk i trappa
- Etablering av minstevannføringsreglement som sikrer fiskevandring gjennom minstevannføringsstrekningen, samt lokkeflommer for å lokke fisk opp mot trappa i perioder hvor totalvannføringen er lavere enn slukeevnen over lang tid.
- Sette fiskefella i drift fra tidlig i april





**Bilde 4** Skjefstadvasskrafta: Fisketrappas fiskeinngang er lokalisert innunder damkrona på østsiden av elva (øverst). Øvre del av den 700 m lange minstevannføringsstrekningen (nederst t.v.). Fiskefella (nederst t.h.). Foto: M. Kraabøl.

## 5.5 Valmen (Søre Osa)

Fisketrappa er lokalisert på østre side av reguleringsdammen for Osensjøen. Fiskeinngangen munner ut noen titalls meter nedenfor dammen. Trappa forsynes med vann fra tre ulike inntaksluker fra Osensjøen, og har til hensikt å forsyne fisketrappa med vannføring ved ulike vannstander i Osensjøen. Osensjøen er regulert med 6,6 m (Irv: kote 431,22 m, hrv: kote 437,82 m), og i følge manøvreringsreglementet skal vannstanden i sjøen være minst 436,62 m innen medio juni. I perioden medio juni til medio august skal vannstanden ligge mellom kotene 436,62 m og 437,32 m. I denne perioden, og innenfor de beskrevne vannstandsintervallene kan fisketrappa forsynes med vann ved hjelp av de tre inntakslukene.

Minstevannføringen ut fra Osensjøen er  $6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  i perioden 1. juni til 15. september, og reduseres til  $2,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  i perioden 20. september til 31. mai (med en gradvis reduksjon fra 15. til 20. september). Denne minstevannføringen slippes som bunnvann gjennom østre flomluke i dammen, og medfører sannsynligvis en tiltrekning av vandrende fisk mot dammen.

Vannføringen i fisketrappa er lav, og anslås til omtrent halvparten av de fleste andre fisketrappe i elvesystemet. Skårene mellom kulpene er kun 46-47 cm brede, og den beskjedne vannføringen i gjennom trappa gir følgelig en begrenset vannstrøm ut i elvekanalen.

For å utbedre forholdene for toveis fiskepassasje gjennom dammen bør fisketrappa rives og erstattes med en naturlig omløpskanal som til enhver tid kan drenere hele eller store deler av den pålagte minstevannføringen. For å sikre oppgang av fisk bør omløpskanalen lages slik at det blir en fiskeinngang nært inntil dammen, samt en annen inngang som lokaliseres omtrent der hvor dagens fiskeinngang er lokalisert. På denne måten økes sjansene for at fisken oppdager omløpskanalen ved at alt attraksjonsvannet under minstevannperioder slippes gjennom en fiskepassasje med fleksibel fiskeinngang tilpasset flomsituasjoner.

Vanninntaket til en ny omløpskanal bør opprettholde den samme fleksibilitet når det gjelder vannstanden i Osensjøen. I tillegg bør vanninntaket slippes som overflatevann for å sikre nedstrøms vandring av fisk fra Osensjøen og nedover i elva.

### 5.5.1 Tiltaksforslag

- Bygge ny omløpskanal som dimensjoneres for minstevannføring (inntil  $6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ).
- Omløpskanalen bør ha minst to fiskeinnganger, slik at passasje er mulig både under flom- og minstevannføringsperioder.
- Vanninntaket fra Osensjøen bør konstrueres for slipp av overflatevann, og samtidig ha tilstrekkelig fleksibilitet mot ulike vannstander.
- Installere toveis fiskefelle og registrere årlig fiskeopp- og nedgang.
- Undersøke gonadestatus hos trappevandrende fisk



**Bilde 5** Valmen i Søre Osa: Kulpetrappa er den minste i vassdraget, men kun 47 cm brede skår mellom kulpene (øverst). Fiskeinngangen er lokalisert flere titalls meter nedenfor dammen, og på motsatt side av minstevannføringsslipet. Dette er en lite gunstig kombinasjon. Foto: M. Kraabøl.

## 5.6 Løpet kraftverk

Fisketrappa i Løpet kraftverk er en kulpetrapp bestående av 48 kulper med spranghøyde på 40 cm. I perioden 1972-1985 var det ingen fangstfelle i trappa, og det foreligger derfor ingen kunnskap om omfanget av fiskevandringene fra denne tidsperioden. Oppgangen av både ørret og harr har vist en negativ tendens siden 1985. Driftsforholdene har vært uendret siden byggingen, og det antas at nedgangen i antall vandrende fisk delvis reflekterer en gradvis overgang mot økt stasjonærhet hos både ørret og harr.

Årsakene til den negative trenden i fiskevandring forbi Løpet kraftverk antas å være komplekse og sammensatte. De antas først og fremst å være forårsaket av storskala endringer i elvens økosystem fremfor detaljer knyttet til fisketrappens konstruksjon. Etableringen av Løpsjøen, som etter hvert har fått en stor gjeddebestand, har i stor grad påført systemet vandringsproblemer for fisk i unge og til dels voksne stadier. Overføringen av vann fra Glomma har økt vannføringen i Rena sammenlignet med Glomma, og denne endringen antas å ha virket reduserende på drivkreftene for vandring mellom disse to elvesystemene. Dødelighet hos fisk som passerer turbinene antas også å være såpass høy at den begrenser drivkreftene som favoriserer vandring. Særlig harrvandringen fra Rena til Glomma er kjent fra tidligere, og denne vandringen ble initiert ved en nedstrøms vandring av gytemoden harr. Ettersom døde-

ligheten i forbindelse med turbinpassasje er størrelsesavhengig, antas det at dette vandringsmønsteret har blitt særlig skadelidende av at det er turbinene som er den antatt viktigste nedvandringsruten. De to flomlukene slipper bare bunnvann i perioder med høy vannføring.

Disse faglige vurderingene av overordnede forhold i elvesystemene tilsier at det etter flere tiår er lite trolig at systemet inneholder store mengder fisk som er vandringsvillige. Det er imidlertid vist at henholdsvis 19 % av ørreten og 37 % av harren finner tilbake til trappa etter merking og gjenutsetting nedenfor trappa. Dette indikerer at antall fisk som ikke finner trappa er høyere enn de registrerte oppgangstallene. Men dette er tall som samsvarer godt med tilsvarende merkeforsøk ved Hunderfossen kraftverk, og indikerer derfor ingen unormal dysfunksjon av selve fisketrappa som fiskepassasje. I tillegg foreligger det lite kunnskap om trappevandrende fisk i Løpet reflekterer målrettede eller tilfeldige vandring. Disse forholdene bør utredes ved å undersøke modningsstadium hos fisk som fanges i fiskefella.

