



Fiskeribiologiske undersøkelser i forbindelse med planlagt vassdragsoverføring fra Skjeggedalsåna



Strykområde mellom Småvatni (GN – luftfoto)

Gustavsen Naturanalyser
Januar 2010

Innhold

Innledning.....	3
Metode.....	4
Områdebeskrivelse	5
Resultater / diskusjon	6
Fisk.....	6
Bunndyr.....	7
Dyreplankton	8
Vannkvalitet	9
Virkninger av tiltaket	10
Litteratur.....	12

Innledning

Risdal Energi AS vil søke om å overføre vann fra Heddevatn i Skjeggedalsvassdraget til Gjuvvatn i Vatnedalsvassdraget. To bekker som renner til Høgtjørn er også tenkt drenert og overført til Gjuvvatn. Det er beregnet at overføringen i gjennomsnitt vil være 2,5 m³/s. Konsekvensene av dette blir betydelig redusert vannføring nedstrøms Heddevatn, samt tørrlegging av de to bekkene. Effekten vil være størst nærmest tiltaket, gradvis mindre ned mot brua ved krysset mot Risdal. Gustavsen Naturanalyser har fått i oppdrag å vurdere konsekvensene av tiltaket på fisk og andre ferskvannsorganismer. Tiltakets effekt på øvrig biologisk mangfold utredes av Faun Naturforvaltning AS (Roer 2009).

Området ble befart 16. – 17. september 2009, samt 13. oktober. Det ble gjennomført undersøkelser med elektrisk fiskeapparat flere steder, tatt plankton-, bunndyr og vannprøver, samt gjennomført garnfiske i Høgtjørn og Småvatni.

Området er sterkt påvirket av sur nedbør, men ikke eller i liten grad kalket oppstrøms kalkdoserer. Som følge av internasjonale avtaler om utslippreduksjon har forsøringsproblemet avtatt noe på Sørlandet. Foruten å vurdere dagens utbredelse av fisk blir det derfor også gjort vurderinger av fremtidige muligheter forutsatt bedre vannkvalitet.



Bilde 2: Oversiktsbilde viser utløpet av Småvatni, elv og loner nedover mot Storstemmen (GN – luftfoto).

Metode

Prøvefiske ble utført med bunngarn i Småvatni og Høgtjørn. Det ble benyttet seksjonerte oversiktsgarn av type "Nordisk garnserie". Garnene er 35 meter lange og inneholder segmenter med garn av maskestørrelsene: 5,0 – 6,3 – 8,0 – 10,0 – 12,5 – 16,0 – 19,5 – 24,0 – 29,0 – 35,0 – 43,0 – 55,0 mm. Hver maskevidde er representert med en seksjon på 2,5 meter i tilfeldig rekkefølge.

Lengde og vekt

Det ble kun gjort fangst av fisk i Småvatni, og dette bestod av bekkerøyer som er en innført art. Etter avtale med Fylkesmannen ble derfor undersøkelsene begrenset til veiing til nærmeste 1 g. og lengdemåling til nærmeste 1 mm. Dette gir grunnlag for beregning av lengdefordeling og kondisjonsfaktor.

Kondisjonsfaktor er et mål på sammenhengen mellom lengde og vekst. Fulton's formel ble brukt:

$$\text{kondisjonsfaktor (k)} = \frac{100 * \text{fiskens vekt i gram}}{(\text{fiskens lengde i cm})^3}$$

Kondisjonsfaktoren sier noe om fiskens vekt i forhold til lengde. Faktoren vil variere for ulike typer fisk. For ørret regnes kondisjonsfaktor 1.00 som normalt. Fisk med lavere kondisjonsfaktor regnes som magre, mens fisk med større kondisjonsfaktor regnes som feite.

Elfiske i bekker/elver

Gytebekker/elver ble undersøkt med elektrisk fiskeapparat for å dokumentere reproduksjon. Det ble valgt stasjoner med gunstigst mulig dybde, strøm og bunnforhold.

Dyreplankton

Plankton ble samlet ved hjelp av planktonhåv med vertikalt trekk fra et antatt dypt sted. Prøven ble samlet i glass og tilsatt sprit. Artssammensetningen av dyreplankton kan gi indikasjoner på vannkvalitet ved funn av eksempelvis forsuringsfølsomme arter. Planktonfaunaen kan også indikere om det er mye eller lite fisk i vannet ved mengden av enkelte arter som lett blir spist av fisk.

Bunndyr

Prøve av bunndyrsamfunnet ble tatt i rennende vann et stykke nedstrøms Småvatni. Det ble sparket i bunnsubstratet og steiner ble vendt og børstet slik at eventuelle bunndyr ble fanget i håven. Prøven ble samlet i flere lag plastposer og tilsatt sprit. Bunndyrene er forholdsvis stasjonære og eksponeres for varierende vannkvalitet gjennom årstidene. Artssammensetningen av bunndyr gir derfor gode indikasjoner på hvordan vannkvaliteten har vært over lengre tid.

