Evaluering av celleterskler som avbøtende tiltak

Jo Vegar Arnekleiv, NTNU Vitenskapsmuseet (red.)

6
2012

RAPPORT MILJØBASERT VANNFØRING

FoU-programmet Miljøbasert vannføring

Programmet Miljøbasert vannføring skal styrke det faglige grunnlaget for god forvaltning av regulerte vassdrag. Det skal bidra til at miljøhensyn blir ivaretatt på en balansert og åpen måte med spesiell fokus på fastsettelse av minstevannføring og andre avbøtende tiltak.

Miljøkunnskap er aktuelt i forbindelse med nye vassdragskonsesjoner, revisjon av vilkår i gamle konsesjoner, miljøtilsyn og oppfølging av vannressursloven og EUs vanndirektiv. Programmet finansieres av Olje- og energidepartementet, og er forankret i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Programmets fase II har en tidsramme på fem år (2007-2011). Programmet er organisert med en styringsgruppe, bestående av representanter fra NVE, Direktoratet for naturforvaltning og energibransjen. Ressurspersoner fra nasjonale og regionale myndigheter bistår med fagkompetanse. Den daglige ledelsen av programmet er knyttet til Skred- og vassdragsavdelingen i NVE.

Evaluering av celleterskler som avbøtende tiltak

Norges vassdrags- og energidirektorat
2012

Rapport nr. 6 – 2012

Evaluering av celleterskler som avbøtende tiltak

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Jo Vegar Arnekleiv, NTNU Vitenskapsmuseet (prosjektleder)
Ulrich Pulg, UNI Miljø-LFI, Bergen
Tore Olav Sandnes, NVE Region Midt
Gaute Kjærstad, NTNU Vitenskapsmuseet
Bjørnar Skår, UNI Miljø-LFI, Bergen
Idunn Kirkreit, NVE
Tharan Fergus, NVE

Trykk: NVEs hustrykkeri
ISSN: 1502-234X **ISBN:** 978-82-410-0870-2
Forsidefoto: Celleterskler i Smådøla, sideelv til Numedalslågen.
Foto: Jo Vegar Arnekleiv

Sammendrag: Målet med prosjektet har vært å evaluere celleterskler som avbøtende tiltak med hensyn til vannøkologiske forhold, landskapsestetiske forhold, stabilitet og vedlikehold. Det er gjennomført undersøkelser i to eksempelvassdrag; Numedalslågen og Simadalselva. Celleterskler i kombinasjon med andre tiltak har gitt varierte og gode habitater for alle livsstadier til innlandsørret og sjøørret. Bunnfaunaen var relativt rik og variert med stor likhet i artssammensetning i celleterskler, strykstrekninger og terskelkroner. Både celleterskler og syvdeterskler har bidratt til å gi en mer variert elvemorfologi i nedre delen av Sima som, etter regulering og forbygning, ble vurdert som en homogen renne med lite fisk. Etter at tersklene ble bygget økte ungfisktetthet for sjøørret, det fantes mer gytefisk og mer gyteareal. Etter fjerning av tradisjonelle terskler, pålagt minstevannføring og etablering av celleterskler, stryk og bassenger, har nå Numedalslågen på strekningen et mer naturlikt uttrykk og kontinuerlig vanndekt areal. Utforming av celletersklene er viktig, da mye lik stein og skjematisk utforming av cellene kan gi et like «unaturlig landskapsbilde» som tradisjonelle rette terskler. En 50-årsflom i 2007 gjorde noe skade på tre av fem celleterskler, men i hovedsak sto celletersklene godt etter en slik flom. Det anbefales å kombinere fordelen ved ulike typer tiltak som celleterskler, terskelbassenger og strykstrekninger for å oppnå god økologisk funksjon og varierte hydrauliske forhold.

Emneord: Terskel, landskap, ørret, laks, bunndyr, habitat.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Postboks 5091 Majorstua, 0301 OSLO
Telefon: 09575 Internett: www.nve.no

Juni 2012

Innhold

FORORD 7

PROSJEKTLEDERENS FORORD 8

SAMMENDRAG 9

1. INNLEDNING 11

2. MÅLSETTING OG GJENNOMFØRING 12

   2.1 Mål med prosjektet 12

   2.2 Innhold og gjennomføring 12

3. CELLETERSKLER – EN OVERSIKT 14

   3.1 Hva er en celleterskel? Fysisk utforming og eksempler 14

   3.2 Nasjonal oversikt – vassdrag med celleterskler 18

4. EKSEMPELVASSDRAG NUMEDALSLÅGEN VED RØDBERG 24

   4.1 Vassdragsbeskrivelse, terskler og tiltak 24

   4.2 Metoder for biologiske undersøkelser 27

   4.3 Ungfisk og oppvekstvilkår 31

   4.4 Voksen fisk – oppvandring og fordeling av gytefisk relatert til celleterskler 36

   4.5 Bunndyr 36

   4.6 Vurdering av ferskvannsbiologiske forhold 37

   4.7 Landskapsmessige forhold 39

   4.8 Stabilitet 42

   4.9 Vedlikehold og kostnader 44

   4.10 Samlet vurdering av celletersklenes funksjon i Numedalslågen 44

5. EKSEMPELVASSDRAG SIMA I EIDFJORD 46

   5.1 Vassdragsbeskrivelse, terskler og tiltak 46

   5.2 Metoder for biologiske undersøkelser 49

   5.3 Voksen fisk – oppvandring og fordeling av gytefisk relatert til celleterskler 51

   5.4 Ungfisk og oppvekstvilkår 53

5.5 Bunndyr 62
5.6 Vurdering av biologiske forhold – diskusjon av resultatene..... 63
5.7 Landskapsmessige forhold 64
5.8 Stabilitet..... 65
5.9 Vedlikehold..... 65
5.10 Samlet vurdering av celletersklenes funksjon i Sima 65
6. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER..... 67
7. LITTERATUR 68

Forord

Bygging av ulike typer terskler har vært et vanlig tiltak for å bøte på miljøforholdene i regulerte vassdrag med redusert vannføring. Celleterskler er en relativt ny type terskler. Vi har gjennom dette prosjektet ønsket å evaluere effekten av celleterskler på vannøkologi og landskap, og å undersøke tersklenes stabilitet og vedlikeholdsbehov. De er også vurdert opp mot andre typer tiltak og mot andre typer terskler.

Prosjektet er en oppfølging av et tidligere prosjekt om evaluering av terskler som avbøtende tiltak, som ble rapportert i 2006. Også dette prosjektet ble gjennomført i regi av FoU-programmet Miljøbasert vannføring.

Prosjektet er finansiert av Norges vassdrags- og energidirektorat, Statkraft og Energi Norge.

Prosjektleder har vært Jo Vegar Arnekleiv, NTNU Vitenskapsmuseet.

Steinar Schanche
leder styringsgruppe

Anne Haugum
programleder

Prosjektlederens forord

Dette prosjektet kom i stand som en oppfølging av et tidligere prosjekt om evaluering av terskler som avbøtende tiltak, gjennomført i regi av programmet Miljøbasert vannføring. Det er lite erfaringsdata på effekter av celleterskler, og prosjektet har derfor gjennom ført egne ferskvannsbiolog iske under-søkelser i to ekse mpelvassdrag. Jeg vil takke Statkraft ved Rolf Jenssen og Num edals-Laugens Brugseierforening ved Nils Runar Sporan for god tilr ettelegging. Lars Rønning og Aslak D. Sjursen, NTNU Vitenskapsmuseet har bearbeidet fiske materialet fra N umedalslågen. I Sim a er bunndyr-materialet innsamlet og artsbestemt av Godtfred Anker Halvorsen ved Uni Miljø-LFI, Bergen. De mangeårige undersøkelsene i Sima er finansiert av Statkraft, mens tilleggsun dersøkelser relatert til celleterskler er finansiert av Miljøbasert vannfør ing, fase 2. Ansatte ved NVE har gitt om tale av landskapsestetikk og stabilitet, mens de ferskvanns biologiske undersøkelsene er gjennomført av Uni Miljø og NTNU Vitenskapsmuseet. Langt de fleste celleterskler bygget i norske vassdrag så langt er planlagt av Øko-Grønt AS ved Roland Heibl, og jeg takker ham for samarbeidet og nyttige innspill.

Trondheim, juni 2012

Jo Vegar Arnekleiv
prosjektleder

Sammendrag

Målet med prosjektet er å evaluere celleterskler som avbøtende tiltak med hensyn til vannøkologiske forhold, landskapsestetiske forhold, stabilitet og vedlikehold. For å kunne gjennomføre prosjektet var det nødvendig å velge ut noen eksempelvassdrag hvor det fantes undersøkelser før/etter bygging av celleterskler innen ett eller flere fagfelt, og hvor en kunne supplere med feltundersøkelser for å dokumentere celletersklenes effekt/virkning. Vi fant imidlertid kun ett vassdrag med celleterskler hvor det var gjennomført etterundersøkelser (Sima i Eidfjord, Hardanger). Til grunnlag for evalueringen ble det utført ferskvannsbiologiske undersøkelser i to vassdrag med etablerte celleterskler: Numedalslågen ved Rødberg i Buskerud og Sima. Rapporten gir en oversikt over fysisk utforming av celleterskler og eksempler på type celleterskler i kombinasjon med andre tiltak. Celleterskler vurderes som godt egnet der en f.eks. skal "ta opp" større høydeforskjeller nedstrøms et terskelbasseng. Celleterskler vil kunne gi en fordeling av vannet over større deler av elvesenga og skape variasjon i elvelandskapet. Når høydeforskjellen "tas" over flere sammensatte cellekonstruksjoner, vil celleterskene også ha stor hydrologisk bremseeffekt under flomvannføring, slik at også erosjonspotensialet blir redusert.

Det er gitt en oversikt over 15 vassdrag hvor det er bygget celleterskler.

I Numedalslågen mellom Rødberg og Norefjord var elva nærmest tørrlagt i 50 år på grunn av regulering. Ved fornyet konsesjon i 2001 ble det fastsatt en minstevannføring på 5,0 m³/s og 3,0 m³/s (sommer-vinter), og i 2004 ble fem gamle planketerskler erstattet av celleterskler og andre tiltak som elvekorrigering, steinøyer og strømstyring/innsnevringer ved bygging av buner. NTNU Vitenskaps-museet gjennomførte undersøkelser på bunndyr, ungfisk og fiskehabitat i 2009–2010, mens landskapsestetikk, stabilitet og vedlikehold ble vurdert av NVE på grunnlag av en befaring, bilder og innhentet informasjon. De ferskvannsbiologiske undersøkelsene i to høstperioder har i begrenset grad kunnet gi data om virkningen av celletersklene som sådan på fisk og bunndyr. Undersøkelsen gir imidlertid data om fisk og bunndyr i ulike habitater, inklusive celleterskler. Ved ungfisk-undersøkelsen ble det bare registrert to fiskearter på strekningen; ørret (*Salmo trutta* L.) og ørekyte (*Phoxinus phoxinus* L.). Ørekyte ble bare påvist i lav tetthet nederst i elva opp til Gvammen bru, mens ørret forekom på hele strekningen. Tettheten av årsyngel av ørret var lav (3–8/100 m²), og strekningen har små arealer med egnet gytesubstrat. Det er anbefalt å gjøre tiltak med utlegging av gytegrus. Tettheten av eldre ørretunger var middels god og i gjennomsnitt 25/100 m². Grovt substrat og mye stor stein gir mange skjulplasser i elva og gode ørrethabitater i terskelkroner, celleterskler og strykpartier. Celletersklene i Numedalslågen gir varierte substrats-, dybde- og vannhastighetsforhold nedstrøms terskelbassengene og bidrar til varierte fiskehabitater som også gir skjul for større fisk. Undersøkelsen gir imidlertid ikke svar på hvordan ørret kan forsere fallstrekningene med celleterskler på gytevandring. Bunnfaunaen var relativt rik og variert med stor likhet i artssammensetning på strykstrekninger, celleterskler og terskelkroner.

Etter fjerning av de tradisjonelle tersklene og etablering av celleterskler, har elva nå et mer naturlikt uttrykk og et kontinuerlig vanndekt areal. Veksling en mellom blant annet ulik bredde på elvesenga, konstruerte strykpartier, terskler med organisk formspråk og større enkeltsteiner lagt ut her og der, gir samlet et inntrykk av en naturlig variert elv med en viss dynamikk til tross for lave vannføringer. For å oppnå god variasjon er det viktig å benytte stein av ulik størrelse, da mye lik stein og skjematisk utforming av cellene kan gi et like "unaturlig landskapsbilde" som de tradisjonelle rette tersklene. Tiltakene i Nu medalslågen ble bygget i et elveløp med utvasket grov morenestein, og tiltakene vurderes som stabile. Det er også lite trolig at sedimentasjon av terskelbassengene og celletersklene vil

bli et problem. En 50-årsflom i 2007 gjorde noe skade på tre av fem celleterskler, men i hovedsak sto celletersklene godt etter flommen.

Både celleterskler og syvdeterskler har bidratt til å gi en mer variert elvemorfologi i nedre delen av Sima som, etter regulering og forbygning, ble vurdert som en homogen renne med lite fisk. Etter at tersklene ble bygget (2002), økte ungfisktetthet for sjøørret, det fantes mer gytefisk og mer gyteareal. Fortsatt finnes mer gyting og ungfisk i øvre delen av elva, men fordelingen er jevnere enn før. Ved siden av sjøørret finnes laks i Sima. Bestanden gikk generelt tilbake i hele vassdraget, og i 2010–2011 fantes knapt laks. Ål ble ikke observert, men den finnes trolig i elva.

Begge terskeltyper har forskjellige fordeler og ulemper mht. fiskehabitat. Syvdetersklene ga terskelbassenger med større vanndyp (refugier ved f.eks. tørke), mer populære fiskeplasser og større sammenhengende gyteareal. Terskelbassengene var derimot mer utsatt for avsetting av finsediment, og vandringsbetingelser for fisk vurderes som dårligere ved lave vannføringer. Celletersklene vurderes som bedre egnet til å skape skjul, habitat for ungfisk, flekkvis gyteareal og vandringsmuligheter ved både høy og lav vannføring. Landskapsmessig ble celletersklene vurdert som bedre egnet siden de ikke virker like store og kunstige som syvdeterskler. Stabiliteten til både celleterskler og syvdeterskler ble vurdert som tilfredsstillende, selv om det har skjedd mindre forandringer i løpet av 9 år.

Som hovedkonklusjon anbefales det å kombinere fordelene ved begge terskeltyper: Kulp-terskelsekvenser som har enkelte større kulper og flere celleterskler istedenfor én høy terskelkant. En slik kombinasjon kan gi gyteareal, ungfiskhabitat, standplasser for adulte fisk, vandringsvei, dype områder og fiskeplasser.

Celleterskler kan i enkelte tilfeller bidra til å erstatte strykstrekninger med kulper i elver der stryk er en manglende habitattype. I slike tilfeller er det ikke ønskelig å erstatte stryk med kulper (celleterskler) ut fra målsetting om å bevare god økologisk funksjon og varierte hydrologiske forhold.

Av norske elver med bygde celleterskler hvor det er gjennomført flerårige undersøkelser, kjenner vi bare Sima og Samnangervassdraget. Vi etterspør tverrfaglige undersøkelser som kan gi bedre kunnskap om celletersklers funksjon.

1. Innledning

Å bygge terskler har vært et utbredt kompenserende tiltak, særlig i regulerte vassdrag med redusert vannføring. Hensikten har ofte vært å skape et vannspeil (landskapsestetikk) i elver med liten restvannføring, men også å bedre miljøforholdene for bl.a. fisk. Terskler er oftest bygd for å skape et mer eller mindre stilleflytende basseng (terskelbasseng) ovenfor konstruksjonen og/eller skape en dyp høl (erosjonsgrop, kulp) på nedsiden. Terskelbygging har skjedd over en lang periode, og det er stor variasjon i både alder og type terskler. Et landsomfattende forskningsprosjekt, Terskelprosjektet, ble startet i 1975. Hensikten var å øke kunnskapen om økologiske forhold i vassdrag med terskelbygging. For å gi alle de som arbeidet med planlegging og bygging av terskler et bedre faglig grunnlag, ble det i Kraft og miljø-serien fra NVE gitt ut et eget hefte om terskler, vassdrag og landskap (Hillestad 1982). Terskler og andre biotoptiltak ble også viet et kapittel i NVE Vassdragshåndboka (Fergus mfl., 2010), der det er lagt vekt på biologiske, estetiske og vassdragstekniske sider ved forskjellig type terskler. Resultatene fra Terskelprosjektet ble oppsummert av Mellquist (1985). Biotopjusteringsprogrammet var en naturlig oppfølging av Terskelprosjektet, men hadde et noe bredere siktemål: "å prøve ut nye tiltak som kan redusere skader og ulemper ved inngrep i vassdrag" (jf. Eie og Brittain 1990). Resultatene fra dette programmet ble oppsummert i Faugli et al. (1993) og i Eie et al. (1995). Fjellheim (1993) og Brittain et al. (1993) har gitt en grundig oppsummering om datidens kunnskap om effekten av terskler og steinsetting på bunndyr og fisk i regulerte vassdrag. NVE har også gjennomført FoU-programmet Etterundersøkelser, der det foreligger rapporter som omhandler effekter av terskelbygging og tiltak i regulerte vassdrag (jf. Kroken & Faugli 1991, Haugum 1998). Noen prosjekter relatert til effekter av terskler og andre tiltak i regulerte vassdrag er videreført etter 1994 (jf. Fagerlund & Grundt 1997). Med bakgrunn i data fra åtte vassdrag ble det i 2006 foretatt en evaluering av terskler som et avbøtende tiltak (Arnekleiv mfl. 2006). I konklusjonene pekes det på at i vassdrag med redusert vannføring har terskler bidratt til å opprettholde vanndekket areal, kulper og variasjon. For å bevare fiskebestandene i sterkt regulerte elver har tersklene i stor grad fungert etter hensikten, spesielt for ørret. Men det pekes også på problemer/utfordringer knyttet til landskapsestetikk, sedimentasjon og gjengroing av terskelbassenger, og at tersklene kan forsinke oppvandringen for fisk. Særlig gjelder dette vandrende arter som laks. I Nidelva (Arendal) ble flere terskler fjernet med godt resultat for å bedre oppgang og habitat til laks (Fjeldstad et al. 2011). I de senere årene er det i flere vassdrag bygget celleterskler i stedet for vanlige løsmassterskler. Celleterskler er en type terskler som landskapsmessig synes å være bedre enn de tradisjonelle og oftere rette løsmasse- og planketersklene, eller tradisjonelle syvdeterskler. I noen vassdrag har denne typen terskler vært i funksjon i flere år, og det er mulig å ta en gjennomgang av effekten på økologi og landskap. Innhenting av erfaringsdata fra vassdrag med celleterskler viste imidlertid at det var svært få vassdrag hvor det var gjennomført før-/etterundersøkelser i forbindelse med bygging av celleterskler. Det ble derfor valgt ut eksempelvassdrag for innhenting av egne data innenfor ferskvannsøkologi og landskapsestetikk. Det var også behov for å se på hvordan terskler best kan kombineres med andre avbøtende tiltak. Prosjektets evaluering av celleterskler som avbøtende tiltak er en oppfølging av prosjektet om terskler i Miljøbasert vannføring, fase 1 (Arnekleiv et al. 2006).

2. Målsetting og gjennomføring

2.1 Mål med prosjektet

Målet med prosjektet er å evaluere celleterskler som avbøtende tiltak med hensyn til vannøkologiske forhold, landskapsestetiske forhold, stabilitet og vedlikehold.

2.2 Innhold og gjennomføring

For å kunne gjennom føre prosjektet var det nødvend ig å velge ut noen eksempelvassdrag hvor det fantes undersøkelser før/etter by gging av celleterskl er innen ett eller flere fagfelt, og hvor en kunne supplere med feltundersøkelser for å dokumentere celletersklenes effekt/virkning. Det ble derfor, i samarbeid med NVE, gjennomført en gjennomgang av aktuelle vassdrag. Det viste seg å være et fåtall vassdrag hvor det var gjennomført undersøkelser av celletersklers funksjon.

I utgangspunktet hadde bestillingen følgende innhold:

Det skal lages en nasjonal oversikt over by gde/planlagte celleterskler. Det skal samtidig gis en oversikt over dokumentasjon som foreligger om celletersklenes effekt/virkning.

I en vurdering av virkningene av celleterskler skal følgende faktorer vurderes:

- Landskapsmessige forhold. Vurdere tersklenes utseende, også forholdene rundt terskelbasseng oppstrøms.
- Biologiske forhold. Passeringsmuligheter for fisk og eventuelt andre vannlevende organism er skal vurderes. I tillegg skal det vur deres oppholdssted for småfisk (også øreky te) og begroingsforhold. Negative og positive sider for biologiske forhold skal beskrives.
- Stabilitet, oppøring og graving nedstrøms skal vurderes.
- Vedlikehold. Erfaring med hvor ofte og hv or omfattende vedlikeholdet har vært skal gjennomgås.
- Om mulig skal det også sies noe o m kostnadene ved byggingen av celleterskler sammenliknet med tradisjonelle terskler.
- De samlede positive og negative sider oppsummeres og vurderes opp mot tradisjonelle terskler (syvedeterskler, løsmasseterskler og betongterskler).
- Terskelbygging skal også vurderes opp m ot andre typer tiltak og i kom binasjon med andre typer tiltak som kulpgraving, fiskeutsetting etc. i de undersøkte vassdragene.

Undersøkelsen ble im idlertid nedskalert i for hold til økonomiske ressurser o g gjennomført etter et revidert budsjett av 16. mars 2009. Til grunnlag for evalueringen ble det bestemt å utføre under-søkelser i to vassdrag med etablerte celleter skler: Numedalslågen ved Rødberg i Bus kerud og Simadalselva ved Eidfjord i Hard anger. I tillegg skulle det innhent es erfaringer/data fra by gging av celleterskler i andre deler av landet.

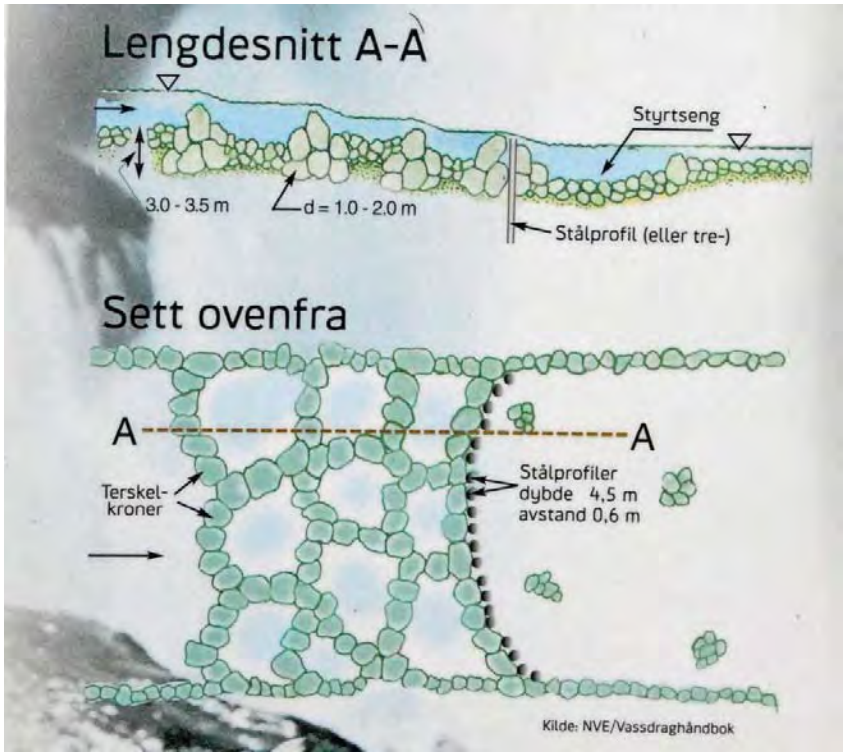
Arbeidet startet med en felles befaring og fotodokumentasjon av celleterskelområdet ved Rødberg den 17. september 2009 med deltakere fra NVE, Statkraft og NTNU Vitenskapsmuseet. Etter befaringen ble det opprettet lokaliteter for undersøkelse av bunndyr og ungfisk. To områder med celleterskler ble valgt ut for nærmere datainnsamling. I Sima ble det gjennomført en felles befaring med deltakere fra NVE, Statkraft, Uni Miljø-LFI i Bergen og NTNU Vitenskapsmuseet-LFI 13.–14. oktober 2010. Uni Miljø-LFI har i flere år gjennomført undersøkelser på fiskebiologiske forhold på oppdrag fra Statkraft. I tilknytning til igangværende aktivitet har Uni Miljø-LFI gjennomført innsamlinger også for evaluering av celletersklenes funksjon. Stabilitet og eventuell virkning på sedimenttransport og erosjon er vurdert ved hjelp av bilder.

