

# Utprøving av fangstfelle for laksesmolt i Tovdalselva



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Region Midt-Norge**

Høgskoleringen 9  
7034 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Utprøving av fangstfelle for laksesmolt i Tovdalselva	Løpenr. (for bestilling) 6586-2013	Dato 29.10.2013
	Prosjektnr. Undernr. O-12410	Sider Pris 25
Forfatter(e) Haraldstad Tormod Kroglund Frode Güttrup Jim	Fagområde Fiskeøkologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Vest-Agder	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

Under nedvandring forbi Boenfossen i Tovdalselva kan laksesmolt velge mellom tre ulike nedvandringsveier: Det opprinnelige fossefallet, gjennom kraftverket og via et sideløp (rømningsvei) like ved kraftverksinntaket. I år med høy vannføring fanges det ikke smolt i sideløpet fordi de fleste vandrer over fossen. Av fisk som likevel vandrer inn mot kraftverket, vil hovedandelen velge sideløpet. En fangstfelle i sideløpet dokumenterer at tiltaket fungerer som en alternativ rømningsvei, men det er også observert forhold som begrenser bruken av sideløpet. Det er viktig å presisere at ut fra et tiltaksperspektiv, er det antagelig best for smolten å vandre over fossen, dernest gjennom sideløpet, mens ruten med lavest overlevelse er gjennom turbinløpet. I denne undersøkelsen har det likevel vært ønskelig at flest mulig smolt vandrer inn mot kraftverket og ut via sideløpet slik at de kan fanges i fella. Det ble påvist en god sammenheng mellom smoltutvandringstidspunkt og elvetemperatur i årene 2004-2011 og i 2013. Dette bør vektlegges i forbindelse med fastsettelsen av periodisk høyere kalkingsmål (pH-mål) i elva under smoltutvandringen. Det er ikke økologisk relevant å basere pH-målet på eksakte forhåndsbestemte datoer, slik det i mange tilfeller gjøres i dag. For Tovdalselva vil passering av 6 grader i elva om våren være et godt starttidspunkt for høyere kalkingsmål. For et bedre økologisk og økonomisk resultat anbefales det derfor å undersøke sammenhengen mellom utvandringstidspunkt og miljøforhold i samtlige kalka elver, slik at en i større grad kan styre perioden med forhøyet kalkingsmål i forhold til tidsforløpet av smoltutvandringen

Fire norske emneord 1. Atlantisk laks 2. Smoltutvandringstidspunkt 3. Sideløp 4. Wolfelle	Fire engelske emneord 1. Atlantic salmon 2. Smolt migration timing 3. Bypass 4. Wolftrap
---	--



**Tormod Haraldstad**  
Prosjektleder



**Øyvind Kaste**  
Forskningsleder



**Claus Beier**  
Forskningsdirektør

**Utprøving av fangstfelle  
for laksesmolt i Tovdalselva**

## Forord

Vannkvaliteten i Tovdalselva tilfredsstillende i dag laksens krav til vannkjemi i ulike livsstadier, men bestanden av gytelaks er ikke på det nivået man kunne forvente gitt erfaringer fra andre kalkede vassdrag. Det er lansert flere hypoteser for hvorfor reetableringen har gått seint, men få av dem har blitt testet. Det jobbes i dag for en videreføring av prosjektet «Reetablering av nye laksestammer på Sørlandet», som ble gjennomført i regi av Direktoratet for Naturforvaltning i perioden 1997-2010. I forslaget til nytt «Reetableringsprosjekt» ønskes det mer fokus på hvordan en kan øke det høstbare overskuddet, enn kun en reetablering av bestandene.

I forbindelse med utarbeidelse av søknaden til nytt «Reetableringsprosjekt» ønsket Fylkesmannen i Vest-Agder hjelp til å utforme en effektiv innretning for fangst av nedvandrende smolt om våren, for et eventuelt fremtidig merkeprogram i Tovdalselva. Årlig merking av smolt og beregning av utvandrende smoltbestand og sjøoverlevelse vil kunne brukes til å teste fremsatte hypoteser om hvorfor laksefangstene i Tovdalselva er lavere enn forventet.

Vår kontaktperson hos fylkesmannen har vært Edgard Vegge og Pål Alfred Larsen. Kay Severinsen har røktet smoltfella samt bidratt med nyttige informasjon om vandring av smolt og gytelaks forbi Boenfossen. Martin A. Olsen (kraftverkseier) har gitt informasjon om kraftverket i Boenfossen. Anders Lamberg har gitt oss tilgang på hans smoltutvandringsdata fra 2010-11.

Alle takkes for godt samarbeid.

Grimstad, 29.10.2013

*Tormod Haraldstad*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Områdebeskrivelse</b>	<b>7</b>
2.1 Boenfossen	7
<b>3. Fangstinnretning</b>	<b>9</b>
3.1 Valg av fangstmetode	9
3.1.1 El-fiske og elfiskebåt	9
3.1.2 Modifisert storruse og river fishlift	9
3.1.3 Smolthjul	9
3.1.4 Wolffella	10
3.2 Valg av fangstlokalitet	10
<b>4. Wolffella i sideløpet</b>	<b>12</b>
4.1 Plassering	12
4.2 «Vandringskonflikt» i laksetrappa	13
4.3 Wolffella og fangstkar	14
<b>5. Metoder</b>	<b>15</b>
<b>6. Resultat</b>	<b>16</b>
6.1 Vannføring og temperatur våren 2013	16
6.2 Smoltutvandring ved Boenfossen	18
6.3 Vannfordeling mellom hovedelva og kraftverket	19
6.4 Vannforbruk i sideløpet, fangstfella og laksetrappa	20
<b>7. Diskusjon</b>	<b>21</b>
7.1 Wolffella	21
7.2 Rutevalget til smolten er den største utfordringen	21
7.3 Smoltutvandring i Tovdalselva	24
<b>8. Referanser</b>	<b>25</b>

---

## Sammendrag

Tovdalselva hadde tidligere høye fangster av laks, men den opprinnelige laksestammen døde ut rundt 1970 som følge av forsurening. Kalking av vassdraget har siden 1997 gitt god vannkjemi og grunnlag for oppbygging av en ny laksestamme. Fangstene har økt, men er ikke på nivå med de historiske fangstene. Det er lansert flere hypoteser for hvorfor reetablering av en ny laksestamme i Tovdalselva har gått seint, men få av dem har blitt testet. For å teste fremsatte hypoteser er det ønskelig å kjenne antall smolt som utvandrer fra vassdraget og returnerer som voksen gytefisk. Dette pilotprosjektet hadde som hensikt å etablere en effektiv felle ved Boenfossen, for fangst og merking av nedvandrende smolt om våren. Årlig merking av smolt og beregning av utvandrende smoltbestand og sjøoverlevelse vil kunne brukes til å teste fremsatte hypoteser om hvorfor laksefangstene i Tovdalselva er lavere enn forventet.

Under nedvandring over Boenfossen (om lag 7 km fra utløpet i sjøen), kan smolten velge mellom tre ulike nedvandningsveier, over fossen, gjennom kraftverket og via sideløp som er etablert like ved kraftverksinntaket. Vi deler veivalgene inn i to faser: (1.) Fossen vs. kraftverksinntaket og (2.) turbinløp vs. sideløp. Det er viktig å presisere at ut fra et tiltaksperspektiv, er det antagelig best for smolten å vandre over fossen dernest gjennom sideløpet og ruten med lavest overlevelse er gjennom turbinløpet. I denne undersøkelsen er det likevel ønskelig at flest mulig smolt til vandrer inn mot kraftverket og ut sideløpet slik at de kan fanges i fella som var etablert her.

Den såkalte Wolffella som ble etablert i sideløpet til Boenfossen så ut til å fungere tilfredsstillende. Om den lages noe bredere og lengre vil den kunne driftes med en sideløpsvannføring opp mot 500-600 l/s. En kan i tillegg skille ut vann i selve oppdemningen ved å legge inn avstandsstykker mellom plankene slik at noe vann skilles av her. Dette vil gi rom for videre øking av sideløpsvannføringen.

