

Østfold Energi AS



Påvirkning av redusert vannføring på
fisk i Lærdalselva som følge av
Mørkedøla pumpeoverføring

RAPPORT

[Oppdragsnavn]

Rapport nr.: 2013-01	Oppdrag nr.: 173350	Dato: 2013.04.12
Kunde: Østfold Energi		
Påvirkning av redusert vannføring på fisk i Lærdalselva som følge av Mørkedøla pumpeoverføring		
Sammendrag: Sweco Norge AS har på oppdrag fra Østfold Energi AS blitt forespurt om å besvare Lærdal elveigarlag sine spørsmål til endrede fiskebiologiske forhold i Lærdalselva nedstrøms samløp Smeddalselvi/Mørkedøla. Denne rapporten belyser problemstillingene som er tatt opp av elveeierlaget. Under fremgår relevante problemstillinger med vurderinger: 1. Hvordan endret vanndekt areal påvirker oppvekstområder og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund og nedre deler? Det er lite kunnskapsgrunnlag til å konkludere hvorvidt vannstandsendingene kan ha virkninger for oppvekstarealene i Lærdalselva. Endringer som senker vannlinjenivået kan redusere oppvekstområdene i denne sonen, men hvilken betydning det har for rekrutteringen er uklar. Det er imidlertid små endringer volummessig, og i lys av naturlige variasjoner blir endringene ubetydelige. 2. Hvordan endret vanntemperatur påvirker oppvekstområder og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund og nedre deler? På bakgrunn av temperatursimuleringer av vannet fra Mørkedøla, er det liten sannsynlighet for at det kan bli vanntemperaturendringer som kan virke negativt for fiskeproduksjonen i Lærdalselva. 3. Hvordan redusert sommervannsføring (varmere vann fra Mørkedøla øker temperaturen i Lærdalselva) i Mørkedøla gir kaldere vann og endret fiskebett. På bakgrunn av temperatursimuleringer av vannet fra Mørkedøla, er det lite sannsynlig at frataket vil føre til temperaturendringer som påvirker fritidsfisket i Lærdalselva		
Rev.	Dato	Revisjonen gjelder
Utarbeidet av: Håkon Gregersen		Sign.: 
Kontrollert av: Frode Løset		Sign.: 
Oppdragsansvarlig / avd.: Frode Løset/Miljørådgivning		Oppdragsleder / avd.: Håkon Gregersen/Miljørådgivning

rap04n2 2008-01-23

Innhold

1	Forord	1
2	Innledning.....	1
3	Områdebeskrivelse	2
3.1	Tiltaksområdet	2
3.2	Lærdalselva geografisk oversikt.....	2
3.3	Fiskøkologisk status.....	2
3.3.1	Lærdalselva,- nasjonalt laksevassdrag	3
3.3.2	Litt om fisk i Lærdalselva	3
3.3.3	Gytefisk og fangst i Lærdalselva	4
3.3.4	Ungfisk og oppvekstområder	6
4	Tiltaksbeskrivelse og hydrologi.....	7
4.1	Kort om tiltaket	7
4.2	Relevant hydrologi	7
5	Virkninger av vannstand og vanntemperatur på ungfisk.	18
5.1	Vanntemperatur... en avgjørende parameter for overlevelse	18
5.2	Endra vanntemperturs påvirkning på oppvekstområde og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund og nedre deler av Lærdalselva.....	19
5.3	Påvirkning på fisket i nedre deler av Lærdalselva som følge av endra vanntemperatur.....	20
5.4	Generelt om endra vanddekt areals påvirkning på oppvekstområde og ungfiskproduksjon.	21
5.5	Endra vanddekt areals påvirkning på oppvekstområde og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund	22
5.6	Avbøtende tiltak	23
6	Konklusjon	23
7	Referanser.....	25

Vedleggsliste

Vedlegg 1

1 Forord

Sweco Norge AS har på oppdrag fra Østfold Energi AS blitt forespurt om å besvare Lærdal elveigarlag sine spørsmål til endrede fiskebiologiske forhold i Lærdalselva nedstrøms samløp Smeddalselvi/Mørkedøla. Denne rapporten belyser problemstillingene som er tatt opp av elveeierlaget.

2 Innledning

Østfold Energi AS (ØEAS) driver kraftverkene Borgund og Stuvane iht. tillatelse for Østfold Fylke til reguleringer og overføringer i Lærdalsvassdraget av, 7. oktober 1966. Det er bygget et tunnelsystem etter "takrenne-prinsippet" for å samle vann til Vassetvatn, som er inntaket til Borgund kraftverk. Dagens østoverføring omfatter Dam Eldrevatn, Dam Øljusjøen med pumpekraftverk Øljusjøen, overføringstunnel fra disse to, med flere bekkeinntak til Dam Vasset.

Omsøkt planendring tar for seg planlagt overføring av vann fra Mørkedøla og inn på eksisterende tunnel som går mellom Eldrevatn og Vassetvatn. Vannet vil bli benyttet til kraftproduksjon i eksisterende kraftstasjoner Borgund og Stuvane.

I forbindelse med tidligere vurdering av endrede hydrologiske forhold og eventuell påvirkning på de fiskebiologiske forholdene (Heimstad 2012), ble det fremsatt ønske om utfyllende og mer omfattende vurderinger av temaet spilt inn fra Lærdal elveeigarlag (Sælothun 2012, vedlegg 1.). Det ønskes her en vurdering av konkretiserte fiskebiologiske problemstillinger. I brevet påpekes behov for utredning av «den innflytelsen som temperert vatn fra Mørkedøla har på oppvekstforhold og fisket i Lærdalselvi», de påpeker videre behovet for utredning av «den effekten som Mørkedøla pumpestasjon har på vatndekt areal, vassstemperatur, oppvekstområde og ungfiskproduksjon», og viser her til området det tidligere er satt ut yngel som kompensasjonstiltak ved Borgund. Lærdal Elveeigarlag mener at opplysningene om gjennomsnittlig vannføring gjennom året ikke gir tilstrekkelig grunnlag for å vurdere konsekvensene for laks- og sjørretstammen i Lærdalselva på strekningen fra Borlaug (samløp Smeddalselvi og Mørkedøla) til utløpet i Sognefjorden. De fiskebiologiske problemstillingene som ønskes vurdert er:

1. Hvordan endret vanddekt areal påvirker oppvekstområder og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund og nedre deler.
2. Hvordan endret vanntemperatur påvirker oppvekstområder og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund og nedre deler.
3. Hvordan redusert sommervannsføring (varmere vann fra Mørkedøla øker temperaturen i Lærdalselva) i Mørkedøla gir kaldere vann og endret fiskebett.
4. Eventuelle avbøtende tiltak for fisken,- oppvekst og fiske.

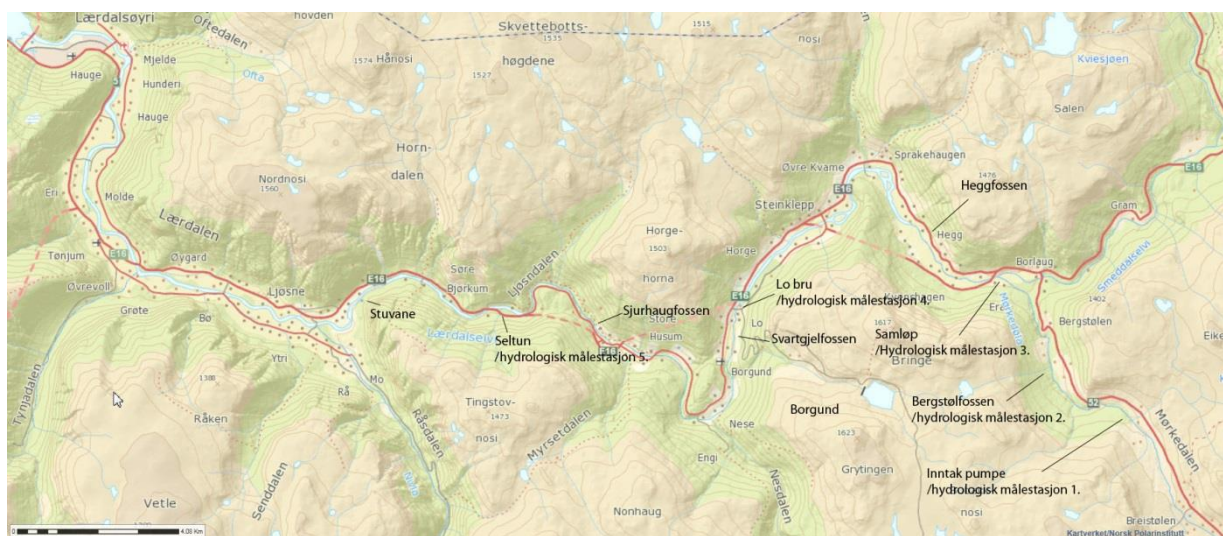
3 Områdebeskrivelse

3.1 Tiltaksområdet

Tiltaksområdet ligger øst i Lærdal kommune i Sogn og Fjordane fylke, helt på grensa til Vang kommune, Oppland og Hemsedal kommune, Buskerud. Mørkedølavassdraget har opprinnelig utspring i Eldrevatnet, og renner nordvestover gjennom Mørkedalen (ca. 14 km) mot Borlaug. Her samløper den med Smedøla og sammen utgjør de den øvre strekningen av Lærdalselva. Lærdalselva munner ut i Lærdalsøra og indre Sognefjord og er om lag 44 km lang. Borgund og Stuvane kraftstasjoner ligger langs Lærdalselva hhv. 13 og 27 km nedstrøms Borlaug. Inntak, pumpestasjon, tunnelpåhugg, anleggsvei og riggområde er planlagt i den nordøstvendte dalsida i Mørkedalen, ved Galdestølen – Eråkstølen.

3.2 Lærdalselva geografisk oversikt

Mørkedøla renner fra Hemsedalsfjellet ned Mørkdalen til den samløper med Smeddalselvi fra Filefjell. Herfra kalles elva Lærdalselva. Lærdalsvassdraget er det største vassdraget i Sogn og Fjordane. Under finnes et oversiktskart (figur 1.) der relevante stedsnavn er gjengitt.



