

# Undersøkelser av bunndyr i forbindelse med Brokke Nord/Sør-utbyggingen i Otra



Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

# Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske

LFI Uni Research Miljø  
Thormøhlensgt. 49B  
5006 Bergen

Telefon: 55 58 22 28

ISSN nr: ISSN-1892-889

LFI-rapport nr: 240

Tittel: Undersøkelser av bunndyr i forbindelse med Brokke Nord/Sør-utbyggingen i Otra

Dato: 16.02.2015

Forfattere: Godtfred A. Halvorsen, Gaute Velle, Arne Johannessen & Torunn Landås

Geografisk område: Setesdal

Oppdragsgiver: Otra Kraft DA

Antall sider: 39 + vedlegg

Emneord: Krafttunell, prosessvann, bunndyr

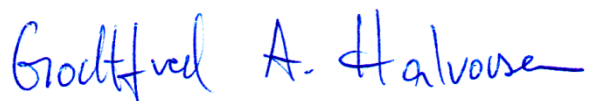
Forsidefoto: Hagefossen i Bjørnaråa (St. 1) våren 2012. Foto: LFI, Uni Research Miljø v/G.A. Halvorsen

## Forord

LFI ved Uni Research Miljø fikk i oppdrag av Otra Kraft DA å undersøke effektene på bunndyrfaunaen i forbindelse med tunelldrivingen i utbyggingsprosjektet Brokke Nord/Sør i Otra. Vår kontaktperson var Aleksander Andersen i Agder Energi. Tidligere undersøkelser i forbindelse med åpningen av Hekni Kraftverk i Otra hadde antydning at bunndyr-samfunnet kunne ta skade av støvpartikler fra sprengingen av krafttunnelen. Formålet med undersøkelsen var å sjekke om bunndyr-samfunnet i tre berørte elver tok skade av prosessvannet fra tunelldrivingen i dette prosjektet, og å dokumentere at bunndyrfaunaen var uskadet innen ett år etter at tunelldrivingen var avsluttet.

LFI, Uni Research Miljø takker Otra Kraft DA og Agder Energi for oppdraget.

Bergen, februar 2015



Godtfred Anker Halvorsen

Forsker, prosjektleder

## Sammendrag

I forbindelse med Brokke Nord/Sør-utbyggingen i Otra ble bunndyrfaunaen på fire lokaliteter i tre forskjellige elver undersøkt. Tidligere undersøkelser av bunnfaunaen i forbindelse med åpningen av Hekni Kraftverk i Otra hadde indikert at bunnfaunaen kunne ta skade av suspenderte partikler fra sprengingen av tunellen. Formålet med undersøkelsen var å sjekke om bunnfaunaen på lokaliteter som var resipienter for prosessvann fra tunelldrivingen ble skadet, og om faunaen var tilbake på de berørte elvestrekningene ett år etter at tunelldrivingen var fullført. Tre lokaliteter i Bjørnaråa ble undersøkt, der en var en uberørt kontroll-lokalitet og to var påvirkede lokaliteter. I Fjellskardåna ble en kontroll og en påvirket lokalitet undersøkt, og i restfeltet av Otra nedstrøms dammen til Hekni Kraftverk ble to lokaliteter undersøkt, en lokalitet oppstrøms og en lokalitet nedstrøms Bestelandsåna. Prosessvannet fra alle anleggsområdene ble rensset, og grenseverdien av suspendert materiale var satt til 200 mg/liter.

Vi fant ingen klare indikasjoner på at bunndyrsamfunnet tok skade av utslippene. I Bjørnaråa ble det registrert en signifikant endring over tid av bunndyrsamfunnet på lokaliteten nærmest utslippet i løpet av anleggstiden. Endringen bestod imidlertid i at faunaen her ble likere faunaen på kontroll-lokaliteten. Dette skyldtes sannsynligvis at førprøvene ble tatt mens det ble anlagt anleggsvei opp til brakkeriggen, og at det rant mye humus ut i elva på det tidspunktet. Lokaliteten lengst borte fra utslippet av prosessvann viste ingen signifikant endring i løpet av tunelldrivingen. I Otra nedstrøms Bestelandsåna ble det også registrert en signifikant endring over tid. Her ble også lokaliteten likere kontroll-lokaliteten, og dette ser ut til å skyldes at mindre surt vann kom inn i restfeltet av Otra da vannet fra Bestelandsåna ble overført til Brokke Kraftverk. Situasjonen i Fjellskardåna ble komplisert ved at en vanninntrenging i tunellen fra Lisle Myklevatn høsten 2013 førte til kraftig utspyling og flom i Holtebekken og Fjellskardåna. Bunndyrsamfunnet endret seg signifikant over tid, men flommen gjorde at en eventuell effekt av prosessvann fra tunelldrivingen ble maskert. Vi kunne imidlertid se en reduksjon i antallet filtrerere på den påvirkede lokaliteten. Denne reduksjonen startet før vanninntrengingen og flommen.

Bunndyrfaunaen på alle de berørte lokalitetene var reetablert høsten 2014 etter at tunelldrivingen var avsluttet. Alle artene som ble registrert før tunelldrivingen startet ble også funnet etter avsluttet tunelldriving. Selv etter flommen i Fjellskardåna var alle artene tilstede på de berørte lokalitetene høsten 2014.

På grunn av flommen ble også bunndyrfaunaen og fisken i Holtebekken undersøkt. Ett år etter flommen viste faunaen i Holtebekken ingen tegn på skade. Det ble heller ikke sett indikasjoner på at fiskepopulasjonene i Fjellskardåna og i restfeltet av Otra hadde tatt skade. Holtebekken ble vurdert til ikke å ha en egen bestand av aure.

## Innholdsfortegnelse

1 Innledning .....	6
2 Materiale og metoder .....	6
3 Beskrivelse av lokaliteter .....	9
4 Resultat og diskusjon .....	15
4.1 Bjørnaråa .....	15
4.2 Fjellskardåna .....	20
4.3 Bunndyr i Holtebekken .....	31
4.4 Otra ved Bestelandsåna .....	32
5 Konklusjon .....	37
6 Referanser .....	39
7 Vedlegg 1 – 10 .....	40

## 1 Innledning

I forbindelse med utbyggingen av Brokke Nord/Sør ble LFI, Uni Research Miljø bedt om å gjøre undersøkelser av effekten av prosessvann fra tunelldrivingen på bunndyrsamfunnet. Tidligere undersøkelser i forbindelse med åpningen av Hekni Kraftverk (Bjerknes m. fl., 1996) indikerte at bunndyrsamfunnet kunne ta skade av partiklene. En annen analyse av silting i forbindelse med byggingen av en veitunell i Granvin viste ingen effekter av tunelldrivingen på bunndyrfaunaen på strykstrekninger i Granvinselva (Pulg m. fl., 2013).

Fylkesmannen satte som krav at eventuelle effekter på bunndyrfaunaen skulle undersøkes i forbindelse med tunelldrivingen. Vi utviklet derfor et forsøksoppsett der prøver av bunndyrfaunaen på potensielt berørt elvestrekning ble sammenliknet med prøver i uberørt kontroll-lokalitet. I Bjørnaråa ble det tatt prøver fra to potensielt berørte lokaliteter; en rett nedstrøms utslippspunktet og en nederst i elva. Samtidig tok vi prøver fra en kontroll-lokalitet oppstrøms utslippspunktet og tippen for sprengstein fra tunellen. I Fjellskardåna undersøkte vi en kontroll-lokalitet oppstrøms Holtebekken, og en lokalitet nedstrøms samløpet med Fjellskardåna og Holtebekken. I tillegg undersøkte vi en lokalitet i restfeltet av Otra nedstrøms utløpet av Bestelandsåna (Kvernåni) med en kontroll-lokalitet oppstrøms utløpet. Det ble tatt prøver i Bjørnaråa og Otra ved tre tidspunkt, en før tunelldrivingen startet, en gang mens tunelldrivingen pågikk, og en gang etter at tunelldrivingen var avsluttet. Det samme oppsettet skulle også brukes i Fjellskardåna, men her førte vanninntrengingen i tunellen fra Lisle Myklevatn og den etterfølgende flommen i Holtebekken og Fjellskardåna til at vi tok en ekstra innsamling av materiale like etter flommen, til sammen fire prøvetidspunkt.

I tillegg ønsket Otra Kraft at det skulle tas et sett med prøver fra Holtebekken for å sjekke om bunndyrfauna og fisk hadde blitt påvirket av flommen.

Prøvene fra Bjørnaråa, Fjellskardåna og Otra ble analysert med en multivariat metode (Principal Reaction Curves, PRC) som kan påvise signifikante endringer i bunndyrsamfunnet på berørte lokaliteter i forhold til endringer på en kontroll-lokalitet. Se neste kapittel for en beskrivelse av metoden.

## 2 Materiale og metode

Førprøver ble samlet inn på alle lokaliteter i april i 2012 før tunelldrivingen startet. Videre ble det samlet inn et nytt sett med prøver under arbeidet med tunellene. Dette tidspunktet varierte for de tre lokalitetene. Deretter ble det tatt prøver høsten 2014 på alle lokalitetene etter at tunelldrivingen og det meste av anleggsarbeidet var ferdig. Det ble tatt ett ekstra sett med prøver i Fjellskardåna høsten 2013, ca. 2 uker etter vanninntrengingen i tunellen fra Lisle Myklevatn og den påfølgende flommen i Holtebekken og Fjellskardåna. I tillegg ble det tatt to prøver i Holtebekken høsten 2014, en prøve oppstrøms anleggsområdet (kontroll) og en prøve rett ovenfor samløpet med Fjellskardåna.

Bunndyrmaterialet bestod av fire separate kvalitative prøver (sparkeprøver, Frost et al.(1971)) fra hver lokalitet. Prøvene ble samlet inn med håv med 250 µm maskevidde, og konservert på alkohol. Det ble sparket i substratet foran håven i ca. 3 meters lengde. Hver prøve ble sortert på laboratoriet i en time, for så å bli artsbestemt.

Man kan anta at filtrererne i bunndyrfaunaen blir påvirket av steinstøv i vannet. Antallet filtrererere ble derfor summert, og består av antall individer av knott (*Simuliidae*) pluss antall individer av vårflueartene *Plectrocnemia conspersa* og *Polycentropus flavomaculatus*. Begge disse tilhører familien *Polycentropodidae*. Siden ingen andre arter i denne familien ble funnet på noen av

lokalitetene, ble også små individer bestemt som Polycentropodidae indet. inkludert i antallet filterere.

For å undersøke om steinstøvet inneholder forsurende elementer ble forsuringindeks 1 og 2 for hver lokalitet beregnet (Fjellheim & Raddum, 1990; Raddum, 1999). Forsuringindeks 2 ble også beregnet for den totale prøven på hver lokalitet ved at de fire delprøvene ble slått sammen. Den totale prøven ble også brukt i utregningen av ASPT indeksen (Average Score Per Taxon). Dette er en indeks som angir organisk belastning, eller såkalt eutrofiering, på en lokalitet. Ved belastning og gjødsling med organisk stoff og næringsalter, for eksempel fra ikke omsatt nitrogen fra sprengstøv, vil oksygenforholdene i elvebunnen reduseres, og dette påvirker bunnfaunaen.

'Principal Responce Curves (PRC)' ble brukt for å undersøke eventuelle endringer i bunndyrsamfunnet. Dette er en multivariat statistisk metode som undersøker endringer i artssammensetningen på forskjellige lokaliteter over tid, justert for endringer som skjer i en kontroll-lokalitet. Metoden bygger på 'Partial Redundancy Analysis' (partiell RDA), og har blitt utviklet for økotoksikologiske studier for å teste og synliggjøre effekter av forskjellige former for behandling over tid. Metoden er beskrevet i van den Brink & ter Braak (1997, 1998, 1999) og i ter Braak & Smilauer (2012). I korthet går metoden ut på at endringer i påvirkede lokaliteter blir sammenlignet med endringer i kontroll-lokaliteter. Variasjon over tid som f. eks. kan skyldes klekking, blir eliminert ved at analysen justerer for variasjon i kontroll-lokaliteten. Dermed fokuserer metoden på tids-avhengige effekter av en påvirkning. Dette blir illustrert ved at 'the principal component' blir plottet mot tid i et PRC diagram. Variasjonen i kontroll-lokalitetene blir "nullet ut", slik at utviklingen i disse blir liggende i  $Y = 0$  (x-aksen). Avstanden fra x-aksen til den påvirkede lokaliteten gir derfor et bilde av effektene av påvirkningen. Utviklingen i den påvirkede lokaliteten blir deretter testet med en permutasjons-test med 'split-plot' design, der hvert tidspunkt eller innsamling er et 'whole plot', og hver lokalitet er et 'split plot'. De forskjellige lokalitetene blir 'permutert' eller stokket innenfor hvert tidspunkt for å teste om utviklingen i den påvirkede lokaliteten er signifikant forskjellig fra utviklingen i kontroll-lokalitetene, dvs. om vi kan få det samme resultatet ved en tilfeldighet. 'Species scores' fra den partielle RDA analysen gir informasjon om hvilke arter det er som gir vekt i analysen, dvs. hvilke arter som øker eller minker som følge av påvirkningen. Testen ble utført i dataprogrammet Canoco 5.0 (ter Braak & Smilauer 2012).

Artsdataene brukt i analysen ble gitt som relativ abundans (i prosent), og ble  $\log(n+1)$  transformert for å normaliserte artsfordelingen. Små individer som ikke kunne bestemmes til art ble enten tatt ut av datamatriksen (f. eks. *Amphinemura* sp.), eller slått sammen med de artsbestemte individene til et mer inklusivt taxon eller gruppe. Krepsdyr som kommer fra stillestående vann, ble ikke inkludert i noen av analysene.

Etter flommen i Holtebekken og Fjellskardåna høsten 2013 fikk vi forespørsel om å undersøke bunndyr-faunaen i Holtebekken hadde endret seg. Prøvene fra Holtebekken ble analysert i en ordinasjon sammen med de prøvene fra Fjellskardåna som ikke har blitt utsatt for hverken påvirkning fra tunelldrivingen eller fra flommen etter vanninnbruddet. Dette omfatter førprøvene fra begge lokalitetene i Fjellskardåna og de resterende prøvene fra kontroll-lokaliteten. Vi brukte en 'Principal Component' analyse (PCA), der prøvene fra Holtebekken var passive. Det vil si at de vil plassere seg i ordinasjonsdiagrammet alt etter hvor forskjellig artssammensetningen er fra de aktive prøvene uten å påvirke analysen. Dette vil dermed indikere om flommen i Holtebekken har hatt en effekt på bunndyrsamfunnet i bekken. Artsdataene i analysen var relativ abundans i prosent, og de ble  $\log(n+1)$  transformert på samme måte som dataene i PRC-analysen. Denne typen analyse ble også brukt for å undersøke om kontroll-lokaliteten i Fjellskardåna hadde endret seg mye etter at elva ble overført til Brokke Kraftverk.

Vi ble også bedt om å gjøre en analyse av fiskefaunaen i Fjellskardåna etter flommen i 2013, og en analyse av fiskefaunaen i Holtebekken i 2014. Disse undersøkelsene er beskrevet i Vedlegg 9 og 10.



### 3 Beskrivelse av lokaliteter

#### *Bjørnaråa*

**Stasjon 1** – kontroll-lokalitet (Figur 1) – UTM ref. 32V 04107667 6574608

Øverst i Hagefossen, ovenfor steindeponiet fra tunelldrivingen. Stor stein og sva, noe mindre stein, grus og sand.



**Figur 1.** Stasjon 1 (kontroll-lokalitet) i Bjørnaråa.

**Stasjon 2** (Figur 2) – UTM ref. 32V 0409770 6574487

Like nedenfor bru ved tverrslaget. Vann fra renseanlegg fra tunelldrivingen kommer ut i elva like ovenfor brua. Stor stein og sva, noe mindre stein og grus.



**Figur 2.** Stasjon 2 i Bjørnaråa.

**Stasjon 3** (Figur 3) – UTM ref. 32V 0408921 6573484

Nederst i Bjørnaråa, rett før samløp med Otra. Stor stein, grus og sand. Litt mose.



**Figur 3.** Stasjon 3 i Bjørnaråa.

### ***Fjellskardåna***

**Stasjon 1** (Figur 4) – kontroll-lokalitet – UTM ref. 32V 0415676 6550206

Ovenfor samløpet mellom Holtebekken og Fjellskardåna. Elva deler seg i mange små løp. Stein, grus og noe mose.



**Figur 4.** Stasjon 1 i Fjellskardåna.



**Stasjon 2** (Figur 5) – UTM ref. 32V 0416339 6550195

Nedenfor bru nedstrøms samløpet med Holtebekken. Elv med stor stein og grus, litt mose.



**Figur 5.** Stasjon 2 i Fjellskardåna

**Holtebekken**

**Stasjon 1** (Figur 6) – UTM ref. 32V 0414878 6549385

Liten bekk rett oppstrøms anlegget ved tverrslaget og steindeponiet.



**Figur 6.** Stasjon 1 i Holtebekken.



**Stasjon 2** – UTM ref. 32V 0415860 6550163

Bekk oppstrøms samløpet med Fjellskardåna. Blankskurt etter flommen, svært lite mose og alloktont materiale.



**Figur 7.** Stasjon 2 i Holtebekken.

### ***Otra ved Besteland***

**Stasjon 10a** (Figur 8) – kontroll-lokalitet - UTM ref. 32V 0416915 6544785

Restfeltet av Otra nedstrøms dammen til Hekni Kraftverk. Stor stein og mye mose.



**Figur 8.** Stasjon 10a i Otra ved Besteland i øverste halvdel av bildet. Utløpet av Bestelandsåna (Kvernåna) i nederste halvdel av bildet.

**Stasjon 10b** (Figur 9) – UTM ref. 32V 0416832 6544651

Nedstrøms utløpet av Bestelandsåna i forkant av terskel. Stor stein og mye mose.



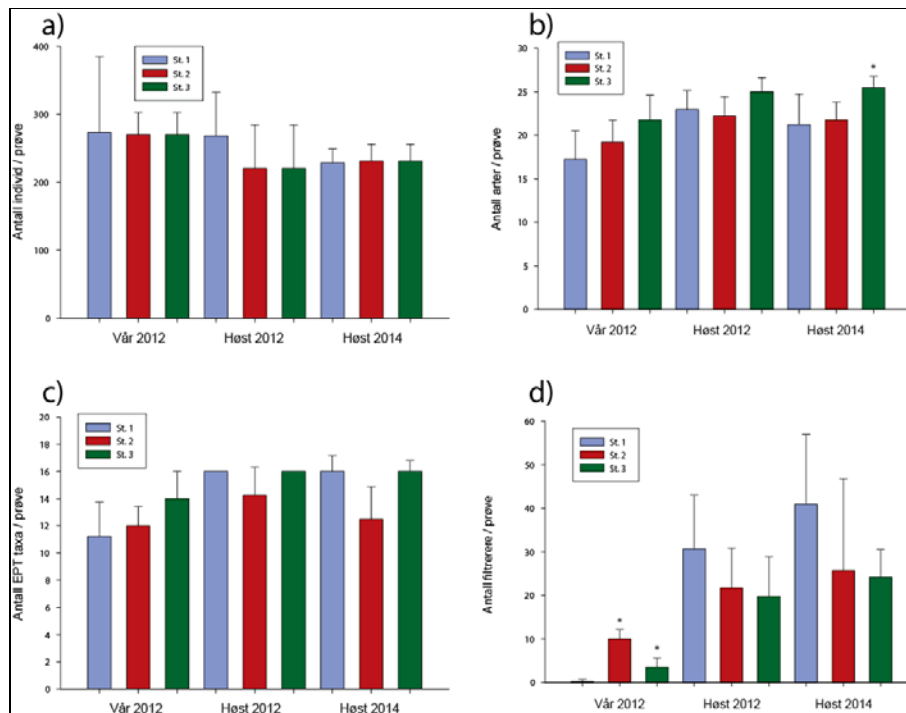
**Figur 9.** Stasjon 10b i Otra ved Besteland nedstrøms utløpet av Bestelandsåna (Kvernåna).

## 4 Resultat og diskusjon

Artene som ble registrert under prosjektet er vist i Vedlegg 1 – 8, sammen med antall individer, antall taxa, forsuringindekser og ASPT-indeksen. Resultatene og diskusjon vil bli organisert under de respektive elvene. I tillegg er LFI-notatet i forbindelse med vanninnbruddet i tunnelen fra Lisle Myklevatn og flommen i Fjellskardåna i 2013 tatt med som Vedlegg 9, og undersøkelsen av fiskepopulasjonen i Holtebekken og Fjellskardåna fra høsten 2014 som Vedlegg 10.

### 4.1 Bjørnaråa

Tre lokaliteter ble undersøkt, en kontroll-lokalitet (St. 1) og to lokaliteter som potensielt kunne bli påvirket av utslipp fra drivingen av tunnelen (St. 2 og St. 3). Lokalitetene ble undersøkt den 24.04.2012 før tunneldrivingen hadde startet, den 5.11.2012 mens drivingen pågikk, og den 24.09.2014 – ca. et halvt år etter at tunneldrivingen var avsluttet. Bunndyrene som ble funnet er vist i Figur 10 og i Vedlegg 1 – 3.

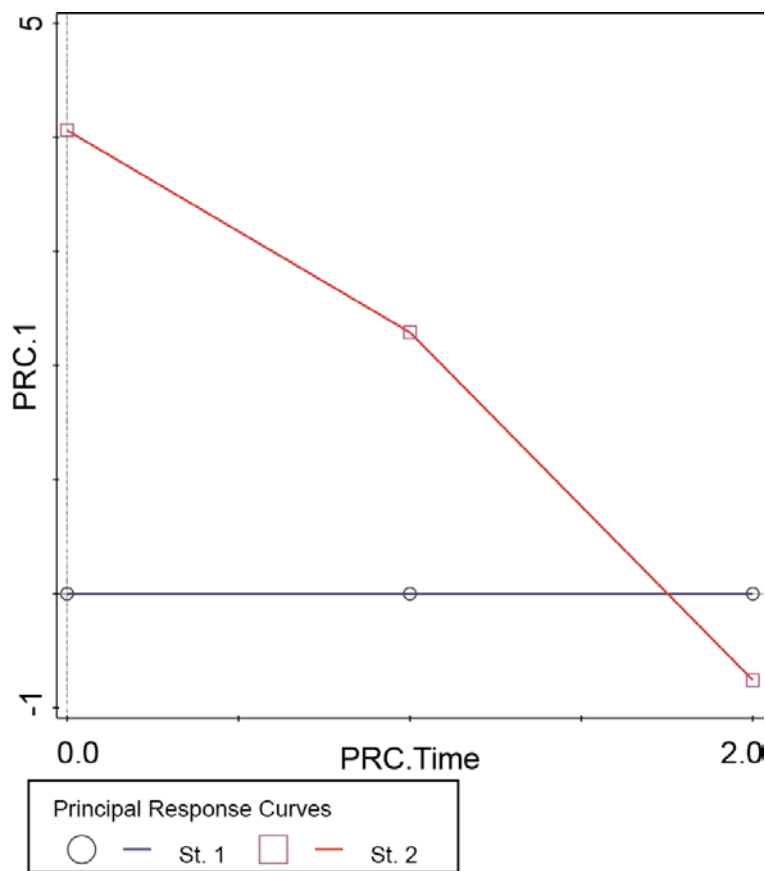


**Figur 10.** Antall individer (a), antall arter (taxa) (b), antall EPT taxa (c), og antall filtrerere per prøve (d) i Bjørnaråa. \* indikerer signifikant forskjellig verdi fra kontroll-lokaliteten ved St. 1 ( $p < 0,05$  Mann-Whitney U test).

En parvis Mann-Whitney U test viste at det var ingen signifikante forskjeller mellom kontroll-lokaliteten (St. 1) og de to berørte lokalitetene (St. 2 og St. 3) med unntak av at det ble registrert signifikant flere filtrerere per prøve på St. 2 og St. 3 enn på St. 1 i førprøvene våren 2012, og signifikant flere arter (taxa) på St. 3 nederst i Bjørnaråa høsten 2014.

PRC-analysen (Figur 11) viser at bunndyrsamfunnet på St. 2, like nedenfor utslippet av prosessvann til Bjørnaråa, hadde en signifikant forskjellig utvikling fra bunndyrsamfunnet på kontroll-lokaliteten (St. 1) ( $F = 9,2$ ,  $p = 0,023$ ). Analysen viser også at forskjellen mellom St. 2 og kontroll-lokaliteten var størst da førprøvene ble tatt, dvs. før tunneldrivingen hadde startet. Deretter ble bunndyrsamfunnet mer

likt med det vi fant på St. 1. Bunndyrsamfunnet på St. 3 viste ingen signifikant forskjell i utvikling i løpet av prosjektperioden.



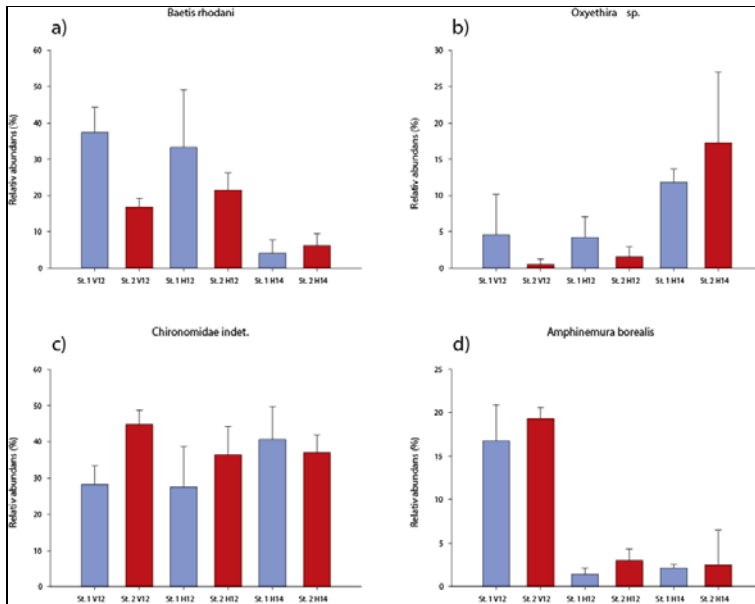
**Figur 11.** Principal Response Curves (PRC) analyse av endringer i relativ abundans i bunndyr-samfunnet over tid på St. 2 våren 2012, høsten 2012 og høsten 2014 i Bjørnaråa. St. 1 er kontroll-lokaliteten, våren 2012 er førprøvene.

Tabell 1 viser hvilke arter som gav størst vekt i analysen. Arter med en 'species scores' med tallverdi mindre enn 0,5 blir regnet som å gi liten og neglisjerbar vekt i analysen. Positiv verdi angir økning, mens negativ verdi indikerer minking i forhold til utviklingen på kontroll-lokaliteten. Figur 12 viser utviklingen i relativ abundans for de artene som hadde høyest vekt i PRC-analysen for St. 1 og St. 2. Døgnfluen *Baetis rhodani* (figur 12a) økte relativt sett på St. 2 i forhold til St. 1 sammen med vårfluen *Oxyethira* sp. (figur 12b), mens steinfluen *Amphinemura borealis* (figur 12c) og fjærmygg (Chironomidae indet.) (figur 12d) minket.