Dokumentering

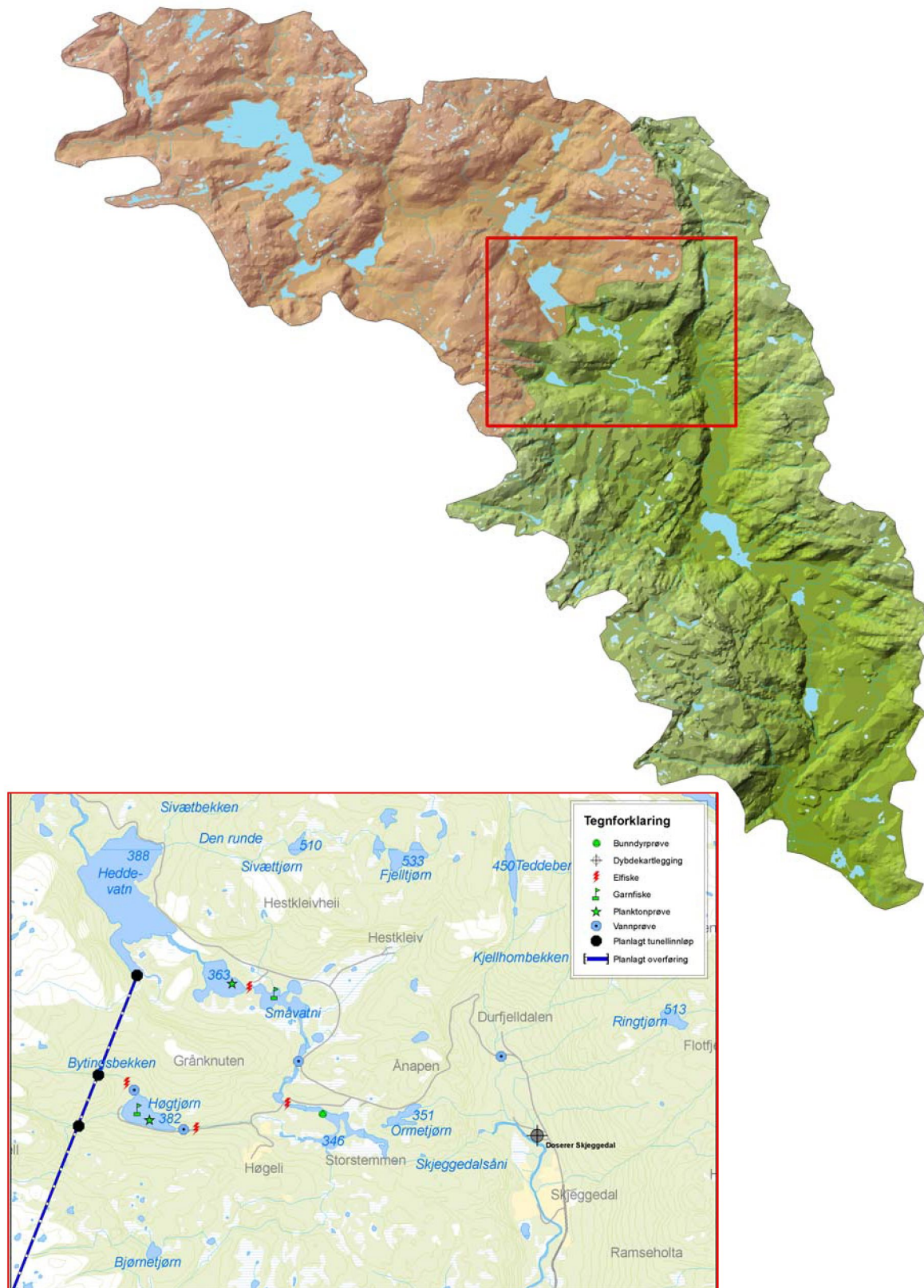
Geografisk posisjonering av undersøkelsene ble gjort med Garmin Astro 220. Fotografering ble gjort med digitalt speilreflekskamera fra bakkenivå, mens et digitalt kompaktkamera ble brukt til luftfotografering ved hjelp av et radiostyrt fly. Sistnevnte metode ble gjort for egen regning som et ledd i metodeutvikling. Bilder georefereres ved kobling til GPS.

Georefererte bilder fra feltarbeidet ligger her;

<http://picasaweb.google.no/Naturalanalyser/Skjeggedal?feat=directlink>

Områdebeskrivelse

Kartet i figur 1 viser Skjeggedalsvassdraget med utfelt detaljkart der undersøkelsene ble utført. Rød del av vassdraget angir delene av vassdraget som eventuelt blir overført.



Figur 1: Oversiktskart over Skjeggedalsvassdraget, samt uthevet detaljkart over undersøkelsesområdet. Rød del av vassdraget angir delene av vassdraget som eventuelt blir overført.