3. Celleterskler - en oversikt

3.1 Hva er en celleterskel? Fysisk utforming og eksempler

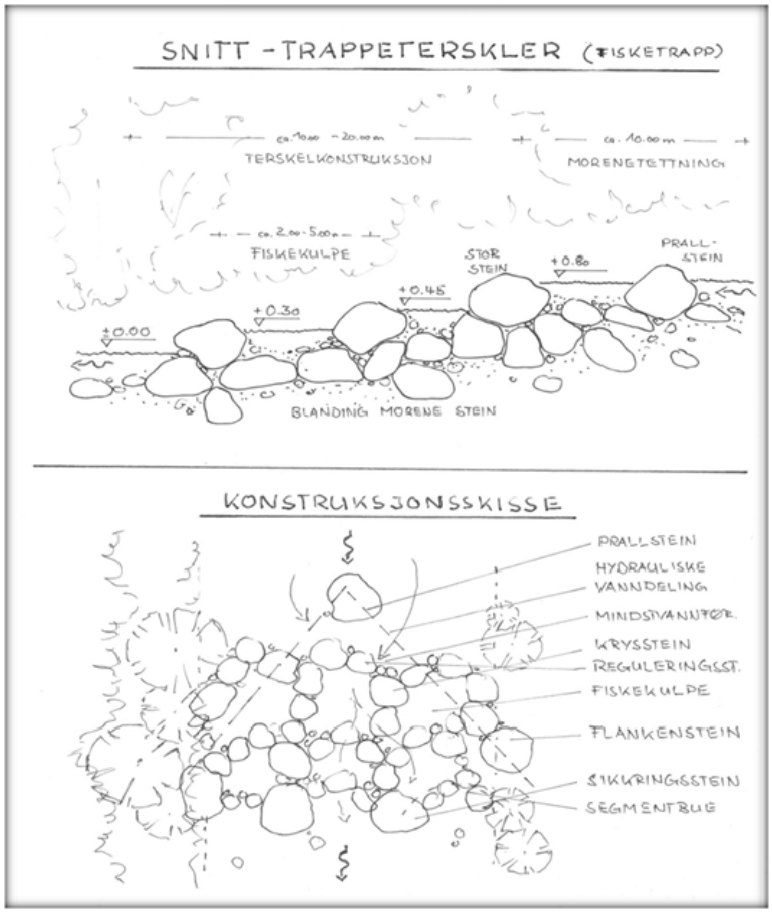
Som navnet tilsier bygges celleterskler oftest som flere trekantliknende eller runde konstruksjoner (celler) sammen, slik som illustrert i figurene 1, 2 og 3. Dermed kan en større fallhøy de tas over flere sammensatte cellekonstruksjoner av stein og over et større område. Av den grunn kalles også celleterskler i noen sammenhenger for trappeterskler.

Teknisk benyttes vanligvis store steiner i konstruksjonene, og for fundamentering benyttes store steiner som graves ned i tetningsmasse (morene- og leirmasser). Steinene settes i en trekant eller rund formasjon, slik at steinene presses mot hverandre av vannstrømmen. Ofte benyttes en stor stein (pralstein) i forkant av konstruksjonen for å fordele vannstrømmen og vanntrykket. Cellene forankres mot land med en større stein (flankestein – se konstruksjonsskisse). For å hindre erosjon og utgraving i nedre kant av celletersklene, kan det brukes stålprofiler, men vanligvis benyttes store steiner som forankres dypt i grunnen. Forutsatt at det benyttes tetningsmasse i hver celle, vil konstruksjonen og steinformasjonene føre til at det alltid er vann i cellene, også ved lave vannføringer (figur 2). På høye vannføringer vil vannet gå over steinrekkene og skape god dybde og turbulent vann i cellene, og dermed oppholdsplasser og oppvandringsmuligheter for fisk.



Figur 1. Skjematisk illustrasjon av celleterskler. Kilde: NVE Vassdragshåndboka og plansje fra Statkraft.

Figur 2. Oversikt over nyb ygde celleterskler i den regulerte elva S mådøla, en si deelv til Numedalslågen. Vannstrømmen ko mmer inn fra hø yre kant i bildet. Foto: Aslak D. Sjursen, 20 09.



Figur 3. Konstruksjonsskisse av celleterskel. Kilde: Roland Heibl, Øko-Grønt AS ©.

Celleterskler er godt egnet der en f.eks. skal ta opp større høydeforskjeller nedstrøms et terskelbasseng. I stedet for et grunt strykparti mellom stein eller et konsentrert strykparti i ei smal renne nedstrøms en løsmasseterskel, vil celleterskler kunne gi en fordeling av vannet over større deler av elvesengen og skape variasjon i elvelandskapet (figur 4). Når høydeforskjellen tas over flere sammensatte cellekonstruksjoner, vil celletersklene også ha stor hydrologisk bremseeffekt under flomvannføring, slik at også erosjonspotensialet blir redusert. På liten vannføring kan vannstrømmen styres mellom celleterskler for å skape små kulper og strykpartier (figur 4). I Numedalslågen er også celleterskler benyttet i utforming av terskelkronen for å erstatte en rett terskelkrone med en terskelkrone med større variasjon i både vanndyp og linjeføring (figur 4).

Figur 4. Bilder av to celleterskelområder som viser terskelkrone, celleterskler og strykpartier i Numedalslågen. Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

I små vassdrag kan celleterskler beny ttes som enkeltkonstruksjoner (figur 5), men kan og så bygges sammen med andre tiltak som strømbuner, steinsetting og kul pgraving. I Sima gir to cell eterskler sammen med buner/strømstyring og kulper variasjon i et strykparti (figur 6).

Figur 5. Enkel celleterskel i Sima (venstre bilde) og Bora, Edland, Telemark.
Foto: Jo Vegar Arnekleiv (venstre) og Roland Heibl (høyre).

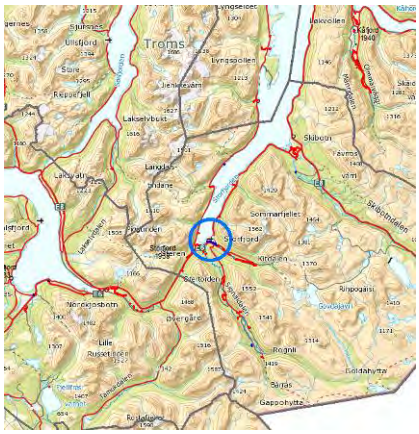
Figur 6. Oversikt over et strykparti i Sima med celleterskler og strømstyring.
Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

3.2 Nasjonal oversikt – vassdrag med celleterskler

Vi har benyttet eksisterende databaser i NVE og tatt kontakt mot konsulenter og de største kraftselskapene for å forsøke å få laget en landsoversikt over vassdrag hvor det er bygget celleterskler eller der celleterskler er under bygging. Listen pretenderer langt fra å være fullstendig, men gir en oversikt over vassdrag hvor vi pr. i dag sitter med opplysninger om at celleterskler er/blir bygget. Ofte bygges imidlertid celleterskler som ett av flere avbøtende tiltak, og det vil derfor være vassdrag hvor uliketiltak blir gjennomført, men hvor vi ikke har fanget opp at tiltakene også innebærer bygging av celleterskler.

1. Manndalselva, Kåfjord kommune, Troms. Manndalselva har vært varig vernet siden 1973, men de nedre delene av vassdraget er sterkt påvirket av menneskelig aktivitet, og er bl.a. kanalisert i forbindelse med flomsikring og jordbruk. NVE har i 2002–2003 gjennomført miljøtiltak med bl.a. bygging av celleterskler og biotoptiltak (NVE Faktaark nr. 5 2003). Det er gjennomført noen undersøkelser på fiskevandring (kilde: Audun Rikardsen, UiT).

2. Kvitdalselva, Storfjord kommune i Troms. Miljøtiltak på tidligere kanalisert elvestrekning utført i mai 2007 av NVE. Det er bygget 2 celleterskler.



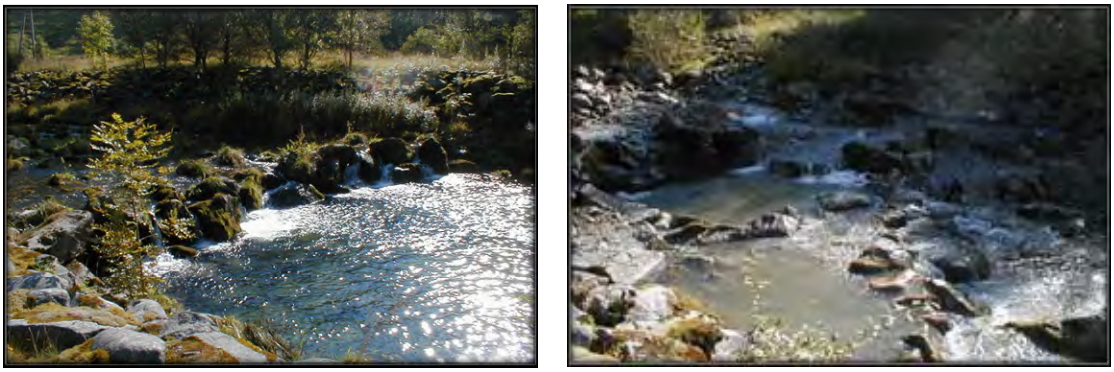
Før tiltak >

Etter tiltak >

3. Toåa i Surnadal, Møre og Romsdal. Deler av Toåa ble overført til Drivavassdraget gjennom bygging av Driva kraftverk i 1973 (TrønderEnergi), og elva har siden hatt redusert vannføring. Etter regulering ble det bygget en rekke terskler i Toåa. Flom og erosjon medførte skade på tersklene, som nå er reparert i henhold til revidert terskelplan, der det også skulle bygges 2 celleterskler. Bare én ble bygget, men utformingen ble ikke som planlagt på grunn av dårlige grunnforhold.

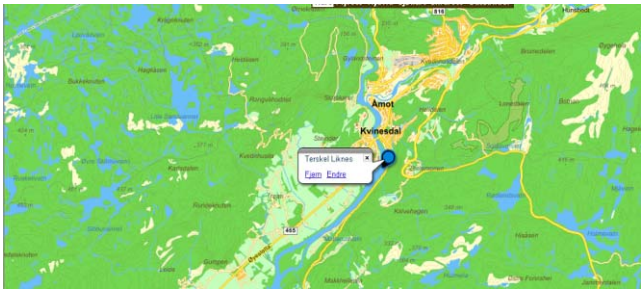
4. Sima i Eidfjord, Hardanger. Statkraft har gjennomført flere miljøtiltak og bl.a bygd 2 celleterskler (se omtale og vurdering i denne rapporten).

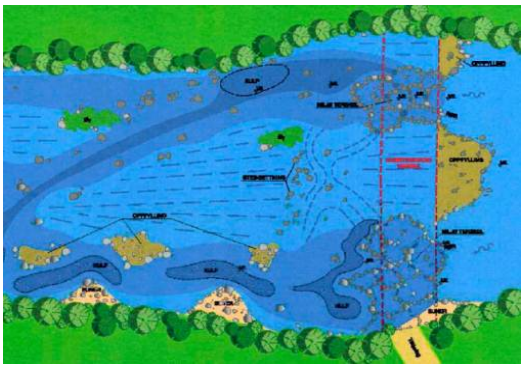
5. Austrepollelva i Mauranger, Hardanger. Ved utbyggingen av Mauranger kraftverk (Statkraft) i 1969–1974 ble vannføringa i Austrepollelva kraftig redusert. Det ble gjennomført et større restaureringsarbeid i nedre del av elva i 2002. Gamle, høye (2 m fall) løsmasseterskler ble erstattet av syvdeterskler og trappeterskler/cellelerskler for å lette oppgangen av anadrom fisk og bedre miljøforholdene. Det er utgitt et miljøstatusark i 2011 (Miljøstatus Austrepollelva. Statkraft).



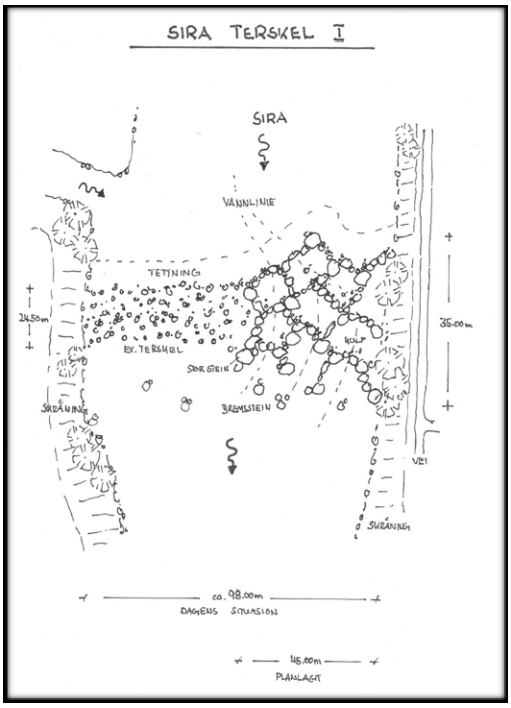
Austrepollelva. Bilde før og etter restaurering av gammel steinterskel. Foto: Roland Heibl.

6. Kvina v/Liknes og Svindland, Kvinesdal kommune. Sira-Kvina kraftselskap. Terskel Liknes i utløpet av Kvina er delvis bygd om til celleterskel. Tersklene er ombygd bl.a. for å lette oppvandring av laks og for å forbedre gyte- og oppvekstområder. Tiltaket ble gjennomført i 2011.





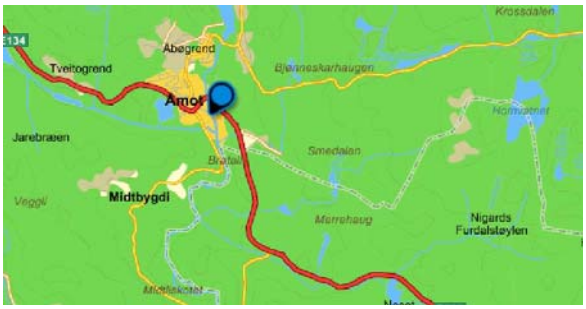
7. Sira v/Sirdalsvatn og Nedre Skeie, Sirdal kommune, Rogaland. Sira-Kvina kraftselskap. Elva er regulert. Gamle løsmasseterskler ble ombygd til celleterskler i 2008, dels med tanke på landskapsestetikk og dels for bedring av fiskevandringen. Illustrasjoner: Roland Heibl.



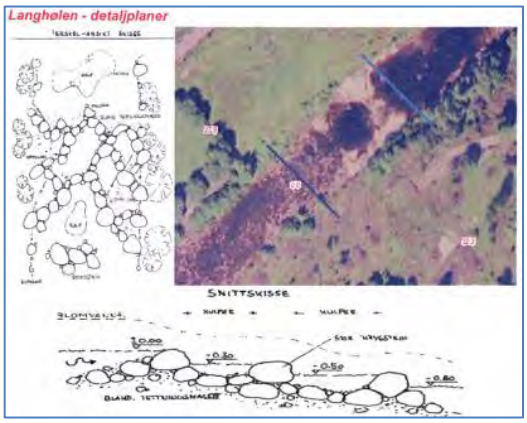
8. Hønavassdraget. Sira-Kvina kraftselskap. Hønavassdraget er regulert, og det er nor malt svært liten vannføring, men det kan periode vis være høy flomvannføring. Tre gamle terskler ved henholdsvis Hønetjønn, Hy ttelona og Svolekvær ble ombygd, delvis til celleterskler i 2007–2008. Illustrasjoner: Sira-Kvina kraftselskap.

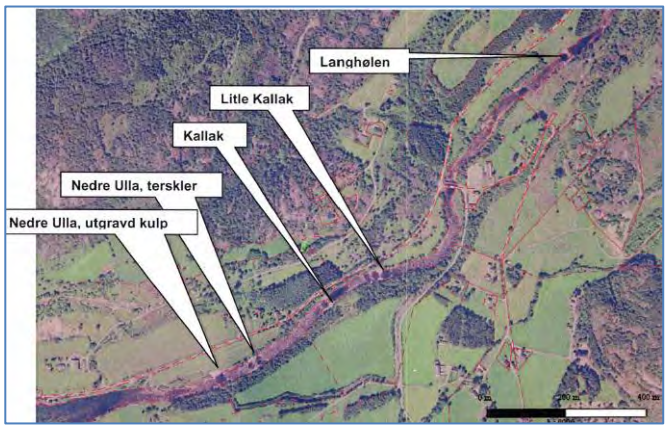
9. Måna, Rjukan i Telemark. Regulant er Øst-Telemarkens Brukseierforening. Måna er reguler t gjennom flere reguleringer i perioden 1911–1957, og nederste del er kanalisert. Det er ing en minstevannføring. Regulanten har de senere årene gjennomført flere miljøtiltak og har bygget 4 celleterskler. Det har også vært gjenn omført flere fiskeundersøkelser i Måna (jf. Heggenes & Sageie 2006), men det har ikke vært midler til å gjø re etterundersøkelser etter de omfattende miljøtiltakene (Jan Heggenes pers. medd.).

10. Åmot i Vinje komm une, Telemark. Regulert elv mellom Vinjevatn og Dalen. Det er ingen restvannføring. Samarbeidsprosjekt mellom Vinje kommune og Statkraft der det er bygget t o terskelområder, hver m ed 2–3 celleterskler i in nløp og utløp av kulp i 2002. Tersklene har i ettertid vært utsatt for flo mmer, og det ble utført reparasjonsarbeider i 2 010.



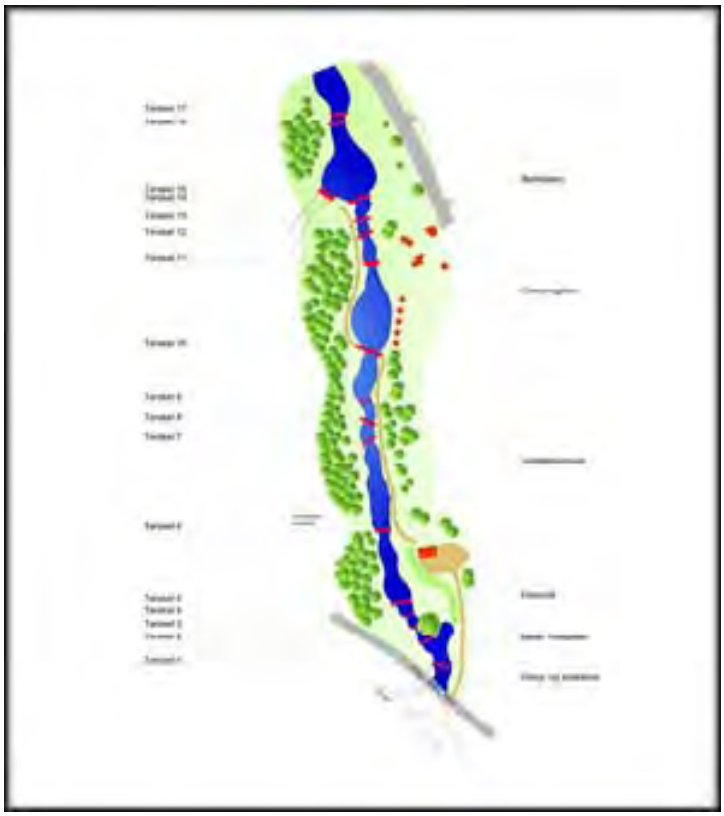
11. Ulladalsåna i Hjelmeland og Suldal k ommuner, Rogaland. Ulla-Førre, Statkraft. I regulerte Ulla er det ikke m instevannføring. Lakseførende strekning er ca. 9 km , og terskelbygging ble utført i 1983. Senere er det foretatt reparasjone r og oppgradering av terskler (syvdeterskler) og kulper, senest i 2008. Det skal være by gget 5 celleterskler de senere årene (Lang hølen). Det er utgitt et miljøstatusark (Statkraft Miljøstatus Ulladalsåna 2011).





12. Mosåi og By rteåi, Tokke kommune, Tele mark. Mosåi er en regulert elv (By rte kraftverk, Statkraft) uten m instevannføring mellom Byrtevatn og Mosvatn, mens Byrteåi er innløpselv til Byrtevatn. Vassdraget ligger mellom Dalen og Åmot i Telemark. Celleterskler ble bygget sammen med andre biotoptiltak i 2003 og 2004 av Statkraft. Flere av cellene ble ødelagt i en fl om i 2010 og ble reparert i 2011.

13. Bora, sideelv til Vinjeåi ved Edland, Vinje komm une, Telemark. Regulert elv uten minstevannføring. Statkraft er regulant. Det ble pl anlagt og gjen nomført terskelbygging og andre biotoptiltak i nedre del a v bekken før samløp Vinjeåi i 2006. Opprinnelig ble det planl agt 13 terskler, derav 6 celleterskler, men dette ble noe redusert ved gjennom føringen. Skissen viser planløsning med bl.a. celleterskler. Illustrasjoner: Roland Heibl.



14. Numedalslågen og Smådøla, Rødberg kommune, Buskerud. Regulerte elver med gjennomførte tiltak. Statkraft er regulant. Nærmere omtale og vurderinger er gitt i denne rapporten.

15. Isielva ved Sandvika i Bæru m kommune. Det er bygget 1 celleterskel her i 2009 (Roland Heibl pers. medd.).

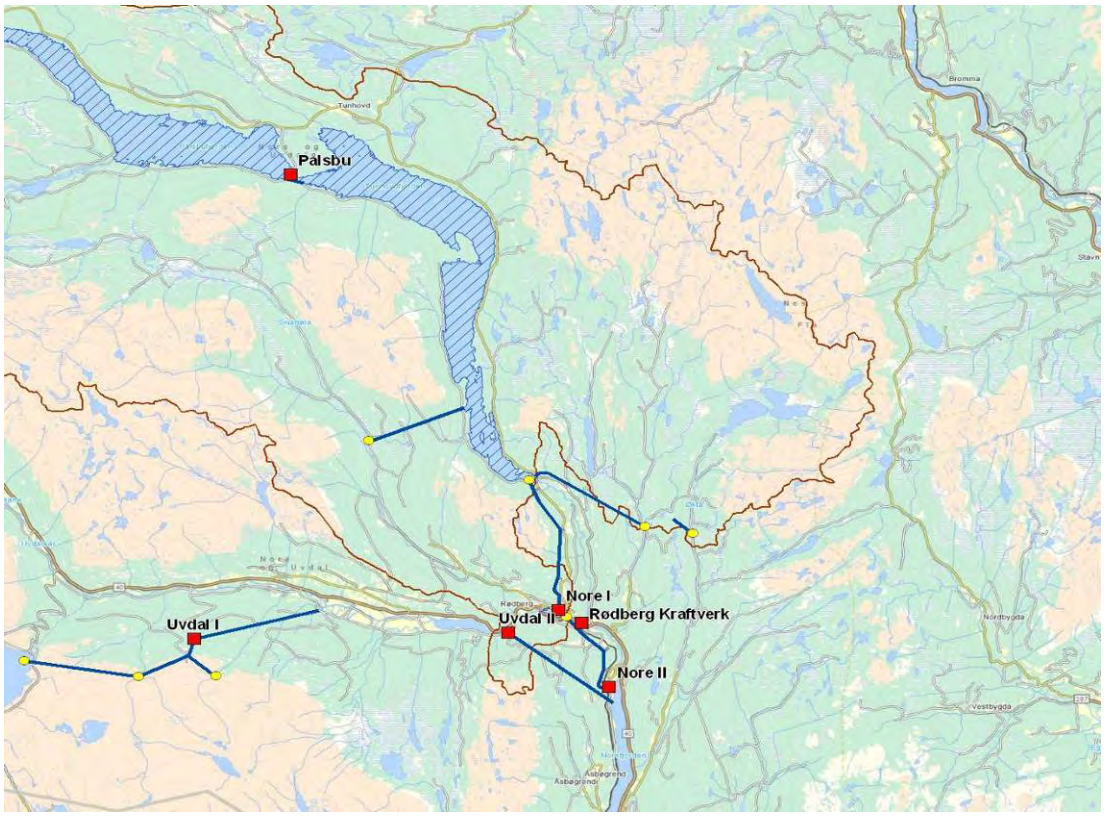
16. Lysakerelva, Oslo. Det skal være b ygget 8 celleters kler i nedre del av elva. Dokumentasjon mangler.

17. Storelva i Samnangervassdraget, Samnanger kommune. Nederst i Storelva ble det bygget noen få celleterskler i 20 05, og det er utført undersøkelser i periode n 2005-2011 (Sægrov et al. 2011).

4. Eksempelvassdrag Numedalslågen ved Rødberg

4.1 Vassdragsbeskrivelse, terskler og tiltak

Numedalslågen (NVE vassdragsnr. 015 Z) er med sine 324 km, Norges tredje lengste vassdrag. Vassdraget har sitt utspring ved Normannslågen (1 2 44 moh.) på Hardangervidda og har utløp i sjøen ved Larvik. Det totale nedslagsfeltet er på 5 670 km². I øvre deler av Numedalslågen, mellom Flesberg og Geilo, renner elva gjennom områder som vesentlig består av harde bergarter og løsavsetninger, noe som gir lite næringssalter i elva. I Numedalsvassdraget er det i dag 6 magasinkraftverk og 7 elvekraftverk. I øvre del av vassdraget samles vannet fra Hardangervidda opp i Pålsbufjorden og Tunhovdfjorden. Derfra ledes vannet ned til Nore 1 ved Rødberg og Nore 2 ved Norefjorden. Vannet fra Uvdalselva samles også opp, først i kraftverket Uvdal 1, og deretter ledes vannet ned til Uvdal 2 ved Norefjorden (figur 7).



Figur 7. Oversikt over vannkraftreguleringene i Numedalslågen ved Rødberg.
(Kart: Numedals-Laugens Brugseierforening, NLB).