### **5.6.1 Befaring ved Løpet kraftverk den 28. april 2009**

(Til stede: Torstein Tjelde fra Eidsiva, Trond Taugbøl fra Glommens og Laagens Brukseierforening, Helge Næss representerte sportsfiskerne i Rena, Egil Wedul og Ida Strømstad fra Åmot Utmarksråd, Tore Qvenild fra Fylkesmannen i Hedmark, Reidar Grande fra Direktoratet for Naturforvaltning og Morten Kraabøl fra Norsk institutt for naturforskning).

I forbindelse med kravet om oppgradering av dammen (bl.a. etablering av grusfyllingsdam med morenekjerne og påfølgende heving av damkrona med 2 m) ved Løpet kraftstasjon planlegges et nytt flomløp på vestsiden av dammen. Dette flomløpet vil bli benyttet kun ved ekstremt høye flommer.

I tilknytning til det nye flomløpet kan det også bygges en utsprengt omløpskanal/fiskerenne for å bedre mulighetene for fiskevandring forbi Løpet kraftverk. Denne fiskerenna kan ha vanninntak ved den planlagte flomluka og lede vannet ut på vestsiden om lag 300 m nedstrøms dammen. Hovedhensikten med befaringen var å belyse tekniske og fiskefaglige aspekter ved dette tiltaket.

T. Tjelde orienterte på vegne av Eidsiva om tekniske aspekter ved fiskekanalen. De var i utgangspunktet skeptiske til løsningen, først og fremst ut i fra økonomiske forhold. Utarbeidelsen av fiskerenna vil koste anslagsvis 5-6 millioner NOK. M. Kraabøl fra NINA redegjorde for fiskefaglige aspekter ved både fiskevandring og fiskerenna ved Løpet kraftstasjon. Faglige vurderinger tilsier at elvesystemet ikke lenger har drivkreftene for fiskevandring som følge av sammensatte vandringsproblemer og endrede økologiske forhold. H. Næss var sterkt uenig i denne fremstillingen, og fremhevet sin egen og andres lokale kunnskap som tilsa at store mengder harr samlet seg i svingen ved den planlagte fiskeinngangen til fiskerenna. Han mente derfor at dette var vandrende og gytemoden harr som ville forbi Løpet kraftstasjon, og at fiskerenna sannsynligvis ville gi disse harrene gode oppvandringsmuligheter ettersom de naturlig samlet seg i dette området. M. Kraabøl viste til tidligere undersøkelser som viste liten oppsamling av fisk nedenfor Løpet, men fremhevet de lokale opplysningene som interessante. Det er imidlertid lite som tyder på at dette er fisk på målrettet oppvandring dersom de samler seg nedenfor kraftverket, og at det godt kunne være en gyteplass for harr. R. Grande betvilte også funksjonaliteten til en slik fiskerenne ut i fra vurderinger av tappemønster gjennom dammen. Meningsutvekslingen ble ikke avklart i forhold til fiskerennas eventuelle funksjonalitet, men det ble fra faglig hold ytret ønske om at de lokale opplysningene om stor oppsamling av harr i dette området bør følges opp med videre undersøkelser.

Dagens fisketrapp ble også befart av deltakerne. Fra fiskefaglig hold ble det gjentatt at det ikke er åpenbare feil i konstruksjonen eller beliggenheten til fiskeinngangen. Det ble imidlertid bemerket at vannføringen var for lav i forhold til trappas kapasitet. Vannføringen ble doblet til om lag 500-600 l sek<sup>-1</sup> for å bedre forholdene for oppvandrende fisk i sesongen 2009. Økt vannfø-



ring gjennom fisketrappa vil medføre økt stimuli ved fiskeinngangen. Dette er særlig viktig for strømssterke arter som ørret og harr. Fisketrappa er konstruert for vannføringer opp mot 1000 l sek<sup>-1</sup>, og både R. Grande og M. Kraabøl anbefalte økt vannføring. I de foregående år har vannføringen gjennom fisketrappa vært om lag 250-300 l sek<sup>-1</sup>.

Dagens fisketrapp har to fiskeinnganger som er tilpasset ulike vannføringer og nivåer nedenfor dammen. Den nederste hovedinngangen er beregnet på lavere vannføringer, mens den øverste inngangen er lokalisert i en av kulpene som ligger nærmere dammen. Den øverste inngangen antas å være mest effektiv ved flomvannføringer som følge av meget høy turbulens foran hovedinngangen under flomperioder. Tidligere forsøk med manipulering av tilgjengelige fiskeinnganger har vært gjennomført uten gode resultater. Hvorvidt dette skyldes lik effektivitet mellom de to fiskeinngangene eller mangel på vandringsvillig fisk er fortsatt uavklart. Videre undersøkelser omkring disse forholdene bør prioriteres.

M. Kraabøl bemerket at mortalitet som følge av turbinpassasje var en viktig faktor som kunne begrense mengden av vandringsvillig fisk ved Løpet. Ved å bygge om flomluke som ligger nærmest turbininntaket ville man oppnå en nedvandringsvei som var langt mer effektiv og mindre farefull enn turbinene. Dette tiltaket vil åpne for toveis fiskepassasje. Dette prinsippet anses som helt sentralt for å ivareta vandringer hos flergangsgytende arter som ørret og harr. Men effektene av en slik ombygging av flomluke vil igjen avhenge av overordnede forhold i elvens økosystem som driver frem vandringer som en lønnsom strategi. Etableringen av Løpsjømagasinet med stor gjeddebestand og Rendalsoverføringen representerer strukturelle fysiske og økologiske endringer som har kapasitet til å endre vilkårene for vandringer som livshistoriestrategi hos ørret og harr i Søndre Rena. Det anbefales derfor større økologiske tilnærminger som avklarer forholdene for fiskevandring mellom Søndre Rena og Glomma. I denne forbindelse bør reguleringens endringer på hele influensområdet kartlegges.

T. Qvenild fremhevet viktigheten av å optimalisere vandringsmulighetene for den vandrende delen av bestandene både under befaringen og i senere korrespondanse om saken. Dette kan gjøres ved at flomløpet på vestsiden utformes med kulpetrapper i nedre del og med fiskeinngang nært inntil dammen. Denne fiskekanalen kunne dimensjoneres slik at en stor vannføring dreneres om våren når det er overskuddsvann og størst vandringsvillighet hos harr. Dette ville ikke påføre tap av vann til kraftproduksjon. Senere på sommeren, når ørreten vandrer i systemet, kunne vannføringen i flomløpet stenges samtidig som den gamle fisketrappa ble holdt åpen med en vannføring på 800 l sek<sup>-1</sup>.