Det er en god sammenheng mellom den relativ turbinvannføringen i forhold til fossen og antall smolt i inntaksområdet. Det er først ved en turbinvannføring på 30-40 % av elvas totale vannføring at smolten vandrer inn mot kraftverket. I år var vannføringen inn mot turbin aldri over 20 % av totalvannføringen. Basert på disse beregningene vil det i år med høy elvevannføring ikke bli fanget smolt i sideløpet fordi de fleste vandrer over fossen. Dette er positivt for smoltoverlevelsen i elva, men vil begrense fangsten i fella. Vannføringen under smoltutvandringen varierer mye mellom år. Den generelle trenden er likevel at vannføringen avtar utover smoltutvandringstiden og etter hvert legger seg på et nivå hvor en forventer at smolt vil vandre mot kraftverksinntaket. En fremtidig utbygging av kraftverket vil medføre økt slukeevne og at forholdet mellom vannføring over fossen og mot inntaksområdet vil bli forandret. Et nytt sideløp etter en slik utbygging vil antagelig fange flere smolt, da den relative vannføringen inn mot kraftverket vil bli større enn i dag.

Det er dokumentert at rundt 80 % av smolten som kommer inn mot inntaksområdet vandrer ut sideløpet (Lamberg et al. 2012). Tiltaket ved Boenfossen er ikke optimalt utformet i henhold til dagens internasjonale råd. Årets undersøkelse var ikke utført med hensikt å dokumentere andelen av den utvandrende smolten som benyttet sideløpet, men vi observerte forhold som erfaringsmessig kan begrense bruken av sideløpet i forhold til turbinløpet.

Det ble påvist en god sammenheng mellom smoltutvandringstidspunkt og elvetemperatur i årene 2004-2011 og i 2013. Dette bør vektlegges i forbindelse med fastsettelsen av periodisk høyere kalkingsmål (pH-mål) i elva under smoltutvandringen. Det er ikke økologisk relevant å basere pH-målet på eksakte forhåndsbestemte datoer, slik det i mange tilfeller gjøres i dag. For et bedre økologisk og økonomisk resultat anbefales det derfor å undersøke sammenhengen mellom utvandringstidspunkt og miljøforhold i samtlige kalka elver, slik at en i større grad kan styre perioden med forhøyet kalkingsmål i forhold til tidsforløpet av smoltutvandringen.

# 1. Innledning

Den opprinnelige laksestammen i Tovdalselva døde ut rundt 1970 som følge av forsurening. Kalking av vassdraget har siden 1997 gitt god vannkjemi og grunnlag for oppbygging av en ny laksestamme (Hesthagen 2010). For å styre reetableringen en ny laksestamme i Tovdalselva ble det plantet ut lakserogn i elva. Det ble brukt donorfisk fra Storelvastammen. Målsetningen var å etablere en ny laksestamme som liknet genetisk på den som fantes opprinnelig. I perioden 2000-2009 ble det lagt ut ca. 2,6 millioner befruktede rogn og 6750 settefisk. Rogna hadde høy overlevelse frem til klekking, men likevel har etableringen av en ny laksestamme gått seinere enn hva en kunne forvente gitt erfaringer fra andre kalkede elver i regionen. Hittil har fangstene ligget rundt 1 650kg, mens det historisk ble fanget 6 000 til 10 000 kg årlig.

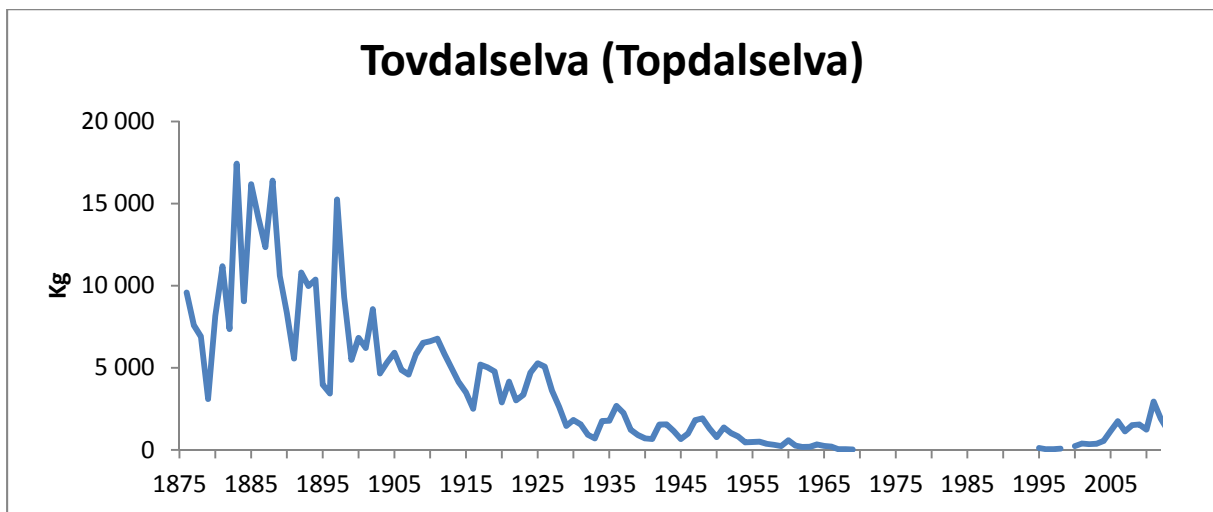
Da prosjektet «Reetablering av nye laksestammer på Sørlandet» ble avsluttet i 2010 ble det konkludert med at vannkjemien i Tovdalselva tilfredsstilte laksens krav til vannkvalitet, men at bestanden av gytelaks ikke økte like raskt som i Mandalsvassdraget (Hesthagen 2010). Det er lansert flere hypoteser for hvorfor reetableringen har gått seint, men få av dem har blitt testet. Når man ikke kjenner antall smolt som utvandrer fra vassdraget og returnerer som voksen gytefisk er det vanskelig å konkludere om den lave fangsten skyldes; populasjonsbegrensende faktorer i ferskvann som forårsaker lav smoltutvandring, unormalt høy dødelighet under smoltutvandringen, forhold i havet som bidrar til at få fisk returnerer, høy feilvandring, eller om lav fangst skyldes at det fiskes lite i forhold til det totale innsiget. I reetableringsprosjektets ble det gjort forsøk på å kvantifisere dette med kjemisk merking av egg, men metoden viste seg ikke å gi tilstrekkelig robuste data.

Det jobbes i dag for en videreføring av reetableringsprosjektet. Mens det «gamle» Reetableringsprosjektet hadde som hovedhensikt å få fisken tilbake til elvene og gjøre forholdene levelige for laks, er det nå tatt initiativ til et nytt Reetableringsprosjekt som skal fokusere mer på hvordan vi kan øke det høstbare overskuddet til et nivå som er i nærheten av hva man hadde på slutten av 1800-tallet. Dette nivået er ikke entydig definert og vil også avhenge av forhold utenfor vassdraget som innvirker på smolt til voksen overlevelse. Til tross for slike begrensinger er det et mål å sikre at smoltutvandringen skal være nær naturtilstanden. Dette vil være i tråd med vannforskriftens krav til økologisk status og også være i henhold til naturmangfoldlovens intensjoner.

Dette pilotprosjektet hadde som hensikt å etablere en effektiv felle for fangst og merking av nedvandrende smolt. Årlig merking av smolt og beregning av utvandrende smoltbestand og sjøoverlevelse vil kunne brukes til å teste fremsatte hypoteser om hvorfor laksefangstene i Tovdalselva er lavere enn forventet.