Resultater / diskusjon

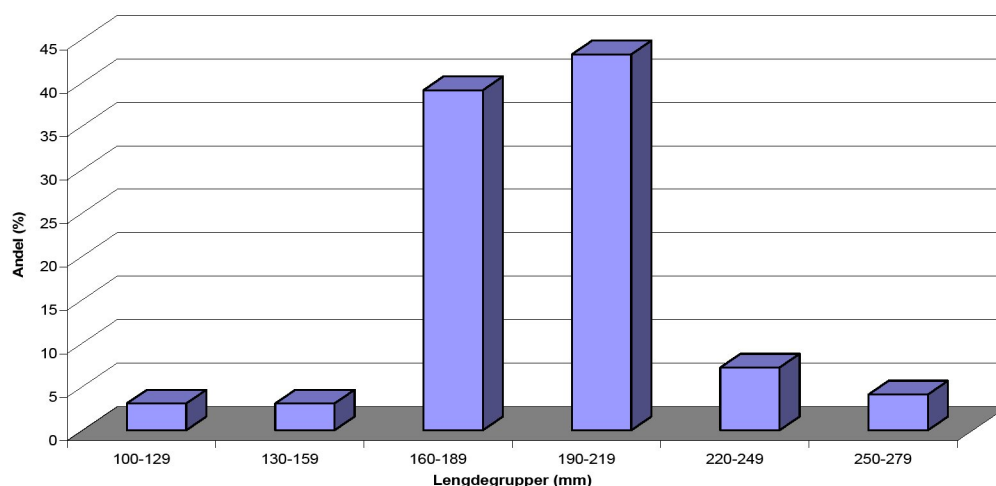
Fisk

Tiltakets effekt på fiskebestandene vil være størst rett nedenfor overføringspunktet, dvs. i Høgtjørn dersom to tilløpsbekker dreneres, samt i Småvatni nedstrøms Heddevatn og Storstemmen, som ligger rett nedenfor Småvatni. Småvatni og Storstemmen vil få en restvannføring på henholdsvis 6 % og 15 % av dagens nivå ved tiltaket. Høgtjørn får en restvannføring på 33 %. Det er hovedstrengen nedover som vil være berørt av redusert vannføring, mens sidebekker ikke berøres. Undersøkelsene tok sikte på å undersøke om redusert vannføring vil gi redusert gyte- og oppvekstforhold i rennende vann, samt eventuelt finn sidebekker som også bidrar til rekruttering.

Innledende elfiske gav raskt et inntrykk av mindre utbredelse av fisk enn først antatt. Det ble ikke funnet fisk i bekkene til Høgtjørn, i utløpet av Høgtjørn eller i lonene ved samløp Høgtjørn/Småvatni (Storstemmen). Ved Småvatni ble det kun funnet et aktuelt gyteområde, i stryket mellom de to vannene (forsidebilde). Her ble det funnet et fåtall yngel av bekkerøye.

Det ble satt garn i Høgtjørn og Småvatni for sikrere å avgjøre fiskebestanden. I Høgtjørn var alle fem garnene tomme og sammenstilt med resultatløst elfiske antas det derfor at det her er fisketomt. Vannprøver viste også svært surt vann her.

I Småvatni var det god fangst av bekkerøye, som eneste art. Med fem garn ble det fanget 97 bekkerøyer, med en gjennomsnittlig kondisjonsfaktor på 1,16. Figur 2 viser at lengdegruppene 160-189 mm og 190-219 mm dominerer i fangsten.



Figur 2: Lengdefordeling for bekkerøye fanget i Småvatni, 17. september 2009 (n= 97).

Småvatni ser ut til å ha en kraftig, selvreproduserende bekkerøyebestand. Stor dominans av to lengdegrupper kan tyde på at det enkelte år er lavere rekruttering, sannsynligvis som følge av surt vann. Det er høy kondisjonsfaktor så det er sannsynligvis god tilgang på mat. Høy vanngjennomstrømning gir sannsynligvis jevn tilførsel av næringsdyr.

Det har i nyere tid blitt fanget en ørret rett nedstrøms fossen fra Heddevatn (Erik Usterud, pers medd), og denne antas å komme fra vann lengre oppe i vassdraget der det er foretatt

utsettinger. Det er ikke mulig for fisk å vandre opp fra vann lengre nede i systemet. I Heddevatn skal det være fisk, men fåtallig og vanskelig å fange (Erik Usterud, pers medd).

Tiltakets virkning på fisk:

I det nærmeste området nedstrøms Heddevatn, dvs. Småvatni og elv / loner ned mot Storstemmen vil tiltaket kun berøre bekkerøye som er en fremmed art i norsk ferskvannsfauna. Gyteområdet i stryket mellom Småvatni vil sannsynligvis bli negativt påvirket, med påfølgende lavere rekruttering. Det ble ikke funnet andre gytesteder tilknyttet Småvatni, men inntrykket av bestandsstørrelsen ved garnfiske indikerer at det må være flere muligheter. Med den høye vanngjennomstrømningen i Småvatni er det rimelig å anta at bekkerøyene finner egnede gyteplasser i selve vannet. Disse vil også bli sterkt forringet.

Negative konsekvenser for bekkerøye som er en fremmed art i norsk fauna er isolert sett uproblematisk, men fritidsfiske utgjør en viktig friluftslivsaktivitet i området og dette blir skadelidende ved tiltaket. Det vil også ha negative konsekvenser for en eventuell fremtidig etablering av ørret.

I Høgtjørn er det ikke fisk, dermed kan ikke tiltaket sies å ha negative konsekvenser for fisk nå. Av de to innløpsbekkene til Høgtjørn er det Bytingsbekken som virker best egnet som eventuell fremtidig gytebekk for ørret. Dette forutsetter da betydelig vannkvalitetsforbedring, samt utsetting av ørret. Gyting på utløpsbekken fra Høgtjørn vil være en teoretisk mulighet.

Tiltaket vil medføre overføring av fisk og andre ferskvannsorganismer fra Heddevatn til Gjuvvatn. Overføringstunellen er tenkt bygget slik at det blir et stort fall ved tunnelutløpet. Dette betyr at overføringsproblematikken er "enveis", dvs. fra Skjeggedal til Vatnedal. Blant fiskearter regnes bekkerøye som fremmed og spredning av denne arten vil være negativt. Det ble påvist god bestand av bekkerøye i Småvatni, rett nedstrøms Heddevatn, men stort vandringshinder hindrer oppgang til Heddevatn. I Heddevatn og Bjårvatn som ligger rett ovenfor Heddevatn er det ikke gjort undersøkelser, men i følge grunneiere er det ikke bekkerøye her. Det har tidligere vært satt ut bekkerøye ved minst 3 anledninger for mange år siden, men dette har ikke resultert i reproduserende bestander her. Det skal i følge grunneiere nå være kun ørret å få i disse to vannene.