For øvrig bemerket T. Qvenild at den aller beste løsningen hadde vært å etablere en naturlig kanal på østsiden av dammen. Med en vannføring på opptil 1 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> kunne denne kanalen kobles til øvre deler av dagens fisketrapp og graves ut i terrenget på østsiden av dammen. Fiskeinngangen burde plasseres så nært opptil dammen som mulig. En slik kanal kan utformes på en slik måte at den oppnår en viss funksjonalitet som gyte- og oppvekstområde for ørret og harr. På denne måten ville man kunne erstatte noe av det opprinnelige strykpartiets funksjonalitet.

## 5.6.2 Tiltaksforslag

- Gjennomføre en storskala økologisk utredning omkring reguleringens endringer med fokus på drivkrefter for fiskevandring mellom Søndre Rena og Glomma
- Øke vannføringen i fisketrappa opp mot maksimal kapasitet (500 l s<sup>-1</sup>)
- Installere fiskefelle for opp- og nedvandring av fisk
- Sette fiskefella i drift fra tidlig i april
- Undersøke gonadestatus hos trappevandrer
- Undersøke harr som eventuelt samler seg nedenfor Løpet kraftstasjon om våren
- Utrede mulighetene for ombygging av segmentluke til klappeluke
- Etablere prøvereglement for lukemanøvrering som bedrer oppgang av fisk i trappa



**Bilde 6** Løpet kraftstasjon: De to flomlukene tapper kun bunnvann fra magasinet, og er lokalisert på motsatt side av turbininntaket. Trappas fiskeinngang er plassert i utslagssonen fra turbinene (øverst). Fiskeinngangens plassering i turbinutslaget gjør at fisk som søker oppover i elva ledes til trappemunningen når den følger hovedstrømmen. Unntaket er de korte periodene med slipp av overskuddsvann gjennom lukene på motsatt side av elven (nederst). Foto: M. Kraabøl.

## 5.7 Storsjødammen

Anlegget ble bygd i perioden 1967-1969. Fisketrappa ved Storsjødammen sto ferdig i 1968 og har god virkningsgrad i følge Fisketrapputvalget (1990). Det er registrert ørret, harr, sik og røye i fisketrappa. De nedre delene er av typen kulpetrapp med spranghøyde 70 cm. Øvre del av trappa er en 40 m lang motstrømstrapp av typen Denil.

Trappas fiskeinngang er neddykket og gir ingen klart definert utstrøm. Flomløp inntil trappa gir meget gode muligheter for slipp av attraksjonsvann inntil trappa. Erfaringer med vannslipp i denne flomluka har medført økt antall fisk i trappa.

Før reguleringen var det svært mye fisk i denne fossen. Statistikken for ørret viser at oppgangen av ørret er god og trenden svakt økende. Det går imidlertid svært få harr i trappa (Museth og Qvenild 2003c). Merket sik fra denne trappa er gjenfanget i Åkrestrømmen. Tore Qvenild mente at mulighetene for å etablere en naturlig fiskepassasje forbi dammen er ønskelig og bør utredes. Det ble imidlertid bemerket at grunnforholdene på stedet var dårlig egnet.

Nedvandring av fisk i trappa er vanskelig fordi vanninntaket er neddykket. Flomluka som ligger nærmest trappa tapper overflatevann og gir meget gode forhold for nedvandring av fisk dersom den åpnes i perioder hvor nedstrøms vandrende fisk samles på oversiden av demningen.

### 5.7.1 Tiltaksforslag

- Utrede muligheter for økt tapping av overflatevann
- Undersøke gonadestatus hos trappevandrende fisk
- Sette fiskefella i drift fra tidlig i april
- Etablere prøvereglement for lukemanøvrering som bedrer oppgang av fisk i trappa



**Bilde 7** Eksempel på ugunstig lukemanøvrering ved Storsjødammen. Vannføringen slippes på motsatt side av fisketrappen, og oppvandrende fisk får vanskeligheter med å lokalisere fiskeinngangen i trappa. Foto; M. Kraabøl.





**Bilde 8** Fiskefella er montert ved vanninntaket til fisketrappa. Bildet ble tatt om våren da Storsjøen var helt nedtappet. Foto: M. Kraabøl.



**Bilde 9** Når Storsjøen er nedtappet om våren er det liten nivåforskjell mellom overvann og undervann ved Storsjøen. Det er mulig at fisk passerer nedstrøms under slike forhold. Foto M. Kraabøl.

## 5.8 Strandfossen

Strandfossen eies av Eidsiva Vannkraft og ligger i Elverum kommune. En 1600 m lang innløpskanal på vestsiden av Glomma leder vannet forbi tilsvarende elvestrekning med 13,5 m fall. Kraftverket ble satt i drift i 1979 og har en Kaplan-turbin med kapasitet inntil  $235 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Ved kanalens innløp er det en betongdam med to klappeluker på  $23,5 \times 4 \text{ m}$  og en 330 m overløpsterskel med i alt 54 hydrauliske klapper for heving av vannstanden inntil 75 cm i deler av året. En miniturbin på 140 kW utnytter den pålagte minstevannføringen.

Fisketrappa er lokalisert på østsiden av elva og er en etterligning av en naturlig bekk som består av et utgravd og naturligt bekkeleie i nedre del. Deretter følger en seksjon med et 22 m langt betongrør med 150 cm diameter og til slutt betongkulper i øvre del ved vanninntaket. Trappas fiskeinnngang ligger inntil utløpet fra en miniturbin, noe som er gunstig. I perioden 1. mai til 31. august skal det slippes  $30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  over terskelen som går på tvers av hele elva. I september og oktober skal det slippes henholdsvis 10 og  $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  over terskelen. Vanlig praksis er at det slippes en lik mengde vann over hele terskelen. Slike forhold gir imidlertid ingen ekstra attraksjon av fisk mot trappas fiskeinnngang. Det er imidlertid muligheter for å øke vannføringen på østsiden ved å senke terskelen på østsiden inntil fisketrappa. I tillegg kan det være fordelaktig å øke vannføringen i fisketrappa slik at attraksjonseffekten øker ytterligere.

Fisketrappa ble oppgitt å fungere rimelig bra med hensyn til fiskeoppgang. Merkeforsøk i trappa har følgende eksempler på gjenfangster oppover i vassdraget; ørret i Atna, harr i Høyegga og abbor i Rena. For ørret er trenden svakt negativ mens oppgangen av harr er stabil.