## 2. Områdebeskrivelse

Tovdalselva har et nedbørfelt på 1885 km<sup>2</sup> som gir en middelvannføring på 65m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> ved utløpet til Topdalsfjorden. Lakseførende strekning er omtrent 45,5 km opp til øvre deler av Herefossfjorden. Kalking av vassdraget ble satt i gang i 1996. Tovdalselva hadde tidligere høye fangster av laks, men den opprinnelige laksestammen døde ut rundt 1970 som følge av forsurening (**Figur 1**). Kalking av vassdraget har siden 1997 gitt god vannkjemi og grunnlag for oppbygging av en ny laksestamme. Fangstene har økt, men er ikke på nivå med de historiske fangstene.



**Figur 1.** Laksefangster i Tovdalselva (1876-2012).

### 2.1 Boenfossen

Boenfossen ligger 7,5 km fra elvemunningen og betegnes som et temporært vandringshinder for oppvandrende laks og sjøaure, ved at fisken har problemer med å passere ved vannføringer over 10 til 12 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (Lamberg 2002; Lamberg 2003; Saltveit 1984). For å bedre forholdene for oppvandrende fisk ble det bygget en laksetrapp i september 2003 (Lamberg 2003). Vannføringen i trappa ble økt i 2011 og videoovervåking av oppvandrende gytefisk i laksetrappa ble igangsatt.

På østsiden av fossen ligger Boenfoss kraftverk (**Figur 2**). Turbinene som i dag brukes ble installert i 1915. Kraftverket utnytter et fall på 13 meter og har en maksimal slukeevne på 16,7 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Det var i utgangspunktet tre turbiner, men bare to har vært i drift de senere årene. Kraftverket har siden da kunnet utnytte inntil ca. 10 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Våren 2013 var kun en turbin i drift med en videre begrensning av slukeevne ned mot 5 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Normalt vannforbruk (alle tre turbiner i drift) utnytter kraftverket ca. 26 % av midlere vannføring i Tovdalselva og typisk 30-40 % av vannføringen under smoltutvandringen om våren.

Det har lenge vært kjent at smolt kan vandre gjennom kraftverk ved Boen, og at dødeligheten er høy som følge av slagskader fra turbinen. Reguleren har derfor stanset kraftverket når det ble observert smolt i inntaksområdet for å unngå at disse gikk inn i turbinen. Observasjoner av smolt i dette området gjøres av lokale.



Hovedsakelig følger vandrende smolt hovedvannstrømmen nedover elva. Når denne er delt mellom vann over Boenfossen og vann inn til kraftverket vil fisk kunne benytte begge vandringsruter. Andelen vann som går gjennom kraftverket i forhold til fossen vil antagelig være avgjørende for om smolten ledes inn mot turbinen eller vandrer over fossen.

Kraftverket henter vann fra et lite inntaksbasseng og en varegrind (60mm lysåpning) hindrer større gjenstander å komme inn i turbinen. Det ble laget et sideløp på vestsiden av varegrinda i 2011, for at smolten skulle kunne unngå turbinløpet. Videoovervåking har dokumentert at nedvandrende smolt og vinterstøing benytter dette løpet (Lamberg et al. 2012). Utslaget til kraftverket er på østsiden av laksetrappa.



**Figur 2.** Boenfossen med kraftverksgate (rød pil) og laksetrapp (lys blå strek) (Norge i bilder).

## 3. Fangstinnretning

### 3.1 Valg av fangstmetode

Det kan brukes ulike fangstmetoder for innsamling av fisk til merking. Vi har lagt vekt på følgende kriterier:

- Fange smolt
- Fange fisk på vandring
- Fange stort antall fisk gjennom utvandringsperioden (1000-5000stk.)
- Høy fangsteffektivitet over en lengre periode (3-4 uker)
- Fiskevennlig/Skånsom
- Driftssikker

Ut fra dette har vi valgt en Wolffelle-løsning (Wolf 1951). En kort argumentasjonen for de ulike fellene er gitt i underkapitlene.

#### 3.1.1 El-fiske og elfiskebåt

Vi har valgt å utelukke tradisjonelt el-fiske og el-fiskebåt da disse metodene vil være tidkrevende om en ønsker et stort antall fisk. Fangstmetoden bør også kunne fange fisk daglig over en periode på 2-3 uker og være operativ i to måneder, for å identifisere start og slutt på utvandringsforløpet. Tidspunktet for smoltutvandring vil variere fra år til år, blant annet knyttet til variasjon i temperatur og vannføring. Samtidig vil det alltid knytte seg tvil til om el-fisket fisk er «på vandring». Høy vannføring om våren vil også begrense fangsteffektiviteten.

#### 3.1.2 Modifisert storruse og river fishlift

Det ble brukt en modifisert storruse for fangst av smolt i Tovdalselva i forbindelse med Reetableringsprosjektet i perioden 2004-2009 (Hesthagen 2010). Det ville derfor vært interessant å fortsette denne serien med lik metode for å sammenligne fangstene over en lengre periode. Likevel er fangsttallene for perioden antagelig for lave (<500 laksesmolt årlig) for å oppnå gode tall for sjøoverlevelse. Erfaringsmessig kan også riverfishlift (RFL), storruse og andre fellere som bruker nøter i vannstrømmen være skadelige for smolt (Ugedal et al. 2013). Vi ønsket en felle som er skånsom mot smolten. Smoltifiseringsfasen og nedvandringen i elva er en svært sårbar fase i laksens livssyklus. Håndtering og masking kan blant annet føre til skjelltap som igjen fører til en dårligere osmotisk kapasitet i saltvann. Installasjoner som dette krever rensing av nettet daglig eller oftere om det er mye driv i elva, og den er dessuten svært utsatt for flom.

#### 3.1.3 Smolthjul

Våre erfaringer er at smolthjul er mer skånsom mot smolten enn RFL og storruse, men kan likevel være skadelig om strømhastigheten blir for høy. Smolthjul fanger i en begrenset del av vannsøylen, men ved en ideell plassering kan en oppnå en fangsteffektivitet opp mot 20 % (Kroglund et al. 2011). Her vil plasseringen av fella være nøkkelen til høy fangsteffektivitet. Det ideelle er å finne et sted der vannstrømmen samles slik at den utvandrende fisken presses sammen over et så lite vannvolum som mulig. Hovedstrømmen vil treffe rett inn i åpningen av fella uten at strømhastigheten blir så høy at smolten skades. Strømhastigheten må likevel være så høy at smolthjulet drives rundt. I strømsvake

områder kan en likevel få til fangst om smolthjulet påmonteres motor slik at skovlebladene roterer uavhengig av vannhastigheten. Likevel vil antagelig fangsteffektiviteten avta i et slikt tilfelle da smolten vil kunne unngå fella relativt enkelt.

Smolthjulet fanger fisk i en kvadratmeter av vannsøylen, og kun fra overflaten og en meter ned. Denne «fangståpningen» kan økes om en setter opp ledegarn i sidene og eventuelt ned mot bunnen. Da kan fangsteffektiviteten økes opp mot 60 %. Ved påmontering av ledegarn kan en samtidig støte på de samme problemene som ved storruse og RFL ved at noe smolt vil kunne få skjellskader om den kommer i kontakt med eller blir presset mot denne ved høye strømhastigheter. Ledegarn er tidkrevende å sette opp og tidkrevende å drifte og er sårbar for flom. Fangsttall fra Storelva tyder også på at fangsteffektiviteten i et smolthjul avtar utover smoltutvandringsperioden og at vannføringen påvirker fangsteffektiviteten (Kroglund et al. 2011).

### 3.1.4 Wolffelle

Det er ønskelig å fange så mye smolt som mulig. Ved bruk av en Wolffelle kan en ved en ideell plassering fange all nedvandrende fisk. I en elv som Tovdalselva med middelvannføring på  $65 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  er dette urealistisk. Konstruksjonen vil bli for stor og kostbar. Likevel kan en ved å bruke deler av elva, der smolten vandrer, fange all fisk som passerer innenfor dette elvesegmentet. Utfordringen er å finne et slikt område.