Både Skjeggedal og Vatnedal har vært sterkt påvirket av sur nedbør gjennom mange år med fisketomme vann som resultat. Bekkerøye har blitt satt ut flere steder i begge vassdrag for å kompensere for tapt fritidsfiske. Samtaler med grunneiere i begge vassdrag gav derimot ingen konkrete opplysninger om bekkerøyebestander i dag. Det virker som ørret er i ferd med å øke sin utbredelse i vassdragene, og at bekkerøye blir fortrenget. Dette utelukker likevel ikke at det kan være mindre forekomster av bekkerøye i begge vassdragene.

Ettersom det er ørret i de to nærmeste vannene til overføringstunellen antas det at overføring av bekkerøye ikke er en aktuell problemstilling. Det er ingen gamle stedegne ørretbestander i områdene så overføring av ørret gjennom tunellen antas å være et lite problem. Overføring av andre ferskvannsorganismer er ikke nærmere vurdert, men en geografisk nærhet, tilnærmet lik høyde over havet og tilsvarende forsurningsnivå tilsier at det ikke skal være store forskjeller i artssammensetning. Det ble kun registrert vanlige bunndyr- og planktonarter i Skjeggedal. Vassdragsgrenene møtes naturlig ca 15 km lengre nede.

Bunndyr

Redusert vannføring gir vanligvis økt temperatur, økt sedimentering og uendrede eller økte tettheter av bunndyr. Sammensetningen av arter kan endres betydelig. I forbindelse med prosjektet Effekter av kalking på biologisk mangfold ble Tovdalsvassdraget undersøkt i 1999-2001 (DN-utredning 2005-5). Bunndyrfaunaen i Skjeggedalsåna var sterkt forsuringsskadd både oppstrøms og nedstrøms kalkdosereren på Skjeggedal. Undersøkelser i 2004 viser en

bedring for bunndyrsmiljøet nedstrøms kalkdoserer, men fortsatt sterk forurensningsskade i samfunn oppstrøms kalkdoserer (DN-Notat 2005-2).

Det ble tatt bunndyrprøve i elvestrekningen nedstrøms Småvatni, mot Storstemmen 21. oktober. Dette prøvepunktet er sammenlignbart med overvåkingstasjon oppstrøms kalkdoserer. Prøven ble artsbestemt og vurdert av Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI). Forsuringsindeksen etter Fjellheim & Raddum (1990) og Raddum et al. (1999) ble beregnet til 0, noe som tilsier sterkt forurensede forhold (vedlegg 2). Ingen av artene/gruppene av bunndyr kan regnes som sjeldne eller truet. LFI konkluderer med at reduksjon i vannføring ikke vil føre til tap av sjeldne eller følsomme arter, eller bidra til en reduksjon av biologisk mangfold i området. Sammensetningen av arter vil være den samme, men med forskyvninger i dominansforhold mot arter som fortrinnsvis finnes i mer stillestående vann.

Tiltakets effekt på bunndyr

Reduksjon i vannføring vil ikke føre til tap av sjeldne eller følsomme arter, eller bidra til en reduksjon av biologisk mangfold i området.

Dyreplankton

Dyreplankton er det dyresamfunnet som i minst grad blir direkte berørt av redusert vannføring. En endring i dominansforhold artene imellom kan forekomme.

Planktonprøver ble tatt i Høgtjørn og Småvatni. Prøvene ble artsbestemt og vurdert av Jens Petter Nilssen (vedlegg 3). Tabell 1 viser artene som ble funnet.

Tabell 1: Artsliste for dyreplanktonprøver tatt 17. september 2009. Forklaring: xxx/m: masseforekomst; xxx: svært vanlig, xx: middels forekomst, x: til stede i lite antall.

Innsjø	<i>Bosmina longispina</i>	<i>Heterocope saliens</i>	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	<i>Cyclops scutifer</i>	<i>Kellicottia longispina</i>
Høgtjørn	xxx/m	xx	xxx/m		xxx/m
Småvatni	xxx		xx	xx	xxx

I begge vannene var det mye av vannloppen *Bosmina longispina*, hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis* og hjuldyrarten *Kellicottia longispina*. Dette er alle vanlige arter som er tolerante overfor surt vann. I Høgtjørn var det middels forekomst av *Heterocope saliens* som er en av våre største hoppekreps i ferskvann. Arten er tolerant overfor surt vann. Den har en farge og størrelse som gjør at den lett spises av fisk. Dette underbygger konklusjonen om at Høgtjørn er fisketom. I Småvatni var det middels forekomst av den forurensningsfølsomme arten *C. scutifer*, som tyder på at vannet er i ferd med å restaureres biotisk (Nilssen & Wærvågen 2003).

Tiltakets effekt på dyreplankton

Det er kun registrert vanlige arter. Reduksjon i vannføring vil dermed ikke føre til tap av sjeldne eller følsomme arter, eller bidra til en reduksjon av biologisk mangfold i området. Planktonprøven i Småvatni viser tegn på bedring i forhold til forursingssituasjonen.

Vannkvalitet

Skjeggedalsgreina er regnet som blant de sureste områdene i Tovdalsvassdraget, og hadde i 2004 en middel-pH på 5,13 oppstrøms kalkdosereren i Skjeggedal (DN-Notat 2005-2). Vannprøvene som ble tatt i forbindelse med denne undersøkelsen ligger i hovedsak høyere i vassdraget enn dette, med unntak av de to kalkpåvirkede prøvene (tabell 2). Figur 1 viser stasjonenes plasseringer.