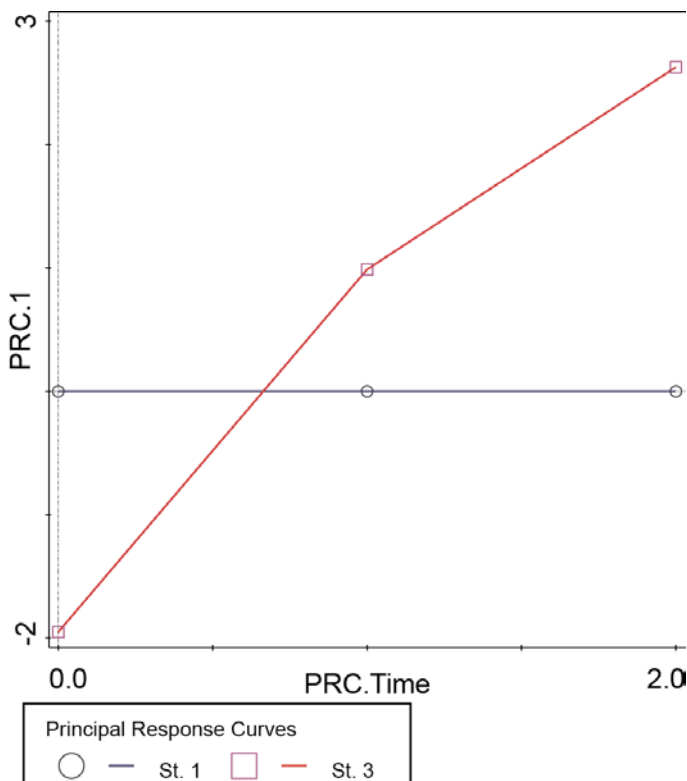
**Tabell 1.** 'Species scores' fra PRC-analysen. Arter / taxa med størst vekt i analysen er merket med gult.

<i>Baetis rhodani</i>	5.0097
<i>Oxyethira</i> sp.	1.2074
<i>Dicranota</i> sp.	0.1804
<i>Heptagenia sulphurea</i>	0.142
<i>Isoperla</i> sp.	0.1254
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	0.0926
<i>Diura nanseni</i>	0.0699
<i>Tipula</i> sp.	0.0684
<i>Ithytrichia lamellaris</i>	0.0583
<i>Ameletus inopinatus</i>	0.0363
<i>Lepidostoma hirtum</i>	0.0292
Limonidae indet.	0.0204
<i>Leuctra nigra</i>	0.0119
Ostracoda indet.	0.0083
<i>Nemoura avicularis</i>	0.0077
<i>Potamophylax cingulatus</i>	0.0036
<i>Sialis fuliginosa</i>	0.0036
<i>Nigrobaetis niger</i>	-0.0001
<i>Leptophlebia marginata</i>	-0.0019
<i>Philopotamus montanus</i>	-0.0035
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	-0.0042
<i>Centroptilum luteolum</i>	-0.0088
<i>Sericostoma personatum</i>	-0.011
<i>Potamophylax latipennis</i>	-0.0139
Dytiscidae indet.	-0.0193
<i>Kageronia fuscogrisea</i>	-0.023
<i>Elmis aenea</i>	-0.0297
<i>Leuctra fusca/digitata</i>	-0.0422
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	-0.0646
Acari	-0.0752
<i>Brachyptera risi</i>	-0.0807
Ceratopogonidae indet.	-0.086
<i>Leuctra hippopus</i>	-0.1048
Empididae indet.	-0.1095
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	-0.1297
<i>Rhyacophila nubila</i>	-0.1517
<i>Nemourea cinerea</i>	-0.1835
<i>Protonemura meyeri</i>	-0.1869
Oligochaeta indet.	-0.2549
Nematoda indet.	-0.2578
Simuliidae indet.	-0.3146
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	-0.3561
<i>Amphinemura borealis</i>	-0.6157
Chironomidae indet.	-4.0566



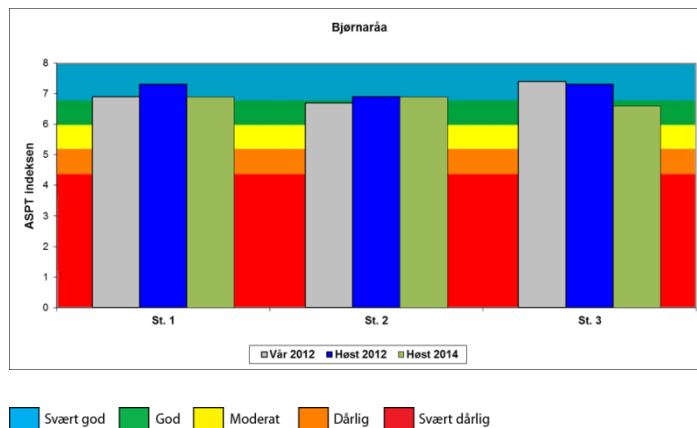
**Figur 12.** Arter som hadde stor innflytelse i PRC-analysen på St. 2 i forhold til kontroll-lokaliteten (St. 1). a) og b) viser arter som øker i relativ abundans på St. 2 i forhold til kontroll-lokaliteten, mens c) og d) viser arter som minker. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten, røde søyler St. 2 i Bjørnaråa.

Bunndyrsamfunnet på St. 3 nederst i Bjørnaråa (like ovenfor samløpet med Otra) viste ingen signifikant endring gjennom prosjektperioden ( $F = 4,1$ ,  $p = 0,071$ ) sammenliknet med bunndyrsamfunnet på St. 1 (Figur 13).



**Figur 13.** Principal Response Curves (PRC) analyse av endringer i relativ abundans i bunndyrsamfunnet over tid på St. 3 våren 2012, høsten 2012 og høsten 2014 i Bjørnaråa. St. 1 er kontroll-lokaliteten, våren 2012 er førprøvene.

Det ble ikke påvist forsureingsskader på bunndyrfaunaen på noen av lokalitetene i prosjektperioden, og ASPT indeksene (Figur 14) viser svært god og god økologisk tilstand på alle tidspunkt med liten grad av organisk belastning.



**Figur 14.** ASPT indeksen på lokalitetene i Bjørnaråa i prosjektperioden.

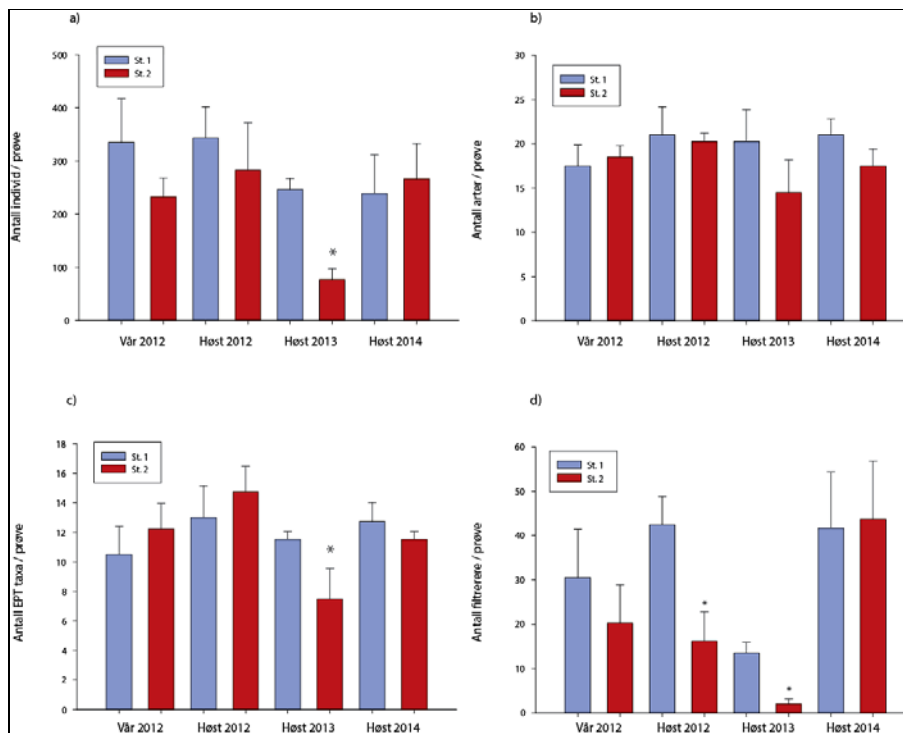
Det ble registrert signifikant flere arter (taxa) på St. 3 nederst i Bjørnaråa sammenlignet med St. 1 etter at arbeidet var avsluttet og tunnelen var satt i drift. Dette har sannsynligvis sammenheng med at vannføringen i elva ble redusert da overføringen til Skarg startet. En slik reduksjon i vannføringen vil få størst effekt øverst i elva. Lenger nede vil uregulerte bekker bidra til større vannføring. Det høyere antallet individer av filtrerere i førprøvene på St. 2 og St. 3 sammenliknet med kontroll-lokaliteten er vanskeligere å forklare. En mulig forklaring kan være at førprøvene ble tatt i april, og at det vi ser er en følge av en høydegradient. Det vil si at veksten av de filtrerende artene ikke hadde kommet like langt på den øverste lokaliteten (St. 1) som lenger nede i elva, og at flere var i eggstadiet eller i et svært tidlig larvestadium og derfor ikke ble fanget opp i prøvene. Vi har ikke data til å si noe sikkert om dette, bare at denne forskjellen sannsynligvis ikke har noe med prosessvann fra tunneldrivingen eller annen silting i elva å gjøre, siden prøvene ble tatt før tunneldrivingen startet.

Den signifikante endringen i bunndyrsamfunnet på St. 2 i Bjørnaråa bestod i at artssammensetningen var forskjellig da førprøvene ble tatt, men ble mer og mer lik faunaen på kontroll-lokaliteten i løpet av tunneldrivingen og tiden etter at denne var avsluttet (Fig. 11). Dette har påvirket døgnfluen *Baetis rhodani* og vårfluen *Oxyethira* sp. på den måten at i forhold til den relative mengden av disse artene på St. 1 har disse artene økt på St. 2 gjennom prosjektperioden (Figur 12 a, b), mens fjærmygg og steinfluen *Amphinemura borealis* har hatt en relativ minking på St. 2 (Figur 12 c, d) gjennom prosjektperioden. Da førprøvene ble tatt i april 2012 hadde entreprenørene begynt å arbeide på anleggsvegen opp til riggområdet, og vi kunne se at det rant ut mye humus i elva fra en liten bekk like ovenfor broa. Dette ble også dokumentert med førprøver av suspendert stoff i elva som ble tatt ca. en uke etter og på samme plass som bunndyrprøvene på St. 2 (A. Andersen, pers. med.). Disse prøvene måtte erstattes med nye prøver tatt litt lenger oppe i elva. Vi ser det som svært sannsynlig at det er denne tilslammingen som har hatt en effekt på bunndyra på St. 2 da førprøvene ble tatt. Hadde endringen i bunndyrsamfunnet vært en effekt av tunneldrivingen skulle bunndyrsamfunnet utviklet seg motsatt av det det har gjort, fra likt til ulikt.

Nederst i Bjørnaråa, på St. 3, hadde verken tilslammingen i forbindelse med veiarbeidet eller tunneldrivingen noen signifikant effekt på bunndyrsamfunnet.

## 4.2 Fjellskardåna

To lokaliteter ble undersøkt, en kontroll-lokalitet (St. 1) og en lokalitet som potensielt kunne bli påvirket av utslipp fra drivingen av tunellen (St. 2). Lokalitetene ble undersøkt den 24.04.2012 før tunelldrivingen hadde startet, den 5.11.2012 mens drivingen pågikk, den 31.10.2013 rett etter vanninnbruddet i tunellen fra Lisle Myklevatn og Fjellskardåna, og den 4.09.2014 – ca. 10 måneder etter at tunelldrivingen var avsluttet. Bunndyrene som ble funnet er vist i Figur 15 og Vedlegg 4 og 5.

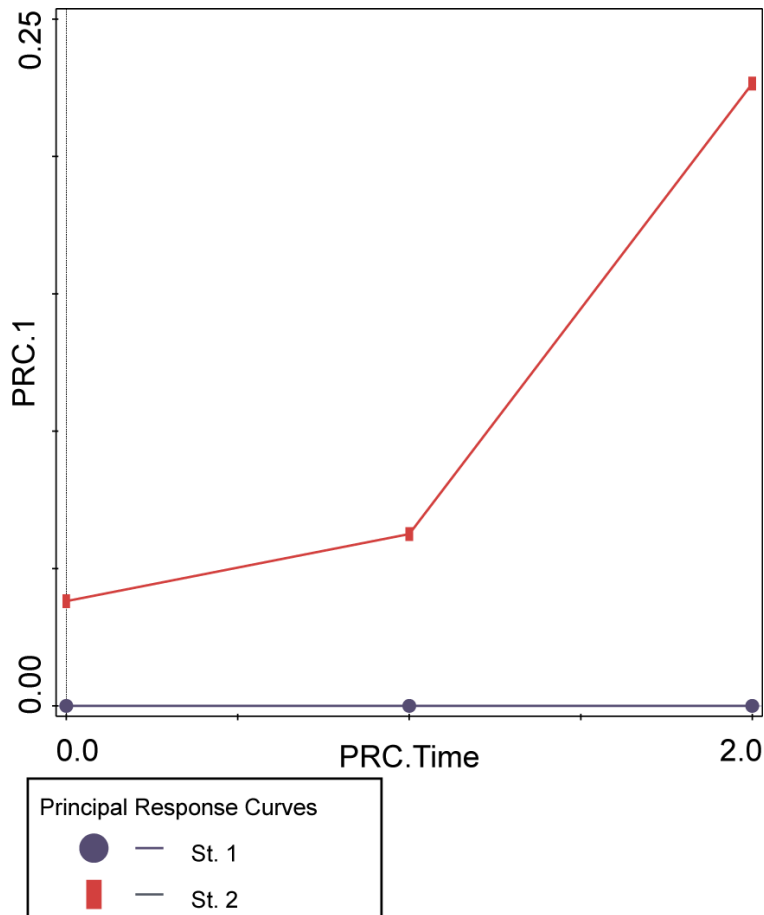


**Figur 15.** Antall individer (a), antall arter (taxa) (b), antall EPT taxa (c) og antall filtrerere (d) per prøve i Fjellskardåna. \* indikerer signifikant forskjellig verdi fra kontroll-lokaliteten ved St. 1 ( $p < 0.05$ , Mann-Whitney U test). Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskardåna nedstrøms samløpet med Holtebekken.

En parvis Mann-Whitney U test viste at St. 2 hadde signifikant færre individer og færre EPT-taxa enn St. 1 i prøvene etter vanninntrengingen i tunellen og den påfølgende flommen høsten 2013. Det var også signifikant færre filtrerere på St. 2 både høsten 2012 før vanninntrengingen, og høsten 2013 – rett etter vanninntrengingen. På de andre tidspunktene var det ingen signifikante forskjeller mellom lokalitetene på noen av variablene.

### Vanninntrengingen i tunellen fra Lisle Myklevatn

Effektene av denne hendelsen ble rapportert som et LFI-notat av Halvorsen m. fl. (2013) og er lagt ved denne rapporten som Vedlegg 9. Flommen førte til at mye av bunndyra ble spylt ut. Som det vises av Figur 15 var det signifikant færre individ i prøvene og signifikant færre EPT-taxa på St. 2 da prøvene ble tatt en uke etter flommen. Det var også signifikant færre filtrerere tilstede på St. 2, men denne reduksjonen startet allerede høsten 2012. En PRC analyse av bunndyrsamfunnet (Figur 16) viser at bunndyrsamfunnet hadde endret seg signifikant.



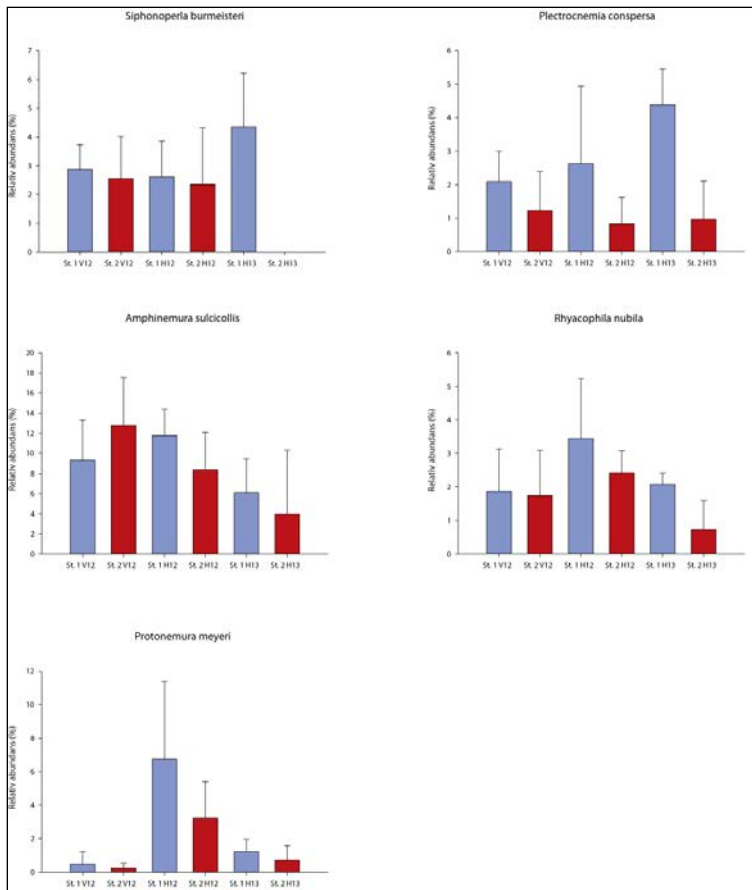
**Figur 16.** Principal Response Curves (PRC) analyse av endringer i relativ abundans i bunndyr-samfunnet i Fjellskardåna over tid på St. 2 våren 2012, høsten 2012 og høsten 2013. St. 1 er kontroll-lokaliteten, mens våren 2012 er førprøver.

Tabell 2 viser de artene som minket i relativ abundans i analysen og som hadde sterkest vekt. Desto større tallverdi, desto større vekt har arten i analysen. Artene med tallverdi  $\geq 0,5$  blir regnet for å ha sterk effekt på analysen, men de som har mindre enn 0,5 blir regnet for å ha neglisjerbar innvirkning. De artene som hadde redusert relativ abundans og 'species scores'  $< 0,5$  var steinfluen *Siphonoperla burmeisteri*, vårfluen *Plectrocnemia conspersa*, steinfluen *Amphinemura sulcicollis*, gruppen sviknottlarver (Ceratopogonidae), vårfluen *Rhyacophila nubila*, gruppen rundorm (Nematoda), småstankelbein i slekten Dicranota, gruppen midd (Acari), steinfluen *Protonemura meyeri*, og gruppen fjærmygg (Chironomidae). Artene / taxaene er listet opp etter minkende betydning i analysen, dvs. de første hadde størst innvirkning. De aktuelle abundans-verdiene på de tre innsamlingstidspunktene er også vist for et utvalg av artene i Figur 17.

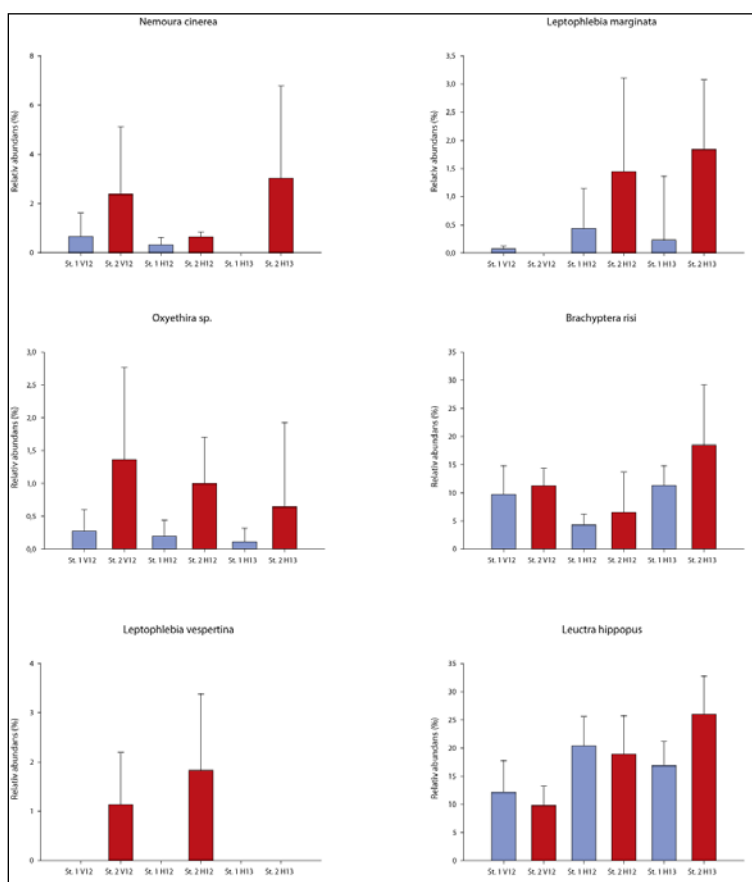
**Tabell 2.** 'Species scores' fra PRC-analysen i Figur 16. Arter (taxa) med størst vekt i analysen er merket med gult.

Nemoura cinerea	Nemo cin	1,9367
Leptophlebia marginata	Lept mar	1,4308
Oxyethira sp.	Oxye sp	0,7731
Brachyptera risi	Brach ri	0,7418
Leptophlebia vespertina	Lept ves	0,633
Leuctra hippopus	Leuc hip	0,6239
Nemurella pictetii	Nemu pic	0,4813
Simuliidae indet.	Simu ind	0,4507
Leuctra nigra	Leuc nig	0,4451
Micropterna lateralis	Micr lat	0,358
Leuctra fusca/digitata	Leuc f/d	0,3103
Polycentropus flavomaculatus	Polc fla	0,2469
Limonidae indet.	Limo ind	0,1902
Empididae indet.	Empi ind	0,1245
Nemoura avicularis	Nemo avi	0,066
Lepidostoma hirtum	Lepi hir	0,0272
Dytiscidae indet.	Dyti ind	-0,0507
Pedicia rivosa	Pedi riv	-0,1294
Potamophylax cingulatus	Pota cin	-0,1915
Isoperla grammatica	Isop gra	-0,1982
Diura nanseni	Diur nan	-0,2435
Baetis rhodani	Baet rho	-0,2695
Oligochaeta indet.	Olig ind	-0,4715
Amphinemura borealis	Ampi bor	-0,4822
Chironomidae indet.	Chir ind	-0,508
Protonemura meyeri	Prot mey	-0,7482
Acari indet.	Acari	-0,8574
Dicranota sp.	Dicr sp	-1,0465
Nematoda indet.	Nema ind	-1,169
Rhyacophila nubila	Rhya nub	-1,2874
Ceratopogonidae indet.	Cera ind	-1,4011
Amphinemura sulcicollis	Ampi sul	-1,6378
Plectrocnemia conspersa	Plcc con	-2,3498
Siphonoperla burmeisteri	Sipe bur	-2,961

De artene som hadde økende relativ abundans og 'species scores' > 0,5 (også listet opp etter minkende betydning i analysen) var: Steinfluen *Nemoura cinerea*, døgnfluen *Leptophlebia marginata*, vårfluer i slekten *Oxyethira*, steinfluen *Brachyptera risi*, døgnfluen *Leptophlebia vespertina* og steinfluen *Leuctra hippopus*. Abundansverdiene for artene er vist i Figur 18.



**Figur 17.** Relativ abundans for et utvalg arter med høy vekt og minkende relativ abundans i PRC-analysen. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskardåna nedstrøms samløpet med Holtebekken.



**Figur 18.** Relativ abundans for et utvalg arter med høy vekt og økende relativ abundans i PRC-analysen. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskardåna nedstrøms samløpet med Holtebekken.

Reduksjonen i antall individer i prøvene den 31.10.2013, og også totalt antall arter og antall EPT-arter, viser klart at store deler av bunndyrfaunaen på St. 2 har blitt spylt ut sammen med bunns substratet. Reduksjonen i antallet filtrerere på St. 2 høsten 2012 indikerer at silting som følge av anleggsarbeidene har hatt en negativ effekt på bunndyrene, mens reduksjonen høsten 2013 kan være en effekt av både tunelldrivingen og flommen.

PRC-analysen viser også at artssamfunnet har blitt endret. Noen arter(taxa) har blitt sterkere rammet enn andre, og fått redusert relativ abundans. Dette er spesielt tydelig for steinfluen *Siphonoperla burmeisteri* som ikke ble funnet i noen av prøvene på denne lokaliteten åtte dager etter flommen. PRC-analysen ser imidlertid på utviklingen av artssamfunnet gjennom hele perioden. Vi kan derfor ikke skille eventuelle effekter av oppstart av anleggsarbeidene og tunelldrivingen etterpå, fra effektene av flommen. Plasseringen av St. 2 i PRC-diagrammet (Figur 16) høsten 2012 indikerer at det var liten forskjell mellom St. 2 og kontroll-lokaliteten St. 1 på det tidspunktet. Disse prøvene var imidlertid tatt før selve tunelldrivingen, så en eventuell effekt av steinstøv fra tunelldrivingen har blitt maskert av vanninntrengingen og flommen.

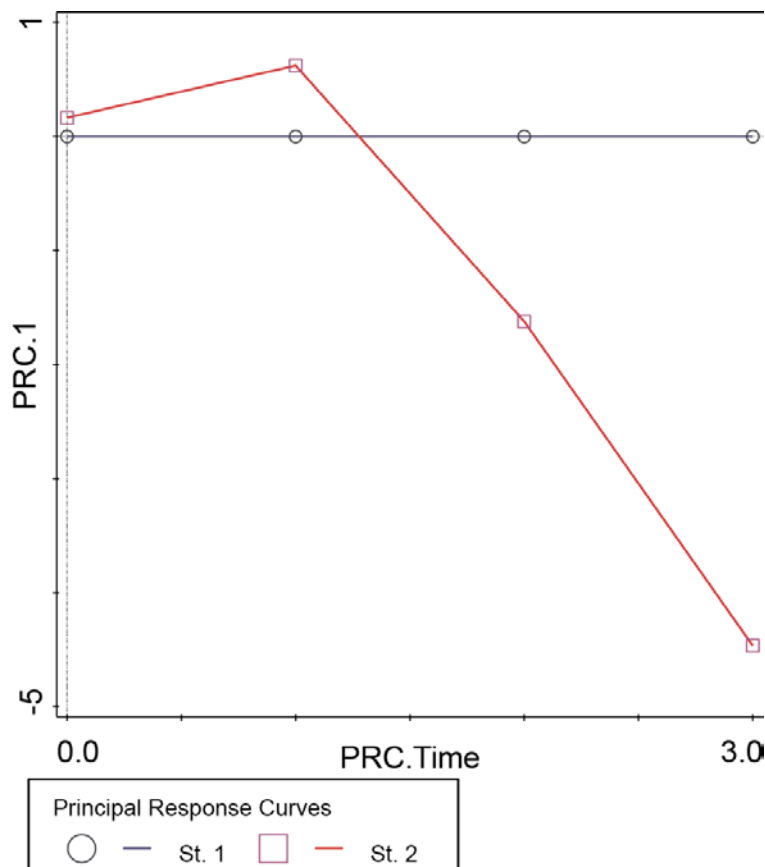
En annen effekt av flommen var at noen arter økte i PRC-analysen. En forklaring på dette er at vi har brukt relativ abundans. Når totalen blir satt til 100 % på hvert tidspunkt, må noen arter øke når andre arter minker. Det at noen arter tilsynelatende øker etter en slik episode kan imidlertid tyde på at disse artene ikke er så sensitive for en flom-episode som de som minker. Ser vi på artene som økte



etter flommen virker det imidlertid lite sannsynlig. Både *Leptophlebia marginata* og *L. vespertina* er arter som fortrinnsvis foretrekker stillestående eller sakteflytende vann, og som er vanlige i innsjøer. *Nemoura cinerea* kan også finnes i littoralsonen i innsjøer og vann, og det samme kan også *Leuctra hippopus*, mens *Brachyptera risi* er en art som lever i bekker og elver og som kan tåle høyere vannføring. En mulig forklaring på den relative økningen av *Leptophlebia*-artene og *N. cinerea* kan være at de har blitt spylt ut fra Lisle Myklevatn, men uten kvantitative data er det vanskelig å si noe mer om dette.

### Samlet analyse av Fjellskardåna fra 2012 til 2014

Det ble ikke registrert signifikante forskjeller i antall individer eller antall arter (taxa) mellom St. 1 og St. 2 i prøvene fra 2014 (Figur 15). PRC analysen viste at utviklingen i bunndyr-samfunnet på St. 2 var signifikant forskjellig fra St. 1 (Figur 19). Dette er i tråd med det som også ble vist i analysen etter vanninntrengingen høsten 2013. Etter vanninntrengingen høsten 2013 blir forskjellen mellom St. 1 og St. 2 betydelig, og dette fortsetter videre når høstprøvene fra 2014 blir tatt med i analysen.