Vi har svært gode erfaringer med Wolffeller på Fosstveit (Storelva) og Rygene (Nidelva) i 2013 (upubliserte data). Første gang systemet settes opp, må det på lik linje med de andre fangstinnretningene beregnes en del etableringskostnader. Fordelen med Wolffella er at den enkelt kan benyttes år etter år uten store nye investeringer, og når fella først er på plass har den lave driftskostnader.

Ved å bruke ulike lysåpninger i rista kan en også «sortere ut» større fisk (vinterstøinger) og fange disse i et eget kar. Fangsteffektiviteten til fella er relativt konstant, men om en ikke dekker hele elveavsnittet vil fordelingen mellom fisk i den fangbare og ikke-fangbare delen av elva variere. Den største utfordringen med en slik felle er å finne en egnet lokalitet.

## 3.2 Valg av fangstlokalitet

Smolten følger hovedvannstrømmen nedover elva og oppholder seg som oftest i de øvre vannlag (Ugedal et al. 2013). For å oppnå en høyest mulig fangsteffektivitet på Wolffella er det ønskelig å sette den opp i et område der deler av elva føres bort (uten fisk) mens den resterende delen går over Wolffella. Videre er det ønskelig å plassere fella så nær elvemunningen som mulig slik at vi ikke har høy produksjon av smolt nedstrøms fella.

I Tovdalselva er Boenfossen en egnet lokalitet for fangst av smolt. Her går en del av vannstrømmen inn mot kraftverket, mens det overskytende vannet renner over fossen. Vannfordelingen mellom disse to løpene vil variere med vannføring og drift av kraftverket. Under normale forhold om våren, vil 30-40 % av vannet gå turbinløpet (**Figur 11**). Selv om vi har en 60/40 fordeling av vann mellom de to ulik løpene er det ikke gitt at vi har en 60/40 fordeling av fisk mellom de to løpene. Fossebrettet med terskler og rask akselererende vannhastighet kan virke mindre forlokkende på en nedvandrende fisk sammenliknet med en mer jevn strøm inn mot kraftverket. Samtidig vil høy vannføring føre til at vannstrømmen ut fossen vil være totalt dominerende i forhold til vannstrømmen inn mot kraftverket. Uten grundige atferdsstudier blir dette kun spekulasjoner. I neste steg går hovedmengden av vannet i inntaksdammen gjennom turbinløpet, mens en mindre andel av vannet går ut et sideløp i damkronen.

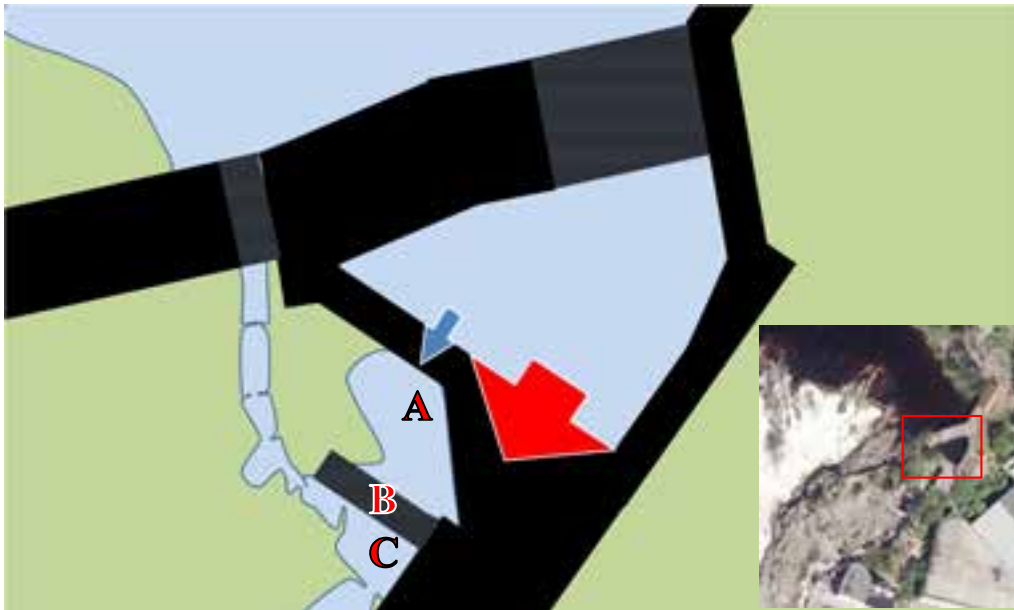
Tidligere studier har vist at nedvandrende fisk vil vandre inn mot kraftverkinntaket (n=5134, Lamberg et al. 2011) og rundt 80 % vil vandre ut sideløpet.

Ved å fange smolt ut sideløpet unngår man å håndtere store vannvolumer. Nøkkelen er likevel å «skille ut vann» i forkant, over fossen og gjennom turbinen, uten at smolten velger disse rutene. Denne løsningen ble utprøvd i form av et pilotforsøk våren 2013.

## 4. Wolffella i sideløpet

### 4.1 Plassering

Sideløpet munner ut i et «basseng» (heretter kalt sideløpsbassenget), som har vært brukt til å samle opp driv foran varegrinda (**Figur 3** og **3**). Sideløpsbassenget munner ut i laksetrappas øvre del (ca. 4 trinn fra toppen). I enden av bassenget er det en gangbro, ca. 2m over bunnen av bassenget. I pilarene til gangbroa er det støpt inn H-bjelker slik at det er mulig å demme opp sideløpsbassenget. Det er en svak helling fra sideløpets bunnivå til sideløpsbassengets bunnivå, videre er det et fall på omtrent 10-20cm fra sideløpsbassengets bunnivå til vannhøyden i laksetrappkulpen. Uten oppdemming er det ikke tilstrekkelig fall til å lage en felle med oppsamlingskar i direkte tilknytning til sideløpet. Ved relativt høy vannstand over sideløpet vil også vanntrykket ut av sideløpet være så kraftig at det blir vanskelig å håndtere og antagelig skadelig for smolt. Vi valgte derfor å demme opp sideløpsbassenget for å ha mulighet til å lage en vannavskiller og samtidig gi fisken mulighet til å møte et vannvolum etter å ha passert sideløpet, slik at eventuelle slagskader blir minimert.



**Figur 3.** Oversiktsskisse over inntaksområdet til kraftverket i Boenfossen med sideløp (blå pil), turbininntaket (rød pil), sideløpsbassenget (A), bru med mulighet for oppdemming (B) og laksetrapp med trinnet der sideløpsbassenget munner ut (C).

## 4.2 «Vandringskonflikt» i laksetrappa

Da laksetrappa ble bygget hadde den i utgangspunktet for lav vannføring for å fungere optimalt. Oppvandrende fisk hadde problemer med å finne inngangen fordi det antagelig var andre mer «attraktive» vannstrømmer i hølen nedenfor fossen (fosseløpet samt kraftverksutslaget). Ved å slippe vann fra det nyetablerte sideløpet kunne vannføringen i laksetrappa økes i 2011. Dette synes å ha økt trappas effektivitet. Variasjon mellom å drifte kun sideløpet, original trapp og begge samtidig har vært praktisert som oppvandringsløsning de senere år (K. Severintsen pers med.). Variasjon i elvevannføring har vært styrende for vannbruken i trappa. Wolffella vil stenge for oppvandring gjennom sideløpet og vil samtidig kreve relativt konstant vannslipp. Oppvandrende fisk vil derfor bare kunne benytte den opprinnelige trappa, men med vannslipp fra både sideløpet og trappa. Vi ser likevel ikke behovet for at begge oppvandringsveiene (original trapp og sideløp) bør være i drift under smoltutvandringsperioden om våren siden det er få oppvandrende fisk i denne perioden. Skulle det likevel vise seg å være et problem, vil det være relativt enkelt å plassere en luke i den oppstemte delen av sideløpsbassenget slik at det kan åpnes for oppvandring i perioder.



**Figur 4.** Øverst: Sideløpsbassenget sett fra sideløpet med smoltutvandringshull (forutsetter at hele sideløpsbassenget er oppdemt) og to ulike veier for oppvandrende fisk. Nederst: Oppdemming av sideløpsbassenget med Wolffelle, sideløpet i høyre bildekant (Foto: T. Haraldstad).