Vannprøvene av Småvatni, Bytingsbekken og Høgtjørn representerer vannkvaliteten til vannet som er tenkt overført. Kjellhomsbekken som renner fra et delnedbørsfelt som utgjør ca 8 % av Skjeggedalsvassdraget representerer et betydelig bidrag i toppen av vassdraget, dersom tiltaket gjennomføres. Nedover er vassdraget preget av "mange bekker små gjør en stor å.." og det ble vurdert som lite hensiktsmessig å ta prøver av småbekker for å vurdere restfeltets vannkvalitet. Hovedstrengen er kalket med kalkdoserer og vannprøver herfra gir dermed ingen informasjon om ukalket vannkvalitet. Tabell 2 nedenfor oppsummerer resultatene:

Tabell 2: Resultater av vannprøver tatt 16./17. september og 13. oktober 2009. Prøver merket med * er påvirket av kalkingstiltak.

Lokalitet/prøve	dato	pH	Kond.	Farge	Ca	ALKe	Al	Cl	Na
			µS/cm	mg Pt/l	mg/l	µekv/l	µg/l	mg/l	mg/l
Bytingsbk.	16.09.2009	4,9	14,3	35	0,33	-9	118	1,5	1,2
Høgtjørn	16.09.2009	4,8	13,4	52	0,30	-11	161	1,4	0,97
	13.10.2009	4,9	16,1	45	0,26	-10	169	2,2	1,1
Kjellhomsbk.	17.09.2009	5,4	13,9	36	0,54	19	90	1,8	1,4
	13.10.2009	5,0	17,0	42	0,42	-4	150	2,4	1,3
Småvatni utløp	16.09.2009	5,0	11,4	31	0,31	-4	103	1,4	0,93
	13.10.2009	5,1	11,9	29	0,32	-4	111	1,5	0,91
Skjeggedalsåni(*)	17.09.2009	6,4	14,4	39	1,3	47	54	1,6	1,1
Vatnedalselva(*)	17.09.2009	6,2	13,2	29	0,94	34	44	1,7	1,1

Tabell 2 viser at det er surt vann ved alle prøvepunktene bortsett fra i Skjeggedalsåna og Vatnedalselva som kalkes med kalkdoserere. Høgtjørn og Bytingsbekken har de dårligste målingene, mens Småvatni er gjennomsnittlig noe surere enn Kjellhomsbekken. Det er høye aluminiumsverdier i vannprøvene, men samtidig mye organiske stoffer (farge). Organiske partikler bidrar til å redusere aluminiums skadevirkninger for fisk, men en totalvurdering tilsier likevel at vannkvaliteten virker begrensende på fisk og andre forsuringsfølsomme ferskvannorganismer. Detaljerte kommentarer om vannkvaliteten kan leses i vedlegg 1.

Tiltakets effekt på vannkvalitet:

Vannprøvene tyder på at det er det sureste vannet i Skjeggedalsåna som blir overført, selv om forskjellene er små. Dette vil i teorien bety bedre vannkvalitet i Skjeggedalsåna, mens mengden surt vann i Vatnedalsvassdraget øker. Kalkdoseringen bør justeres for dette ved en eventuell overføring.

Virkninger av tiltaket

Fisk

Generell beskrivelse av situasjon og egenskaper / kvaliteter	Vurdering av verdi
Småvatni, Høgtjørn og de nærmeste elvestrekningene nedstrøms blir sterkest påvirket av tiltaket. Det er her en etablert bekkerøyebestand, mulig med innslag av innvandrede ørret fra vann høyere i vassdraget. Høgtjørn er fisketom.	<i>Middels</i>
Datagrunnlag: Egne undersøkelser 16.-17. september, samt samtaler med lokalkjente.	<i>Godt</i>
Beskrivelse og vurdering av mulige virkninger og konfliktpotensiale	Samlet vurdering
Tiltaket medfører kraftig reduksjon i vannføring i Småvatni og nærmeste loner / elvestrekninger nedenfor. Negative virkninger for etablert bekkerøyebestand vurderes isolert sett som lite vesentlig siden arten ikke er naturlig i Norge. Derimot vil tiltaket forringe mulighetene for fritidsfiske, samt fremtidig etablering av ørret. For Høgtjørn medfører tiltaket bortfall av to innløpsbekker der den ene har et visst potensial som fremtidig gytebekk ved eventuell utsetting av ørret. Omfang: <i>Middels negativt --</i>	<i>Middels negativt --</i>

Bunndyr

Generell beskrivelse av situasjon og egenskaper / kvaliteter	Vurdering av verdi
Området er sterkt påvirket av sur nedbør gjennom flere tiår, og bunndyrsamfunnet er sterkt forsuret.	<i>Middels</i>
Datagrunnlag: Egen prøve 21. oktober, samt litteratur	<i>Godt</i>
Beskrivelse og vurdering av mulige virkninger og konfliktpotensiale	Samlet vurdering
Reduksjon i vannføring vil ikke føre til tap av sjeldne eller følsomme arter, eller bidra til en reduksjon av biologisk mangfold i området. Omfang: <i>Lite</i>	<i>Lite</i>

Plankton

Generell beskrivelse av situasjon og egenskaper / kvaliteter	Vurdering av verdi
Området er sterkt påvirket av sur nedbør gjennom flere tiår, noe som har påvirket planktonsamfunnet. Det ble registrert kun vanlige arter.	<i>Liten</i>
Datagrunnlag: Egen prøve 17. september	<i>Middels</i>
Beskrivelse og vurdering av mulige virkninger og konfliktpotensiale	Samlet vurdering
Reduksjon i vannføring vil ikke føre til tap av sjeldne eller følsomme arter, eller bidra til en reduksjon av biologisk mangfold i området. Planktonprøven i Småvatni viser tegn på bedring i forhold til forurensingssituasjonen. Omfang: Lite	<i>Lite</i>