Nedvandring av fisk er mulig som følge av overflatetapping over terskelen. Det er imidlertid ønskelig at overflatevannføringen blir vesentlig mer konsentrert mot østsiden for å sikre tilstrekkelig vannsøyle over kanten for nedvandring av store individer.

### 5.8.1 Tiltaksforslag

- Utrede mulighetene for økt vannslipp på østsiden, særlig ved lav totalvannføring
- Utrede muligheten for lengst mulig driftsperiode av miniturbinen
- Utrede muligheten for belysning inne i den 22 m lange betongtunnelen
- Undersøke gonadestatus hos trappevandrende fisk
- Etablere prøvereglement for lukemanøvrering og minikraftverk som bedrer oppgang av fisk i trappa
- Sette fiskefella i drift fra tidlig i april





**Bilde 10** Strandfossen: Overløpsterskelen med klappeluker (øverst). Utslag av driftsvann fra miniturbine ligger inntil fiskeinngangen til fiskepassasjen (t.v. nederst). Inngangen til det 22 m lange og 150 cm brede betongrøret som leder fisken inn til kulpetrappene og fella. Steingrupper er lagt inne i røret for å skape standplasser for oppvandrende fisk (t.h. nederst). Foto: M. Kraabøl.

## 5.9 Høyegga dam

Damanlegget ved Høyegga består av en betongdam med flomløp gjennom tre luker. Minstevannføringen slippes normalt ut gjennom en neddykket glideluke på 2,0 x 2,5 m inntil fisketrappen, mens de øvrige lukene benyttes under flomvannføringer. Hvert år slippes overflatevann i lengre perioder. Inntaket til den 30 km lange overføringstunellen til Rena kraftverk ligger om lag 60 meter ovenfor dammen på østsiden av elva.

Den maksimale vannføringen som kan slippes gjennom overføringstunellen fra Høyegga til Rena kraftverk er  $55 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . I gjennomsnitt slippes  $38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Minstevannføringen som slippes over damanlegget og nedover i Glomma er  $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Glomma på strekningen mellom Høyegga og samløpet med Søndre Rena (om lag 120 km) er derfor en regulert minstevannføringsstrekning.

Vannføringen i Glomma ved Stai (ca 10 km sør for Koppang) skal ikke underskride  $40 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  om sommeren har ved flere anledninger medført at den avgitte vannføringen til Rena kraftverk måtte reduseres. Det er spesielt når magasinene Fundin og Savalen er under oppfylling om sommeren at det oppstår vannmangel og påfølgende redusert overføring av vann til Rena kraftverk. Frem til 1985 ble det også avgitt vann for tømmerfløtning nedenfor Høyegga.

Fisketrappa ved Høyegga dam ligger på østsiden av elva. For fiskeoppgangen er det gunstig at denne konstante tappingen av minstevannføring er lokalisert helt inntil fiskeinngangen i trappa fordi fisken lett ledes mot det markante strømdraget inntil trappa. Fisketrappa ved Høyegga dam antas å fungere tilnærmet optimalt fordi 1) den er lokalisert mellom to lange elvestrekninger med ulike livsbetingelser (Rendalsoverføringen har etablert nye drivkrefter for vandring forbi Høyegga), 2) konstant slipp av minstevannføringen gjennom glideluka gir vedvarende og markert attraksjonsvann inntil fiskeinngangen og 3) det slippes periodevis overflatevann hvert år.

Elvestrekningen mellom Høyegga og samløpet med Rena ble omdannet til en minstevannføringsstrekning på 120 km etter at Rendalsoverføringen ble bygd. Det er grunn til å tro at habitatkvaliteten på denne strekningen ble vesentlig forringet, og at kvalitetsgradienten mellom ovenfor- og nedenforliggende elvestrekning ble en viktig drivkraft for fiskevandring forbi Høyegga dam. Statistikken fra fisketrappa, samt praksis for lukemanøvrering, understøtter denne teorien.

### 5.9.1 Tiltaksforslag

- Undersøke gonadestatus hos trappevandrende fisk
- Utrede mulighet for lengre perioder med overflatetapping
- Sette fiskefella i drift fra tidlig i april





**Bilde 11** Høyegga dam: Fisketrappa er lokalisert på østsiden av dammen, og minstevannføringen slippes gjennom en glideluke helt inntil trappen (øverst). Samlokaliseringen av fiskeinn- gang og markant attraksjonsvann gir optimale søke- og oppvandringsforhold for fisk (t.h. ne- derst). Inntaket til Rendalsoverføringen ligger i Høyegga dam, og medfører at Glomma mellom Høyegga og samløpet med Rena er en minstevannføringsstrekning (t.v. nederst). Foto: M. Kraabøl.



## 6 Forslag til innhold i trappeinstrukser

### 6.1 Vannføring i trappene

Instruksene til alle trappene bør inneholde krav om at det slippes en vannføring tilsvarende fisketrappens optimale eller maksimale kapasitet gjennom hele sesongen. For artene ørret og harr kan det antas at trappenes maksimale vannføringskapasitet er mest optimalt med hensyn til tiltrekning av fisk mot fiskeinngangene og passasje gjennom trappen. For mindre strømssterke arter bør det legges vekt på å definere eventuelle avvik i oppvandringstidspunkt i forhold til de strømssterke artene. Dersom oppvandringstidspunkt for ulike arter er atskilt i tid bør det legges vekt på at strømsvake arter sannsynligvis oppnår større suksess med en lavere vannføring enn de strømssterke artene. Denne kunnskapen oppnås gjennom ukentlig røkting av fiskefellene i hele sesongen.

### 6.2 Definisjon av målarter

Instruksene bør derfor definere hvilke målarter som fisketrappene skal betjene. Dette er nødvendig for ivaretagelse av mangfoldet i fiskesamfunnet og elvesystemet, samt utarbeiding av differensierte vannføringer gjennom sesongen, lukemanøvrering og eventuell reduksjon av fallgradienten i trappene.

### 6.3 Åpning og stengning av trappene

Alle fiskefellene bør åpnes 1. april hvert år. Dette er først og fremst av hensyn til harrens tidlige gytevandring i vassdraget. Åpningsdatoen bør holdes konstant og uavhengig av vannføringsforhold. Det er kjent at høye vannføringer om våren medfører betydelige problemer med ansamlinger av flytende trevirke og annet brask rundt vanninntaket og til dels inne i trappekulperne. Disse problemene bør reduseres ved tekniske tiltak ved vanninntakene så langt det er mulig. I tillegg bør det påregnes vesentlig høyere frekvens av røkting og tilsyn av trappene og fiskefellene i slike perioder.