### 4.3 Wolffella og fangstkar

Prinsippet bak en Wolffella er at vannet renner gjennom en rist, mens fisken forblir oppå rista og sluses videre til et oppsamlingskar. I dette tilfelle var det et ønske om at det kun ble fanget smolt og at større fisk (vinterstøinger) ble skilt fra. Vinterstøinger og smolt i samme oppsamlingskar kan føre til at smolten blir stresset. Erfaringsmessig kan ørretstøinger predatere på smolt under slike forhold. En grov rist (50mm lysåpning) ble lagt på toppen av den fine risten (10mm lysåpning) for å unngå dette problemet. Fra den nederste rista gikk det et rør til et oppsamlingskar for smolt. Det gikk litt vann i røret slik at smolten kunne vandre mot karet samtidig som karet til enhver tid fikk tilført frisk vann. Vanddybden i karet var 30-40cm, og ble holdt stabil pga. dreneringshull i karet. Det ble lagt netting over karet for å unngå at fisken hoppet ut samt at fugl og mink spiste smolt.



**Figur 5.** Sideløpsbassenget ble demt opp slik at en hadde nok fall ned mot laksetrappa (øverst V.). Wolffella hadde to rister, den øverste er bredspilet slik at smolten passerer gjennom, mens vinterstøingene passerer over (øverst H.). Fra wolffella gikk det en slange til oppbevaringskar for smolt (nederst) (Foto: T. Haraldstad).

## 5. Metoder

Vannføring i Tovdalselva er hentet fra NVE stasjon, Flaksvann (NVE-Flaksvann Nr:20.3.0). Vanntemperatur og lysintensitet (LUX) ble målt med logget (HOBO Pendant®) plassert mellom fossen og øverste trinn i trappa på 30-50 cm dyp (variere med vannføring i elva). I tillegg er det brukt temperaturmålinger 1998-2013 fra driftskontrollens stasjon ved Boen (Høgberget 2013 mfl.).

Vannføring i trappa og sideløpet er målt med saltfortynningsmetoden, ved å tilføre en kjent mengde salt (NaCl) i vannet og måle konsentrasjonen nedstrøms. Vi antar en god innblanding av salt gjennom flere trinn i laksetrappa.

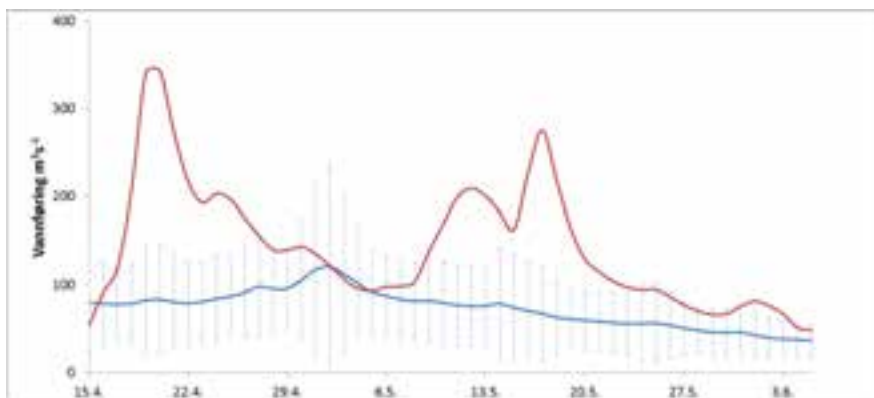
Fella og smoltkaret ble satt i drift 22.05, ettersett daglig og stengt 06.06. Smolt ble bestemt til art, lengdemålt og satt ut i laksetrappa. Tidspunkt for smoltutvandring er hentet fra reetableringsprosjektets rapporter (Hesthagen 2010) samt Lambergers videoovervåking (Lamberg et al. 2012).



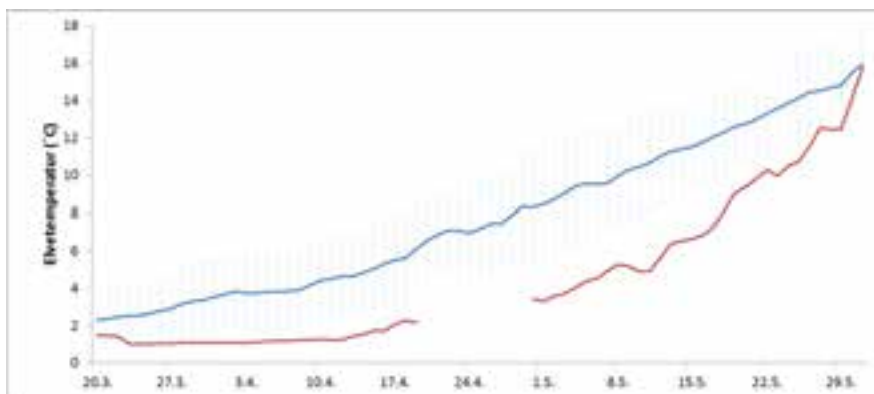
## 6. Resultat

### 6.1 Vannføring og temperatur våren 2013

Det var høy vannføring gjennom hele våren og over «normalen» under nesten hele feltperioden (**Figur 6**). Det er vanlig med flomtopper i Tovdalselva om våren, men vårens siste flomtopp (opp mot  $300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ) kom seint og i en periode hvor vannføringen normalt er avtagende. Vanntemperaturen hadde som forventet en jevnt stigende tendens, men temperaturøkningen kom svært seint sammenliknet med foregående år (**Figur 7**). Basert på vanntemperaturmålinger fra 1998-2013 var våren 2013 den klart kaldeste (**Figur 9**). Temperaturmålingene øverst i laksetrappa viser samme tendens, men det er likevel interessant å se hvordan solinnstrålingen påvirker temperaturvariasjonen gjennom døgnet og hvordan temperaturstigningen stopper opp i tre dager uten høy lysintensitet (**Figur 8**).



**Figur 6.** Vannføring i Tovdalselva våren 2013 (rød) med gjennomsnittlig vannføring i årene 1990-2013 (blå) med ett standardavvik (NVE-Flaksvann Nr:20.3.0).



**Figur 7.** Elvetemperatur i Tovdalselva våren 2013 (rød) med gjennomsnittlig vannføring i årene 1998-2013 (blå) med ett standardavvik (Høgberget 2013 mfl.).

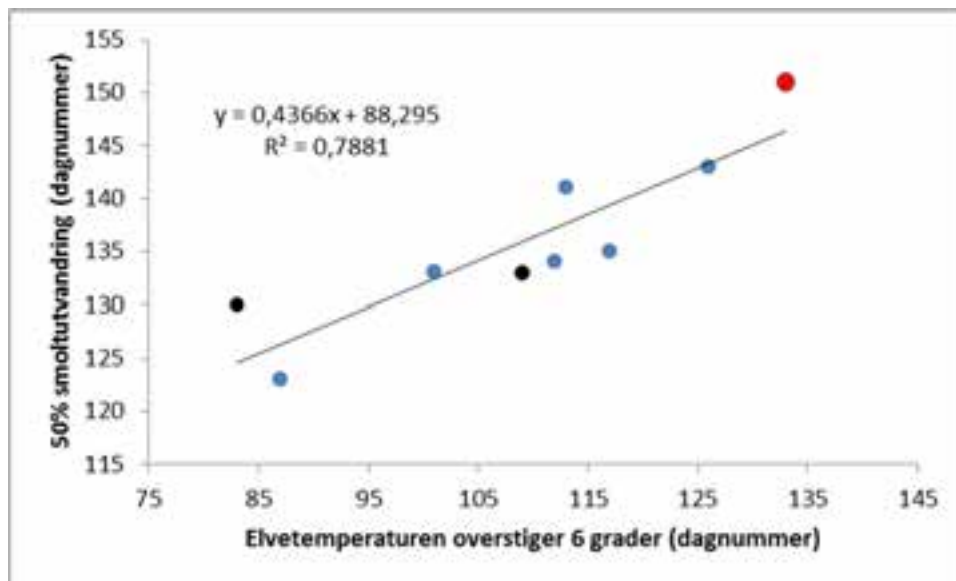


## 6.2 Smoltutvandring ved Boenfossen

Det ble fanget totalt 19 laks og 3 ørret i wolffella i 2013 (**Tabell 1**). Dette er svært få smolt sammenliknet med observerte smoltpasseringer i 2011 (Lamberg et al. 2012). Det er en god sammenheng mellom elvetemperatur og smoltutvandringstidspunkt for årene 2004-2011, samt årets data (**Figur 10**). En kald vår gir seg utslag i et senere smoltutvandringstidspunkt. Det er i gjennomsnitt 27 (+-10) dager fra elvetemperaturen passerer 6 °C til 50 % smoltutvandring er passert. Basert på regresjonslinja er det ikke usannsynlig at 50 % smoltutvandring kunne ha blitt passert 4-5 dager tidligere. Svært høy vannføring (over 300m<sup>3</sup>/s) i denne perioden gjorde det uforsvarlig å jobbe i elva.

