



**LABORATORIUM FOR FERSKVANNSØKOLOGI  
OG INNLANDSFISKE. UNIVERSITETET I BERGEN**  
Rapport nr. 121

---

# **Effektene av Myster kraftverk på bestandene av laks og sjøaure i Ekso**

**- med en gjennomgang av aktuelle avbøtende tiltak**



av

**Bjørn T. Barlaup, Vilhelm Bjerknes, Sven Erik Gabrielsen,  
Gunnar Raddum og Helge Skoglund**

---

**Etter oppdrag fra BKK**  
**Bergen, april 2003**



LABORATORIUM FOR FERSKVANNSØKOLOGI OG INNLANDSFISKE (LFI)  
ZOOLOGISK INSTITUTT  
UNIVERSITETET I BERGEN  
ALLEGT. 41  
5007 BERGEN

TELEFON: 55 582236  
TELEFAKS: 55 589674

ISSN NR:  
ISSN-0801-9576

LFI-RAPPORT NR:  
121

RAPPORT-TITTEL:  
Effektene av Myster kraftverk på bestandene av laks og sjøaure i Ekso - med en gjennomgang av aktuelle avbøtende tiltak

DATO:  
25.03.2003

FORFATTERE:  
Bjørn T. Barlaup<sup>1</sup>, Vilhelm Bjerknes<sup>2</sup>, Sven Erik Gabrielsen<sup>1</sup>, Gunnar Raddum<sup>1</sup> og Helge Skoglund<sup>1</sup>

GEOGRAFISK OMRÅDE:  
Hordaland

<sup>1</sup> LFI, Zool.Inst., Universitetet i Bergen  
<sup>2</sup> NIVA, Vestlandsavdelingen

OPPDRAGSGIVER:  
BKK

ANTALL SIDER: 61

FORSIDEFOTO: Parti av Ekso nedstrøms utløpet fra Myster kraftverk.  
Fotografert av Torbjørn Kirkhorn.

EMNEORD:  
Regulert elv  
Laks  
Sjøaure

SUBJECT ITEMS:  
Regulated river  
Atlantic salmon  
Anadromous brown trout

# Forord

I brev fra NVE (datert 07.08.2001) ble BKK i henhold til konsesjonsvilkårene pålagt en revisjon av vannslippbestemmelsene for Myster-reguleringen i Eksingedalsvassdraget. Foreliggende rapport skal danne grunnlaget for den videre vurderingen av vannslippbestemmelsene for kraftverket. Rapporten er basert på en sammenstilling av kunnskap om hvordan laks- og sjøaurebestandene i Ekso har blitt påvirket av Myster-reguleringen som ble satt i drift i 1987. I tillegg er det i rapporten utarbeidet forslag til aktuelle tiltak for å redusere skadevirkningene av reguleringen på fiskebestandene.

Arbeidet har vært utført som et samarbeid mellom LFI og NIVA, Vestlandsavdelingen, hvor NIVA har hatt ansvaret for vurderingen av de vannkjemiske forhold. I tillegg har BKK Rådgiving AS, ved Sigve Næss og Torbjørn Kirkhorn, bidratt med bearbeidelse av en omfattende mengde hydrologiske data mm. for bl.a. å belyse effekten av reguleringen på vannføringsforholdene. Naturoppdrag v/Tore Wiers har bidratt både med feltarbeid og med verdifull lokalkunnskap om vassdraget. VESO v/Håvard Lo har stilt til rådighet materiale fra stamfiske. I tillegg er rapporten basert på diskusjoner og innspill fra en faglig arbeidsgruppe bestående av representanter fra BKK, Direktoratet for naturforvaltning, Fylkesmannens miljøvernavdeling, Vaksdal kommune og grunneiere.

Vi takker alle for et godt og konstruktivt samarbeid.

Bjørn T. Barlaup

Bergen 25.03.2003

# Innhold

<b>1. SAMMENDRAG</b> .....	<b>5</b>
<b>2. INNLEDNING</b> .....	<b>8</b>
2.1 BAKGRUNN OG HENSIKT .....	8
2.2 OMRÅDEBESKRIVELSE .....	8
2.2.1 Evanger-reguleringen .....	8
2.2.2 Myster-reguleringen .....	8
2.2.3 Vannslippbestemmelsene for Myster kraftverk.....	11
<b>3. MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>11</b>
3.1 HYDROLOGISKE DATA .....	11
3.2 FISKEBIOLOGISKE DATA .....	13
<b>4. BESTANDENE AV LAKS OG SJØAURE I EKSO</b> .....	<b>15</b>
4.1 ANTATT PRODUKSJONSPOTENSIALE FOR FISKEBESTANDENE FØR REGULERINGENE .....	15
4.2 FANGSTSTATISTIKK OG BESTANDSUTVIKLING .....	15
4.3 UNDERSØKELSER AV UNGFISKEBESTANDENE I PERIODEN 1995-2002.....	16
4.4 UNDERSØKELSER AV GYTEBESTANDEN I PERIODEN 1994-2002 .....	20
4.5 LOKALISERING AV VIKTIGE GYTEOMRÅDER .....	21
<b>5. SKADEVIRKNINGER AV REDUSERT VANNFØRING</b> .....	<b>23</b>
5.1 EFFEKTER PÅ VANNDEKT AREAL, OPPVEKSTOMRÅDER OG UNGFISKPRODUKSJON .....	23
5.2 EFFEKTER PÅ GYTEOMRÅDENE TIL LAKS OG SJØAURE .....	27
<b>6. KJØRING AV MYSTER KRAFTVERK</b> .....	<b>28</b>
6.1 STRANDING AV FISK NEDSTRØMS MYSTER KRAFTVERK .....	28
6.2 EFFEKTER PÅ SMOLTUTGANGEN .....	34
<b>7. EFFEKTER AV REGULERINGEN PÅ VANNKVALITETEN - FORSURING OG KALKING</b> .....	<b>37</b>
7.1 BAKGRUNN.....	37
7.2 MINSTEVANNFØRING.....	38
7.3 HYDROLOGISK OG VANNKJEMISK MODELLERING .....	41
7.4 LAKSEBESTANDEN I EKSO I ET TÅLEGRENSESPERSPEKTIV .....	46
<b>8. VURDERING AV EKSISTERENDE AVBØTENDE TILTAK</b> .....	<b>50</b>
8.1 MINSTEVANNFØRING.....	50
8.2 BIOTOPJUSTERINGER – TERSKLER.....	50
8.3 ROGNPLANTING SOM ALTERNATIV KULTIVERINGSMETODE .....	50
<b>9. VURDERING AV NYE AVBØTENDE TILTAK</b> .....	<b>53</b>
9.1 TILTAK FOR Å MOTVIRKE SKADEVIRKNINGENE AV REDUSERT VANNFØRING .....	53
9.2 TILTAK FOR Å MOTVIRKE SKADEVIRKNINGENE NEDSTRØMS MYSTER KRAFTVERK .....	54
9.3 TILTAK FOR Å BEDRE VANNKVALITETEN .....	54
9.4 KULTIVERINGSTILTAK I FORM AV ROGNPLANTING .....	55
9.5 BYGGING AV LAKSETRAPP I RAUDFOSSEN .....	55
<b>10. KONKLUSJONER</b> .....	<b>57</b>
<b>11. REFERANSER</b> .....	<b>59</b>

# 1. Sammendrag

Bakgrunnen for rapporten er en revisjon av vannslippsbestemmelsene gitt i konsesjonen for Myster kraftverk i 1983. Myster kraftverk kom i drift i 1987 og førte til hydrologiske og vannkjemiske endringer i vassdraget. Målsettingen for rapporten er å redegjøre for disse endringene og hvordan de påvirker bestandene av laks og sjøaure. I tillegg har rapporten som mål å vurdere eksisterende og nye avbøtende tiltak i forhold til påpekte skadevirkninger på fiskebestandene.

Den lakseførende strekningen i Ekso er på om lag 3,4 km. Laksen i Ekso er kjent for å være en typisk storlaksstamme og laksefiske i elven var tidligere svært attraktivt. Etter en dramatisk nedgang i laksebestanden på slutten av 1980-tallet ble laksen fredet fra og med 1991. Mindre er kjent om sjøauren i vassdraget, men det er rimelig å anta at også sjøauren har vært viktig for fisket i vassdraget.

Skadevirkningene Mystre kraftverk har hatt på laks- og sjøaurebestandene er i hovedsak knyttet til redusert vannføring, brå endringer i vannstand nedstrøms utløpet fra kraftverket, og en vesentlig forringing av vannkvaliteten.

## **Redusert vannføring**

Som følge av Myster-reguleringen ble middelvannføringen målt på den lakseførende strekning oppstrøms utløpet av kraftverket redusert med om lag 68% fra 20,3 m<sup>3</sup>/s. til 6,4 m<sup>3</sup>/s. Med denne reduksjonen i vannføring fulgte også en reduksjon i vanddekt areal og dermed tap av tilgjengelig gyte- og oppvekstareal for laks og aure. Den markerte nedgangen i middelvannføringen tilsier at reguleringen har hatt en betydelig negativ virkning på fiskeproduksjonen. I konsesjonsvilkårene er det beskrevet at det skal slippes en minstevannføring fra Nesvatnet til Ekso tilsvarende hele vannføringen til Nesvatnet inntil 2 m<sup>3</sup>/s i tiden 15.05 – 15.10, og hele vannføringen inntil 1,0 m<sup>3</sup>/s i tiden 16.10 – 14.05, målt ved Langhølen ved Høvik. Undersøkelsene viser at det i perioder ikke lar seg gjøre å oppfylle den ønskede minstevannføringen grunnet lite tilsig til Nesvatnet. Slike episoder kan oppstå både sommer og vinter og forekomsten vil variere fra år til år i henhold til mellomårsvariasjon i tilsiget til Nesvatn. Slike episoder vil føre til tørrelegging av store areal og forsterker skadevirkningene av en generelt lav vannføring.

Økt minstevannføringen er et aktuelt avbøtende tiltak som vil styrke fiskebestandene ved å redusere de nevnte skadevirkningene. Det er imidlertid ikke foretatt målinger som viser sammenhengen mellom vannføring og vanddekt areal for den lakseførende strekningen i Ekso. Slike målinger vil gi et bedre grunnlag for å vurdere hvor og hvordan økt minstevannføring vil påvirke fiskeproduksjonen.

En økning av målet for minstevannføringen vil ikke kunne forhindre at det oppstår episoder med svært lav vannføring forårsaket av lavt tilsig til Nesvatnet. Det er imidlertid mulig at forekomsten og varigheten av slike episoder kan reduseres ved at Myster kraftverk ikke kjøres i perioder når tilsiget til Nesvatnet er lavt.

I tillegg til økt minstevannføring vil biotopjusteringer i form av terskler eller buner kunne motvirke de skadelige effektene av lav vannføring. I forbindelse med reguleringen ble det bygget tre terskler på den lakseførende strekningen. Erfaringene med disse tersklene er positive siden de sikrer både oppvekst- og gytehabitat. Etablering av flere terskler og nye gyteområder vurderes som effektive tiltak for å styrke fiskebestandene. Dette forutsetter at utformingen av tiltaken gjøres i henhold til kunnskap om fiskens habitatvalg. Det bør legges spesielt vekt på å ivareta egnet habitat for laks.

## **Brå endringer i vannstand nedstrøms utløpet fra Myster kraftverk**

Driften av Myster kraftverk medfører tildels brå og store endringer i vannføringen på elvestrekningen nedstrøms utløpet av kraftverket. De grunne områdene langs elvebredden representerer viktige fiskehabitat og disse områdene er også de som i størst grad blir tørrlagt som følge av reduksjon i vannstanden ved avslag i kraftverket. Avslagene skjer relativt hyppig, i gjennomsnitt 269 (sd=35,1) ganger i året for perioden 1997-2002. Kraftverket blir imidlertid ikke kjørt like intensivt hele tiden. Vanligvis vil en ha lengre perioder da vanntilførsel er så stor at kraftverket kan drives uten stans, mens

en i perioder med mindre vannføring vil måtte stanse kraftverket mens det oppmagsineres driftsvann i Nesvatnet. I slike perioder vil en gjerne få flere avslag i løpet av ett døgn. Avslagene skjer oftest midt på dagen og midt på natten. Dette mønsteret gjelder både sommer og vinter men om sommeren vil det generelt være færre avslag grunnet større vannføring. Den nedre slukeevnen i kraftverket er 13 m<sup>3</sup>/s, noe som dermed vil tilsvare den laveste vannføringsendringen som oppstår etter et avslag i kraftverket. Hurtige vannstandsendringer som etterfølger et avslag i kraftverket vil som oftest være rundt 13 m<sup>3</sup>/s eller noe høyere, men vannføringsendringer på over 35 m<sup>3</sup>/s kan forekomme i enkelte tilfeller.

Vannstandsreduksjonene som følge av avslag i kraftverket reduserer det vanndekte arealet betydelig, og hyppigheten av avslag i kraftverket viser at fisken jevnlig utsettes for episoder som kan medføre stranding. Det vurderes derfor som sannsynlig at økt dødelighet som følge av stranding har en betydelig negativ innvirkning på fiskebestandene.

Avslag i kraftverket antas å gi spesielt negativ effekt under smoltutvandringen på våren. Utvandringstidspunktet for smolten i Ekso er ikke kjent, men det er rimelig å anta at mesteparten av laks- og auresmolten i Ekso vil vandre ut i løpet av mai måned. Gjennomsnittlig antall avslag i mai måned for årene 1997-2002 er 15,7. I tillegg skjer avslagene oftest om natten som er tiden da smolten vandrer nedstrøms og er mest sårbar for stranding.

I tillegg til problemer knyttet til stranding vil smoltutvandringen i Ekso også bli påvirket av det endrede vannføringsregime etter Myster-reguleringen. Dette gjelder både på strekningen oppstrøms og nedstrøms utløpet fra kraftverket. Oppstrøms utløpet har reguleringene ført til at den karakteristiske vårflommen som vanligvis utløser smoltutvandringen er blitt betydelig redusert. Dette kan medføre at smoltutvandringen blir forsinket, og at smoltutgangen bli mindre synkron enn hva tilfelle var før Myster-reguleringen. På elvestrekningen nedstrøms utløpet fra kraftverk har også mønsteret for vårflommen blitt endret. På grunn av kraftverket vil smolten her oppleve flere perioder med raskt økende vannføring, før vannstanden deretter hurtig faller igjen. Dette kan føre til at smolten vandrer mer spredt til ulike tider i forhold til den mer synkron utvandringen under en vedvarende vårflom. Samlet vurderes det derfor som sannsynlig at reguleringen har ført til en betydelig redusert overlevelse for utvandrende smolt.

Generelt vil en reduksjon i frekvens, størrelse eller hastighet av vannstandsendringene motvirke skadevirkningene av kraftverket. Endringer i kjøremønsteret for Mysterkraftverk og biotopjusteringer er derfor aktuelle avbøtende tiltak.

Problemet med stranding kan reduseres ved å senke hastigheten på vannstandsreduksjonen som følger etter avslag i kraftverket. Myster kraftverk kan ikke kjøres på vannføringer lavere enn 13 m<sup>3</sup>/s og tekniske endringer i form av installasjon av forbitappingsventil eller endret turbinkapasitet vil være nødvendig for at avslagene i vannføringen skal bli mer skånsomme. Installering av et ekstra mindre aggregat med slukeevne på 2-3 m<sup>3</sup>/s vil kunne bidra til å gjøre vannføringsovergangene mykere nedstrøms avløpet fra kraftverket og dermed minske faren for stranding av fisk. Redusert antall avslag i kritiske perioder kan også til en viss grad oppnås ved endret kjøremønsteret for eksisterende anlegg. Undersøkelser fra andre vassdrag har vist at stranding i vinterhalvåret kan reduseres ved å unngå avslag på dagtid, mens tilsvarende effekt i sommerhalvåret kan oppnås ved å unngå avslag om natten.

Det vurderes som særlig viktig at kjøremønsteret tar hensyn til utvandrende smolt. Under smoltutgangen bør derfor avslag ikke forekomme eller være så lavt som mulig. Det bør også sterkt vurderes om kjøremønsteret kan legges om slik at avslagene ikke skjer om natten siden det er denne tiden av døgnet smolten vandrer ut.

Økt vannføring om våren vil bedre betingelsene for smoltutgangen på strekningen ovenfor utløpet av Myster kraftverk ved at vannføringer som muliggjør smoltutgang vil forekomme oftere enn hva tilfelle er ved gjeldende minstevannføring. I år med lav vannføring i mai bør det slippes vann fra Nesvatnet for å oppnå en eller flere flommer som sikrer et normalt forløp på smoltutgangen. Dette tiltaket vurderes som svært viktig for fiskebestandene i Ekso, spesielt for laksebestanden. Tiltaket må utføres på grunnlag av undersøkelser av tidspunkt og vannføringsforhold under smoltutgangen.

Brå endringer i vanddekt areal som følge av kjøringen av kraftverket vil også kunne motvirkes ved bygging av terskler. For å sikre en best mulig effekt av tiltaket må antall terskler og plasseringen av tersklene bestemmes utfra oppmålinger av elveprofil og vanddekt areal ved ulike vannføringer. Slike oppmålinger vil også kunne danne grunnlaget for mindre inngrep i elveprofilen for å sikre vanddekt areal på enkelte utsatte områder. Utformingen av tersklene må gjøres i henhold til kunnskap om fiskens habitatvalg slik at elvestrekningene som påvirkes av tersklene er egnet som oppveksthabitat. Det er også viktig at tersklene utformes slik at det kan etableres nye gyteområder på de berørte strekningene. Om disse vilkårene oppfylles, vurderes bygging av terskler som et betydelig tiltak for å motvirke skadevirkningene kjøringen av kraftverket har på fiskebestandene.

### **Endring av vannkjemiske forhold**

På grunn av geologiske forhold er vannkvaliteten i øvre deler av Ekso, oppstrøms Nesvatn, betydelig bedre enn i restfeltet nedstrøms. Sidebekkene fra restfeltet nedstrøms Nesvatn bidrar med surt og aluminiumsrikt vann. Myster kraftverk har, sammen med effekter av sur nedbør, bidratt til en vesentlig forringing av vannkvaliteten på lakseførende strekning. For å bedre de vannkjemiske forholdene på lakseførende strekning har Ekso blitt kalket siden 1997. Kalkdosereren er plassert ved Langhølen og skal avsyre det 48 km<sup>2</sup> store restfeltet nedstrøms Nesvatn. Målet er å produsere pH $\geq$ 6,5 fra februar til juni, og pH $\geq$ 6,2 resten av året. Imidlertid forekommer det fortsatt relativt store svingninger i vannkvaliteten i målområdet for kalkingen, noe som til dels henger sammen med store variasjoner i nedbør og vannføring.