Figur 1. Oversiktskart over Lærdalselva med samløp av Mørkedøla og Smeddalselvi (Kildekart: Kartverket/Norsk Polarinstitutt)

3.3 Fiskøkologisk status

Et utdrag fra status og skildring av Lærdalselva fra tidligere tider står å lese på Lærdal Elveeigarlag sine nettsider: «Lærdalselva har som kjent lege nede i mange år på grunn av G. Salaris – infeksjon. For ein del av dykk er kanskje elva i ferd med å gå i gløymeboka og yngre fiskarar har kanskje ikkje høyrte om elva. Derfor finn eg det rett å fortelje saga om 15 år med

skuffelsar og håp. Lærdalselva var historisk den mest fiskerike elva i Sogn og Fjordane. Dette gjaldt både laks og sjøaure. På -70 og -80 talet var snittfangstar på 6 – 8 tonn laks pr. år , med toppår på over 20 tonn. Elva var ei svært populær laksefiskeelv. Det spesielle med elva er nok det klare vatnet som gjer at ein i mange hølar kan sjå fisken ein fiskar etter, noko som gjev ekstra spenning. Elva fekk jo og det flotte kallenamnet ” Dronninga blant lakseelvar”. Dette hadde kanskje også litt å gjere med at Kong Harald var ein fast fiskargjest i elva frå han var ein ungdom. På midten av -90 talet var dei direkte leigeinntektene for grunneigarane 4 – 5 mill. kroner pr. år, medan ein rekna med at fiskarar la att totalt 12 -15 mill. kroner pr.år. i Lærdalssamfunnet.» (Lærdal Elveeigarlag v /Lasse Sælthun)

3.3.1Lærdalselva,- nasjonalt laksevasdrag

Stortinget ferdigstilte i 2007 opprettelsen av 52 nasjonale laksevasdrag og 29 nasjonale laksefjorder (St.prp. nr 32 (2006-2007)), og Lærdalselva har status som nasjonalt laksevasdrag. Formålet med denne ordningen er å gi et utvalg av de viktigste laksebestandene en særlig beskyttelse mot ytre påvirkning som rømt oppdrettslaks, sykdomsspredning, lakselus, vassdragsutbygging, landbruksvirksomhet med mer. I nasjonale laksevasdragene er det ikke tillatt med tiltak eller aktiviteter som kan være til skade for villaksen

Lærdalselvas laksebestand er klassifisert under tilstandskategori 2, «truet», av DN (Skurdal et al. 2001). Betegnelsen for klassifiseringen er at Lærdalselva er et vassdrag hvor bestanden er truet av utryddelse på grunn av menneskeskapte påvirkninger, herav spesielt som følge av smitte av *Gyrodactylus salaris*, vassdragsregulering og utsetting av fisk. Tilsvarende er sjørørret bestanden kategorisert som 4c, som betegnes som en bestand med betydelig redusert ungfiskproduksjon og for liten gytebestand.

3.3.2Litt om fisk i Lærdalselva

Lærdalselva har naturlig anadrom (laks og sjørørret) sone opp til Sjurhaugfossen (239 moh.), ca 24 km oppstrøms utløpet ved Lærdalsøra. Fra utløpet til Mo er Lærdalselva relativt flat sammenliknet med elva videre oppstrøms mot Sjurhaugfoss. Fra Mo til Sælthun er elva mer storsteinet, smal og bratt, med dype høler (Sættem 2010b). Fra Sjurhaugfoss er det bygget fisketrapper opp de neste tre vandringshinderne, Husumfoss, Kolgrytafoss og Svartegjelfoss. Fisken kan da vandre helt opp til Heggfoss (432 moh.), 40 km oppstrøms. Etter at det ble påvist lakseparasitt (*Gyrodactylus salaris*) i 1996 (Johnsen & Jensen 1996) har laksetrappa ved Sjurhaugfossen vært stengt for oppvandring. Fra Sjurhaugfoss og opp til Borgund er elva karakterisert av strie stryk, mindre fossefall og dype kulper som følge av stor fallgradient. Elvestrekningen mellom Borgund og Hegg har vesentlig mindre fallgradient, og elva karakteriseres som langsomt flytende gjennom Borgundfjorden. Fra Hegg og videre oppover til samløpet med Mørkedøla ved Borlaug øker fallgradienten, og elva preges av stryk. Smedøla fra Borlaug og oppover til nedre Smedalsvatnet er bratt, og preges av strie stryk, mange fossefall og dype kulper (Kraabøl & Johnsen 2012). Oppstrøms Lo bru ligger Borgundfjorden og et avsnitt av Lærdalselva som kalles Borgundelva. Denne strekningen er en svært variert elvestrekning. I elva her finnes det brunørret og ørekyte. Ørekyta ble

introdusert til Smedalsvatna på midten av 1970-tallet, og ble for første gang påvist ved Heggfoss i 1989 (Saltveit & Sættem 1991).

Lakselus,- Gyrodactylus salaris

Etter at lakseparasitten ble påvist i Lærdalselva har det vært en jevn bekjempelse. Elva ble første gang behandlet med rotenon våren 1997. En behandling ble gjentatt høsten 1997. Parasitten ble igjen påvist i 1999. Etter dette er det forsøkt med ulike behandlingsmetoder og kombinasjoner med aluminiumsioner (surt aluminium, ALS) og rotenon. Siste behandling ble gjennomført høsten 2012.

Fiskeforsterkning

Tidligere ble det satt ut ungfisk fra settefiskanlegg i Lærdalselva. Det ble bygget et eget klekkeri for produksjon av laks - og ørretunger . Det meste av fiskeyngelen ble satt ut i elva mellom Sjurhaugfoss og Heggfoss (17 km), hovedsakelig i Borgund . De årlige utsettingene etter 1980 varierte mellom 400.000 og 600.000 laks , mesteparten yngel. Etter smitte av Gyrodactylus salaris er det imidlertid slutt på dette tiltaket. Fiskeforsterkningstiltak vil sannsynligvis komme i gang for fullt når elva igjen er «frisk», og i mellomtiden gjøres det avveide tiltak. I år skal det settes ut laksesmolt som forsterkningstiltak.

Fiskebestanden oppstrøms Sjurhaugfossen –storørrettens rike?

I Kraabøl & Johnsen (2012) vurderes Borgundfjorden som den viktigste beitelokaliteten for voksen ørret i denne delen av elva, og den langsomt flytende elvestrekningen er viktig beiteområde for ørret der det er mye klekkende insekter og insektsdrift fra oppstrøms elveareal. Området omtales som nøkkelhabitat, som frembringer storvokste ørreter opp til 2- 4 kg. Også elvestrekningen fra innløpet til Borgundfjorden og opp til Hegg vurderes som en god beitelokalitet for storvokst ørret. Det finnes her gode hølør som standplass for fisk som tilbyr god tilgang på insektsdiett, spesielt under store insektklekkinger. Elva her vurderes som godt egnet for gyting. Elvestrekningen nedstrøms Borgundfjorden vurderes også til å ha overvintrings- og gytelokaliteter for storvokst ørret fra Borgundfjorden. Nedstrøms mot Sjurhaugfossen er ørretbestanden for det meste småfallen. Tilsvarende forhold beskrives for ørreten oppstrøms Hegg og videre oppstrøms samløpet med Mørkedøla (Kraabøl & Johnsen 2012).

Fisket i Lærdalselva

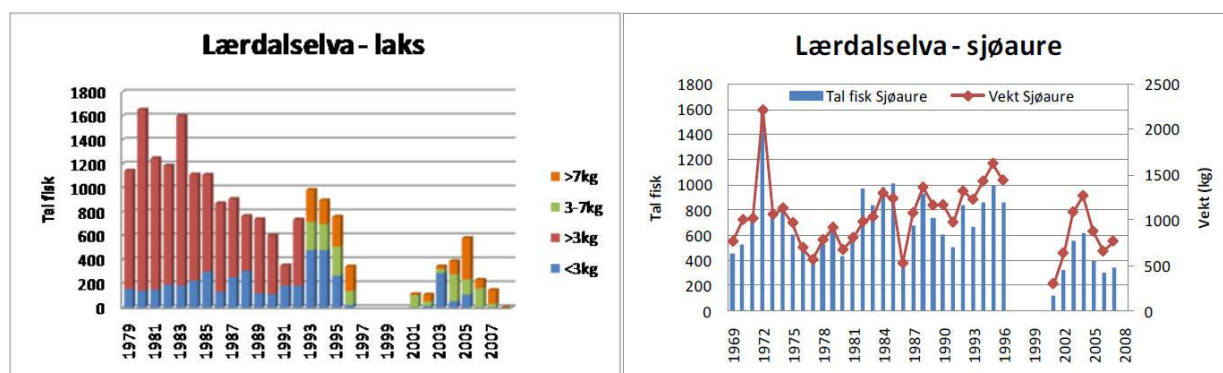
Det er hovedsakelig lakse- og sjørørretfisket som har vært tradisjonelt i Lærdalselva, og i fordums tider har det vært innrapportert så mye som 20 tonn fangst. Det er imidlertid også økt fokus på et populært fiske med tørrflue etter storørret i øvre deler av elva. Det er økt fokus på forvaltning også av den stedegne stammen av brunørret.

3.3.3Gytefisk og fangst i Lærdalselva

Det er siden 1969 ført statistikk over fangst i Lærdalselva (figur 2). Fangstutviklingen for laks har siden 1983 vært jevnt dalende inntil et lavmål i dag. Etter en fredning på slutten av 90- tallet (i sammenheng med gyrosmitte) økte imidlertid fangsten noe frem mot 2003. Etter 2005 har

imidlertid laksefangsten på ny vært synkende, frem til i 2012 da det kom et oppsving i innsiget av laks. I 2012 ble det fanget 4 smålaks, 18 mellomlaks og 25 storlaks. Det ble også fanget 107 sjørret.

I 2005 ble det konkludert med at det ville være lav fangst i åra fremover ettersom lakseparasittbehandlingen ville drepe mye av rekrutteringspotensialet. Trolig er det lakseparasitten, men også andre faktorer som har redusert laksebestanden de siste årene (Gladsø 2006). For sjørret har fangsten frem til ca 2002 vært relativt konstant over tid. Etter dette har bestanden vært redusert betydelig. Tilsvarende situasjon gjelder for de fleste vassdrag på Vestlandet for sjørret.

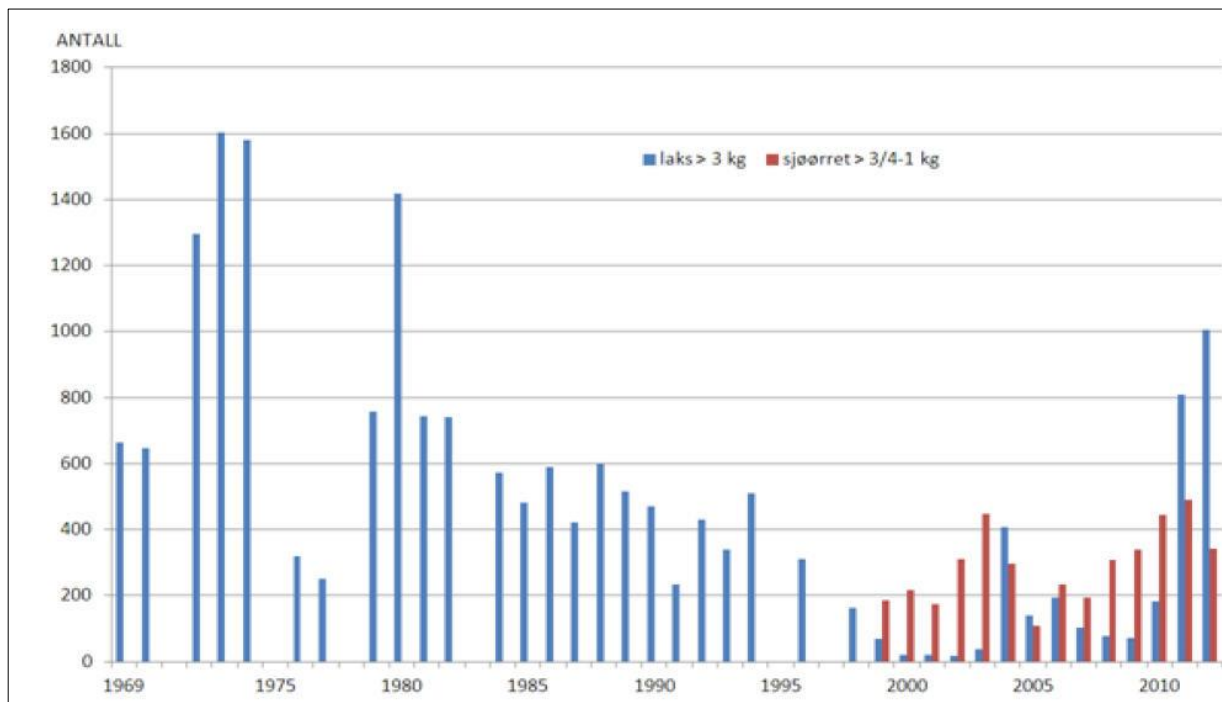


Figur 2. Fangsttall for laks og sjjørret i Lærdalselva i perioden 1969 (1979) – 2007 (figuren er hentet fra Gladsø 2009)

Gytefisktellinger av laks er gjennomført i Lærdalselva siden 1969, og sjjørreten er talt siden 1999 (Sættem 1995, Gabrielsen mfl. 2004, Sættem 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 & 2012). Under er en sammenfatning av tall fra gytefisktellingene (figur 3). I forhold til gytefisktellingene har laks hatt en markant tilbakegang siden 1970, og har siden slutten av 90-tallet tilsynelatende hatt en negativ utvikling i forhold til 80 og 90-tallet. På bakgrunn av gytefisktellingene har utviklinga for sjjørret vært økende frem til 2003 da talte individer var omlag dobbelt så mye som i 1999. I 2005 var det bare ca en tredjedel av hva som var observert i 2003.