På de regulerte strekningene fra Tunhovd til Norefjorden og fra Rødberg til Norefjorden ble det i konsesjonen for Nore 1 (1914) ikke gitt noen bestemmelse om minstevannføring. Strekningen er på omlag 5 km og har vært nærmest tørrlagt i 50 år. Det er kun tilsiget fra et lite restfelt hvor det ble bygget noen terskler for å holde et vannspeil, som har gitt vann til elva. I sammenheng med

gjennomføring av EUs vanndirektiv er strekningen Rødberg–Norefjorden karakterisert som sterkt modifisert vannforekomst, SMVF, og økologisk status før 2001 ble betegnet som "ødelagt" på grunn av fravær av permanent sammenhengende vanndekke (Skarbøvik mfl. 2006).

I fornyet konsesjon ved Kongelig resolusjon 18. mai 2001 ble det bl.a. gitt nytt manøvreringsreglement som fastsetter en minstevannføring for strekningen Rødberg–Norefjorden på 5,0 m³/s og 3,0 m³/s henholdsvis sommer (1. mai–31. august) og vinter (1. september–30. april) (figur 8).

Figur 8. Celleterskelområde på strekningen Rødberg–Norefjorden med minstevannføring 5,5 m³/s (øverst) og 3,5 m³/s (nederst). Foto: NLB.

I konsesjonen inngikk også bestemmelser om en samlet terskel- og tiltaksplan. Numedalslaugens Brugseierforening, i samarbeid med firmaet Øko-Grønt v/ Roland Heibl, utarbeidet en terskel- og tiltaksplan for strekningen, og etter godkjenning av planen i NVE ble det i 2004 byttet ut fem gamle terskler (delvis ødelagte av flom) med nye celleterskler og habitattiltak (figur 9 og 10). Utenom bygging av celletersklene ble det foretatt korrigeringer i elveløpet i form av utlagte steinøyer, strømstyring, ved å bygge buner av stein og samling av vannstrøm ved innsnevring av elveløpet.

Figur 9. Bilde av gammel planketerskel (venstre) og samme område etter bygging av celleterskler (høyre). Foto: NLB.

Figur 10. Bilde av celleterskelområde i Numedalslågen. Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

Vanntemperaturen på strekningen Rødberg–Norefjorden ble målt på to lokaliteter i 2010–2011 og viser en sommertemperatur opp mot 14–15 °C, mens vintertemperaturen er relativt høy på ca. 2 °C nedstrøms Rødberg kraftverk, noe som sannsynligvis har sammenheng med tapping av vann fra Rødbergdammen gjennom kraftverket (figur 11). På vinteren avkjøles vannet ned til Gvammen hvor vanntemperaturen kunne bli 1–2 °C kaldere enn nedstrøms Rødberg kraftverk. Figuren viser også at vanntemperaturen var noe høyere nedstrøms kraftverket enn ved Gvammen bru under høst-avkjølingen i september–november. Høye temperaturer nedstrøms Rødberg kraftverk i ca. tre uker fra 22. april 2011 må sannsynligvis skyldes at måleren har ligget tørt.

Figur 11. Gjennomsnittlig vanntemperatur pr. døgn i Numedalslågen på st. 1 og 9 i perioden 22. juni 2010–25. september 2011.

Elvestrekningen Norefjorden–Rødberg har opprinnelig vært et viktig gyte- og oppvekstområde for ørret fra Norefjorden før regulering (Dønnum & Garnås 1993). Næringspotensialet for ørret i Norefjorden er meget gode i form av fórfisk som sik og røye, men det betinger at ørreten når en minimumsstørrelse (>20 cm) for å være stor nok til å gå over på fiskediett og samtidig være mindre utsatt for predasjon fra andre fiskearter når den går ut i innsjøbassenget. Etter opplysninger skal Norefjorden ha tette bestander av småfallen fisk (sik, abbor, ørret og røye), foruten ørekyte, men det tas også årlig stor ørret her (fiskeforvalter Erik Garnås pers. medd.). En undersøkelse av ungfiskbestanden av ørret på fire lokalitetar mellom Norefjorden og Rødberg i 1992 (Dønnum & Garnås 1993) viste at det, også i perioden før bygging av celleterskler og minstevannføring, var en bestand av stasjonær ørret i området. De senere årene er det opplyst (Nils Runar Sporan pers. medd.) at det har blitt tatt fisk på 4 kg i de nye terskelbassengene i 2008 og flere på 1–2 kg. Dette kan tyde på at det igjen foregår oppvandring av større ørret på strekningen opp til Rødberg kraftverk. Det er imidlertid ikke kjent om det har blitt foretatt noen ferskvannsbiologiske undersøkelser i området etter 1992.

4.2 Metoder for biologiske undersøkelser

Datainnsamling til de biologiske undersøkelsene i Numedalslågen ble gjennomført i periodene 15.–18. september 2009, 21.–24. september 2010 og 12.–15. oktober 2010, foruten at det ble logget vanntemperatur gjennom vel ett år.

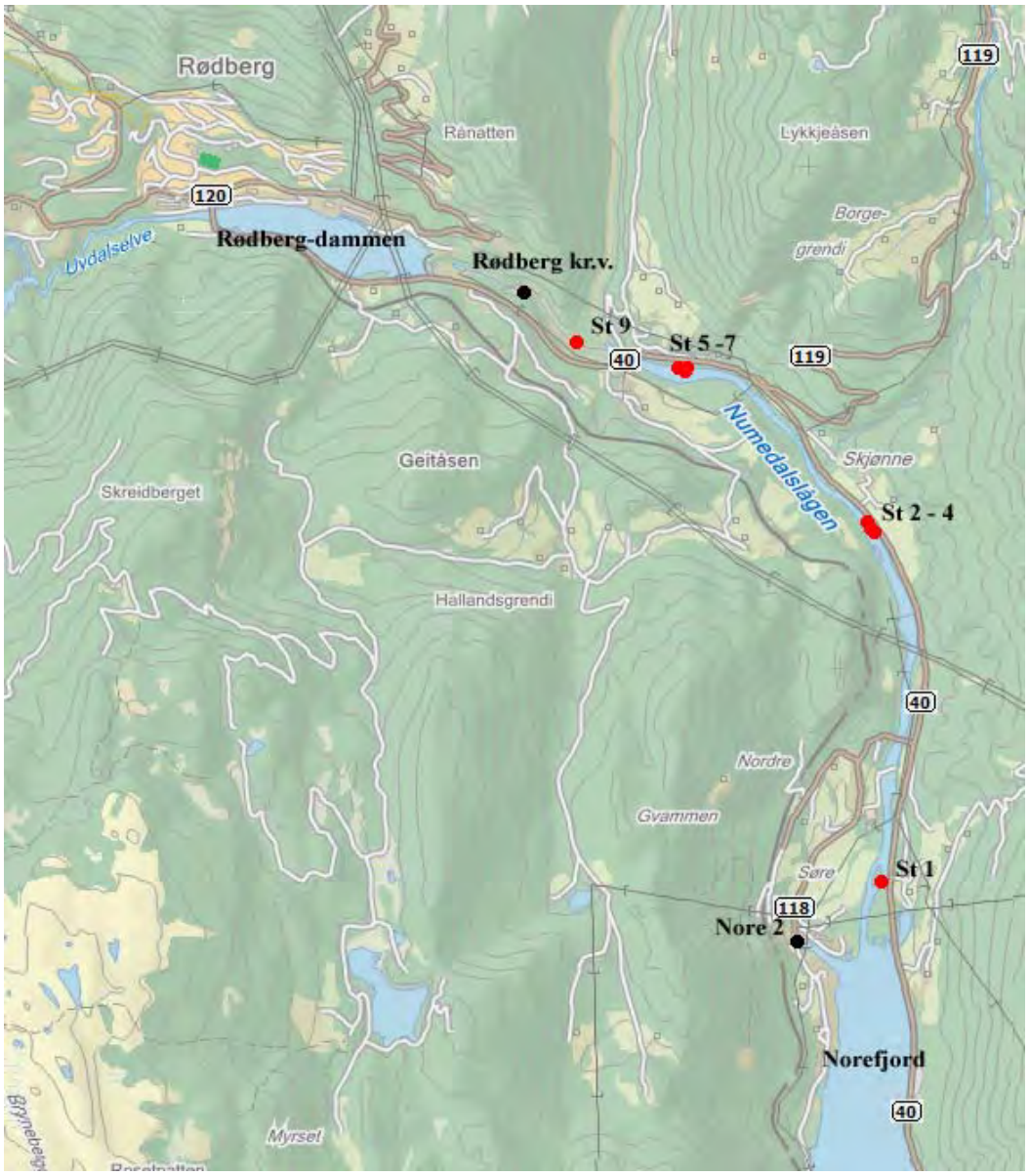
For å undersøke fordeling av ungfisk mellom ulike habitater (strykstrekning, celleterskler og terskelkrone) og rekruttering av ørret, ble det foretatt tetthetsfiske med elektrisk fiskeapparat på oppmålte arealer. Kvantitativt elfiske med tre omgangers overfiske ble gjennomført på hver stasjon i henhold til standard metodikk (Bohlin et al. 1989) i september–oktober 2009 og 2010. På lokaliteter

med lave fisketettheter og/eller vanskelige fiskeforhold kan beregningene ofte bli usikre. I de tilfeller der 95 % konfidensintervall blir større enn tetthet sestimatet har vi brukt summen av de tre fiske-omgangene som uttrykk for fisketettheten (observert tetthet). Tetthetsestimat ved elfiske er forbundet med en del feilkilder. Vannføring, temperatur og vannkvalitet (særlig konduktivitet) påvirker effektiviteten ved elfiske. Vannet her har lav konduktivitet (målte verdier 11–22 µS/cm). Tetthetsfiske ble imidlertid i begge år gjennom ført ved minstevannføring 3 m³/s og god vanntemperatur (>7 °C). Data fra elfiske i to år gir et øyeblikksbilde av fordelingen av ungfisk av ørret mellom ulike habitater, men det trengs en lengre tidsserie fra flere lokaliteter for å kunne identifisere flaskehalser og økologisk funksjon i dette vassdragsavsnittet etter nytt minstevannføringsregime og omfattende miljøtiltak.

Tettheten av ungfisk av ørret er beregnet for hver aldersklasse (0+, 1+ og >2+). All fisk samlet inn ved elfiske ble artsbestemt og fiksert på etanol for senere analyse av alder ved lesing av otolitter. I tillegg til tetthetsfiske ble det gjennomført én omgangs elfiske på noen utvalgte still eflytende elvepartier i nedre del av strekningen for å sjekke forekomst av ørekyte.

De undersøkte områdene ble valgt ut for å kunne gi en status av ungfiskbestanden på strykpartier uten større tilrettelegging (st. 1, 2 og 5), i områder med celleterskler (st. 3, 6, dels 7) og på terskelkroner inn mot terskelbasseng (st. 4, 7 og 9). Figur 12 viser stasjonenes beliggenhet, mens figur 13 viser bilde av to av terskelområdene med skraverte områder for tetthetsfiske. Det nederste terskelområdet (st. 2–4) er kalt terskelområde 1, terskelområdet nedstrøms riksvegbrua (st. 5–7) er kalt terskelområde 2 i videre benevning av områdene med celleterskler. Celletersklene i terskelområde 1 tar opp et fall på ca. 0,8 m, mens fallet som tas opp i terskelområde 2 er ca. 1,1 m.

Forekomst av gytefisk ble undersøkt ved punktelfiske over større arealer i terskelområdene og visuell observasjon i tre utvalgte celleterskelområder (st. 2–4, st. 5–7 og st. 9, figur 12). Det ble ikke foretatt gytefisktellinger ved drivdykking, men elvetverrsnittene i de tre nevnte terskelområdene ble vadet over for registrering av gytegroper.



Figur 12. Kart over undersøkelseso mrådet med avmerket plassering av pr øvetakingsstasjoner for elfiske og bunndyr (kartkilde: Statkraft).

I to av celleterskelområdene (figur 13) ble det foretatt en bonitering av fysisk habitat ved at det ble lagt én til to transektlinjer på tvers av elva på stry kstrekning, område med celleterskler og på terskelkrone. For ca. hver annen meter ble det foretatt måling av vanndyp og vannhastighet og notert dominerende substrat. Vannhastighetene ble målt med en Schiltnecht Mini Air 2 måler på om lag 2/3 av vanndypet.

Figur 13. Elfiskeområder (skravert, st. 2–4) i tilknytning til cellertersklene nedstrøms Skjønne kirke (terskelområde 1, øverst), og om råder (skravert, st. 5–7) tilknyttet cellertersklene nedstrøms riksveg-brua (terskelområde 2, nederst). Skraverte områder representerer ikke nøyaktige elfiskearealer.

Bunnsubstratet ble delt inn i fire kategorier og ble basert på en modifisert Wentworth-skala:

1) Finsubstrat - fin grus, sand, silt, leire med partikkelstørrelse < 2 cm

2) Grus - Partikkelstørrelse 2–16 cm

3) Stein - Partikkelstørrelse 16–35 cm

4) Stor stein og blokk - Partikkelstørrelse >35 cm

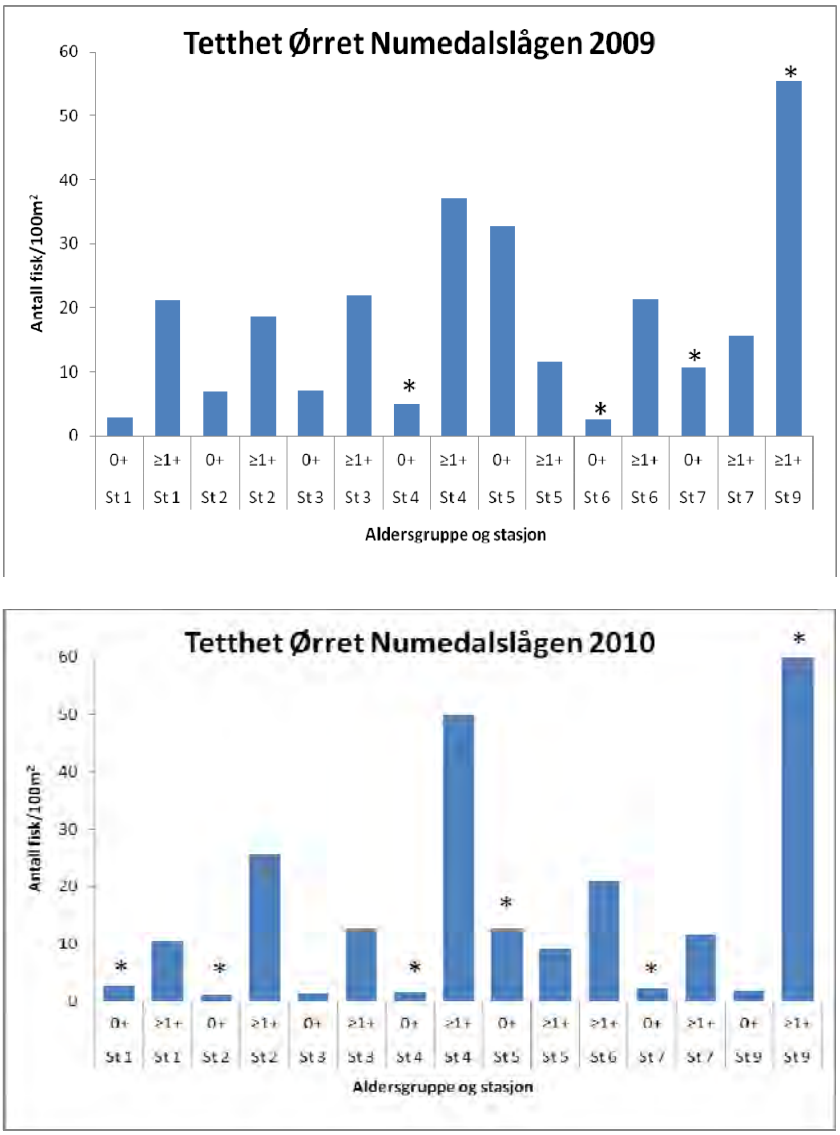
4.3 Ungfisk og oppvekstvilkår

4.3.1 Artsfordeling og tetthet

Ved ungfiskundersøkelsen ble det bare registrert to fiskearter på strekningen; ørret (*Salmo trutta* L.) og ørekyte (*Phoxinus phoxinus* L.). Under tetthetsfiske ble ørekyte bare påvist i lav tetthet på stasjon 1 (nederst i elva). Punktvis elfiske på rolige elve partier mellom Norefjorden og Skjønne kirke påviste ørekyte bare opp til en kjøreterskel nedstrøms Gvammen bru (jf. figur 12) og i lite antall. Det ble imidlertid funnet svært små yngel av ørekyte nedstrøms Gvammen bru, noe som viser at ørekyte reproduserer i området.

Tettheten av årsyngel (0+) av ørret var generelt lav både i 2009 (gjennomsnitt 8,2/100 m²) og særlig i 2010 (gjennomsnitt 2,8/100 m²) (figur 14). Dette stemmer bra med habitatkartleggingen som viste dominerende forekomst av stein og blokk i elveløpet og lite grus. Bare på stasjon 5 var det en god tetthet av årsyngel. Her er det noe mer grus i deler av elveløpet og derfor bedre muligheter både for gyting og yngelhabitat. Vi vil imidlertid understreke at tetthetsfiske på 0+ med så få og spredte stasjoner bare gir begrenset informasjon om fordelingen av årsyngel på elvestrekningen. I tillegg er det metodiske usikkerheter med tetthetsestimering av 0+ i et så grovsteinet elveløp med lav ledningsevne i vannet.

Tettheten av eldre ørretunger varierte mye mellom lokalitetene (figur 14) og var i gjennomsnitt 25/100 m² både i 2009 og i 2010. I cellertersklene varierte tetthetene mellom 13 og 22 fisk/100 m², mens de største tetthetene ble funnet på to av de tre undersøkte terskelkronene inn mot terskelbassenget (st. 4 og 9, figur 14). På terskelkrona nedenfor Rødberg kraftstasjon (st. 9) var tettheten på 54–60 ørret/100 m², vesentlig større ørret (>2+), og tettheten er sannsynligvis underestimert siden mye fisk ble observert å svømme inn i bassenget eller slippe seg ut over terskelkronen ved første omgang fiske. Grunnen til den høye tettheten var rikelig med stor blokk som skapte masse hulrom innover terskelkronen mot de dypere områdene innenfor. Tilsvarende var det også mye stor stein i flere lag på st. 4 (terskel nedstrøms Skjønne kirke). På terskelkronen st. 7 var derimot tettheten av ørret relativt lav (11–15/100 m²). Her var tettingen i form av leire synlig flere steder og plastringen med stein oppå tettingen var bare i et tynt lag. Dette gir lite skjul for fisk og et "pakket" substrat. Dette illustrerer hvor viktig utforming og plastring med stein er ved terskelbygging for å gi nok skjul og gode oppholdssteder for ørreten. Det er ellers kjent at mengden av skjul av ulik størrelse har stor betydning for elvas bæreevne av ungfisk av ulike aldersklasser (jf. Finstad et al. 2007).

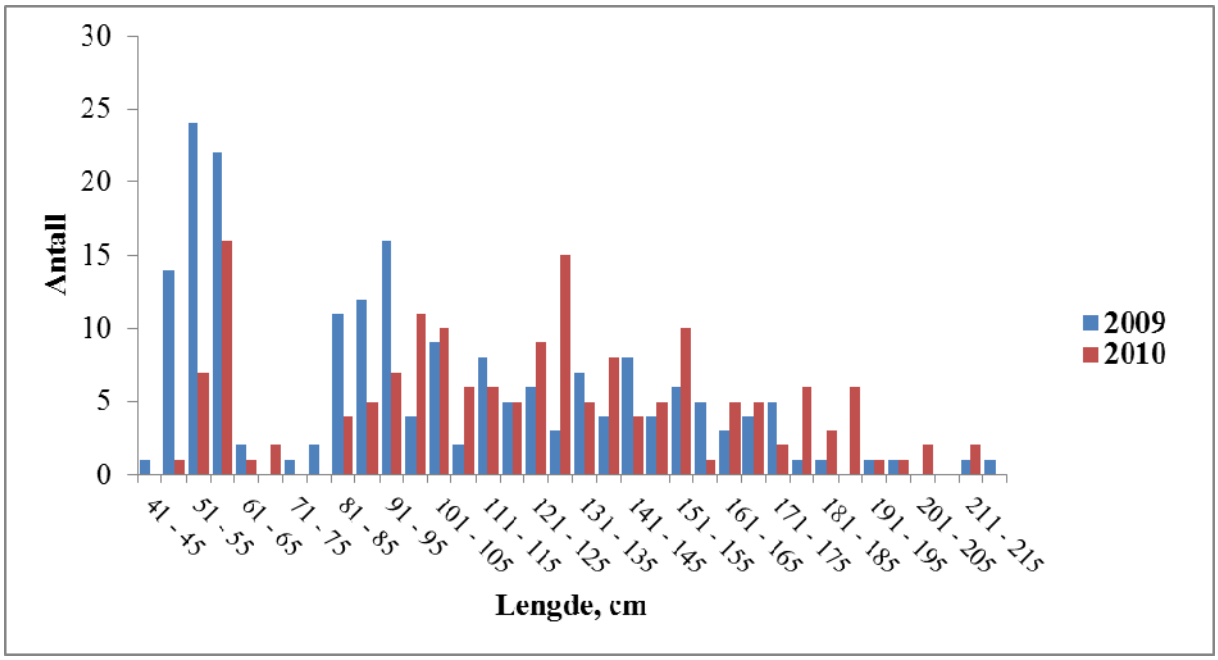


Figur 14. Tettheter (Zippinestimater n/10 0m²) av ørretun ger (årsyngel, 0+, og eldre, ≥1+) i Numedalslågen mellom Rødberg og Norefjord i 2009 og 2010. * = observert antall.

Dønnum & Garnås (1993) gjennomførte et elfiske på fire lokaliteter mellom Norefjorden og Rødberg i 1992 og fant tettheter av årsyngel på 3–18/100 m² og tettheter av eldre ørretunger på 17–39 /100 m². Det er i midlertid vanskelig å sa mmenlikne disse tallene med våre data, siden lokalitetene og forholdene er forskjellig i de to periodene. Men resultatene viser at det også i perioden før 2001 fantes en stasjonær ørretbestand med lokalt bra tetthet av ungfisk.

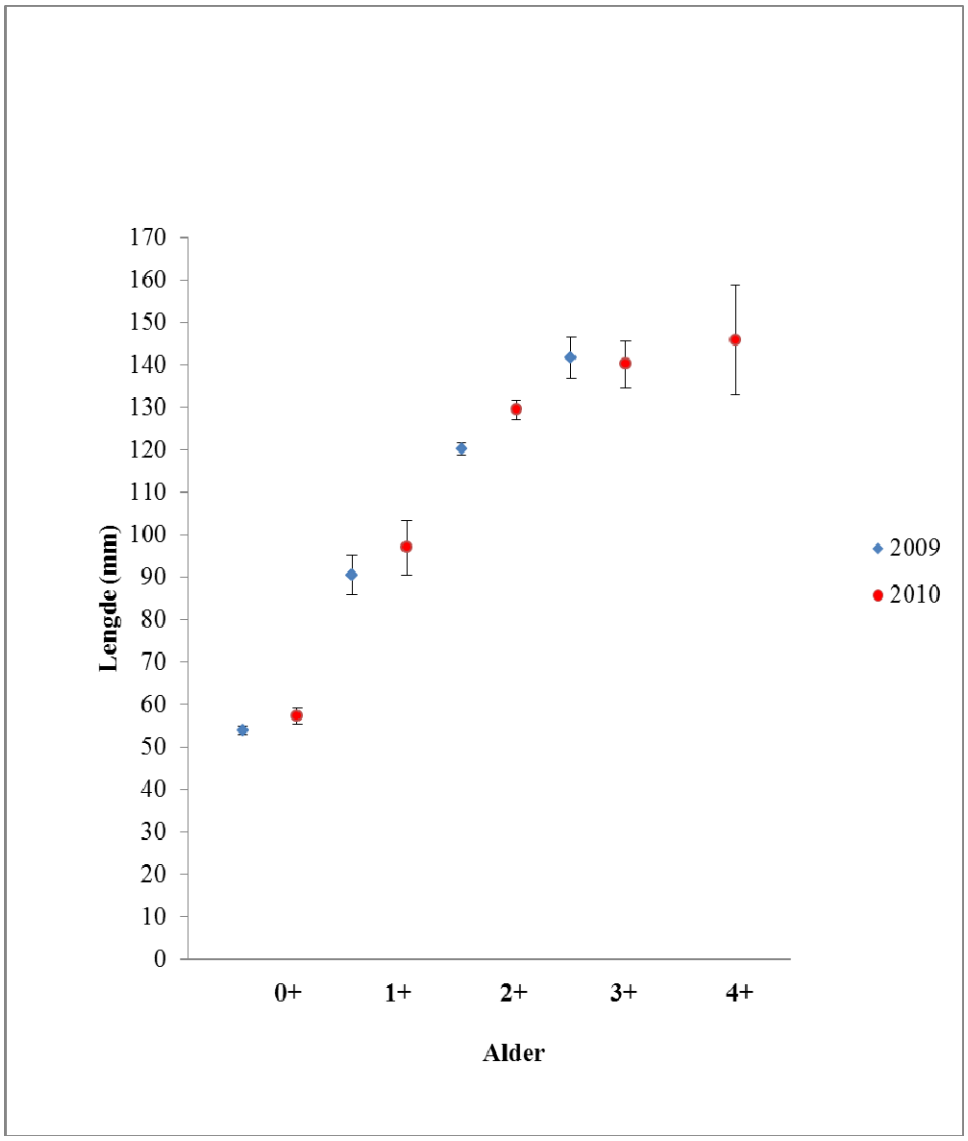
4.3.2 Lengdefordeling og vekst

Lengdefordelingen av totalfangsten av ørret under elfisket på hele elvestrekningen i 2009 og 2010 er vist i figur 15. Årsyngelen (0+) skiller seg ut som gruppe med fiskelengder på 40–70 mm begge årene, mens det blir større overlapp i lengde mellom aldersgruppene for større fisk.