Det sure vannet som tilføres via sidebekkene får særlig betydning for vannkjemien i Ekso i forbindelse med moderate nedbørepisoder som bidrar til høy vannføring i sidebekkene, uten overløp over Nesvatn-dammen. I slike tilfeller kan sidebekkene bidra til betydelig forverring av vannkvaliteten i hovedelven nedstrøms dosereren. Ved mer betydelige nedbør- og snøsmeltingsepisoder, der tilsiget overskrider slukeevnen til Myster kraftverk på 50 m<sup>3</sup>/s, slippes overskytende vann over dammen ved Nesvatn, slik at det relative bidraget fra restfeltet blir lite. Årsmidler for kritiske vannkjemiske parametre indikerer en tilfredsstillende utvikling i vannkvalitet de siste årene, dels som følge av kalking, dels på grunn av redusert surt nedfall. Likevel forekommer det fortsatt vannkjemiske episoder i vassdraget.

Økt minstevannføring vil ha en gunstig effekt på de vannkjemiske forholdene. Hydrologisk og vannkjemisk modellering indikerer at en økning av minstevannføringskravet i vinterhalvåret fra 1 m<sup>3</sup>/s til f.eks. 2 m<sup>3</sup>/s vil redusere effekten av den dårlige vannkvaliteten fra restfeltet. I tillegg til å redusere sidebakkens relative bidrag, vil et slikt tiltak gi økt kalkopløsning, og totalt sett stabilisere vannkjemien på lakseførende strekning.

Sett fra et vannkjemisk synspunkt vil en endring av driften av Myster kraftstasjon til kontinuerlig drift gjøre det lettere å holde en stabil vannkemi på strekning nedstrøms utløpet fra kraftverket. For å sikre en stabil vannkvalitet på hele lakseførende strekning kan det i tillegg være aktuelt å supplere de kjemiske mottiltakene. F.eks. vil supplerende silikatdosering tettest mulig ned mot lakseførende strekning avgifte sideelvtilførselene, utjevne vannkvaliteten, og dermed forebygge biologisk uheldige effekter av episoder.

### **Andre tiltak for å styrke fiskebestandene**

I forbindelse med Evanger-reguleringen ble det gitt et pålegg om å sette ut 5100 laksesmolt årlig. Pågående rognplanting oppstrøms lakseførende strekning har som målsetting å være et alternativ til dette pålegget. Resultatene tilsier at rognplantingen fungerer etter hensikten og det anbefales derfor at denne kultiveringsstrategien opprettholdes.

Bygging av laksetrapp i Raudfossen og utbedringer i Høsefossen vil føre til at den lakseførende strekningen blir utvidet med ca 2,6 km eller om lag 75%. På den aktuelle strekningen er det flere fine gyte- og oppvekstområder for laks og sjøaure. Pågående rognplanting utføres på den aktuelle strekningen og vil bidra til at laksen lettere etablerer seg på strekningen. Bygging av laksetrapp vil derfor styrke fiskebestandene, spesielt den truede laksebestanden.

## 2. Innledning

### 2.1 Bakgrunn og hensikt

Bakgrunnen for rapporten er en revisjon av vannslippsbestemmelsene gitt i konsesjonen for Myster kraftverk i 1983. Myster kraftverk kom i drift i 1987 og førte til hydrologiske og vannkjemiske endringer i vassdraget. Målsettingen for rapporten er å redegjøre for disse endringene og hvordan de påvirker bestandene av laks og aure. I tillegg har rapporten som mål å vurdere eksisterende og nye avbøtende tiltak i forhold til påpekte skadevirkninger på fiskebestandene.

Problemstillingene som er belyst i rapporten er basert på diskusjonene i den faglige arbeidsgruppen som er opprettet i forbindelse med utarbeidelsen av rapporten. Arbeidsgruppen har bestått av representanter fra BKK, Direktoratet for naturforvaltning, Fylkesmannens miljøvernavdeling, Vaksdal kommune og grunneiere.

### 2.2 Områdebeskrivelse

Eksingedalsvassdraget ligger i Modalen og Vaksdal kommuner og har sitt utspring i Stølsheimen og mot Vikafjell. I øvre del av nedslagsområdet ligger en rekke større fjellvann, blant annet Skjerjevattnet, Askjelldalsvatnet og Grøndalsvatnet. Hovedstrengen av vassdraget kalles Ekso og munner ut i Eidsfjorden. Ekso har en lakseførende strekning fra brakkvannssonen til Raudfossen på om lag 3,4 km (**figur 2.1**). En oversikt over nedslagsfeltet og fraførte felt i forbindelse med reguleringene er gitt i **figur 2.2**.

#### 2.2.1 Evanger-reguleringen

Konsesjonen for byggingen av Evanger kraftverk, som er lokalisert ved Evangervatnet i Vossovassdraget, ble gitt i 1966. Reguleringen ble utført i årene 1969-1986. I alt 153,6 km<sup>2</sup> av Eksingedalsvassdragets øvre felter er regulert og overført til Evanger kraftstasjon. Grøndalselva (nedslagsfelt 31,5 km<sup>2</sup>) tas inn i Grøndalsvatnet. Nordalselva (nedslagsfelt 81,2 km<sup>2</sup>) er ført inn i Kvanndalsvatnet og Askjelldalsvatnet som er inntaksmagasinet til Evanger kraftverk. I tillegg er en rekke mindre felter overført ved bekkeinntak. For å kompensere for skadevirkningene på de anadrome fiskebestandene ble regulanten pålagt årlige utsetninger av 5100 laksesmolt og 500 sjøauresmolt i Ekso. For å motvirke de uheldige virkningene av redusert vannføring ble det også gitt et pålegg om å bygge 24 terskler på strekningen fra Gullbrå til Eidslandet. Tersklene ble bygd i perioden 1972-1984.

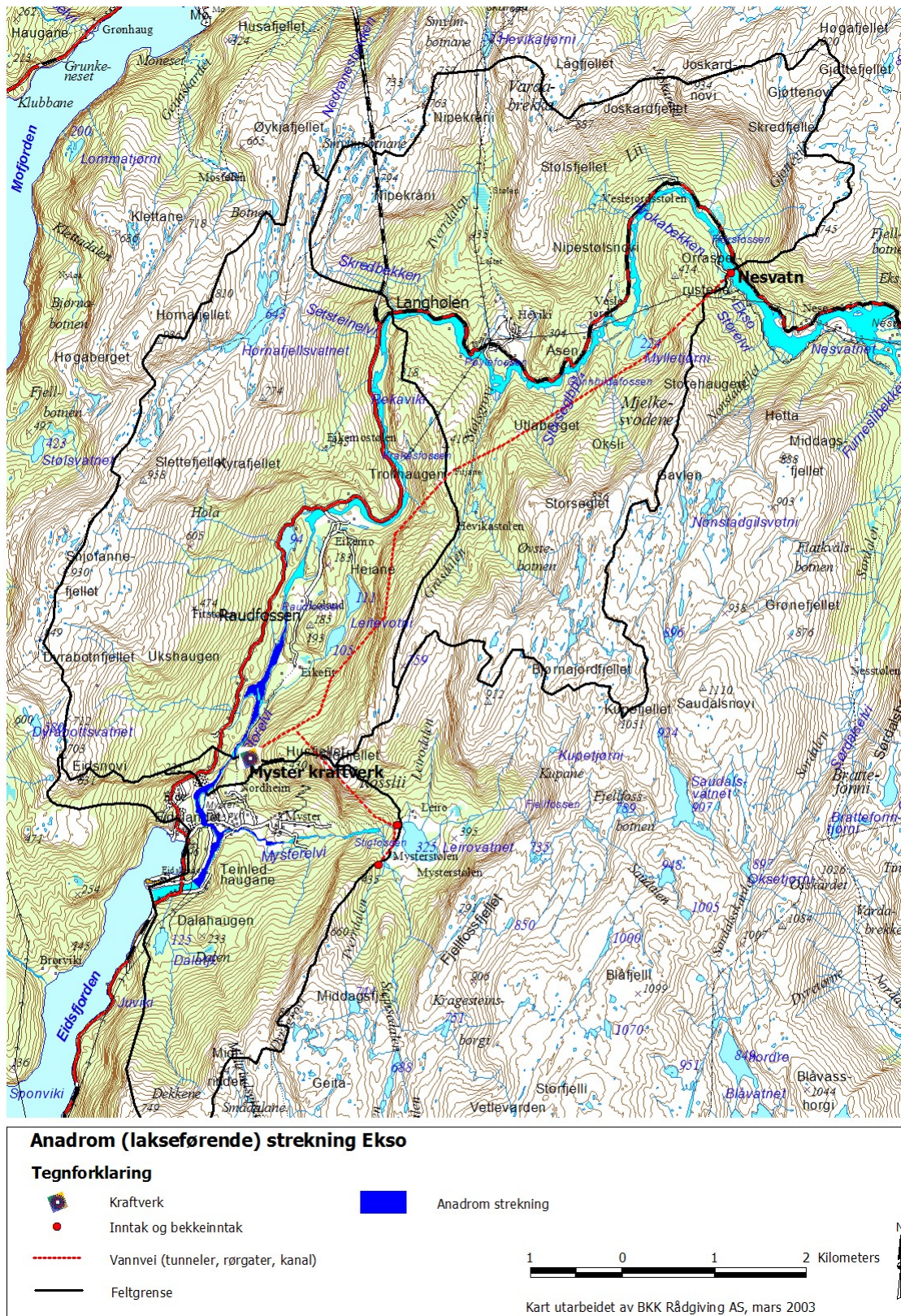
#### 2.2.2 Myster-reguleringen

Konsesjonen for Myster kraftverk ble gitt i 1983 og kraftverket ble satt i drift i 1987. Inntaksdammen for Myster kraftverk er Nesvatnet som er tillatt regulert 2,25 m, mellom kotene 255 og 257,25. Fra Nesvatnet blir vannet ført til Myster kraftstasjon ved Eidslandet. Her blir vannet ført inn i elven igjen på kote 8 noe som gir en fallhøyde på 249 m. Foruten det 189 km<sup>2</sup> store nedbørfeltet ned til og med inntaksmagasinet i Nesevatn er 16 km<sup>2</sup> av Leiro (øvre del av Mysterelva) ført inn på kraftverkstunnelen. Kraftverket kan kjøres på vannføringer mellom 13 og 50 m<sup>3</sup>/s. Grunnet den begrensede magasinkapasiteten i Nesvatnet kan Myster kraftverk karakteriseres som et elvekraftverk. Driften kan derfor medføre brå og store endringer i vannføringen nedstrøms utløpet til kraftverket.

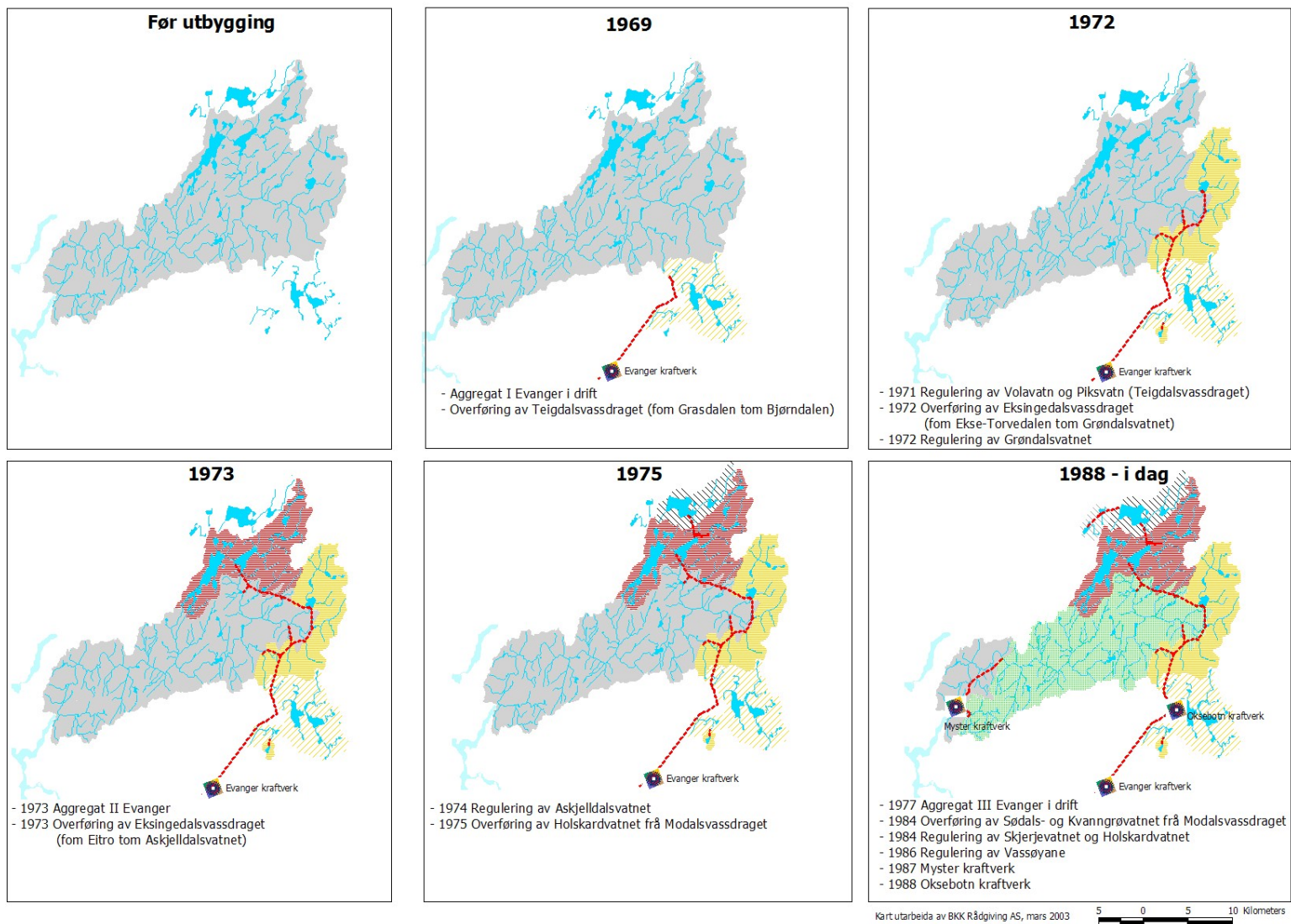
For å motvirke uheldige effekter av den reduserte vannføringen ble det i forbindelse med konsesjonen gitt et pålegg om å bygge 11 terskler på strekningen fra Nesvatnet til Eidslandet. Tersklene ble bygd i perioden 1987-1989.

Det totale restfeltet til Ekso mellom Nesvatn-demningen og utløpet av kraftverkstunnelen ved Eidslandet er 41 km<sup>2</sup>, med et naturlig tilsig på 3,2 m<sup>3</sup>/s i årsgjennomsnitt. Medregnet perioder med overløp fra Nesvatn blir imidlertid den årlige middelvannføringen høyere enn dette.





Figur 2.1. Oversikt over Eksingedalsvassdraget. Kartet er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.



**Figur 2.2.** Oversikt over reguleringen av Eksingedalsvassdraget. Fraførte og tilførte nedbørsfelt. Kartet er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.

### 2.2.3 Vannslippbestemmelsene for Myster kraftverk

I konsesjonsvilkårene er det beskrevet at det skal slippes en minstevannføring fra Nesvatnet til Ekso tilsvarende hele vannføringen til Nesvatnet inntil 2 m<sup>3</sup>/s i tiden 15.05 – 15.10, og hele vannføringen inntil 1,0 m<sup>3</sup>/s i tiden 16.10 – 14.05, målt ved Langhølen ved Høvik. Det skal slippes en minstevannføring til Leiro (Mysterelva) tilsvarende den naturlige vannføringen inntil 200 l/sek. i tiden 15.05 – 15.10 og hele den naturlige vannføringen inntil 100 l/sek. i tiden 16.10 – 14.05.

Restfeltet mellom demningen ved Nesvatn og målepunktet ved Langehølen er 22 km<sup>2</sup> og gir et gjennomsnittlig tilsig på 1,7 m<sup>3</sup>/s. Det slippes derfor ikke vann forbi Nesvatn-demningen mer enn vel 40 dager i et normalår.

I vannslippingsbestemmelsene er det også gitt pålegg om følgende; sitat: ”Av hensyn til fisket i Ekso bør endringene i vannføringen, såfremt mulig, skje med myke overganger. Spesielt forsiktighet må utvises ved reduksjon av minstevannføringen (15. oktober). Denne reduksjonen skal foretas gradvis over et tidsrom av minimum ett døgn.” Se for øvrig kjøreinstruks for Myster kraftverk under **kapittel 6**.

## 3. Materiale og metoder

Rapporten er i hovedsak basert på en sammenstilling av tidligere innsamlede data med relevans for de aktuelle problemstillingene. Materialet er hentet fra fagrapporter, internasjonale publikasjoner og korrespondanse mellom involverte faginstanser, forvaltningen og BKK. For en mer detaljert beskrivelse av enkelte problemstillinger og datasett som er benyttet i rapporten, henvises det til refererte kilder.

I forbindelse med rapporten er det innhentet felldata for å belyse aktuelle problemstillinger. Dette gjelder kartlegging av viktige gyteområder og feltmålinger for utarbeidelse av kurver som viser forholdet mellom vannføring og vanddekt areal på strekningen nedstrøms Myster kraftverk. Det er også lagt ned et omfattende arbeid basert på måleserier og simuleringsmodeller for å beskrive endringene i vannføringen på den lakseførende strekningen som følge av reguleringene.

### 3.1 Hydrologiske data

Kapittelet er utarbeidet av BKK Rådgiving AS som er et av datterselskapene til BKK. Det er et konsultantselskap innenfor planlegging og bygging av vannkraftverk, miljøtiltak i vassdrag, alternative energiformer og nettanlegg. Selskapet driver både eksternt og intern rådgiving i inn- og utland.

Data fra Driftssentralen:

Driftssentralen hos BKK Produksjon AS logger timesverdier for vannstander, produksjon og vannføringer i forbindelse med driften av kraftverkene. For Myster logges energiverdier (akkumulert produksjon) per time, (minste-) vannføring ved Langhølen, vannstand i Nesvatnet og vannføring over overløpsdammen i Nesvatnet. I tillegg registreres lukeåpningene både i tappeluka og overløpsluka i dam Nesvatnet. Disse dataene er ikke brukt i denne gjennomgangen, men de gjør det mulig å fordele det totale tilsiget til Nesvatnet. Til vurderinger på anadrom strekning oppstrøms utløpet av kraftstasjonen er registreringene av minstevannføringene i Langhølen benyttet.

Minstevannføringsregistreringene er kalibrert mot minstevannføringene på 1 og 2 m<sup>3</sup>/s, og følgelig blir observasjonsverdiene unøyaktige og til dels gale ved store vannføringer. Loggingen av minstevannføringen var ute av drift fra 06.12.01 og til 23.01.02 på grunn av teknisk svikt i måleutstyret.