Utviklingen for sjjørret har generelt vært negativ i årene etter 2010, mens innsiget av laks i 2011 og spesielt 2012 var god i forhold til hva utviklingen har vært i nyere tid.

I 2012 ble det påvist 1006 laks og 342 sjjørret, tilsammen 1348 anadrome gytefisk i Lærdalselva ved visuell observasjon. Mellomlaks utgjorde 40 % (401) og storlaks 60 % (605) av det samlede laksematerialet (Sættem 2012).

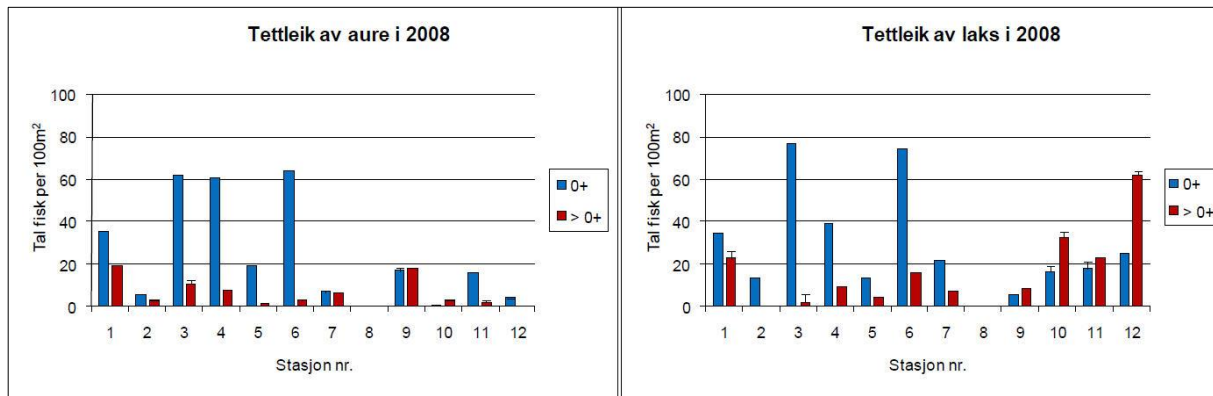


Figur 3. Antall mellom- og storlaks og gyttemoden sjøørret registrert ved gyttefisketelling i Lærdalsvassdraget 1969-2012 (figur hentet fra Sættem 2012)

3.3.4 Ungfisk og oppvekstområder

Det har vært gjennomført mange ungfiskundersøkelser i Lærdalselva fra helt tilbake til 1980-tallet (Saltveit & Styrvoll 1983, Johnsen & Jensen 1997, Andersen 2002, Gladsø & Hylland 2002, 2003, 2005, Gabrielsen mfl. 2004, Gladsø 2006, Gladsø 2009). Ungfiskundersøkelser i perioden 2006-2008 i nedre deler av Lærdalselva viste at det i gjennomsnitt var fra 93,2 til 33,4 ørret og fra 67,8 til 47,8 laks per 100 m² på de undersøkte stasjonene i elva (Gladsø 2009). Tall fra 2008 sees i figur 4 under.

Gladsø (2009) vurderer at ungfisktettheten av ørret i elva var relativt lik som på første halvdel av 1980-talet. Sammenlikna med 1990- og 2000-talet, var tettheten av lakseunger i vassdraget derimot jevnt høyere på 1980-talet. I perioden 1980 til 1986 var gjennomsnittlige tetthet av ensomrige laks fra 31 til 93 fisk per 100 m², og gjennomsnittlige tetthet av eldre lakseunger mellom 29 og 105 fisk per 100 m² (Saltveit 1986).



Figur 4. Totaltettheter for ørret og laks på de 12 overvåkingsstasjonene i Lærdalselva fra utløpet til nedstrøms Sjurhaugfossen i 2008 (figur hentet fra Gladsø 2009).

Kraabøl & Johnsen (2012) karakteriserer tettheten for ørret på strekningen oppstrøms Sjurhaugfossen som lav til middels tett i 2011. Estimert antall for ungfisk av ørret varierte fra 0- 33 ørret per 100 m². Det ble funnet gode oppvekstforhold for ørret fra innløpet til Borgundfjorden og opp til Hegg. Elva ble stedvis beskrevet med bunnsubstrat som var variert og godt egnet for både årsyngel og eldre individer. Hulromfaktoren (viktig for skjul og oksygenering for ørrettunger og rogn) var generelt god, selv om det ble registrert middels og betydelig innblanding av finstoff ved enkelte grusområder. I elvestrekningen nedstrøms Borgundfjorden ble hulromsfaktoren i bunnsubstratet vurdert til å være svært lav. Disse oppvekstområdene har derfor en betydelig redusert verdi som følge av sedimentering av sand og annet finstoff i hulrommene i bunnsubstratet (Kraabøl & Johnsen 2012).

4 Tiltaksbeskrivelse og hydrologi

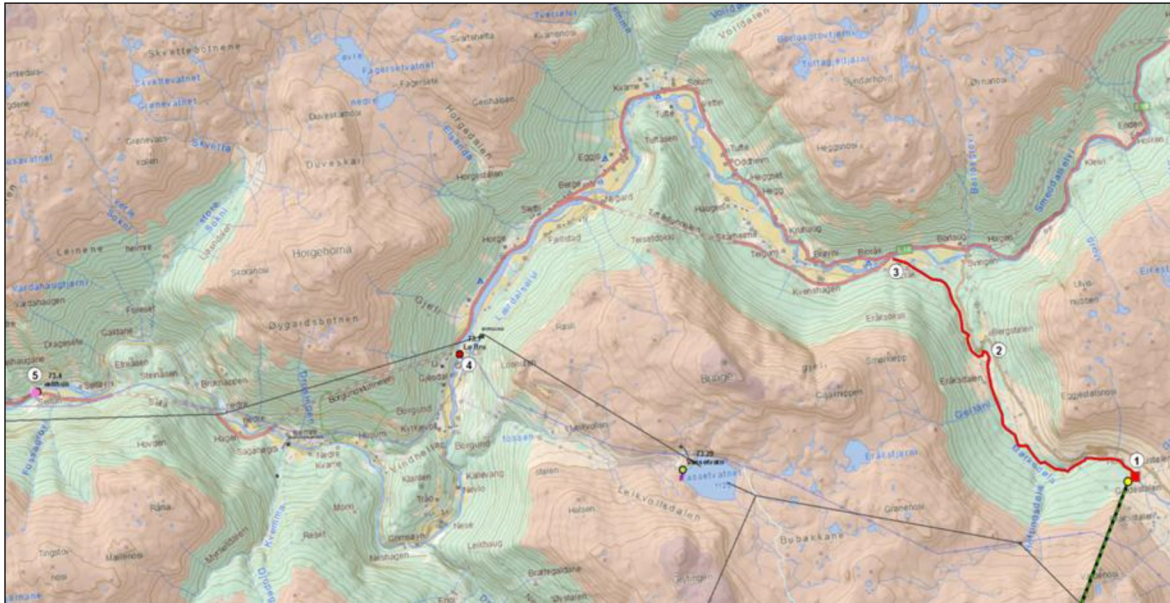
4.1 Kort om tiltaket

Utbyggingsplanene går i grove trekk ut på å pumpe vann fra Mørkedøla vassdraget og inn på eksisterende trykksatt tunnel som går mellom Eldrevatn og Vassetvatn. Vannet som pumpes opp skal benyttes til kraftproduksjon i eksisterende Borgund kraftverk og Stuvane kraftverk.

En 5,9 km lang elvestrekning, ned til Mørkdølas samløp med Smedøla, vil bli påvirket av tiltaket. I tillegg vil det være noe påvirkning også nedstrøms dette samløpet men av beskjeden grad. Alle strekninger er imidlertid påvirket av vannkraftreguleringer i dag (Sandsbråten 2012).

4.2 Relevant hydrologi

De hydrologiske konsekvensene er beregnet rett nedstrøms inntaket (Sandsbråten 2012) (Punkt 1); ved Bergstølfossen, halvveis mellom tiltaket og samløpet med Smedøla (Punkt 2); rett før samløp med Smedøla (Punkt 3); ved Lo bru 10 km nedstrøms samløpet (Punkt 4) og ved Seltun 22 km nedstrøms samløpet (Punkt 5) (se figur 5.)



Figur 5. Kartskisse over planlagt tiltak. De ulike nummermarkeringene angir målepunkter for hydrologiske vurderinger. Berørt elvestrekning i Mørkedøla er merket rød (hentet fra Sandsbråten 2012).

Nedstrøms dette siste punktet vurderes de hydrologiske endringene å være ubetydelige (Sandsbråten 2012). Som minstevannføring er det i vurderingene benyttet 5 persentiler for sesongene, hhv. 320 l/s i sommersesongen (1.5 - 30.9) og 25 l/s i vintersesongen (1.10 – 30.4). Det benyttes ikke magasin for regulering, og tilsiget er derfor ikke redistribuert i tid. Restvannføringen og månedsmiddelvannføringer ved utvalgte referansepunkter er simulert og fremgår av tabell 1 (Sandsbråten 2012).