Figur 15. Lengdefordeling av ørret fanget på elfiske på alle stasjonene (totalmateriale) i 2009 og 2010.

Ungfiskens gjennomsnittslengde ved ulik alder er vist i figur 16. Årsyngelen av ørret nådde en lengde på i gjennomsnitt 54–57 mm, mens gjennomsnittslengden til 1+ og 2+ var henholdsvis 90–97 mm og 120–129 mm de to årene. Dette viser god vekst hos ørret. For de tre første aldersklassene (0+, 1+ og 2+) var gjennomsnittslengden større i 2010 enn i 2009. Ørretens vekst er i første rekke betinget av vanntemperaturen og tilgang på næring. Vi vil anta at vanntemperaturen var noe høyere i vekstsesongen 2010 enn i 2009, men det foreligger temperaturmålinger kun for vekstsesongene 2010 og 2011 (jf. figur 11).



Figur 16. Gjennomsnittslengder (mm ± 95 % c.i.) til ulike aldersgrupper ørret i elfiskematerialet fra 2009 og 2010.

4.3.3 Habitat

Numedalslågen mellom Rødberg og Norefjorden er dominert av et storsteinet elveløp og varierte fallforhold, med et totalt fall på snaut 40 m. Fra Rødberg kraftverk og ned til riksvegbrua er det en noe bratt strekning med et fall på 17 m. Nedstrøms celleterskler under kraftverket er det et strykparti med småfosser i et storsteinet bratt løp ned til riksvegbrua. Fra riksvegbrua er det et stort terskelbasseng med god dybde mot celleterskelområde 2 (st. 5– 7) som tar opp et fall på 1,1 m . Herfra og til Norefjorden er det en slak fallstrekning hvor det er bygd fire celleterskelområder, og hvor elva går i et storsteinet løp med varierte hydraulisk e forhold etter bygging av celleterskler og minstevannføring. Nedenfor Gvammen bru er det et terskelbasseng mot en gammel kjøreter skel (nå o mbygd med celleterskler) og med overgang til strykpartier og mer stilleflytende elvepartier ned mot Norefjorden. På denne strekningen er det kun to mindre steinterskler og ellers ingen elvekorrigeringer utenom noen eldre flomsikringer. Alle elvepartiene på strekni ngen Rødberg–Norefjorden er dominert av mye stor

blokk og steinsubstrat, su bstratkategori 4 o g 5. Det er ikke for etatt dybdeoppmåling av terskelbassengene, men de virker å være relativt dype og gir et godt habitat for større ørret (jf. figur 17). På elvestrekningen ble det i kke registrert sammenhe ngende gyteområder, og egnet gytegrus finnes sparsomt og på mindre flekker på strykpartier og i noen celleters kler. Det er li te finsediment å se på hele strekningen, med unntak av noen terskelkroner hvor tettingsmasse fra byggingen er synlig.

Vanndyp, vannhastighet og substrat ble registrert i transekter på de to u tvalgte områdene med celleterskler. Vannhastighet og d yp målt på terskelkrone vil h elt avhenge av hvor lang t inn på terskelkrona en måler. Fordi te rskelkrona var by gd i buer ble det likevel en del variasjon i dyp og vannhastighet. Størst gjennom snittsdyp ble likevel registrert i transekter gjennom områder med celleterskler (tabell 1). Gje nnomsnittlig vannhastighet varierte mellom 15 og 25 cm/s. Vi registrerte stor variasjon i både vannhastighet og dyp i celletersklene, med største målte dyp på 125 cm. Når en i tillegg har overflatekrusninger på grunn av vannstrøm inn i cel leterskelen, viser dette at celletersklene kan gi gode standplasser også for større fisk. Substratet i de undersøkte transektene var totalt dominert av blokk og stein, 95 % substratkategori 3 og 4. Gr us, som kunne være egnet gytesubstrat, ble bare registrert som små, spredte felt i noen av tersklene og strykpartiene.

Tabell 1. Målte dyp o g vannhastigheter i transekter ove r terskelkroner, o områder bestående av celleterskler og strykstrekninger nedstrøms celletersklene i to o områder i Nu medalslågen, Rødberg. Målingene ble foretatt på minstevannføring 3,0 m³/s.

Øvre celleterskel (St 5 - 7)						
	Dyp cm (gj-snitt)	± SD Dyp	Dyp max - min	Vannhastighet (gj-snitt)	± SD Vannhastighet	Vannhastighet max - min
Terskelkrone	41,0	16,0	70 - 20	20,0	0,14	0,5 - 0
Celleterskler	57,0	19,3	90 - 15	15,0	0,17	0,77 - 0
Stryk nedenfor	39,3	12,4	60 - 15	15,0	0,34	1,07 - 0
Nedre celleterskel (St 2 - 4)						
	Dyp cm (gj-snitt)	± SD Dyp	Dyp max - min	Vannhastighet (gj-snitt)	± SD Vannhastighet	Vannhastighet max - min
Terskelkrone	43,9	18,2	90 - 20	20,0	0,15	0,63 - 0
Celleterskler	57,2	22,5	125 - 25	25,0	0,23	1,07 - 0,01
Stryk nedenfor	46,8	13,5	70 - 25	25,0	0,15	0,5 - 0,04

Figur 17. Celleterskler (venstre) og terskelbasseng (høyre) representerer to ulike fiskehabitat. Numedalslågen. Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

4.4 Voksen fisk – oppvandring og fordeling av gytefisk relatert til celleterskler

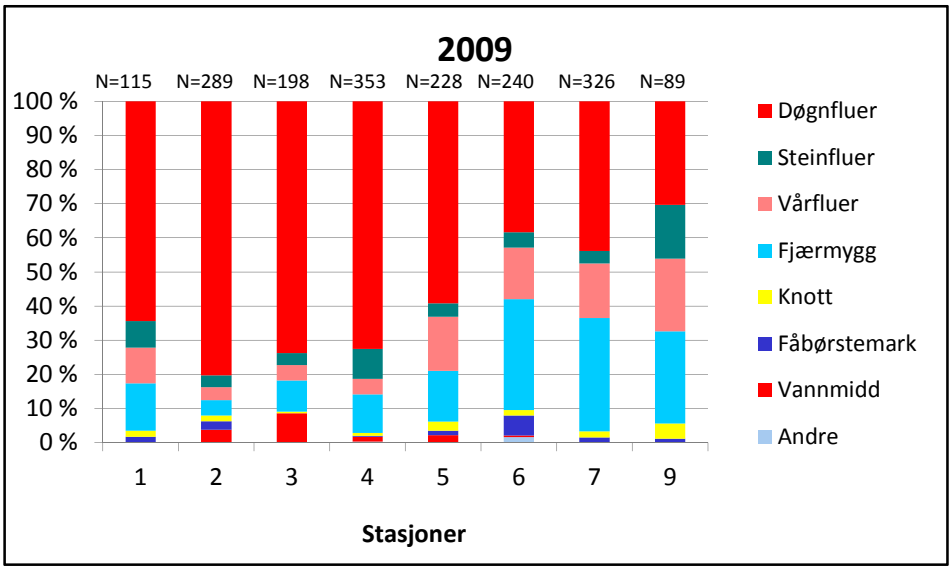
Større ørret ble registrert ved elfiske, både tetth etsfiske og punktelfiske, i september og oktober 2011, foruten ved visuell observasjon. På stasjon 9, øvers t på strekningen ved Rødbe rg kraftverk, ble det fanget 10–15 gytefisk av ørret med størrelse 17–30 cm. Vi antar at dette hovedsakelig er stasjonær ørret. Også på terskelo mråde 1 og 2 registrerte vi flere gy teørret med størrelse 17–25 cm, mest hannfisk, og trolig stasjonær ørret. Vi registrerte også to litt større ørret på anslagsvis 0,5–1 kg i terskelområde 1 (st. 2–4). I terskelområde 2 (st. 5–7) ble det i en celleterskel registrert en g ytehunn på anslagsvis 1–2 kg m ed lysere tegninger og to noe mindre g ytefisk på ca. 0,5–1 kg. Det er mulig at dette kan ha vært oppvandrende gytefisk fra Norefjord. Undersøk elsen ga imidlertid ikke grunnlag for å si noe om fordeling av gytefisk i forhold til celletersklene og andre områder, og undersøkelsen gir heller ikke grunnlag for å vurdere hvordan celletersklene fungerer i forhold til vandring.

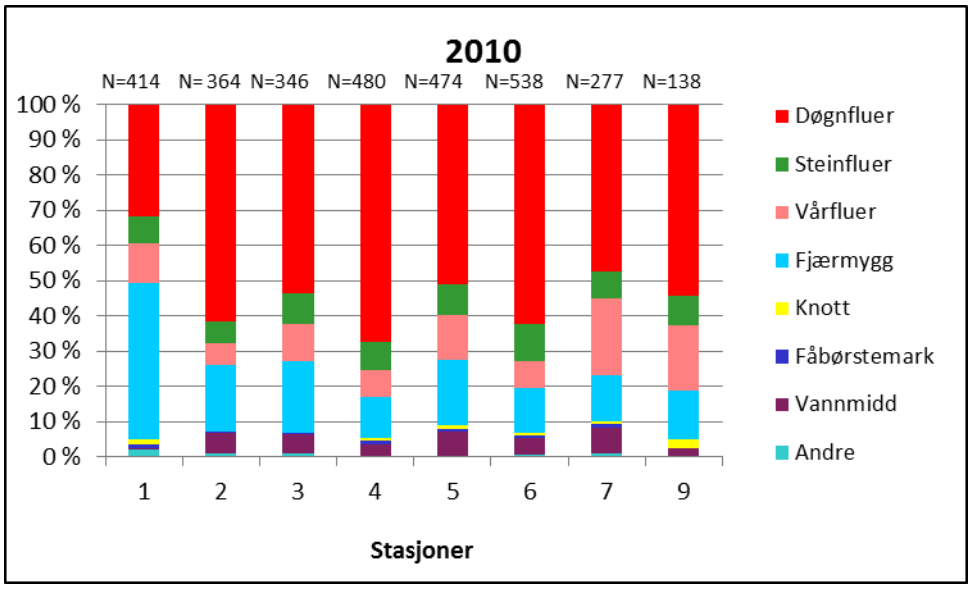
Det var vanskelig å registrere gy tegroper av uviss år sak. Vi fant med sikkerhet bare 1 g ytegrop; i en celleterskel i terskelområde 2. De t var også bare spredte og små arealer med egnet gytegrus i de undersøkte områdene.

4.5 Bunndyr

Prøver tatt av bunnfaunaen viste dom inans av døgnfl uer på alle lokalitetene i begge årene (figur 18). Fjærmygg, vårfluer og steinfluer var også tallrike. Det var ikke sy stematiske forskjeller i fauna-sammensetning mellom lokalitetene på stry kstrekninger, celleterskler og terske lkroner. Dette kan ha sammenheng med at det v ar relativt bra vannhastigh et der prøvene ble tatt, selv på terskelkroner og i celletersklene, og at steinsubstrat dom inerte på al le lokalitetene. Relative t ettheter (gj.sn. antall pr. prøve) varierte fra 89 til 535 indi vid/prøve og m ed høyere gjennomsnittstall i 2010 (379 i nd./prøve) enn i 2009 (230 ind./prøve). Dette kan im idlertid ha sammenheng m ed noe ulikt prøveantall de to årene, men det kan også ha sammenhen g med tidsavstand til storflommen i 2007. Det er i andre elver vist at bunndyrsamfunnet kan bli redusert etter storflommer (jf. Fjellheim et al. 1993).

Artssammensetning av døgnfluer, steinfluer, vårfluer, biller og snegler i prøvene er gitt i vedlegg 1. Totalt ble det registrert 12 døgnfluearter, 9 steinf luearter, 14 vårfluearter, 2 vannbillearter og 2 arter snegl. Ingen av de registrerte artene er på den norske rødlista (Kålås et al. 2010). Døgnflua *Baetis digitatus* er ikke vanlig fo rekommende, men er tidligere påvist i Numedalslågen og Drammenselva. Døgnfluefaunaen var dominert av *Baetis rhodani.* Steinfluearten *Dinocras cephalotes*, vår største steinflueart, blir ofte registrert i grovt substrat og ble funnet på alle lokalitetene. Artssammensetningen var relativt lik m ellom de ulike lo kalitetene (vedlegg 1), og det ble registrert arter både typisk for stilleflytende elv (eks. *Centroptilum luteolum*) og typiske arter på stryk (eks. *Rhyacophila nubila*). Elvestrekningen må sies å ha en rikt utformet bunnfauna.





Figur 18. Prosentvis sammensetning av dyregruppe r i bunndyrprøver fra ulike stasjoner i 2009 og 2010, basert på gjennomsnittlig antall dyr pr. prøve.

4.6 Vurdering av ferskvannsbiologiske forhold

I Numedalslågen er celletersklene bygget sammen med andre typer fysiske tiltak og i tilknytning til en nylig pålagt minstevannføring. De biol ogiske undersøkelsene i to høstperiode r har i begrenset grad kunnet gi dat a om virkningen av celletersklene som sådan på fisk og bunn dyr. Undersøkelsen gir imidlertid data om fisk og bunndyr i ulike habitater, inklusive celleterskler.

Celletersklene i Nu medalslågen gir variert substrat-, d ybde- og vannhastighetsforhold nedstrøms terskelbassengene, og ungfiskundersøkelsene viste like gode tettheter av ungf isk av ørret her so m på strykstrekningene. Substratet er jevnt over grovste inet, noe so m gir mange skjulmuligheter for større ungfisk. På s trekningen er det også en god fordeling mellom naturlige strykpar tier, celleterskler og

terskelbassenger, og derfor varierte fiskehabitate r. Bunndyrundersøkelsene viste også at d et er en variert bunnfauna med stor likhet m ellom prøver tatt på str ykstrekning, celleterskel og terskelkrone. Dette har sannsynligv is sammenheng med at det var relativt grovste inet bunn og liknende vannhastighet på de undersøkte l okalitetene. Det b le ikke tatt bunndyrprøver innover i terskel-bassengene som vanligvis vil ha mer finsubstr at, lavere vannhastighe t og en anne n fauna-sammensetning (jf. Fjellheim & Raddum 1996).

Fra tidligere undersøkelser vet vi at terskelbassenger gir viktig skjul og opphol dsplasser for voksen ørret (jf. Arnekleiv et al. 2006). I et så grovsteinet og bredt elveløp som en har på strekningen, gir en minstevannføring på 3,0 m³/s sannsynligvis også gode oppholdsplasser for større ørret i celletersklene, men fiskeundersøkelsene k unne ikke gi god nok inform asjon om vandring, fordeling og opphold til større gyteørret. Vi regist rerte knapt gytegroper, og e gnet gytesubstrat var lite utbredt. Basert på elfiskeresultater og habitatundersøkelsen mener vi mangel på egnede gyteareal er kan ha betydning for produksjonen av ørret på strekningen Rødberg–Norefjorden. Det er imidlertid mulig å tilføre gy tegrus i utløp av terskelbassenger og celleterskler for å øke gytemulighetene på strekningen (jf. kap. 5.3). En må også regne med at det tar tid å få reetablert en gytevandring av større ørr et fra Norefjorden til denne strekningen.

Fallhøyden mellom enkelte celleterskler og nedenforliggende s tryk vurderes som problematisk å forsere for mindre ørret, men i et så bredt elveløp med celleterskler på ulike nivåer vil vi anta at oppvandringsmulighetene er gode. Un dersøkelser av laks og ørret sin van dring i elver med redusert vannføring og ulike hindringer viser imidlertid at terskler kan vir ke forsinkende/hindrende på oppvandring og at stimuli for oppvandring synes å være en kompleks kombinasjon av fysiske forhold og fiskens motivasjon til vandring (jf. Thorstad mfl. 2003, 2006, Arnekleiv & Rønning 2004).

Denne undersøkelsen har ikke fokusert på ø kologiske forhold i selve terskelbassengene. Det har i midlertid vært tema i tidligere Fo U-program (jf. NVEs Terskelprosjektet og Biotopjusteringsprogrammet), og det er utført en rekke undersøkelser både på fisk (eks. Fjellheim & Raddum 1994, 1996, Arnekleiv & Rønnin g 2004) og bunndyr (eks. Fjellheim et al. 2003) i terskelbassenger. En evaluering av terskler so m avbøtende tiltak i 2006 (Arnekleiv et al. 2 006) viste at terskler har fun gert godt i forhold til egnet h abitat for v oksen fisk, produksjonsarealer og vin teropphold, men at det også har vært utfordri nger i forh old til tersklers funksjon for laks, økt sedim entasjon og gjengroi ng. I Nu medalslågen (og i Sim a) har en beholdt terskelbassengene og ben yttet celleterskler for å ta opp fallstrekning på ned siden, eller som egne konstruksjoner på strykstrekninger (Sima + en rekke mindre vassdrag). Utformingen og størrelsen på «bassenget» i en celletersk el vil na turlig nok bety mye for habitatforholdene for fisk og bunndyr, i likhet med størrelse og dyp i terskelbassenger. Fo rdelene som er listet opp for terskelbassengen e relatert til celleterskler er knyttet til størrelse, dy bde og substrat, hvor store, dype terskelbassenger gir bedre skjul for voksen, st ørre fisk, men har ofte mindre arealer med passende habitat for ungfisk relatert til celleterskler. Bunnfaunaen er også ofte dominert av arter typisk for stillestående lokaliteter (jf. Fjellheim & Raddu m 1996). Våre undersøkelser har vist at celleterskl ene i Numedalslågen og Sima hadde god funksjon som ungfiskhabitat for ø rret og bunnfa una mer lik faunaen i stry kpartier. Derfor gir kom binasjonen av stry kstrekninger, celleterskler og terskelbassenger i samspill større morfologisk og hydraulisk variasjon, og dermed tota lt sett bedre habitater fo r bunndyr og fisk enn celleterskler eller tradisjonelle terskler alene. D et er innly sende at derso m et stort, dypt og stilleflytende terskelbasseng erstattes av flere cellet erskler hvor en tar opp et visst fall, så vil dette medføre endringer i habitatforholdene for fisk og bunndyr. Dette kan for enkelte arter (eks. laks) være en fordel (jf. Nidelva, Are ndal), mens for totalt biologisk m angfold vil variasjon i disse para metrene

ved også å beholde stillefly tende partier gi større variasjon i habita ter. Utenom undersøkelser knyttet til laks ved riving av ter skler i Nidelva (Arenda l), kjenner vi ikke til nordiske undersøkelser på endringer i økologiske forhold ved erstatning av tradisjonelle terskler med andre tiltak.

Flere undersøkelser har vist at reduserte vannføri nger og terskler som gir s tilleflytende grunnområder også er meget gode habitater for ørek yte, og s lik kan bidra til etablering og spredning av øreky te (Borgstrøm et al. 1995, Hesthagen & Sandlund 1997 , Arnekleiv et al. 2006). I flere lokaliteter med introdusert ørekyte er det r egistrert nedgang i mengden bunndyr og tilbakegang og rekrutteringssvikt hos flere ørretbestander (Lien 1981, Bri ttain et al. 19 88, 1995, Borgstrøm et al. 1995, Garnås et al. 1996), sannsynligvis som følge av konkurranse o m næring og plass på oppvekstarealene. Ørekyte er i stor grad spredt ved menneskets hjelp, og er satt på svartelista over introduserte arter (Geder aas et al. 2007). I Numedalslågen fant vi ørek yte i relativt lav tetthet i nedre del, men ikke ovenfor Gvammen. Det kan være flere årsak er til at øreky te ikke har greid å etablere en tett bestand i vassdragsavsnittet med terskler og tiltak. Øre kyte er en relativt dårlig motstrøms vandrer, og rel ativt stor fallhøy de og strykpartier kan være en medvirkende årsak til at ørekyte ikke har inntatt de øvre deler av strekningen. Andre faktorer kan være en relativt sommerkald elv, og den st ore flommen i 2007 kan ha virket negativt på bestanden. De t er også kje nt at øreky te synes å ha problem er med å pass ere og/eller etablere bestand på strie strykpartier (Thorstad et al. 2006).

4.7 Landskapsmessige forhold

4.7.1 Beskrivelse av elva

Numedalslågen er en av Norges lengste elve r og strekker seg over mer enn 250 kilometer fra Hardangervidda til Larvik. Det meste av kraftpotensialet i elva, med unntak av de nedre d elene, er i dag tatt ut gjennom flere utb ygginger og reg uleringer. Dette har resultert i en f orringelse av leveområdene for fisk, så vel som for landskapsopplevelsen langs store deler av vassdraget.

4.7.2 Landskapsestetikk

Numedalslågen mellom Rødberg o g Norefjorden er et godt synlig og viktig landskapselement. Elvesengen er bred og vitner om at det en gang har vært mye mer vann i elva enn det er i dag. Som et avbøtende tiltak i forbindelse med opprinnelig konsesjon, påla NVE oppføring av tradisjonelle terskler i elva. Det er et bety delig fall på el vestrekningen, helt på grensen i forhold ti l etablering av tradisjonelle terskler. På grunn av noe for stort fa ll ble ikke resultatet de n gang optim alt. En fikk riktignok dannet vannspeil på steder som ble ansett som viktige når det gjaldt å beholde el va som element i landskapet, bl ant annet v ed Skjønne kirke, m en en opp nådde ikke å f å dannet sammenhengende vanndekte arealer nedover i elva på grunn av hø ydesprangene mellom terskel-dammene. På grunn av ønsker fra flere hold o m å forbedre estetiske og funksjonelle forhold i Numedalslågen stilte NVE i den ny e konsesjonen av 2001 krav o m å utarbeide en terskelplan for vassdraget og sidevassdrag.

Figur 19. Strykparti nedenfor Skjønne kirke – etter restaurering og etablering av nye terskler.

Etter fjerning av de tradisjonelle tersklene og etablering av celleterskler har elva nå et mer kontinuerlig vanndekt areal. Elvestrengen har på mange måter fått et mer naturlikt uttrykk, uten at inntrykket av at dette er en regulert elv er borte. Celletersklenes avrundede former framstår som mindre fremmede i et naturmiljø enn de rette linjene som er typiske for tradisjonelle terskler. De nye tersklene har likevel varierende grad av naturlikhet avhengig av hvordan steinene er lagt. Det er viktig at en for å oppnå mer variasjon bruker steiner av ulik størrelse, da mye lik stein og skjematisk utforming av cellene kan gi et like "unaturlig uttrykk", som de tradisjonelle, rettlinjede tersklene. Vekslingen mellom blant annet ulik bredde på elvesengen, konstruerte strykpartier, terskler med organisk formspråk og større enkeltsteiner lagt ut her og der gir samlet et inntrykk av en naturlig variert elv med en viss dynamikk til tross for lave vannføringer. I forhold til før-situasjonen vil nok de fleste være enige i at tiltakene har gitt et stort løft for den estetiske opplevelsen av Numedalslågen.

Figur 20. Tiltakene har gitt elva et mer naturlikt uttrykk.

Figur 21. Celleterskler som kanskje ikke ser naturlig ut, men som likevel har et organisk uttrykk som gjør at de i større grad glir inn i omgivelsene. Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

4.8 Stabilitet

Vurdering av sedimentforhold og stabilitet i forbindelse med bygging av celleterskler i Numedalslågen og Smådøla er basert kun på bilder, ikke befaring.

De nybygde celletersklene i Smådøla er bygd i et vassdrag i skogsterreng med relativt finkornig substrat (sand, grus, småstein <80 mm) og som man kan gjenkjenne i morenematerialet i terrenget rundt (figur 22). Det ser ut til at terskelene er bygget av større stein enn det som finnes naturlig på stedet. Der tersklene er bygd litt oppstrøms strykområder, som på bildet, kan det være en viss fare for at terskelbassengene fylles opp av finkornige sedimenter i transport under flomepisoder. Dette er avhengig av hvor stor sedimenttransport det er i dette vassdraget og hvilke sedimentkilder som finnes (erosjonskanter med finmateriale, sidevassdrag). Dette er vanskelig å vurdere ut fra bildene. Selve tersklene er bygget av såpass stor stein at de vil være stabile.

Figur 22. Bilde av relativt nybygde celleterskler i Smådøla. Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

I Numedalslågen mellom Rødberg og Norefjorden er tersklene enten bygget i tilknytning til en fjellterskel og i et område med grovt substrat i bunnen (figur 23) eller på strykstrekninger (figur 24). Den øverste terskelen er relativt kort nedstrøms reguleringsdammen. Det er lite trolig at sedimentasjon av terskelbassengene eller bassenget ovenfor tersklene vil utgjøre et problem. Tersklene er trolig også stabile.

Figur 23. Bilde av celleterskler og terskeldam rett nedstrøms Rødberg kraftverk (i bakgrunnen). Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

På strykstrekningene videre nedover elva er tersklene bygget i områder med utvasket grov morenestein. Ut fra bildene ser det ut til å være en vassdragsstrekning med relativt liten sedimenttransport og stabile bunnforhold. Det er lite troli g at sedimentasjon av terskelbassengene vil bli et problem. Det er også trolig at selve tersklene vil være stabile.