Vannkvalitet

Generell beskrivelse av situasjon og egenskaper / kvaliteter	Vurdering av verdi
Området er sterkt påvirket av sur nedbør gjennom flere tiår.	<i>Liten</i>
Datagrunnlag: Egne vannprøver 17. september og 13. oktober, samt litteratur	<i>Godt</i>
Beskrivelse og vurdering av mulige virkninger og konfliktpotensiale	Samlet vurdering
To runder med vannprøver gir indikasjoner på at vannet som blir ført bort ved tiltaket er litt surere enn nærliggende restfelt. Tiltaket kan medføre en svak, men sannsynligvis ikke målbar vannkvalitetsbedring i Skjeggedalsåna. Omfang: <i>Lite</i>	<i>Lite</i>

Litteratur

DN-utredning 2005-5: Effekter av kalking på biologisk mangfold. Undersøkelser i Tovdalsvassdraget 1999-2001. <http://www.dirnat.no/multimedia.ap?id=25442>

DN Notat 2005-2: Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2004. <http://www.dirnat.no/multimedia.ap?id=27548>

Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. The Science of the Total Environment 96: 57-66.

Nilssen, J.P. and Wærvågen, S.B. 2003: Ecological distribution of pelagic copepods and species relationship to acidification, liming and natural recovery in a boreal area. J.Limnol. 62: 97-114.

Raddum, G., Rosseland, B.O. & Bowman, J. 1999: Workshop on biological assessment and monitoring; evaluation and models. NIVA Rapport 4091.

Roer, O. 2009: Skjeggedalsoverføringen. Virkninger på biologisk mangfold. Faun rapport 024-2009

Vedlegg 1

Analysen av vannprøver med vurderinger av Espen Enge.

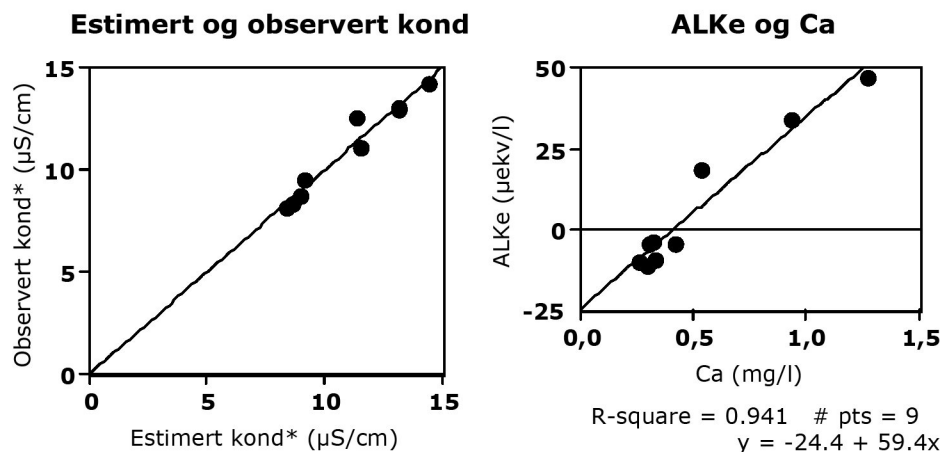
Vannet var gjennomgående surt og ionesvakt med relativt høye verdier for Al (tab. 1). To prøver skilte seg ut, med pH-verdier på over 6 og relativt høye verdier for Ca og alkalitet. Disse er imidlertid påvirket av kalking. Multippel regresjon ($r^2=0.95$, $n=7$, $p<0.001$) viste at både marin påvirkning (her representert ved Cl) og bergrunn/kalking (representert ved Ca), gav bidrag til konduktiviteten (fig. 1).

Tabell 1: Resultater av vannprøver fra høsten 2009

Lokalitet/prøve	dato	pH	Kond. μS/cm	Farge mg Pt/l	Ca mg/l	ALKe μekv/l	Al μg/l	Cl mg/l	Na mg/l
Bytingsbk.	16.09.2009	4,9	14,3	35	0,33	-9	118	1,5	1,2
Høgtjørn	16.09.2009	4,8	13,4	52	0,30	-11	161	1,4	0,97
	13.10.2009	4,9	16,1	45	0,26	-10	169	2,2	1,1
Kjellhomsbk.	17.09.2009	5,4	13,9	36	0,54	19	90	1,8	1,4
	13.10.2009	5,0	17,0	42	0,42	-4	150	2,4	1,3
Småvatni utløp	16.09.2009	5,0	11,4	31	0,31	-4	103	1,4	0,93
	13.10.2009	5,1	11,9	29	0,32	-4	111	1,5	0,91
Skjeggedalsåni(*)	17.09.2009	6,4	14,4	39	1,3	47	54	1,6	1,1
Vatnedalselva(*)	17.09.2009	6,2	13,2	29	0,94	34	44	1,7	1,1

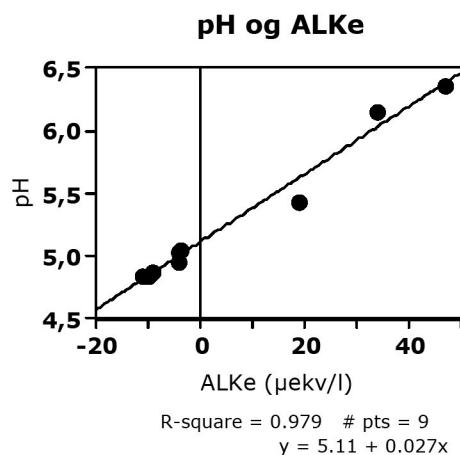
Det er i første rekke kalsium som bestemmer alkaliteten i vann. Det er derfor normalt god korrelasjon mellom disse, noe som også ble funnet her (fig. 1). Gitt at alt alkalitet stammer fra Ca, var den estimerte stigningskoeffisienten (=59.4) tilsynelatende høyere enn den teoretiske (=50), men dette var imidlertid ikke signifikant ($p<0.05$). Ikke-marint natrium (Na^+) var 6 ± 6 μekv/l ($n=9$), og effekter av dette kan være en forklaring på en mulig noe for høy stigningskoeffisient.