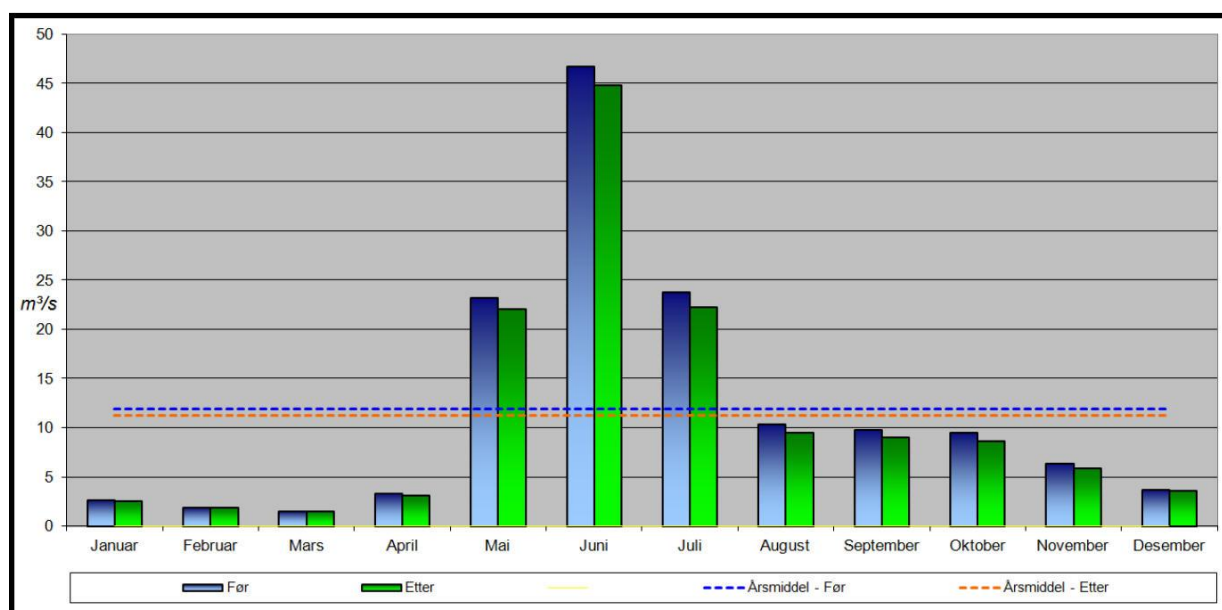
Tabell 1. Restvannføringen og månedsmiddelvannføringer ved utvalgte referansepunkter (hentet fra Sandsbråten 2012).

	Punkt 1		Punkt 2		Punkt 3		Punkt 4		Punkt 5	
	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter	Før	Etter
Middelvannføring	1,16	0,48	1,67	1,00	1,71	1,04	11,90	11,22	19,29	18,61
Restvannføring		41,5 %		59,4 %		60,4 %		94,3 %		96,5%

Planlagt maksimal slukeevne i pumpen(e) er oppgitt til 2 m³/s. Det er ikke en nedre grense for slukeevne. Som minstevannføring er det i disse vurderingene benyttet 5 persentiler for sesongene, hhv. 320 l/s i sommersesongen (1.5 - 30.9) og 25 l/s i vintersesongen (1.10 – 30.4).

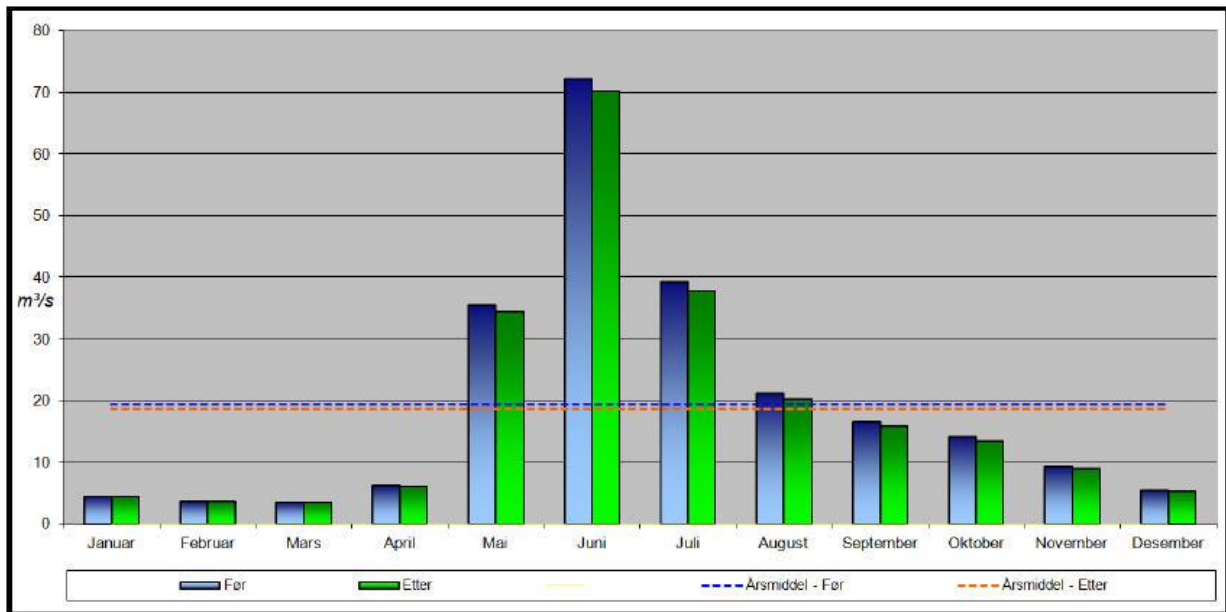
For å beskrive vannføringsforholdene er måneds- og årsmiddelverdier oppgitt. Videre er karakteristiske verdier vist i diagrammer på døgnbasis (Sandsbråten 2012). Det er valgt ut tre typiske år, et tørt år (1996), et år med midlere forhold (1994) og et vått år (2007). Selv om det i 1996 i sum var et tørt år, betyr ikke dette at det var lave vannføringer gjennom hele året, tilsvarende gjelder for "middelåret" 1994 og det våte året 2007.

Ved Borgund (Lo bru) i Lærdalselva er gjennomsnittlig vannføring beregnet med en reduksjon fra 11.9 m³/s til 11.22 m³/s, eller til 94,3 % av dagens vannføring. Størst volummessig reduksjon vil oppstå i perioder på vår/sommer og sen høst (Sandsbråten 2012). I figur 6 er beregnede månedsmiddelvannføringer vist før og etter utbygging.



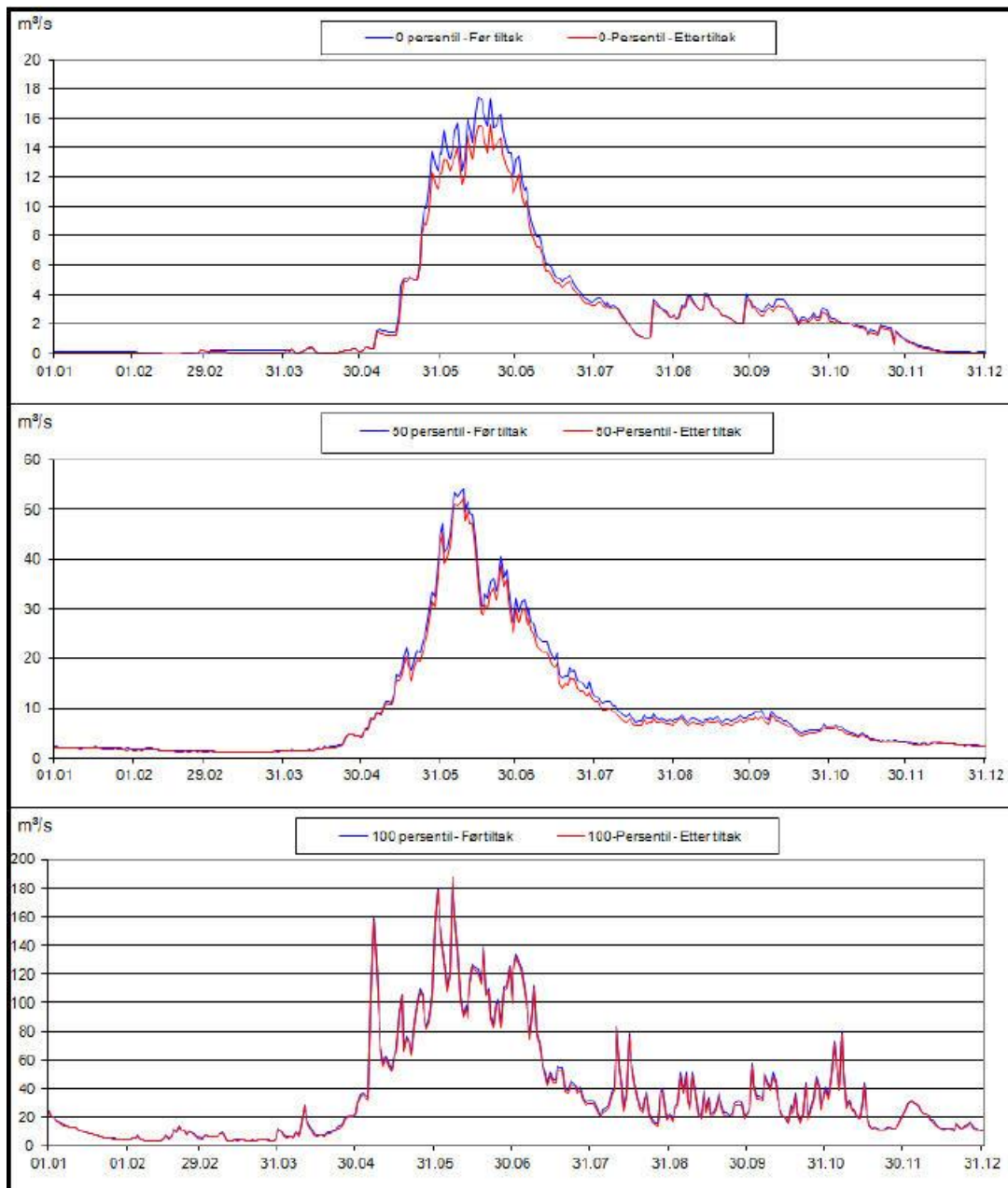
Figur 6. Månedsmiddelvannføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak ved Lo bru (figur hentet fra Sandsbråten 2012).

Ved Seltun i Lærdalselva vil vannføringen bli redusert fra 19,29 m³/s til 18,61 m³/s, eller til 96,5 % av dagens vannføring. Størst volummessige reduksjon vil oppstå i perioder på vår/sommer og sen høst. I figur 7 er månedsmiddelvannføringene vist før og etter utbygging.