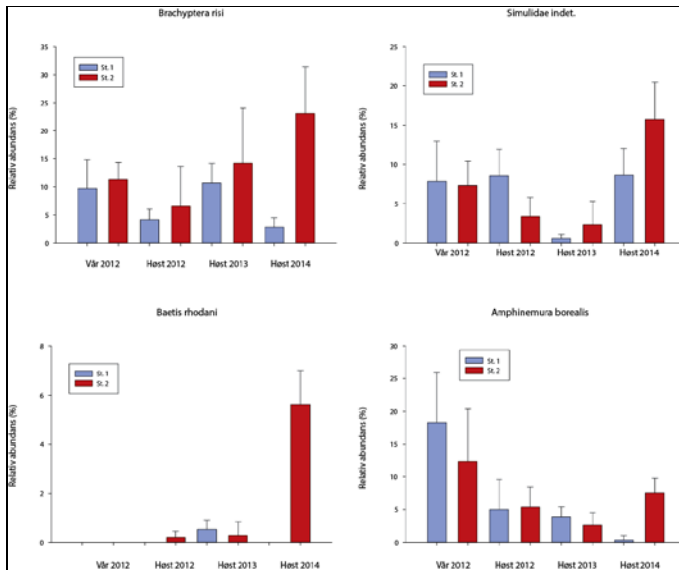


**Figur 19.** Principal Response Curves (PRC) analyse av endringer i relativ abundans i bunndyr-samfunnet over tid på St. 2 våren 2012, høsten 2012, høsten 2013, og høsten 2014 i Fjellskardåna. St. 1 er kontroll-lokaliteten, våren 2012 er førprøvene.

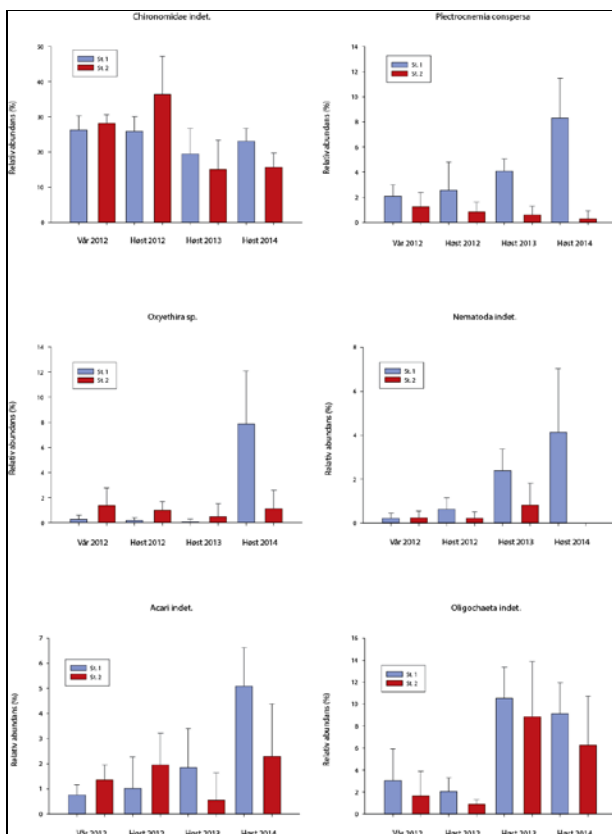
Tabell 3 og Figur x-11-13 viser hvilke arter som gav størst vekt i analysen. I tabell 3 er arter med en 'species scores' med tallverdi mindre enn 0,5 regnet som å gi liten og neglisjerbar vekt i analysen. Positiv verdi angir økning, mens negativ verdi indikerer minking i forhold til utviklingen på kontroll-lokaliteten.

**Tabell 3.** 'Species scores' fra PRC-analysen med data fra og med våren 2012 til og med høsten 2014 i Fjellskardåna. Arter / taxa med størst vekt i analysen er merket med gult.

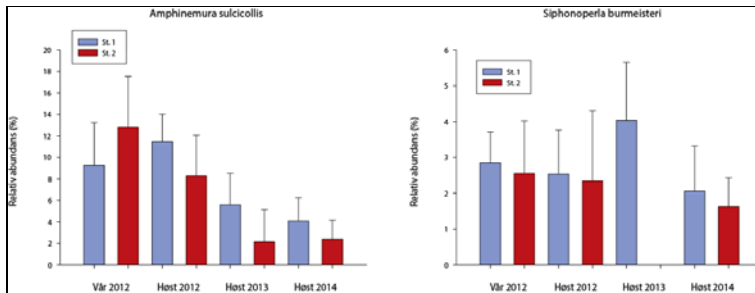
Brachyptera risi	4.0962
Simuliidae indet.	1.6473
Baetis rhodani	1.0661
Amphinemura borealis	0.9192
Dicranota sp.	0.3696
Rhyacophila nubila	0.2544
Protonemura meyeri	0.0938
Nemoura cinerea	0.0752
Leuctra fusca/digitata	0.0536
Diura nanseni	0.0295
Micropterna lateralis	0.0194
Empididae indet.	0.0087
Lepidostoma hirtum	-0.0017
Nemoura avicularis	-0.0047
Leptophlebia vespertina	-0.0058
Potamophylax cingulatus	-0.0068
Pedicia rivosa	-0.008
Limonidae indet.	-0.0283
Dytiscidae indet.	-0.0356
Isoperla grammatica	-0.0373
Sialis fuliginosa	-0.0735
Nemurella pictetii	-0.0914
Polycentropus flavomaculatus	-0.1381
Leuctra nigra	-0.2039
Leptophlebia marginata	-0.2062
Ceratopogonidae indet.	-0.2581
Leuctra hippopus	-0.2969
Siphonoperla burmeisteri	-0.3594
Amphinemura sulcicollis	-0.5129
Oligochaeta indet.	-0.6323
Acari indet.	-0.6673
Nematoda indet.	-0.9024
Oxyethira sp.	-1.3053
Plectrocnemia conspersa	-1.6468
Chironomidae indet.	-2.5619



**Figur 20** Relativ abundans for arter med høy vekt og økende relativ abundans på St. 2 i PRC-analysen. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskardåna nedstrøms samløpet med Holtebekken.



**Figur 21.** Relativ abundans for et utvalg arter med høy vekt og minkende relativ abundans på St. 2 i PRC-analysen. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskardåna nedstrøms samløpet med Holtebekken.

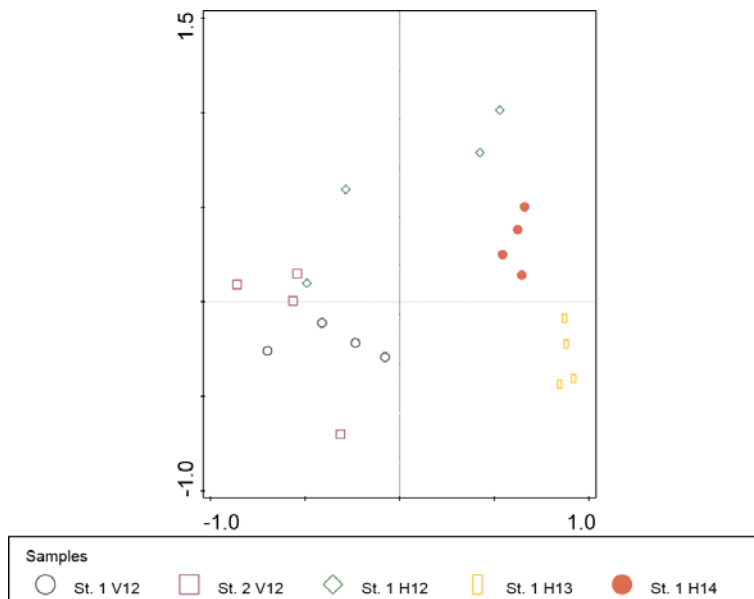


**Figur 22.** Relativ abundans for et utvalg arter med høy vekt og minkende relativ abundans på St. 2 i PRC-analysen. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskardåna nedstrøms samløpet med Holtebekken.

PRC analysen av det totale materialet viser at bunndyrsamfunnet på St. 2 har endret seg signifikant etter anleggsarbeidet sammenlignet med St. 1. Vanninntrengingen og flommen i 2013 maskerer imidlertid eventuelle effekter av sprengstøv på bunndyrfaunaen. Vi har ingen mulighet til å fastslå om det var sprengstøv fra tunelldrivingen og fra flommen etter at tunnelen og deler av tippet ble vasket ut nedover Holtebekken, eller om det var effektene av flommen i seg selv som forårsaket endringene i bunndyrsamfunnet. Det vi imidlertid ser er at steinfluen *Siphonoperla burmeisteri* (Figur 22), den arten som hadde størst effekt i PRC analysen umiddelbart etter vanninntrengingen i 2013, er tilbake på St. 2 etter flommen i omtrent samme antall som på kontroll-lokaliteten. Reduksjonen i antall filterere i prøvene fra 2012 tyder på at silting i forbindelse anleggsarbeidet før selve oppstarten av tunelldrivingen har hatt en viss effekt på bunndyrene. Det var også signifikant færre filterere høsten 2013 etter flommen, men om det skyldes belastning av sprengstøv fra tunelldrivingen eller selve flommen er det umulig å si noe sikkert om.

Et annet problem med analysen av Fjellskardåna er at samfunnet på kontroll-lokaliteten også kan ha endret seg. Vi valgte å legge kontroll-lokaliteten nedstrøms bekkeinntaket i Fjellskardåna for å få mest mulig likhet mellom de to undersøkte lokalitetene. Dette ble gjort bevisst under den forutsetning at begge lokalitetene ville få redusert vannføring etter at bekkeinntaket ble satt i drift, og at bunndyrsamfunnene på de to lokalitetene ville endre seg noenlunde likt.

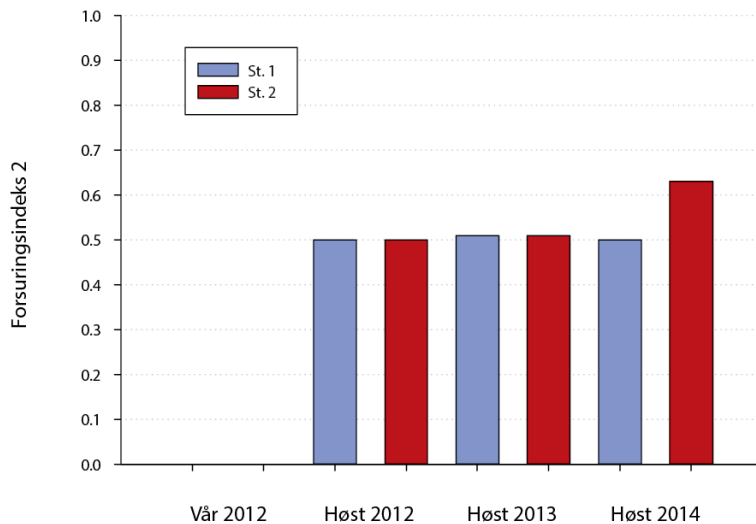
Figur 23 viser resultatet fra en 'Principal Component' analyse (PCA) der vi har tatt med førprøvene fra våren 2012 på St. 1 og St. 2 sammen med prøvene fra St. 1 i 2012 og 2013 i ordinasjonen. De fire høstprøvene fra St. 1 i 2014 er lagt inn i analysen som passive variabler, dvs. de plasserer seg i ordinasjonsdiagrammet nær andre prøver som har lik artssammensetning mens de ikke influerer på analysen. Denne analysen viser at i starten hadde St. 1 og St. 2 relativt lik artssammensetning. Prøvene på St. 1 fra hvert år grupperer seg sammen, men med et lite unntak for prøvene fra høsten 2012 der de fire prøvene sprer seg noe mer i diagrammet.



**Figur 23.** Resultater fra en PCA analyse av prøvene fra Fjellskardåna der prøvene fra St. 1 høsten 2014 er lagt inn som passive variabler. De aktive prøvene i analysen er førprøvene fra begge lokaliteter våren 2012 i tillegg til prøvene fra kontroll-lokaliteten høsten 2012 og 2013.

Det figuren også viser er at artssammensetningen på St. 1 fra høsten 2014 ikke er så veldig forskjellig fra prøvene fra høsten 2012 og 2013 på samme lokaliteten. Dette tyder dermed på at det er artssammensetningen på St. 2 som har forandret seg mest. I resultatene fra den totale PRC analysen (Tabell 3, Figur 20) ser vi at steinfluen *Brachyptera risi*, den arten som har størst vekt i analysen, har økt på St. 2 mens den har hatt en relativ reduksjon på St. 1. Dette kan skyldes at reduksjonen i vannføringen har hatt større betydning på St. 1 enn på St. 2. Jo lenger en kommer opp i elva, desto større vil effekten av bekkeinntaket være. Den relative dominansen av knottlarver øker på begge lokaliteter (Figur 20), men mest på St. 2. Dette er filtrerende organismer, og de skulle være sensitive for sprengstøv og silt. Etter flommen høsten 2013 var det imidlertid lite av gruppen på begge lokalitetene.

To av de artene som øker på St. 2, og som har høy vekt i analysen, er den svært forsurings-sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* og steinfluen *Amphinemura borealis* (Figur 20). Fjellskardåna har i hele perioden hatt ett moderat til sterkt forsuringsskadet bunndyrsamfunn. Dette var også tilfelle i 2010 (Barlaup m. fl., 2014). Høsten 2014 ble *B. rhodani* ikke registrert på St. 1, mens den utgjorde rundt 6 % av bunndyrsamfunnet på St. 2. *A. borealis* har også økt relativt på St. 2. Denne arten er mer tolerant enn *B. rhodani* og inngår ikke i beregningen av forsuringsindeksene, men det er kjent at den er en av de første til å reagere på bedre vannkjemiske forhold (Halvorsen m. fl. 2003, 2010). Forsuringsindeksen (Figur 24) tyder også på at elva har blitt noe mindre sur etter at Fjellgardsåna har blitt ført over til Brokke kraftverk.

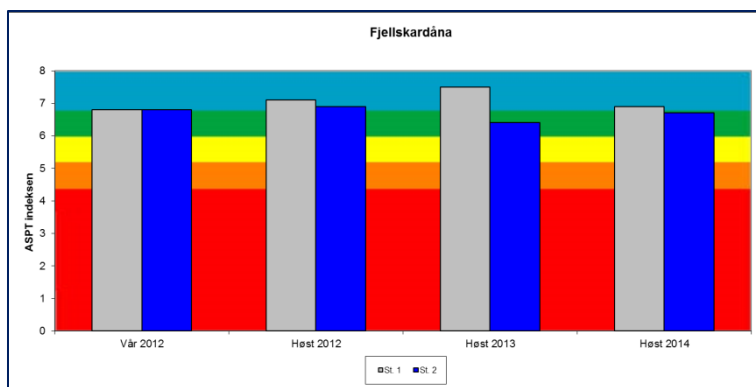


**Figur 24.** Forsuringsindeks 2 i Fjellskardåna fra våren 2012 til og med høsten 2014. Forsuringsindeksen hadde verdien 0 i 2012.

Arter (taxa) som viste redusert relativ abundans på St. 2 i analysen var fjærmygg (Chironomidae), vårfluene *Plectrocnemia conspersa* og *Oxythira* sp., rundorm (Nematoda), midd (Acari), fåbørstemakk (Oligochaeta), og steinfluen *Amphinemura sulcicollis* (Tabell 3, Figur 21, 22).

Det er vanskelig å forklare hvorfor den relative abundansen av fjærmygg går ned på St. 2. Dette er den dominerende gruppen bunndyr i elver med flest individer pr. kvadratmeter og med størst antall arter. Det er en mulighet at utspylingen av substratet i forbindelse med flommen høsten 2013 har ført til en reduksjon, men så lenge fjærmyggen ikke er artsbestemt kan vi ikke trekke noen konklusjoner. Vårfluene *Plectrocnemia conspersa* og *Oxyethira* sp. viste også reduksjon på St. 2 i forhold til kontroll-lokaliteten. Den relative abundansen var imidlertid lav og ganske lik på St. 2 for disse artene i prøvene på alle tidspunktene. Her ser det ut til at det er en økning på St. 1 som er årsaken til vekten de får i analysen. For *P. conspersa* begynte denne økningen allerede høsten 2012 (Figur 21), slik at dette ikke nødvendigvis har vært en effekt av redusert vannføring i elva, mens den kraftige økningen høsten 2014 for *Oxyethira* sp. kan være en effekt av den reduserte vannføringen på lokaliteten.

Rundorm og midd viser også en økning på St. 1 gjennom prosjektperioden. På St. 2 er rundorm fraværende høsten 2014, noe som kan være en effekt av utspyling av planter og organisk materiale høsten 2013. Denne effekten var imidlertid ikke umiddelbar. Midd ble redusert på St. 2 høsten 2013, men har økt igjen på lokaliteten, men ikke i like stor grad som på St. 1. Abundansen av fåbørstemakk har også blitt redusert på St. 2 i forhold til St. 1. Dette kan være en effekt av utspyling av organisk materiale fra substratet etter flommen. Den siste arten som reduseres og som får høy vekt i PRC analysen er steinfluen *Amphinemura sulcicollis* (Figur 22). Denne arten har hatt en fallende trend på begge lokalitetene fra og med høsten 2013. Hva dette skyldes er det vanskelig å si noe om.



■ Svært god
 ■ God
 ■ Moderat
 ■ Dårlig
 ■ Svært dårlig

**Figur 25.** ASPT indeksen på lokalitetene i Fjellskardåna i prosjektperioden.

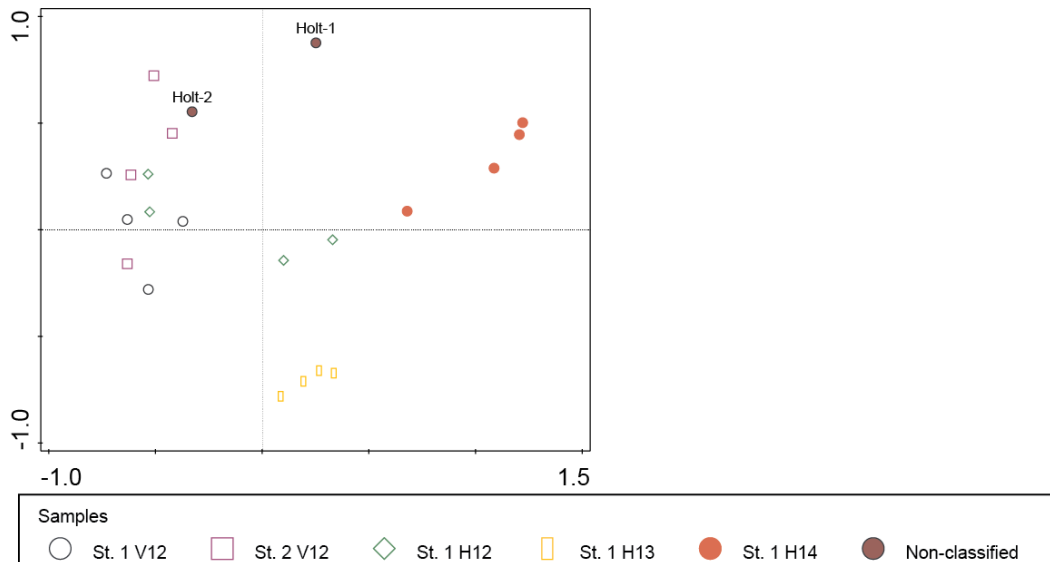
ASPT-indeksen på lokalitetene i Fjellskardåna (Figur 25) viser ingen spesiell utvikling. Den viser god og svært god økologisk tilstand på alle prøvetidspunktene. Det er en liten reduksjon på St. 2 høsten 2013 etter flommen, men den er liten og kan være tilfeldig.

Resultatene fra Fjellskardåna er ikke så lette å tolke. PRC analysen av abundansdataene fra 2012 til og med 2013 viste en signifikant effekt etter vanninntrengingen i tunnelen fra Lisle Myklevatn med den etterfølgende flommen. Om denne effekten skyldtes påvirkning av steinstøv fra tunelldrivingen og utvaskingen av tippen, eller av selve flommen kan vi ikke si noe bestemt om. Flommen har maskert de eventuelle effektene av tunelldrivingen. At bunndyrsamfunnet på St. 2 har forandret seg videre etter at anleggsarbeidene var avsluttet kan være en effekt av tunelldrivingen og / eller flommen, men det kan også være en effekt av at vannet i Fjellskardåna har blitt overført til Brokke. Faunaen på kontroll-lokaliteten har også forandret seg etter overføringen. I tillegg har det blitt hugget tømmer i nedslagsfeltet rett i nærheten til St. 1. Dette kan også være med på å påvirke bunnsfaunaen på denne stasjonen.

### 4.3 Bunndyr i Holtebekken

Resultatet fra en PCA-analyse med de to lokalitetene fra Holtebekken i 2014 som passive elementer i ordinasjonsanalysen er vist i Figur 26. De aktive prøvene i ordinasjonsanalysen er førprøvene fra St. 1 og 2 våren 2012, samt prøvene fra St. 1 høsten 2012-2014. Prøvene fra høsten 2014 ble tatt for å se om bunndyrsamfunnet hadde varige skader etter vanninntrengingen i tunnelen fra Lisle Myklevatn og den etterfølgende flommen. Vi tok en prøve i bekken oppstrøms tunellinnslaget og en prøve i den berørte sonen rett før samløpet med Fjellskardåna. Vedlegg 6 viser artene som ble funnet den 25.09.2014.

Bunndyrsamfunnet i Holtebekken høsten 2014 plasserer seg nært førprøvene fra Fjellskardåna i 2012 og nært prøvene fra St. 1 i Fjellskardåna høsten 2013. Analysen indikerer liten forskjell på bunndyrsamfunnet på St. 2 i Holtebekken høsten 2014 og faunaen på St. 2 i Fjellskardåna våren 2012 før anleggsarbeidet startet. Blant annet er steinfluen *Siphonoperla burmeisteri* tilstede på St. 2 i Holtebekken. Dette var den arten som ble sterkest påvirket etter flommen i 2013. Da ble den spylt ut på St. 2 i Fjellskardåna.



**Figur 26.** Resultater fra en PCA analyse der prøvene fra Holtebekken høsten 2014 er lagt inn som passive variabler. Prøvene fra Fjellskardåna, som ikke har vært påvirket av anleggsarbeidet eller flommen i 2013, er aktive variabler.

Forsuringsindeksene viste at bunndyrsamfunnet i Holtebekken hadde moderat forsuringsskade, mens ASPT indeksen indikerte ingen anriking av organisk stoff eller næringssalter på lokalitetene. Både St. 1 og St. 2 klassifiseres som i svært god økologisk tilstand i henhold til Veilederen (DN, 2013).

Det ble også gjort undersøkelser av fisken i Fjellskardåna etter flommen i 2013, og i Holtebekken høsten 2014. Resultatene fra disse undersøkelsene finnes i Vedlegg 9 og 10.

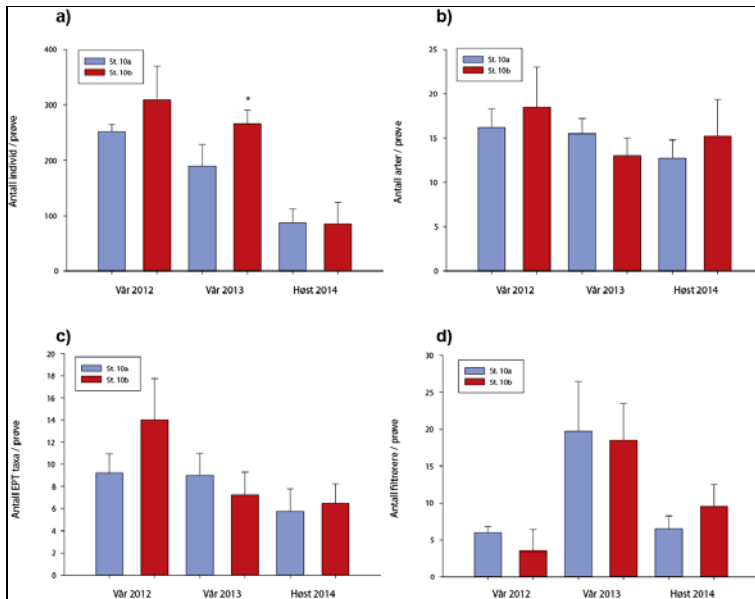
#### 4.4 Otra ved Besteland

To lokaliteter ble undersøkt i restfeltet til Hekni Kraftverk i Otra, oppstrøms og nedstrøms utløpet til Bestelandsåna eller Kvernåna som kommer fra Lisle Myklevatn. Kontroll-lokaliteten (Otra St. 10a) er den samme som blir undersøkt Blekeprosjektet (Barlaup m. fl., 2014). Den berørte lokaliteten (St. 10b) ligger like nedenfor utløpet av Bestelandsåna foran terskelen. Prøvene ble tatt den 25.04.2012 (førprøver), den 12.06.2013 (under anleggsarbeidene på Lisle Myklevatn), og den 25.09.2014 (ca. ett år etter at tunellarbeidet på Lisle Myklevatn var ferdig). Artene (taxaene) som ble registrert er vist i Vedlegg 7 og 8.

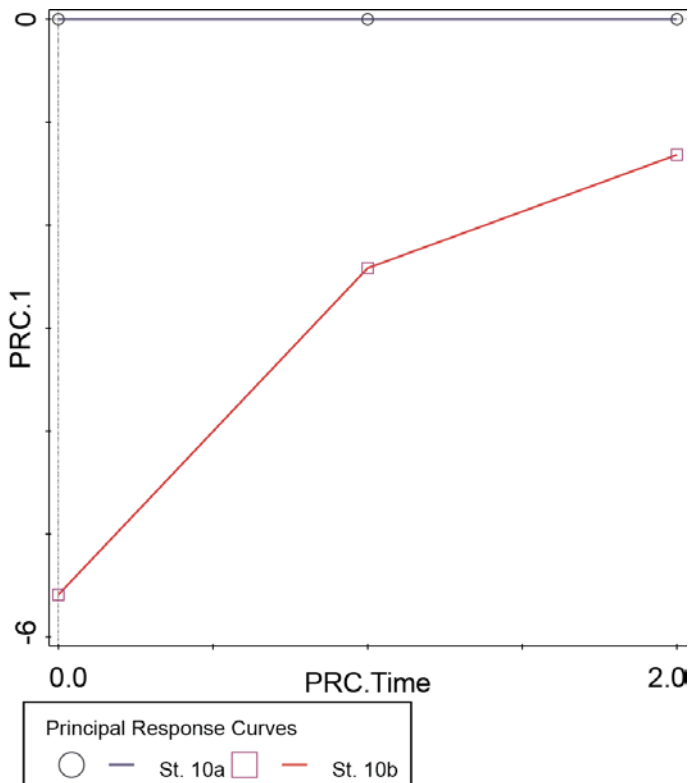
Figur 27 viser utviklingen av bunndyrfaunaen i Otra i prosjektperioden. Det var signifikant flere individer i prøvene på St. 10b (parvis Mann-Whitney U test,  $p = 0,029$ ) enn på kontroll-lokaliteten våren 2013. De andre variablene viste ingen signifikante forskjeller mellom St. 10a og St. 10b.

PRC analysen viste signifikante endringer ( $F = 8.3$ ,  $p = 0.023$ ) i bunndyrsamfunnet på St. 10b i løpet av prosjektperioden (Figur 28). Vi ser imidlertid av figuren at endringen bestod i at bunndyrsamfunnet på lokaliteten nedstrøms utløpet av Bestelandsåna ble mer likt bunndyrsamfunnet oppstrøms i løpet av prosjektperioden. Tabell 4 viser artene som hadde størst innflytelse på ordinasjonsanalysen.