I Kjellhomsbekken ble det registrert et meget betydelig fall i alkalitet mellom 17.09 og 13.10 (tab. 1), noe som trolig kan forklares med reduksjon i Na^+ . En noe mindre reduksjon i Na^+ i Høgtjørn, har av ukjente årsaker tilsynelatende bare gitt små utslag på alkalitet. Uten fullanalyse er det ikke mulig å finne årsakene til dette.



Figur 1: Venstre figur viser målt konduktivitet korrigert for H^+ -bidraget (*) og estimert konduktivitet fra Ca og Cl basert på resultater fra multippel regresjon. Høyre figur viser empirisk sammenheng mellom alkalitet og kalsium.

Det var en klar sammenheng mellom pH og alkalitet, men denne sammenhengen syntes å være tilnærmet lineær (fig. 2). Slike kurver er normalt logaritmiske. En mulig årsak til dette kan være effekter av organiske syrer/anioner, jfr. verdiene for fargetall (tab. 1). Det må imidlertid understrekes at datamaterialet er begrenset, noe som representerer en usikkerhet.



Figur 2: Empirisk sammenheng mellom alkalitet og pH for prøver fra Skjeggedal-området høsten 2009.

Verdiene for Al var gjennomgående høye. Analysemetoden som er benyttet måler også til en viss grad organisk bundet Al, så de målte verdiene reflekterer ikke uten videre vannets toksisitet.

Al-verdiene økte med økende fargetall og avtagende pH ($r^2=0.96$, $n=9$, $p<0.001$). Effektene av "farge" skyldes at organisk materiale kompleksbinder Al og holder dette oppløst. pH-effektene skyldes at løseligheten til de uorganiske Al-forbindelsene er pH-avhengig.

Vedlegg 2:**Bunndyr Skjeggedal – resultater og vurderinger - LFI**

Tabell 1. Antall av ulike arter og grupper av bunndyr i roteprøve fra Skjeggedal i oktober 2009.

NEMATODA (Rundormer)	8
OLIGOCHAETA (Fåbørstemark)	48
HYDRACARINA (Vannmidd)	4
EPHEMEROPTERA (Døgnfluer) <i>Leptophlebia marginata</i>	28
PLECOPTERA (Steinfluer) <i>Leuctra hippopus</i> (meget små) <i>Taeniopteryx nebulosa</i> Ubestemte, meget små	100 4 20
TRICHOPTERA (Vårfluer) <i>Polycentropus flavomaculatus</i> <i>Neureclipsis bimaculata</i> Polycentropodidae ubestemte (små) <i>Rhyacophila nubila</i>	1 148 36 20
COLEOPTERA (Biller) Gyrinidae, ubestemte larver (Virvlere)	12
DIPTERA (Tovinger) CHIRONOMIDAE (Fjærmygg) SIMULIIDAE (Knott) TIPULIDAE (Stankelbein)	1450 270 4

Larver av tovinger, hvor fjærmygg var de mest tallrike, dominerte bunnfaunaen i Skjeggedal. Larver av vårfluer var også tallrike og dominert av arten *Neureclipsis bimaculata*. Det ble bare påvist to arter steinfluer, nesten alle var små individer fra slekten *Leuctra*, trolig *L. hippopus*, som skal vokse gjennom vinteren og klekke til våren. Døgnfluer var fåtallige, og besto kun av arten *Leptophlebia marginata*.

Faunaen i Skjeggedal var fattig og bar preg av forsurening og av å ligge nær utløp av innsjø. Vårfluen *N. bimaculata* er karakteristisk for rennende vann rett nedstrøms innsjøer, der de lever av å filtrere ut organiske partikler som driver ut av innsjøen. Det var også store mengder dyreplankton (*Bosmina* sp., ikke tatt med i tabell) i prøven; også disse er driv fra innsjø. Larver av knott lever også av å filtrere vannet.

Døgnfluen *L. marginata* er tolerant overfor surt vann, og siden arter fra den forsuringfølsomme døgnflueslekten *Baëtis* var fraværende, er det en klar indikasjon på et surt miljø. *Baëtis*-arter er normalt meget tallrike i rennende vann. Larver av fjærmygg er vanligvis den mest tallrike gruppen av bunndyr i rennende vann, og gruppen består av mange arter med ulike miljøkrav. Mange er tolerante overfor forsurening, og kan opptre i stor tetthet ved sure forhold. De to påviste steinflueartene er også forsuringstolerante. Forsuringsindeksen etter Fjellheim & Raddum (1990) og Raddum et al. (1999) ble beregnet til 0, noe som tilsier sterkt forsurete forhold.

Redusert vannføring vil føre til mindre driv av næringspartikler til filtrerende dyr, slik at bestanden av vårfluen *N. bimaculata* vil bli redusert. Generelt vil det produktive arealet for bunndyr bli redusert, og derved av den grunn redusere totaltettheten. Sammensetningen av arter vil være den samme, men med forskyvninger i dominansforhold.

Ingen av artene/gruppene av bunndyr kan regnes som sjeldne eller truet. Alle artene er vanlige i rennende vann i Sør-Norge.

Det kan konkluderes med at reduksjon i vannføring ikke vil føre til tap av sjeldne eller følsomme arter, eller bidra til en reduksjon av biologisk mangfold i området.

Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *The Science of the Total Environment* 96: 57-66.