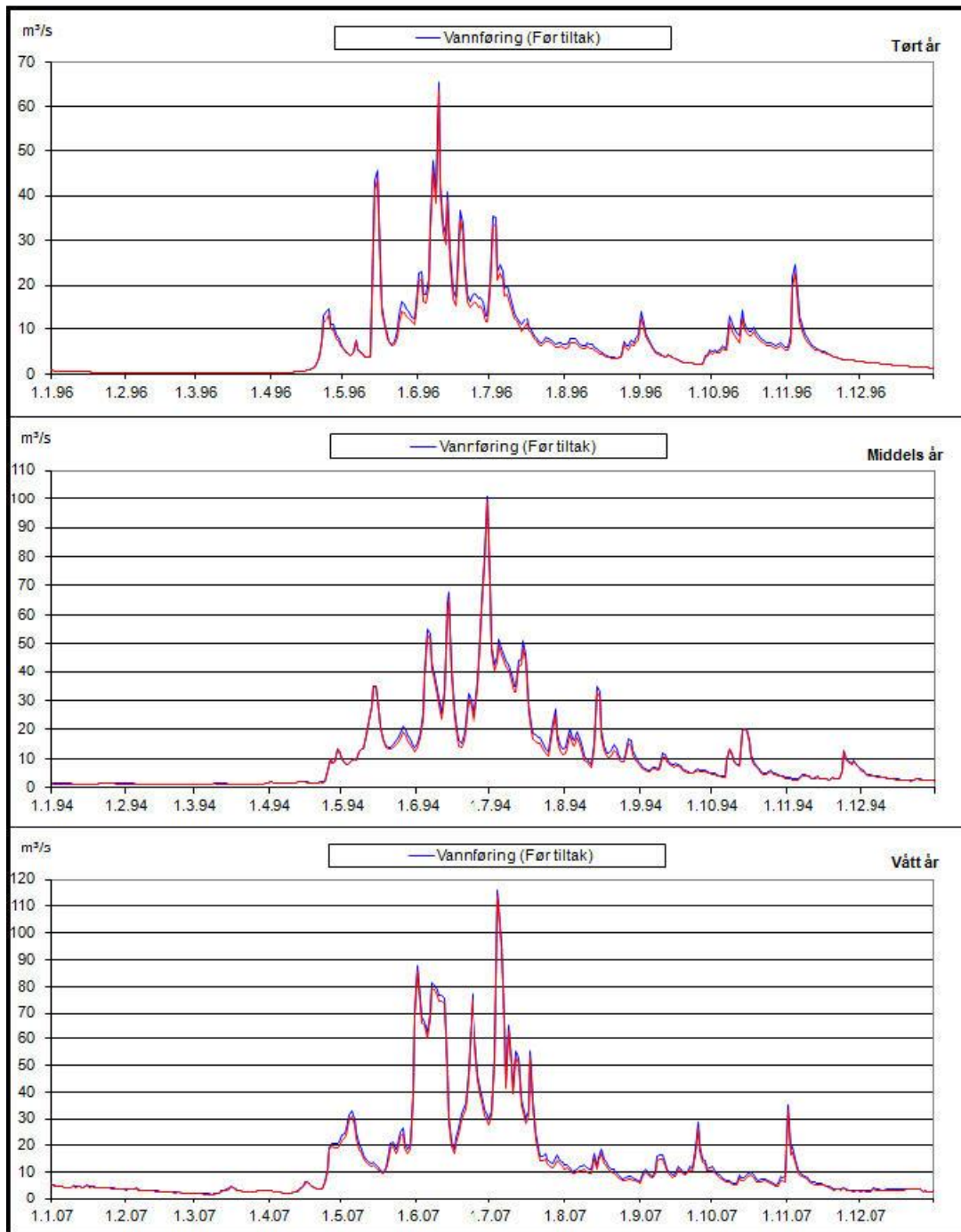


Figur 7. Månedsmiddelvanntføringer (1968-2010) i m³/s før og etter tiltak ved Seltun (figur hentet fra Sandsbråten 2012).

Konsekvensene av tiltaket ved Lo bru på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i figur 8, mens figur 9 viser forholdene i de tre typiske årene.



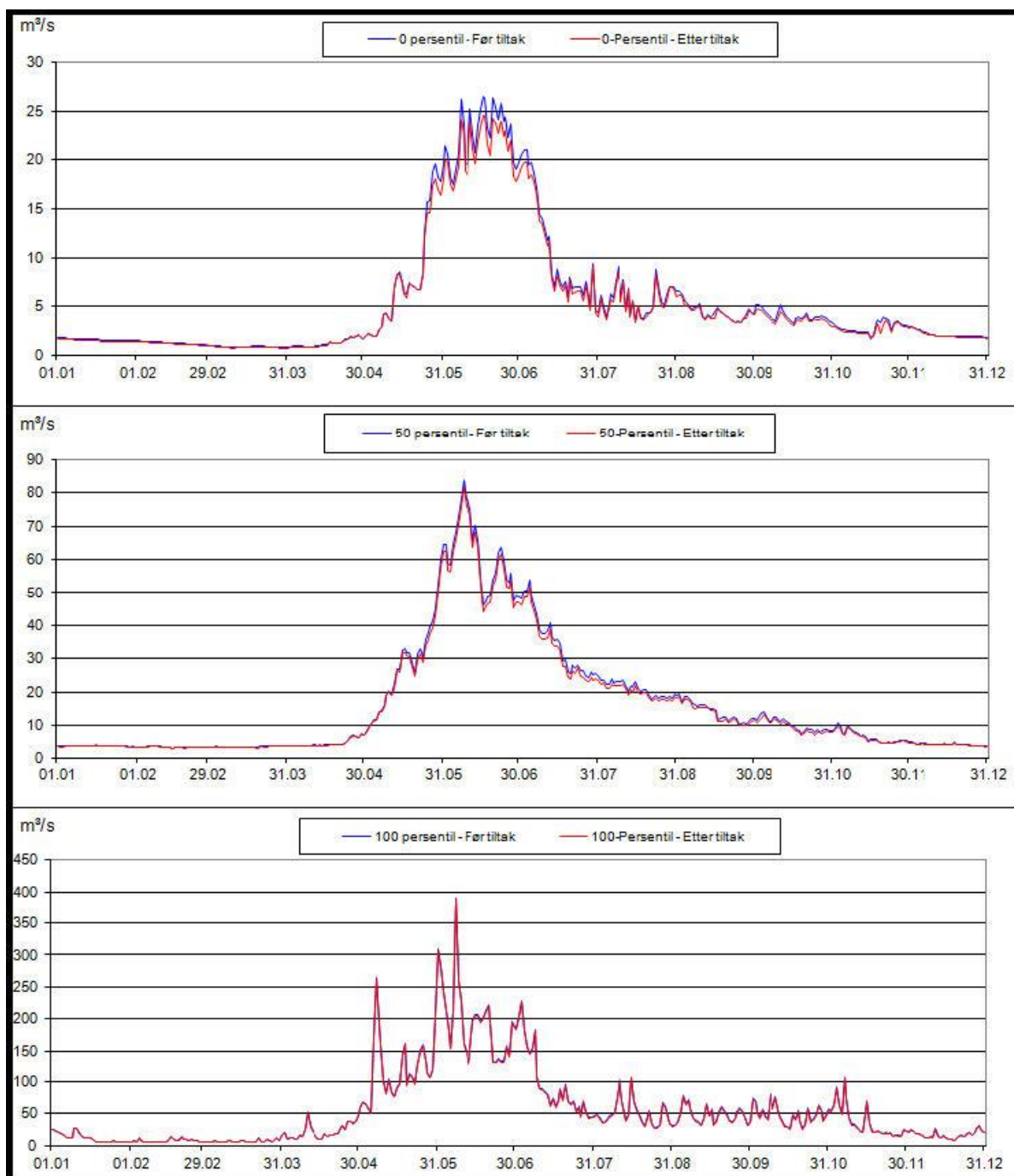
Figur 8. Vannføringen i Lærdalselva, ved Lo bru (1968-2010), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst (figur hentet fra Sandsbråten 2012).



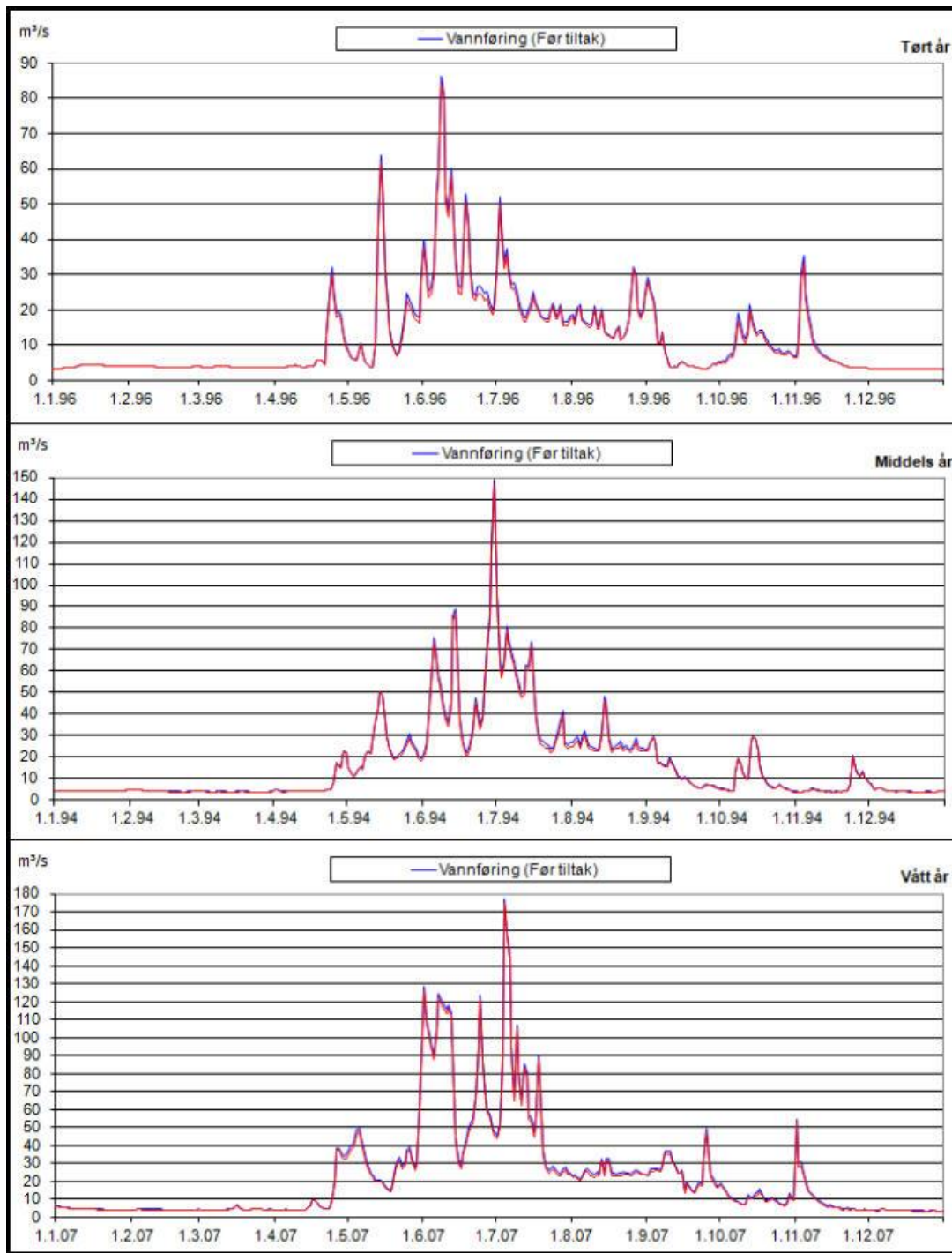
Figur 9. Vannføringen i Lærdalselva, ved Lo bru i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007) (figur hentet fra Sandsbråten 2012).

rao4n2 2008-01-23

Konsekvensene av tiltaket ved Seltun på minimums-, median- og maksimumsvannføringer er vist i figur 10, mens figur 11 viser forholdene i de tre typiske årene.



Figur 10. Vannføringen i Lærdalselva, ved Seltun (1968-2010), daglige verdier før og etter utbygging. Minimumsvannføringer (0-persentil) øverst, medianvannføringer i midten og maksimumsvannføringer (100-persentil) nederst (figur hentet fra Sandsbråten 2012).