Trappene bør holdes åpne til 15. november hvert år. Ørretens gytetid strekker seg ut til denne perioden (Museth et al. under arbeid), og det forventes at spesielt returvandring av gytefisk kan forekomme utover i november. Under normale temperaturforhold vil det ikke bli store isproblemer i fisketrappene i november, men det bør gis muligheter for stengning av fellene noe tidligere dersom ising i trappene gir problemer med drift og vedlikehold.

### 6.4 Overvåkningsmetodikk (manuelt eller video)

Manuelle fiskefeller anses som den beste metodikken for overvåkning av fiskeoppgang i trappene. De er pålitelige og fleksible, og vil i tillegg føre til at hver fisk kan merkes og registreres med et høyt antall parametere. En slik nøyaktig og detaljert overvåkning av viktige restbestander vurderes å gi helt nødvendig kunnskap om de enkelte artene.

Videovervåkning eller annen elektronisk registrering er forbundet med mindre nøyaktighet og bortfall av muligheten til merking, gjenfangst, prøvetaking og artsbestemmelse. Det anbefales likevel forsøk med å registrere nedvandring over overflateluker ved bruk av videokamera.

## 6.5 Røkting og oppsyn av feller

Fiskefellene bør røktes gjentatte ganger pr. uke gjennom hele sesongen. I perioder med stor vannføring må det påregnes daglig røkting av fellene i tillegg til opprenskningsarbeid. Erfaringene fra denne virksomheten vil frembringe varige tekniske løsninger som reduserer behovet for opprenskningsarbeid. Røktingen bør skje ved at all fisk merkes og registreres før de slippes videre ovenfor dammen. Opphopning av fisk bør ikke skje i fiskefellene fordi oppholdet er forbundet med risiko i form av fysiske skader og utmattelse (avhengig av fiskeart).

I perioder med intensive fiskevandringar bør røktingen av fiskefellene skje flere ganger pr. uke. I perioder med fraværende fiskevandringar bør fiskefellene likevel røktes ukentlig fordi fravær av fiskevandringar bidrar vesentlig til kunnskapen om dynamikken i fiskevandringene i elvesystemet.

## 6.6 Merking og bedøvelse

Prosedyrer for bedøvelse, merking og prøvetaking av fisk bør utarbeides i tråd med gjeldende kunnskaper og regelverk for dyreforsøk. Dette arbeidet skal gjennomføres eller administreres av autorisert personell med godkjent kurs i forsøksdyrlære. Alternativt kan andre utføre dette dersom røktingen er organisert og instruert av autorisert personell.

Instruksene bør inneholde detaljerte prosedyrer for dosering, grad av anestetisk påvirkning som er nødvendig for den aktuelle merkemethoden, utskifting av bedøvelse og vann, tilstrekkelig tid til gjenoppvåkning og utsetting ovenfor fisketrappen. I tillegg bør instruksene omfatte en beskrivelse av prosedyre ved behov for avliving, samt videre håndtering etter avlivning.

Nylig bedøvet fisk som slippes videre er utsatt for alvorlig risiko i form av innsug til turbinene og predasjon. Det er derfor svært viktig at fisken er frisk og rask ved utsetting. Det bør foretas en gjennomgang av aktuelle bedøvelsesmidler og anslått tid for administrasjon og gjenoppvåkning, og instruksene bør være detaljerte på disse punktene. Oppvåkningstiden varierer mellom ulike bedøvelsesmidler og vanntemperaturer. Enkelte bedøvelsesmidler, som for eksempel MS222, krever bufring mot lav pH-verdi i selve vannbadet som bedøver fisken. Det anbefales at slike midler unngås ettersom dette skal være et praktisk rettet arbeid.

## 6.7 Prøvetaking

Følgende parametre bør inngå i prøvetakingsprosedyrene; dato, art, lengde, vekt, tidligere merkestus, eventuelle ytre skader og påvirkninger (hud- skjell- og øyeskader, krokskader, sopp og ektoparasitter) og merknr. på nytt merke. Det forutsettes at miljødata samles inn av kraftverket, og kan benyttes til analyse av oppgang i forhold til miljøvariabler og lukemanøvrering.

I tillegg bør det ved de fleste trapper vurderes hvorvidt det er gytemoden, utgytt eller umoden fisk som vandrer i trappene. Som oftest må fisken avlives og undersøkes nærmere dersom gonadestatus skal fastslås med sikkerhet, men gyteklar fisk avgir gjerne rogn eller melke hvis de strykes forsiktig over buken mot gattåpningen. Innsamling og avlivning av fisk til vurderinger av gonadestatus bør gjøres slik at innvirkningen på bestandene blir minst mulig. Det bør derfor kun avlives en mindre andel hvert år, og resultatene fra innsamlingen bør fordeles over flere år og slås sammen til en sluttvurdering.

## 6.8 Journalføring

Hver enkelt fisk bør føres inn i journal med markering av alle parametre. Månedssrapporter bør oversendes Fylkesmannen for å sikre datamaterialet underveis gjennom sesongen. Årlig oppgang bør rapporteres i etterkant av sesongen.

## 6.9 Lukemanøvreringens innvirkning på fiskeoppgang

Slipp av overskuddsvann gjennom lukene kan i stor grad påvirke fiskens evne til å finne frem til fiskeinngangen i trappene. I løpet av en 5-7 års periode bør det gjennomføres forsøk med slipp av overskudds- og minstevann gjennom ulike flomluker samtidig som fiskeoppgangen registreres. Disse resultatene analyseres med tanke på best mulig forhold for fiskevandring gjennom trappene.

Normalt bør slipp av overskudds- eller minstevannføring skje så nært inntil fiskeinngangen som mulig. Dagens praksis omfatter i noen tilfeller bruk av luker som er lokalisert på motsatt side av elva i forhold til fisketrappene. Til dels skyldes dette at noen luker er automatisert for fjernstyring og dels skyldes det andre forhold. Det bår derfor påregnes en del kostnader i forbindelse med forandringer av praksis for lukemanøvrering ved noen dammer.

## 6.10 Lukemanøvreringens innvirkning på nedvandring av fisk

Nedvandring av fisk forbi dammene skjer i form av returvandrende gytefisk, voksen fisk på nedstrøms gyte- eller næringsvandring og ungfisk som skifter habitat. Felles for denne komplekse fiskevandringen er at de følger hovedstrømmen mot det største vannslippet ved dammene. Som regel er det turbinene som drenerer de største vannføringene, og nedvandrende fisk samles gjerne omkring inntaket til turbinene. Oppvandrende fisk samles gjerne der hvor det meste av vannet slippes.