Figur 24. Bilde av terskelkrone og celleterskler på en strykstrekning, terskelområde 2. Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

4.9 Vedlikehold og kostnader

På strekningen Rødberg–Norefjorden har Numedalslågen en elvebredde på 30–85 m. Numedals-Laugens Brugseierforening (NLB) bygde om fem gamle spuntterskler til celleterskler i 2004. Samtidig ble det gjennom ført ulike tiltak i elv eløpet i tilk nytning til t erskelbyggingen, som utlegging av steinøyer og strømstyring ved hjelp av steinrekker/bune r. Til arbeidet ble det benyttet stein fra elve-løpet, mens tettingsmasse ble tatt fra et nærliggende grustak. Arbeidet ble gjennom ført i løpet av 3 måneder. Kostnadene for tiltaket i 2004 var ca. 1,3 millioner kr (opplysninger fra NLB/Statkraft).

I en flom i august 2007, gikk det i et ti dsrom over 300 m³/s på elvestrekningen m ellom Rødbergdammen og Norefjorden. Dette tilsvarer en 50-års flom i et elveløp med minstevannføring 3–5 m³/s. Flomvannføringen i 200 7 medførte noe skade på tre av fem terskler (figur 25), m en i hovedsak sto celletersklene godt etter f lommen. Skadene på tersklene gikk ut på at en steinrekke var forskjøvet av flomvannet, og at mer vann enn planla gt rant på dette stedet. Vannet vil da bli borte fra flere av cellene, og nivået i vannspeilet bak vil sy nke. Det ble derfor utført reparasjoner på tersklene gjennom ei u kes arbeid i oktober 2007 til en kostnad på 0,14 m illioner kr (2007), eller ca. 10 % av byggekostnadene for celletersklene i 2004 (info NLB/Statkraft).

Figur 25. Bilde som viser skade på celleterskler etter flommen i 2007. Bildet er tatt 4. oktober 2007. Foto: NLB.

4.10 Samlet vurdering av celletersklenes funksjon i Numedalslågen

De ferskvannsbiologiske u ndersøkelsene i to høstpe rioder har i begrenset grad kun net gi data om virkningen av celletersklene som sådan på fisk og bunndyr. Undersøkelsene gir imidlertid data om fisk og bunndyr i ulike habit ater, inklusive celleterskler. Celletersklene i Nu medalslågen gir varierte substrat-, dybde- og vannhasti ghetsforhold nedstrøms ter skelbassengene, og ungfiskunde rsøkelsene viste like gode tettheter av ungfisk av ørret her som på strykstrekningene. Bunndyrundersøkelsene

viste også at det er en v ariert bunnfauna med stor likhet m ellom prøver tatt på str ykstrekning, celleterskel og terskelkrone. Substratet er jevnt over grovsteinet, noe som gir mange skjulmuligheter for større ungfisk, mens gy temulighetene er begr enset på grunn av lite gy tegrus. Kombinasjonen av terskelbassenger, celleterskler og strykstrekninger synes å gi gode habitatforhold for bunndyr og ulike livsstadier til ørret på områder med gjennomførte tiltak i Numedalslågen, og hvor celletersklene bidrar til varierte habitater, jf. tabell 2. Vi vet imidle rtid lite om oppvandringen til gyteørret på strekningen. Til tross for mange grunne og stilleflytende partier har ørekyte ikke slått til på strekningen, men finnes i lavt antall nederst på strekningen mot Norefjord. Relativt stort fall, strykpartier og vanntemperatur kan være faktorer som forklarer dette.

Reduserte vannføringer og b ygging av terskler og terskelbassenger gir elvepartier større preg av stillestående vann og stilleflytende partier der de opprinnelige strykpartiene reduseres. Mange arter har imidlertid krav til rennende vann fo r å gjennomføre hele eller deler av livssy klusen. For å ivareta biologisk mangfold kny ttet til elvestren gen er det d erfor viktig å ha varierte habitater der en også ivaretar eller form er strykstrekninger. Celleterskler kan bi dra til å gi vari asjon, men kan også redusere/erstatte strykstrekninger med kulper. Det er derfor viktig at utfor mingen ivaretar dette hensynet ved at cellet erskler kombineres med andre typer tiltak. På den undersøkte strek ningen i Numedalslågen er det i midlertid en god fordeling mellom strykstrekninger, celleterskler og terskelbassenger, noe so m vurderes å gi gode habitater for de ulike livsfasene til ørret, og sannsynligvis en god økologisk funksjon (tabell 2).

Fjerning av de gam le tersklene, ny minstevannføring og celleterskler i ko mbinasjon med andre tiltak har gitt elva et mer kontinuerlig vanndekt areal. De avrundete formene til celletersklene framstår også som mindre fremmede i naturm iljøet enn de tradisjonelle rette tersklene. De nye tersklene har likevel varierende grad av naturlikhet, og det er viktig å benytte variasjon i steinstørrelse og utforming, da mye lik stein og skjematisk utforming av cellene kan gi et like "unaturlig uttrykk" som de tradisjonelle rettlinjede tersklene.

Det ble ikke gjennom ført egne undersøkelser på tersklenes stab ilitet, men de virker stabile, og elvstrekningen vurderes å ha liten sedi menttransport. Faren for sedi mentasjon i terskelbassenger og celleterskler vurderes å være liten.

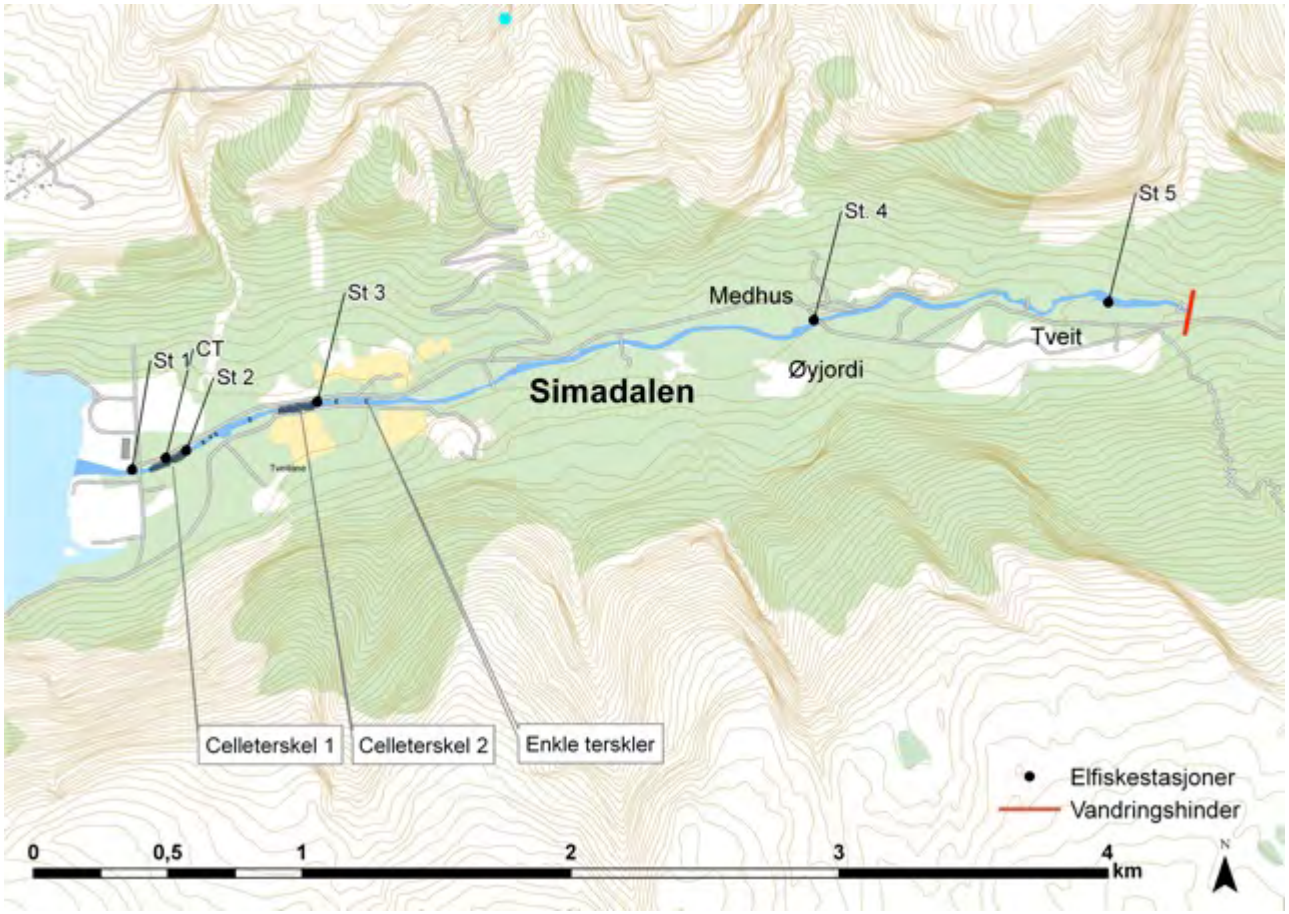
Tabell 2. Vurdering av funksjonen til terskeltyper og strykstrekninger for ørret i undersøkelsesområdet.

Funksjon	**Enkel terskel**	**Celleterskler**	**Strykstrekning**
Gyteplasser	+ (mot terskelkrone)	+ (flekkvis)	+ (flekkvis)
Ungfiskhabitat	+	++	++
Vandringsvei		++ (?)	+
Standplass for voksen fisk	++ (terskelbasseng)	+	
Fiskeplass	++		
Stort vanndyp	++	+	
Robusthet mot finsediment		+	++

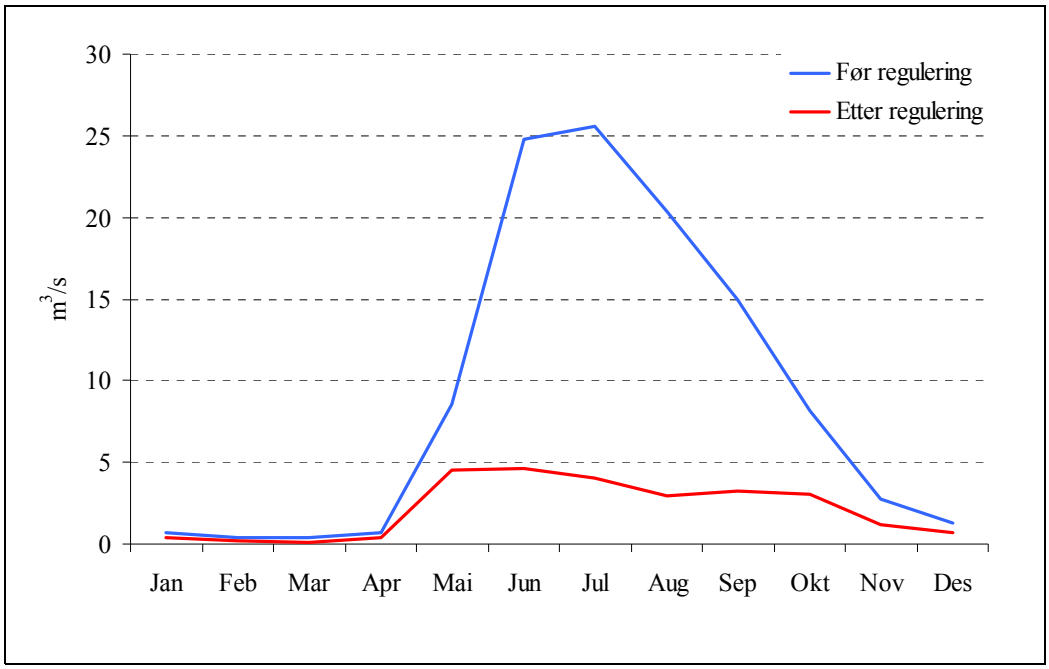
5 Eksempelvassdrag Sima i Eidfjord

5.1 Vassdragsbeskrivelse, terskler og tiltak

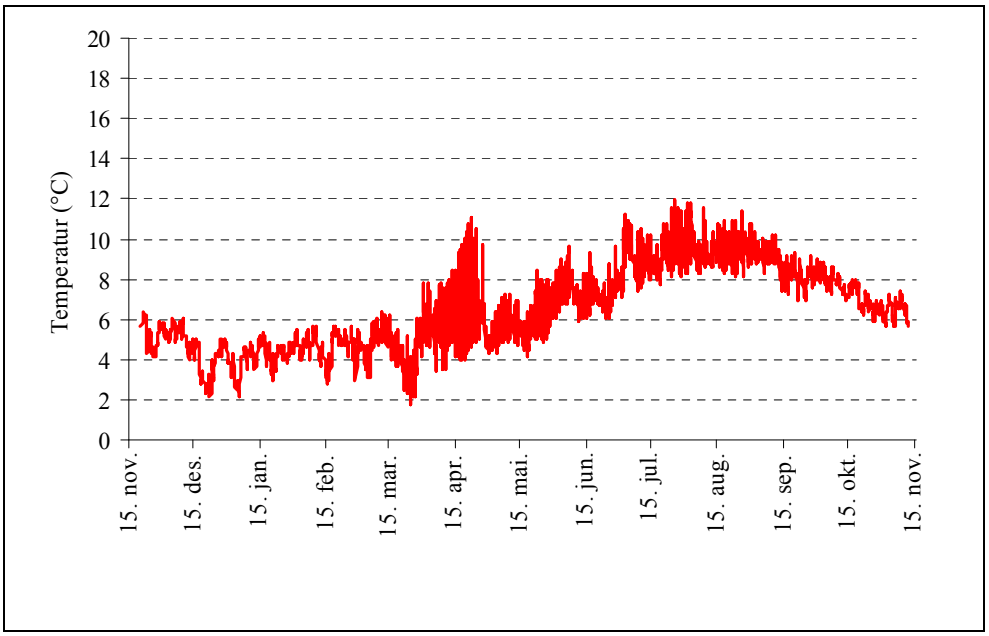
Sima (NVE vassdragsnr. 050.4Z) renner ut i Si madalsfjorden innerst i Hardangerfjorden og har sitt utspring fra fjellområdene rundt Harda ngerjøkulen. I nedbørsfeltet finnes flere innsjøer, bl ant annet Holmavatnet, Rembesdalsvatnet (reguleringsmagasin), Skykkjedalsvatnet og Ramnebergvatnet. Vassdraget ble regulert i perioden 1973–79 og har et naturlig nedbørsfelt på 146 km ^{2}, men etter reguleringen er dette redusert til 35 k m^2. Den lakseførende strekningen er ca. 4,3 km (figur 26) og utgjør et areal på ca. 63 000 m^2. Vannføringsregimet har endret seg betydelig etter r eguleringen av Sima (figur 27). Dette har ført til at gjennom snittlig årsvannføring er 23 % av det vannf øringen var før reguleringen. Reduksjonen er stø rst om sommeren. Den laveste reg istrerte vannføringen forekommer i mars, da gjennom snittlig vannføring har vært ne de 110 l/s . Før reguleringen va r gjennomsnittlig vannføring i mars måned 380 l/s. Vanntemperaturen i Sim a varierte mellom 2 og 12 ºC i perioden 20.11.07–12.11.08, mens temperaturen var bare under 4 ºC i kortere perioder i løpet av vinteren (figur 2 8–29). Temperaturmålingene i Sima viser at vass draget er forholdsvis sommerkaldt. Den relativt høye vintertemperaturen og den lave so mmertemperaturen tilsier et stort grunnvannstilsig til elva, særlig i øvre del. Om våren og sommeren er døgnvariasjonen i tem peraturen stor, og i april kan denne forskjellen komme opp i 6 ºC (Skår et al. 2011).



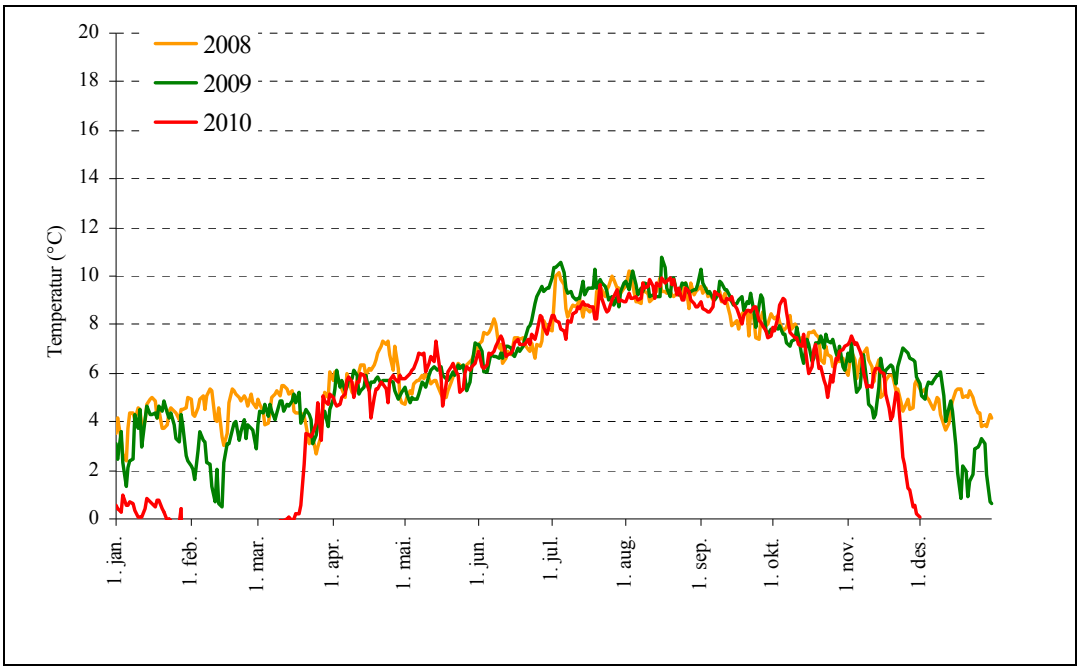
Figur 26. Oversiktskart Simavassdraget.



Figur 27. Beregnet vannføring før og etter regulering av Sima. Data for Sima er beregnet direkte fra målte verdier ved vann merke 50.5 Sima. Vann merket ble nedlagt i 19 89 (data framskaffet av Statkraft).



Figur 28. Vanntemperatur målt hver 2. time i Sima i perioden 20.11.07 til 12.11.08.



Figur 29. Gjennomsnittlig vanntemperatur pr. døgn i Sima 2008, 2009 og 2010. Temperaturkurven for 2010 viser at måleren har vært tørrlagt i perioder.

Figur 30. Celleterskel 2 (venstre bilde) og en enkel terskel lengre oppe i vassdraget.

Barlaup & Halvorsen (20 00) registrerte gy tefisk høsten 2000 o g konkluderte med at "det meste av gytefisken og gyteområdene ble registrert i m idtre og øvre del av Sima. Gyteområdene var lokalisert på steder hvor fisken har tilgang på egnede gyteforhold, ofte i tilknytning til høler og kulper. Nedre del av Sima, fra utløpet og ca. 1 km oppstrøms, er ka rakterisert ved forbygning av elvebredden, grov t bunnsubstrat og en relativt bred o g grunn elveprofil. Denne strekningen hadde klart m indre gytefisk,

ungfisk og gyteområder enn den resterende anadrome strekningen. Den nedre delen er også utsatt for inntørking i perioder med lite vann. Dette medfører at strekningen trolig har en lav produksjon av ungfisk, og at den periodevis fungerer som et vandringshinder for oppvandrende gytefisk." For å få en jevnere fordeling av gytefisk og gyting og en økt samlet produksjon av laksefisk, anbefalte forfatterne å gjennomføre habitattiltak i elvas nedre del; som terskler, buner og utlegging av gytegrus.

Disse tiltakene ble planlagt av Statkraft-Grøner og gjennomført i 2002. Det ble bygget en rekke vanlige terskler og to celleterskler (figur 26 og 30). Dessuten ble det lagt ut stein i forskjellige variasjoner med hovedmålet å skape skjul, standplasser og gyteareal og å bryte opp den monotone kanalaktige morfologien preget av grovt substrat i nedre del. Både de enkle tersklene og celletersklene holdt stand i perioden fra 2002 til 2011. Begge typer ble i liten grad forandret av strøm og substrattransport. Kulpene til enkle terskler ble delvis fylt med finsediment. Flere andre tiltak, som f.eks. såkalte «fiskehus», skiferplater som skulle skape skjul i terskelbassenger, ble spylt ut med flommene.

5.2 Metoder for biologiske undersøkelser

Gytefisktellingene ble utført ved at én eller flere personer dykket nedover elva med snorkel. Observasjoner av fisk ble fortløpende rapportert inn til en landmann som skrev ned og merket av observasjonene på et kart, og i enkelte tilfeller noterte dykkeren observasjonene underveis på vannfast blokk. Sjøørreten ble delt inn i følgende størrelseskategorier: <1 kg, 1–2 kg, 2–3 kg og >3 kg. Blenkjer, dvs. umoden fisk som vandrer fram og tilbake mellom ferskvann og sjø, ble registrert, men ikke tatt med i regnskapet over gytefisk. Laksen ble delt inn i følgende størrelseskategorier: tert (<3 kg), mellomlaks (3–7 kg) og storlaks (>7 kg), og oppdrett slaks ble skilt fra villaks. Nyrømt oppdrettslaks kan i hovedsak lett skilles fra villaks på utseende, mens oppdrettslaks som har rømt som smolt og/eller gått i sjøen i lengre tid, ofte ikke vil kunne skilles fra villaks. Dette medfører at andelen av oppdrettslaks generelt kan bli underestimert ved dykkerregistreringene. Gytefisktellingene i Sima er blitt utført årlig siden 2005. Det ble også gjennomført gytefisktelling i 2000 (Barlaup & Halvorsen 2000).

Eggtetthet er beregnet ut fra en forventning om antall egg som produseres pr. hunnfisk i de ulike størrelseskategoriene i bestandene i forhold til elvearealet gitt i Skår et al. (2011). Ettersom det ikke har vært mulig å skille fullstendig mellom hannfisk og hunnfisk under gytefisktellingene, kjenner vi ikke kjønnsfordelingen for ulike størrelsesgrupper av fisk i de ulike vassdragene. For de fleste vassdragene finnes det heller ikke tilgjengelige data for gjennomsnittsstørrelse eller eggproduksjon for de ulike størrelseskategoriene. For å beregne andelen av hunnfisk i gytebestanden har vi brukt samme inndeling som er brukt av NINA for utregning av gytebestandsmål (Hindar mfl. 2007), der andelen av hunnfisk blant mellomlaks og storlaks er antatt å være henholdsvis 70 % og 55 %. Blant terten er andelen hunnfisk antatt å variere mellom vassdragene etter sjøalderfordeling i bestanden, men er satt mellom 10–30 % hunnfisk for de fleste bestandene. For sjøørret ble det antatt en kjønnsfordeling på 50 % for alle størrelsesgruppene. Videre har vi antatt gjennomsnittsvekten for tert, mellomlaks og storlaks å være 2 kg, 5 kg og 8 kg. For sjøørret er vekten for observasjonskategoriene 0,5–1 kg, 1–2 kg 2–3 kg og >3 kg antatt som henholdsvis 0,75 kg, 1,5 kg, 2,5 kg og 4 kg. Antall egg pr. kg hunnfisk ble antatt å være 1 300 for laks og 1 900 for sjøørret (Sættem 1995). I vassdrag der det inngår flere vassdragsavsnitt, er kun eggtettheten beregnet ut fra de vassdragsavsnittene der det foreligger gytefisktellinger i de ulike årene. Arealene som er brukt, er beregnet ved bruk av ArcGis og

N50-kartverk. De kan derfor avvike n oe fra reelt vanndekket areal. For å undersøke tettheten av ungfisk ble det gjennomført et kvantitativt elektrisk fiske med tre gangers overfiske på hver stasjon i henhold til standard metode beskrevet av Bohlin m fl. (1989). Undersøkelsene b le utført på tidligere etablert stasjonsnett i de vassdragene dette var mulig, og arealet på hver stasjon var 100 m². All fisk samlet inn ved elektrisk fiske ble artsb estemt og frosset ned for s enere aldersbestemmelse ved lesing av otolitter. Basert på aldersanalyse av innsamlet fisk er det skilt mellom ensomrig og eldre fisk. Tetthetsberegningene er gjort for hver av disse to gruppene. Ut i fra det innsam lede materialet ble også tetthetene av såkalt presm olt beregnet. Presm olt er her definert som fisk som har oppnådd en viss lengde når vekstsesongen er avsluttet om høsten, og som dermed mest sannsynlig kommer til å smoltifisere påfølgende vår (Sægrov mfl. 2001). Te tthetene av presm olt vil derfor til en viss grad gjenspeile den andelen av ungfiskbestan den som skal vandre ut so m smolt påfølgende vår. F isk som vokser raskt smoltifiserer som regel tidligere og ved en m indre lengde enn f isk som vokser senere (Økland mfl. 1993). Nedre lengdegrenser for presm olt ble definert av Sæg rov mfl. (2001) som følgende; fisk med en lengde >9 cm for 0+, >10 cm for 1+, >11 cm for 2+ og >12 cm for 3+. Elfisket i denne rapporten omfatter kun to år med egne data. Inform asjonen fra dett e fisket gir derfor et begrenset øyeblikksbilde av situasjonen i elvene. De t trengs en lengre tidsseri e for med sikkerhet å kunne identifisere flaskehalser og regu leringseffekter for ungfisk bestandene i de ulike vassdragene. Det er blitt fi sket på fem elfiskestasjoner i Sima og en prøvetakingsstasjon for bunndyr er lagt i nedre del av vassdraget.