**Tabell 1.** Daglig fangst og lengde av laks- og ørret smolt i Wolffella i sideløpet 2013

Dato	Laks	Gjennomsnittslengde (mm)	Ørret	Lengde (mm)
21.05.2013				
22.05.2013				
23.05.2013				
24.05.2013				
25.05.2013				
26.05.2013	2	140	2	125
27.05.2013	2	135		
28.05.2013	2	140		
29.05.2013				
30.05.2013			1	220
31.05.2013	10	131		
01.06.2013	1	115		
02.06.2013				
03.06.2013				
04.06.2013	2	125		
05.06.2013				
06.06.2013				
Sum	19		3	
Gjennomsnitt	1,1	133	0,2	157

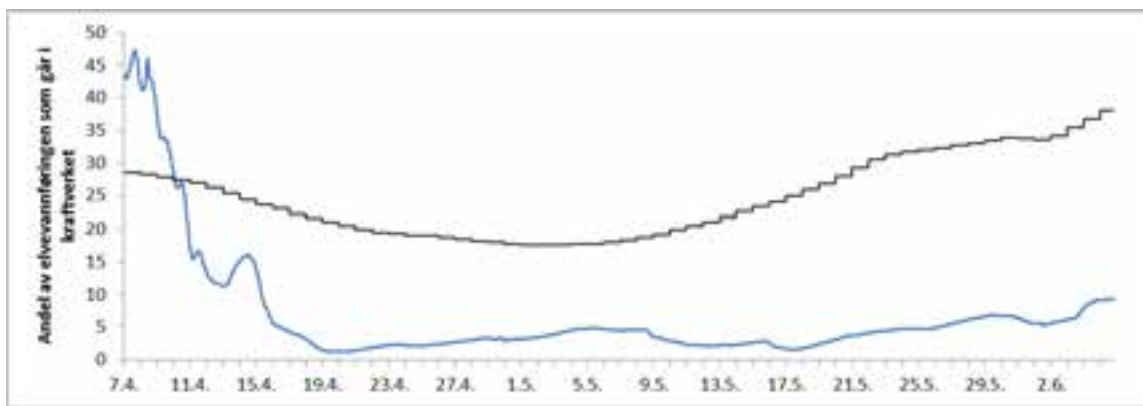


**Figur 10.** Sammenhengen mellom utvandringstidspunkt og elvetemperatur for storruse (2004-09, blå), videoovervåking Boenfossen (2010-11, svart) og årets smoltundersøkelser i sideløpet (rød).

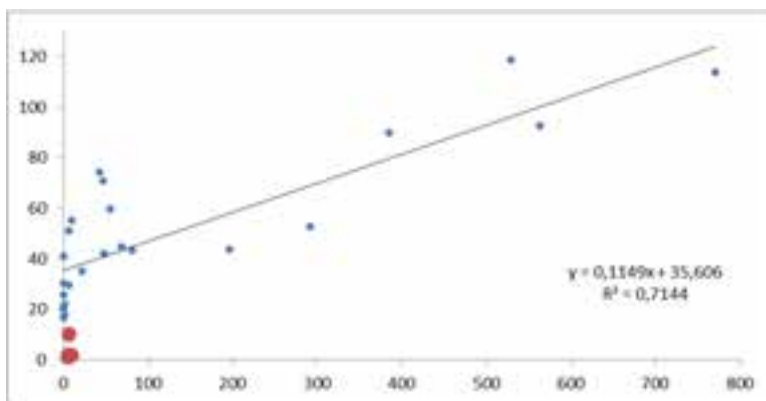
### 6.3 Vannfordeling mellom hovedelva og kraftverket

Høy vannføring i elva førte til at den relative vannføringen inn mot kraftverket ble svært lav (**Figur 11**). Under normale forhold vil i området 30-40 % av ellevannet ledes inn mot turbinen. Under feltperioden ble under 10 % av vannet ledet mot turbinen. Liten relativ vannføring inn mot turbinområder kan føre til at hovedandelen av smolten vandrer over fossen og ikke inn mot inntaksområdet til turbinen. Det er en god sammenheng mellom relativ turbinvannføring og antall smolt i inntaksområdet (**Figur 12**, modifisert etter Lamberg et al 2012). Vi fikk svært få smolt i 2013, men det var også svært lav relativ turbinvannføring.

Ser en på de siste 10 års vannføringsdata, er den generelle tendensen at den relative vannføringen inn mot inntaksområdet øker utover våren (**Figur 11** og **Figur 13**).



**Figur 11.** Andelen av ellevannføringen som blir brukt av kraftverket våren 2013 (blå) og for medianvannføring (1971-2000, svart). Beregningene er gjort ut fra maksimal slukeevne  $16\text{m}^3/\text{s}$  for medianvannføring, mens det i 2013 kun ble driftet en turbin (slukeevne  $4,5\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ).



**Figur 12.** Sammenhengen mellom relativ vannføring i kraftverket og daglig antall smolt i 2011 (blå) og 2013 (rød) (modifisert fra Lamberg et al 2011)



## 7. Diskusjon

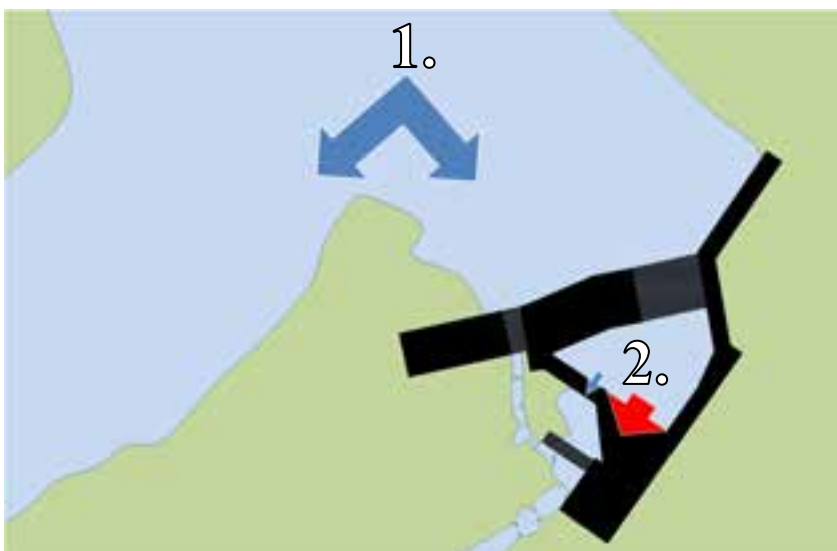
### 7.1 Wolffella

Vi har etablert en fangstfelle ut av sideløpet ved Boenfossen. Om Wolffella lages noe bredere og lengre vil en kunne drifte denne med en sideløpsvannføring på omkring 500-600 l/s. En kan i tillegg skille ut vann i selve oppdemmingen som vil gi rom for videre øking av sideløpsvannføringen. Wolffella vil antagelig fange nær all smolt som vandrer gjennom sideløpet. Sideløpet bør tilføres ca. 5 % av turbinvannføringen for å fungere best mulig.