Av den grunn er det viktig at lukene som er lokalisert nærmest turbininntakene slipper overflatevann for å gi best mulig nedvandringmuligheter for fisk. Det bør påregnes en del kostnader med ombygging av bunnluker, men miljøgevinsten antas å være betydelig dersom dette gjennomføres i tilstrekkelig grad. Det er således en fordel dersom turbininntaket er lokalisert på samme side som fisketrappen. I slike tilfeller vil vannslipp over lukene gi bedre forhold både for ned- og oppvandring av fisk. I de tilfellene hvor fisketrapp og turbininntak er lokalisert på hver sin side bør forsøksvirksomhet gjennomføres for å finne frem til den optimale løsningen.

## 7 Kommentarer og konklusjoner

Det er potensial for å forbedre forholdene for både opp- og nedvandring ved alle de undersøkte kraftverkene og demningene. På grunn av endrede drivkrefter for fiskevandring i vassdraget, er det allikevel knyttet usikkerhet til bestandenes respons på forbedrede fiskepassasjer. Ut i fra et bevaringsbiologisk perspektiv bør allikevel forholdene for fiskevandring optimaliseres i tråd med en forvaltning etter vannforskriftens prinsipper om bl.a. konnektivitet. Imidlertid er det fortsatt store mangler når det gjelder basiskunnskap om fiskevandring ved de enkelte kraftverkene. Glommaprosjektet har gitt innsikt i grunnleggende aspekter ved fiskevandring i Glomma, men det er ikke gjennomført større studier med konkrete tiltaksforslag ved de enkelte kraftverkene. Slike studier bør derfor gjennomføres i årene som kommer.

Overvåkning av fiskeoppgang gjennom trappene kom ikke i gang rett etter etablering av fiske-trappene. Dette representerer hull i kunnskapen om tidligere vandringsomfang og trender i de første årene etter utbygging. I tillegg ble overvåkingen avsluttet tidlig i fisketrapper med kun sporadisk fiskeoppgang. Kunnskapsgrunnlaget er derfor såpass mangelfullt at nyere undersøkelser fortsatt må rettes inn mot grunnleggende forhold som for eksempel omfang og tidsperioder for fiskevandring, samt hva slags vandring (gyte eller næringsvandring) som eventuelt pågår ved de ulike demningene og hvilke arter som deltar i vandringene. Slike undersøkelser bør derfor foregå over minst 5-7 år før de kan munne ut i praktiske og målrettede tiltak.

Videre undersøkelser bør tilpasses forholdene ved de enkelte kraftverkene, og utformingen av studiene bør bidra til økt forståelse av vandring på elvestrekninger som omfatter to eller flere kraftverk. Merke-gjenfangststudier basert på trappevandrende fisk som slippes videre anses som utilstrekkelige for å kartlegge konkrete vandringsmønstre. Slike studier vil ikke kunne avdekke vandringsproblemer ved kraftverk, og er dessuten sterkt avhengig av fiskernes vilje til å sende inn merker til enhver tid. Radiomerkingstudier vil i langt større grad gi konkrete opplysninger om vandringene til enkeltfisk. I trapper hvor oppgangen er beskjeden bør en betydelig andel fisk som passerer trappa radiomerkes helt til et tilstrekkelig antall oppnås. Det bør benyttes radiosendere med 1 års varighet slik at årssykluser kan avdekkes.

Omlagging av lukemanøvrering fra manuell til automatisk styring har utelukkende virket uheldig i forhold til nedstrøms fiskepassasje. Alle automatiske reguleringsluker ved kraftverkene er sektorluker som slipper bunnvann. Dette betyr at overskuddsvann manøvreres gjennom disse fjernstyrte lukene, og at tømmerlukene åpnes først ved store flommer. Vandringsmulighetene for fisk som skal ned forbi kraftverkene er derfor vesentlig forringet som følge av fjernstyring og automatisering. Både opphør av tømmerfløtning og omlagging til automatiserte luker har derfor medvirket til sterkt forringede nedvandringsmuligheter for fisk ved dammene i Glomma og Rena.

Vannføringen i fisketrappene bør økes til maksimal kapasitet for å gi best oppgangsforhold for ørret og harr. Dette vil kunne forbedre attraksjonsstrømmen ved fiskeinngangen og gi noe bedre oppgangsforhold gjennom trappene. Forekomsten av strømsvake arter som laue, abbor og gjedde vil imidlertid få større passasjeproblemer ved store vannføringer. Det er derfor behov for en differensiert drift av fisketrappene gjennom sesongen for å opprettholde artsmangfoldet blant vandrende fisk. Der hvor artsmangfoldet er tilstrekkelig stort bør det gjennomføres overvåkning av fiskeoppgang ved flere ulike vannføringer for å avdekke eventuelle bortfall av strømsvake fiskearter ved vannføringsøkning i trappene (artsspesifikke terskelverdier).

Instrukser for lukemanøvreringer bør utarbeides ved de enkelte kraftverk og dammer etter tidligere erfaringer og nye og større eksperimentelle forsøk.

Det bør også påregnes enkelte ombygginger av flomluker, samt bygging av bedre fasiliteter for overvåkning av fiskepassasjer ved kraftverkene. Både eldre og nyere konstruksjoner og ombygginger ved kraftverkene har i liten grad tatt hensyn til forhold som har betydning for fisk.

Det bør utarbeides en instruks for drift av fisketrapper og lukemanøvrering ved hvert enkelt kraftverk. De første instruksene bør være midlertidige, og omfatte eksperimentelle forsøksoppsett over 5-7 år. De endelige instruksene bør inkorporere alle forbedringer for å opprettholde en viss konnektivitet i vassdraget i årene fremover.