Boniteringen er basert på en kartlegging av fy siske forhold, med spesiell v ekt på vannhastighet, vanndybde, bunnsubstrat, kantvegetasjon og gy teområder. Basert på skjønnsmessige vurder inger av strekninger i elva ble vannhastigheten gitt én av disse fem kategoriene:

1) Foss - markert fall og svært høy vannhastighet

2) Stritt stryk - vannhastighet >1 m/s, betydelig fallgradient

3) Moderat stryk - liten fallgradient, hastighet 0,5–1 m/s

4) Sakteflytende - lav vannhastighet 0,2–0,5 m/s

5) Stillestående - vannhastighet 0–0,2 m/s

Det ble gjort skjønnsm essige vurderinger av vannd ypet som ble vurdert som do minerende i det aktuelle området. Bunnsubstratet ble delt inn i fi re kategorier og ble bas ert på en modifisert Wentworth-skala:

1) Finsubstrat - fin grus, sand, silt, leire med partikkelstørrelse < 2 cm

2) Grus - Partikkelstørrelse 2–16 cm

3) Stein - Partikkelstørrelse 16–35 cm

4) Stor stein og blokk - Partikkelstørrelse >35 cm

Hvis bart fjell dominerte, ble dette nevnt spesielt. Den dominerende type kantvegetasjon ble registrert og ble vurdert ut fra tre tilstandskategorier:

1) Manglende kantvegetasjon

2) Glissen kantvegetasjon

3) Gjennomgående kantvegetasjon

Dominerende områder som ikke var vanndekket ved boniteringen, såkalte tørrfallsområder, ble i tillegg registrert.

Med bakgrunn i boniteringen ble det utarbeidet kart over de undersøkte områdene for å illustrere fordeling av de undersøkte kriteriene. Kartene ble laget med programvaren ArcGis 9.2. Arealet for de ulike elvene ble beregnet ved bruk av N50-kartserien til Statens kartverk og ArcGis 9.2. Elvearealet fra N50-kart er laget med bakgrunn i elvesengen og tar ikke ut gangspunkt i det vanndekte arealet. Dette er en grov tilnærming til elvearealet, og i regulerte vassdrag der store deler av det naturlige nedbørsfelt er fraført, vil det faktiske vanndekte elvearealet være langt mindre enn det som framkommer av N50-kartserien. Boniteringen av Sima ble foretatt 18. august 2008. Strekningen fra vandringshinder for laks og sjøørret til sjøen ble undersøkt fra land og ved vading på kryss og tvers av elva.

Gyteareal ble vurdert med grunnlag i boniteringen og etter Barlaup et al. (2008) og Pulg et al. (2011). Hovedkriteriene er substrat, dyp, strøm og morfologi.

Vandringsmuligheter for fisk ble vurdert etter Dumont et al. (2005) og Grande (2010) med grunnlag i hydrauliske forhold på stedet; fallhøyde, ruhet og vannhastighet.

Skjulmålinger som indikator for standplasser for eldre ungfisk ble målt etter Finstad et al. (2007). Antall hulrom ble målt med en plastslange i et standardisert areal (0,25 m^2) fem ganger på et transekt tvers over elva.

Bunndyrprøver ble tatt med en bunnhåv med maskevidde 250 µm. Prøvene ble tatt i en lengde på 2 m langs hver bredd og midt uti elva. Alle prøvene var på 3 x 2 m og ble slått sammen for hver stasjon. Prøvene ble tatt inn 5. november 2009, og nærmere detaljer om de enkelte stasjonene er gitt nedenfor.

Sima – St. 1 – nedenfor celletersklene. Strykstrekning som består av sammenraste terskler nedenfor broen. Tersklene er bygget helt ned til flommålet. UTM 32V 0397943/6708180. Stor stein, ingen mose, litt sand.

Sima – St. 2 – strykstrekning inne blant fungerende terskler. Stor stein, ingen mose, litt sand. UTM 32V 0398176/6708284.

Sima – St. 3 – strykstrekning ovenfor celleterskler, litt mer mose enn på de to andre lokalitetene. UTM 32V 0399415/6708571.

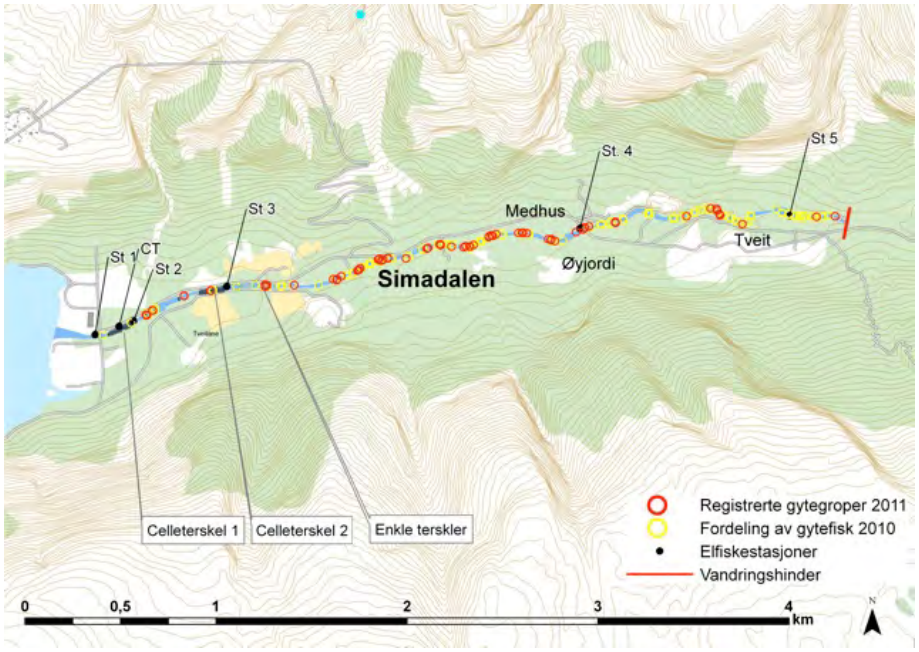
5.3 Voksen fisk – oppvandring og fordeling av gytefisk relatert til celleterskler

Gytefisktellingene i Sima har blitt utført årlig siden 2005. Det ble også gjennomført gytefisktelling i 2000 (Barlaup & Halvorsen 2000). Antallet registrerte villaks har variert mellom 1–25 individer (tabell 3). I perioden 2005–2010 ga dette en eggtetthet på 0,1–2,4 egg pr. m^2 beregnet med oppmålt areal (areal 2). I 2010 var eggtettheten 0,4 egg pr. m^2. Antallet observerte sjøørret har variert fra

77–532. I perioden 2000–2010 gir dette en eggtetthet på 1,8–10,6 egg pr. m^2. I 2010 var eggtettheten 5,5 egg pr. m^2 i Sima.

Sammenliknet med gytefisktellingen i 2000 har det vært en reduksjon i antallet sjøørret i Sima. I perioden 2005–2010 er det ingen klare trender, og resultatet tilsier at gytebestanden stort sett har vært innenfor det antatte gytebestandsmålet (Hindar et al. 2007). 2010 utpeker seg imidlertid med en økning i antall observerte sjøørret, i hovedsak med økt antall sjøørret mellom 0,5–1 kg. De fleste sjøørretene observert under gytefisktellingen har vært i denne størrelseskategorien, men det har årlig blitt observert større individer. Antallet villaks har vært lavt og har med unntak fra 2005 vært under et antatt gytebestandsmål på 2–4 egg pr. m². Det har blitt observert relativt få rømte oppdrettslaks, men det lave antallet villaks gir en gjennomsnittlig oppdrettsandel på 13,7 % for perioden 2005–2010. Fordelingen av gytefisken i vassdraget viser at det fortsatt er størst tetthet av gytefisk i øvre deler av Sima til tross for bygging av celleterskler og enkle terskler i nedre del. Fordelingen er derimot mindre ekstrem enn før tiltaket (Barlaup & Halvorsen 2000). Etter tiltakene finnes både gytefisk og gytegroper i celleterskler og terskelkulper i nedre del. Gytegroper og oppholdssted for gytefisk er tettere knyttet til enkle terskler enn til celleterskler.

Vandringsbetingelser både ved celleterskler og syvdeterskler ble vurdert som tilstrekkelig for voksen sjøørret og laks, men bare ved vannføringer lik eller større enn middels. Fallhøyden ved enkle syvdeterskler er større enn ved celleterskler, og ofte finnes et fritt vannoverfall på terskelkanten. Ved lave vannføringer var høydespranget opp til 90 cm, det var ofte et tynt vannlag (10 cm) og et fritt overfall som traff på stein – ikke i en dyp kulp. Ved lave vannføringer kan de største terskelkanter derfor virke som vandringshindre for voksne fisk og særlig for ungfisk. Siden gytefisk vandrer mest ved stor vannføring, betraktes det ikke som avgjørende for fiskeproduksjon og fordelingen av gytefisk. For ungfisk kan slike høye terskler derimot virke som vandringshindre store deler av året, og dette kan hindre eller forsinke en gunstig fordeling av ungfisk i vassdraget. Celleterskler gir bedre vandringsmuligheter ved lave vannføringer fordi høydeforskjellen er oppdelt i flere trinn. I gjennomsnitt vurderes høydeforskjellen mellom cellene til 10–40 cm, maksimal høydeforskjell ved lav vannføring til 50 cm. Celleterskelene i Sima vurderes som passérbare året rundt for laks og sjøørret i alle størrelser i vassdraget.



Figur 31. Fordeling av gytefisk (10/2010) og gytegroper (3/2011).

Tabell 3. Resultater fra gytefisktellingene i Sima i perioden 2000–2010.
* I 2000 ble sjøørreten inndelt i størrelseskategoriene 0,5–1,5, 1,5–3 og >3 kg.
** Ikke skilt på villaks og oppdrettslaks i 2000.

Sjøørret	**2000**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
0,5–1 kg	511*	22	69	87	38	77	142
1–2 kg		40	63	53	29	53	69
2–3 kg	10*	19	28	16	10	26	26
>3 kg	11*	6	9	5 0		7	7
Sjøørret totalt	**532**	**87**	**169**	**161**	**77**	**163**	**244**

Villaks	**2000**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
Mellomlaks (3–7 kg)	5	17	7	2 1		4	1
Storlaks (>7 kg)	0	6	0	1 0		0	2
Villaks totalt	**26****	**25**	**9**	**3**	**1**	**5**	**6**

Oppdrettslaks							
Tert (>3 kg)		0	0	0 0		0	0
Mellomlaks (3–7 kg)		1	0	0 1		1	0
Storlaks (>7 kg)		0	0	0 0		1	0
Oppdrettslaks totalt	**	**1**	**0**	**0**	**1**	**2**	**0**

5.4 Ungfisk og oppvekstvilkår

5.4.1 Tetthet og lengdefordeling

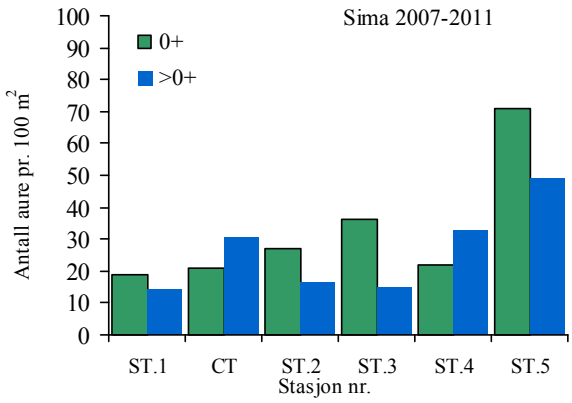
Det ble registrert ensomrig og eldre ørret på samtlige stasjoner i Sima. Rekrutteringen av årsunger (0+) varierte en del i perioden 2007–2011 (figur 32 og 33). Den gjennomsnittlige tettheten av ensomrig og eldre ørret på stasjonene har vært relativ hø y i overvåkingsperioden, og den ø verste stasjonen (st. 5) har bidratt med et høyt antall fisk alle årene. Aldersbestemt materiale av ørret fanget i Sima i perioden 2007–2010 er vist i tabell 4. Ungfisk av ørret hadde en gjennomsnittlig lengde på ca. 6 cm etter første vekstsesong, 9–10,5 cm etter andre og 12–13 cm etter tredje vekstsesong. Basert på det aldersbestemte materialet synes det som de fleste ørretene smoltifiserer og forlater Sima etter 3 år på elva. Under el-fisket og under gy tegropregistrering ble det oppda get at vanntem peraturen øverst i vassd raget var preget av gr unnvannstilsig, med relativt høy e temperaturer i vinterhalvåret. Dette ga en tidligere

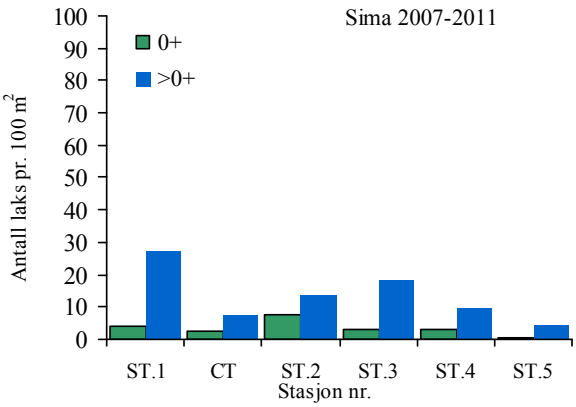
klekking øverst i vassdraget (ca. 6–8 uker) og lengre vekstsesong. Ungfisken var betydelig større i øvre deler. Situasjonen skal nærmere utredes med temperaturlogging oppe og nede og en atskilt analyse av ungfiskens vekst.

Det ble registrert eldre laks på alle seks stasjoner (figur 32–33). De gjennomsnittlige tetthetene av eldre laks har variert mellom 8–27 fisk pr. 100 m^2. Aldersbestemt materiale av laks fanget i Sima i perioden 2007–2010 er vist i tabell 5. Antall laksyngel er avtakende i vassdraget fra 2001 til 2011.

Stasjon CT ligger i en heterogen sone av celleterskel 1, og stasjon 2 ligger i en kulp i øvre enden av samme celleterskel. Generelt er tetthetene for ørret lavere i nedre delen av vassdraget (st. 1-3, figur 32–33). Stasjon 2 ligger ikke over nivået til stasjon 1 og 3. På stasjon CT derimot ble det funnet et høyere antall eldre ungfisk av ørret enn ellers i nedre soner. For laks er tallene generelt lave i vassdraget, med en tendens til mer fisk i nedre deler. Ungfisk av laks er avtakende fra 2007 til 2011 (figur 33). Stasjonene på celleterskel skiller seg ikke ut fra stasjonene ellers i vassdraget.

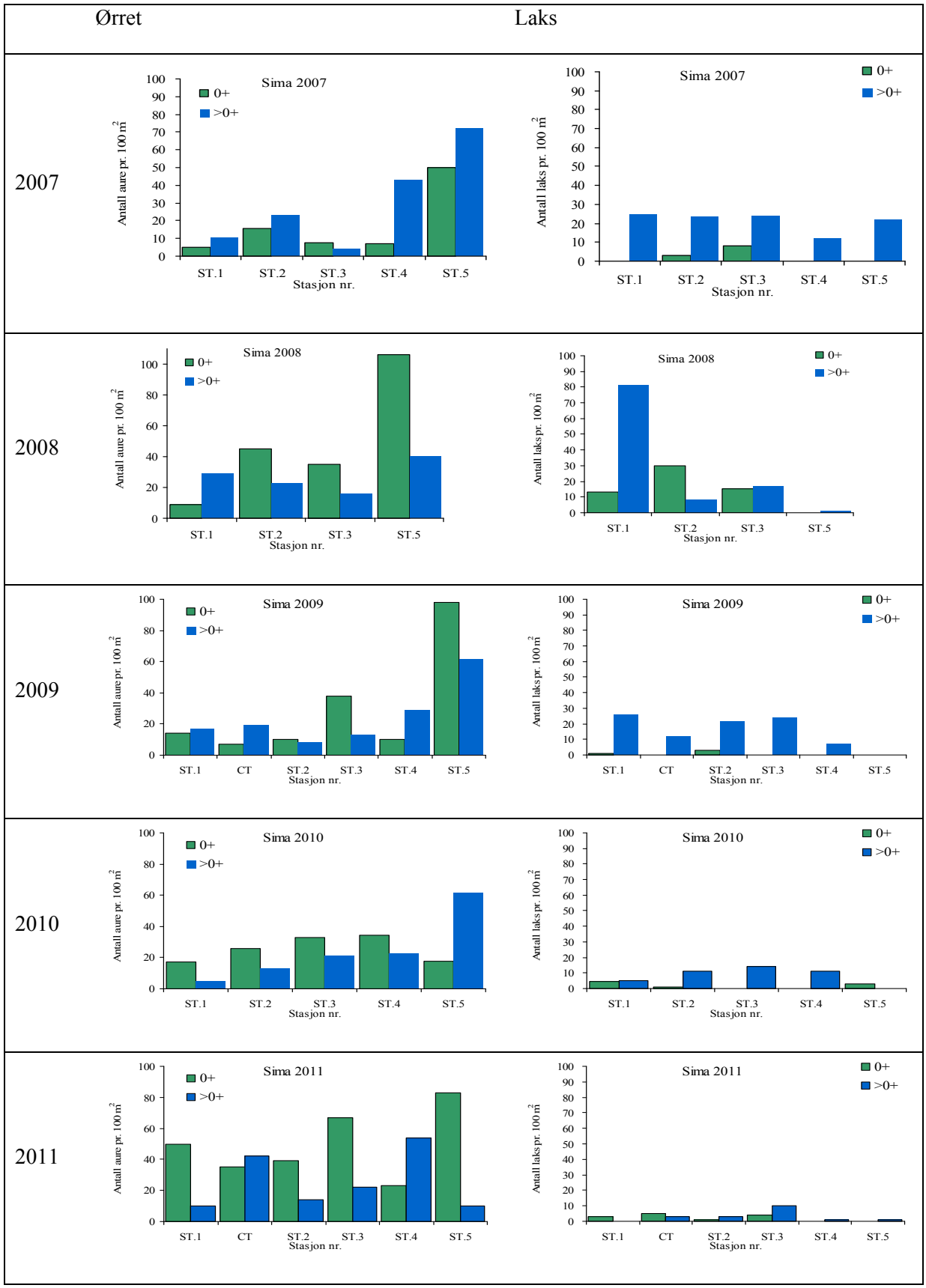
Ungfisktetthetene i elvas nedre del steg etter at tiltakene ble gjennomført (2002). Myklatun & Hole (2007) fant lave tettheter av all ungfisk av ørret i 2001 (ca. 30/100 m^2) og høye tettheter i 2004 og 2005 (40-100/100 m^2), som tilsvarer nivået fra 2007–2011.





Figur 32. Gjennomsnittlige ungfisktettheter for ørret 2007–2011.

Gjennomsnittlige ungfisktettheter for laks 2007–2011.



Figur 33. Beregna tettheter av ungfisk for hver stasjon i årene 2007–2011, ørr et til venstre, laks til høyre.

Tabell 4. Gjennomsnittlig lengde (cm) med standardavvik (SD) for ulike aldersklasser av ørret tatt om høsten i Sima i perioden 2007–2010. N er antallet fisk analysert. Data basert på aldersanalyse av otolitter og lengdefordeling**.**

Dato	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)	
	cm (SD)	N	cm (SD)	N	cm (SD)	N	cm (SD)	N
20.11.2007	5,8 (0,5)	84	8,8 (0,9)	43	11,8 (1,7)	82	14,7 (2,0)	4
12.11.2008	6,0 (0,7)	195	9,7 (1,3)	92	12,8 (1,6)	9	18,5 (--)	1
01.12.2009	6,2 (0,6)	170	10,0 (1,4)	112	12,1 (1,1)	11	13,6 (--)	1
11.11.2010	6,0 (0,6)	56	10,7 (1,0)	72	12,3 (--)	1	--	0

Tabell 5. Gjennomsnittlig lengde (cm) med standardavvik (SD) for ulike aldersklasser av laks tatt om høsten i Sima i perioden 2007–2010. N er antallet fisk analysert. Data basert på aldersanalyse av otolitter og lengdefordeling.

Dato	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (2+)		Firesomrig (3+)	
	cm (SD)	N	cm (SD)	N	cm (SD)	N	cm (SD)	N
20.11.2007	4,7 (0,7)	11	7,8 (0,7)	71	9,9 (1,2)	32	10,6 (0,3)	2
12.11.2008	4,9 (0,5)	58	7,3 (0,5)	33	9,3 (0,9)	52	11,0 (1,1)	14
01.12.2009	4,7 (0,3)	4	7,7 (0,8)	33	10,2 (0,8)	25	11,9 (0,8)	19
11.11.2010	4,9 (0,4)	8	7,6 (0,4)	3	10,2 (0,9)	8	--	0

5.4.2 Habitat

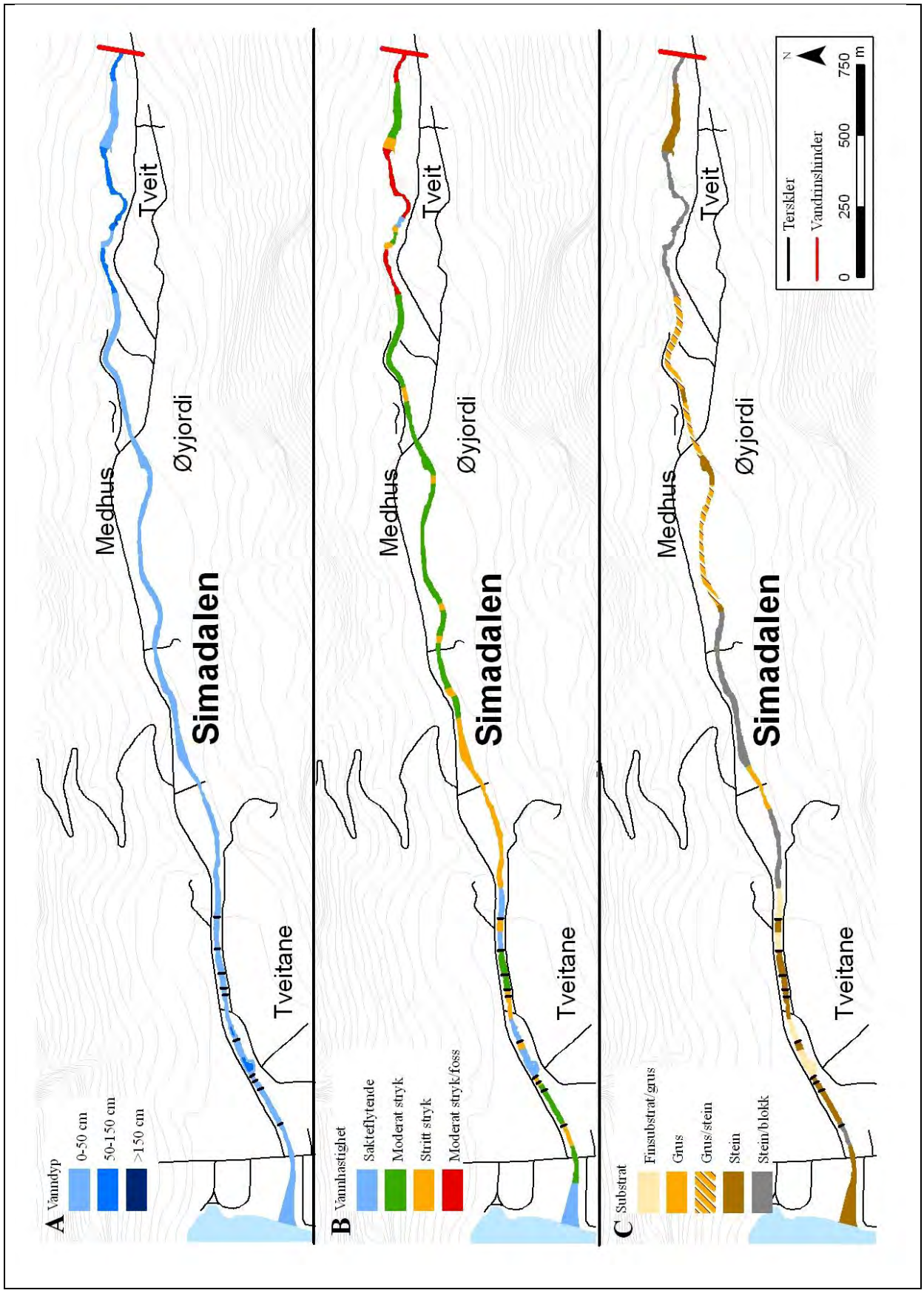
Sima er dominert av områder som er grunnere enn 50 cm (88 %), men spredt i elva finnes det noen dypere kulper som i nedre deler er en følge av terskelbygging (både enkle terskler og celleterskler). Vannhastigheten varierer gjennom vassdraget, men domineres av kategorien moderat stryk (47 %). I de øvre og midtre delene er det flere områder med strie stryk og sekvenser som varierer mellom moderat stryk og små fosser. Den nedre delen har innslag av sakteflytende områder som følge av alle terskelbassengene. Det er ingen av substratkategoriene som tydelig dominerer i vassdraget. Endringene i vannhastighet blir gjenspeilet i substratet. De øvre og midtre delene har noe grovere substrat med innslag av blokk, mens det i terskelbassengene i nedre del er mer finsubstrat som sand og grus (tabell 6, figur 35). Kantvegetasjonen er tett langs store deler av den lakseførende delen av Sima, men det forekommer kortere strekninger med lite eller ingen vegetasjon (figur 34 og 36). Det er bare i den nedre delen at det finnes steinsetting langs elvebredden. I Sima er det ingen områder som utpeker seg som større sammenhengende gyteområder, men flere steder i vassdraget finnes det flekker med

grus som egner seg for gyting. Basert på gytefisktellingene, er de viktigste gyteområdene lokalisert i øvre del av den lakseførende strekningen, men egnete gyteplasser (etter Barlaup et al. 2008, Pulg et al. 2011) for laks og sjøørret finnes i hele vassdraget – også i nedre del. Gyteareal med egnet substrat, dyp og vannhastigheter finnes i utløpene til enkle terskler og flekkvis i celletersklene. I kulpene til enkle terskler finnes delvis store mengder finsediment [<1 mm] som gir dårlige forhold for gyting og ungfisk.