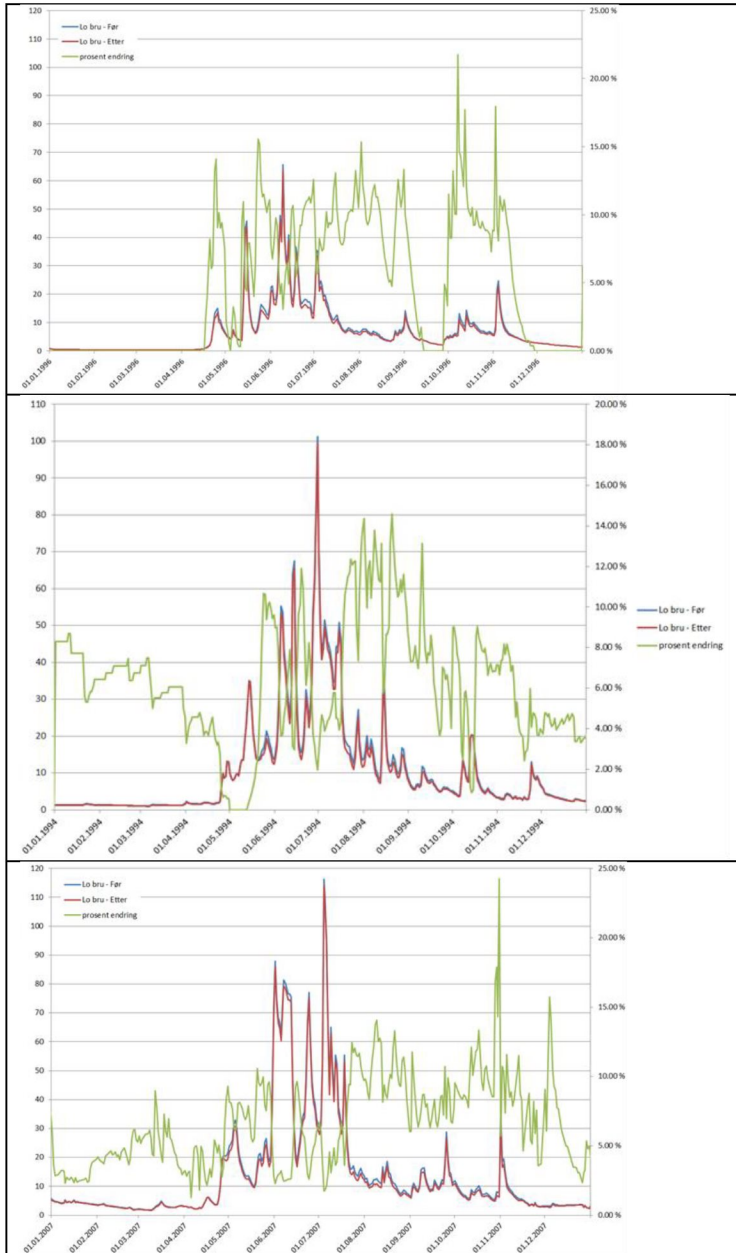


Figur 11. Vannføringen i Lærdalselva, ved Seltun i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007) (figur hentet fra Sandsbråten 2012).

rao4n2 2008-01-23

Prosentvis endringer

For å vurdere hvilken prosentvis endring i total vannføring tiltaket gir, er det i figur 12., vist endringer for typiske år under tørre, middels og våte år for Lo bru. Den prosentvise endringen er størst for våte år med inntil 24% endring.

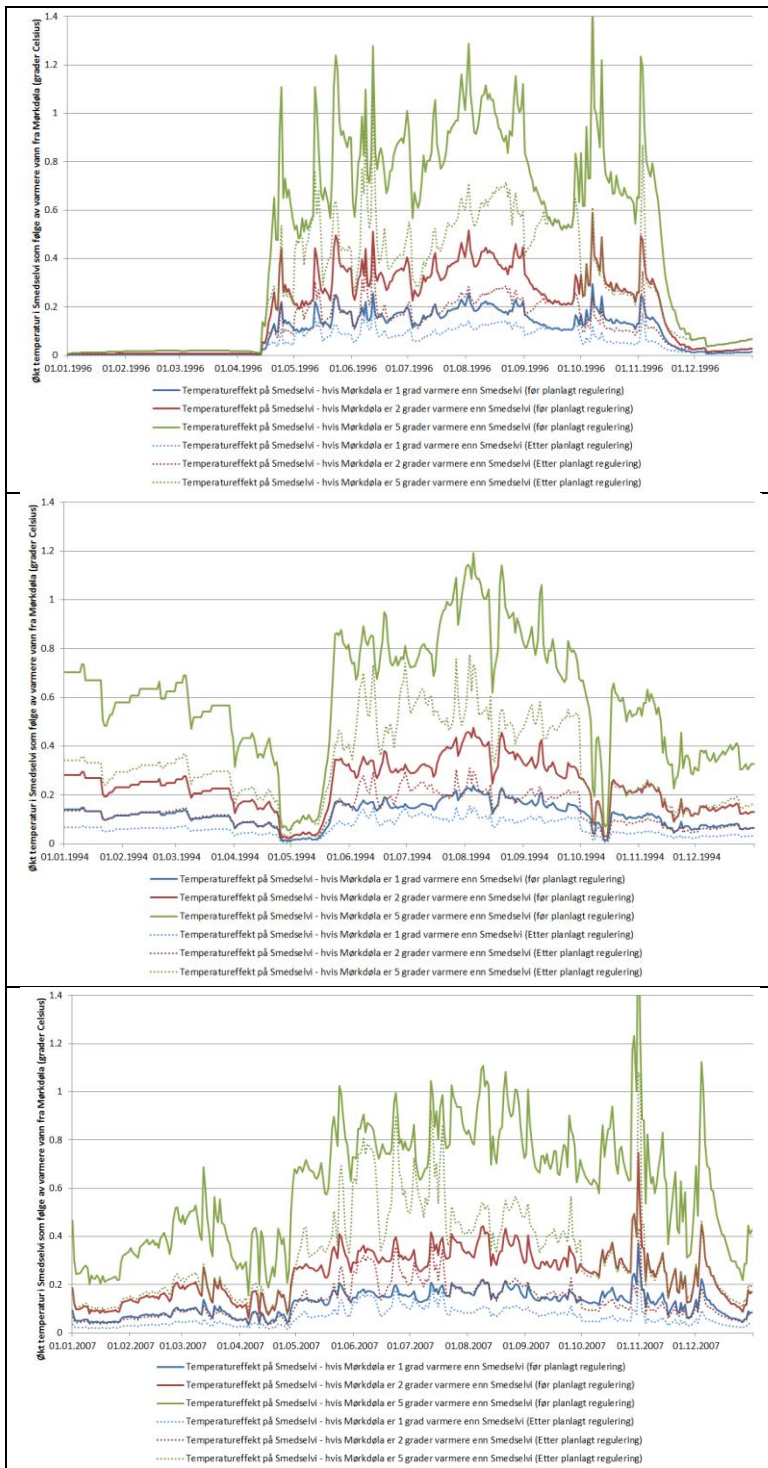


Figur 12. Vannføringen i Lærdalselva, ved Seltun i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007). Hovedaksen betegner vannføring i m³, mens hjelpeaksen viser prosentvis endring i vannføring før og etter (figur hentet fra Sandsbråten 2013).

I hydrologiske vurderinger er det lagt til grunn at vanntemperaturen i liten grad blir påvirket av det planlagte tiltaket. Vanntemperaturen nedstrøms inntaket vil være marginalt lavere vinterstid og noe høyere om sommeren fordi den reduserte vannføringen på strekningen raskere vil tilpasses temperaturen i omgivelsene (Sandsbråten 2012).

Det har ikke vært gjennomført hydrologiske undersøkelser på endringer i vannstand (vannlinje beregninger). Det er imidlertid vurdert at vannstandsendingene blir små, og at vannstanden blir lite påvirket (Sandsbråten 2012). I følge Sandsbråten (2012) vil vanntemperaturen nedstrøms inntaket bli marginalt lavere på vinteren og noe høyere på sommeren. Grunnen til at vanntemperaturen blir høyere på sommeren, skyldes at en mindre vannmengde lettere påvirkes av temperaturen i omgivelsene.

En tilnærming for forståelsen av hva planlagte fraføring av vann kan føre til for Lærdalselva er beregnet med ulike temperaturforskjeller ved samløpet av Smeddalselva og Mørkedøla for tre «typiske» årene (figur 13) (Sandsbråten 2013). Det er foretatt beregninger med 1, 2 og 5 graders forskjell på vanntemperatur, med Mørkedøla som varmebidrag. I utgangspunktet er det lite sannsynlig at Mørkedøla kan være 5 grader varmere, men beregningene er foretatt for videre skjønn. På det mest ekstreme vil endringen fra før til etter situasjon utgjøre 0,4 grad.



Figur 13. Beregnet temperaturendring i Lærdalselva, ved samtløp i et tørt år (1996), et "middels" år (1994) og et vått år (2007) (figur hentet fra Sandsbråten 2013).

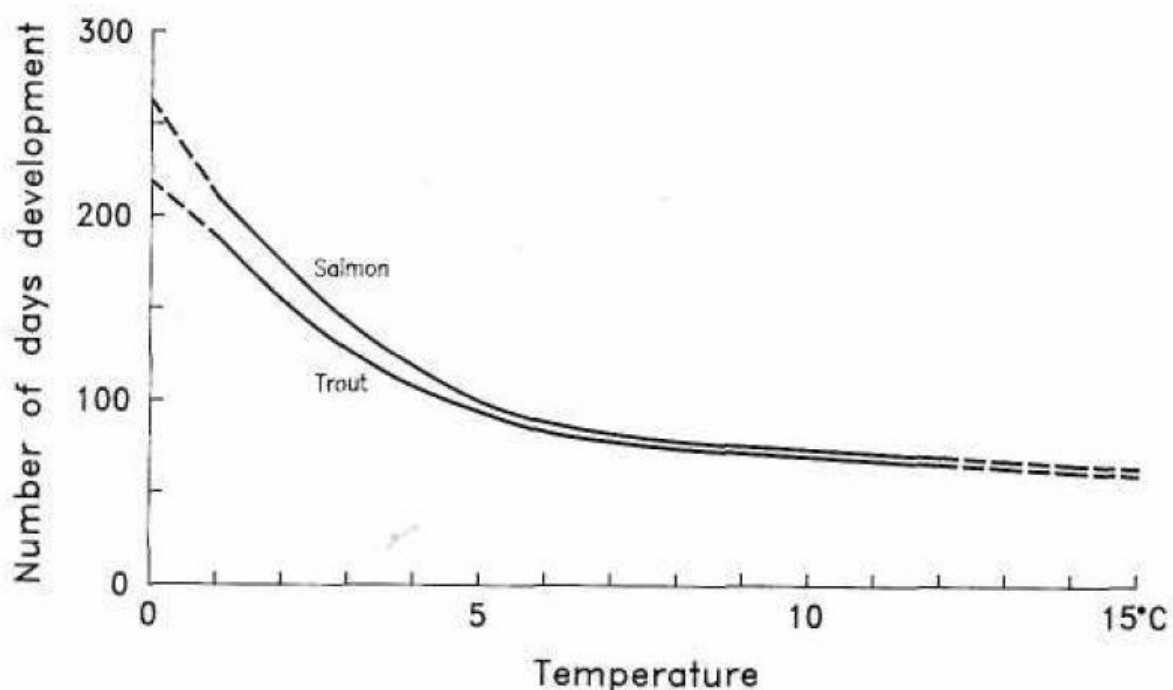
Generelt gjelder at ved uendret temperatur i Mørkedøla, før og etter fraføring av Mørkedøla, vil varmebidraget fra elva reduseres noe og temperaturen synke med ca. 0,05 grader i snitt. Økes temperaturen med 1 grad Celsius etter regulering, vil temperaturen i elva være tilnærmet samme som før (økning på 0,01 grader celsius) (Sandsbråten 2013).