Utskilling av vinterstøinger i den øverste grove rista er utprøvd også i Storelva. Fordelen med en slik patent er at tilførselsrøret frem til oppsamlingskaret ikke trenger å ha en stor diameter, samtidig som vinterstøinger og smolt ikke trenger å oppholde seg i samme kar. Ulempen med en slik grov rist er at smolt som nedvandrer på skrå av vannstrømmen kan unnsnippe. Dette har hendt i Storelva, men antallet er ubetydelig i forhold til det som passerer gjennom. Ved Boen var et par av smoltene døde i oppsamlingskaret. Det er usikkert hvorfor, men avstanden fra den øverste rista til den nederste rista kan ha vært for stor, slik at smolten kan ha fått slagskader i det den traff den smaltspilede nederste risten. Dette kan løses ved å øke fallet på denne risten, eventuelt gjøre en utskilling av vinterstøinger på et senere tidspunkt, f. eks ved selve oppsamlingskaret.

### 7.2 Rutevalget til smolten er den største utfordringen

Utfordringen ved smoltfangsten ved Boenfossen er å få smolten til å vandre ut sideløpet. Under nedvandring over Boen kan den velge mellom tre ulike nedvandningsveier; fossen, kraftverket og sideløpet. Vi deler veivalgene inn i to faser: (1.) Fossen vs. kraftverksinntaket og (2.) turbinløp vs. sideløp (**Figur 14**). Det er viktig å presisere at ut fra et tiltaksperspektiv, er det antagelig best for smolten å vandre over fossen dernest gjennom sideløpet og ruten med lavest overlevelse er gjennom turbinløpet. I denne undersøkelsen er det likevel ønskelig at flest mulig smolt vandrer inn mot kraftverket og ut sideløpet slik at de kan fanges i fella.



**Figur 14.** Oversiktsskisse over Boenfossen og inntaksområdet til kraftverket med smoltens to sentrale «veivalg» Fossen vs. kraftverksinntaket (1.) og turbinløp vs. sideløp (2.).

### **Fossen vs. kraftverksinntaket**

Det er en god sammenheng mellom relativ turbinvannføring og antall smolt i inntaksområdet. Det er først ved en turbinvannføring på 30-40 % av totalvannføringen i elva at smolten vandrer inn mot kraftverket. I 2013 var den relative vannføringen inn mot turbin aldri over 20 %. Basert på disse beregningene vil det i år med høy elvevannføring ikke bli fanget smolt i sideløpet fordi de fleste vandrer over fossen. Dette er positivt for smoltoverlevelsen i elva, men en felle i sideløpet vil ha lav fangsteffektivitet.

Vannføringen under smoltutvandringen varierer mye mellom år. Den generelle trenden er likevel at vannføringen avtar utover smoltutvandningsperioden og etterhvert kommer ned på et nivå hvor en forventer at smolt vil vandre inn mot inntaksområdet. Spesielt i de senere år har dette vært tilfelle. En joker er også hvor mye vann kraftprodusenten kjører gjennom turbinene. I 2013 ble det kun kjørt med én turbin, mens det i andre år har vært kjørt med to eller tre. Kraftprodusenten ved Boen har også, i år med lav vannføring, stoppet kraftproduksjonen i dager med stor smoltutvandring. Dette er et godt tiltak, men vil samtidig begrense fangsten av smolt ut sideløpet.

Det er sendt en konsesjonssøknad fra Boen kraft til Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) om utvidelse av eksisterende anlegg med øking av produksjonskapasiteten. En utbygging vil medføre økt slukeevne og forholdet mellom vannføring over fossen og mot inntaksområdet vil bli forandret. Et nytt sideløp etter en slik utbygging vil antagelig fange flere smolt, da den relative vannføringen inn mot kraftverket vil bli større enn i dag.

### **Turbinløp vs. sideløp**

Det er dokumentert at omkring 80 % av smolten som kommer inn mot inntaksområdet vandrer ut sideløpet (Lamberg et al. 2012). Dette var også hensikten da sideløpet ble laget i 2011. Tiltak for å lede fisk forbi kraftverk bygger på noen grunnleggende prinsipper (DWA 2005; Larinier and Travade 2002). Fisken må uten å skades, hindres fra å komme inn i området assosiert med økende risiko for skade, f.eks. et turbininntak. Her er varegrinda avgjørende. Denne kan, men trenger ikke ha egenskaper som hindrer utvandring. Hvis lysåpningen er mindre enn fiskens bredde vil fisken være fysisk hindret fra å passere. Hvis varegrinda har større lysåpning enn fiskens bredde vil den fungere som en atferdssperre, inntil avstanden blir så stor at fisken i økende grad ignorerer varegrinda. Vannhastigheten inn mot varegrinda må heller ikke være så høy at fisken suges fast. Kritisk vannhastighet er ikke bestemt for villsmolt av Atlantisk laks, men angis ofte til å være i området 20 til 50 cm/s (Larinier and Travade 2002; Turnpenny et al. 1998). Varegrinda, sammen med de hydrauliske forholdene som etableres, har som formål at fisken oppkonsentreres på ett avgrenset område. Anadrom fisk vil oppkonsentreres mot overflaten av vannsøylen og ofte på den ene siden av inntakskanalen.

Neste trinn er å lede fisken bort fra problemområdet. Fisken må enten tvinges eller tiltrekkes inn mot og deretter gjennom en struktur som leder den uhindret/uskadet forbi problemområdet. Dette vil ved Boen være gjennom sideløpet og videre nedover laksetrappa til hovedelva. Tre viktige elementer ved et sideløp er:  $Q_s/Q_t$  (Forholdet mellom sideløpsvannføring og turbinvannføring), sideløpets plassering og sideløpets form.

For at et nedvandringstiltak skal fungere optimalt må alle del-elementene fungere. Hvis et av delelementene er mindre optimalt løst, vil andelen fisk som benytter tiltaket bli kraftig redusert. En liten feil vil dermed kunne medføre at tiltaket ikke gir forventet økologisk effekt (Coutant and Whitney 2000; Gosset and Travade 1999; Larinier and Marmulla 2004). Dette kan rettes opp ved det aktuelle delelementet eller kompenseres ved å øke effekten ved de andre delelementene.