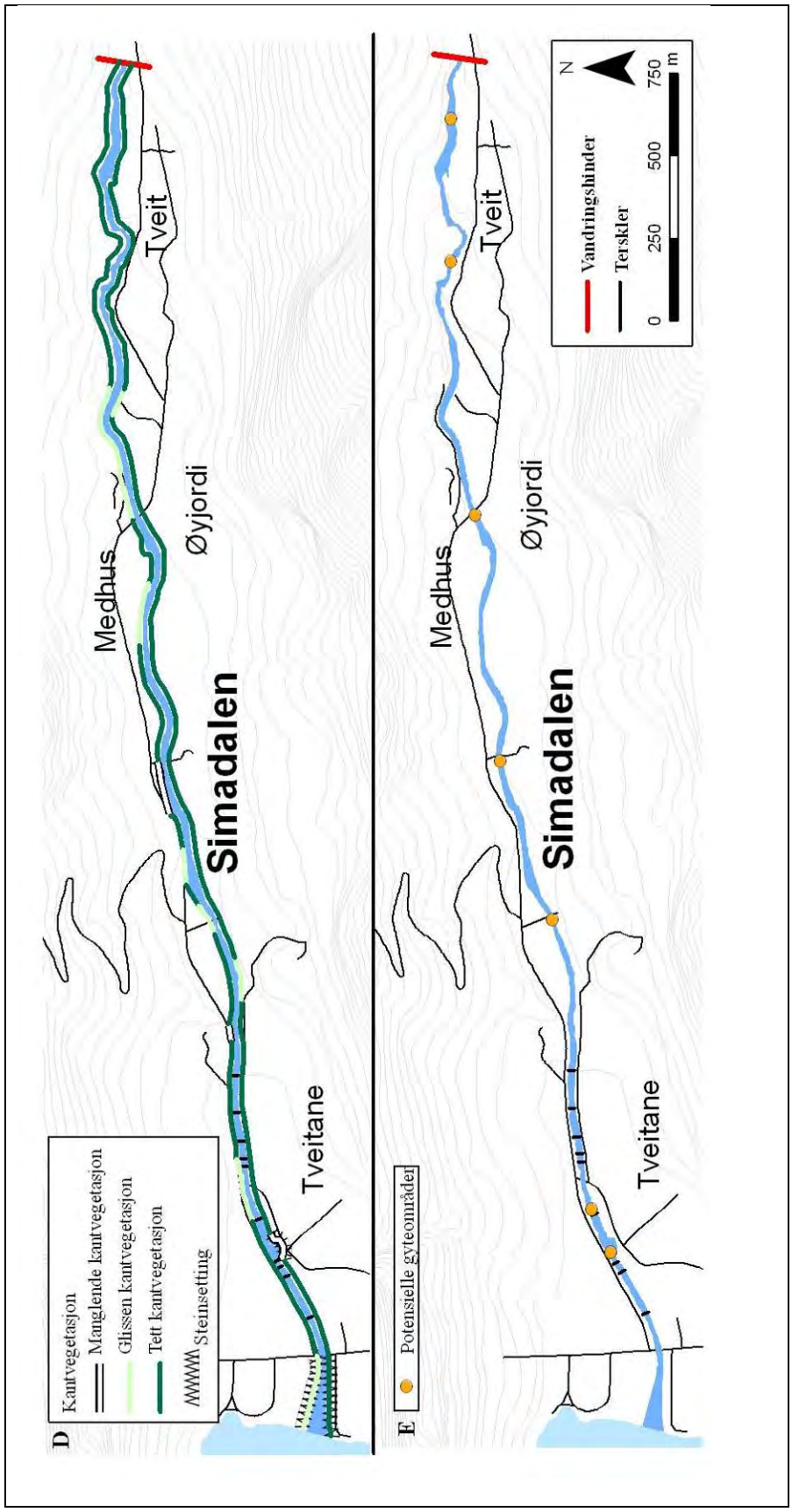
Tabell 6. Fordeling (%) av vanndyp, vannhastighet og substrat i Sima.

Vanndyp	**%**	**Vannhastighet**	**%**	**Substrat**	**%**
>50 cm	88 %	Sakteflytende	17 %	Sand/grus	9 %
50-150 cm	12 %	Moderat stryk	47 %	Grus	3 %
<150 cm	>0,5 %	Stritt stryk	26 %	Grus/stein	21 %
		Moderat stryk/foss	9 %	Stein	34 %
				Stein/blokk	33 %

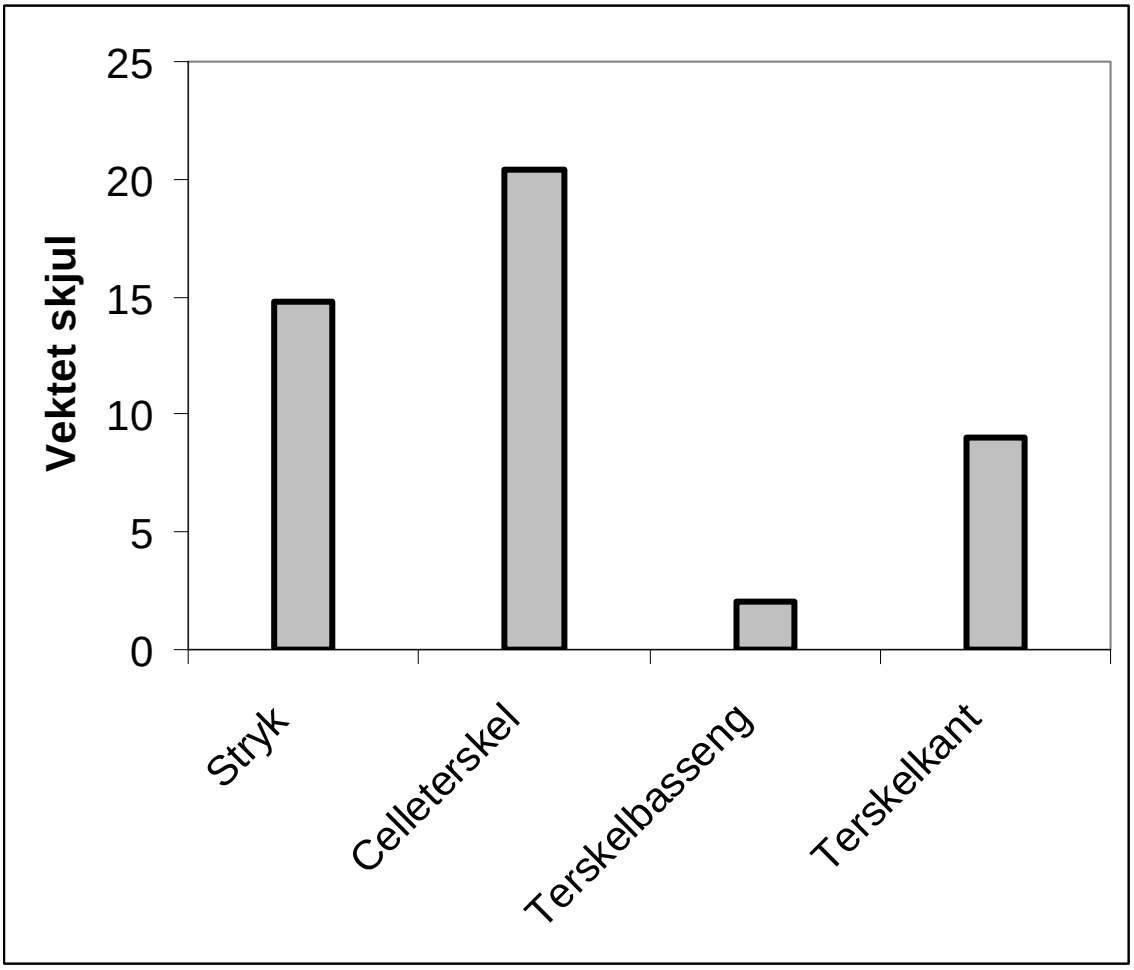
Figur 34. Til venstre: Øvre del av den lakseførende strekningen i Sima. Her er det flere områder med strie stryk og grovt substrat (Foto: LFI-Unifob v/ Gunnar B. Lehmann). Til høyre: Terskelbasseng fra nedre del av Sima (enkel terskel). Her er elva mer sakteflytende og har finere substrat (Foto: LFI-Unifob v/ Gunnar B. Lehmann©).



Figur 35. Boniteringskart for Sima som viser A) vanndyp, B) vannhastighet og C) substrat.



Figur 36. Boniteringskart for Sima som viser D) kant vegetasjon og steinsetting og E) potensielle gyteområder.



Figur 37. Skjul (etter Finstad et al. 2007) for eldre ungfisk i celleterskel 1, i et stryk ovenfor og ved en enkel terskel (terskelbasseng og terskelkant).

Området med terskelbygging er langt mer heterogen enn det var før og har mer morfologisk heterogenitet enn strekninger ellers i vassdraget. Dette gjelder for variasjon i habitatstype, dyp, vannhastighet og substrat. Tar man hele vassdraget som målestokk sørger både celleterskler og enkle terskler for denne variasjonen. På mesohabitatnivå er celleterskelene mindre dype, men gir mer skjul enn enkle terskler. Skjulmåling (skjul for eldre yngel) (figur 38) viser at celleterskel 1 ga ca. 10 ganger mer skjul (verdi for vektet skjul = 20, etter Finstad et al. 2007) enn et vanlig terskelbasseng (2) og ca. dobbelt så mye som en vanlig terskelkant (9) med store steiner og fallhøyde. Celleterskelen gir også mer skjul enn det naturlige stryket (15) ovenfor (figur 37). Celleterskelene gir dessuten mange gode standplasser for voksne fisk som er kamuflert under boblene og atskilt fra området rundt gjennom steinrekkene (cellene). Ved elfiske- og gytefisktellingen ble delvis store gytefisk (>7 kg) oppdaget i cellene som, i motsetning til fisk i vanlige terskelkulper, ikke var synlig utenfra. Antall gytefisk i celleterskler og vanlige terskelkulper var omtrent det samme (0).

Skjulmåling på stryket ovenfor celleterskel 1.

Skjulmåling i celleterskel 1.

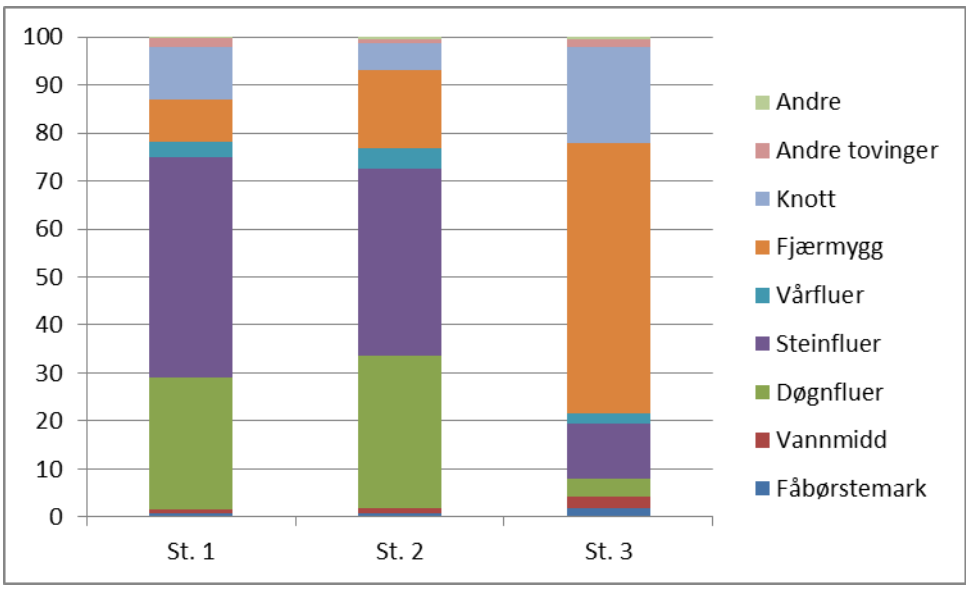
Skjulmåling i terskelbassenget ved gapahuken.

Skjulmåling på terskelkanten til samme kulpen.

Figur 38. Skjulmålinger i Sima.

5.5 Bunndyr

Bunnfaunaens sammensetning på de t re lokalitetene i Sim a (strykstrekning nedstrøms celle-tersklene, i celleterskelområdet og oppstrøms) basert på sparkeprøver om høsten, er vist i figur 39. På strykstrekning nedenfor tersklene (st. 1) og stryk i celleterskelområdet (st. 2) dominerte døgn-fluer og stei nfluer, mens fjærmygglarver og knottlarver også var tallrike. Bunndyrmengdene (i antall) var tilnærmet lik på disse lokalitetene. På stasjon 3, strykstrekning ovenfor tersklene, var bunndyrsmengdene (i antall) noe høyere enn på lokalitetene lenger ned, og faunasammensetningen var dominert av fjærmygg- og knottlarver.



Figur 39. Bunnfaunaens sammensetning og mengde på tre lokaliteter i Sima basert på sparke-prøver høsten 2009.

Artssammensetningen av døgnfluer, steinfluer og vårfluer, samt forsuringstoleranse hos ulike arter og forsuringsindeks, er gitt i vedlegg 2. Totalt ble det registrert tre arter døgnfluer, ni arter/slekter steinfluer og fem arter/slekter vårfluer. Fors uringsindeksen samt tallrik forekom st av de forsuringsfølsomme døgnfluene *Baetis rhodani* og *Ephemerella aurivillii,* viser at vassdraget har en tilfredsstillende vannkvalitet med tanke på pH. In gen av de reg istrerte artene er på den norske rødlista (Kålås et al. 2010). En slik enkeltståe nde undersøkelse gir ikke gru nnlag for å vurdere virkningen av celleterskler so m sådan med hensyn til bunndy rhabitat, men viser at faunaen i celleterskelområdet hadde store likhetstrekk med strykstrekningen nedenfor. Det er i andre sammenhenger vist at mye mose kan gi høyere tetthet av bunn dyr og spesielt godt habi tat for fjærmygg og enkeltarter av døgnfluer og vårfluer (Brusven et al. 1990, Bremnes og Saltveit 1997). Dette er sann synligvis hovedårsaken til de høy ere bunndyrsmengdene, særlig av fjærm ygglarver på stasjon 3, sammenliknet med de to andre l okalitetene. Artssammensetningen av EPT-arter var derimot ganske sammenfallende på de tre lokalitetene.

5.6 Vurdering av biologiske forhold – diskusjon av resultatene

En rekke habitattiltak (syvdeterskler, kulper, celleterskler m.m.) som ble gjennomført i 2002, sørget for mer morfologisk variasjon i nedre delen av Sima. Den ekstreme fordeling av gytefisk og gyting som bare var til stede i øvre deler av vassdraget (Barlaup et al. 2000), ble redusert. I 2004–2011 fantes mer egnet gyteareal, gytefisk, gytegroper og en økt ungfisktetthet i elvas nedre del. Fortsatt finnes mer gyting og ungfisk oppe i vassdraget, men fordelingen er jevnere enn før. At fiskene foretrekker øvre deler kan, ved siden av fysiske habitatforhold, henge sammen med grunnvannstilsiget som kan ha fordeler ved lav vannføring og gir varmere temperaturer i vinterhalvåret med raskere eggutvikling. Dessuten kan fordelingen henge sammen med fiskenes "homingsatferd".

Vurdering av celletersklene er avhengig av målestokken man velger. Sett for hele vassdraget kan celletersklenes effekter ikke skilles fra andre habitattiltak i vassdraget. Både celleterskler og syvdeterskler har bidratt til å skape gyteareal og standplasser i nedre del av vassdraget, og dette har sannsynligvis ført til en jevnere fordeling av fisk i Sima.

På mesohabitatsnivå finnes det derimot tydelige forskjeller mellom terskeltypene. Syvdeterskler gir større maksimaldyp enn celleterskler og skaper kulper som kan være bedre egnet for fritidsfiske. Til tross for forskjellig dyp gir begge terskeltyper omtrent like attraktive standplasser for gytefisk, og begge kan skape egnet gyteareal dersom gytegrus er til stede. Imidlertid fantes flere gytegroper og større sammenhengende gyteareal i utløp av kulper til syvdeterskler. Delvis var det mye finsediment i de store terskelbassengene, som vurderes som ugunstig for både gyting og ungfisk. Skjul for eldre ungfisk var bedre, og tetthet av eldre ungfisk av ørret var større i celleterskler. Vandringsmulighetene for all fisk ble vurdert som bedre i celleterskler, da enkle terskler har større fallhøyde og kan virke som periodiske vandringshindre ved lav vannføring, særlig for ungfisk.

5.7 Landskapsmessige forhold

5.7.1 Landskapsbeskrivelse av elva (størrelse, hydrologi, form, vegetasjon, struktur bunn/sider)

Generell vassdragsbeskrivelse er gitt i kap. 5.1. Elva er regulert og vannføringen på bildene (tatt 14. oktober 2010) er noe større enn en normal sommerdag.

Sima er ei mindre elv som ble rettet ut og forbygd på den nedre strekningen gjennom Simadalen etter en skadeflom på 1930-tallet. Forbygningen og reguleringen har medført store endringer i elvelandskapet. Forbygningene/elvesidene er nå godt tilvokst med skog (gråor, bjørk m.m.). Spredt bebyggelse og noe dyrka mark omkranser den nedre delen av elva. Elveløpet er noe kanalformet og har forholdsvis jevnt fall.

Elveløpet domineres av store og mindre steiner. På stilleflytende partier er det oppsamling av grus og finere sedimenter.

Figur 40. Parti fra nedre del av Sima.

5.7.2 Landskapsestetikk

Hensikten med tiltakene er primært å bedre forholdene for laksefisk. Ønske om bygging av vanlige terskler i Sima ble tatt opp tidlig på 1970-tallet, men ble på grunn av fallforholdene ikke anbefalt av NVE. Senere ble bygging av syvdeterskler tatt opp. Det ble utarbeidet en plan for en rekke tiltak på de nedre 1,2 km av Sima. Planen inneholder små terskler, syvdeterskler, celleterskler, buner, kulper, utlegging av steiner m.m. Planen ble godkjent av NVE i 2002. Tiltakene ble utført i 2002/-03, men ble litt endret i forhold til planen.

Figur 41. Parti fra midtre del av Sima.

Tiltakene gir mer vanndekket areal i elveløpet. Sammensetningen av flere forskjellige tiltak fører til at elva beholder et naturlig preg. Vanlige løsmasseterskler i Sima hadde ført til mer kunstig pregete vannspeil. Det betyr mye landskapsestetisk at det i stor grad er benyttet steiner fra elveløpet.

Et større tilformet terskelbasseng ca. 500 m oppi elva skiller seg noe ut fra de øvrige tiltakene, men er opprettet for at allmennheten skal få en lett adkomst til elva mht. fiske – også for handikappede (figur 42).

5.8 Stabilitet

Vurderingen av celletersklenes stabilitet og sedimentasjon i området er kun basert på bilder.

Ut fra bildene ser tiltakene i Sima ut for å være stabile. Tersklene ser også gamle ut og sedimenttransporten vurderes å være relativt liten. Det ble laget en "fiskekulp" i elva med tilrettelegging for fiske, og denne kulpen ble noe oppfylt med finsedimenter (figur 42).

Figur 42. Bilde av tilrettelagt "fiskekulp" i Sima. Foto: Jo Vegar Arnekleiv.

5.9 Vedlikehold

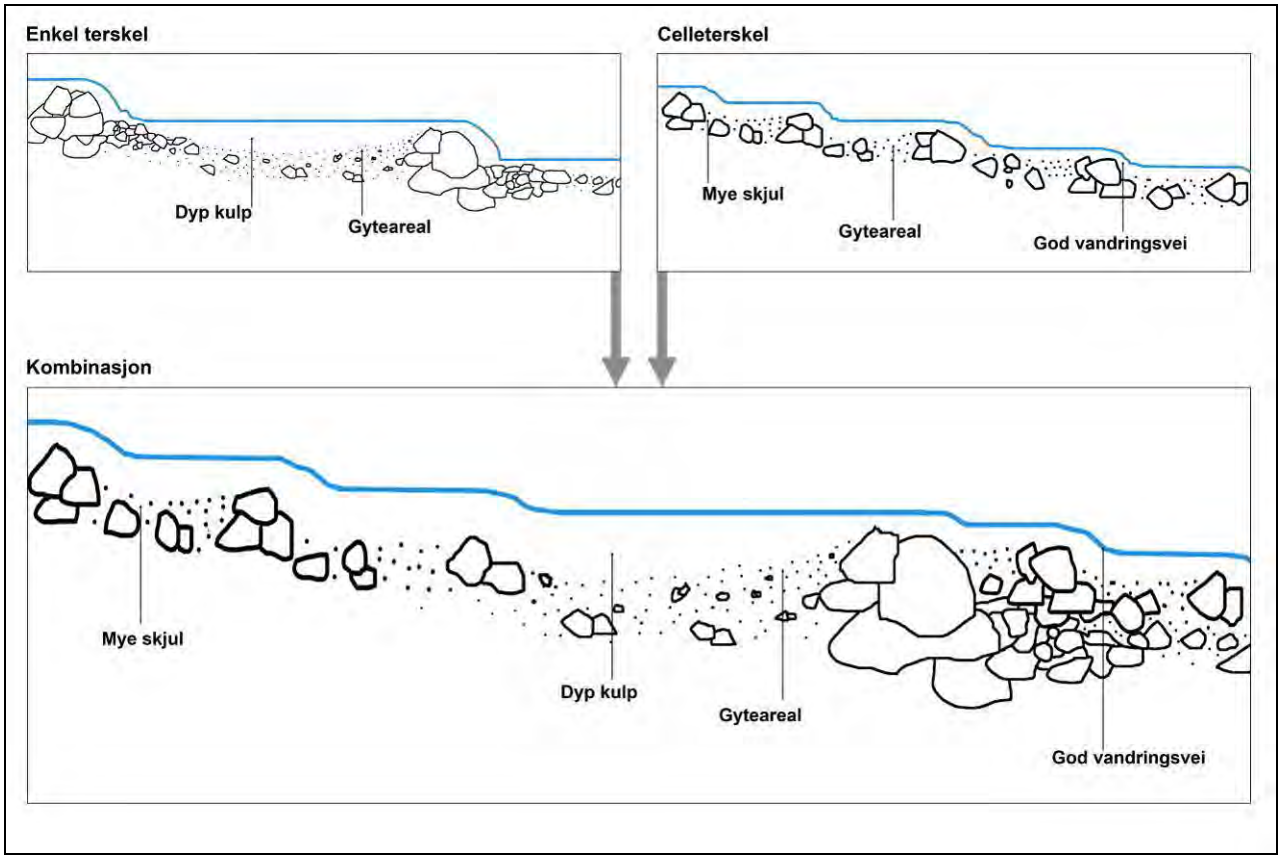
En del av steinene i celletersklenes celler ble forskjøvet og noen kulper fylt med stein, slik at celletersklene ikke var like tydelige etter 9 år.

5.10 Samlet vurdering av celletersklenes funksjon i Sima

Oftest gir dynamiske elver med tilstrekkelig vannføring uten terskler de beste habitatforholdene for laks og sjøørret (Fjeldstad et al. 2011) . Dersom terskler vurderes som nødvendige, bør terskeltypen velges avhengig av formålet. Celletersklene i Sima betraktes å ikke se bedre eller dårligere enn enkle syvdeterskler. Begge typer har ulike fordeler og ulemper mht. fiskehabitat. Celletersklene vurderes som bedre egnet til å skape skjul, habitat for ungfisk, vandringsmuligheter og til å unngå store finsedimentavsetninger, mens de enkle tersklene i Sima gir større vanndyp (viktige leveområder ved bunnis og tørke), mer populære fiskeplasser og større sammenhengende gyteplasser i utløpene. Kombineres fordelene til begge typer får man en løsning som kan sørge for alle nevnte funksjoner: Kulp-terskel-sekvenser som har enkelte større kulper og flere celler istedenfor én høy terskelkant. En kombinasjon av enkle terskler og celleterskler vil gi gyteareal, ungfiskhabitat, standplasser for adulte fisk, vandringsveier, dype områder og fiskeplasser.

Tabell 7. Vurdering av terskeltyper i Sima.

Funksjon	Enkel terskel	Celleterskel
Gyteplasser	+ (i kulpens utløp)	+ (flekkvis)
Ungfiskhabitat		++
Vandringsvei		++
Standplass for adulte fisk	+	+
Fiskeplass	++	
Stort vanndyp	++	
Robusthet mot finsediment		+



Figur 43. Hovedbudskapet fra fallstudien i Sim a: En kombinasjon mellom celleterskler og enkle terskler vil kunne gi fordelene til begge typer. Grafikk: Uni Miljø-LFI/ Pulg.