5 Virkninger av vannstand og vanntemperatur på ungfisk.

5.1 Vanntemperatur... en avgjørende parameter for overlevelse

Av abiotiske faktorer utgjør sannsynligvis vanntemperatur den viktigste påvirkningsfaktoren for fisk. Temperaturen påvirker enzymatiske fordøyelsesprosesser og vekst hos fisk, og det er direkte sammenheng mellom vanntemperatur og vekst hos laks og ørret. Sammenhengen mellom temperatur og vekst for laksefisk er vist i flere forsøk også i Norge (Jensen & Johnsen 1986, L'Abée-Lund et al. 1989, Jensen 1990, Jensen et al. 2000, Forseth et al. 2001). Netto vekst hos ørret er vurdert til å begrense seg til temperaturer fra 3,6- 19,5 °C (Elliott et al. 1995, Elliott & Hurley 2001). Den optimale vanntemperaturen for vekst kan være lokalt tilpasset.. I en undersøkelse av vekstforhold i 34 norske vassdrag ble optimal veksttemperatur vurdert til 15 °C for ørret (L'Abée-Lund et al. 1989). I Lærdalselva ble det i en undersøkelse av brunørret vist at vekst og næringsinntak var størst ved ca. 15 °C (Forseth & Jonsson 1994).

Fiskeeggens inkubasjonstid (utviklingstid fra befruktning til klekking) er avhengig av vanntemperatur. For laks og ørret er denne sammenhengen beskrevet av Crisp (1993), og er vist i figur 14 under. Eggutvikling hos laks ved lave temperaturer er testet av Heggberget & Wallace (1984) og Wallace & Heggberget (1988). Modellen viser at utviklingen av fiskeeggene går langsommere ved lavere temperatur. Enhver økning i vanntemperaturen om vinteren vil framskynde eggklekkingen.



Figur 14. Figur over tid for eggutvikling hos ørret og laks (figur hentet fra Crisp 1993)

Etter klekking har fiskelarvene en plommesekk med næringsressurser. Denne «nistepakka» holder fiskelarvene i live frem til eksternt næringsopptak starter. Plommesekkyngelen holder seg i gytegroppa, nedgravd i grusen i flere uker til plommesekken nesten er oppbrukt. Etter dette kommer yngelen opp av grusen for å begynne å spise næringsdyr fra elva. Varigheten av plommesekkstadiet fra klekking og fram til yngelen kommer opp av grusen er også avhengig av vanntemperaturen. Sammenhengen for laks er beskrevet av Jensen et al. (1989).

5.2 Endra vanntemperatur påvirkning på oppvekstområde og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund og nedre deler av Lærdalselva

Det er ikke tilgjengelige relevante temperaturdata for å vurdere eventuell påvirkning av fraført vann fra Mørkedøla. Temperaturpåvirkningen Mørkedøla har på Lærdalselva etter samtløpet med Smedalselvi kan være aktuell. Eventuell omdisponering, eller eventuell endret magasinkjøring som følge av økt magasinfylling etter tilførsel med pumper er mindre relevant ettersom at vannet normalt blir brukt direkte til produksjon.

Hvordan endret vannføring påvirkes av vanntemperaturen er meget vanskelig og predikere. Vanntemperaturen påvirkes i ulik grad av grunnvann, snøforhold, geologi og værforhold. Påvirkningen av grunnvann gjør det vanskelig å forutsi en eventuell endring i vanntemperaturen ved fraføring av vann. En effekt av redusert vannføring, er raskere og større

døgnvariasjoner, raskere temperaturstigning om våren og tilsvarende raskere avkjøling utover høsten (Saltveit 2006).

Beregninger av påvirkning av ulike vanntemperatursenarier for Mørkedøla viser at tiltaket fører til liten temperaturendring i Lærdalselva selv ved simulering med 5°C forskjell i vanntemperatur mellom Mørkedøla og Smeddalselvi. Så stor forskjell som 5°C oppstår neppe i disse elvene. Det er i tørre år at påvirkningen er størst. Ved 5°C forskjell, kan dette utgjøre en endring på vanntemperaturen på ca. 0,4 grader i ekstremtilfeller.

På vinterstid kan temperaturforskjellen påvirke eggmodning og eggoverlevelse. En liten kontinuerlig forskjell som 0,4 grader, kan utgjøre 2- 3 dagers endring i klekkespunkt for laks og ørret. Fiskeutvikling etter klekking og frem til oppsvømmingsstadiet, er også påvirket av vanntemperatur. Tidspunktet for når yngelen kommer opp av grusen og starter næringsøk kan være kritisk i forhold til fysiske faktorer og dødelighet. Ut fra klekkesforsøk er det antatt at «swim up» (oppsvømmingstidspunktet bør falle sammen med en vanntemperatur på over 8 °C for å sikre best mulig overlevelse til yngelen (Refstie 1979). Det er også viktig at ikke «swim up» samfaller med store flomvannføringer da dette kan medføre høy dødelighet.

Det er naturlig at denne påvirkningen kan forsinke vekst og utvikling i forhold til det optimale (næringstilbud), og derved virke hemmende på ungfiskproduksjonen i elva. Det er mest naturlig at ungfisken spiser vanninsekter og krepsdyr som også er tilsvarende påvirket av vanntemperatur, og at stadieforløpene harmonerer. Dersom ungfisken livnærer seg på overflateinsekter eller allokton næring er situasjonen noe annerledes.

Dimensjonen på fraføringen gir en såpass liten vannføringsendring at det gir små endringer i vanntemperatur. Det er satt opp vurdering opp mot 5 grader forskjell på elvene, noe som er svært unaturlig for to elver i samme område med mange av de samme påvirkningsfaktorene. Det er derfor sannsynlig at temperaturpåvirkningen blir betydelig mindre enn i «ekstremtilfellet» som simulert. Det er også viktig å ta i betraktning at endringene blir å anse som ubetydelige i forhold til den naturlige variasjonsbredden i elvetemperaturen.

Temperaturpåvirkningene av frataket vurderes på bakgrunn av simuleringene til å være ubetydelig. Selv med forutsetninger om at det er 5 grader forskjell i elvetemperatur, er temperaturendringene relativt små i lys av den naturlige variasjonen i elvetemperatur.

5.3 Påvirkning på fisket i nedre deler av Lærdalselva som følge av endra vanntemperatur.

Vanntemperatur har stor påvirkning på fisk i alle livsstadier, og energibudsjett og biologisk suksess er sterkt påvirket av temperatur hos likevarme dyr (Wotton 1990). Fisk som er på gytevandring, eller har ankommet gyteplassen, tar i utgangspunktet ikke til seg mer næring. Det er derfor nødvendigvis ikke slik at fisk biter best ved vanntemperaturer som ligger tett opp til den temperaturen der netto vekst er optimal (ca. 15°C). Det foreligger få vitenskapelige

tilnærminger til fiskebett, og en vurdering av vanntemperaturs påvirkning på dette må derfor bygge på erfaringer og skjønn.

Faktorer som kan påvirke biteviljen hos fisk er vanntemperatur, vannmengde, atmosfærisk trykk, værforhold (vindretning, himmeldekning, nedbør), månefase med mer. Endringer eller komposisjon av disse ulike faktorene kan være avgjørende for fiskebett.

En simulering med at Mørkedøla er 5°C grader varmere enn Smedalselvi gir som et ekstremtilfelle (liten vannføring, tørke) 0,4 °C graders endring. Slike sjeldne tilfeller har sannsynligvis liten virkning på fiskebettet.

Fiskebettet vil i større grad påvirket dersom det slippes store mengder med magasinert vann med lavere temperatur enn elvevannet ut i elva. Denne påvirkningen er imidlertid vanskelig å vurdere ettersom det er avhengig av produksjon.

Temperaturpåvirkningene av frataket vurderes på bakgrunn av simuleringene til å være ubetydelig. Selv med forutsetninger om at det er 5 grader forskjell i elvetemperatur, er temperaturendringene relativt små i lys av den naturlige variasjonen i elvetemperatur, og det vurderes til å ha litene eller meget sjelden påvirkning på fiskebett.

5.4 Generelt om endra vanddekt areals påvirkning på oppvekstområde og ungfiskproduksjon.

Vannføringen i et vassdrag er avgjørende for elveøkologien. Vannføringsregimet preger elva i form av massetransport, bunnsstratsammensetning og habitatutforming. Vannføringen gjennom året varierer mye, med store endringer i vannlinje fra sommer til vinter. Ofte er det lite vann vinterstid, mer i sommersesongen. Dette kan være helt omvendt i vassdrag som er påvirket av regulering.

Redusert vannføring kan ofte gi mindre oppvekst og produksjonsarealer og derved redusert fisketetthet. Redusert vannføring gir ofte økt vanntemperatur og fysiske endringer i oppvekstareal, som følge av begroing og sedimentasjon. Redusert vannføring kan imidlertid i noen tilfeller, dersom elveutformingen tillater det, gi større tilgang til tidligere uegnede oppvekstarealer, som følge av redusert vannhastighet.

I en undersøkelse på laks i fire vassdrag med konstant eller periodevis sterk redusert vannføring, ble effektene på bestanden vurdert (Johnsen & Hvidsten 2004). I den ene elva der det var sterkt redusert vannføring gjennom hele året, var tettheten av ungfisk svært lav. I de tre andre elvene, der vannføringen varierte svært, men også tidvis var påvirket av redusert vannføring, var det estimert høye tettheter av ungfisk. Effektene av redusert vannføring er med andre ord ikke nødvendigvis direkte overførbart til redusert ungfisktetthet.

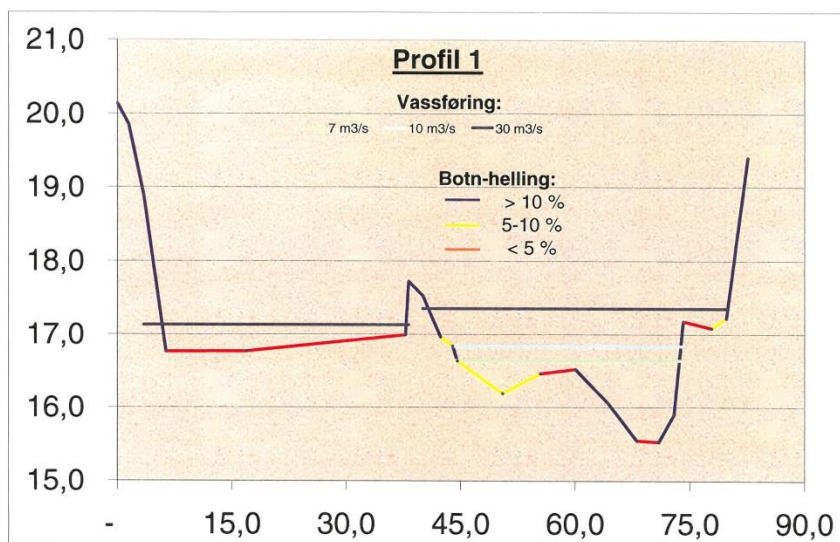
Produksjonen av ungfisk er arealavhengig. Fisken er territoriell og konkurrerer om oppvekstarealene, og det er vist at det er tetthetsavhengig dødelighet for laks (Jonsson et al. 1998) og ørret frem til smoltstadiet. Dersom totalproduksjonen av ungfisk i elva er bestemt av

tilgjengelig oppvekstareal ved en lav vannføring, er det sannsynlig at arealet som bestemmer produksjonen er noe høyere enn absolutt minimum vanddekket areal. Dødelighet som følge av konkurranse er tidsavhengig og ikke momentan. De laveste vannføringene opptrer gjerne gradvis i lange perioder med tørke eller frost. Det er gjerne disse periodene som setter begrensninger for fiskeproduksjonen.