Raddum, G., Rosseland, B.O. & Bowman, J. 1999: Workshop on biological assessment and monitoring; evaluation and models. NIVA Rapport 4091.

Vedlegg 3: Artsliste og kommentarer fra Jens Petter Nilssen – kommentarene gjelder også innsjøer tilknyttet andre prosjekter.

Forklaring:

xxx/m: masseforekomst;

xxx: svært vanlig;

xx: middels forekomst;

x: til stede i lite antall:

Til prøvene:

Zooplankton som ble funnet er vist i Tab. I.

Innsjø	<i>Daphnia lacustris alpina</i>	<i>Daphnia lacustris</i>	<i>Bosmina longispina</i>	<i>Holopedium gibberum</i>	<i>Heterocope saliens</i>	<i>Eudiaptomus gracilis</i>	<i>Acanthodiaptomus denticornis</i>	<i>Cyclops scutifer</i>	<i>Diatylops nanus</i>	<i>Littorale copepoder</i>	<i>Kellicottia longispina</i>	<i>Collotheca</i> spp.	<i>Conochilus</i> spp.	<i>Chydoridae</i>	<i>Chaoborus flavicans</i>
Øvre Årnotvatn			xxx/m					xx		x				x	
Nedre Årnotvatn	xxx/m		xxx/m					xxx/m			xxx/m	xxx/m		x	
Kvikkevatn			xxx/m	xxx/m				xxx			xxx		xxx/m		
Våmarvatn		xxx	xxx/m	xxx/m	x		xxx/m	xxx/m			xxx/m		xxx/m		
Nedre Urdetjønn			xxx/m	xxx/m	xxx			xx			xx		xx		
Øvre Urdetjønn			xxx/m	xxx/m	xx			xx		x	xx				
Bjørntjønn			xxx/m	xxx	x					xx	x		xxx/m	xx	x
Høgtjønn			xxx/m		xx	xxx/m					xxx/m				
Småvatni			xxx			xx		xx			xxx				

Viktige arter i ikke-sure områder eller som kommer inn etter kalking og/eller naturlig forbedring etter forsuring er slekten *Daphnia*, de pelagiske cyclopoide copepodene (spesielt *C. scutifer*) og rotatorier av slekten *Conochilus*. I området var *Daphnia* ikke spesielt vanlig, og ble bare påtruffet i Nedre Årnotvatn og Våmarvatn. *D. lacustris alpina* (meget vanlig i Nedre Årnotvatn) er en spesiell høyfjellsart med svartpigmentert ryggparti, og har kommet tilbake etter forsuring i øvre Aust-Agder (Nilssen 2009). I Våmarvatn er *D. lacustris* vanlig, den er også kommet tilbake i innsjøer i øvre Aust-Agder og forsuringsutsatte deler av Telemark (Nilssen 2009, Nilssen & Wærvågen 2009). Selv om slekten *Daphnia* ikke er vanlig i området, kan den likevel ha eggbank i sedimentet i mange lokaliteter (Nilssen & Wærvågen 2002b). Grunnen til at den ennå ikke er påtruffet i store mengder kan skyldes at området har få pelagiske populasjoner av arten, siden deler av undersøkelsesområdet i lengre tid har vært kronisk sure (**Høgtjønn, Småvatni**). Hvis fiskepredasjonen øker betydelig i innsjøene, vil også dette medvirke til at de store artene innen slekten *Daphnia* får betydelig lavere populasjonstettheter (Nilssen & Wærvågen 2002a).

Det skal spesielt bemerkes at **den forsuringsfølsomme arten *C. scutifer* har store populasjoner i flere av innsjøene, som tyder på at de ikke er sure eller er i ferd med å restaureres biotisk** (Nilssen & Wærvågen 2003). Dette betyr at hypolimnion i flere av innsjøene har tilfredsstillende biotiske forhold. Når også den epilimnetiske

sllekten *Daphnia* kommer tilbake, understreker dette at de totale biotiske forholdene bedres er generelt er gode.

Rotatorieslekten *Conochilus* er spesiell fordi den øker kraftig etter kalking (Wærvågen & Nilssen 2003). Den danner systematisk masseforekomster i kalkede lokaliteter, eller lokaliteter som får avrenning av kalket vann.

Litteratur:

- Nilssen, J.P. 2009. Naturlig regional restaurering og effekter av kalking i tidligere forsurrede innsjøer i Aust-Agder 2002-2007. Müller-Sars Selskapet. Rapport nr. 5-2009: 1-70. ISBN: 978-82-8030-013-3.
- Nilssen, J.P. and Wærvågen, S.B. 2002a. Intensive fish predation: an obstacle to biological recovery following liming of acidified lakes? J.Aq.Ecosyst.Stress Recov. 9: 73-84.
- Nilssen, J.P. and Wærvågen, S.B. 2002b. Recent re-establishment of the key species *Daphnia longispina* and cladoceran community changes following chemical recovery in a strongly acid-stressed region in southern Norway. Arch.Hydrobiol. 153: 557-580.
- Nilssen, J.P. and Wærvågen, S.B. 2003. Ecological distribution of pelagic copepods and species relationship to acidification, liming and natural recovery in a boreal area. J.Limnol. 62: 97-114.
- Nilssen, J.P. & Wærvågen, S.B. 2009. Effekter av kalking og naturlig restaurering i tidligere forsurrede innsjøer i Fyresdal, Telemark. Fylkesmannen i Telemark, Rapport 1-2009: 1-57. ISBN: 82-90959-13-3.
- Wærvågen, S.B. and Nilssen, J.P. 2003. Major changes in pelagic rotifers during natural and forced recovery from acidification. Hydrobiologia 499: 63-82.