## 8 REFERANSER

- Aarestrup, K. & Koed, A. 2003. Survival of migrating sea trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts negotiating weirs in small Danish rivers. *Ecology of Freshwater Fish* 12; 169-176.
- Aarestrup, K., Lucas, M.C. & Hansen, J.A. 2003. Efficiency of a nature-like bypass channel for sea-trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT-telemetry. *Ecology of Freshwater Fish* 12; 160-168.
- Aass, P. & Kraabøl, M. 1999. The exploitation of a migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) population: change in fishing methods due to river regulation. *Regulated Rivers; Research & Management* 15; 211-219.
- Agosthiino, A.A., Marques, E.E., Agosthino, C.S., De Almeida, D.A., de Oliveira, R.J. & de Melo, J.R. 2007. Fish ladder of Lajedo Dam: migration on one-way routes? *Neotropical Ichthyology* 5; 121-130.
- Ahmad, M., Ali, C.M. & Ahmad, S. 1962. Designing of fish ladders. West Pakistan Irrigation Research Institute, Lahore. Technical report no. 362/HYD/1962, 26 sider.
- Arnekleiv, J.V., Kraabøl, M. & Museth, J. 2007. Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta*) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia* 582; 5-15.
- Behrmann-Godel, J. & Eckmann, R. 2003. A preliminary telemetry study of the migration of silver European eel (*Anguilla anguilla*) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish* 12; 196-202.
- Baras, E., Lambert, H. & Philippart, J.C. 1994. A comprehensive assessment of the failure of *Barbus barbus* spawning migration through a fish pass in the canalized River Meuse, Belgium. *Aquatic Living Resources* 7; 181-189.
- Barret, J. & Mallen-Cooper, M. 2006. The Murray River's 'Sea to Hume Dam' fish passage program: Progress to date and lessons learned. *Ecological Management and Restoration* 7; 173-183.
- Bernacsek, G.M. 1984. Dam design and operation to optimize fish production in impounded river basins. CIFA Technical Paper 11, side 98.
- Bell, M. & DeLacy, A. 1972. A compendium on the survival of fish passing through spillways and conduits. Fisheries Engineering Research Program, US Army Engineers Division, North Pacific Corps of Engineers, Portland Oregon.
- Bok, A.H. 1990. The current status of fishways in South Africa and lessons to be learnt. Proceedings of a Workshop on the Rationale and Procedures for the evaluation of the necessity for fishways in South African rivers. Pretoria, March 1990, side 87-99.
- Calles, E.O. & Greenberg, L.A. 2007. The use of two nature-like fishways by some fish species in the Swedish River Emån. *Ecology of Freshwater Fish* 16; 183-190.
- Clay, C.H. 1995. Design of fishways and other fish facilities. Boca Raton: Lewis Publishers, CRC Press Inc., side 248.
- Coutant, C.C. & Whitney, R.R. 2000. Fish behaviour in relation to passage through hydro-power turbines: A review. *Transactions of the American Fisheries Society* 129; 351-380.
- Degerman, E. 2001. Fiskvägen i Svartån, Örebro. Manuskript, 6 sider.
- DeLachenade, S. 1931. Le saumon dans les Gaves et les échelles à poissons. (The salmon of the Gave Rivers and the fish passes). *Bulletin Francaise de Pisciculture* 4; 97-102.
- Eberstaller, J., Hinterhofer, M. & Parasiewicz, P. 1998. The effectiveness of two nature-like bypass channels in an upland Austrian river. I: (Red.: Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S.). *Migration and Fish Bypasses*. Oxford: Fishing News Books, side 363-383.
- Gebler, R.-J. 1998. Examples of near-natural fish passes in Germany: Drop structure conversions, fish ramps and bypass channels. I: (Red.: Jungwirth, M., Schmutz, S. and Weiss, S.). *Migration and fish bypasses*. Cambridge: Fishing News Book, side 363-383.

- Hammarstrand, Arne T. 2003. Åkersvika naturreservat – etablering av ny minimumsvannstand. Detaljplan for tiltak i vassdrag. Norges Vassdrags- og Energidirektorat. Inngrepsnr. VV 10036.
- Haro, A., Odeh, M., Noreika, J. & Castro-Santos, T. 1998. Effect of water acceleration on downstream migratory behaviour and passage of Atlantic salmon smolts and juvenile American shad at surface bypasses. *Transactions of the American Fisheries Society* 127; 118-127.
- Haro, A., Castro-Santos, T. & Boubée, J. 2000. Behaviour and passage of silver-phase American eels, *Anguilla rostrata* (LeSueur), at a small hydroelectric facility. *Dana* 12; 33-42.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1917. Mjøsas fisker og fiskerier. Det Kgl. Norske Videnskabers Selskabs Skrifter 1916 nr. 2. Aktietrykkeriet i Trondhjem.
- Jepsen, N., Aarestrup, K., Økland, F. & Rasmussen, G. 1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 371/372; 347-353.
- Jowett, I.G. 1987. Fish passage, control devices and spawning channels. I: (Red.: Henriques, P.R.). *Aquatic Biology and Hydroelectric Power Development in New Zealand*. Auckland: Oxford University Press, side 138-155.
- Jungwirth, M. 1996. Bypass channels at weirs as appropriate aids for fish migration in rhithral rivers. *Regulated Rivers; Research and Management* 12; 483-492.
- Katopodis, C. 1981. Considerations in the design of fishways for freshwater species. *Proceedings of the 5<sup>th</sup> Canadian Hydrotechnical Conference*, Fredericton, New Brunswick, side 857-878.
- Khan, H. 1940. Fish ladders in Punjab. *Journal of the Bombay Natural History Society* 41; 551-562.
- Kjellberg, G., Solheim, R. & Wold, O. 1994. Forslag til kompensasjonstiltak i Åkersvika. Konsekvensutredning. Norsk institutt for vannforskning. Rapport 3140. 45 s.
- Kjellberg, G., Solheim, R., Wold, O. & Løvik, J.E.. 2004. Åkersvika naturreservat – vurdering av konsekvenser ved etablering av minimumsvannstand. Norsk institutt for vannforskning. Rapport 4834. 21 s.
- Knaepkens, G., Baekelandt, K. & Eens, M. 2005. Fish pass effectiveness for bullhead (*Cottus gobio*), perch, (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a regulated lowland river. *Ecology of Freshwater Fish* 15; 20-29.
- Kraabøl, M. & Aass, P. 1996. Drivgarnsfiske etter ørret i Lågen fra Mjøsa til Fåberg i perioden 1900-1969. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernnavdelingen. Rapport 15/96, 15 sider.
- Kraabøl, M. & Museth, J. 2007. Fisketrapper i Glomma og Søndre Rena mellom Bingsfoss og Storsjøen. NINA Rapport 306, 32 sider + vedlegg.
- Kraabøl, M., Arnekleiv, J.V. & Museth, J. 2008. Emigration patterns among trout, *Salmo trutta* (L.), kelts and smolts through spillways in a hydroelectric dam. *Fisheries Management and Ecology* 15; 417-423.
- Kraabøl, M., Johnsen, S., Museth, J. & Sandlund, O.T. 2010. Conserving iteroparous fish stocks in regulated rivers; the need for a broader perspective! *Fisheries Management and Ecology* 16; 337-340.
- Kynard, B. & Buerkett, C. 1997. Passage and behaviour of adult American shad in an experimental louver bypass system. *North American Journal of Fisheries Management* 17; 734-742.
- Laine, A., Jokivirta, T. & Katapodis, C. 2002. Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea trout, *S. trutta* L., passage in a regulated northern river - fishway efficiency, fish entrance and environmental factors. *Fisheries Management and Ecology* 9; 65-77.
- Larinier, M. 1998. Upstream and downstream fish passage experience in France. I: (Red.: Jungwirth, M., Schmutz, S. and Weiss, S.). *Migration and fish bypasses*. Cambridge: Fishing News Book, side 127-145.