**Figur 27.** Antall individer (a), antall arter / taxa (b), antall EPT taxa (c), og antall filterere (d) pr. prøve i Otra ved Besteland, oppstrøms og nedstrøms Bestelandsåna. \* indikerer signifikant forskjellig verdi fra St. 10a ( $p < 0.05$ , Mann-Whitney U test). Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Bestelandsåna (St. 10a), røde søyler Otra nedstrøms samløpet med Bestelandsåna (St. 10b).

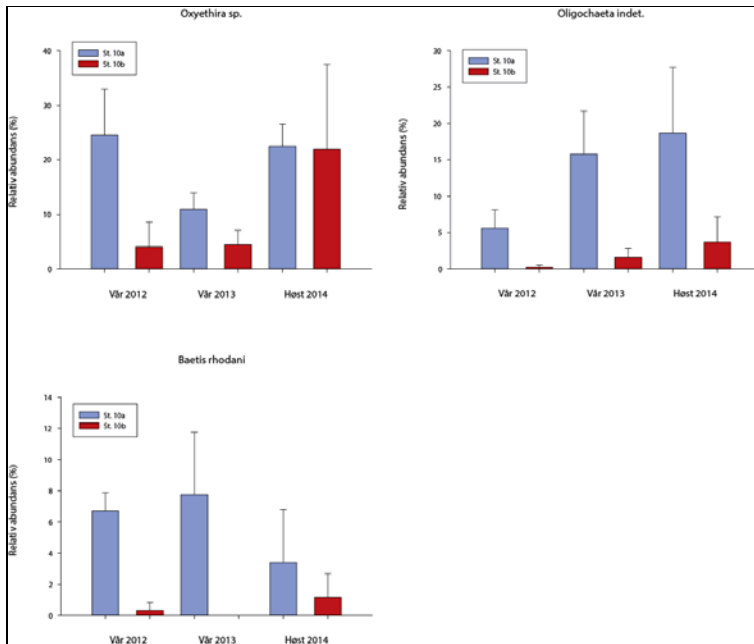


**Figur 28.** Principal Response Curves (PRC) analyse av endringer i relativ abundans i bunndyr-samfunnet over tid på St. 10b våren 2012, våren 2013, og høsten 2014 i Otra nedstrøms Bestelandsåna (Kvernåna). St. 10a er kontroll-lokaliteten oppstrøms utløpet av Bestelandsåna, våren

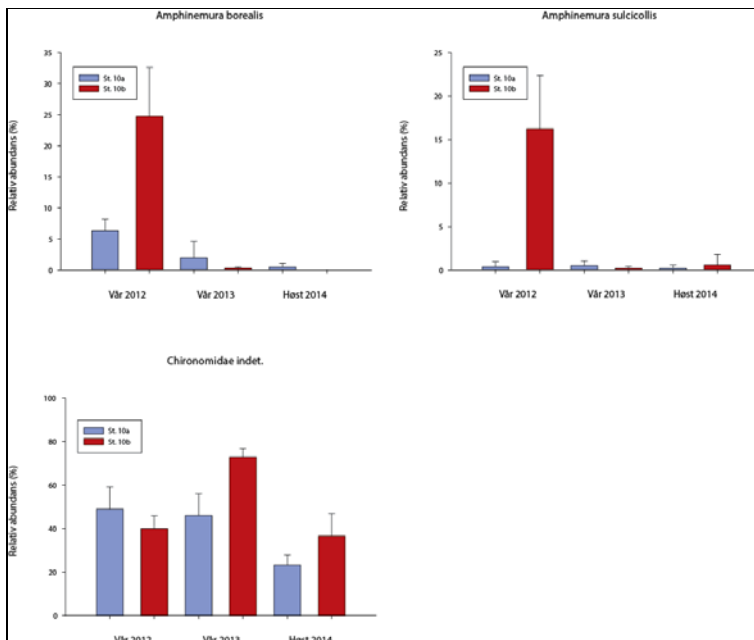
2012 er førprøvene. **Tabell 4.** 'Species scores' fra PRC-analysen med data fra og med våren 2012 til og med høsten 2014 i Otra ved Besteland. Arter (taxa) med størst vekt i analysen er merket med gult.

Oxyethira sp.	4.2885
Oligochaeta	1.7587
Baetis rhodani ***	1.2409
Polycentropus flavomaculatus	0.4163
Empididae indet.	0.261
Simuliidae indet.	0.2437
Dicranota sp.	0.1014
Apatania sp. **	0.084
Halesus radiatus	0.0349
Limonidae indet.	0.0297
Lepidostoma hirtum **	0.026
Nematoda	0.0259
Radix baltica ***	0.0151
Tipula sp.	0.0147
Muscidae indet.	0.0134
Sericostoma personatum **	0.0074
Rhyacophila nubila	0.0056
Elmis aenea	0.0052
Taeniopteryx nebulosa	-0.0008
Sialis fuliginosa	-0.0052
Hydroptila sp.	-0.0059
Potamophylax cingulatus	-0.0066
Hirudinea indet.	-0.0119
Diura nanseni **	-0.0151
Nemurella pictetii	-0.0246
Protonemura meyeri	-0.0334
Leuctra fusca/digitata	-0.0425
Ceratopogonidae indet.	-0.0586
Leptophlebia marginata	-0.1103
Nemoura cinerea	-0.1129
Brachyptera risi	-0.1539
Acari	-0.1697
Isoperla grammatica **	-0.2371
Leuctra hippopus	-0.2475
Plectrocnemia conspersa	-0.3236
Siphonoperla burmeisteri	-0.373
Chironomidae indet.	-1.6135
Amphinemura sulcicollis	-2.1737
Amphinemura borealis	-2.807

Figur 29 viser utviklingen av artene som økte og hadde høy vekt i ordinasjonsanalysen, mens Figur 30 viser artene som minket.

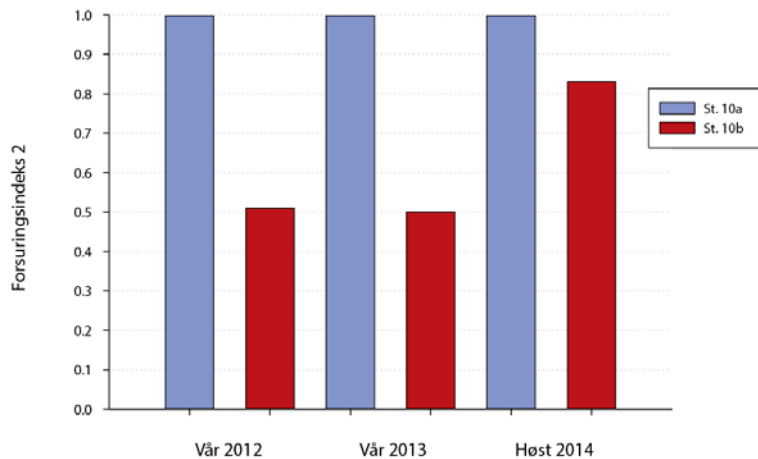


**Figur 29.** Relativ abundans for et utvalg arter med høy vekt og økende relativ abundans på St. 10b i PRC-analysen. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Bestelandsåna, røde søyler Otra nedstrøms utløpet med Bestelandsåna.



**Figur 30.** Relativ abundans for et utvalg arter med høy vekt og minker relativ abundans på St. 10b i PRC-analysen. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Bestelandsåna, røde søyler Otra nedstrøms utløpet med Bestelandsåna.

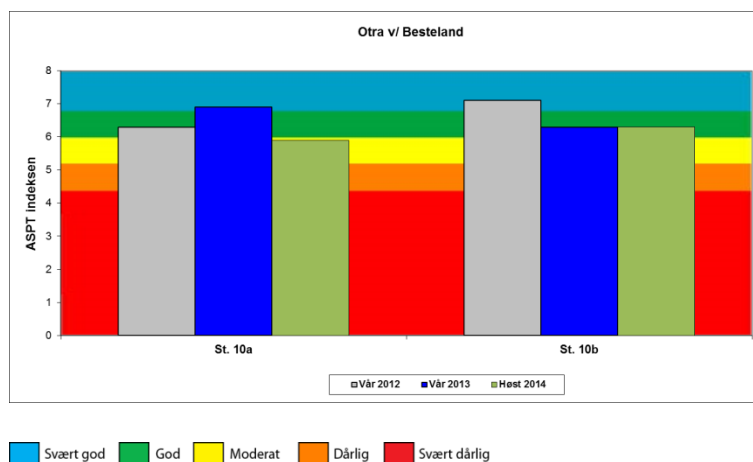
Undersøkelsen viser at faunaen nedstrøms Bestelandsåna (Kvernåna) har blitt mer lik faunaen oppstrøms i løpet av anleggsarbeidet. Det er ingen indikasjoner på at artssammensetningen nedstrøms har blitt påvirket av tunelldrivingen. Derimot ser det ut til at overføringen av Bestelandsåna til Brokke har ført til en bedret forsuringssituasjon i restfeltet av Brokke. Bunndyrfaunaen i Bestelandsåna ble undersøkt i 2010 i forbindelse med Blekeprosjektet. Da viste undersøkelsene en moderat forsuringsskade på bunndyrfaunaen (Barlaup m. fl. 2014), mens lokaliteten i Otra oppstrøms Bestelandsåna (St. 10a) har ikke hatt forsuringsskader på noen av tidspunktene med unntak av våren 2011. Figur 31 viser forsuringindeks 2 oppstrøms og nedstrøms Bestelandsåna på de tre tidspunktene.



**Figur 31.** Forsuringindeks 2 i Otra fra våren 2012 til og med høsten 2014.

Som figuren viser var det forsuringsskader nedenfor Bestelandsåna våren 2012 og 2013. Disse må være forårsaket av surt vann fra Bestelandsåna. Etter at Lisle Myklevatn ble ført over til Brokke har Bestelandsåna hatt svært redusert vannføring. Dette har ført til at *B. rhodani* har økt i antall og relativ abundans, og at forsuringindeksen har økt. Vi må imidlertid ta ett visst forbehold siden de to første prøvene var tatt på våren, mens den siste ble tatt om høsten. Det er vanlig at forsuringindeksen er høyere om høsten enn om våren på alle lokaliteter med moderate forsuringproblemer.

ASPT verdiene (Figur 32) viser ingen effekt på St. 10b av tunelldrivingen på Lisle Myklevatn.



**Figur 32.** ASPT indeksen på St. 10 a og St. 10b i Otra i prosjektperioden.

## 5 Konklusjon

Bjerknes m. fl. (1996) gjorde en undersøkelse i Otra på effektene av utspyling av sprengstøv fra tunelldrivingen i forbindelse med oppstarten av Hekni Kraftverk. Problemstillingen i denne undersøkelsen var at sprengstøv fra tunelldrivingen kunne ha andre kjemiske og morfologiske egenskaper enn naturlig silt, med de følger dette kunne ha for fisk og bunndyr. Undersøkelsen kunne ikke si noe om endringer i artssammensetningen av bunndyrsamfunnet, siden vannstanden i Otra økte kraftig i tidsrommet mellom før- og etter-prøvene. Det ble imidlertid registrert en reduksjon i filtrerende organismer på noen av lokalitetene i Otra.

I vår undersøkelse av bunnfaunaen på strykstrekninger ble det ikke funnet klare endringer i artssammensetningen som kunne relateres til påvirkning av prosessvann eller støv fra tunelldrivingen. Dette er i samsvar med resultatene fra undersøkelsen i Granvinselva (Pulg m. fl., 2013), der det heller ikke ble observert noen effekter av tunellstøv på bunndyrfaunaen.

Vi registrerte signifikante endringer i artssammensetning over tid på St. 2 i Bjørnaråa, lokaliteten som lå nærmest utslippspunktet av prosessvann. Her ble imidlertid faunaen på lokaliteten likere faunaen på kontroll-lokaliteten i løpet av prosjektperioden. Det ser ut til at det var påvirkning fra anleggsarbeidet med bygging av vei og brakkerigg ved tverrslaget før tunelldrivingen som gav effekten. Førprøvene ble tatt mens arbeidet med veien pågikk.

I Fjellskardåna ble det også registrert signifikante endringer i artssammensetningen over tid, men her ble en eventuell effekt av tunelldrivingen maskert av vanninntrengingen i tunellen fra Lisle Myklevatn og den etterfølgende flommen høsten 2013. Vi så imidlertid en mulig effekt av tunelldrivingen siden antallet filtrerere i prøvene ble redusert også i høstprøvene fra 2012, før flommen. Dette er i samsvar med funnene til Bjerknes m. fl. (1996). De artene som ble sterkest berørt av flommen i 2013 var tilbake på St. 2 om høsten i 2014. Artssammensetningen på den berørte lokaliteten i Fjellskardåna (St. 2) endret seg signifikant og ble mer forskjellig fra kontroll-lokaliteten i 2014, etter at tunelldrivingen var avsluttet. Dette kan være en følge av at vannføringen i Fjellskardåna ble kraftig redusert etter at anleggsarbeidet var ferdig, fordi vannet i elva ble overført til Brokke Kraftverk. Dermed er det vanskelig å si om de økende forskjellene i artssammensetningen vi så høsten 2014 skyldtes effekter av tunelldrivingen og flommen, eller om den reduserte vannføringen på kontroll-lokaliteten førte til at artssammensetningen her også endret seg.

Prøvene fra Holtebekken viste at artssamfunnet høsten 2014 var ganske likt artssamfunnet i Fjellskardåna før anleggsarbeidet startet, og på kontroll-lokaliteten under anleggsarbeidet. Det ser ut til at tunelldrivingen og flommen i Holtebekken høsten 2013 ikke har hatt noen varig effekt på bunndyrsamfunnet i denne bekken.

Analysen av bunndyrsamfunnet i Otra oppstrøms og nedstrøms utløpet av Bestelandsåna (Kvernåna) viste at det var signifikante endringer over tid. Her ble imidlertid også den berørte lokaliteten likere kontroll-lokaliteten i løpet av prosjektperioden. Det ser ut til at det er reduksjonen i tilførselen av surt vann til Otra etter at Bestelandsåna ble ført over til magasinet på Brokke som har gitt denne effekten. Forsuringsindeks 2 på den berørte lokaliteten nedstrøms utløpet av Bestelandsåna viste en klar økning under og etter anleggsarbeidet på Lisle Myklevatn. Det er ingenting som tyder på at tunelldrivingen ved Lisle Myklevatn har hatt noen effekter på bunndyrfaunaen i restfeltet i Otra.

Det ble ikke observert noen effekter på bunndyrfaunaen i restfeltet av Otra og på elvestrekningen nedstrøms utløpet av Hekni Kraftverk etter flommen i 2013 (Vedlegg 9).

Et av problemene med bunndyranalysen er at den er basert på relative abundansdata fra kvalitative prøver. En reell endring av abundans i bunndyrsamfunnet kan bare spores med å ta kvantitative

prøver, noe som også ble påpekt av Bjerknes m. fl. (1996). Et annet problem er at endringer i kontroll-lokaliteten kan gjøre resultatene usikre. I Bjørnaråa har elva minstevannføring etter at den ble overført til det nye kraftverket. Dette gjør at kontroll-lokaliteten ikke endrer seg mye mer enn de lokalitetene som ble påvirket av prosessvann fra tunelldrivingen. I Fjellskardåna var endringen på kontroll-lokaliteten større, da hele elva ble overført til Brokke Kraftverk. Alternativet her var å legge kontroll-lokaliteten oppstrøms inntaket. Vi gikk imidlertid bort fra dette da vi ønsket å sammenligne to så like lokaliteter som mulig. Hvis vi hadde lagt kontroll-lokaliteten ovenfor elveinntaket ville vi ha fått en stor høydegradient inn i analysen, med potensielt svært ulike bunndyrsamfunn oppe og nede i elva. Den mest ideelle situasjonen hadde vi i restfeltet i Otra, der kontroll-lokaliteten ikke forandret seg. Dette var også tilfelle i undersøkelsen i Granvinselva (Pulg m. fl., 2013).

Ser vi på resultatene fra Granvinselva og fra undersøkelsen i Bjørnaråa ser det ikke ut til at støv fra tunelldrivingen har noen stor effekt på bunndyrsamfunnet på strykstrekninger, forutsatt at konsentrasjonene av suspendert materiale i prosessvannet holdes innenfor grensene som ble brukt på Brokke Nord/Sør. Resultatene fra Fjellskardåna er ikke så entydige siden endringene her ble maskert av vanninntrengingen og flommen i 2013, og av at endringene i kontroll-lokaliteten ble større enn vi hadde regnet med i utgangspunktet. I Otra så vi heller ingen endringer som følge av prosessvann fra tunelldrivingen.

For tilleggsundersøkelsen av fisk i Fjellskardåna og Holtebekken vises det til Vedlegg 9 og 10. Det så ikke ut til at fisken i Fjellskardåna hadde tatt noen skade etter flommen i 2013. Holtebekken ble ikke vurdert til å ha en egen populasjon av aure, da et antatt vandringshinder ble observert i Fjellgardsåna nedstrøms samløpet med Holtebekken. Under dykking i restfeltet til Otra, og i Otra nedstrøms utløpet av Hekni Kraftverk etter flommen i Fjellskardåna i 2013 ble det observert lite tilslamming. Flommen ble ikke antatt å ha hatt noen effekt på auren og bleka i restfeltet og i Otra oppstrøms Åraksfjorden.

## Referanser

- Barlaup, Bjørn T. (redaktør), Bjørnar Skår, Helge Skoglund, Godtfred Anker Halvorsen, Knut Wiik Vollset, Sven-Erik Gabrielsen, Gunnar B. Lehmann, Eirik S. Normann, Ulrich Pulg, Tore Wiers, Frode Kroglund, Anders Hobæk, Einar Kleiven, Nils B. Kile og Bernt O. Martinsen. 2014. Blekeprosjektet 2010 – 2015. Statusrapport 2014. LFI-notat, 66 s.
- Bjerknes, V., Kvellestad, A., & Berntssen, M. 1996. Igangkjøring av Hekni Kraftverk. 3. Undersøkelser av partikkeleffekter på vannkjemi, Byglandsfjordbleke og vassdragsøkologi. NIVA-rapport 3519-96, 37 s.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet. 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2013. Direktoratet for naturforvaltning (Miljødirektoratet), Trondheim, 263 s.
- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *The Science og the Total Environment* 96: 57-66.
- Frost, S., A. Huni, & W.E. Kershaw, 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.*, 49: 167-173.
- Halvorsen, G.A., E. Heegaard, A. Fjellheim, and G.G. Raddum. 2003. Tracing recovery from acidification in the Western Norwegian Nausta Watershed. *Ambio*, 32 (3): 234-239.
- Halvorsen, G.A. & Fjellheim, A. 2010. Naturlig gjenhenting i et forsuret bunndyrsamfunn i Vikedal, 1987 – 008. I: O.T. Sandlund (red.). *Nettverk for biologisk mangfold i ferskvann – samlingsrapport 2010. Atna- og Vikedals-vassdragene – NINA Rapport 598*, 146 s.
- Pulg, U., Sven-Erik Gabrielsen, Godtfred Anker Halvorsen, Helge Skoglund og Bjørnar Skår. 2013. Overvåking av sediment, fisk og bunndyr i øvre Granvinvassdraget 2009-2013. LFI-rapport 226, 55 s.
- Raddum, G.G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes, p. 7-16, *In* Raddum, G.G., Rosseland, B.O., and Bowman, J. *Workshop on biological assesment and monitoring; evaluation and models*, NIVA Report SNO 4091/1999, ICP Waters Report 50/1999, 96 pp.
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer P. 2012. *Canoco reference manual and user's guide: software for ordination (version 5.0)*. Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 496 pp.
- van den Brink, P.J. & ter Braak, C.J.F., 1997. Ordination of responses to toxic stress in experimental ecosystems. *Toxicology and Ecotoxicology News*, 4: 174-178.
- van den Brink, P.J. & ter Braak, C.J.F., 1998. Multivariate analysis of stress in experimental ecosystems by Principle Responce Curves and similarity analysis. *Aquatic Ecology*, 32: 163-178.
- van den Brink, P.J. & ter Braak, C.J.F., 1999. Principle Response Curves: Analysis of time-dependent multivariate responses of a biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18: 138-148.

## Vedlegg 1. Bunndyr funnet på St. 1 i Bjørnaråa.

\* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsureing

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>	2	1	1			5		1	5	2	1	
<b>Bivalvia</b>												
<i>Pisidium</i> sp. *										1		
<b>Oligochaeta</b>	7	3	3		1	16	6		22	9	12	20
<b>Crustacea</b>												
Chydoridae indet.					1				3	4	2	2
Cyclopoida indet.												1
Ostracoda indet.								1		1		
<b>Acari</b>	3		1	1	4	6	3	1	14	9	11	6
<b>Ephemeroptera</b>												
<i>Ameletus inopinatus</i> **			1				1	2				
<i>Baetis rhodani</i> ***	118	40	177	91	60	91	42	157	14	5	16	
<i>Heptagenia sulphurea</i> **		3	1	3	1	4	2	4	1			
<i>Leptophlebia marginata</i>							1	1			1	2
<i>Nigrobaetis niger</i> ***												1
Heptagenidae indet.					1						1	
<b>Plecoptera</b>												
<i>Amphinemura borealis</i>	69	14	71	42	3	3	2	7	6	5	4	4
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	3		4	3	1		3	2	1			
<i>Brachyptera risi</i>			1		1			1		1		
<i>Diura nanseni</i> **		5	4		3			1				
<i>Isoperla grammatica</i> **	5	2	6	3	6	3	2	3				
<i>Isoperla</i> sp. **									3	1	3	
<i>Leuctra fusca/digitata</i>	3	1	4	1		4	6		1	1		
<i>Leuctra hippopus</i>	1	4	6	3	4	1	27	9	9	4	2	3
<i>Leuctra nigra</i>							4					
<i>Nemoura avicularis</i>							1					
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	2	1	1			1	3		1			
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>					3	1	1	3				
Nemouridae indet.	1	1										
<b>Coleoptera</b>												
<i>Elmis aenea</i>	1					1			5		3	1
<b>Trichoptera</b>												
<i>Ithytrichia lamellaris</i> **	6	3	1	2				1		1	1	
<i>Lepidostoma hirtum</i> **					2	1	1	3	1	4	3	3
<i>Oxyethira</i> sp.	18	16	2	1	7	3	27	12	20	30	27	30
<i>Plectrocnemia conspersa</i>									2			
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>			1		10	1	29	8	20	48	10	47
<i>Potamophylax cingulatus</i>						1		1				
<i>Rhyacophila nubila</i>	1		1	2	2	3		1	4		4	
<i>Sericostoma personatum</i> **											1	
Limnephilidae indet.					2		8	2			1	1
Polycentropodidae indet.							1		1	1		



## Vedlegg 1 fortsetter...

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Diptera</b>												
Chironomidae indet.	90	36	89	86	48	62	143	49	61	113	82	115
Ceratopogonidae indet	3			1	1				3	1	2	
Simuliidae indet.					23	12	11	28	14	5	10	6
<i>Dicranota</i> sp.	4		1	1	5	8	4	4	1		1	
<i>Tipula</i> sp.	2				1		4	1		1		2
Limonidae indet.								1				
Empididae indet.	5	1	2	1	3	10	1	5	8		6	
<b>Antall individ</b>	<b>344</b>	<b>131</b>	<b>378</b>	<b>241</b>	<b>193</b>	<b>237</b>	<b>333</b>	<b>309</b>	<b>220</b>	<b>247</b>	<b>204</b>	<b>244</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>16</b>
<b>Totalt antall arter / taxa</b>			<b>24</b>				<b>33</b>				<b>29</b>	
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>			<b>15</b>				<b>22</b>				<b>19</b>	
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.96</b>	<b>1.00</b>	<b>0.64</b>
<b>Forsuringsindeks 2 samlet</b>			<b>1.00</b>				<b>1.00</b>				<b>1.00</b>	
<b>ASPT</b>			<b>6.9</b>				<b>7.3</b>				<b>6.9</b>	

## Vedlegg 2. Bunndyr funnet på St. 2 i Bjørnaråa.

\* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsureing

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>		2	1	1	9	6	5	10	3	3	3	6
<b>Oligochaeta</b>	1	7	7	2	3	7	7	16	10	14	28	6
<b>Crustacea</b>												
<i>Bosmina</i> sp.					1							
Chydoridae indet.									1	1		
Harpacticoida indet.							1	1				
Ostracoda indet.									1			
<b>Acari</b>	3	1	3	2	2		1	3	5	3	3	9
<b>Ephemeroptera</b>												
<i>Baetis rhodani</i> ***	42	42	41	56	44	48	32	60	18	15	21	3
<i>Centroptilum luteolum</i> ***					1							
<i>Heptagenia sulphurea</i> **		1		2	1	6					3	
<i>Kageronia fuscogrisea</i>					3						1	
<i>Leptophlebia marginata</i>								1	1			
<i>Nigrobaetis niger</i> ***											1	
<b>Plecoptera</b>												
<i>Amphinemura borealis</i>	48	43	56	62	14	6	3	5	4		21	
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	4	3	3	2	3	3	3	3	3	2	1	3
<i>Brachyptera risi</i>			2	4		1	2	1	1	2	8	
<i>Diura nanseni</i> **	2	6			4	1	1		2	1	2	
<i>Isoperla grammatica</i> **		1	7	3	1	2	2	3				
<i>Isoperla</i> sp. **									1	1		
<i>Leuctra fusca</i>												2
<i>Leuctra fusca/digitata</i>	2		7	5	3		2				2	
<i>Leuctra hippopus</i>	1	6	3	5	7	11	13	5	8	2	9	3
<i>Leuctra nigra</i>					1			1				
<i>Nemoura cinerea</i>	4	2	5						1			
<i>Protonemura meyeri</i>		2	1		2	1	5	2	1			
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>			1							1		
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>					4	4	3	1				1
<b>Coleoptera</b>												
<i>Elmis aenea</i>			2		1			3	2	7	3	1
Dytiscidae indet.		1										
<b>Megaloptera</b>												
<i>Sialis fuliginosa</i>												1
<b>Trichoptera</b>												
<i>Ithytrichia lamellaris</i> **	3	2	6	1					1	3	1	1
<i>Oxyethira</i> sp.	4			1	10	2		4	60	35	8	54
<i>Plectrocnemia conspersa</i>												1
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	6	6	7	3	3	5	3	9	6	6	8	53
<i>Potamophylax cingulatus</i>				1								
<i>Potamophylax latipennis</i>						1						
<i>Rhyacophila nubila</i>		7	2	4	3	4	3	1	2	5	26	1
<i>Sericostoma personatum</i> **								1			1	
Limnephilidae indet.					3							
Polycentropodidae indet.					2							

## Vedlegg 2 fortsetter...

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Diptera</b>												
Chironomidae indet.	124	96	138	126	135	56	45	99	104	75	78	84
Ceratopogonidae indet.	2		1	1		1	3	2		1	3	1
Simuliidae indet.	1	4	4	9	30	11	12	12	4	5	19	1
<i>Dicranota</i> sp.			1		1	1	3	4	1	3		
Limonidae indet.										2	1	
Empididae indet.	1	4	5	3	2	8	3	6	5	8		3
<b>Antall individ</b>	<b>248</b>	<b>236</b>	<b>303</b>	<b>293</b>	<b>293</b>	<b>185</b>	<b>152</b>	<b>253</b>	<b>245</b>	<b>195</b>	<b>251</b>	<b>234</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>19</b>
<b>Totalt antall arter / taxa</b>			<b>28</b>				<b>29</b>				<b>35</b>	
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>10</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>			<b>16</b>				<b>21</b>				<b>22</b>	
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>0.83</b>
<b>Forsuringsindeks 2 samlet</b>			<b>1.00</b>				<b>1.00</b>				<b>1.00</b>	
<b>ASPT</b>			<b>6.7</b>				<b>6.9</b>				<b>6.9</b>	