BKK Produksjon AS hadde tilgjengelige timesverdier tilbake til 1997. Disse dataene er rådata som ikke er kvalitetssikret og de er heller ikke supplert i ettertid. Det vil si dataseriene inneholder feil og for kortere eller lenger perioder mangler det data. Det er gjort enkle systematiske silinger og suppleringer for å gi en mest mulig korrekt situasjonsbeskrivelse. For eksempel i de tilfellene der verdien for produsert energi overgår den maksimale ytelsen og verdien foran mangler, er verdien fordelt likt mellom denne og den foregående timen.

Produksjonsdataene er som nevnt energiverdier (akkumulert produksjon) per time. For å finne vannføringen i middel per time er den midlere energiekvivalenten ( $0,594 \text{ kWh/m}^3$ ) for Myster kraftverk brukt.

Data fra NVE:

NVE har registrert vannstand i Nesvatnet fra 1908. Vannmerket ble nedlagt 31.12.1987, men siste registrering er fra oktober 1986. I forbindelse med Evangerutbyggingen har nedbørfelt blitt overført fra Eksingedalen i flere etapper. Første overføring av vann vekk fra vassdraget var da Grøndalsvatn med bekkeinntak ble overført til Evanger i 1971. Etter at Askjelldalsdammen ble ferdigstilt som inntaksmagasin for Evanger kraftverk i 1974, har vassdraget nedenfor Askjelldalsvatnet og Grøndalsvatnet hydrologisk sett vært uendret.

Selv om Eksingedalsvassdraget ble regulert fortsatte observasjonene av resttilsiget (det regulerte tilsiget) i Nesvatnet i ytterligere 12 år. På oppdrag har NVE utvidet den regulerte observasjonsserien ved hjelp av regresjonsanalyse mot den uregulerte tilsigsserien basert på observasjonene tilbake til 1930. Ligningen er for denne regresjonsanalysen er:

$$-0.912 + 0.66 * \text{ordinær tilsigsserie}, r^2 = 0.64$$

Korrelasjonen var ikke veldig god, men er likevel antatt å gi en brukbar beskrivelse av forventet tilsig til Nesvatnet. Det finnes andre tidsserier som kan brukes til å verifisere resultatet. En sammenligning av den regulerte tilsigsserien med simulert tilsig til Nesvatnet for perioden 1961-90 viser god sammenheng.

Simulerte data:

For å beskrive fordelingen av vann i et regulert vassdrag bruker vi i dette tilfellet driftssimuleringsprogrammet Vansimtap. Vansimtap bruker historiske tidsserier for tilsig og simulerer blant annet hvor mye av tilsiget som går til flomtap og hvor mye som går gjennom stasjonen. Oppløsningen her er uke.

Vannføringen nedstrøms Nesvatnet består av både tilsig fra restfeltet, samt flom og minstevannføring fra dammen i Nesvatnet. For å beskrive vannføringen på denne strekningen på en best mulig måte har vi utført driftssimuleringer.

Ved konsekvensutredninger er det vanlig å bruke normalperioden 1961-90. Driftssimuleringer er i denne rapporten derfor utført for perioden 1961-90.

Kartdata:

Kartgrunnlag som er brukt er N5-raster (økonomisk kartverk) og de temaene som har tilgjengelig fra N50-vektor (tilsvarende M711) i beregninger av arealer og lengder. Der dette ikke har gitt tilstrekkelig oppløsning har vi foretatt oppmåling.

N5-raster ble brukt for å bestemme arealet av anadrom strekning. Økonomisk kartverk viser elvas utstrekning, eller overgangen mellom elvebunn og terrenget for øvrig. Hva som er elvebunn vet vi ikke, men vi antar at elvebunn også inneholder flomutsatte områder og arealer med sedimentasjon fra tidligere flommer. Derfor kan vi anta at det beregnede arealet av anadrom elvestrekning stedvis er noe overestimert. Men for hele strekningen er det ikke sannsynlig at denne overestimeringen er på mer enn noen få prosent.

Oppmålingsdata:

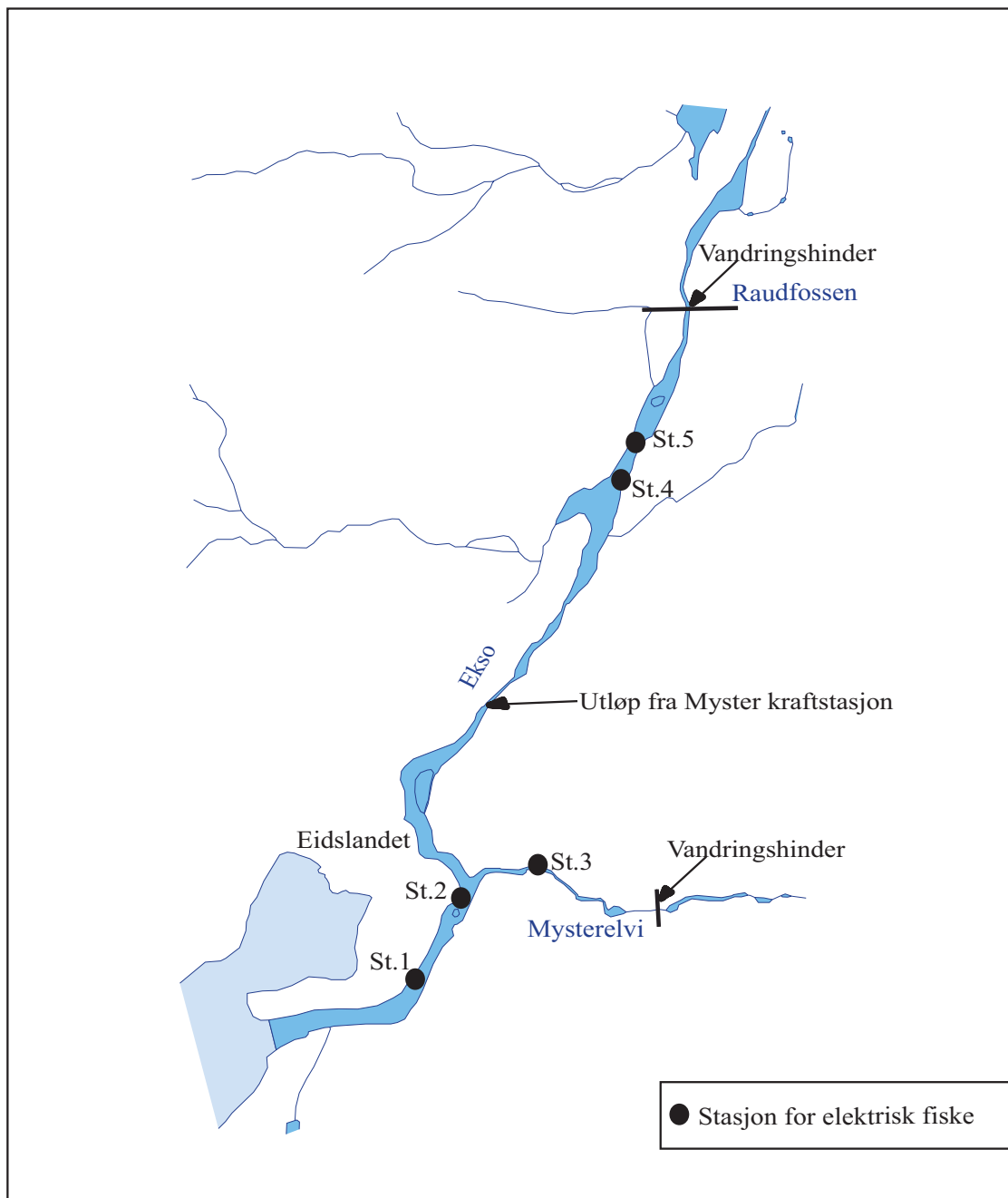
Vanndekt areal nedstrøm utløpet fra Myster kraftverk ble målt opp med håndholdt GPS. GPS ble valgt som alternativ til å bestemme arealet fra foto. Bestemmelse av areal fra foto ville gitt en dårligere nøyaktighet enn bruk av GPS. Nøyaktigheten på oppmålingen av enkeltpunkt er betydelig lavere enn om totalstasjon hadde blitt benyttet, men litt avvik i enkeltpunktene betyr lite når totalarealet som ble målt opp er på 20.000 m<sup>2</sup>. Som et supplement til GPS-målingene ble det tatt bilder for å dokumentere vannstander ved de ulike vannføringene.

## 3.2 Fiskebiologiske data

### Undersøkelser av ungfiskbestandene

Systematiske undersøkelser av ungfiskbestandene foreligger bare for perioden etter at Myster kraftverk kom i drift. Beskrivelsen av ungfiskbestandene i vassdraget er basert på materialet innsamlet ved elektrisk fiske på fem stasjoner i perioden 1995 til 2002. På den enkelte stasjon er tetthetene av ungfisk beregnet etter tre overfiskinger av et kjent areal etter standard metode (Bohlin et al. 1989). Fiske er utført på høsten, som regel i løpet av september eller oktober. All fisk registrert på stasjonen er artsbestemt og lengdemålt. Et utvalg av den innsamlede fisken er aldersbestemt ved lesing av otolitter. Ved presentasjon av resultatene er tetthetene gitt separat for ungfisk av laks og aure. Det er skilt mellom ensomrig ungfisk (0+) og ungfisk som er eldre (>0+). Tetthetsberegningene er gjort for hver av disse to gruppene.

Stasjonsnettet som er benyttet er fordelt på den lakseførende strekningen. To av stasjonene ligger ovenfor utløpet av Myster kraftverk, to på strekningen nedstrøms kraftstasjonen og en stasjon er plassert i Mysterelva (se **figur 2.2**). Stasjonen i Mysterelva ble først opprettet i 1997, mens de øvrige stasjonene ble opprettet i 1995. Disse fem stasjonene har LFI overvåket på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning i forbindelse med kalkingen av vassdraget. I tillegg har LFI i perioden 1999 til 2002 foretatt elektrisk fiske på fem stasjoner oppstrøms lakseførende strekning for å evaluere utlegging av lakserogn som et alternativt kultiveringstiltak i Ekso. Rognplantingen og de oppfølgende studiene har vært utført på oppdrag fra BKK.



**Figur 2.2.** Plassering av stasjoner for elektrisk fiske på den lakseførende strekningen i Ekso.

### Undersøkelser av gytebestandene og lokalisering av viktige gyteområder

Resultatene fra stamfiske i perioden 1994 til 2002 er benyttet til å vurdere innslaget av rømt oppdrettslaks i gytebestanden. Stamfisken er bestemt til villaks eller oppdrettslaks ved analyse av skjellmateriale utført av VESO, Trondheim.

Gytebestanden er også undersøkt ved dykkerregistreringer utført i perioden 1998-2002. I hvert år har tellingene vært utført på hele den 4 km lange lakseførende strekningen fra Raudfossen til brakkevannssonen ved Eidslandet. Tellingene har vært utført i siste halvdel av oktober eller i november. Under dykkingen er det skilt mellom laks og sjøaure. Laksen er videre fordelt i størrelseskategoriene < 3 kg (tert), fra 3 til 7 kg (mellomlaks) og større enn 7 kg (storlaks). Observasjoner er fortløpende rapportert inn til en følgeperson på land. I 1998-2000 ble tellingene utført av en dykker (Tore Wiers ved Naturoppdrag AS) mens registreringene i 2001 og 2002 har vært utført ved at to dykkere har drevet parallelt ned elvestrekningen. Lokaliseringen av de viktigste gyteområdene for laks og sjøaure har vært basert på registrering av gytefisk og gytegroper ved dykking og på resultatene fra det elektriske fiske.

## 4. Bestandene av laks og sjøaure i Ekso

For Ekso er det innrapportert fangster til den offisielle fangststatistikken siden 1884 og elva står også omtalt som lakseelv i fiskeriinspektørens årsmelding i 1889 (Landmark 1889). Elva var tidligere kjent for å ha en typisk storlaksstamme og laksefiske i elva var svært attraktivt. Etter nedgangen i bestanden på slutten av 1980-tallet ble bestanden vurdert som sterkt truet og laksen ble derfor fredet fra og med 1991. På bakgrunn av den uheldige bestandssituasjonen ble Eksolaksen tatt inn i genbanken. Sjøaurebestanden i vassdraget foreligger det lite informasjon om, men det er rimelig å anta at også sjøauren har vært viktig for fiske i vassdraget.

### 4.1 Antatt produksjonspotensiale for fiskebestandene før reguleringene

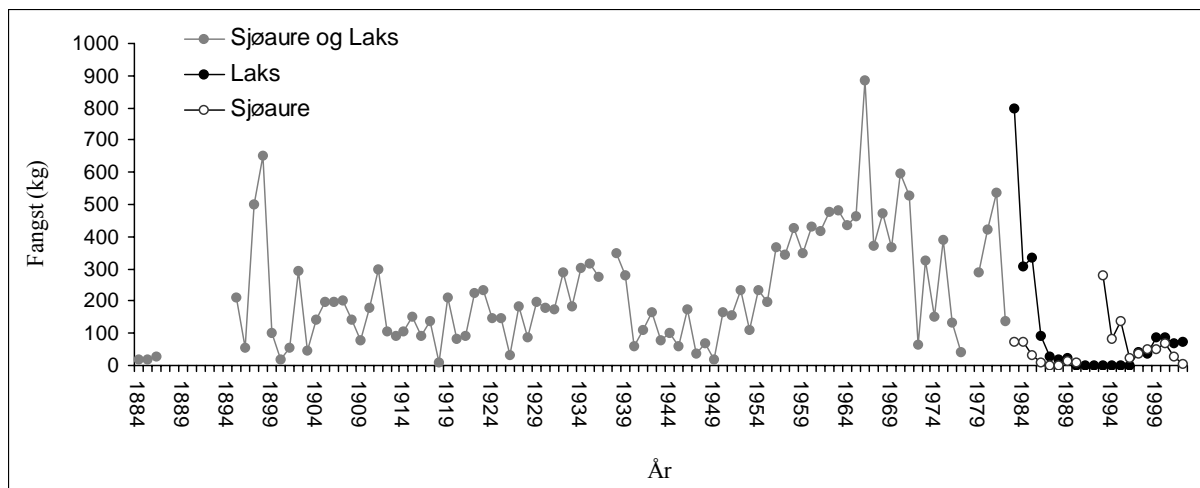
Antall smolt som årlig vandrer ut av vassdraget er en naturlig måleenheten for ungfiskproduksjonen av laks og sjøaure. Produksjonspotensialet for smolt vil i stor grad være avhengig av størrelsen av det tilgjengelige elvearealet og kvaliteten av arealet med tanke på ungfiskens habitatkrav. Studier av smoltproduksjonen utført i norske elver stammer fra Imsa og Orkla og er utført av NINA. I Imsa ble det funnet at den årlige smoltproduksjon varierte fra 3,5 til 24 laksesmolt per 100 m<sup>2</sup> i perioden 1975-1994 (Jonsson et al. 1998). Imsa er en liten elv, og har trolig en høyere ungfiskproduksjon per arealenhet enn det en kan forvente i Ekso. I Orkla, hvor vannføringen er større enn Ekso, ble det estimert tettheter fra 4 til 10,8 laksesmolt per 100 m<sup>2</sup> over en periode på 12 år (Hvidsten et al. 1996). Disse to studiene angir en noe høyere smoltproduksjon enn studier fra andre land. Studier av en rekke kanadiske laksevassdrag har vist at smoltproduksjon varierte fra 1 til 7,6 smolt per 100 m<sup>2</sup> (Chaput et al. 1998). Basert på en litteraturgjennomgang beregnet Symons (1979) den gjennomsnittlige smoltproduksjonen for en elv der laksen smoltfiserer etter tre år til om lag 2 smolt per 100 m<sup>2</sup>.

Basert på disse studiene er det realistisk å anta at smoltproduksjonen i Ekso normalt vil ligge innefor intervallet fra 2 til 10 smolt per 100 m<sup>2</sup> elveareal. Vanndekt areal for hele den lakseførende strekningen i Ekso foreligger bare for naturtilstanden, dvs. før Evanger-reguleringen, og er basert på økonomisk kartverk. Utfra dette kartet var det opprinnelige elvearealet på lakseførende strekning i Ekso på om lag 177 000 m<sup>2</sup>, hvorav Mysterelva utgjorde 12 500 m<sup>2</sup>. Dette arealet tilsier en total smoltproduksjon fra om lag 3500 - 18000 smolt. Ved en sjøoverlevelse på 5% vil dette gi en gytebestand i størrelsesintervallet fra 175 til 900 laks. Dette må sees på som et grovt mål for potensialet for smoltproduksjon og gytebestand av laks i Ekso siden naturlig mellomårsvariasjon i smoltproduksjon og sjøoverlevelse vil føre til betydelige svingninger i gytebestanden.

### 4.2 Fangststatistikk og bestandsutvikling

Den offisielle fangststatistikken for laks og sjøaure går tilbake til 1880-tallet og viser relativt store variasjoner i de innrapporterte fangstene. På 1880-tallet var den høyeste innrapporterte fangsten i underkant av 700 kg. Utover på 1900-tallet og fram til siste halvdel av 1950-tallet var fangstene i hovedsak lavere enn 200 kg. Deretter fulgte en periode med årlig fangster på over 300 kg fram til 1972 da fangstene igjen falt til under 200 kg. I denne perioden ble de høyeste fangstene registrert i 1967 da det ble innrapportert nær 900 kg laks og sjøaure. På 1970-tallet var det flere år med innrapporterte fangster under 100 kg.

Fra 1983 ble det skilt mellom fangster av laks og sjøaure og dette året ble det innrapportert 800 kg laks og 50 kg sjøaure. Etter 1983 var det en markert nedgang i fangstene og fra 1987 var fangstene av laks redusert til under 50 kg. I 1989 ble det bare innrapportert 25 kg laks og i 1990 ble det ikke tatt laks. Denne uheldige utviklingen førte til at villaksen ble fredet fra og med 1991. I perioden 1991-2002 har det bare vært utført stamfiske og fiske etter oppdrettslaks. Rømt oppdrettslaks har trolig dominert gytebestanden på 1990-tallet, noe som er nærmere omtalt i **kapittel 4.4**.



**Figur 4.1** Fangstkurver for sjøaure og laks tatt i Ekso i perioden 1940-2002. Fra 1983 er det blitt skilt mellom laks og sjøaure. Laksen ble fredet i 1991. Kalkingen startet i april 1997.

Den uheldige utviklingen for laksebestanden på 1980-tallet synes også å gjelde for bestanden av sjøaure. På slutten av 1980-tallet var det flere år hvor det ikke ble tatt sjøaure eller hvor fangstene var svært lave. Utover 1990-tallet økte så fangstene av sjøaure noe og i 1993 ble det rapportert inn 278 kg. Deretter har fangstene ligget på et svært lavt nivå og i 2002 ble det bare innrapportert 4 kg sjøaure. De lave innrapporterte fangstene av sjøaure de siste årene samsvarer imidlertid ikke med tellingene av gytefisk som er foretatt ved dykking i årene 1998-2002. Ved disse tellingene er det årlig observert fra 398 til 529 sjøaure (se **kapittel 4.4**). Årsaken til dette misforholdet er trolig at fangstene er sterkt begrenset av lav vannføring i fiskesesongen. I tillegg har det siden 1998 ikke vært tillatt å fiske på mesteparten av strekningen oppstrøms utløpet av kraftverket.