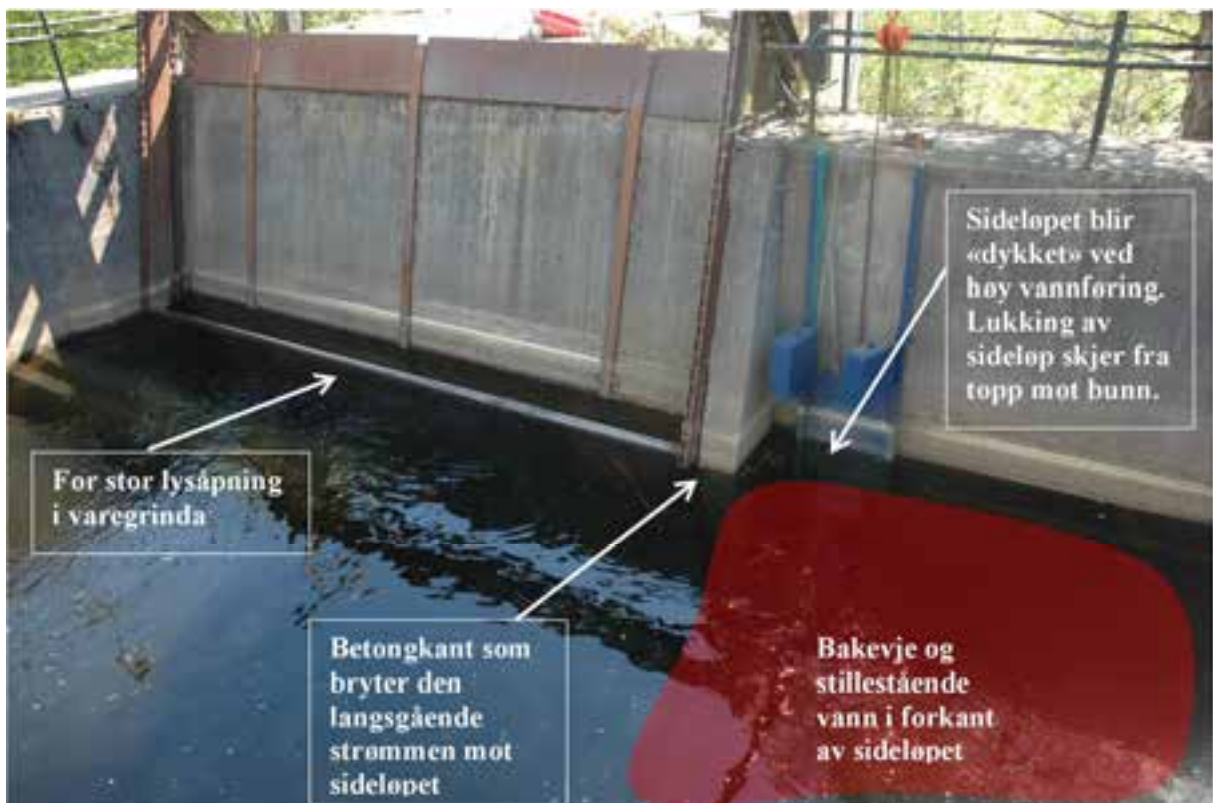
Tiltaket ved Boen er ikke optimalt utformet i henhold til dagens internasjonale råd. Tiltaket, slik det ble utprøvd i 2011 fungerte godt. Det må presiseres at årets undersøkelse ikke var utført med hensikt å dokumentere andelen av den utvandrende smolten som benyttet sideløpet. Vi observerte likevel forhold som kan og erfaringsmessig begrenser bruken av sideløpet i forhold til turbinløpet (**Figur 15**).

Varegrinda ved Boen har en lysåpning på 60mm. Den fungerer dermed som en fysisk barriere for vinterstøinger over omtrent 60 cm og atferdsbarriere for fisk under denne lengden med en avtagende barriereeffekt etter hvert som fiskelengden avtar. Med andre ord, smolt vil enkelt kunne vandre gjennom varegrinda med mindre de hydrauliske forholdene er gode og leder smolten mot sideløpet.

Det er en utstikkende betongkant mellom varegrinda og sideløpet. Dette fører til at den langsgående strømmen fra varegrinda mot sideløpet blir brutt og det dannes en bakevje med relativt stillestående vann ved inntaket til sideløpet. Dette er ikke gunstig. Det er også flere observasjoner av smolt som blir stående i denne uten å vandre mot sideløpet (K. Severinsen, pers med).

Ved høy vannføring i hovedelva stiger vannhøyden i inntaksbassenget. Vannhøyden er da over sideløpets høyeste punkt. Sideløp for smolt bør plasseres i overflaten (Larinier and Travade 2002). Det er ikke alltid behov for at sideløpet åpnes fullstendig. Det er i mange tilfeller nok at sideløpet tilføres i området 4-5 % av turbinvannføringen. Sideløpet lukkes fra toppen mot bunnen og en delvis lukking av sideløpet vil føre til at det blir dykket mer. Vi anbefaler derfor at sideløpet høyde økes noe og at det lukkes fra bunnen.

Det er også ål i Tovdalselva. Ålen er oppført på rødlista som kritisk truet. Blankålen vandrer mot havet hovedsakelig om høsten. Det bør etableres et sideløp også for ål ved kraftverksinntaket. Erfaringsmessig bør dette plasseres nær bunnen. Det er ikke usannsynlig at blankål kan vandre ut dagens sideløp, men dette bør undersøkes nærmere.



**Figur 15.** Inntaksområdet til turbinen med sideløpet i damkronen og mulige elementer som begrenser fiskens bruk av sideløpet (Foto: T. Haraldstad).



### **7.3 Smoltutvandring i Tovdalselva**

Det er en svært god sammenheng mellom smoltutvandringstidspunkt og elvetemperatur. Denne sammenhengen er også dokumentert for andre elver i regionen. Det er i dag pH mål for alle kalkede laksevassdrag i Norge, og for de fleste elver er pH-målene ulike gjennom året. Under smoltifiserings- og utvandningsperioden er laksen svært følsom for forsurening, og pH målene er i denne perioden høye. For de fleste elvene i Agder er «smolt pH-mål perioden», 01.04-31.05. Det er ikke økologisk relevant å anvende eksakte datoer for smoltutvandring, fordi utvandringen varierer mellom år. Denne variasjonen tas det til en viss grad høyde for i dag, ved at målperioden ble forlenget våren 2013 på grunn av den observerte sene utvandringen av smolt i Storelva, Nidelva, Tovdalselva og Mandalselva. Det er ikke hvert år det foretas smoltundersøkelser i alle disse elvene. Sammenhengen mellom utvandringstidspunkt og miljøforhold bør undersøkes for samtlige kalka elver, slik at en i større grad kan styre perioden med forhøyet kalkingsmål i forhold til tidsforløpet av smoltutvandringen.

## 8. Referanser

- Coutant, C. C., Whitney, R. R. 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: a review. *Transactions of the American Fisheries Society* 129(2):351-380.
- DWA. 2005. Fish Protection Technologies and Downstream Fishways. Dimensioning, Design, Effectiveness Inspection. German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), Hennef.
- Gosset, C., Travade F. 1999. Devices to aid downstream salmonid migration: Behavioral barriers. *Cybio* 23(1):45-66.
- Hesthagen, T. (red). 2010. Etablering av nye laksestammer på Sørlandet. Erfaringer fra arbeidet i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking. DN-utredning 7-2010:106.
- Høgberget, R. 2013. Driftskontroll av kalkdoseringsanlegg i Tovdalsvassdraget - Avviksrapport 2012. NIVA rapport OR-6527. 21 s.
- Kroglund, F., Guttrup, J., Haugen, T. O., Hawley, K., Johansen, Å., Karlsson, A., Kristensen, T., Lund, E., Rosten, C. 2011. Samvirkning mellom ulike trusler på oppnåelse av gytebestandsmål for laks. Storelva i Holt som eksempel. NIVA rapport 6148-2011.71 s.
- Lamberg, A. 2002. Videoovervåking av laks og sjøaure under Boenfossen i 2002 - forholdet mellom fiskens atferd og vannføring. Lamberg Bio Marin Service.15 s.
- Lamberg, A. 2003. Videoovervåking av oppvandrende laks og sjøaure i Boenfossen, Tovdalsvassdraget, 2003. Lamberg Bio Marin Service. 26 s.
- Lamberg, A., Strand, R., Bjørnbet, S., Kroglund, F. 2012. Videoovervåking av kraftverksinntaket i Boenfoss i 2011.
- Larinier, M., Marmulla, G. 2004. Fish passes: types, principles and geographical distribution-an overview.
- Larinier, M., Travade, F. 2002. Chapter 13. Downstream migration: Problems and facilities. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture* (364):181-207.
- Saltveit, S. J. 1984. Fiskeundersøkelser i Tovdal. Del IV. En vurdering av den lakseførende del av Tovdalselva. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske. Oslo, 64. 27 s.
- Turnpenny, A. W. H., Struthers, G., Hanson, K. P. 1998. A UK guide to intake fish-screening regulations, policy and best practice. Contractors report to the Energy Technology Support Unit, Harwell.
- Ugedal, O., Kroglund, F., Barlaup B., Lamberg, A. 2013 Smolt – en kunnskapsoppsummering DN-utredning 2-2013. 128 s.
- Wolf, P. 1951. A Trap for the Capture of Fish and Other Organisms Moving Downstream. *Transactions of the American Fisheries Society* 80(1):41-45.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)