### Vedlegg 3. Bunndyr funnet på St. 3 i Bjørnaråa.

\* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsureing

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>		6		3	2	3	5	5	3	2		1
<b>Bivalvia</b>												
<i>Pisidium</i> sp. *											1	
<b>Oligochaeta</b>	8	11	4	30	9	15	6	15	11	7	4	6
<b>Crustacea</b>												
<i>Bosmina</i> sp.					1							
Harpacticoida indet.					2		1					
Chydoridae indet.					1							1
Cyclopoida indet.							1					
Ostracoda indet.								1			1	
<b>Acari</b>	2	2	2	4	10	1	1	3	6	4	9	7
<b>Ephemeroptera</b>												
<i>Ameletus inopinatus</i> **	1		1		1	2	1					
<i>Baetis rhodani</i> ***	29	102	77	16	96	112	69	155	28	38	47	36
<i>Heptagenia sulphurea</i> **	1	3	1		6	5	13	9		5	2	3
<i>Kageronica fuscogrisea</i>	1	2	2		1	1		3	2			
<i>Leptophlebia marginata</i>					2							
<i>Nigrobaetis niger</i> ***		1			5	1	1	1	9	6	6	9
Heptagenidae indet.										3		
<b>Plecoptera</b>												
<i>Amphinemura borealis</i>	8	3	11	10	6	9	6	19	24	20	21	23
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	1	3		2		2	4	2	7	2	3	4
<i>Brachyptera risi</i>		4				2	1	4		1	4	1
<i>Diura nanseni</i> **		2	1		6		2	1	2	3	2	2
<i>Isoperla grammatica</i> **	2	2	2	3			1					
<i>Isoperla</i> sp. **										2		1
<i>Leuctra fusca/digitata</i>		6	3	2	5		3	1		1	1	
<i>Leuctra hippopus</i>	1	3	1	7		2			3	2	3	1
<i>Nemoura cinerea</i>				1			1	1				
<i>Protonemura meyeri</i>					3	1			1			
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>		1		2								
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>					2	2	1	2				1
<b>Coleoptera</b>												
<i>Elmis aenea</i>	2	2	1	7				1	6	2	2	2
Dytiscidae indet.		1										
<b>Trichoptera</b>												
<i>Halesus radiatus</i>	1											
<i>Hydroptila</i> sp.								1	1			
<i>Ithytrichia lamellaris</i> **	7	4	6	2					7		1	2
<i>Lepidostoma hirtum</i> **		1		1	4	2	1	1	1	1	3	2
<i>Oxyethira</i> sp.	13	3	4	3	10	1		3	35	11	21	20
<i>Philopotamus montanus</i> **						1						
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	1										1	2
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>		2	2	2	9	1	1	2	25	13	15	24
<i>Rhyacophila nubila</i>	1		2	2	2	1	2	3	2	4	4	1
<i>Sericostoma personatum</i> **		1									2	
Limnephilidae indet.					2		1		1	2	2	1
Polycentropodidae indet.					1							

### Vedlegg 3 fortsetter ...

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Diptera</b>												
Chironomidae indet.	32	119	54	42	106	40	48	87	193	129	256	202
Ceratopogonidae indet.	3			2					1		1	
Simuliidae indet.		4	2	1	19	13	9	24	6	4	5	2
<i>Dicranota</i> sp.		1	1		2	1	1	2				
<i>Tipula</i> sp.									1	1		1
Limonidae indet.	1											
Empididae indet.	4	8	8	8	2	5	6	2	2	4	1	1
Diptera indet.									2		1	
<b>Antall individ</b>	<b>119</b>	<b>297</b>	<b>185</b>	<b>150</b>	<b>315</b>	<b>223</b>	<b>186</b>	<b>348</b>	<b>379</b>	<b>267</b>	<b>419</b>	<b>356</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>26</b>
<b>Totalt antall arter / taxa</b>		<b>33</b>				<b>30</b>				<b>35</b>		
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>		<b>22</b>				<b>23</b>				<b>22</b>		
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2 samlet</b>		<b>1.00</b>				<b>1.00</b>				<b>1.00</b>		
<b>ASPT</b>		<b>7.4</b>				<b>7.3</b>				<b>6.6</b>		

## Vedlegg 4. Bunndyr funnet på St. 1 i Fjellskardåna.

\* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsurening

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 31.10.2013				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>		1	2			2	2	5	6	5	10	3	15	5	23	2
<b>Oligochaeta</b>	4	6	32	4	3	10	3	14	27	34	29	15	22	26	18	16
<b>Crustacea</b>																
<i>Bosmina</i> sp.					4	2	1	4	3	4	7	7				
Calanoida indet.									2	6	12	7				
Chydoridae indet.																1
Cyclopoida indet.											1	2				
<b>Acari</b>	2	3	4	1		6		10	1	4	11	3	19	9	19	5
<b>Ephemeroptera</b>																
<i>Baetis rhodani</i> ***									2	2		1				
<i>Leptophlebia marginata</i>	1				2	2		2			1	1	8	2	6	
<i>Leptophlebia vespertina</i>															1	
<b>Plecoptera</b>																
<i>Amphinemura borealis</i>	68	23	123	51	33	1	16	12	8	6	11	13				2
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	36	9	58	31	27	43	31	59	10	9	13	22	21	4	12	5
<i>Brachyptera risi</i>	18	41	37	26	12	9	1	14	30	36	26	14	3	5	10	7
<i>Diura nanseni</i> **	1			2	1				1							
<i>Isoperla grammatica</i> **			1		2				1							
<i>Isoperla</i> sp. **													1		1	
<i>Leuctra fusca/digitata</i>			7	2		2	1	3		3		2	1			
<i>Leuctra hippopus</i>	50	28	20	56	58	80	74	54	33	33	41	46	42	33	39	22
<i>Leuctra nigra</i>													6	5	1	
<i>Nemoura avicularis</i>								1								
<i>Nemoura cinerea</i>	7			2	2			1								3
<i>Nemurella pictetii</i>														5		
<i>Protonemura meyeri</i>			10	1	24	41	21	31	1	4	2	4	3		2	2
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	8	6	11	13	6	14	3	14	7	10	8	14	4	6	2	5
Nemouridae indet.				2									1	1		
<b>Coleoptera</b>																
<i>Agabus</i> sp.																1
Dytiscidae indet.								2						1		
<b>Megaloptera</b>																
<i>Sialis fuliginosa</i>														4		
<b>Trichoptera</b>																
<i>Oxyethira</i> sp.			2	2		2		1		1	1		33	11	35	5
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	5	8	6	7	4	19	3	16	11	7	11	11	14	16	36	13
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1	1	1		1	1		4			1			1	2	1
<i>Potamophylax cingulatus</i>					2							1				
<i>Rhyacophila nubila</i>		7	10	7	6	12	7	23	4	5	5	5	3	1		2
Limnephilidae indet.					2	4	2	3				1	1	2	2	1
Polycentropodidae indet.					4	1	3	5		1	1	5	3	1	2	1

## Vedlegg 4 fortsetter ...

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 31.10.2013				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Diptera</b>																
Chironomidae indet.	107	68	96	76	78	118	78	79	88	70	64	43	68	61	57	32
Ceratopogonidae indet.		1		1		1	1	1	3	1	9	1	8	1	2	2
Simuliidae indet.	26	36	12	19	27	22	37	26	1	3	2		23	14	20	20
<i>Dicranota</i> sp.	1			3		2	1	6	1	5	3	2				1
<i>Pedicia rivosa</i>									1							
Empididae indet.	12	3	7	8	2	2	1	2		1	2			1		
Limonidae indet.			1							1				1		1
<b>Antall individ</b>	<b>347</b>	<b>241</b>	<b>440</b>	<b>314</b>	<b>300</b>	<b>396</b>	<b>286</b>	<b>392</b>	<b>241</b>	<b>251</b>	<b>272</b>	<b>223</b>	<b>300</b>	<b>216</b>	<b>294</b>	<b>146</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>19</b>
<b>Totalt antall taxa / arter</b>		<b>24</b>				<b>27</b>				<b>28</b>				<b>29</b>		
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>11</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>		<b>15</b>				<b>17</b>				<b>16</b>				<b>18</b>		
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>	<b>0</b>	<b>0.51</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>
<b>Forsuringsindeks 2 samlet</b>		<b>0.5</b>				<b>0.5</b>				<b>0.51</b>				<b>0.5</b>		
<b>ASPT</b>		<b>7.1</b>				<b>7.1</b>				<b>7.5</b>				<b>6.9</b>		

## Vedlegg 5. Bunndyr funnet på St. 2 i Fjellskardåna.

\* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsurening

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 31.10.2013				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>			1	1	2		1			2		1				
<b>Oligochaeta</b>	11		1	2	2	2	2	3	7	2	7	9	34	22	6	6
<b>Crustacea</b>																
<i>Bosmina</i> sp.						4			9	23	5	9				
<i>Heterocope</i> sp.										1						
Calanoida indet.									1	24	9	3				
Chydoridae indet.											1					
Cyclopoida indet.						1				1	1	1				
<b>Acari</b>	5	3	2	2	3	7	3	6				2	15	6		6
<b>Ephemeroptera</b>																
<i>Baetis rhodani</i> ***					1			1				1	20	18	7	16
<i>Leptophlebia marginata</i>						6		6	1	1		2				1
<i>Leptophlebia vespertina</i>	1		4	4	2	8	2	5					3	1		
<b>Plecoptera</b>																
<i>Amphinemura borealis</i>	54	24	27	14	30	8	10	12		4	3	2	12	8	12	25
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	16	28	31	34	44	14	26	13		6		2	5	2	4	16
<i>Brachyptera risi</i>	25	34	24	26	54	4	13	8	3	5	18	20	46	43	51	103
<i>Diura nanseni</i> **													2			
<i>Leuctra fusca/digitata</i>	1	1		4	1			1				1		1	1	
<i>Leuctra hippopus</i>	21	45	22	10	48	24	99	49	8	16	16	17	41	40	17	27
<i>Leuctra nigra</i>		1									1					
<i>Nemoura avicularis</i>						1		1								
<i>Nemoura cinerea</i>	1	3	12	6	2	2	2	1	3	2						
<i>Nemurella pictetii</i>				1								1				
<i>Protonemura meyeri</i>	1			1	20	5	5	6			1	1		1	5	2
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	10	7	4	2	3	1	18	7					6	4	1	8
Nemouridae indet.														1	3	
<b>Megaloptera</b>																
<i>Sialis fuliginosa</i>													1			
<b>Trichoptera</b>																
<i>Lepidostoma hirtum</i> **							1									
<i>Micropterna lateralis</i>												1				
<i>Oxyethira</i> sp.	9	1	6	4	1	3	7	1	1				9	4		
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	5	6	1	4	1		6	3		1	1		5	2	1	1
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	3	3		3	2	3	8	7								
<i>Potamophylax cingulatus</i>								1								
<i>Rhyacophila nubila</i>	10	6	3	6	9	5	6	6			1	1	5	2	8	8
Limnephilidae indet.					1		2	1					1		2	1
Polycentropodidae indet.						1								1	1	



## Vedlegg 5 fortsetter ...

	Dato: 24.04.2012				Dato: 5.11.2012				Dato: 31.10.2013				Dato: 24.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Diptera</b>																
Chironomidae indet.	55	79	58	55	83	105	173	57	13	6	10	13	54	53	20	43
Ceratopogonidae indet.	5								3			3	3	2		
Simuliidae indet.	10	21	23	10	4	15	8	7					29	38	35	62
<i>Dicranota</i> sp.		1	1		1		3					1	4	17		4
<i>Pedicia rivosa</i>		1														
Empididae indet.	6	7	2	1	1	1		2			2					
Limonidae indet.																1
<b>Antall individ</b>	<b>249</b>	<b>271</b>	<b>222</b>	<b>190</b>	<b>315</b>	<b>220</b>	<b>395</b>	<b>204</b>	<b>49</b>	<b>94</b>	<b>77</b>	<b>90</b>	<b>295</b>	<b>266</b>	<b>174</b>	<b>330</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>15</b>	<b>17</b>
<b>Totalt antall taxa / arter</b>		<b>24</b>				<b>27</b>				<b>27</b>				<b>22</b>		
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>11</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>		<b>15</b>				<b>17</b>				<b>15</b>				<b>15</b>		
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.51</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.51</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.52</b>	<b>0.68</b>	<b>0.68</b>	<b>0.57</b>	<b>0.59</b>
<b>Forsuringsindeks 2 samlet</b>		<b>0</b>				<b>0.50</b>				<b>0.51</b>				<b>0.63</b>		
<b>ASPT</b>		<b>6.8</b>				<b>6.9</b>				<b>6.4</b>				<b>6.7</b>		

## Vedlegg 6. Bunndyr funnet på St. 1 og St. 2 i Holtebekken 25.09. 2014.

\* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsurening

	St. 1 ikke påvirket	St. 2 påvirket
<b>Oligochaeta</b>	1	
<b>Acari</b>	1	2
<b>Ephemeroptera</b>		
<i>Baetis rhodani</i> ***		1
<i>Leptophlebia marginata</i>	1	
<b>Plecoptera</b>		
<i>Amphinemura borealis</i>	1	3
<i>Amphinemura sulcicollis</i>		12
<i>Brachyptera risi</i>	13	160
<i>Diura nanseni</i> **	7	
<i>Leuctra hippopus</i>	63	15
<i>Leuctra nigra</i>	7	
<i>Nemoura cinerea</i>	10	14
<i>Nemurella pictetii</i>	1	
<i>Protonemura meyeri</i>	1	6
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	1	4
<b>Coleoptera</b>		
<i>Platambus</i> sp.		1
<b>Trichoptera</b>		
<i>Oxyethira</i> sp.	13	
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	5	10
<i>Potamophylax cingulatus</i>		1
<i>Rhyacophila nubila</i>	5	9
Limnephilidae indet.	6	1
<b>Diptera</b>		
Chironomidae indet.	73	34
Simuliidae indet.	64	142
<i>Dicranota</i> sp.	4	
Empididae indet.		1
<b>Antall individ</b>	<b>277</b>	<b>416</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>19</b>	<b>16</b>
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>-</b>	<b>0.51</b>
<b>ASPT</b>	<b>7.1</b>	<b>6.9</b>

## Vedlegg 7. Bunndyr funnet på St. 10a i Otra ved Besteland (oppstrøms

Kvernåna) fra 2012 – 2014. \* litt sensitive \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsureing

	Dato: 25.04.2012				Dato: 12.06.2013				Dato: 25.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>		1			2	2	1	1				1
<b>Gastropoda</b>												
<i>Radix baltica</i> ***		1								1		
<b>Oligochaeta</b>	9	13	25	10	14	24	4	24	13	16	9	20
<b>Crustacea</b>												
<i>Bosmina</i> sp.									1	1		
<b>Acari</b>	2	1	3	4	8	4	10	4	15	8	6	6
<b>Ephemeroptera</b>												
<i>Baetis rhodani</i> ***	12	17	11	11	18	23	7	9	2	2	10	
<i>Leptophlebia marginata</i>												1
<b>Plecoptera</b>												
<i>Amphinemura borealis</i>	5	16	15	9	1	1	2	9	1		1	
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	2	1	4	4	2	1	1				1	
<i>Brachyptera risi</i>				1						3	4	
<i>Isoperla grammatica</i> **	1	3	6	2	3							
<i>Leuctra fusca/digitata</i>		1			1	4	3	2				
<i>Leuctra hippopus</i>				1								
<i>Nemoura cinerea</i>	2											
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>					1		1					
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>										1		
<b>Coleoptera</b>												
<i>Elmis aenea</i>									1		1	
<b>Trichoptera</b>												
<i>Apatania</i> sp. **	1	2			1	6						
<i>Halesus radiatus</i>	1						3					
<i>Lepidostoma hirtum</i> **	2			1		1				2		1
<i>Oxyethira</i> sp.	81	62	112	58	13	30	21	19	20	11	32	17
<i>Plectrocnemia conspersa</i>		1				1	8				1	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	7	4	6	6	18	18	21	13	6	5	8	6
<i>Rhyacophila nubila</i>	1		1	1	2		1	1		1	2	
<i>Sericostoma personatum</i> **						1						
<b>Diptera</b>												
Chironomidae indet.	106	124	78	127	72	77	142	64	22	14	34	13
Simuliidae indet.	3	6	4	6	1		4	3		1	11	3
<i>Dicranota</i> sp.	1		1	1	1	1		1	2	1	1	3
<i>Tipula</i> sp.				1								
Limonidae indet.	1			1								
Empididae indet.	2		2	1	4	15	6	2	1		2	2
Muscidae indet.			1									
<b>Antall individ</b>	<b>239</b>	<b>253</b>	<b>269</b>	<b>245</b>	<b>162</b>	<b>209</b>	<b>235</b>	<b>152</b>	<b>84</b>	<b>67</b>	<b>123</b>	<b>73</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>11</b>
<b>Totalt antall arter / taxa</b>			<b>26</b>				<b>21</b>				<b>21</b>	
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>4</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>			<b>15</b>				<b>14</b>				<b>11</b>	
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.00</b>	<b>-</b>
<b>Forsuringsindeks 2 samlet</b>			<b>1.00</b>				<b>1.00</b>				<b>1.00</b>	
<b>ASPT</b>			<b>6.3</b>				<b>6.9</b>				<b>5.9</b>	

**Vedlegg 8.** Bunndyr funnet på St. 10b i Otra ved Besteland (nedstrøms Kvernåna) fra 2012 – 2014. \* litt sensitiv \*\* moderat sensitiv \*\*\* sterkt sensitiv for forsurening

	Dato: 25.04.2012				Dato: 12.06.2013				Dato: 25.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Nematoda</b>					3		1			1	1	
<b>Gastropoda</b>												
<i>Radix balthica</i> ***												1
<b>Hirudinea</b>												
Hirudinea indet.												1
<b>Oligochaeta</b>		2		1	9	2	6	1	2		3	6
<b>Crustacea</b>												
<i>Bosmina</i> sp.											13	22
<i>Daphnia</i> sp.												1
<i>Eurycerus lamellatus</i>											1	3
Calanoida indet.									1	1	2	3
Chydoridae indet.											5	5
Cyclopoida indet.				1					2		6	3
<b>Acari</b>			4	5	19	20	33	19	2	1	13	9
<b>Ephemeroptera</b>												
<i>Baetis rhodani</i> ***			1	4					2			1
<i>Leptophlebia marginata</i>	1	1	2	1					4		1	
<b>Plecoptera</b>												
<i>Amphinemura borealis</i>	51	103	71	76		1	1	1				
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	48	20	64	71		1	1			1		
<i>Brachyptera risi</i>	1	5	8	4							1	2
<i>Diura nanseni</i> **	1											
<i>Isoperla grammatica</i> **	9	3	13	12		1						
<i>Leuctra fusca/digitata</i>	2		1	4	4	2	1	3				
<i>Leuctra hippopus</i>	5	2	5	9					1		1	
<i>Nemoura cinerea</i>	3	2	5	2								
<i>Nemurella pictetii</i>	1			1								
<i>Protonemura meyeri</i>				1								2
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	4	10	7	5		4	3	6				
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>									1			
Perlodidae indet. **							1					
<b>Coleoptera</b>												
<i>Elmis aenea</i>												1
<b>Megaloptera</b>												
<i>Sialis fuliginosa</i>					1							
<b>Trichoptera</b>												
<i>Apatania</i> sp. **					1						1	
<i>Hydroptila</i> sp.							1					
<i>Lepidostoma hirtum</i> **			2	3					1			
<i>Oxyethira</i> sp.		1	26	31	11	4	21	12	14	1	40	16
<i>Plectrocnemia conspersa</i>	3		4	2	9	9	4	10	1	3	4	
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	1		3	1	10	15	9	7	11	9	4	6
<i>Potamophylax cingulatus</i>						1						
<i>Rhyacophila nubila</i>	2		1	1					2		1	
Limnephilidae indet.				1							1	
Polycentropodidae indet.						1						

## Vedlegg 8 fortsetter...

	Dato: 25.04.2012				Dato: 12.06.2013				Dato: 25.09.2014			
	Prøve nr.				Prøve nr.				Prøve nr.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Diptera</b>												
Chironomidae indet.	102	132	115	137	222	169	180	206	22	21	27	23
Ceratopogonidae indet.	1		2		2		1	1				
Simuliidae indet.		1	3	3	4	5	1		2	1	3	
<i>Dicranota</i> sp.	1		1		1	2						
Empididae indet.	2			2	1				1			
Diptera indet.	1											
<b>Antall individ</b>	<b>239</b>	<b>282</b>	<b>339</b>	<b>377</b>	<b>297</b>	<b>237</b>	<b>264</b>	<b>266</b>	<b>65</b>	<b>42</b>	<b>126</b>	<b>108</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>18</b>
<b>Totalt antall arter / taxa</b>			<b>28</b>				<b>20</b>				<b>28</b>	
<b>Antall EPT taxa</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
<b>Totalt antall EPT taxa</b>			<b>18</b>				<b>11</b>				<b>13</b>	
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	-	-	<b>0.51</b>	<b>0.52</b>	-	-	-	-	<b>1.00</b>	-	-	<b>1.00</b>
<b>Forsuringsindeks 2 samlet</b>			<b>0.51</b>				<b>0.5</b>				<b>0.83</b>	
<b>ASPT</b>			<b>7.1</b>				<b>6.3</b>				<b>6.3</b>	

## **Vedlegg 9**

### **Undersøkelser av bunndyr og fisk i forbindelse med vanninnbrudd i tunell på Brokke Sør den 23.10.2013**



**Godtfred A. Halvorsen, Ulrich Pulg, Bjørnar Skår & Gaute Velle**

**Notat – 2013**  
**Laboratorium for Ferskvannsekologi og Innlandsfiske, LFI,**  
**Uni Miljø**

Forsidefoto: Fjellskarevja den 23.10.2013. Tore Wiers, Uni Miljø, LFI

## **Bakgrunn**

Den 23.10.2013 skjedde et vanninnbrudd inn i tunnelen fra Lisle Myklevatn på Brokke Sør. Vannet rant ut i tverrslaget mellom Lisle Myklevatn og Faråa, og ned løpet av Holtebekken til samløpet med Fjellskaråa og ut i Otra ved Fjellskarevja. Tippmasse, deler av anleggsveien, sedimenter fra bekketaret og masse fra nye bekkeløp ble vasket ut i Fjellskarevja. Dette førte til kraftig blakking av vannet i Fjellskarevja og i Otra ned til Austad.

Uni Miljø, LFI er allerede involvert med prøvetaking av bunndyr i Fjellskaråa i forbindelse med utbyggingen av Brokke Nord/Sør, og har også et pågående prosjekt i Otra i forbindelse med bleka. Vi ble derfor bedt om å vurdere eventuelle effekter på bunndyr og fisk i Fjellskaråa, og i restfeltet til Otra nedstrøms Hekni etter episoden.

## **Bunndyr**

### **Metode**

I Fjellskaråa hadde vi et ferdig prøveoppsett med bunndyrprøver oppstrøms og nedstrøms samløpet mellom Holtebekken og Fjellskaråa. Oppsettet var utviklet i forbindelse med utbyggingen av Brokke Nord/Sør. Bunndyrprøver ble tatt på lokalitetene våren 2012 før anleggsarbeidet startet, og høsten 2012 etter at arbeidet var startet opp. Det ble tatt 4 separate sparkeprøver på ca. 3 m lengde på hver lokalitet til hvert tidspunkt. Disse prøvene ble så sortert med lupe i laboratoriet i en time og deretter artsbestemt. Den 31.10, etter vanninnbruddet, ble denne innsamlingen repetert.

I restfeltet i Otra har det blitt tatt bunndyrprøver vår og høst fra og med våren 2010 til dags dato på flere lokaliteter i forbindelse med Blekeprosjektet. Metodikken har vært den samme som beskrevet i avsnittet ovenfor. Nye lokaliteter har kommet til i løpet av prosjektperioden, slik at vi nå har en lokalitet ved Besteland oppstrøms Kvernåna (St. 10), en lokalitet nedstrøms terskel T7a (St. 17), en lokalitet ved Langeid (St. 30), og en lokalitet nedstrøms utløpet av Hekni Kraftverk, i hovedstrømmen ved Storøya (St. 26).

I tillegg har det blitt tatt 4 sparkeprøver oppstrøms og nedstrøms utløpet av Kvernåna på Besteland i forbindelse med Brokke Nord/Sør utbyggingen. Disse ble tatt våren 2012 og våren 2013. Prøvene oppstrøms Kvernåna tilsvarer St. 10 i Blekeprosjektet og har blitt brukt i denne undersøkelsen. Prøvene nedstrøms Kvernåna har ikke blitt brukt, da vannet i Kvernåna er surere og faunaen nedstrøms viser forsuringsskader. Dermed ville disse kunne føre til mer støy i tolkingen av effektene av slammingen den 23.10. Faunaen på lokalitetene lenger nede i restfeltet viser imidlertid ikke forsuringsskader.

Høstinnsamlingen av bunndyrprøver i Blekeprosjektet foregikk den 11.10.2013. Etter vannintrengingen den 23.10., tok vi nye prøver på St. 10, St. 30 og St. 26 i restfeltet den 31.10.2013.

Under prøvetakingen var vannet tydelig brunt og humøst i Fjellskaråa, både før og etter samløpet med Holtebekken. Inntrykket var at vannet var noe mer humøst etter samløpet. Det lå et tynt lag slam i rolige partier av bekket. De andre lokalitetene i restfeltet av Otra var ikke spesielt humøse.





Bildet viser kontrollokaliteten ved Fjellskaråa (Stasjon 1), tatt 31.10.2013.



Bildet viser bekken nedstrøm samløpet mellom Fjellskaråa og Holtebekken (Stasjon 2), tatt 31.10.2013.

For å undersøke eventuelle endringer i bunndyrsamfunnet i Fjellskaråa ble metoden 'Principal Responce Curves (PRC)' i dataprogrammet Canoco 5.0 (ter Braak & Smilauer 2012) brukt. Dette er en multivariat statistisk metode som undersøker endringer i artssammensetningen på

forskjellige lokaliteter over tid, justert for endringer som skjer i en kontroll-lokalitet. Metoden bygger på 'Partial Redundancy Analysis' (partiell RDA), og har blitt utviklet for økotoksikologiske studier for å teste og synliggjøre effekter av forskjellige former for behandling over tid. Metoden er beskrevet i van den Brink & ter Braak (1997, 1998, 1999) og i ter Braak & Smilauer (2012). I korthet går metoden ut på at endringer i påvirkede lokaliteter blir sammenlignet med endringer i kontroll-lokaliteter. Variasjon som f. eks. kan skyldes klekking, blir eliminert ved at analysen justerer for variasjon i kontroll-lokaliteten. Dermed fokuserer metoden på tids-avhengige effekter av en påvirkning. Dette blir illustrert ved at 'the principal component' blir plottet mot tid i et PRC diagram. Variasjonen i kontroll-lokalitetene blir "nullet ut", slik at utviklingen i disse blir liggende i  $Y = 0$  (x-aksen). Avstanden fra x-aksen til den påvirkede lokaliteten gir derfor et bilde av effektene av behandlingen. Utviklingen i den påvirkede lokaliteten blir deretter testet med en permutasjons-test med 'split-plot' design, der hvert tidspunkt eller innsamling er et 'whole plot', og hver lokalitet er et 'split plot'. De forskjellige lokalitetene blir 'permutert' eller stokket innenfor hvert tidspunkt for å teste om utviklingen i den påvirkede lokaliteten er signifikant forskjellig fra utviklingen i kontroll-lokalitetene. 'Species scores' fra den partielle RDA analysen gir informasjon om hvilke arter det er som gir vekt i analysen, dvs. hvilke arter som øker eller minker som følge av påvirkningen.

Artsdataene brukt i analysen ble gitt som relativ abundans (i prosent), og ble  $\log(n+1)$  transformert. Små individer som ikke kunne bestemmes til art ble enten tatt ut av datamatriksen (f. eks. *Amphinemura* sp.), eller så har de blitt slått sammen med de artsbestemte individene til et mer inklusivt taxon eller gruppe. Krepser, som hovedsakelig kommer fra stillestående vann, ble ikke inkludert i noen av analysene.

I denne undersøkelsen i Fjellskaråa er St. 1 kontroll-lokaliteten, mens St. 2 er den påvirkede lokaliteten. Denne ville få den kraftigste påvirkningen av prosessvann fra selve tunelldrivingen, utslipp av vann og eventuelt andre påvirkninger fra anleggsarbeidene, og som i dette tilfellet flommen som følge av vanninntrengingen.