Til tross for at fangststatistikken er beheftet med feilkilder, er det liten tvil om at den markerte nedgangen i fangsttallene på 1980-tallet gjenspeiler en reell og dramatisk nedgang i bestandene av laks og sjøaure. Årsakene til nedgangen er ikke kjent men reguleringene av vassdraget har høyst sannsynlig bidratt til den uheldige utviklingen. Evanger kraftverk som kom i drift i 1973, førte til at middelvannføringen i Ekso ble redusert fra 35,6 til 20,3 m<sup>3</sup>/s, noe som reduserte produksjonspotensialet for smolt i vassdraget (se **kapittel 5.0**). Myster kraftverk, som ble satt i drift fra 1987, førte deretter til en ytterligere reduksjon i middelvannføringen (6,4 m<sup>3</sup>/s) og førte også til hurtige endringer i vannføringen nedstrøms utløpet av kraftverket (se **kapittel 6.0**). Mysterreguleringen hadde også den effekten at forsyningen av vassdraget nedstrøms Nesvatnet tiltok noe som var svært skadelig for fiskebestandene (**kapittel 7.0**).

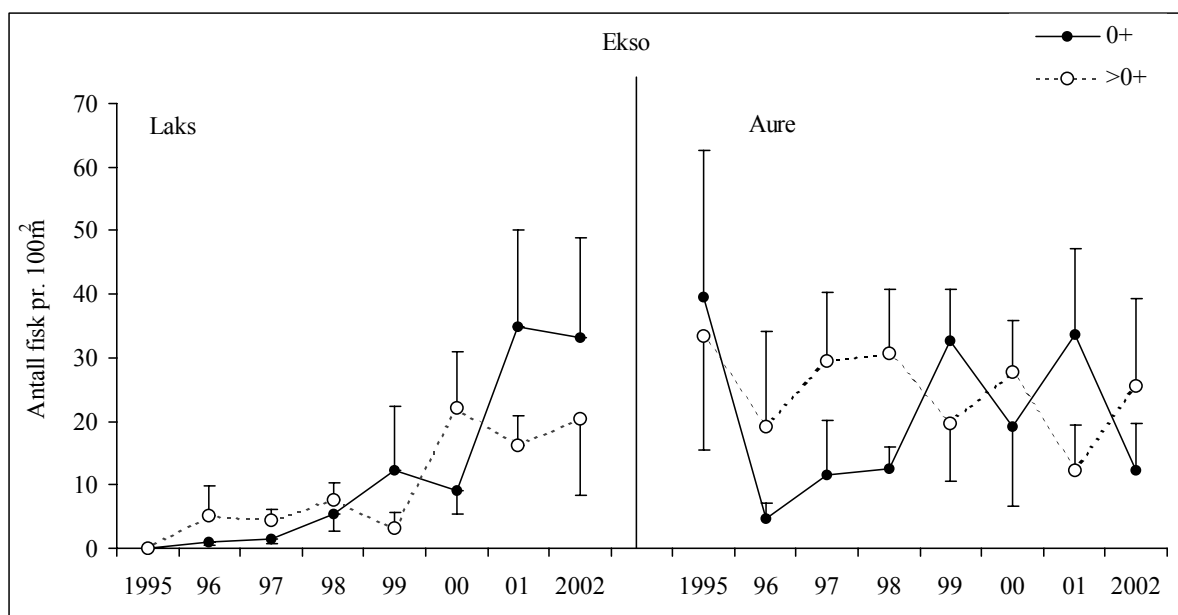
Utover de nevnte hydrologiske og vannkjemiske endringene innen vassdraget kan også forhold utenfor vassdraget ha påvirket fiskebestandene negativt. Angrep av lakselus på utvandrende smolt er et eksempel på en slik potensiell trussel (Holst & Jakobsen 1998). I Vosso som er nabovassdraget til Ekso, ble fangstene av laks også dramatisk redusert på slutten av 1980-tallet. Laksebestanden i Vosso ble derfor fredet fra og med 1992 og bestanden har siden ikke tatt seg opp (Barlaup & Gabrielsen 2002b). Om Vossolaksen har vært negativt påvirket av forhold utenfor vassdraget vil dette også trolig ha påvirket bestanden i Ekso, siden smolten fra de to vassdragene i stor grad har felles utvandningsrute. Årsaken til bestandssammenbruddet for Vossolaksen er imidlertid ikke kjent.

### 4.3 Undersøkelser av ungfiskbestandene i perioden 1995-2002

I forbindelse med kalkingen av Ekso har LFI gjennomført fiskebiologiske undersøkelser i perioden 1995-2002. Hensikten med disse undersøkelsene har vært å overvåke utviklingen i ungfiskbestandene i forbindelse med kalkingen som startet i 1997 (Barlaup & Gabrielsen 2002). Materialet er samlet inn ved elektrisk fiske på fem stasjoner på lakseførende strekning som vist i **figur 2.2**.



Undersøkelsene viser en klar positiv utvikling i tetthetene av laks siden 1995, da det ikke ble påvist laks på stasjonene. Forsuringen av vassdraget bidro trolig til fraværet av laks i 1995, og til de lave tetthetene funnet i 1996 og 1997. Forsuringen førte til forhold som var skadelige for fiskebestandene (se **kapittel 7.0**) noe som bl.a. resulterte i at det vinteren 1993 ble registrert en episode med fiskedød i den lakseførende delen av Ekso. Fiskedød inntraff samtidig i en rekke andre vassdrag på Vestlandet og var forårsaket av forsuring i forbindelse med sjøsaltanrikt nedbør (Hindar et al. 1994; Barlaup & Åtland 1996). Kalkingen av Ekso kom igang i 1997. Dette har høyst sannsynlig vært en forutsetning for den positive utviklingen for ungfiskbestanden av laks. I 2002 var de gjennomsnittlige tetthetene av laks henholdsvis 33.1 og 20.4 laks pr. 100 m<sup>2</sup> for gruppene ensomrig og tosomrig eller eldre laks (**figur 4.2**). I motsetning til de økende tetthetene av laks har tetthetene av aure holdt seg mer stabile i undersøkelsesperioden. Tetthetene av tosomrig og eldre aure har variert fra om lag 20 til 30 fisk pr. 100 m<sup>2</sup> (**figur 4.2**).



**Figur 4.2.** Gjennomsnittlige tettheter (med standard feil) av ensomrig (0+) og tosomrig eller eldre (>0+) aure og laks for de 4 stasjonene fisket på lakseførende del av Ekso i perioden 1995 til 2002 (etter Barlaup & Gabrielsen 2000a).

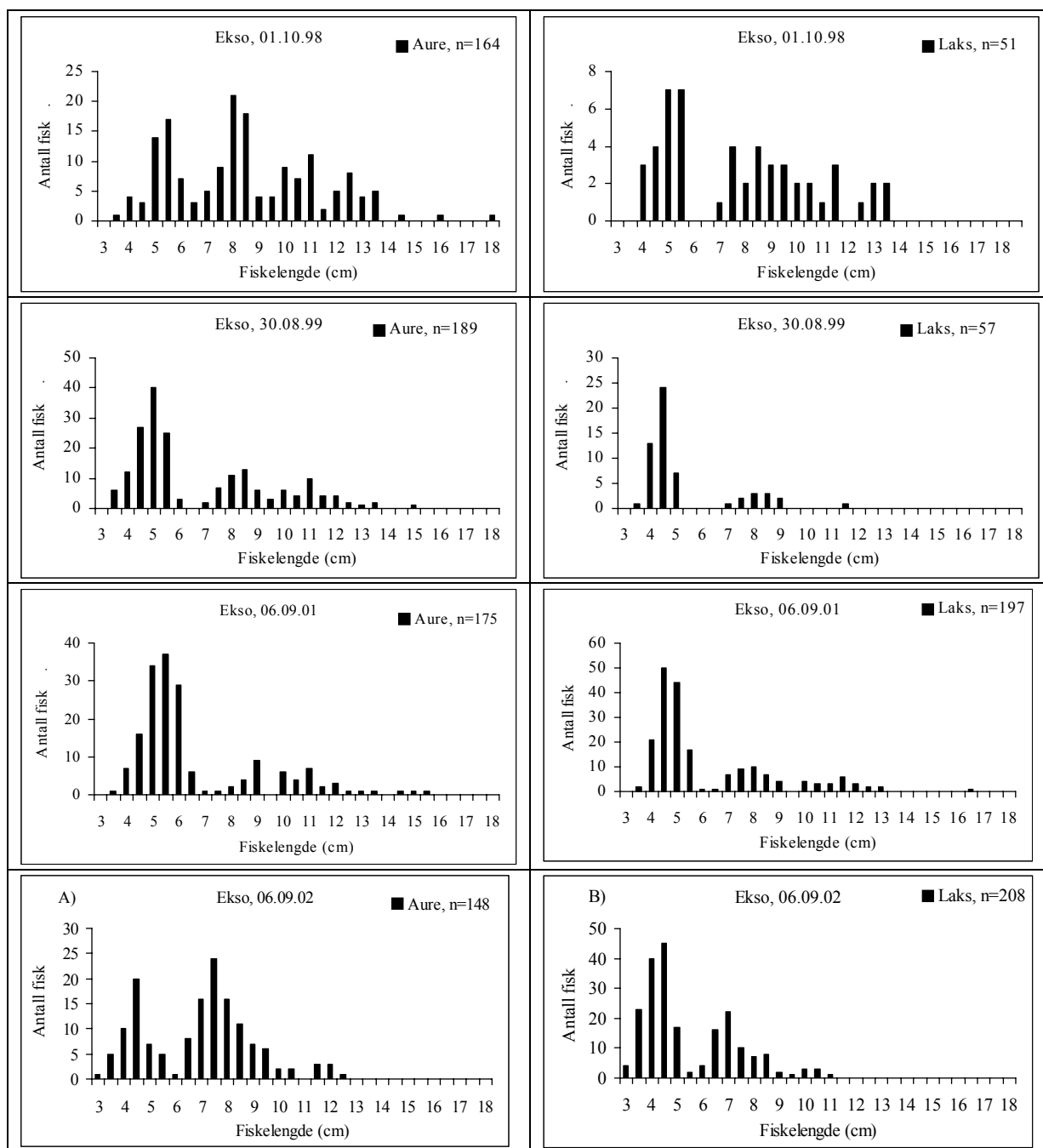
Lengdefordelingene for ungfisk av laks og aure samlet inn i Ekso i årene 1998 til 2002 er vist i **figur 4.3**. I 2002 var gjennomsnittslengden for ungfisk av laks 5,7 cm etter første vekstsesong, 7,1 cm etter andre, og 10,4 etter tredje vekstsesong (**tabell 4.1**). Tilsvarende materiale for auren tilsier lengder på om lag 4,7 cm, 7,8 cm og 10,7 cm etter første, andre og tredje vekstsesong (**tabell 4.2**). Liknende vekstmønstre for laks og aure er også funnet tidligere i undersøkelsesperioden (**tabell 4.4 og 4.2, figur 4.3**) og tilsier at både laksen og auren oppholder seg tre til fire år i elva før den oppnår en størrelse som gjør at den smoltifiserer og vandrer ut av vassdraget. Det foreligger ikke målinger av smoltalder basert på aldersbestemt materialet av utvandrende smolt fra Ekso.

**Tabell 4.1.** Gjennomsnittlig lengde ( $\bar{X}$ ) med standard avvik (SD) for ulike aldersklasser av laks tatt på stasjonsnettet i Ekso i årene 1998-2002.

Dato	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (3+)		Firesomrig (4+)	
	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N
01.10.1998	5,1 (0,5)	21	8,4 (0,8)	28	10,8 (1,1)	20	13,0 (1,6)	2
30.08.1999	4,6 (0,3)	45	8,9 (1,0)	11	12,2 (0,8)	10	--	--
16.10.2000	4,4 (0,5)	54	7,7 (0,9)	47	10,6 (0,9)	12	--	--
06.09.2001	4,9 (0,4)	135	7,7 (0,8)	39	10,7 (1,0)	22	12,6 (0,9)	2
06.09.2002	5,7 (0,5)	129	7,1 (0,7)	68	10,4 (1,0)	13	10,3 (--)	1

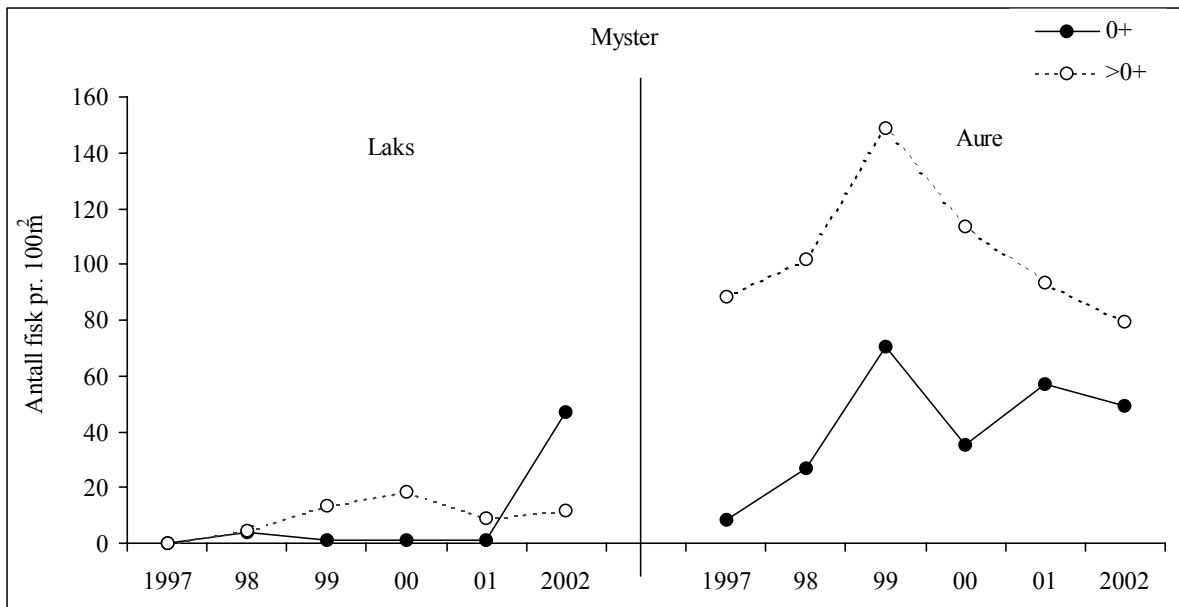
**Tabell 4.2.** Gjennomsnittlig lengde med standard avvik for ulike aldersklasser av aure tatt på stasjonsnettet i Ekso i årene 1998-2002.

Dato	Ensomrig (0+)		Tosomrig (1+)		Tresomrig (3+)		Firesomrig (4+)	
	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N	$\bar{X}$ (SD)	N
01.10.1998	5,3 (0,5)	20	8,6 (1,8)	28	11,0 (1,8)	10	15,7 (2,7)	2
30.08.1999	5,0 (0,6)	116	9,2 (0,9)	36	11,8 (1,2)	5	14,3 (0,4)	2
16.10.2000	5,2 (0,6)	75	8,0 (1,1)	44	11,2 (1,4)	20	13,4 (2,3)	7
06.09.2001	5,5 (0,6)	130	8,5 (1,0)	23	10,8 (1,3)	26	14,4 (0,2)	2
06.09.2002	4,7 (0,6)	48	7,8 (0,8)	87	10,7 (1,0)	13	11,8 (0,4)	2



**Figur 4.3.** Lengdefordeling av aure (venstre kolonne) og laks (høyre kolonne) samlet inn på de fire stasjonene for elektrisk fiske på anadrom strekning i Ekso i perioden 1998-2002.

På stasjonen som har vært fisket i Mysterelva har tetthetene av aure vært svært høye i perioden 1997 – 2002, med tettheter fra om lag 80 til 140 tosomer og eldre aure pr. 100 m<sup>2</sup> (figur 4.4) De høye tetthetene gjenspeiler trolig gode gyte- og oppvekstvilkår for sjøaure i Mysterelva. Det ble ikke funnet ungfisk av laks på stasjonen i 1997 men fra 1998 har det årlig vært påvist laks. I 2002 var det en klar oppgang i tetthetene av ensomerig laks (47 pr. 100 m<sup>2</sup>) på stasjonen. Resultatene viser med andre ord en klart positiv utvikling med tanke på naturlig reproduksjon av laks i Mysterelva i perioden 1995-2002.

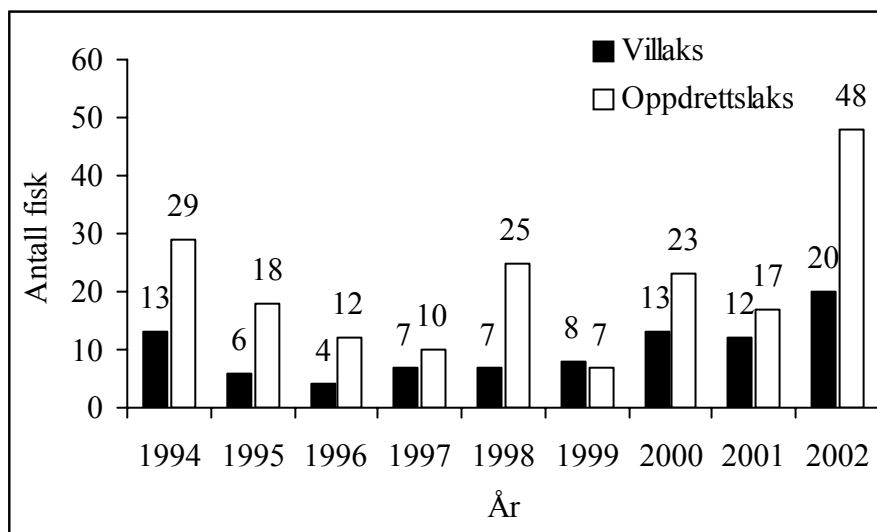


**Figur 4.4.** Gjennomsnittlige tettheter av ensomrig og tosomrig eller eldre aure og for stasjonen fisket i Mysler fra 1997 - 2002.

#### 4.4 Undersøkelser av gytebestanden i perioden 1994-2002

##### Stamfiske i perioden 1994-2002

For å styrke den truede laksebestanden har det vært utført stamfiske for å sikre avkom fra Eksolaks i genbanken. Resultatene fra stamfiske i perioden 1994 til 2002 er vist i **figur 4.5** og viser at det hvert år er blitt fanget villaks. All fisk som tas på stamfiske blir kontrollert ved analyser av skjell og resultatene viser en klar dominans av oppdrettslaks i hele den undersøkte perioden. I 2002 utgjorde innslaget av rømt oppdrettslaks hele 70 % av det totale antallet laks fanget på stamfiske. Den rømte oppdrettslaksen gyter i vassdraget og vil følgelig påvirke den genetiske sammensetningen av ungfiskbestanden. Det store innslaget av rømt oppdrettslaks vurderes derfor som en alvorlig trussel mot den truede laksestammen i Ekso.