- Larinier, M. 2002. Pool fishways, pre-barrages and natural bypass channels. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture* 364; 54-82.
- Larinier, M., Travade, F. & Porcher, J.P. 2002. Fishways; biological basis, design criteria and monitoring. *Bulletin Francais Pêche Pisciculture* 364; 208.
- Lucas, M.C., Mercer, T., Armstrong, J.D., McGinty, S. & Rycroft, P. 1999. Use of a flat-bed passive integrated transponder antenna array to study the migration and behaviour of lowland river fishes at a fish pass. *Fisheries Research* 44; 183-191.
- Lucas, M.C. & Baras, E. 2001. *Migration of freshwater fishes*. Malden, MA: Blackwell Science.
- Mader, H., Unfer, G. & Schmutz, S. 1998. The effectiveness of nature-like bypass channels in a lowland river, the Marchfeldkanal. I: (Red.: Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S.). *Migration and fish bypasses*. Oxford: Fishing News Book, side 384-402.
- Mallen-Cooper, M. 1989. Fish passage in the Murray-Darling Basin. I: (Red.: Lawrence, B.). *Proceedings of the workshop on native fish management – Canberra 16.-17- June 1988*. Canberra: Murray-Darling Basin Commission, side 123-136.
- Mallen-Cooper, M. 1994. Swimming ability of adult golden perch, *Macquaria ambigua* (Percichthyidae), and adult silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Teraponidae), in an experimental vertical-slot fishway. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 45; 191-198.
- Mallen-Cooper, M. 1999. Developing fishways for nonsalmonid fishes: A case study from the Murray River in Australia. I: (Red.: Odeh, M.). *Innovations in Fish Passage Technology*. Bethesda, MD: American Fisheries Society, side 173-195.
- Mallen-Cooper & Brand 2007. Non-salmonids in a salmonid fishway: what do 50 years of data tell us about past and future fish passage? *Fisheries Management and Ecology* 14; 319-332.
- Mallen-Cooper, M. & Harris, J.H. 1990. Fishways in mainland south-eastern Australia. I: (Red.: Komura, S.). *Proceedings of the International Symposium on Fishways '90 in Gifu, Japan: Publications Committee of the International Symposium on Fishways '90*, side 221-229.
- Museth, J. & Qvenild, T. 2003a. Merkingforsøk i fisketrappa ved Strandfossen i Glomma i perioden 1984–2002. Høgskolen i Hedmark. Rapport nr. 13. 52 pp.
- Museth, J. & Qvenild, T. 2003b. Merkingforsøk i fisketrappa ved Løpet i Renavassdraget i perioden 1985–2000. Høgskolen i Hedmark. Rapport nr. 12. 54 pp.
- Museth, J. & Qvenild, T. 2003c. Merkingforsøk i fisketrappa ved Storsjødammen i Renavassdraget i perioden 1985–2000. Høgskolen i Hedmark. Rapport nr. 11. 49 pp.
- Museth, J. & Rustadbakken, A. 2005. Fiskesamfunnet i Åkersvika – befaringsrapport fra prøvefiske den 20.-21. juni 2005. Høgskolen i Hedmark/Naturkompetanse. Rapport, 8 sider + vedlegg.
- Nemenyi, P. 1941. An annotated bibliography of fishways. *University of Iowa Studies in Engineering Bulletin* 23, 64 sider.
- O'Connor, J.P., O'Mahony, D.J., O'Mahony J.M. & Glenane, T.J. 2006. Some impacts of low and medium head weirs on downstream fish movement in the Murray-Darling Basin in southeastern Australia. *Ecology of Freshwater Fish* 15; 419-427.
- Petts, G.E. 1984. *Impounded Rivers – Perspectives for Ecological Management*. London: John Wiley and Sons, 285 sider.
- Pholprasith, S. 1995. Fishways in Thailand. I: (Red.: Komura, S.). *Proceedings of the International Symposium on Fishways '90 in Gifu, Japan: Publications Committee of the International Symposium on Fishways '90*, 355-362.
- Prignon, C., Micha, J. & Gillet, A. 1998. Biological and environmental characteristics of fish passage at the Tailfer dam on the Meuse River, Belgium. I: (Red.: Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S.). *Migration and fish bypasses*. Oxford: Fishing News Book, side 69-84.



- Qvenild, T. 2001. Merkingforsøk i fisketrappa i Høyegga i Glommavassdraget 1985 – 2000. Glommaprosjektet. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 7/2001, 25 s.
- Qvenild, T. 2008. Fisken i Glommavassdraget. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 2-2008, 136 s.
- Quirós, R. 1989. Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: Latin America. COPESCAL Technical Paper no. 5 (FAO: Rome), 41 sider.
- Slatik, E. & Basham, L.R. 1985. The effect of Denil fishway length on passage of some nonsalmonid fishes. *Marine Fisheries* 47; 83-85.
- Solheim, R. 1992. Sammenstilling av ornitologisk registreringsmateriale for Åkersvika naturreservat. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen, rapport nr 2/92, 23 s + vedlegg.
- Schwalme, K., Mackay, W.C. & Lindner, D. 1985. Suitability of vertical slot and Denil fishways for passing north-temperate, nonsalmonid fishes. *Marine Fisheries Reviews* 47; 1815-1822.
- Stuart, I.G. & Mallen-Cooper, M. 1999. An assessment of the effectiveness of a vertical-slot fishway for non-salmonid fish at a tidal barrier on a large tropical/sub-tropical river. *Regulated Rivers; Research & Management* 15; 575-590.
- Wolter, C. & Arlinghaus, R. 2003. Navigation impacts on freshwater fish assemblages: The ecological relevance of swimming performance. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 13; 63-89.



# NINA Rapport 537

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2112-2



## Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

[www.nina.no](http://www.nina.no)