5.5 Endra vanddekt areals påvirkning på oppvekstområde og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund .

Det finnes ingen kjente vannlinjeberegninger eller andre data som forklarer hvordan vanddekket areal varierer med vannføringen i Lærdalselva. Det er heller ikke gjort vurderinger av hvilke vannføringer eller vanddekket areal i elva som dekker egnede oppvekstarealer. Elveprofilen er i stor grad med på å avgjøre hvor stort areal som tørrlegges ved reduksjon i vannføring. Oppvekstarealer med lav helningsgradient er mest utsatt for tørrlegging, selv ved små vannstandsendringer (se eksempel figur 15). En ytterligere reduksjon i vannstand, kan redusere oppvekstpotensialet i denne sonen. Til tross for at vannstanden reduseres er det ikke alltid at andelen oppvekstareal reduseres. I enkelte tilfeller kan produktivt areal flyttes, eller at nytt dypereliggende areal tas i bruk som følge av redusert vannhastighet el.

Tiltaket vil ikke medføre pendling i vannstand som følge av effektkjøring, slik at dette ikke er vurdert som tema.



Figur 15. Illustrasjon av elveprofil med ulike helningsgradienter på bunn. Helningsgradientens viktighet i endringer av vannstand er avgjørende for arealpåvirkning (figur av Halvard Kaasa).

Eventuelle påvirkninger er begrenset til strekningen mellom Mørkedøla pumpeinntak til – Sjurhaugfoss. Områdene nedstrøms dette er i utgangsbeskyttet ved minstevannføringskrav, og ferskvannøkologien her skal være ivaretatt ved minstevannføringslipp.

På bakgrunn av den generelle omtalen av elva, er det tydelig at de mest sårbare områdene finnes i nedre deler, og områdene ved Borgundfjorden. Sandsbråten (2013), understrekes at volumendringen er den samme hele tiden, men at det prosentvise forholdet mellom før og etter tilstand øker med redusert vannmengde. Det er beregnet at de største prosentvise endringene i et «tørt år» kan utgjøre opptil ca. 23% mer enn ved dagens situasjon.

En kvantifisering av påvirkningen på oppvekstområdene er avhengig av en vannlinjemodell og inngående viten om oppvekstarealenes utbredelse. En reduksjon i vannstand kan redusere oppvekstarealene og dersom dette varer over tid kan redusert bioproduksjon bli et resultat. Det er også slik at produktivt areal i en elv ofte flytter seg med vannstanden fordi produksjonsgrunnlaget i elvene også henger tett sammen med vannhastighet. Mindre endringer i vannlinjene behøver slik sett ikke bety noe for bioproduksjonen i elver. Justeringer av vannlinjene i elver skjer naturlig ved ulike tilsig fra nedbørfeltene og naturen er tilpasset slike fluktuasjoner som til dels kan være svært store.

Vannstandspåvirkningene av frataket vurderes på bakgrunn av skjønn til å være små, og at påvirkningen i ekstreme situasjoner vil være sjeldne. Forskjellene vil være mest betydelig i tørre situasjoner, men er da ivaretatt med minstevannføring. Påvirkningen av fraført vann vil sannsynligvis være marginal i forhold til naturlige variasjonene elveøkosystemet er tilpasset. Det må imidlertid presiseres at vurderingene baserer seg på skjønn, og ikke har støtte i faktiske feltundersøkelser.

5.6 Avbøtende tiltak

Avbøtende tiltak for eventuelle negativ påvirkning på ungfiskproduksjon og fiske er ikke vurdert spesielt ettersom det ikke er identifisert faktiske negative effekter. Det er imidlertid planlagt minstevannføring tilsvarende 5 prosent persentilen, noe som vil sikre vannføringen i ekstreme situasjoner som i stor grad er med på å sette betingelsene for elveøkologien.

6 Konklusjon

1. Hvordan endret vanndekt areal påvirker oppvekstområder og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund og nedre deler?

Det er lite kunnskapsgrunnlag til å konkludere hvorvidt vannstandsendingene kan ha virkninger for oppvekstarealene i Lærdalselva. Endringer som senker vannlinjenivået kan redusere oppvekstområdene i denne sonen, men hvilken betydning det har for rekrutteringen er uklar. Det er imidlertid små endringer volummessig, og i lys av naturlige variasjoner blir endringene ubetydelige. Vannlinjeberegninger og kartlegging av oppvekstarealer trengs for å vurdere omfang av dette kvalitativt og kvantitativt

2. Hvordan endret vanntemperatur påvirker oppvekstområder og ungfiskproduksjon i Lærdalselva i elveseksjonen ved Borgund og nedre deler?

På bakgrunn av temperatursimuleringer av vannet fra Mørkedøla, er det liten sannsynlighet for at det kan bli vanntemperaturendringer som kan virke negativt for fiskeproduksjonen i Lærdalselva.

3. Hvordan redusert sommervannsføring (varmere vann fra Mørkedøla øker temperaturen i Lærdalselva) i Mørkedøla gir kaldere vann og endret fiskebett.

På bakgrunn av temperatursimuleringer av vannet fra Mørkedøla, er det lite sannsynlig at frataket vil føre til temperaturendringer som påvirker fritidsfisket i Lærdalselva

4. Eventuelle avbøtende tiltak for fisken, - oppvekst og fiske.

Det er ikke grunnlag for å vurdere spesielle avbøtende tiltak som følge av tiltaket utfra nåværende kunnskapsgrunnlag

7Referanser

Andersen, A. L. 2002. Økt vekst og overlevelse hos ensomrig laks (*Salmo salar* L.) og ørret (*Salmo trutta* L.) som følge av eliminering av eldre årsklasser- en analyse av abiotiske faktorer før og etter rotenonbehandling av Lærdalselva. Zoologisk institutt. Universitetet i Bergen. 91 s

Crisp, T. 1993. The environmental requirements of salmon and trout in fresh water. Freshwater Forum, 1993. S. 176- 202.

Elliott, J. M. 1975a. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. Journal of Animal Ecology 44. S 805-821.

Elliott, J. M. 1975b. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on reduced rations. Journal of Animal Ecology 44. S 805-821.

Elliott, J. M. & Hurley, M. A. 2001. Modelling growth of brown trout, *Salmo trutta*, in terms of weight and energy units. Freshwater Biology 46. S 679- 692.

Elliott, J. M. & Hurley, M. A., Fryer, R. J. 1995. A new, improved growth model for brown trout, *Salmo trutta*. Funct. Ecology 9. S. 290- 298.

Forseth, T. & Jonsson, B. 1994. The growth and food ration of piscivorous brown trout (*Salmo trutta*). Funct Ecology 8. S. 171- 177.

Gabrielsen, S. E., Barlaup, B. T., Skoglund, H., Gladsø, J. A., Mo, T. A. & Sættem, L. M. 2004. Fiskebiologiske undersøkelser i Lærdalselva høsten 2003.- Sammenfatning av ungfisktettheter av laks og aure i perioden 1991 – 2003.LFI-Rapport nr. 128. 34 s.

Gardiner, W. R., & Geddes, P. 1980. The influence of body composition on survival of juvenile salmon. Hydrobiologia 69: 67- 72.

Gladsø, J. A. 2009. Ungfiskregistreringar i Lærdalselva 2006- 2008. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. Rapport nr. 15-2009. 20 s

Gladsø, J. A. 2006a. Fisk i regulerte vassdrag i Sogn og Fjordane. Sluttrapport 2001- 2004. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. Rapport nr. 3-2006. 36 s.

Gladsø, J. A. 2006b. Ungfiskregistreringar i Lærdalselva hausten 2005. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. Rapport nr. 4-2006. 19 s.

Gladsø, J. A. 2002. Ungfiskregistreringar i 10 regulerte elvar i Sogn og Fjordane 2001. Sluttrapport 2001- 2004. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. Rapport nr. 6-2002. 53 s.

Gladsø, J. A. & Hylland, S. 2004. Fisk i regulerte vassdrag i Sogn og Fjordane. Prøvefiske i 18 regulerte vatn og ei elv i Sogn og Fjordane i 2003 Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. Rapport nr. 2-2004. 115 s.

Heimstad, R. 2012. Biologisk mangfoldrapport – Mørkedøla pumpe. Sweco Norge rapport. 44 S.

Jensen, A. J. 1990. Growth of young migratory brown trout *Salmo trutta* correlated with water temperature in Norwegian rivers. *Journal of Animal Ecology* 59. S. 603- 614.

Jensen, A. J., Forseth, T. & Johnsen, B. O. 2000. Latitudinal variation in growth of young brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Animal Ecology* 69. S. 1010- 1020.

Jensen, A. J., Johnsen, B. O. & Saksgård, L. 1989. Temperature requirements in Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and arctic char (*Salvelinus alpinus*) from hatching to initial feeding compared with geographic distribution. *Canadian Journal of Fish. Aquatic Science* 46. S. 786- 789.

Jensen, A. J. & Johnsen, B. O. 1999. The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Functional Ecology* 13. S. 778- 785.

Jensen, A. J. & Johnsen, B. O. 1986. Different adaption strategies of Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations to extreme climates with special reference to some cold Norwegian rivers. *Canadian Journal of Aquatic Science* 43. S. 980- 984.

Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*

L'Abée-Lund, J. H., Jonsson, B., Jensen, A. J., Sættem, L. M., Heggeberget, T. G., Johnsen, B. O., Næsje, T. F. 1989. Latitudinal variation in life-history characteristics of sea-run migrant brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Animal Ecology* 58. S. 525- 542.

Refstie, T. 1979. Produksjon av smolt og settefisk. s. 96-111, I: T. Gjedrem (red.) Oppdrett av laks og aure. Landbruksforlaget, Oslo. 328 s.

Saltveit, S.J. 2006. Økologiske forhold i vassdrag –konsekvenser av vannføringsendringer. En sammenstilling av dagens kunnskap. NVE. 152 s.

Saltveit, S.J. 1989. Fiskeribiologiske undersøkelser i Suldalslågen, Rogaland. II. Lengdefordeling, vekst og tetthet av laks-og ørretunger i 1986, 1987 og 1988. Rapp. Lab.Ferskv. Økol. Innlandsfiske. Oslo. 113: 36 s.

Saltveit, S.J. & Sættem, L.M. 1991. Ørekyt i Lærdalselva, Sogn og Fjordane. Utbredelse og forslag til tiltak. Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo. Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske 126; 16 s.

Sandsbråten, K. 2012. Teknisk hydrologi og kort vurdering av hydrologiske konsekvenser av planlagt tiltak- Mørkedøla pumpe. Sweco Norge rapport. 34 s.

Sandsbråten, K. 2013. Simuleringer av temperatur-Mørkedøla pumpe. Sweco Norge notat. 3 s.

Sættem, L. M. 2010. Lærdalselva-Registrering av anadrom gytefisk høsten 2010. Ferskvannsbiologen. 23 s.

Sættem, L. M. 2012. Lærdalselva-Registrering av anadrom gytefisk høsten 2012. Ferskvannsbiologen. 20 s.

Søknad om planendring Mørkedøla pumpe. Østfold Energi 2012

Urdal, K. & Kålås, S. 1998. Ungfiskundersøkingar i Lærdalselva mellom Heggfoss og Svartegjelfoss, september 1998. Rågivende Biologer AS. Rapport 363. 10 s.

Wotton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, London. 404 s.

Vedlegg 1

Brev Lærdal Elveeigarlag v / Lasse Sælthun