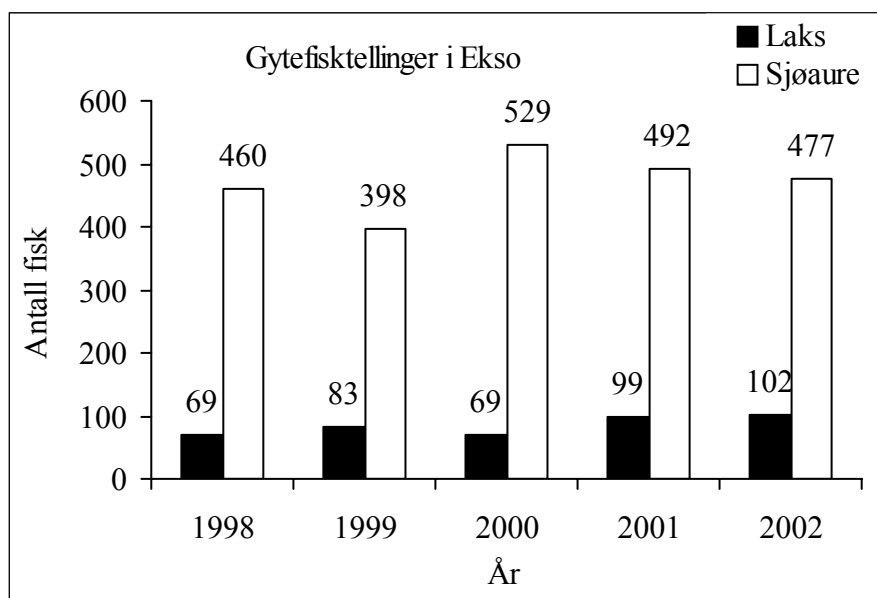
**Figur 4.5.** Fangst av villaks og oppdrettslaks ved stamfiske i Ekso i perioden 1994 – 2002. Antall fisk i fangstene er gitt over hver søyle.

### Tellinger av gytefisk i 1998-2002

Telling av gytefisk ved dykkerregistreringer har vært utført årlig i perioden 1998 – 2002. I denne perioden har antallet observerte sjøaure variert fra 398 til 529 og har derfor vært relativt stabilt (**figur 4.6**). Gytebestanden av sjøaure er derfor betydelig større enn antydnet utfra fangststatistikken i samme periode (se **kapittel 4.2**). Sammen med resultatene fra ungfiskregistreringene viser tellingene av gytefisk at Ekso har en livskraftig bestand av sjøaure.

Antallet laks som er registrert ved tellingene har vært stabilt lavt i perioden 1998-2002. Antallet observerte laks har variert fra 69 til 102 (**figur 4.6**). Ved dykking er det ikke mulig å skille mellom villaks og oppdrettslaks. I tellingene av laks inngår derfor et betydelig innslag av rømt oppdrettslaks, noe som tydelig framgår av resultatene fra stamfiske (se **figur 4.5**). Dykkerregistreringene gir derfor en klar indikasjon på at gytebestanden av laks er svært lav. Denne situasjonen har trolig vedvart siden slutten av 1980-tallet da det ble registrert en dramatisk nedgang i laksefangstene i vassdraget (se kapittel 4.2).

De 102 laksene som ble observert ved gytefisktellingene i 2002 var fordelt på 13 % smålaks, 55 % mellomlaks og 32 % storlaks. Observasjonene av storlaks i Ekso vurderes som et positivt trekk. Det er sjeldent oppdrettslaksen oppnår en så stor størrelse og storlaksene representerer derfor trolig den opprinnelige laksestammen i Ekso.



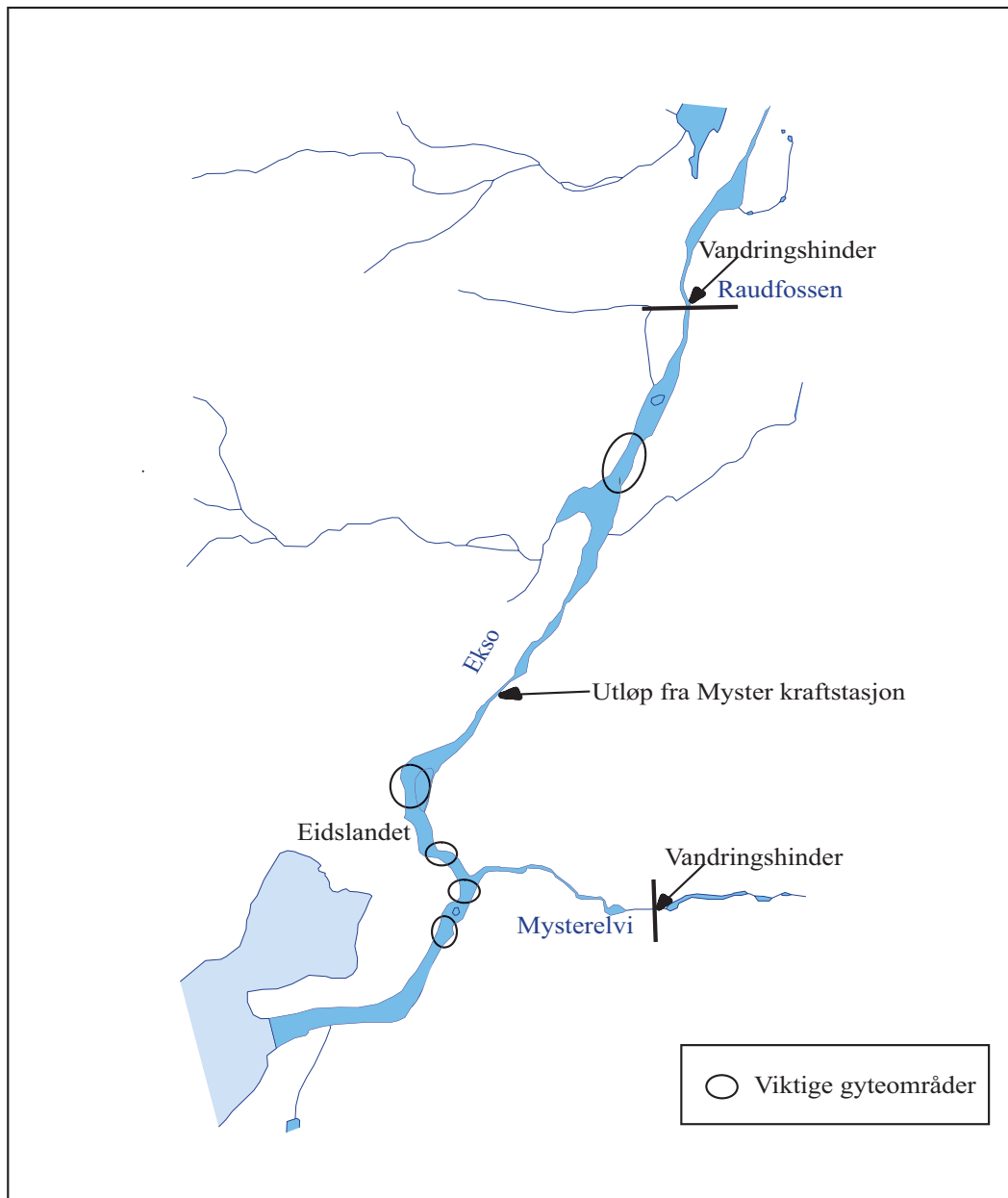
**Figur 4.6.** Gytefisktelling i Eksovassdraget i perioden 1998 – 2002. Tellingene i perioden 1998 – 2000 ble gjort av en dykker, mens tellingene i 2001 og 2002 er utført av to dykkere. Tall over søylene er antallet fisk observert. Data fra 1998-2001 fra Tore Wiers, Naturoppdrag AS, pers. medd.

### 4.5 Lokalisering av viktige gyteområder

I forbindelse med dykkerregistreringene er viktige gyteområder for laks og sjøaure kartlagt (se **figur 4.7**). De viktigste gyteområdene for laks ligger trolig på innløpet til terskelbassenget ved Eikefet og innløpet til terskelbassenget nedstrøms Myster kraftverk. På disse områdene har det i gytetiden i årene 1998-2002 blitt observert relativt mye gytefisk og gytetroper. At innløpet til terskelbassenget ved Eikefet er et viktig gyteområde gjenspeiles også i generelt høye tettheter av yngel på stasjonen for elektrisk fiske som ligger i dette området. Andre viktige gyteområder for laks finnes på utløpet av Bruhølen, på innløpet til Rundhølen, og på strekningen rett nedstrøms Rundhølen. Utover disse

områdene vil det også forekomme mer sporadisk gyting av laks på egnede områder. Det kan heller ikke utelukkes at det finnes viktige gyteområder som ikke er oppdaget ved dykkingen.

Sjøauren benytter trolig de fleste av gyteområdene som er beskrevet for laks. Dette gjelder særlig det øverste gyteområdet på innløpet til terskelbassenget ved Eikefet. Den lakseførende strekningen av Mysterelva utgjør et viktig gyteområde som klart domineres av sjøaure framfor laks. I denne sideelva har det de siste årene blitt observert mye sjøaure og mange gyteområder. Disse observasjonene samsvarer med resultatene fra det elektriske fisket i Mysterelva, hvor det er påvist svært høye tettheter av aure. Bortsett fra Mysterelva går sjøauren trolig også opp i bekken fra Leitevatnet for å gyte. Øvrige sidebekker på den lakseførende strekningen er i liten grad tilgjengelig, grunnet vandringshindere, og har trolig liten betydning for rekrutteringen til sjøaurebestanden.



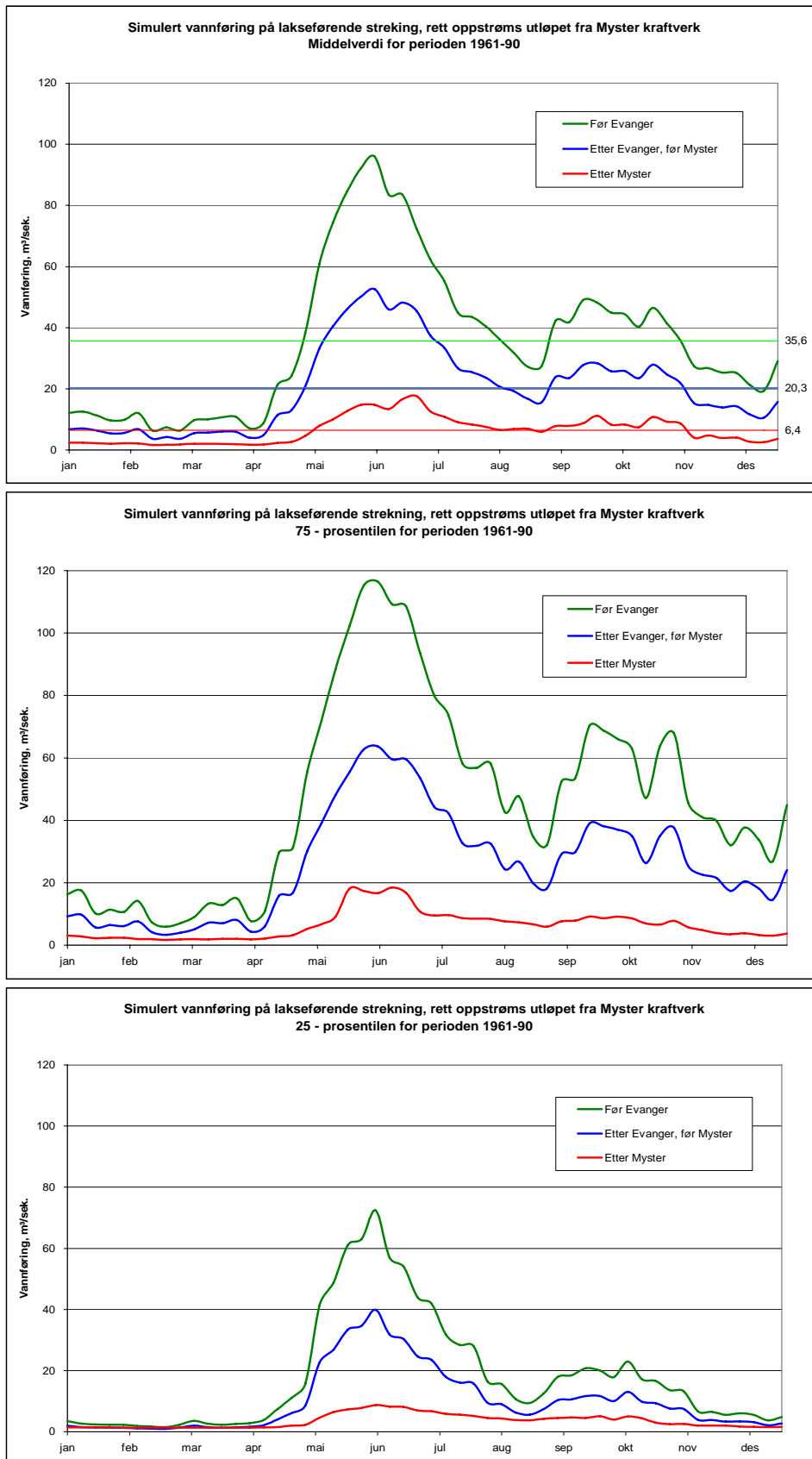
**Figur 4.7.** Lokalisering av viktige gyteområder for laks og sjøaure i Ekso. I tillegg til de inntegnede områdene er det også flere viktige gyteområder for sjøaure i Mysterelva.

## 5. Skadevirkninger av redusert vannføring

### 5.1 Effekter på vanddekt areal, oppvekstområder og ungfiskproduksjon

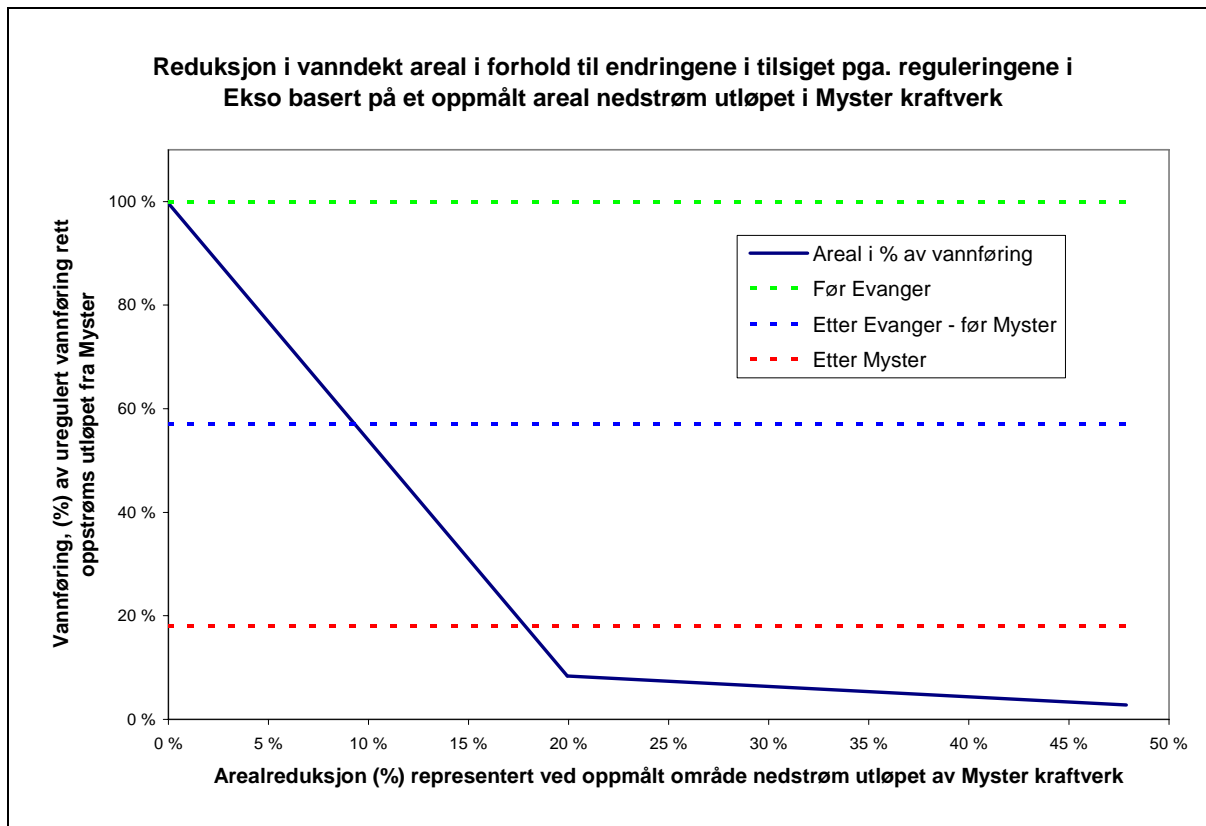
Som følge av overføringen av Eksingedalsvassdraget til Evanger kraftverk som i hovedsak var fullført i 1973, ble middelvannføringen på den lakseførende strekningen redusert fra 35,6 til 20,3 m<sup>3</sup>/s. Etter Myster-reguleringen i 1987 ble middelvannføringen ytterligere redusert til 6,4 m<sup>3</sup>/s (se **figur 5.1**). Disse målingene er beregnet for et punkt beliggende rett oppstrøms utløpet av Myster kraftverk og vil i mer eller mindre grad gjelde for den 1,9 km lange lakseførende strekningen oppstrøms Myster kraftverk. På grunn av at restfeltet reduseres jo nærmere Nesvatnet et kommer, vil restvannføringen bli tilsvarende mindre. Denne strekningen utgjør 56 % av lengden for den totale lakseførende strekning som er 3,4 km. Nedstrøms utløpet av kraftverket vil middelvannføringen i liten grad bli endret som følge av Myster kraftverk. Her vil imidlertid stans i kjøringen av kraftverket føre til kortvarige perioder hvor vannføringen er om lag den samme som ved målepunktet oppstrøms utløpet fra kraftverket. På strekningen nedstrøms kraftverket vil oppstart eller stans av kraftverket føre til brå endringer i vannføringen. Dette forholdet er beskrevet nærmere i **kapittel 6.0**.