6 Konklusjon og anbefalinger

I elver der en på grunn av redusert vannføring velger å utføre fysiske tiltak for å bedre miljøet, synes en kombinasjon av løsmasseterskler/syvdeterskler, celleterskler og strykpartier å gi varierte habitatforhold for fisk og sikre mangfold av bunndyr. Undersøkelser i Numedalslågen ved Rødberg og Sima i Eidfjord viste at en fikk gode habitatforhold for ungfisk av ørret i områder med celleterskler. Celletersklene bidro til å skape skjul og habitat for ungfisk og sannsynligvis gode oppvandringsmuligheter for gytefisk, mens tradisjonelle terskler og terskelbassenger ga større vanndyp og større sammenhengende gyteområder mot utløpene. Mangeårige undersøkelser i Sima viser at det etter tiltakene (celleterskler, syvdeterskler og elvekorrigering) finnes både gytefisk og gytegroper i celleterskler og terskelkulper i nedre del av elva, mens gytefisken før tiltak var fordelt bare i øvre del av elva. En kombinasjon av terskel-kulp-stryksekvenser der celleterskler er en del, vil kunne gi varierte hydrofysiske forhold som gir varierte fiskehabitater for alle livsstadier til ørret. I Numedalslågen var tettheten av årsyngel av ørret liten, og strekningen med tiltak har små arealer med egnet gytesubstrat. Det er derfor anbefalt å legge ut gytegrus her.

Celleterskler vurderes å kunne bremse vannhastigheter og redusere erosjonspotensialet ved flom og vil bedre kunne motstå sedimentasjon enn tradisjonelle terskelbassenger. I Numedalslågen gjorde en 50-årsflom i 2007 skade på noen av celletersklene, men i hovedsak sto celletersklene godt etter flommen.

Etter fjerning av de tradisjonelle tersklene, pålagt minstevannføring og etablering av celleterskler har Numedalslågen nå et mer naturlikt uttrykk og et kontinuerlig vanndekt areal. Av hensyn til landskapsestetikk er det viktig å bruke stein av ulik størrelse i konstruksjonene, og helst stein fra elveløpet, da mye lik stein og skjematisk utforming av cellene kan gi et like "unaturlig uttrykk" som de tradisjonelle, rettlinjede tersklene. I Numedalslågen gir vekslingen mellom ulik bredde på elvesengen, konstruerte strykpartier, celleterskler med organisk formspråk og større enkeltsteiner lagt ut her og der samlet et inntrykk av en naturlig variert elv med en viss dynamikk til tross for lave vannføringer.

For mer tradisjonell terskelbygging er det samlet kunnskap og informasjon gjennom en rekke prosjekter og FoU-programmer. I forhold til celleterskler (også i kombinasjon med andre tiltak) finnes lite data fra norske vassdrag. Det er mangel på tverrfaglige undersøkelser som kan gi bedre kunnskap om celletersklers funksjon.

7 Litteratur

Arnekleiv, J.V., Raddum, G., Sandnæs, T.O., Fjellheim, A., Fergus, T. 2006. E valuering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge. NVE, Rapport Miljøbasert vannføring nr. 3-2006.

Arnekleiv, J.V., Koksvik, J., Rønning, L. & Kjærstad, G. 2006. Tiltaksrettet fiskebiologisk undersøkelse i Selbusjøen og Nea 2001-2005. – NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk rapport 2006-2: 1-83.

Arnekleiv, J.V. & Rønning, L. 200 4. Migratory patterns and return to catch site of adult brown trout (*Salmo trutta* L.) in a regulated river. River Research and Applications, 20: 929-942.

Barlaup, B. & Halvorsen G.A. 2000: Telling av an adrom gytefisk i Sima og Osa høsten 2000, med en vurdering av biotopforbedrende tiltak. UiB LFI-notat 11/2000. Uni Research, Bergen.

Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.E., Skoglund, H. & Wiers, T. 2008: Addition of spawning gravel – a means to restore spawning habitat of Atlantic salm on, anadroumous and resident trout in regulated rivers. River Research and Applications, 24, 543-550.

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing – theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 173: 9-43.

Borgstrøm, R., Brittain, J.E., Hasle, K. & Skjøl ås, S. 1995. Reduserer ørekyt rekrutteringen til aurebestander? – I: Spredn ing av ferskvannsorganismer. Sem inarreferat. – DN-notat 199 5-4: 139-145.

Bremnes, T. & Saltveit, S.J. 1 997. Effekt a v mose på bun ndyr i Suldalslågen. Rapport Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen 30: 1-42.

Brittain, J.E., Brabrand, Å. & Saltveit, S.J. 1995. Effe kt på fisk og næringsdyr ved introduksjon av ørekyt – I: Spredning av ferskvannsorganismer. Seminarreferat. – DN-notat 1995-4: 146-148.

Brittain, J.E., Brabrand, Å., Saltveit, S.J., Brem nes, T. & Røsten, E. 1988. The biology and population dynamics of *Gammarus lacustris* in relation to the intro duction of minnows, *Phoxinus phoxinus*, into Øvre Heimdalsvatn, a Norwegian subalpin lake. – Rapp. Lab. Ferskv. Økol. Innlandsfiske 109: 1-30.

Brittain, J.E. & L'Abée-Lund, J.H. 1993. Biotopjusteringsprogrammet – statu s 1992. NVE publ ikasjon nr. 15, 1993.

Brittain, J.E., Saltveit, S.J., Arnekleiv, J.V., Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1993. Steinsetting i vassdrag, virkning på bunndyr og fisk, s. 511-533 i Faugli, P.E., Erlandsen, A. & Eikenæs, O. (red.): Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak – en kunnskapsoppsummering. NVE publikasjon nr. 13 1993, bind 2.

Brusven, M.A., Meehan, W.R. & Biggam , R.C. 1990. The role of aquatic moss on co mmunity composition and drift of fish food organisms. Hydrobiologia 196: 39-50.

Dumont et al. 2005: Handbuch Querbauwerke. MUNLV Nordrhein-Westfalen, ISBN 3-9810063-2-1.

Dønnum, B.O. & Garnås, E. 1993. Rekruttering av ørret i Nu medalslågen fra Rødberg til Hvittingfoss 1992. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen. Rapport nr. 4-1993: 1-34.

Eie, J.A. & Brittain, J.E. 1990. Biot opjusteringsprogrammet – Status 1988. NVE publikasjon nr. 28: 1-54.

Eie, J.A., Br ittain, J.E. & Eie, J.A. 1995. Biotopjus teringstiltak i vassdrag. NVE, Kraft og miljø 21: 1-79.

Fagerlund, K.H. & Grundt, Ø. 1997. FoU-prosjekter 1994-1996 innen vassdrags- og energisektoren. NVE publikasjon 11: 1-106.

Faugli, P.E., Erlandsen, A.H. & Eikenæs, O. 199 3. Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak – e n kunnskapsoppsummering. NVE publikasjon 13, 1-2: 1-639.

Finstad, A.G., Einum , S., Forseth T. & Ugedal, O. 2007: Shelter availability affects behaviour, size-dependent and mean growth of juvenile Atlantic salmon. Freshwater biology 52, 1710-1718.

Fjeldstad, H.-P., Barlaup, B., Stickler, M. Gabrielsen, S-E. & Alfredsen, K. 2011: Removal of weirs and the influence on ph ysical habitat for salm onids in a Norwegian river. River Research and Applications. In press.

Fjellheim, A. 1993. Tersklers virkning på m iljøet i regulerte vassdrag, s. 484-510 i Faugli, P.E., Erlandsen, A. & Eikenæs, O. (red.): Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak – e n kunnskapsoppsummering. NVE publikasjon nr. 13 1993, bind 2.

Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1994. Stocking exper iments with wild brown trout (Salm o trutta) from a regulated river in two m ountain reservoirs. - In: Re habilitation of inland fisheries (I.G. Cowx, ed.). Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications, Oxford: 268-279.

Fjellheim, A. & Raddu m, G.G. 1996. Weir-building in a regula ted West-Norwegian river: Long term dynamics on invertebrates and fish. – Regul ated Rivers: Research and management 12: 501-508.

Fjellheim, A., Raddum , G.G. & Schnell, Ø.A. 19 93. Effects of in creased discharge on bent hic inverte-brates in a regulated river. Regulated Rivers 8: 179-187.

Fjellheim, A., Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.E. & Raddum, G.G. 2003. Restoring fish habitat as an alterna-tive to stocking in a river with strongly reduced flow. Ecohydrology and Hydrobiology 3: 17-26.

Frost, S., Huni, A. & Kershaw, W.E. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. Can. J. Zool. 49: 167-173.

Garnås, E., Mykkeltvedt, K. & Ty sse, Å. 1996. Spredning og ti ltak mot ørekyte (*Phoxinus phoxinus*) i høgfjellsområder i Buskerud. – I: S eminar og wo rkshop, Biologien til karpefisk i Norge. Zool. Inst., Univ. i Bergen.

Gederaas, L., Salvesen, I. & Viken, Å. (red.). 2007. Norsk s varteliste 2007 – Økologiske risiko-vurderinger av fremmede arter. Artsdatabanken, Trondheim. 157 s.

Grande, R. 2010: Håndbok for fisketrapper. Tapir forlag. Trondheim.

Haugum, A. 1998. FoU-programmet "Etterundersøkelser". Sluttrapport. NVE rapport nr. 24: 1-62.

Hesthagen, T. 1995. Årsaker til spred ning av øreky t og m ulige tiltak for å begrense utbredelsen. – I: Spredning av ferskvannsorganismer. Seminarreferat. – DN-notat 1995-4: 133-138.

Hesthagen, T. & Sandlund, O.T. 1997. Endringer i utbredelse av ørekyte i Norge: årsaker og effekter. – NINA Fagrapport 03: 1-16.

Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jen sen A.J., Ugedal, O., Jon sson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J.V., Saltveit, S.J., Sægrov, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for lakse-bestander i Norge. NINA rapport 226. 78 s.

Hole B.S., Myklatun, S. 2007: Fiskeundersøkelser i Simadalselva 2003-2006 - Ungfiskt ettheter og gytefisktelling. Statkraft rapport nr. 05/01.

Mellquist, P. 1985. Li v i regulerte elver. Terskelp rosjektet. NVE. Kraft o g miljø nr. 10: 1-120.

Pulg, U., Barlaup, B., Gabrielsen S.-E. & Skoglun d, H. 2011: Sjøaurebekker i Berg en og omegn. Uni Miljø LFI-rapport nr. 181, 295 s. Uni Research, Bergen.

Pulg, U., Barlaup. B., Unfer, G., Sternecker, K. & Trepl, L. 2011: The restoration of spawning habitats of brown trout (Sal mo trutta) in a re gulated chalk strea m. River Research and Applications. In press.

Sandven, O.R., Gabrielsen, S-E., Barlaup, B.T., Lehmann G.B., Wiers, T., Sko glund, H. og Halvorsen, G.A. 2009. Statusrapport for langsiktige undersøkelser av laksefisk i seks regulerte vassdrag i Hardanger 2007-2008. LFI-rapport nr. 166. 104 s.

Skoglund, H., Barlaup, B.T., Lehmann, G., Wier s, T., Gabrielsen, S-E. & Sandven, O.R. 2008. Gytefisktellinger i 18 vassdrag i Hardangerfjords ystemet 2004-2007 – bestandsstatus for villfisk og innslag av rømt oppdrettslaks. LFI-rapport nr. 151.

Skoglund, H., Sandven, O.R., Barlau p, B.T., Lehm ann, G., Wiers, T. & Gabrielsen, S-E. 2009. Gytefisktellinger i Nordhordland, Hardanger og Ryfylke i 2004-2008 – bestandsstatus for villfisk og innslag av rømt oppdrettslaks. LFI-rapport nr. 163. 60 s.

Skarbøvik, E., Glover, B., Barton, D.N., Brabrand, Å., Bækken, T., Halleraker, J.H., Johansen, S.W., Kristiansen, A. & Saltveit, S.J. 2006. Forslag til metodikk for fastsettelse av miljømål i sterkt modifiserte vannforekomster. Med eksem pler fra Numedalslågen. NIVA rapport LNR 5266-2006: 1-92.

Skår, B., Gabrielsen S.-E., Barlaup, B., Lehmann, G.B., Wiers, T.& Skoglund, H. 2011: Årsrapport for langsiktige undersøkelser av laksefisk i seks regulerte vassdrag i Hardanger 2010. Uni Miljø LFI-rapport nr. 182. Uni Research, Bergen.

Sægrov, H., Urdal, K., Hellen, B.A., Kålås, S. og Saltveit, S.J. 2001. Estimating carrying capacity and presmolt production of Atlantic salmon (Salmo salar) and anadromus brown trout (Salmo trutta) inn West Norwegian rivers. Nordic Journal of Freshwater Research. 75: 99-108.

Sægrov, H., Johnsen G.H., Kålås, S., Hellen, A. & Urdal, K. 2011. Fysiske tiltak som alternativ til minstevassføring i Sorelva i Sam nangervassdraget. Sluttrapport 2005-2010. – Rådgivende Biologer AS, rapport 1476: 1-56.

Fergus, T., Hoseth, K.A. & Sæterbø, E. (red.) 2010. Vassdragshåndboka: Håndbok i vassdrags-teknikk. Tapir Akademisk Forlag, Trondheim, ISBN 978-82-519-2425-2. 428 s.

Sættem, L.M. 1995. G ytebestander av laks og sjøa ure. En sammen stilling av registreringer fra ti vassdrag i Sogn og Fjordane fra 1960-94. Utredning fra DN 1995–7, 107 s.

Thorstad, E.B., Økland, F., Hvidsten, N.A., Fiske, P. & Aarestrup, K. 200 3. Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag. NVE, Rapport Miljøbasert vannføring 2003-1: 1-52.

Thorstad, E.B., Arnekleiv, J.V., Fors eth, T., San dlund, O.T., J ensen, A. J. & Næsje, T.F. 2006. Fiskevandring og effekter av endringer i vannfør ing. S. 100-1 18 i Saltveit, S.J. (red.). 2006. Økologiske forhold i vassdrag – konsekvenser av vannføringsendringer. NVE, 152 s.

Thorstad, E.B., Sandlund, O.T., Heggberget, T. B., Finstad, A., Museth, J., Berger, H.M., Hesthagen, T. & Berg, O. K. 2006. Ørekyt i Namsenvassdraget. Utbredelse, spredningsrisiko og tiltak. NINA rapport 155: 1-69.

Økland, E., Jonsson, B., Jensen, A.J. & Hansen, L.P. 1993. Is there a treshold size regulating seaward migration of brown trout and Atlantic salmon? Journal of Fish Biology 42: 541-550.

Vedlegg 1. Antall individer av bunndyr pr. prøve i Numedalslågen, september 2009.

Numedalslågen sept. 2009

		Stasjoner							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**9**
Hydrozoa	Hydroide						2		
Oligochaeta	Fåbørstemark	2	7		1	3	14	5	1
Acari (Hydracarina)	Vannmidd		11	17	5	5	1		
Ameletus inopinatus	Døgnflue			1					
Centroptilum luteolum	Døgnflue	1	3	30	4				
Baetis digitatus	Døgnflue		4	4		1			
Baetis muticus	Døgnflue	7	6	14	2				
Baetis niger	Døgnflue		1	1					
Baetis rhodani	Døgnflue	58	214	80	234	129	86	137	27
Heptagenia dalecarlica	Døgnflue	7	4	7	3	2	5	4	
Heptagenia fuscogrisea	Døgnflue			4	3		1		
Ephemerella aurivillii	Døgnflue	1		2	10	3		2	
Ephemerella mucronata	Døgnflue			3					
Diura nanseni	Steinflue		1		1		2		
Isoperla sp.	Steinflue			3	3	1	1	1	8
Dinocras cephalotes	Steinflue	5	4		1	1	2		
Taeniopteryx nebulosa	Steinflue			1	3	4	3	2	1
Amphinemura borealis	Steinflue	3	5	3	15	1		2	
Nemoura sp.	Steinflue								1
Capnia sp.	Steinflue	1			1			1	4
Leuctra sp.	Steinflue				2		2		
Leuctra fusca	Steinflue				5	2	1	3	
Leuctra nigra	Steinflue							3	
Elmis aenea	Bille						1		
Rhyacophila nubila	Vårflue	5	3	1	7	6	3	1	
Hydroptila sp.	Vårflue			1					
Oxyethira sp.	Vårflue		1	2	1	2	13	8	2
Wormaldia subnigra	Vårflue	1							
Neureclipsis bimaculata	Vårflue					5	6	31	16
Plectrocnemia conspersa	Vårflue					1			
Polycentropus flavomaculatus	Vårflue		3	5	6	20	9	11	1
Hydropsyche sp.	Vårflue		2						
Hydropsyche siltalai	Vårflue	6				1			
Lepidostoma hirtum	Vårflue		1		2	1	5	1	
Sericostoma personatum	Vårflue		1						
Chironomidae	Fjærmygg	16	13	18	40	34	78	108	24
Simuliidae	Knott	2	5	1	3	6	4	6	4
Ceratopogonidae	Sviknott						1		
Dicranota sp.	Småstankelbein				1				
Sum		**115**	**289**	**198**	**353**	**228**	**240**	**326**	**89**

Vedlegg 2. Antall individer av bunndyr pr. prøve i Numedalslågen, september 2010.

Numedalslågen sept. 2010

		Stasjoner							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**9**
Oligochaeta	Fåbørstemark	6	2	1	6	3	4	3	
Acari (Hydracarina)	Vannmidd	1	20	20	16	33	25	20	4
Ostracoda	Muslingkreps	1	1		2	1	1		
Ameletus inopinatus	Døgnflue		1						
Centroptilum luteolum	Døgnflue	1	5	36	12	3	1	14	
Baetis digitatus	Døgnflue		2	2	2	2		2	
Baetis muticus	Døgnflue	32	4	6	3	4	1	2	1
Baetis niger	Døgnflue		1	1					
Baetis rhodani	Døgnflue	79	192	110	270	198	262	95	61
Heptagenia dalecarlica	Døgnflue	6	2	2	4		9	1	9
Heptagenia fuscogrisea	Døgnflue	1	2		2		6	1	2
Ephemerella aurivillii	Døgnflue	11	11	17	19	32	38	16	1
Ephemerella mucronata	Døgnflue	3	7	6	12	2	18	1	1
Leptophlebiidae	Døgnflue			3	1	3	2	1	1
Leptophlebia marginata	Døgnflue			5	1				
Paraleptophlebia sp.	Døgnflue			1			1		
Diura nanseni	Steinflue	1		1	1	1			1
Isoperla sp.	Steinflue	2	2	1	1	3	6		4
Dinocras cephalotes	Steinflue	2	2	1	1	2	2	1	
Taeniopteryx nebulosa	Steinflue		1	1	1	3	4		2
Amphinemura borealis	Steinflue	23	17	25	33	29	42	10	3
Nemoura avicularis	Steinflue			1					
Capnia sp.	Steinflue	1	1			3	1	5	2
Leuctra sp.	Steinflue	3			1	2	1	1	1
Leuctra fusca	Steinflue				1		1		
Leuctra nigra	Steinflue	1		1	3	1	1	6	
Hydraena gracilis	Bille			1		1			
Elmis aenea	Bille	4							
Rhyacophila nubila	Vårflue	5	2	2	5	6	8	4	11
Hydroptila sp.	Vårflue	8	2	11	2	13	4	1	1
Ithytrichia lamellaris	Vårflue	1							
Oxyethira sp.	Vårflue	22	2	9	3	3	1	1	
Wormaldia subnigra	Vårflue	1							
Neureclipsis bimaculata	Vårflue			1	4	11	10	31	10
Plectrocnemia conspersa	Vårflue			1		1			
Polycentropus	Vårflue	3	12	12	21	19	11	25	4
Hydropsyche sp.	Vårflue	3							
Hydropsyche nevae	Vårflue	3							
Hydropsyche siltalai	Vårflue	4	1				4		
Lepidostoma hirtum	Vårflue		3	2	3	2	2		
Limnephilidae	Vårflue								1
Apatania sp.	Vårflue					1	1		
Apatania stigmatella	Vårflue		1						
Sericostoma personatum	Vårflue		2	1		7	2		
Ceraclea sp.	Vårflue						1		
Chironomidae	Fjærmygg	183	69	71	57	88	70	36	19
Simuliidae	Knott	6			3	6	3	3	4
Ceratopogonidae	Sviknott	1							
Antocha sp.	Småstankelbein	1							
Dicranota sp.	Småstankelbein		2	1				1	
Empididae	Danseflue	3							
Radix balthica	Damsnegl	1	2	2				1	
Gyraulus acronicus	Skivesnegl			1			4	1	
Sum		**414**	**364**	**346**	**480**	**474**	**538**	**277**	**138**

.

Vedlegg 3. Antall bunndyr i roteprøver tatt i Sima 5.11.2009.
(Data: Uni Miljø-LFI/ Godtfred Anker Halvorsen).

Prosjekt: Sima		Celleterskel		
Dato: 05.11.2009				
HOI: Eidfjord kommune		Stasjon: St. 1	St. 2	St.3
Nematoda		1	1	1
Oligochaeta		7	8	34
Acari		9	9	41
Ephemeroptera				
***	*Baetis rhodani*	260	292	52
***	*Ephemerella aurivilli*	7	4	17
**	*Ameletus inopinatus*	2	1	
Plecoptera				
	Amphinemura sulcicollis	44	86	40
	Amphinemura borealis	95	105	11
	Leuctra hippopus	31	37	47
	Leuctra fusca/digitata	1	1	
	Brachyptera risi	208	99	40
	Protonemura meyeri	42	14	51
	Nemoura cinerea		1	3
**	*Capnia* sp.	25	19	18
**	*Diura nanseni*	1	5	4
Trichoptera				
	Potamophylax latipennis		1	
	Rhyacophila nubila	30	37	36
	Limnephilidae indet.	1	1	1
**	*Apatania* sp.			2
***	*Glossosoma intermedium*	1		1
Chironomidae		87	153	1032
Simuliidae		108	54	364
Tipuloidea				
	Dicranota sp.	5	3	16
Diptera				
	Empididae indet.	9	3	17
	Psychodidae indet.	3	1	
Crustacea				
	Ostracoda	1	3	7
	Sum			
	Forsuringsindeks 1	1	1	1
	Forsuringsindeks 2	1	1	0,77

***Meget følsom
** Moderat følsom
* Lite følsom

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i rapportserien Miljøbasert vannføring, fase II

Nr. 1-09 Evaluering av ordningen med prøvereglement. Brian Glover, John Brittain, Svein Jakob Saltveit (49 s.)

Nr. 2-09 Pilotstudie tilsigsstyrt minstevassføring. Knut Alfredsen, Tommi Linnansaari, Atle Harby, Ola Ugedal (41 s.)

Nr. 3-09 Miljøvirkninger av vannkraft - forslag til undersøkelsesmetodikk. Lars Størset (51 s.)

Nr. 4-09 Hvor viktig er vatn og vassføring for friluftsliv? Brukerstudier om aktiviteter, opplevelser, holdninger, kraftutbygging og konsesjonsvilkår. Odd Inge Vistad, Joar Vittersø, Oddgeir Andersen, Hogne Øian, Tore Bjerke (84 s.)

Nr. 5-09 Modeller for simulering av miljøkonsekvenser av vannkraft. Atle Harby (red.) (51 s.)

Nr. 1-10 Ål og konsekvenser av vannkraftutbygging - en kunnskapsoppsummering. Eva B. Thorstad (red.) (135 s.)

Nr. 2-10 Etterundersøkelser ved små kraftverk. Sumvirkninger på landskap. Botaniske verdier og småkraft, Bunndyr og småkraft, Konsesjonsfrie mikro- og minikraftverk. Gunn E. Frilund (red.) (113 s.)

Nr. 3-10 Temperaturforhold i elver og innsjøer. Tiltak for regulering av temperatur. Simuleringsmodeller. Kjetil Vaskinn (89 s.)

Nr. 1-11 Vassdrag, vannføring og landskap. Trond Simensen, Priska Helene Hiller, Kjetil Vaskinn (55 s.)

Nr. 2-11 Blodsugende knott og vassdragsreguleringer: Kan masseforekomst predikeres? Åge Brabrand, Trond Bremnes, Henning Pavels (34 s.)

Nr. 3-11 Fossekall og småkraftverk: Bjørn Walseng, Kurt Jerstad (35 s.)

Nr. 1-12 Miljøkonsekvenser av raske vannstandsendringer. Atle Harby, Jim Bogen (82 s.)

Nr. 2-12 Kriterier for bruk av omløpsventil i små kraftverk. Lars Størset (red.) (57 s.)

Nr. 3-12 Er det mulig å bli kvitt krypsivproblemene på Sørlandet? Torbjørn Danielsen, Edgar Vegge, Per Øyvind Grimsby (33 s.)

Nr. 4-12 Suksesjoner i et terskelbasseng. Langtidstrender i utvikling av bunndyrsamfunn. Arne Fjellheim, Godtfred A. Halvorsen (37 s.)

Nr. 5-12 Konsekvenser og avbøtende tiltak for ørret i forbindelse med utbygging av små kraftverk. Svein Jakob Saltveit, Ragnhild Wendelbo (40 s.)

Nr. 6-12 Evaluering av celleterskler som avbøtende tiltak. Jo Vegar Arnekleiv (red.) (74 s.)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no