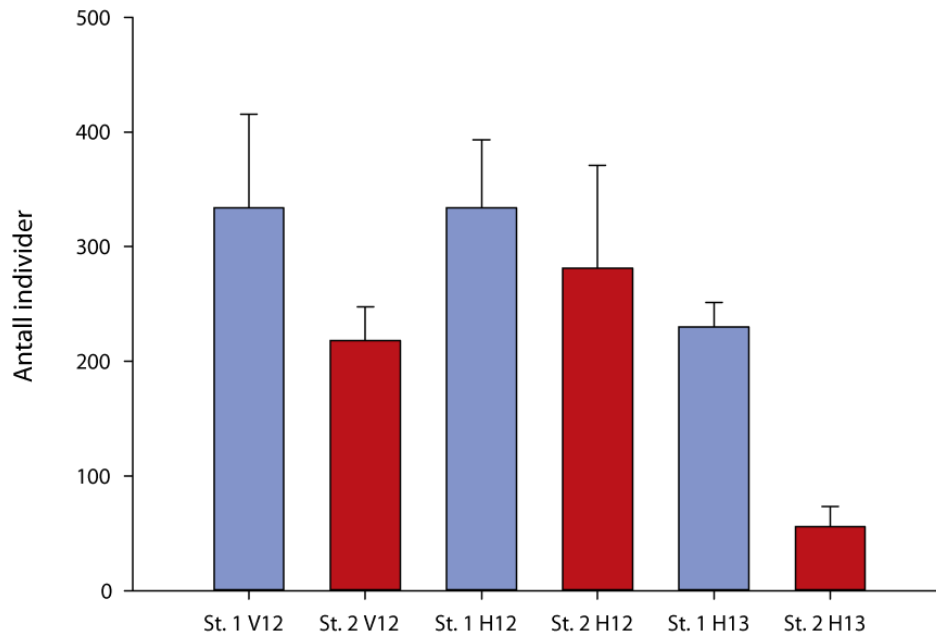
I restfeltet i Otra ble alle bunndyrprøvene fra tidligere år lagt inn i en matrise (St. 10, St. 17, St. 30 og St. 26) i tillegg til prøvene på St. 10 fra Brokke Nord/Sør prosjektet. Prøvene fra den 31. oktober ble så analysert i en ordinasjon sammen med alle de andre prøvene. Vi brukte en 'Detrended Correspondence' analyse (DCA), der prøvene etter vanninntrengingen og slammingen var passive. Det vil si at de vil plassere seg i ordinasjonsdiagrammet alt etter hvor forskjellig artssammensetningen er fra de aktive prøvene. Dette vil dermed indikere om slammingen i restfeltet har hatt effekt på bunndyrsamfunnet på noen av lokalitetene. Artsdataene i analysen er relativ abundans i prosent, og de er  $\log(n+1)$  transformert på samme måte som dataene i PRC-analysen. I tillegg ble funksjonen 'downweighting' brukt for å gi mer vekt til vanlige og tallrike arter enn til de artene som bare opptrer sporadisk og eller med få individer.

Forsuringsindeks 1 og 2 og ASPT-indeksen ble også regnet ut. Den totale prøven for hver lokalitet i rennende vann ble brukt i utregningen av ASPT indeksen (Average Score Per Taxon). Dette er en indeks som angir organisk belastning, eller såkalt eutrofiering, på en lokalitet. Ved belastning og gjødsling med organisk stoff vil oksygenforholdene i elvebunnen reduseres, og dette påvirker bunnfaunaen

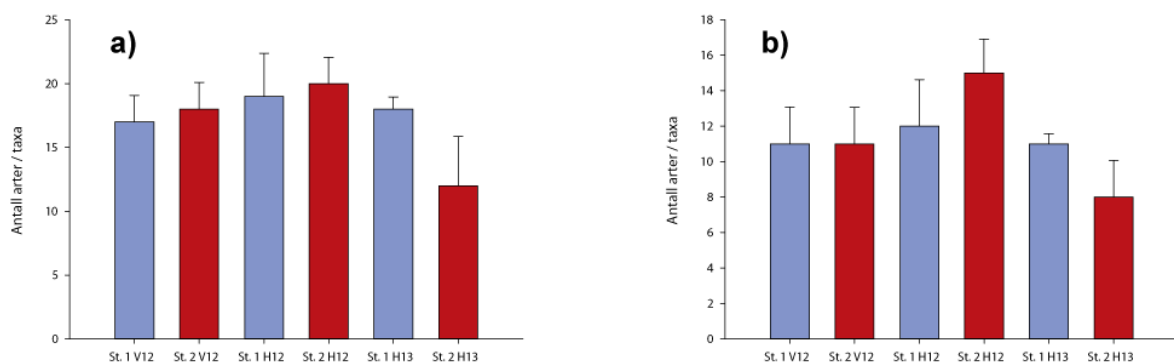
## Resultat

### Fjellskaråa

Totalt antall individer i prøvene fra St. 1 og St. 2 er vist i Figur 1. Som figuren viser har det vært en kraftig reduksjon i antallet individer i prøvene på St. 2 etter vanninntrengingen. Figur 2a viser det totale antallet arter / taxa i prøvene på de samme tidpunktene, og Figur 2b viser antall EPT-arter / -taxa (EPT = Ephemeroptera (døgnfluer), Plecoptera (steinfluer) og Trichoptera (vårfluer)). Antallet arter / taxa viser også en reduksjon på St. 2 etter flommen, men ikke så kraftig som for antallet individer i prøvene.

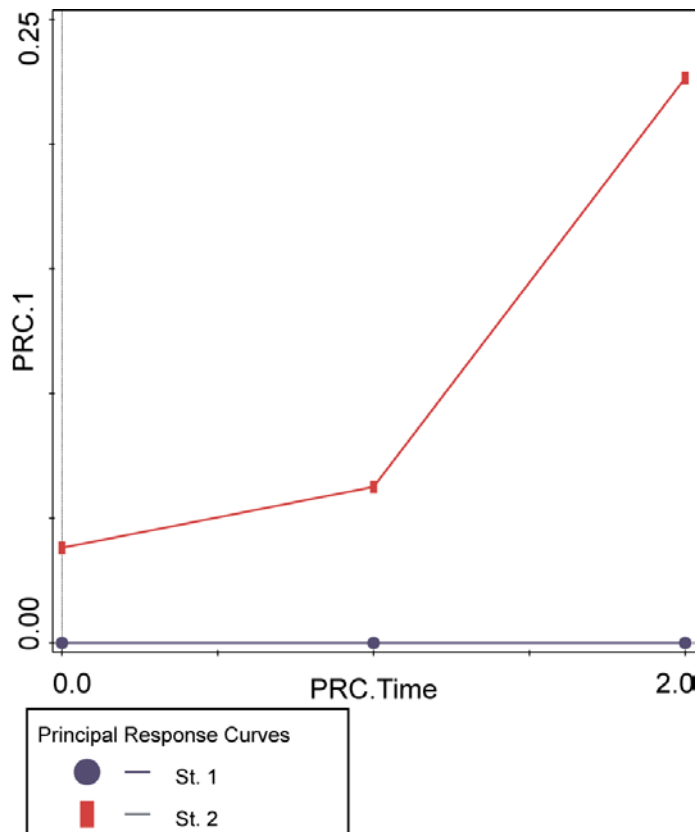


**Figur 1.** Gjennomsnitt antall individer med standardavvik pr. lokalitet i Fjellskaråa den 24.04.2012, 5.11.2012 og den 31.10.2013. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskaråa nedstrøms samløpet med Holtebekken.



**Figur 2.** Gjennomsnitt antall arter / taxa med standardavvik pr. lokalitet i Fjellskaråa den 24.04.2012, 5.11.2012 og den 31.10.2013. **a)** Totalt antall arter / taxa. **b)** Antall EPT arter / taxa. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskaråa nedstrøms samløpet med Holtebekken.

PRC-analysen (Figur 3) viste en signifikant ( $F=3,6$   $p=0,022$ ) endring i artssamfunnet på St. 2 over tid.



**Figur 3.** Principal Reaction Curves analyse av endringer i relativ abundans i bunndyr-samfunnet over tid på St. 2 våren 2012, høsten 2012 og høsten 2013 i Fjellskaråa. St. 1 er kontroll-lokaliteten, mens våren 2012 er førprøver.

Figur 4 og Tabell 1 viser en oversikt over hvilke arter som endret relativ abundans i analysen. Arter med 'species scores' mellom + 0,5 og - 0,5 endrer seg lite og har liten innvirkning på analysen, mens arter med 'species scores' større enn 0,5 og mindre enn - 0,5 har større innvirkning på analysen. Generelt har arter med negativ 'species score' i denne analysen en minkende trend i relativ abundans over tid, mens arter med positiv 'species score' har en økende. Dette må imidlertid undersøkes for hver enkel art, da tolkingen av resultatene ikke alltid er helt rett frem.



**Figur 4.** Diagram over artenes innflytelse på PRC-ordinasjonen. Artene som plasserer seg i endene av akse har størst vekt i analysen. Se teksten for forklaring.

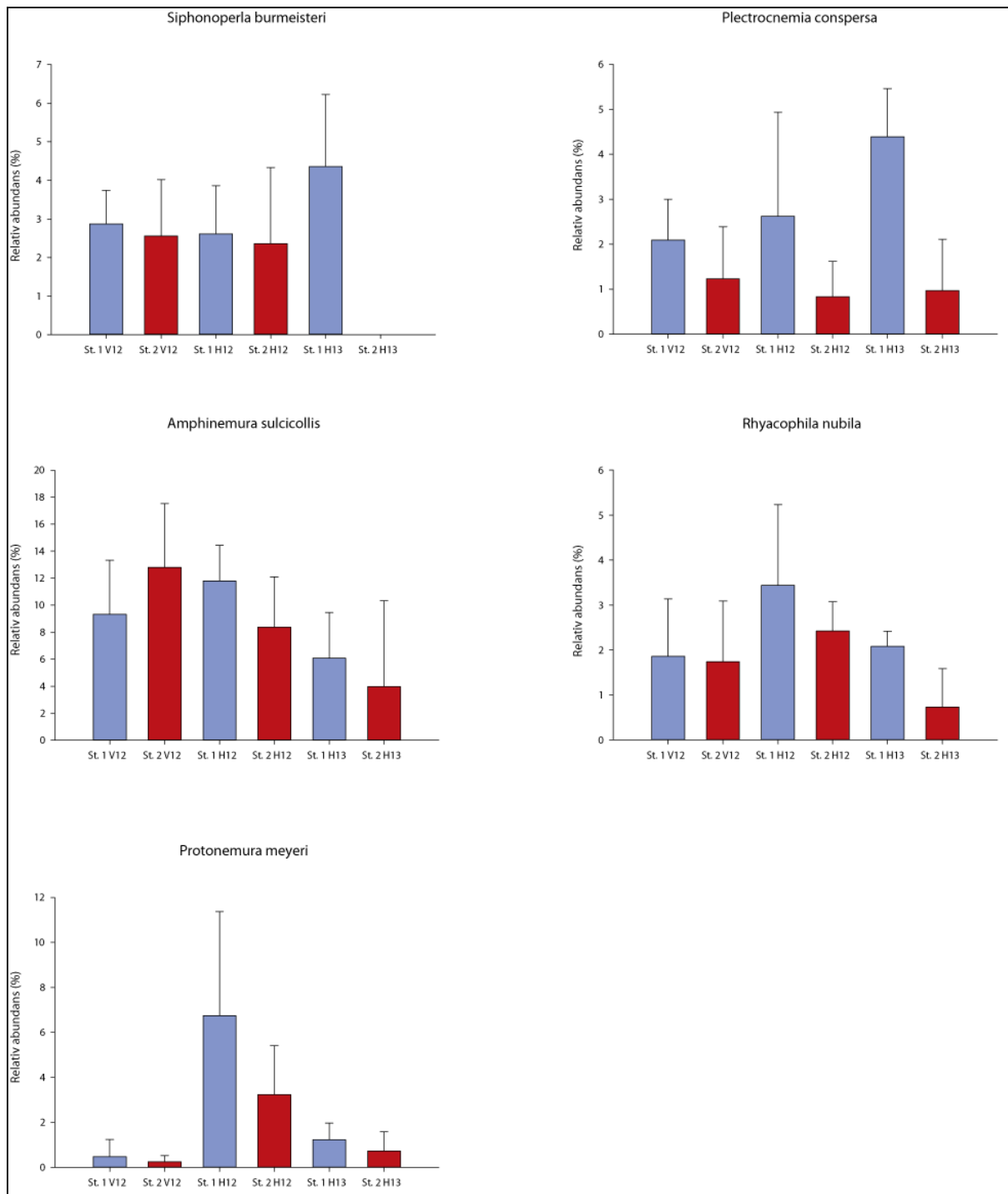
De artene som hadde redusert relativ abundans og 'species scores' < 0,5 (Tabell 1) var steinfluen *Siphonoperla burmeisteri* (SipeBur i fig. 4), vårfluen *Plectrocnemia conspersa* (PlccCon), steinfluen *Amphinemura sulcicollis* (AmpiSul), gruppen sviknottlarver (Ceratopogonidae – CeraInd), vårfluen *Rhyacophila nubila* (RhyaNub), gruppen rundorm (Nematoda – NemaInd), småstankelbein i slekten Dicranota (DicrSp), gruppen midd (Acari), steinfluen *Protonemura meyeri* (ProtMey) og gruppen fjærmygg (ChirInd). Artene / taxaene er listet opp etter minkende betydning i analysen, dvs. de første hadde størst innvirkning. De aktuelle abundans-verdiene på de tre innsamlingstidspunktene er også vist for et utvalg av artene i Figur 5.



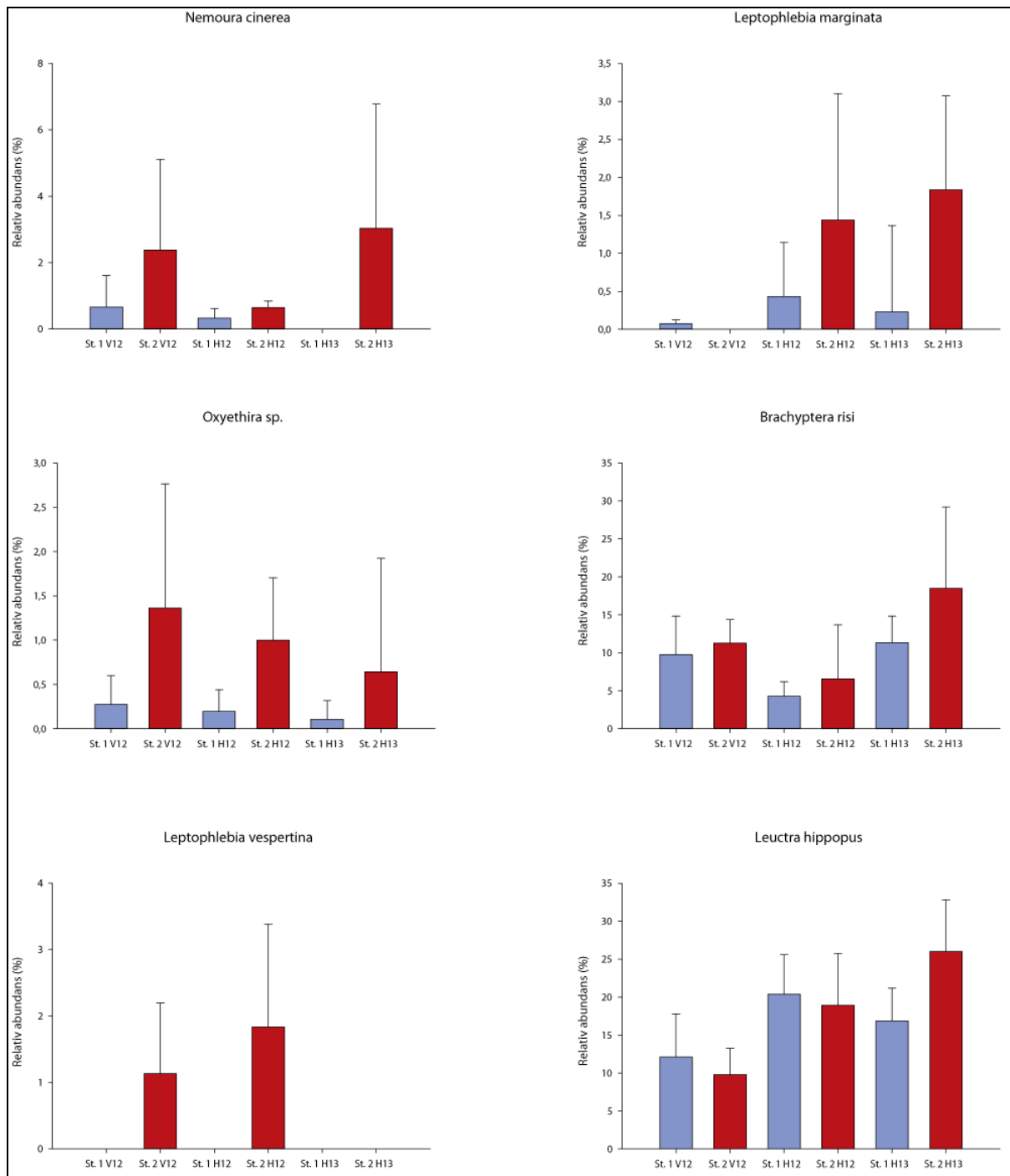
**Tabell 1.** 'Species scores' fra PRC-analysen. Arter / taxa med størst vekt i analysen er merket med gult.

		Resp.1
Nemoura cinerea	Nemo cin	1,9367
Leptophlebia marginata	Lept mar	1,4308
Oxyethira sp.	Oxye sp	0,7731
Brachyptera risi	Brach ri	0,7418
Leptophlebia vespertina	Lept ves	0,633
Leuctra hippopus	Leuc hip	0,6239
Nemurella pictetii	Nemu pic	0,4813
Simuliidae indet.	Simu ind	0,4507
Leuctra nigra	Leuc nig	0,4451
Micropterna lateralis	Micr lat	0,358
Leuctra fusca/digitata	Leuc f/d	0,3103
Polycentropus flavomaculatus	Polc fla	0,2469
Limonidae indet.	Limo ind	0,1902
Empididae indet.	Empi ind	0,1245
Nemoura avicularis	Nemo avi	0,066
Lepidostoma hirtum	Lepi hir	0,0272
Dytiscidae indet.	Dyti ind	-0,0507
Pedicia rivosa	Pedi riv	-0,1294
Potamophylax cingulatus	Pota cin	-0,1915
Isoperla grammatica	Isop gra	-0,1982
Diura nanseni	Diur nan	-0,2435
Baetis rhodani	Baet rho	-0,2695
Oligochaeta indet.	Olig ind	-0,4715
Amphinemura borealis	Ampi bor	-0,4822
Chironomidae indet.	Chir ind	-0,508
Protonemura meyeri	Prot mey	-0,7482
Acari indet.	Acari	-0,8574
Dicranota sp.	Dicr sp	-1,0465
Nematoda indet.	Nema ind	-1,169
Rhyacophila nubila	Rhya nub	-1,2874
Ceratopogonidae indet.	Cera ind	-1,4011
Amphinemura sulcicollis	Ampi sul	-1,6378
Plectrocnemia conspersa	Plcc con	-2,3498
Siphonoperla burmeisteri	Sipe bur	-2,961

De artene som hadde økende relativ abundans og 'species scores' > 0,5 (også listet opp etter minkende betydning i analysen) var: Steinfluen *Nemoura cinerea* (NemoCin), døgnfluen *Leptophlebia marginata* (LeptMar), vårfluer i slekten *Oxyethira* (OxyeSp), steinfluen *Brachyptera risi* (BrachRi), døgnfluen *Leptophlebia vespertina* (LeptVes) og steinfluen *Leuctra hippopus* (LeucHip). Abundansverdiene for artene er også vist i Figur 6.



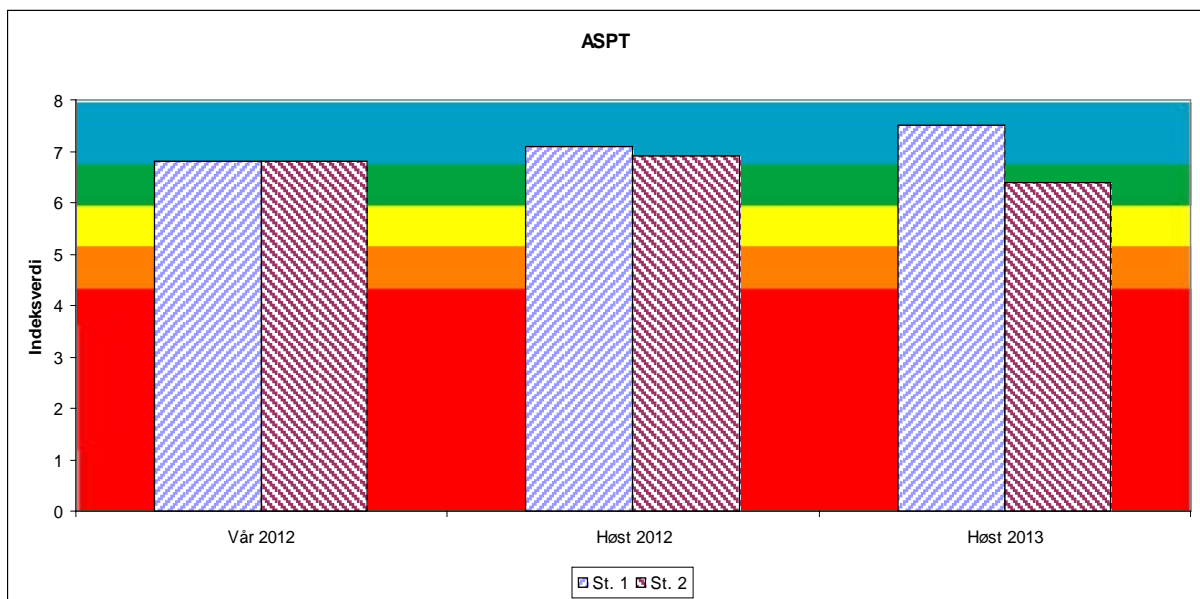
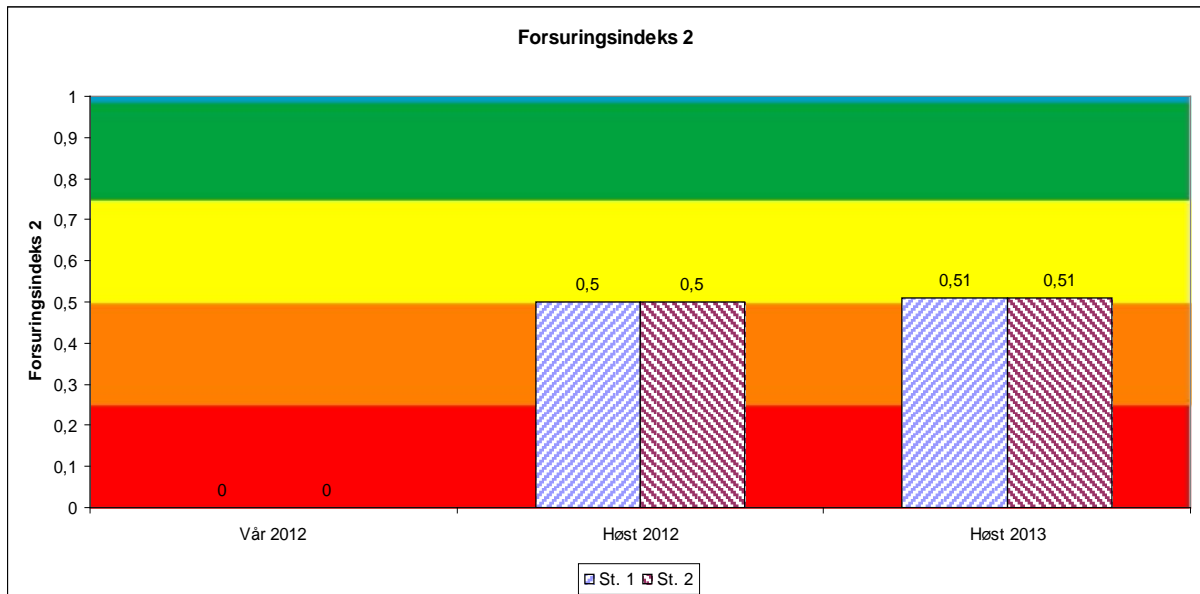
**Figur 5.** Relativ abundans for et utvalg arter med høy vekt og minkende relativ abundans i PRC-analysen. Vær oppmerksom på forskjellig skala på Y-aksen i figurene. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskaråa nedstrøms samløpet med Holtebekken.



**Figur 6.** Relativ abundans for et utvalg arter med høy vekt og økende relativ abundans i PRC-analysen. Vær oppmerksom på forskjellig skala på Y-aksen i figurene. Blå søyler representerer kontroll-lokaliteten oppstrøms Holtebekken, røde søyler Fjellskaråa nedstrøms samløpet med Holtebekken.

Forsuringsindeks 2 og ASPT-indeksen er vist i Figur 7. Fjellskaråa har fremdeles en forsuringskadedet bunnfauna med noen få individer av den sterkt sensitive døgnfluen tilstede om høsten som gjør at indeksen så vidt vipper over 0,5. ASPT-indeksen har heller ikke endret seg nevneverdig i løpet av 2012 og 2013. Der er imidlertid en reduksjon fra svært god tilstand til god tilstand etter flommen høsten 2013.

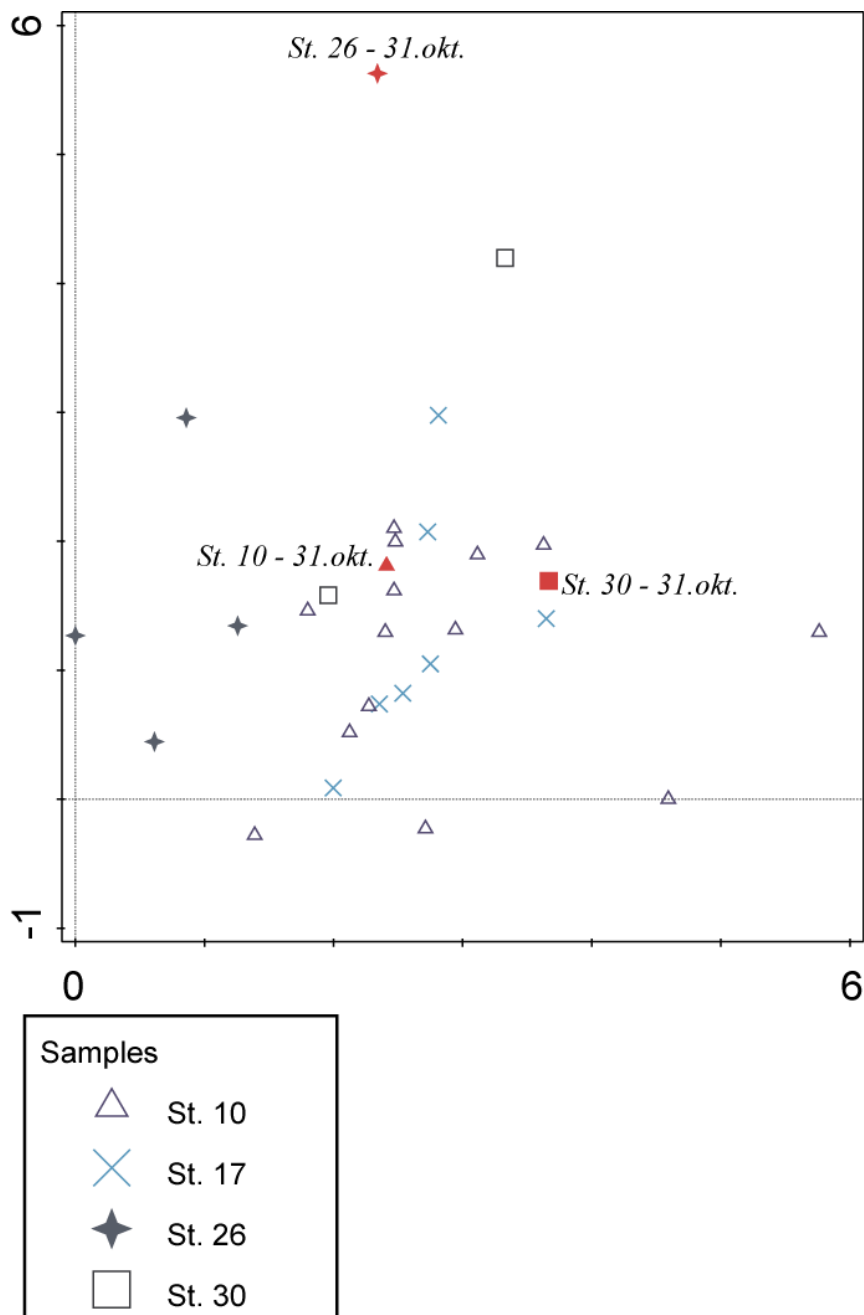




**Figur 7.** Forsuringsindeks 2 og ASPT-indeksen i Fjellskaråa

### Restfeltet i Otra

Figur 8 viser resultatet fra DCA-analysen. Prøven fra St. 10 ved Besteland den 31.10. plasserte seg midt i sammen med de andre prøvene fra lokaliteten og fra de andre lokalitetene i restfeltet. Den eneste prøven som indikerte endret artssammensetning etter slammingen var den fra St. 26 – i hovedstrømmen fra Hekni kraftverk ved Storøyna.