Etter Myster-reguleringen ble middelvannføringen på lakseførende strekningen oppstrøms utløpet fra kraftverket redusert med om lag 68% fra 20,3 m<sup>3</sup>/s. til 6,4 m<sup>3</sup>/s. Med denne reduksjonen i vannføring fulgte også en reduksjon i vanddekt areal og dermed tap av tilgjengelig oppvekstareal for ungfisk av laks og aure. Den markerte nedgangen i middelvannføringen tilsier at tapet av oppvekstområder og fiskeproduksjon har vært betydelig. Det foreligger ikke oppmålinger som beskriver forholdet mellom vannføring og vanddekt areal for den lakseførende strekningen. Slike målinger ble imidlertid utført på et begrenset areal nedstrøms utløpet av kraftverket. Estimater basert på den oppmålte strekningen anslår at den aktuelle reduksjonen i middelvannføring (fra 20,3 m<sup>3</sup>/s til 6,4 m<sup>3</sup>/s) fører til om lag 9 % reduksjon i vanddekt areal og en videre rask reduksjon i vanddekt areal på lavere vannføringer (**figur 5.2**). Estimater er imidlertid beheftet med usikkerhet grunnet få målepunkter på kurven. Ekstrapolering av disse resultatene til hele den lakseførende strekning er ikke mulig grunnet varierende utforming (bredde og dybde) av elveprofilen. Til tross for disse begrensningene underbygger målingene vurderingen av at reguleringen medførte et betydelig tap av vanddekt areal på den lakseførende strekningen



**Figur 5.1.** Middelverdi (øverst), 75% persentil (midten) og 25% persentilene for simulert vannføring basert på data fra perioden 1961- 1990. Hver figur viser vannføringen for naturtilstanden og i perioden mellom Evanger- og Myster-reguleringen, og etter Myster-reguleringen. Figurene er basert på målinger fra et punkt rett oppstrøms utløpet fra Myster kraftverk og er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.





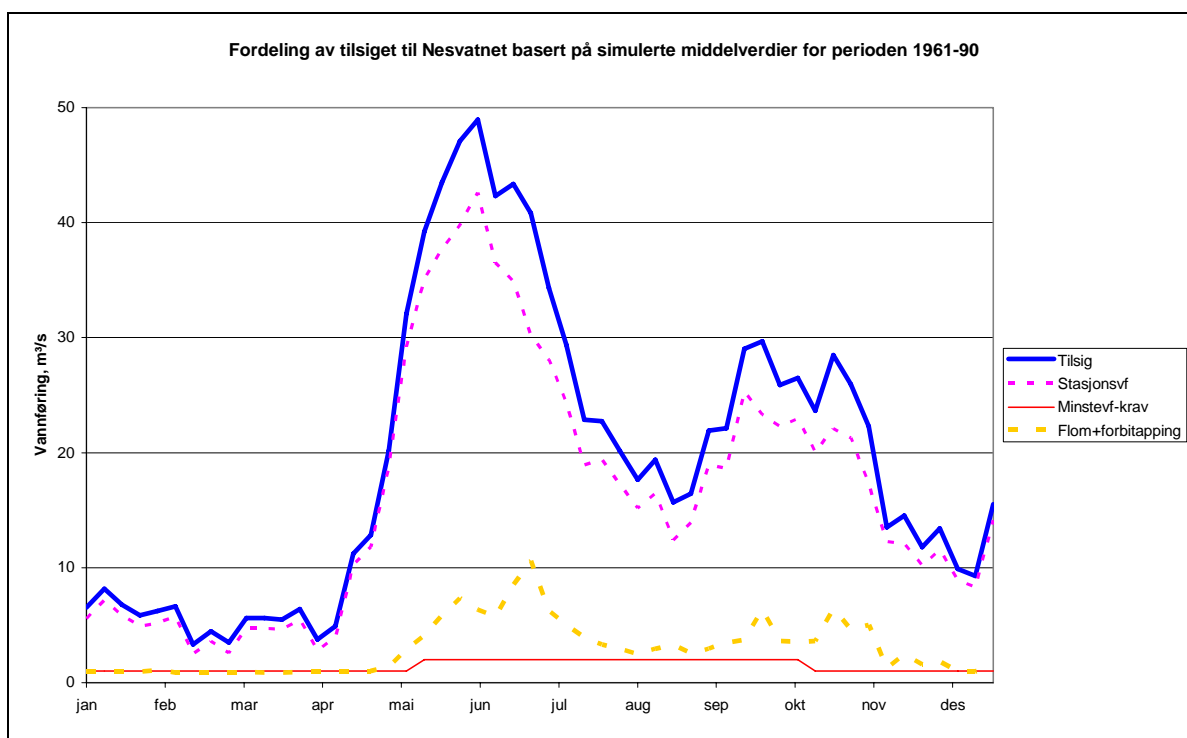
**Figur 5.2.** Estimert endring i vanddekt areal (%) som funksjon av redusert vannføring (%) basert på oppmålinger på et begrenset elveareal nedstrøms utløpet fra Myster kraftverk. Figuren er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.

Hvordan reduksjonen i vanddekt areal vil påvirke fiskeproduksjonen vil være avhengig av kvaliteten på områdene som er gått tapt. Vannhastighet, vanddyp og bunnsubstrat synes å være de viktigste faktorene som styrer fiskens valg av habitat. Partier med kulp-stryk variasjon og med variert bunnsubstrat med gode skjulmuligheter er mer gunstig som oppveksthabitat enn mer homogene områder med få muligheter for skjul (Heggenes 1989, 1991). Habitatpreferansene er også forskjellig mellom ungfisk av laks og aure, og forandrer seg med størrelsen på fisken. Laks synes generelt å foretrekke mer strømrrike partier enn auren, og de eldre årsklassene foretrekker dypere vann enn mindre fisk. Ulike elvestrekninger kan derfor variere mye i hvor egnet de er som oppvekstområde for fisk. Hvilke typer habitat som er gått tapt vil derfor være en avgjørende faktor for hvordan redusert vannføring påvirker ungfiskproduksjonen.

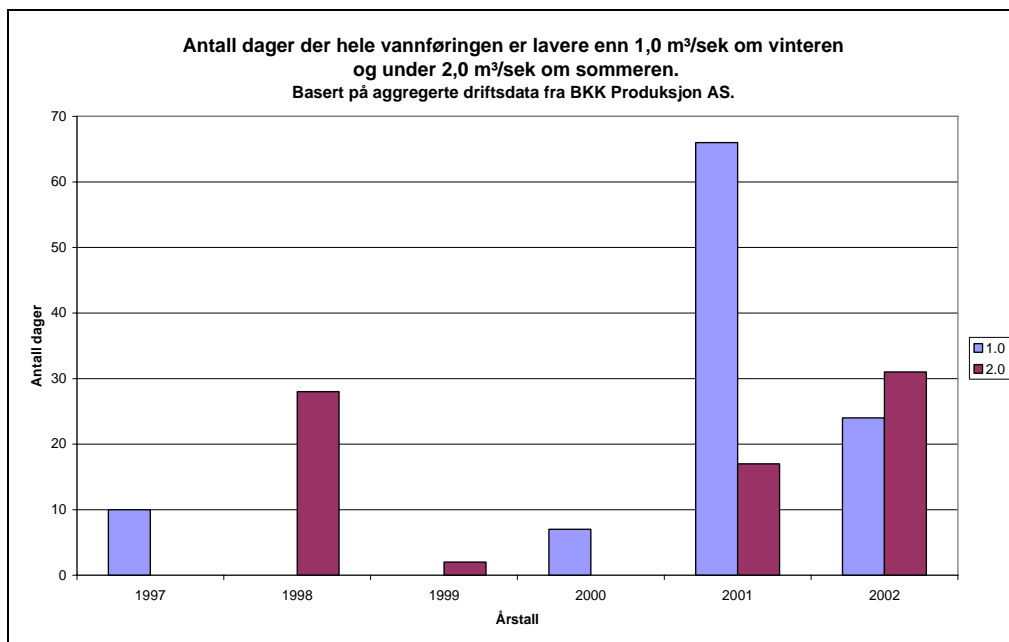
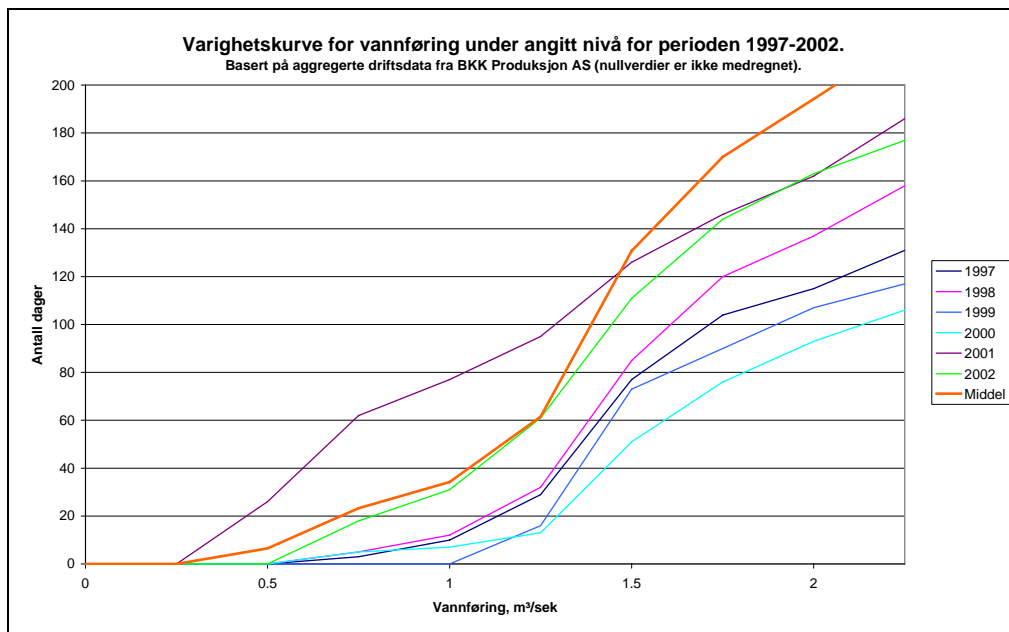
Fordelingen av simulert tilsig til Nesvatnet er gitt i **figur 5.3** og viser at det i perioder av sommerhalvåret vil være overløp ved Nes-dammen. I slike perioder vil vannføringen være høyere enn målet for minstevannføring. I vintermånedene vil derimot vannføringen være nær minstevannføringen. Tilsig fra felter nedstrøms Nesvatnet fører til at middelverdien for vannføringen målt på lakseførende strekning rett oppstrøms avløpet til Myster kraftverk er på om lag 2,0 m<sup>3</sup>/s om vinteren, mens 25% persentilen for vannføringen vil være om lag 1,4 m<sup>3</sup>/s (**figur 5.1**). Det er sannsynlig at den generelle reduksjonen i vintervannføring har økt vinterdødeligheten for ungfisk og rogn. Dette gjelder særlig på strekningene med en bred og grunn bunnprofil hvor en må forvente stranding og innfrysing av ungfisk

og rogn. En strekning som trolig er særlig utsatt for slike effekter er det viktige gyteområdet rett oppstrøms innløpet til terskeldammen på Eikefet. Dette gyteområdet er fordelt på en tildels svært grunn elveprofil.

I enkelte perioder vil vannføringen gå under målet for minstevannføringen målt ved Langhølen grunnet lavt tilsig til Nesvatnet slik det framgår av **figur 5.4**. Slike episoder kan oppstå både sommer og vinter og forekomsten vil variere fra år til år i henhold til mellomårsvariasjon i tilsiget til Nesvatn. Slike episoder vil føre til tørrlagging av store areal og forsterker skadevirkningene av en generelt lav vannføring.



**Figur 5.3.** Tilsiget til Nesvatnet fordelt på stasjonsvannføring, og forbitapping og flomoverløp over dammen i Nesvatn. I tillegg er minstevannføringskravet tegnet inn (hele vannføringen til Nesvatnet inntil 2 m<sup>3</sup>/s i tiden 15.05 – 15.10, og inntill 1,0 m<sup>3</sup>/s i tiden 16.10 – 14.05 målt ved Langhølen). Figuren er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.



**Figur 5.4.** Varighetskurve (øverst) for lave vannføringer målt ved Langhølen. Nederste figur viser antall dager i årene 1997-2002 hvor vannføringen er under 1,0 m³/s i perioden 16.10 – 14.05 og under 2 m³/s i perioden 15.05-05. Figurene er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.

## 5.2 Effekter på gyteområdene til laks og sjøaure

Det er godt kjent at laksefisk er svært selektive ved valg av gyteplass. Hunnfisken velger en gyteplass innefor gitte rammer av vanddyb, vannhastighet og særlig substratforhold (Belding 1934; Chapman 1988; Crisp & Carling 1989). Mystrereguleringen førte trolig til et betydelig tap av gyteområder som følge av tørlegging, eller redusert vanddyb og vannhastighet. Det er rimelig å anta at dette har redusert rekrutteringspotensialet til fiskebestandene. Et annet forhold som kan ha påvirket rekrutteringen negativt er at den lave vintervannføringen som nevnt øker sannsynligheten for tørlegging og innfrysing av gytegroper.

Det er registrert noen nye, mindre gyteplasser i tilknytning til tersklene men grovt substrat (stein og blokk) setter her en klar begrensning for omfanget av gytingen. Etableringen av slike nye gyteområder kan på ingen måte kompensere for gyteområdene som er gått tapt som følge av reguleringen.

Imidlertid er det viktig å merke seg at de samlede resultatene fra gytefisktellningene, lokaliseringen av gyteområder og ungfiskundersøkelsene viser at det også etter Myster-reguleringen finner sted naturlig reproduksjon av laks og aure på flere gyteområder både oppstrøms og nedstrøms utløpet av Myster kraftverk. Disse resultatene er positive i forhold til antagelsene gitt i skjønnet for Myster kraftverk hvor det ble antatt at hele den lakseførende strekningen oppstrøms utløpet fra Myster kraftverk ville gå tapt som gyteområde for laks (Raddum og Fjellheim 1984).

## 6. Kjøring av Myster kraftverk

Myster kraftverk har ingen reguleringsmagasin og produserer energi etter tilsiget i Ekso. Når tilsiget til inntaket i Nesvatnet er mindre enn 30 – 40 m<sup>3</sup>/s, samles det opp vann i Nesvatnet som deretter kjøres gjennom på beste virkningsgrad i kraftverket. Driften av Myster kraftverk medfører derfor tildels brå og store endringer i vannføringen på elvestrekningen nedstrøms utløpet av kraftverket. I kjøreinstruksen for Myster kraftverk (av 01.07.1993) heter det; sitat: ” Med mindre feil eller vanskelige situasjoner oppstår, kjøres 30 MW (15 m<sup>3</sup>/s) eller mindre ca ½ time før stopp, for at fisk i elva skal merke reduksjonen i vannføringa og ha anledning til å trekke ut på dypere vann.” Denne instruksjonen følges normalt ved å velge 30 MW (15 m<sup>3</sup>/s) (eller noe lavere) i minst ½ time, deretter reduksjon til stopp i løpet av 2 – 5 minutter.

De grunne områdene langs elvebredden representerer viktige fiskehabitat og disse områdene er også de som i størst grad blir tørrlagt som følge av reduksjon i vannstanden ved avslag i kraftverket. I slike situasjoner strander fisk som ikke trekker ut på dypere vann når vannstanden synker. Tidligere studier har vist at raske reduksjoner i vannføringen nedstrøms utløp fra kraftverk kan resultere i massiv stranding blant ungfisk hos laks og aure (bla. Hvidsten 1985, Saltveit et al. 2001). Forseth et al. (1996) fant at slik stranding av ungfisk som følge av vannstandsreduksjon etter avslag i kraftverk var den mest sannsynlige årsaken til redusert ungfiskproduksjon og lavere fangst av laks nedstrøms kraftverk i Altaelva.

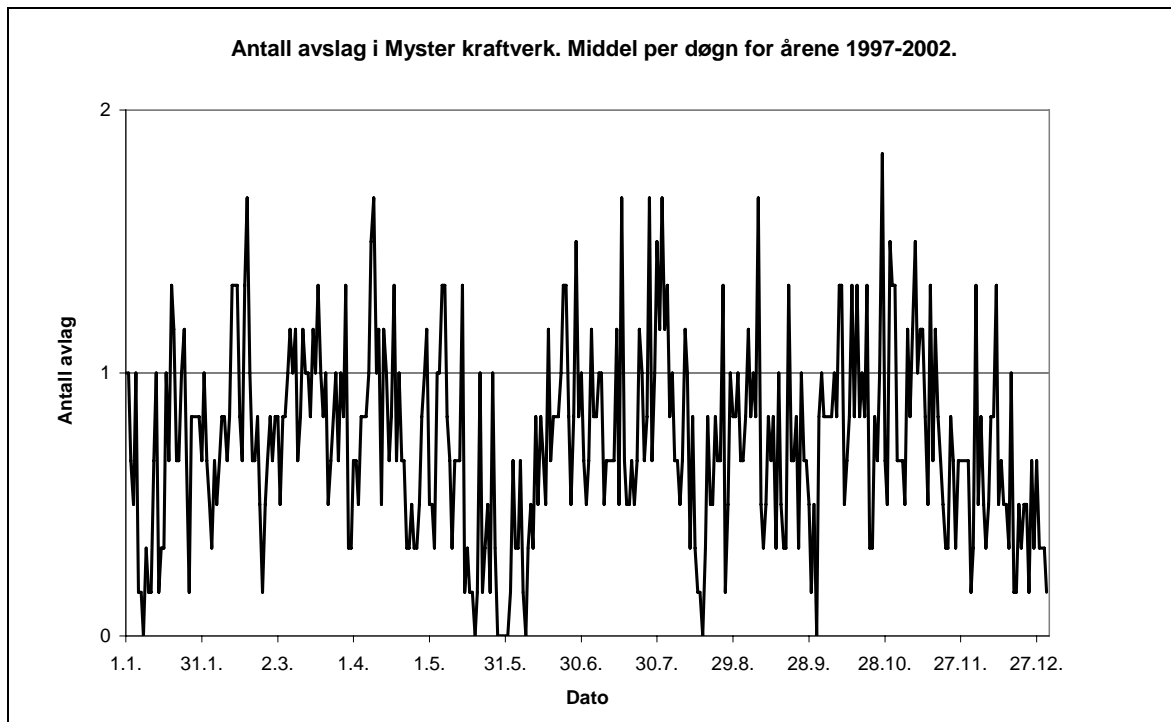
Sannsynligheten for stranding ved vannstandsreduksjon vil være avhengig av flere forhold. I et studie utført av Saltveit et al. (2001) var frekvensen av stranding høyere om vinteren enn om sommeren. Dette skyldes trolig at fisken er mindre aktiv ved lave temperaturer om vinteren og at den i større grad gjemmer seg i substratet. Det er også funnet forskjeller i strandingsfrekvens for fisk mellom dag og natt. Om vinteren strandet det mer fisk om dagen enn om natten, mens om sommeren var situasjonen motsatt med mer stranding om natten enn om dagen (Saltveit et al. 2001). De høyeste strandingsfrekvensene og de største skadevirkningene for ungfisken ble med andre ord registrert på dagen vintertid.