**Figur 8.** DCA diagram med prøvene fra den 31.10.2013 lagt inn som passive variabler. Plasseringen i ordinasjonsdiagrammet er markert med fylte røde symboler.

Tabell 2 viser antallet arter og individer i prøvene på St. 26 den 11.10. og den 31.10.2013.

**Tabell 2.** Antall arter / taxa og individer i prøvene på St. 26 i Otra den 11.10. og den 31.10.2013. \* litt sensitiv for forsurening \*\* moderat sensitiv \*\*\* svært sensitiv

<b>Dato</b>	<b>11.10.2013</b>	<b>31.10.2013</b>
<b>Nematoda</b>	8	3
<b>Gastropoda</b>		
<i>Radix balthica</i> ***	4	8
<b>Oligochaeta</b>	26	23
<b>Crustacea</b>		
<i>Bosmina</i> sp.	8	
Calanoida indet.	3	
Chydoridae indet.	1	6
Cyclopoida indet.	1	2
<b>Acari</b>	3	12
<b>Ephemeroptera</b>		
<i>Baetis rhodani</i> ***		1
<i>Leptophlebia marginata</i>		5
<b>Plecoptera</b>		
<i>Amphinemura borealis</i>		
<i>Amphinemura sulcicollis</i>		1
<i>Brachyptera risi</i>	2	4
<i>Diura nanseni</i> **		2
<i>Leuctra hippopus</i>		1
<i>Leuctra nigra</i>		2
<i>Nemoura</i> sp.		1
<i>Siphonoperla burmeisteri</i>	1	1
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>		5
Plecoptera indet.	1	
<b>Coleoptera</b>		
<i>Hygrotus</i> sp.		1
<b>Trichoptera</b>		
<i>Apatania</i> sp. **	8	4
<i>Lepidostoma hirtum</i> **		5
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	1	
<i>Oxyethira</i> sp.	19	23
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>		1
<i>Potamophylax cingulatus</i>		3
<i>Rhyacophila nubila</i>		1
Limnephilidae indet.		1
Polycentropodidae indet.	1	
<b>Diptera</b>		
Chironomidae indet.	60	107
Simuliidae indet.	3	6
<b>Antall individ</b>	<b>150</b>	<b>229</b>
<b>Antall arter / taxa</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
<b>Forsuringsindeks 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Forsuringsindeks 2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>ASPT</b>	<b>5,8</b>	<b>7,1</b>

## Diskusjon

### Fjellskaråa

Reduksjonen i antall individer i prøvene den 31.10.2013, og også totalt antall arter og antall EPT-arter, viser klart at store deler av bunndyrfaunaen på St. 2 har blitt spylt ut sammen med bunnssubstratet. PRC-analysen viser også at artssamfunnet har blitt endret. Noen arter / taxa har blitt sterkere rammet enn andre, og fått redusert relativ abundans. Dette er spesielt tydelig for steinfluen *Siphonoperla burmeisteri* som ikke ble funnet i noen av prøvene på denne lokaliteten åtte dager etter flommen. PRC-analysen ser imidlertid på utviklingen av artssamfunnet gjennom hele perioden. Vi kan derfor ikke skille eventuelle effekter av oppstart av anleggsarbeidene og tunelldrivingen etterpå, fra effektene av flommen. Plasseringen av St.

2 i PRC-diagrammet (Figur 3) høsten 2012 indikerer at det var liten forskjell mellom St. 2 og kontroll-lokaliteten St. 1 på det tidspunktet. Disse prøvene var imidlertid tatt før selve tunelldrivingen, så en eventuell effekt av steinstøv fra tunelldrivingen har blitt maskert av vanninntrengingen og flommen.

En annen effekt av flommen var at noen arter økte i PRC-analysen. En forklaring på dette er at vi har brukt relativ abundans. Når totalen blir satt til 100 % på hvert tidspunkt, må noen arter øke når andre arter minker. Det at noen arter tilsynelatende øker etter en slik episode kan imidlertid tyde på at disse artene ikke er så sensitive for en flom-episode som de som minker. Ser vi på artene som økte etter flommen virker det imidlertid lite sannsynlig. Både *Leptophlebia marginata* og *L. vespertina* er arter som fortrinnsvis foretrekker stillestående eller sakteflytende vann, og som er vanlige i innsjøer. *Nemoura cinerea* kan også finnes i littoralsonen i innsjøer og vann, og det samme kan også *Leuctra hippopus*, mens *Brachyptera risi* er en art som lever i bekker og elver og som kan tåle høyere vannføring. En mulig forklaring på den relative økningen av *Leptophlebia*-artene og *N. cinerea* kan være at de har blitt spylt ut fra Lisle Myklevatn, men uten kvantitative data er det vanskelig å si noe mer om dette.

ASPT-indeksen har fått en dropp etter flom-episoden, fra 'svært god' til 'god' økologisk tilstand. Dette skyldes at noen taxa har blitt spylt ut. *S. burmeisteri* er en slik art som fører til at indeksen får en høyere verdi når den er tilstede. Forsuringsindeksene viser ingen forandring. Fjellskaråa er fortsatt moderat forsuret, med en lavt antall individer av den svært sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* tilstede om høsten.

### **Restfeltet i Otra**

Slammingen har ikke hatt noen effekt på bunndyrsamfunnet i restfeltet etter flommen. Prøvene som ble tatt åtte dager etter flommen på St. 10 ved Besteland og St. 30 ved Langeid plasserte seg sammen med tidligere prøver i DCA-analysen, og dette viser at bunndyrsamfunnet ikke har endret seg på disse lokalitetene. Det som imidlertid så ut til å ha endret seg etter slammingen var bunndyrfaunaen på St. 26 i hovedløpet av Otra ved Storøyna. Prøven fra 31. oktober plasserte seg langt borte fra de andre prøvene på denne lokaliteten i DCA-diagrammet (Figur 8). Grunnen til at denne prøven var forskjellig fra de tidligere prøvene på lokaliteten, var imidlertid en økning i antallet arter sammenlignet med prøvene fra den 11. oktober (Tabell 3). Vannføringen på lokaliteten var svært lav da prøvene ble tatt den 31. oktober, og prøvene ble tatt langt ute i elva der det ikke er noen mulighet for at den kan tørrelleges under lav vannføring. Under prøvetakingen den 11. oktober, før flomepisoden og slammingen, var vannføringen i elva større, strømmen var striere, og det var vanskeligere å ta prøven. Det var derfor ingen effekt av slamming at artsamfunnet etter flomepisoden var forskjellig fra tidligere innsamlinger, men en effekt av prøvetaking under forskjellig vannføring.

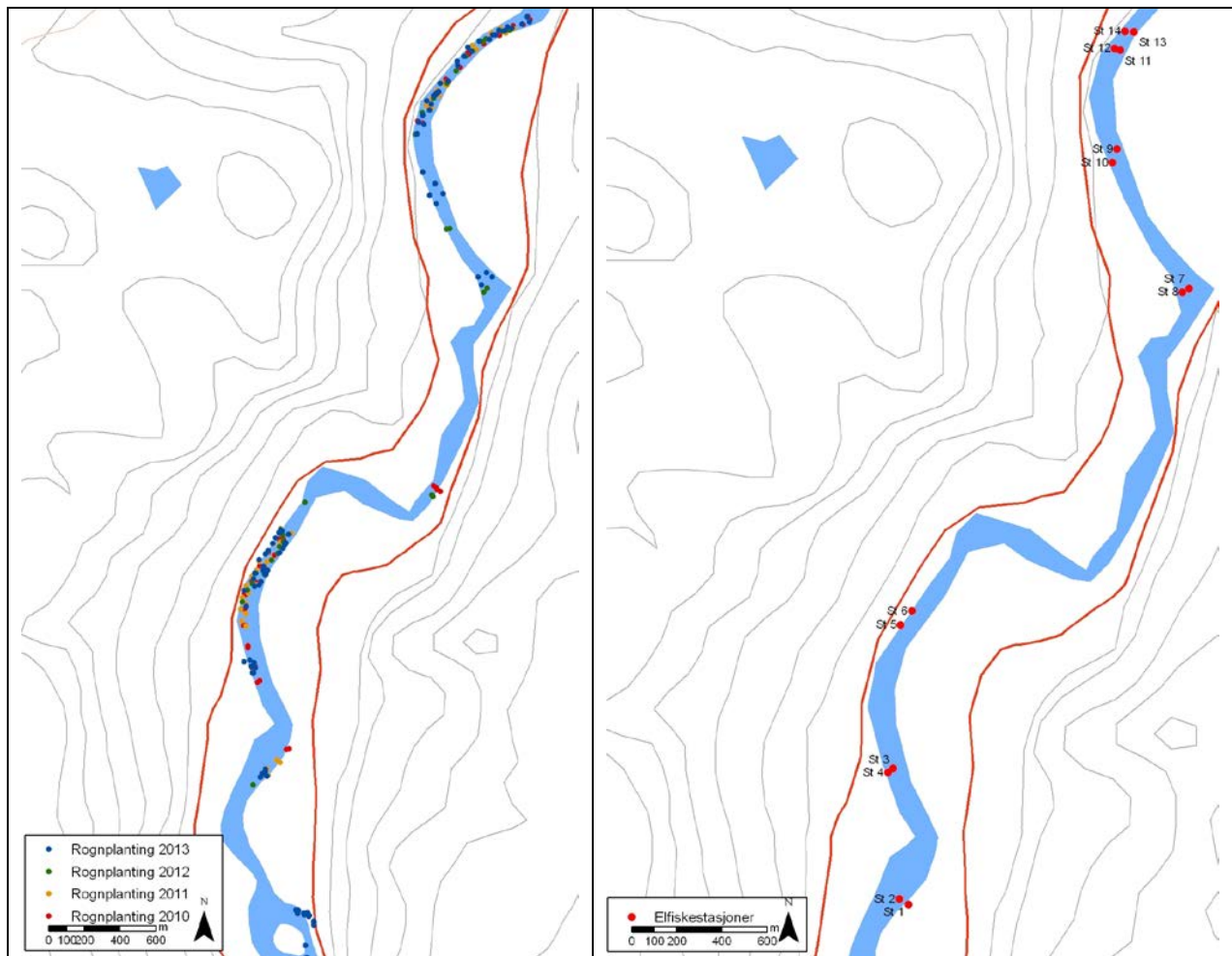
## Fisk

### Bakgrunnsinformasjon rognplanting

For å kompensere for effektene av vassdragsregulering og for å bevare bleka er Otteraaens Brugseierforening pålagt å produsere og sette ut 100 000 sommergammel blekeyngel per år. Utsettingene av yngel har siden 1999 blitt supplert med utlegging av 100 000 øyerogn av bleke. Utplanting av øyerogn blir gjort på steder som er antatt å være egnet for gyting slik at bleke som stammer fra rognplantingen kan søke tilbake til disse stedene for å gyte. I videreføringen av blekeprosjektet i perioden 2010-2015 er mengden øyerogn plantet ut hvert år økt fra 100 000 til 200 000. I perioden 2010-2013 har mye av rognen blitt plantet ut oppstrøms Ose (**Tabell 3**), for å reetablere bleka på disse områdene. Det var gjennomgående normal og høy eggoverlevelse i restfeltet, og den gjennomsnittlige eggoverlevelsen har vært på over 90%. I 2013 ble det plantet mer rogn i restfeltet enn i tidligere år og det ble også lagt ut 26 000 rogn i det nyetablerte "blekeløpet" som ligger nederst i restfeltet.

**Tabell 3.** Antall øyerogn av bleke plantet ut på ulike lokaliteter oppstrøms Byglandsfjord i 2010-2013.

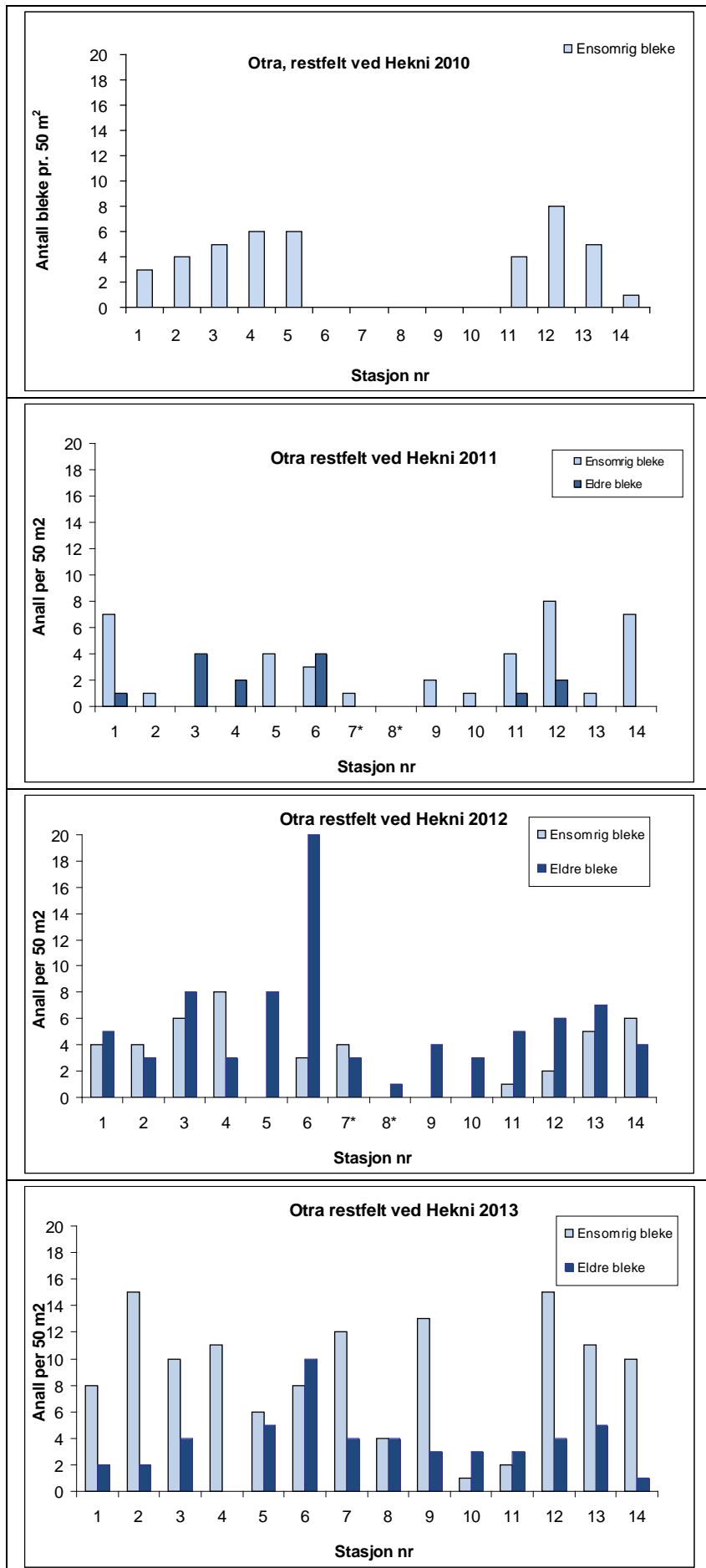
<b>Lokalitet (fra sør):</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Otra fra Ose til utløp fra Hekni	50 000	55 000	41 000	20000
Restfelt ved Hekni	50 000	55 000	60 000	107500
Flåni nedstrøms Hallandsfossen	10 000	7 000	10 000	10 000
<b>Sum utplantet rogn oppstrøms Byglandsfjord:</b>	<b>110000</b>	<b>117 000</b>	<b>111 000</b>	<b>137 500</b>



**Figur 9.** Lokalitetene for rognplanting og elektrisk fiske i restfeltet ved Hekni i 2010-2013.

### Elektrisk fiske

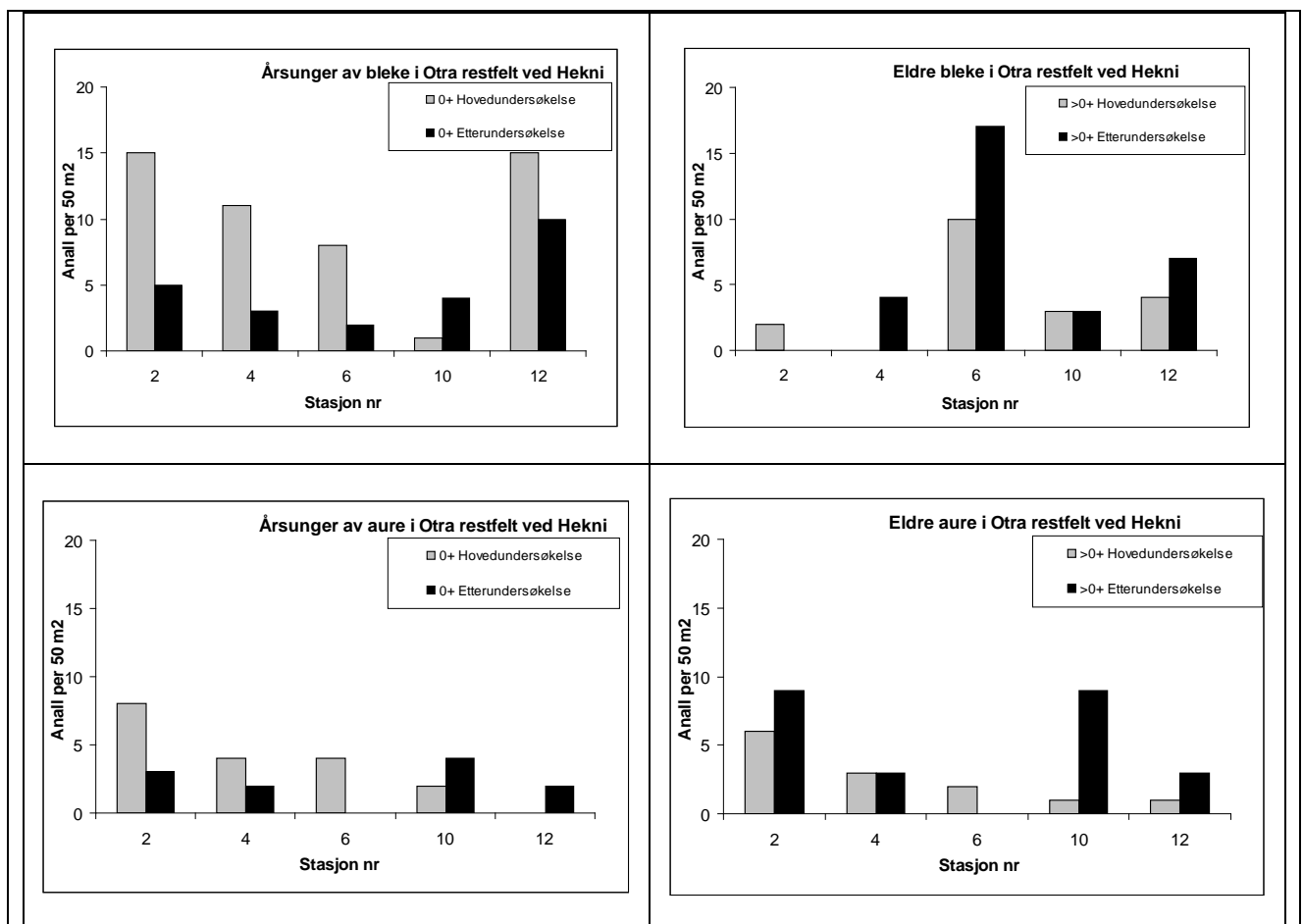
Det elektriske fisket har blitt gjennomført med en gangs overfiske av 14 stasjoner (**Figur 9**) som hver har et areal på 50m<sup>2</sup>. Under det første elektriske fisket i restfeltet ved Hekni ble det funnet ensomrig blekeyngel på 9 av 10 stasjoner hvor det ble plantet ut rogn våren 2010 (det ble ikke plantet ut rogn på stasjonene fra 7 til 10). Tettheten av ensomrig bleke på de 10 stasjonene med rognplanting var i snitt 4,2/50 m<sup>2</sup>. Ved etterfølgende elektrisk fiske høsten 2011, 2012 og 2013 er det påvist både ensomrig og eldre ungfiske av bleke (Figur 10). I oktober 2013 var de gjennomsnittlige tetthetene av årsyngel og eldre bleke på hhv. 9,0 og 3,8 bleker per 50 m<sup>2</sup>. Tettheten av årsunger i 2013 er den høyeste som er registrert i undersøkelsesperioden. Undersøkelsene har vist at ungfiskbestanden av bleke i restfeltet har bygd seg opp som følge av rognplantingen, og at produksjonen av blekesmolt er betydelig på denne strekningen.



**Figur 10.** Tettheter av ungfisk funnet på elektrisk fiske i restfeltet i Otravelt ved Hekni. Fisket ble gjennomført 2.09.2010, 31.08-01.09.2011, 5-6.09.2012 og 9.10.2013.

## Etterundersøkelse 2013

I forbindelse med utvasking av sand og jordmasser via Fjellskaråa 23.10.2013 ble det gjennomført etterundersøkelser av ungfisk i restfeltet ved Hekni (Otra) og i Fjellskaråa for å vurdere mulige effekter av tilslammingen. Det elektriske fisket i Otra ble gjennomført av Nils Børge Kile 25.11.2013 på eller ved et utvalg av de allerede etablerte stasjonene (St. nr: 2,4,6,10,12). Resultatene fra denne undersøkelsen sammen med resultatene fra hovedundersøkelsen er gitt i Figur 10 og Figur 11. Sammenlignet med hovedundersøkelsen ble det funnet en lavere tetthet av årsunger av bleke på de utvalgte stasjonene. Det ble ikke observert tilsvarende endring for eldre bleke og heller ikke årsunger og eldre aure. Det kan ikke fullt ut utelukkes at dette er en effekt av tilslammingen, men dette vurderes som lite sannsynlig ettersom tilsvarende endringer i tettheter ikke gjelder for annen fisk, og fordi årsungene fremdeles er sterkt representert i fangstene. En langt mer sannsynlig forklaring på den observerte reduksjonen av årsunger kan være endringer i forholdene for elektrisk fiske. Ved lave vanntemperaturer kan fangbarheten av fisk, og da spesielt årsunger bli redusert fordi disse kan ha søkt ned i substratet. Siden årsungene er små og har mindre svømmekapasitet enn eldre fisk kan disse bli slått ut av strømmen mens de fremdeles ligger nede i substratet. Det er også mulig at fisket har foregått på litt ulike lokaliteter, noe som også kan ha gitt utslag. En sammenligning av før og etter nedslammingen tilsier at ungfisken i restfeltet har klart seg godt under denne hendelsen.

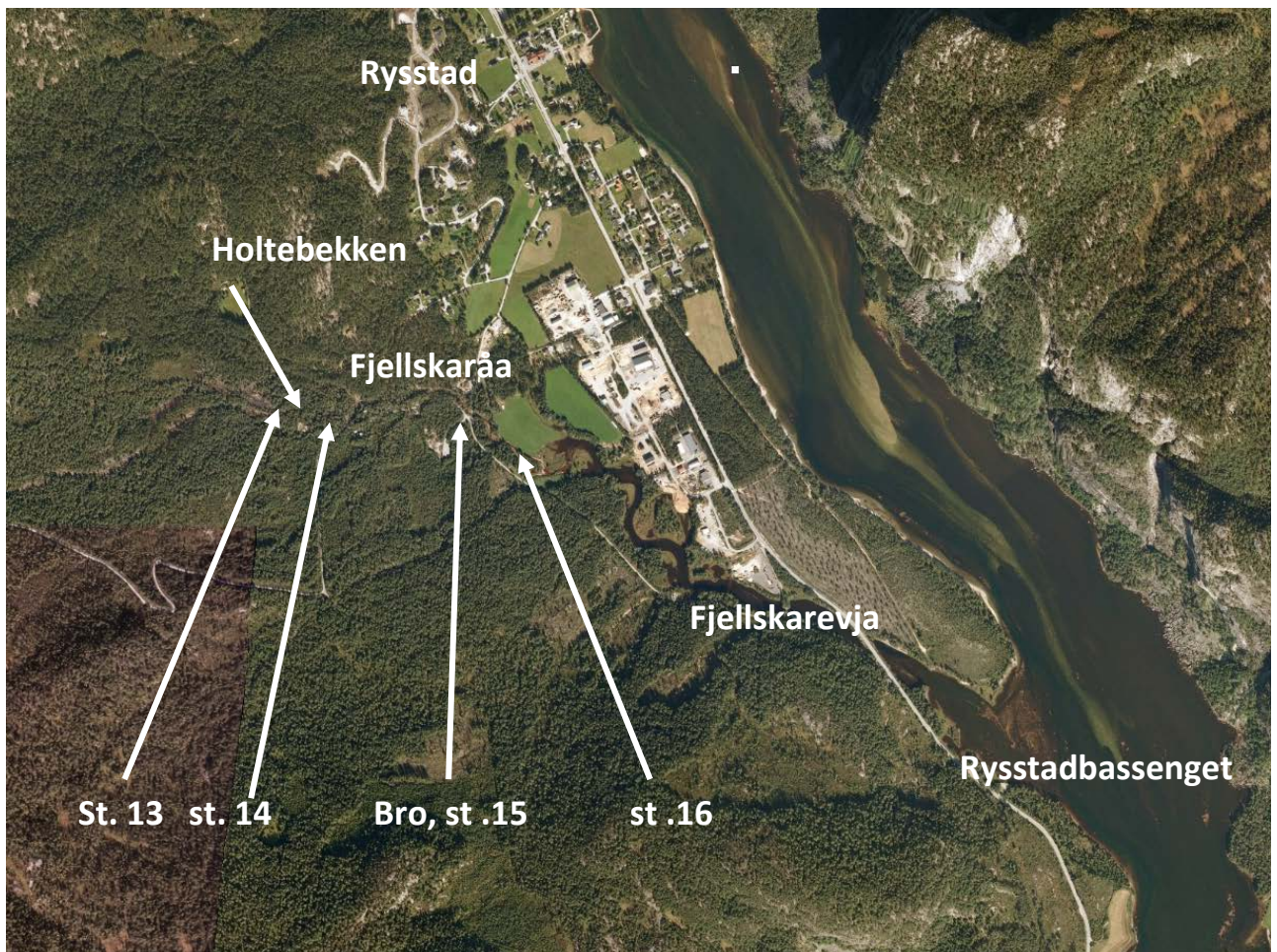


**Figur 11.** Tettheter av laks og aureunger 9.10.2013 og 25.11.2013 på et utvalg av de etablerte stasjonene i restfeltet ved Hekni.



## Ungfiskundersøkelser og sediment i Fjellskaråa

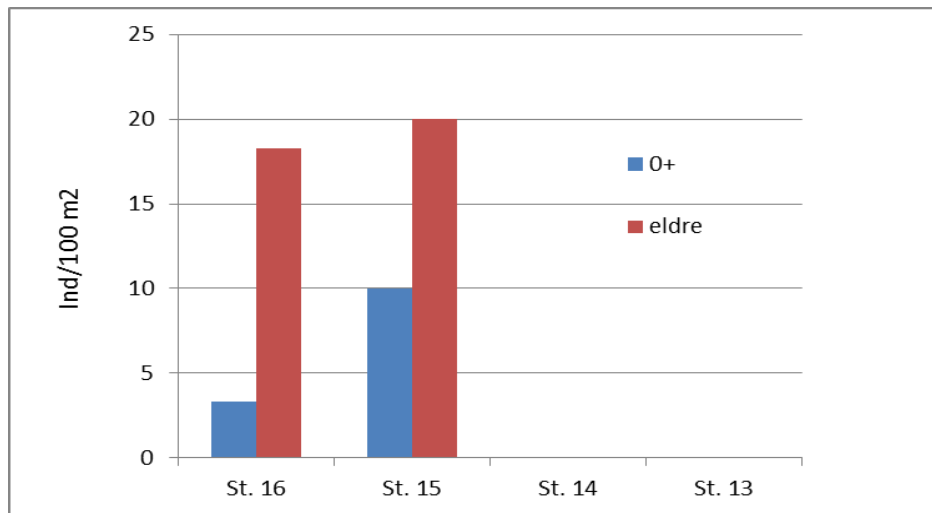
Fjellskaråa er 625 m lang, 1-5 m bred og har en gradient på rundt 0,01 (basert på topografisk kart). Elven munner i Fjellskarevja som er nesten stillestående, 1,5 km lang og 10-30 m bred. Vannstanden i Fjellskarevja er avhengig av vannstanden i Rysstadbassenget og med dette av Tjurrmoen demning. Ut i fra den glatte vannoverflaten i Fjellskarevja må gradienten være nær null. Den 27.11. 2013 ble det gjennomført elektrisk fiske i Fjellskaråa. Dessuten ble sedimentet vurdert visuelt. Målet var å se om det fortsatt fantes fisk etter utslipp av finsediment 23.10., om fiskene var skadet, og om sedimentforholdene tydet på redusert habitatkvalitet. Det ble fisket ovenfor innløpet av Holtebekken (st. 13, referanse upåvirket) som tok med finsedimentene, rett nedenfor munning Holtebekken (st. 14), ved veibroen (St. 15), og nedover i elven mot Fjellskarevja (St. 16) (se figur 12). Selve Fjellskarevja kunne ikke fiskes grunnet isdekke. Også ovenfor i Fjellskaråa var det is, og det må gås ut fra at fangsteffektiviteten var liten på grunn av lave temperaturer. Det ble fisket etter Forseth & Forsgren (2008), med et transekt langs elven og en gangs overfiske. Det ble fisket i alle deler av elven som ikke var islagt. Fiskene ble sjekket visuelt etter ytre skader og skader på gjellene.



**Figur 12.** Ortofoto Utredningsområde 27.11. 2013

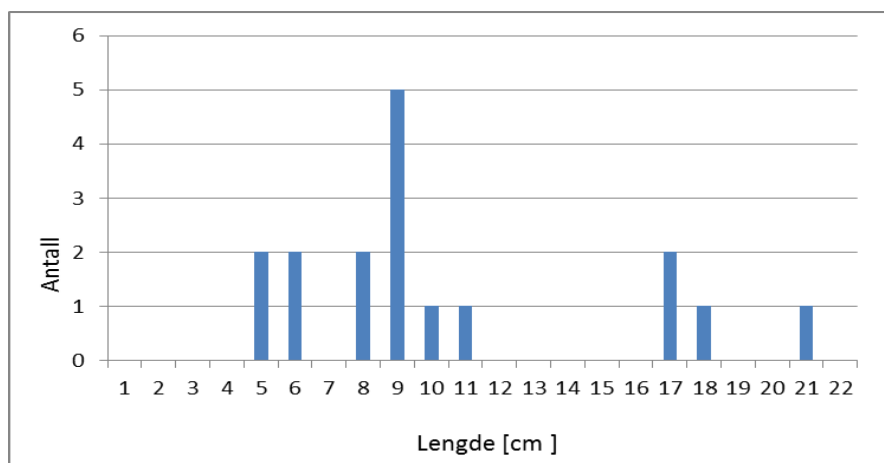
**Tabell 4.** Resultater fra el-fiske 21.11. 2013

St	Areal [m <sup>2</sup> ]	T [°C]	K [μS/cm]	O <sub>2</sub> [%]	Tetthet aure [Ind./100 m <sup>2</sup> ]
13	20	0	9	99	0
14	20	0	12	99	0
15	20	-0,1	9	99	30
16	60	0,6	49	99	22



**Figur 13** Fisketetthet (bare aure) på stasjoner 13-16 i Fjellskaråa november 2013

Det ble fanget 19 aurer i midtre delen av Fjellskaråa (St. 15 og St. 16, se tabell 4 og figur 13). Fiskene var mellom 50 og 210 mm lange. Lengdefordeling i fangsten var som forventet i en liten stikkprøve tatt fra en naturlig upåvirket bestand (se figur 14). Det ble ikke funnet synlige skader på fisken, heller ikke på gjellene (se bilder nedenfor). I øvre delen av elven ble det ikke fanget fisk, verken på stasjon 13 eller 14. Dette henger trolig sammen med at elvebunnen var nesten fullstendig isdekket der og at fisk hadde trukket seg tilbake i nedre deler av elven som var varmere og med mindre is og større vannvolum.



**Figur 14.** Lengdefordeling av totalfangsten 27.11. 2013, n = 19, bare aure.





Fiske på stasjon 15, 27.11.2013



Aure fra Fjellskaråa 27.11. 2013



Det var verken visuelt synlige skader på verken fiskene eller i gjellene



Det ble tatt aure i lengder mellom 50 og 210 mm som tyder på at alle forventete aldersklasser er tilstede

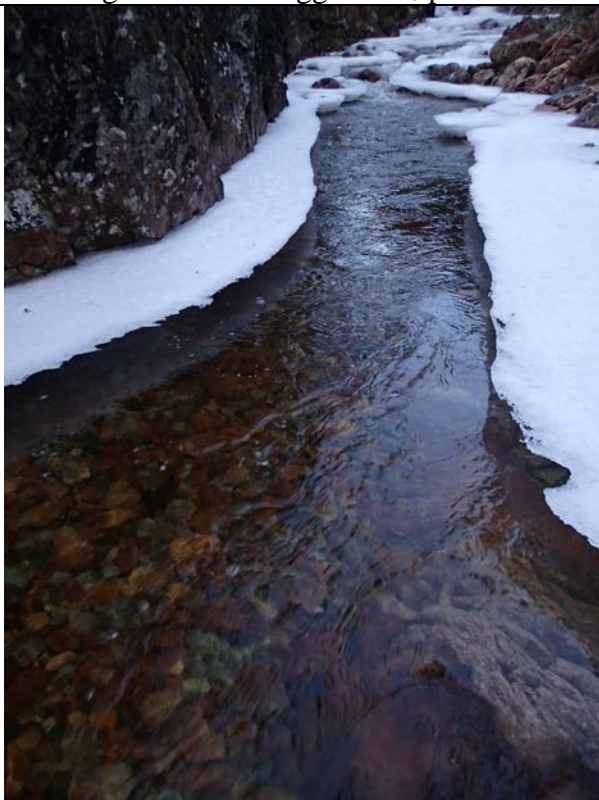
Sedimentet i Fjellskaråa var preget av grove fraksjoner blokker, rullestein og grus (se bilder nedenfor). Det var lite finsediment å finne, verken på sedimentoverflaten eller inn i substratet. Dette gjelder for hele Fjellskaråa ned til Fjellskarevja. Det var ingen visuelt synlige forskjeller ovenfor og nedenfor Holtebekken. I Fjellskarevja var sedimentet preget av finsediment [ $< 1$  mm], særlig sand så vidt det var mulig å identifisere gjennom isen. På elvesletten ved munning av Fjellskaråa i Fjellskarevja var det et lag med finsediment dominert av sand. Dette laget må ha kommet etter vegetasjonsperioden i 2013, siden årets gress er dekket til. Laget varierte mellom ca. 1 og 15 cm tykkelse. Ved munning av Fjellskarevja i Rysstadbassenget var det finsedimentbunn, og det forventes ut fra elvegradienten (nær null) at hele Fjellskarevja er preget av finsedimenter.



Munning av Holtebekken (høyre) øverst i Fjellskaråa. Ovenfor er det flere vandringsbarrierer i begge elveløp



Sediment (grus og blokker) rett nedenfor Holtebekken



Fjellskaråa ca. 200 m nedefor innløp Holtebekken

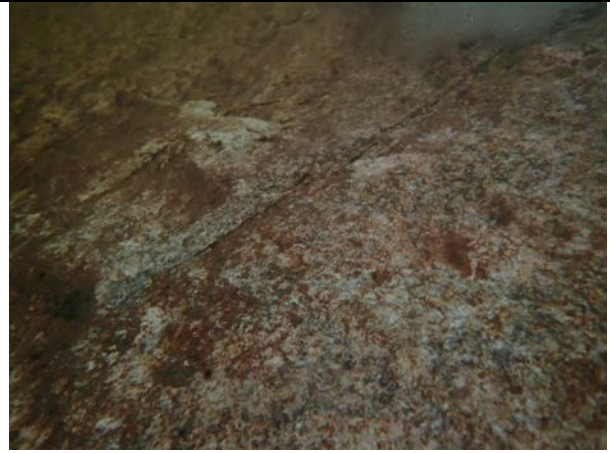


Sediment (grus) og sparkeprøve ca. 200 m ndf Holtebekken





Fjellskaråa ved broen (st. 15)



Sediment ved broen (blokk/fjell)



Fjellskaråa nedenfor broen med mindre is



Sediment nedenfor broen (rullestein, grus, fingrus)



Munning av Fjellskaråa i Fjellskarevja



Sediment i Fjellskarevja besto mest av sand (under isen)



I elvesletten ved innløp i Fjellskarevja var det mye finsedimentavsetninger (1-15 cm) å finne på land



Fjellskarevja nedenfor



Munning av Fjellskarevja i Rysstadbassenget



Sediment i munningen (finsediment)

### Vurdering

Fiskefangsten var større enn forventet under de ugunstige fiskeforholdene, med så lave temperaturer og mye is i elven. Det er sannsynlig at mange fisk befant seg i substratet, eller på dypere vann i Fjellskarevja eller Rysstadbassenget for å unngå is og for å overvintre. At det likevel ble tatt så mange fisk i midtre deler av elven viser at fisk har overlevd hendelsene etter den 23.10.2013. Fisken ytre morfologi tyder ikke på skader. Øverst i Fjellskaråa ble det ikke fanget fisk, verken på den upåvirkete strekningen ovenfor Holtebekken eller på den berørte strekningen nedenfor. Dette kan forklares med at det var svært lite vann og mye is der, det var slett ikke noen plass for fisk. I Fjellskarevja kunne det ikke fiskes på grunn av is, men på grunn av stort vandyp hadde heller ikke elfiske vært en egnet fiskemetode. Sedimentet i Fjellskaråa virker lite eller ikke påvirket av hendelsene den 23.10. 2013. Ca. en måned etterpå var det ikke noen visuelt påfallende akkumulasjon av finsediment, verken på eller i substratet. Dette er ikke noe underlig siden elven har høy gradient (0,01), har et dynamisk sediment, og er verken forbygget eller oppstuet. Finsediment blir spylt gjennom, og avsetninger i substratet renses ved flom. I Fjellskarevja og på elvesletten rundt finnes det spor etter ferske avsetninger av finsediement. Ut i fra gradienten må det forventes at bunnen var preget av finsediment fra før.

Ut i fra et fiskebiologisk perspektiv virker det ikke som om utslippet av finsedeiment har skadet fiskebestanden i Fjellskaråa. Både substratforholdene og prøvefisket tyder på forhold



som forventet ved upåvirket tilstand. Fisk vil kunne gyte, egg vil kunne overleve, og ungfisk finner skjul.

### **Dykking i restfeltet av Otra**

Under prøvetakingen av bunndyr den 31.10.2013 ble det også dykket i restfeltet ved Hekni, fra ca. 100 med oppstrøms det nye blekeløpet til ca. 100 meter nedstrøms blekeløpet. Dette ble gjort for å observere en mulig tilslamming av elvebunnen. Grusen i blekeløpet ble lagt ut høsten 2012, og skal derfor ikke være kompakt og dekket med slam. Under dykkingen ble det observert noe slam på toppen av grusen, og ca. 5 cm ned i grusen. Lengre ned i grusen var det ikke tilført nytt slam. Grusen var ikke kompakt, og slammet på toppen lot seg lett fjerne. Under dykkingen ble det også observert fiskeyngel oppstrøms det nye blekeløpet, og gyteklar bleke i blekeløpet. Man kan forvente at slammet vil vaskes ut i løpet av kort tid, og at slammingsepisoden derfor har hatt en begrenset effekt på gytesubstratet.

## Konklusjon

- Antallet bunndyr i Fjellskaråa nedstrøms Holtebekken ble kraftig redusert som følge av vanninntrengingen og den medfølgende flommen
- Artssamfunnet endret seg signifikant. Noen arter / taxa ble kraftigere redusert enn andre
- Flomepisoder med påfølgende endringer i bunndyrsamfunnet er normale. Videre undersøkelser vil indikere om det er langtidseffekter av denne episoden
- Det ble ikke observert noen endringer i bunndyrsamfunnet i restfeltet i Otra etter tilslammingen
- Flommen i Fjellskaråa ser ikke ut til å ha hatt noen effekt på auren i bekken. Det ble heller ikke observert noen endringer på fisken i restfeltet etter slameepisoden

## Referanser

- Forseth, T. & Forsgren, E. 2008. El-fiskemetodikk – Gamle problemer og nye utfordringer. NINA-rapport 488, 74 s.
- ter Braak, C.J.F. & Smilauer P. 2012. Canoco reference manual and user's guide: software for ordination (version 5.0). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 496 pp.
- van den Brink, P.J. & ter Braak, C.J.F., 1997. Ordination of responses to toxic stress in experimental ecosystems. *Toxicology and Ecotoxicology News*, 4: 174-178.
- van den Brink, P.J. & ter Braak, C.J.F., 1998. Multivariate analysis of stress in experimental ecosystems by Principle Response Curves and similarity analysis. *Aquatic Ecology*, 32: 163-178.
- van den Brink, P.J. & ter Braak, C.J.F., 1999. Principle Response Curves: Analysis of time-dependent multivariate responses of a biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18: 138-148.



## Vedlegg 10

### Notat

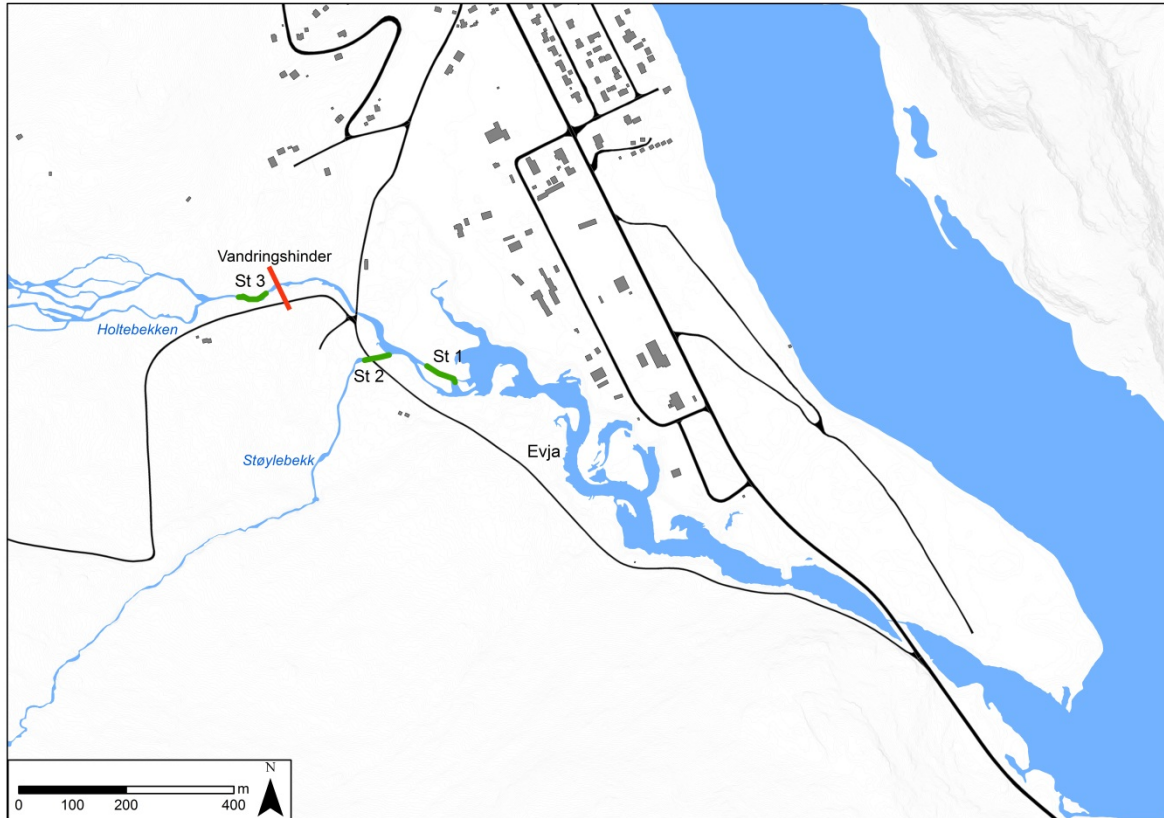
#### Undersøkelse av aurebestanden i Holtebekken etter utspylingen 2014

Tore Wiers, Eirik Straume Normann og Bjørn T. Barlaup

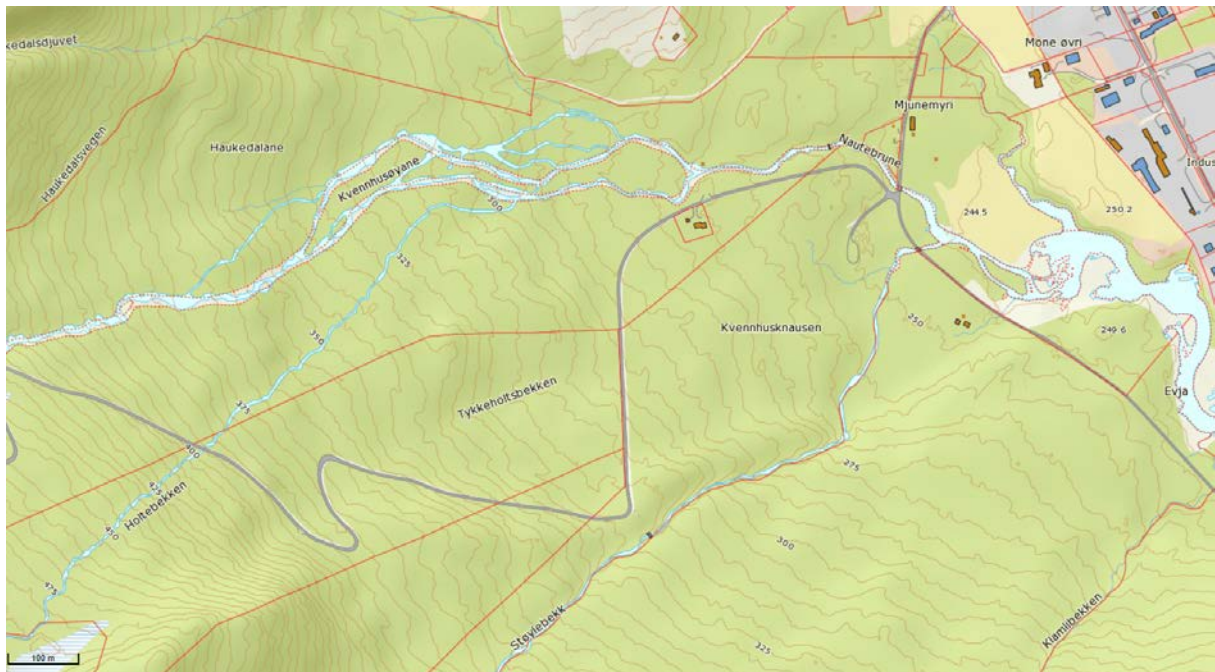
Bergen, 20.02.2015

Under vanninnbruddet på tunellen til Brokke Sør prosjektet ble Holtebekken oversvømt. Uni Research Miljø undersøkte effektene på aurebestanden av utspylingen 17.09.2014. Først ble selve Holtebekken undersøkt fra oppstrøms tunellen til ned til utløpet i Fjellskarå (**Figur 2**). Videre ble også Fjellskarå undersøkt ved EL-fiske i området nedstrøms innløpet fra Holtebekken ned til Fjellskarevja. Fra oppstrøms kraftverkstunellen er Holtebekken svært bratt (**Figur 3**). Den renner i fosser og stryk gjennom skog til den munner ut i Fjellskarå oppstrøms Nautebrune. Fjellskarå er etter innløpet fra Holtebekken bratt, men med noen høler mellom fosser og stryk før den går over til glattstrøm med små høler og renner så ut i Fjellskarevja som fortsetter til Otra. Vandringshinder for fisk fra Otra ble vurdert til å være en foss 150 meter oppstrøms Nautebrune og de viktigste gyte- og oppvekstområdene for auren ligger helt klart på strekningen nedstrøms denne fossen. Oppstrøms vurdert vandringshinder gav Fjellskarå og Holtebekken tydelig inntrykk av å ha blitt utsatt for en uvanlig stor flom. Mye stein og løsmasser lå i skogen langt til siden for bekkeløpet. Mens undersøkelsen ble gjennomført var anleggsarbeid i gang for å rydde opp etter flommen. Steinmasser som var blitt spylt utover i skogen ble fjernet eller dekket med jord.

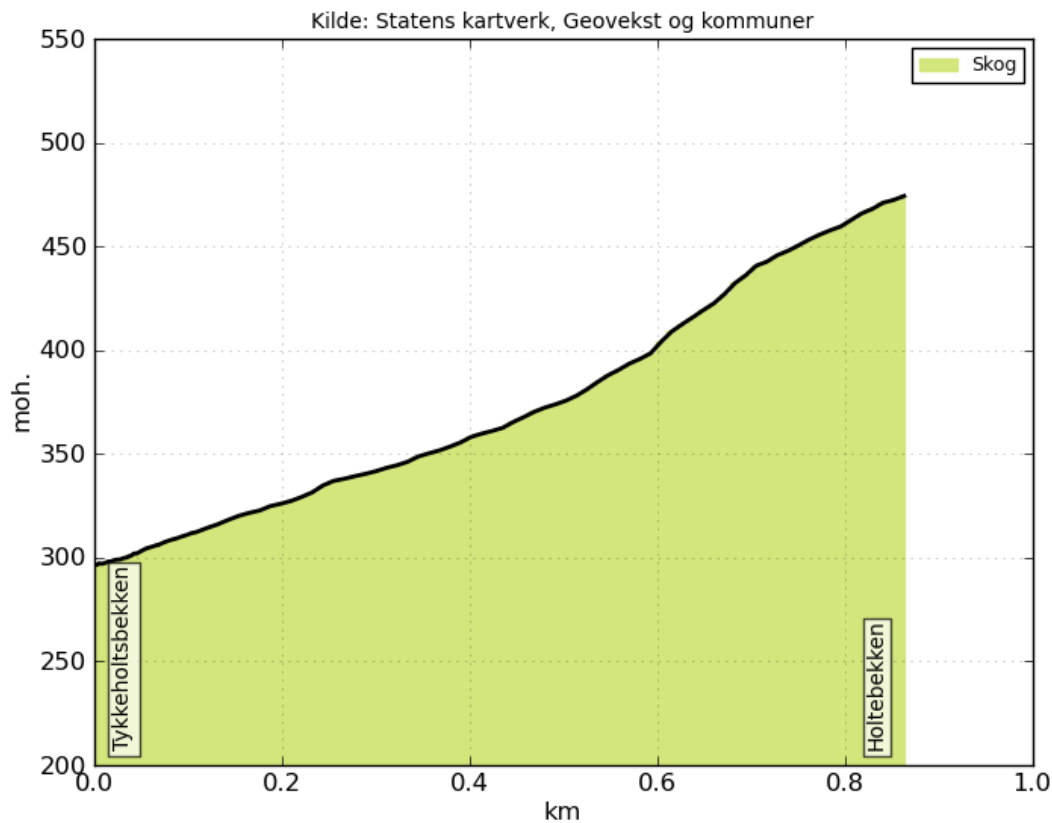
For å vurdere tilstanden til aurebestanden ble det benyttet elektrisk fiske. På grunn av Holtebekkens bratthet og raske vanntransport ble ikke elektrisk fiske vurdert her. Holtebekken ble vurdert å ikke ha en egen fiskebestand. Tre stasjoner i Fjellskarå og Støylebekk med ulikt areal tilpasset bekkeløpet ble fisket (**Figur 1**). På stasjon 1 i Fjellskarå nedstrøms veibrua ble det fisket 70 m<sup>2</sup>. Stasjonen var i et rolig stryk og en liten, grunn høl. Det ble fanget 2 ensomrig aure og 18 eldre aurer fra 10-18 cm som var både gytefisk og umoden ungfisk. Stasjon 2 var i utløpet av Støylebekk. Der ble det fisket 40 m<sup>2</sup> og fanget 3 ensomrig aure samt 6 gytefisk fra 13-20 cm. De observerte tettheten på stasjon 1 og 2 ble vurdert som normale for denne type bekk habitat. På stasjon 3 oppstrøms vandringshinderet i Fjellskarå ble det fisket 40 m<sup>2</sup>. Det ble ikke fanget eller sett fisk her.



Figur 1: Kartet over stasjonene som ble fisket og hvordan Fjellskarevja renner ut i Otra. Utspylingen var om lag 500 meter lengre vest ved Holtebekk.



Figur 2: Kart over Holtebekken som går fra nedre venstre bildekant til den renner ut i Fjellskarå ca 500 meter oppstrøms Nautebrune. Den nye tunnelen er ikke inntegnet på kartet. Kilde: Statens kartverk.



Figur 3: Høydekurve for Holtebekk fra utløpet i Fjellskaråna til kote 475. Kilde: Statens kartverk.

## Mulige effekter på aurebestanden

Fra tunellen der utspylingen skjedde og ned til utløpet i Fjellskarå er Holtebekken et sammenhengende fossestryk. EL-fiskestasjon 3 ble valgt ut for å representere et parti som var i nærheten av Holtebekken og nedstrøms utspylingen. Med fisk til stede i Holtebekken ville dette være en stasjon hvor en kunne forvente å finne aure. En kan imidlertid ikke si med sikkerhet at det har vært fisk i denne delen av bekken før utspylingen siden stasjonen ligger ovenfor hva som ble vurdert som et vandringshinder ved normal vannføring. På grunn av gravearbeidet i bekken rett nedstrøms tunellen var sikten i bekken under fisket svært dårlig (<50 cm). Likevel ville mest sannsynlig aure blitt påvist om den hadde vært til stede på stasjon 3.

Vår samlede vurdering blir med grunnlag i befaring og elektrisk fiske at Holtebekken ikke har hatt en egen aurebestand i området fra tunellen til Fjellskarå. Aurebestanden i Fjellskarå ser ikke ut til å ha blitt påvirket i betydelig grad av vanninnbruddet. I et mer langsiktig perspektiv kan en likevel ikke utelukke at vanninnbruddet i kombinasjon med gravearbeid under opprydning og senere flommer kan gi økt massetransport og dermed økt sedimentering som igjen kan forringe gyte- og oppvekstareal for auren i Fjellskarå. Ved befaringen ble imidlertid et slikt utfall ikke vurdert som særlig sannsynlig.