Strandingsfrekvensen går ned ved å senke hastigheten på vannstandsreduksjonen, men effekten av dette vil trolig variere gjennom sesongen. Saltveit et al. (2001) fant at en veldig sakte reduksjon i vannstand (0,2 cm/min) nesten eliminerte problemet med stranding på våren, mens tilsvarende sakte vannstandsending på vinteren hadde liten effekt. De samme studiene viste også at fisk som har vært utsatt for flere vannstandsendinger tidligere ikke viser noen større unvikelsesatferd enn fisk som blir utsatt for stranding for første gang. Disse resultatene tyder på at fisken ikke er i stand til å unnvike brå vannstandsreduksjoner gjennom erfaring og læring.

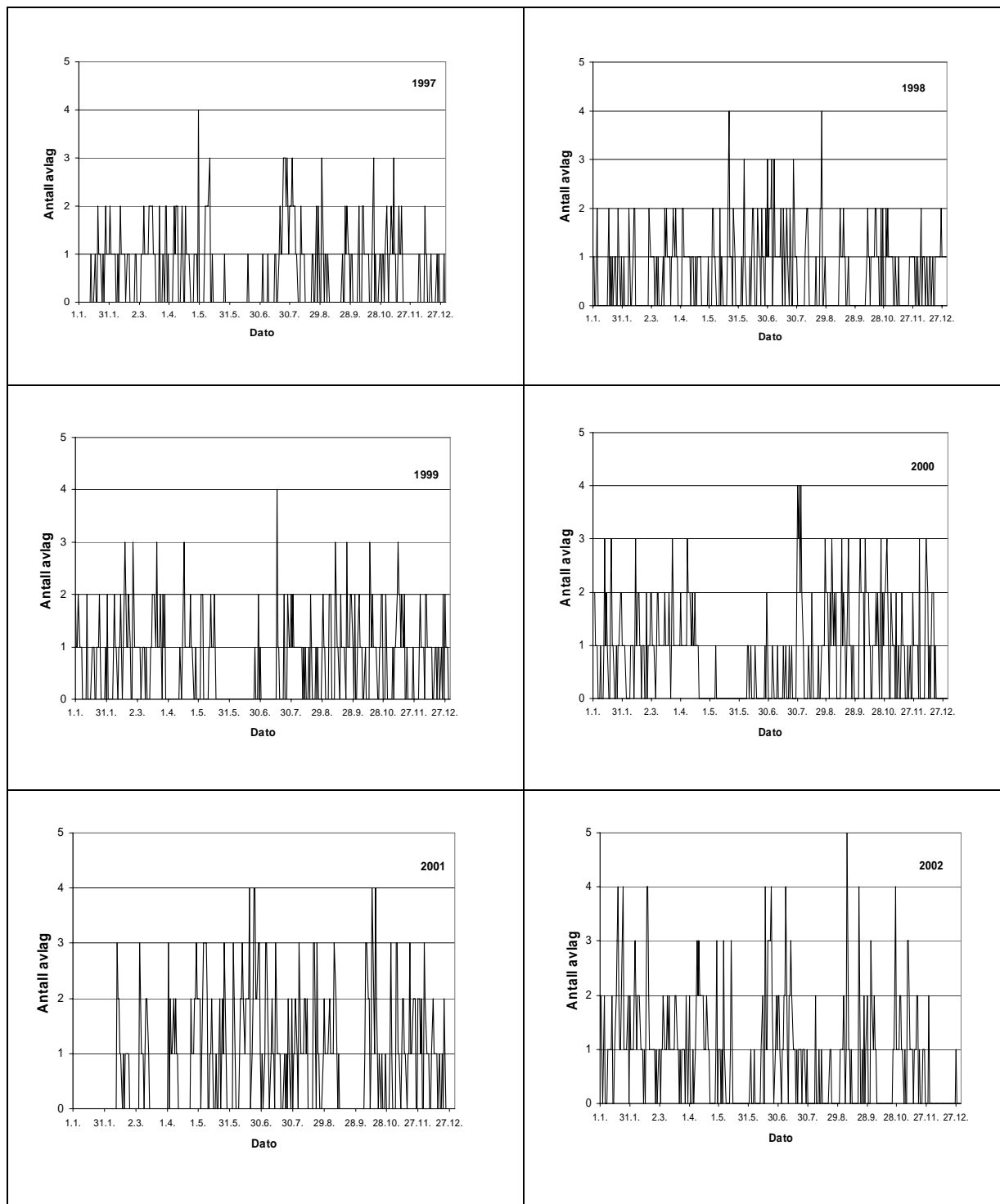
### 6.1 Stranding av fisk nedstrøms Myster kraftverk

Effekten av stranding på fiskebestanden nedstrøms utløpet av Myster kraftverk vil være avhengig av hvor ofte og når avslag i kraftverket inntreffer, samt hvor hurtige og hvor store endringen i vannføringen blir. Gjennomsnittlig avslag per døgn i Myster kraftverk for perioden 1997-2002 (**figur 6.1**) viser

ingen klar trend gjennom året. Avslagene skjer relativt hyppig, i gjennomsnitt 269 (sd=35,1) ganger i året for perioden 1997-2002. Vanligvis vil en ha lengre perioder da vanntilførsel er så stor at kraftverket kan drives uten stans, mens en i perioder med mindre vannføring vil måtte stanse kraftverket mens det oppmagasineres driftsvann i Nesvatnet. I slike perioder vil en gjerne få flere avslag i løpet av ett døgn (**figur 6.2**).



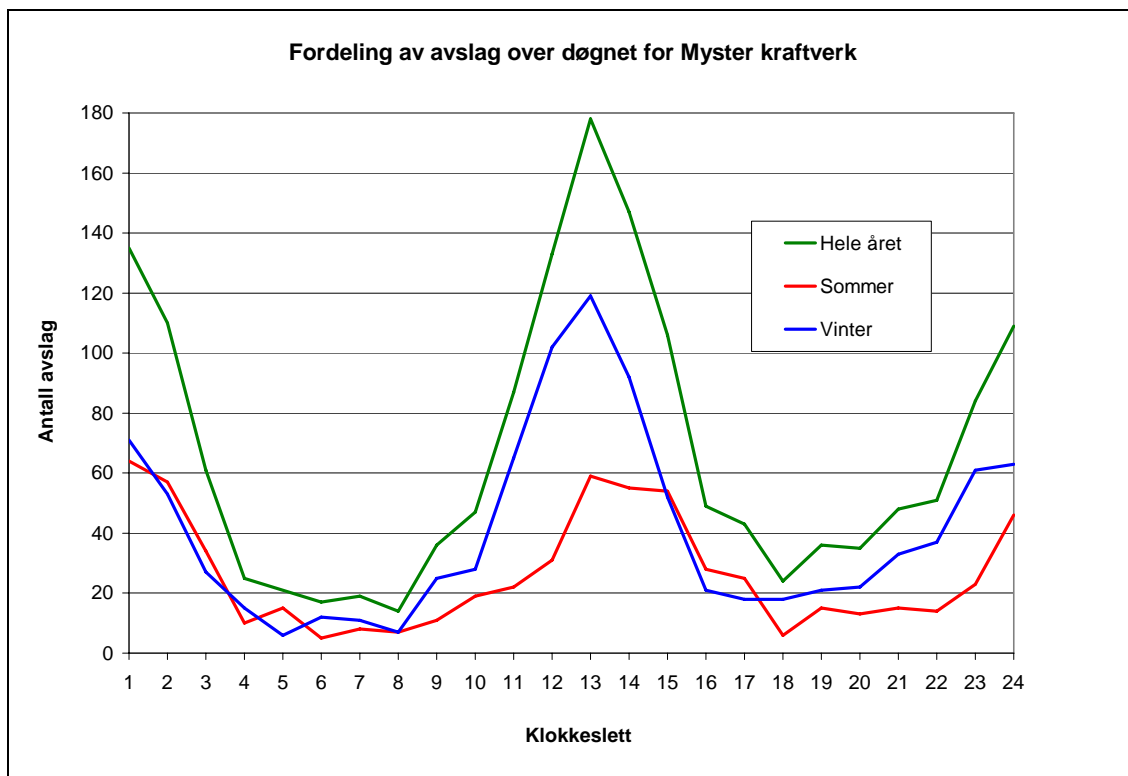
**Figur 6.1.** Gjennomsnittlig avslag per døgn i perioden 1997-2002 i Myster kraftverk. Basert på driftsdata fra BKK produksjon AS. Figuren er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.



**Figur 6.2.** Antall avslag gjennom året i forbindelse med driften av Myster kraftverk i perioden 1997-2002. Basert på driftsdata fra BKK produksjon AS. Figurene er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.

Når en ser på fordelingen over døgnet, ser en at avslagene opptrer oftest midt på dagen, og deretter med en topp midt på natten. Årsaken til dette driftsmønsteret er allmene hensyn til ferdseil tilknyttet elva. Dette mønsteret gjelder både sommer og vinter men om sommeren vil det generelt være færre avslag grunnet større vannføring (**figur 6.3**). Den nedre slukevnen i kraftverket er 13 m<sup>3</sup>/s. Dette tilsvarer den laveste vannføringsendringen som oppstår etter et avslag i kraftverket. Hurtige

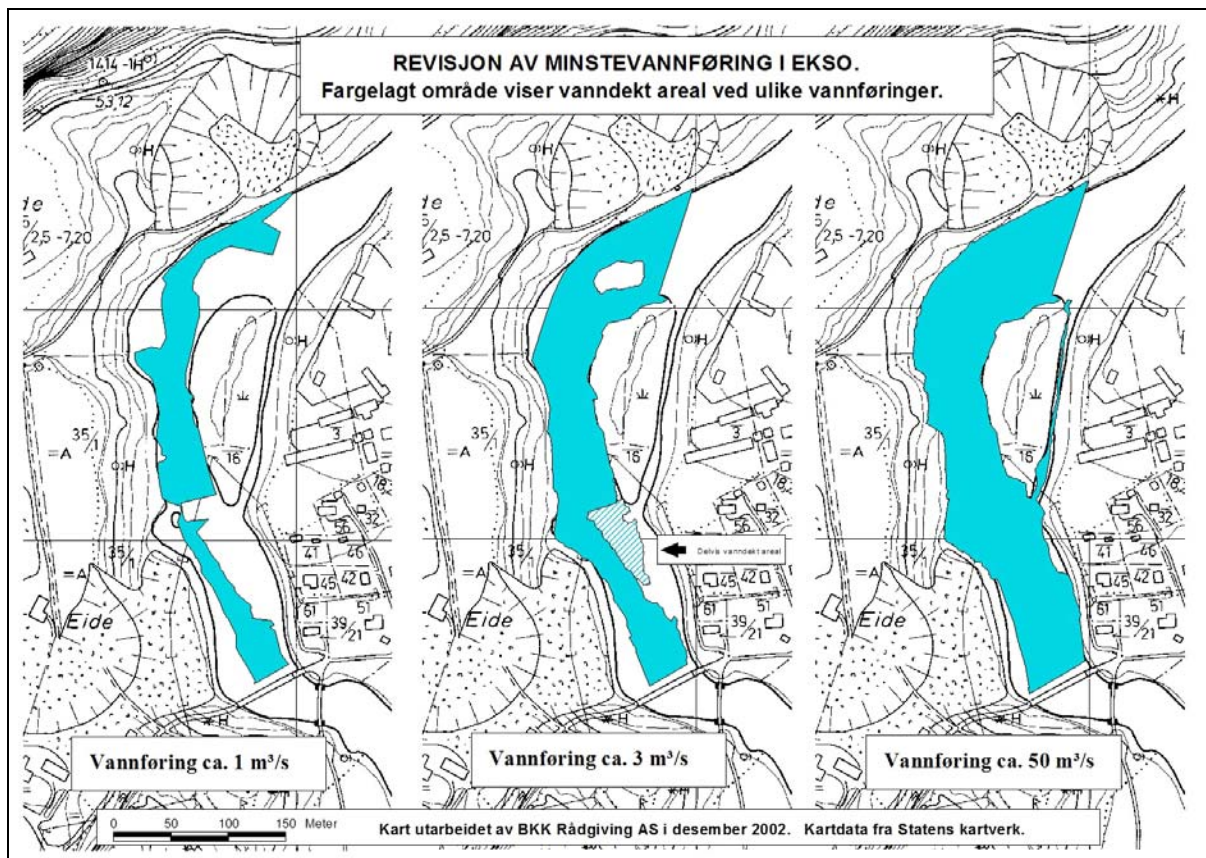
vannstandsendringer som etterfølger et avslag i kraftverket vil som oftest være rundt 13 m<sup>3</sup>/s eller noe høyere, men vannføringsendringer på over 35 m<sup>3</sup>/s kan forekomme i enkelte tilfeller (**figur 6.5**).



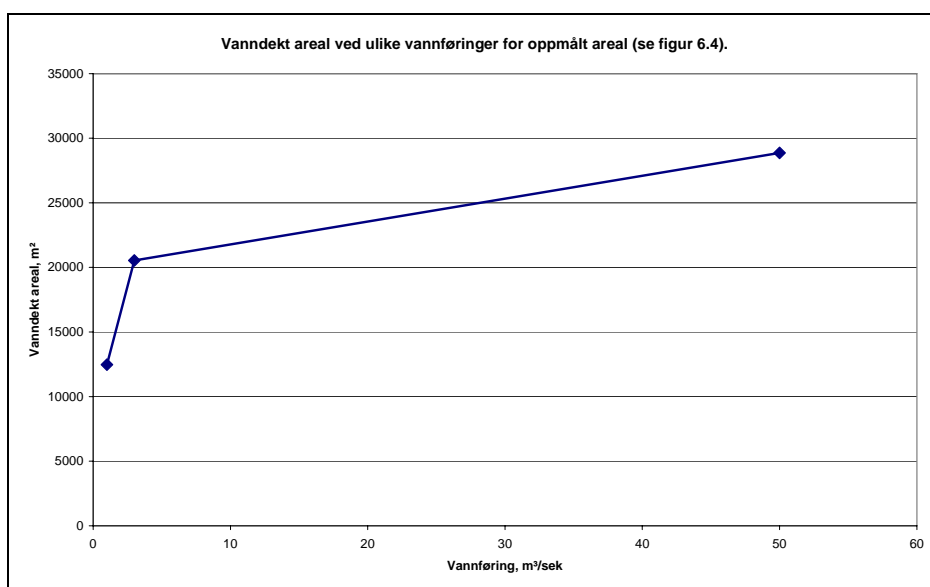
**Figur 6.3.** Antall avslag gjennom døgnet for hele året og fordelt på vinter- og sommersituasjon for perioden 1997-2002. Basert på driftsdata fra BKK produksjon AS. Figuren er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.

For å gjøre rede for hvordan gitte reduksjoner i vannføring påvirker det vanndekte arealet, ble et avgrenset område på elvestrekningen nedstrøms Myster kraftverk valgt ut. På dette området ble vanndekt areal ved tre ulike vannføringer målt opp. Resultatene illustrerer hvordan grunne parti blir tørrlagt ved de gitte endringene i vannføring (**figur 6.4**).

Med utgangspunkt i vanndekt areal ved de tre registrerte vannføringene er sammenhengen mellom vannføring og vanndekt areal estimert (**figur 6.5 og 6.6**). Kurven er som nevnt bare basert på tre punkter hvor det er antatt et lineært forhold mellom punktene. På grunn av få punkter er det usikkerhet beheftet med kurveforløpet og bruken av kurven gir kun et grovt mål på det aktuelle forholdet (**figur 6.6**). Disse målingene kan ikke ekstrapoleres til å gjelde hele strekningen nedstrøms utløpet av kraftverket siden forholdet mellom areal og vannføring vil variere med utformingen av elveprofilen. Det oppmålte område dekker 33 % av det totale elvearealet nedstrøms utløpet av Myster kraftverk.

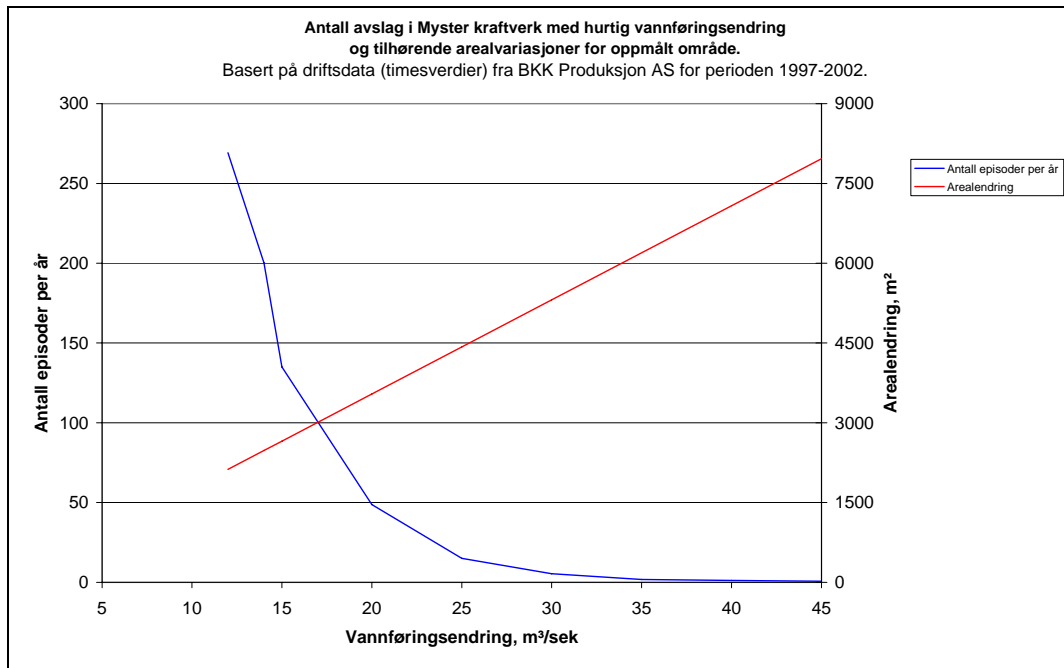


**Figur 6.4.** Figur som viser vanndekt areal ved tre ulike vannføringer. Det skraverte området på det midterste kartet var delvis vanndekt. Figuren er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.



**Figur 6.5.** Forhold mellom vannføring og vanndekt areal basert på målinger et avgrenset areal på elvestrekningen nedstrøms Myster kraftverk. På grunn av få målepunkt er kurven mellom punktene antatt lineær. Figuren er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.

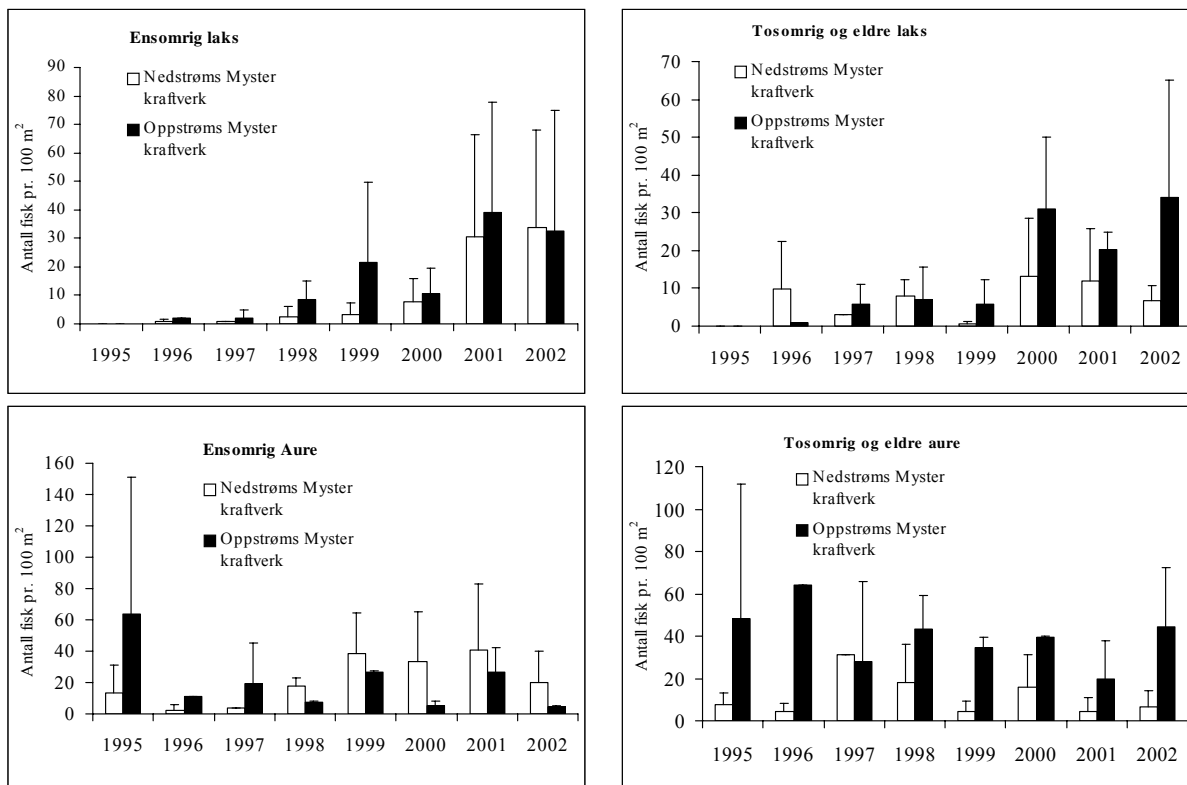




**Figur 6.6.** Antall avslag med hurtige vannføringsendringer fra Myster kraftverk, og tilhørende reduksjon i vanddekt areal på et avgrenset oppmålt område på elvestrekningen nedstrøms Myster kraftverk. Antall episoder er basert på timesverdier for produksjon i MWh fra BKK Produksjon AS. Nedre slukeeveene er 13 m<sup>3</sup>/s. Alle midlere timesverdier under 13 m<sup>3</sup>/s indikerer derfor at stasjonen er stanset i løpet av denne timen. Alle verdier under 13 m<sup>3</sup>/s er derfor satt til 0. Arealendringen er basert på utarbeidet areal-vannføringkurve for et oppmålt område. Denne kurven er antatt lineær. Det er antatt at størrelsen på restvannføringen ikke påvirker arealendringen. Figuren er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.

Basert på beskrivelsen som her er gitt av vannføringsforholdene nedstrøms Myster kraftverk er det flere faktorer som sannsynliggjør stranding av fisk på den aktuelle strekningen. Vannstandsreduksjonene som følge av avslag i kraftverket reduserer det vanddekte arealet betydelig, og hyppigheten av avslag i kraftverket viser at fisken jevnlig utsettes for episoder som kan medføre stranding. Problemet er ikke like aktuelt på hele elvestrekningen, men mest fremtredende på strekninger med en ugunstig topografi både i lengderetning og tverrprofilmessig. Verst er det på de områdene det danner seg pytter og små bassenger med drenerende bunnmasser. Pyttene eller bassengene vil her langsomt tørke ut og derfor fungere som effektive fiskefeller. Der elvebredden er brattere og jevnere vil fisken lettere kunne følge med etter hvert som vannstanden synker. Samlet vurderes omfanget av strandingen som betydelig, og økt dødelighet som følge av stranding har høyst sannsynlig negativ innvirkning på bestanden av laks- og sjøaure. Det er imidlertid svært vanskelig påvise slike effekter direkte. Strandet ungfisk blir ofte liggende nede mellom steiner, og selv ved omhyggelig leting på den tørrlagte elvebunnen vil en bare finne en svært liten andel av fisken som er strandet (Saltveit et al. 2001). Vurderinger basert på funn eller fravær av strandet fisk vil derfor føre til en klar underestimert av problemet.

Tettheter av ungfisk på elvestrekningene oppstrøms og nedstrøms Myster kraftverk er vist på **figur 6.7**. Tetthetene av tosomrige og eldre ungfisk av laks og aure synes generelt å være høyest på elvestrekningen ovenfor Myster kraftverk. Den samme tendensen gjelder også for ensomrig laks. En lavere tetthet av ungfisk nedstrøms Myster kraftverk kan tyde på at ungfiskbestanden på denne elvestrekningen er svekket av på grunn av stranding. En skal likevel være forsiktig med denne tolkningen siden ulike tettheter på de to strekningene også kan skyldes andre faktorer, som ulike habitat på de undersøkte stasjonene.

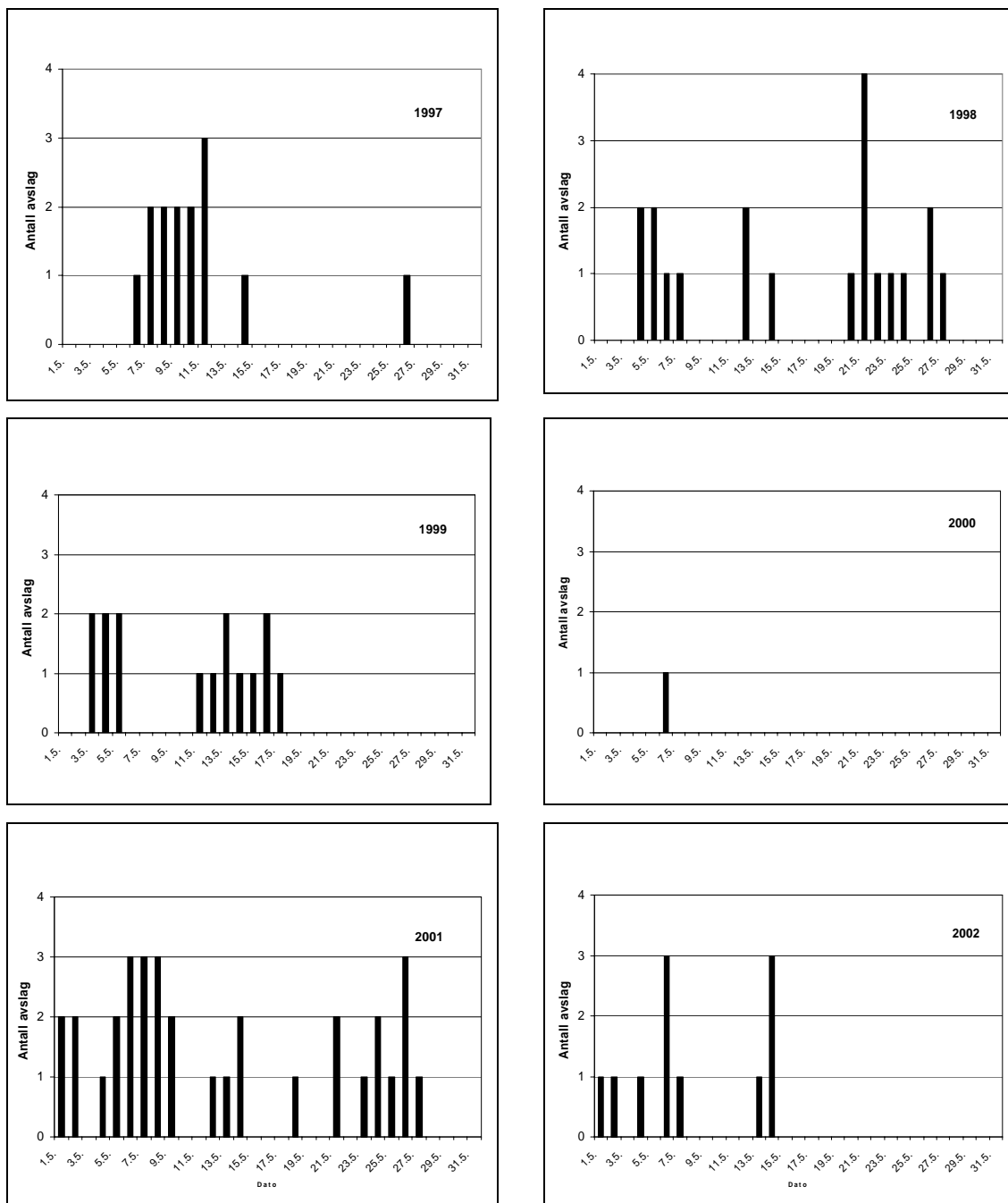


**Figur 6.7.** Gjennomsnittlige tettheter (med standard feil) av ensomrige og eldre ungfisk av laks og aure på elvestrekningene oppstrøms og nedstrøms Myster kraftverk. Det er fisket to stasjoner på hver av strekningene.

## 6.2 Effekter på smoltutgangen

En situasjon hvor kjøringen av Myster kraftverk kan ha en spesielt negativ effekt er under smoltutvandringen. Smoltutvandringen hos laks skjer vanligvis i en konsentrert periode (ca. 3-6 uker) på våren. I tiden før utvandringen gjennomgår ungfisken en rekke morfologiske, fysiologiske og adferdsmessige forandringer som forbereder fisken på overgangen fra ferskvann til sjøvann. Denne prosessen kalles smoltifisering og består blant annet i at fisken blir mer strømlinjeformet og sølvfarget. Den territorielle atferden opphører og smolten samler seg i stimer før vandringen nedover vassdraget tar til (McCormick et al. 1998). Utvandringen skjer hovedsakelig om natten og smolten går da høyt i vannsøyla, like i overflatesjiktet (Hvidsten et al. 1996). Denne atferden gjør trolig smolten spesielt sårbar for stranding, og avslag i kraftverket under smoltutvandringen kan derfor ha en spesielt negativ effekt på fiskebestandene. Utvandringstidspunktet for smolten i Ekso er ikke kjent, men vil trolig være relativt likt som for andre vassdrag i Osterfjordsystemet. I et pågående studie i Vossovassdraget, har utvandrende smolt vært fanget årlig siden 2000, og resultatene herfra viser at laksesmolten vandrer ut fra begynnelsen av mai til midten av juni. Mesteparten av laksesmolten vandrer derimot ut i løpet av den andre og tredje uken i mai. Auresmolten vandrer ut samtidig, men perioden er noe mer langstrakt, og ikke fullt så synkron som for laksesmolten. Ut i fra dette er det rimelig å anta at mesteparten av laks- og auresmolten i Ekso vil vandre ut i løpet av mai måned.

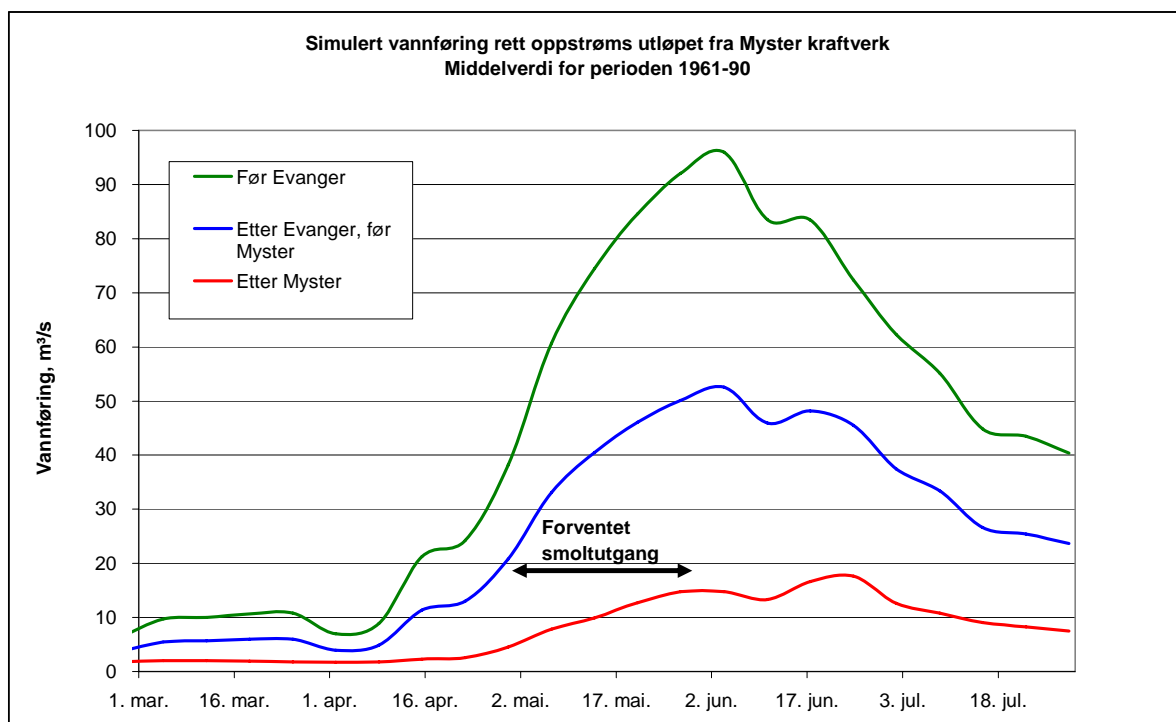
I løpet av perioden 1997-2002 har det i løpet av mai måned vært hyppige avslag i kraftverket (**figur 6.8**), med unntak av i 2000 da det kun var ett avslag i kraftverket. Gjennomsnittlig antall avslag i mai måned for årene 1997-2002 er 15,7. I tillegg skjer avslagene oftest om natten (**figur 6.9**) som er tiden da smolten vandrer nedstrøms og er mest sårbar for stranding.



**Figur 6.8.** Antall avslag i forbindelse med driften av Myster kraftverk i mai i årene 1997-2002. Basert på data fra BKK Produksjon AS. Figuren er utarbeidet av BKK Rådgiving AS.

I tillegg til problemer knytte til stranding vil smoltutvandringen i Ekso også bli påvirket av det endrede vannføringsregime etter Myster-reguleringen. Dette gjelder både på strekningen oppstrøms og nedstrøms utløpet fra kraftverket. Tidspunktet for smoltutvandringen varierer vanligvis noe mellom elver, og styres av flere faktorer. Lysregimet og vanntemperaturen regnes som de viktigste faktorene som initierer smoltifiseringsprosessen, og som avgjør tidspunktet for når smolten er klar til å vandre. Selve utvandringen blir trolig utløst av økende vannføring og vanntemperatur (McCormick et al. 1998). Disse mekanismene har over mange generasjoner blitt tilpasset forholdene i det enkelte vassdrag slik at smolten vandrer ut når forholdene i sjøen er gunstige (McCormick et al. 1998). Normalt vil mesteparten av smolten vandre ut i løpet av noen få dager med stor vannføring i forbindelse med vårfloppen. Denne synkrone utvandringen øker trolig smoltens overlevelse bl.a. ved å redusere predasjonsfaren fra fugl og marin fisk (Hvidsten et al. 1996).

På elvestrekningen ovenfor Myster kraftverk har reguleringene ført til at den karakteristiske vårfloppen som vanligvis utløser smoltutvandringen er blitt forsinket og redusert (**figur 6.8**). Dette kan medføre at smoltutvandringen blir forsinket, og at smoltutgangen bli mindre synkron enn hva tilfelle var før Myster-reguleringen.



**Figur 6.9.** Midlere vannføring for elvestrekningen ovenfor Myster kraftverk før reguleringen ved Evanger kraftverk, før reguleringen ved Myster kraftverk og etter reguleringen ved Myster kraftverk. Tidspunktet for når smolten forventes å gå ut av vassdraget er vist.

På elvestrekningen nedstrøms Myster kraftverk har også mønsteret for vårfloppen blitt endret. På grunn av kraftverket vil smolten her oppleve flere perioder med raskt økende vannføring, før vannstanden deretter hurtig faller igjen. Dette kan føre til at smolten vandrer mer spredt til ulike tider i forhold til den mer synkroniserte utvandringen under en vedvarende vårflopp.

Samlet vurderes det som sannsynlig at Myster-reguleringen har ført til en betydelig redusert overlevelse for utvandrende smolt. Dette skyldes både avslag som kan føre til stranding av smolt og endringen i vannføringsforholdene som kan føre til uheldige endringer i tidspunktet og synkroniseringen av smoltutgangen.

## 7. Effekter av reguleringen på vannkvaliteten - forsuring og kalking

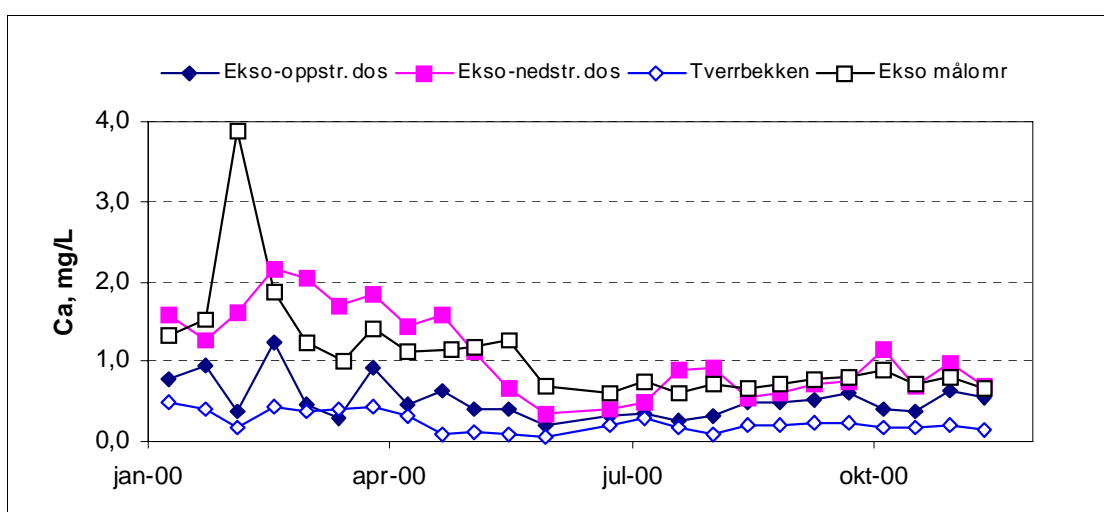
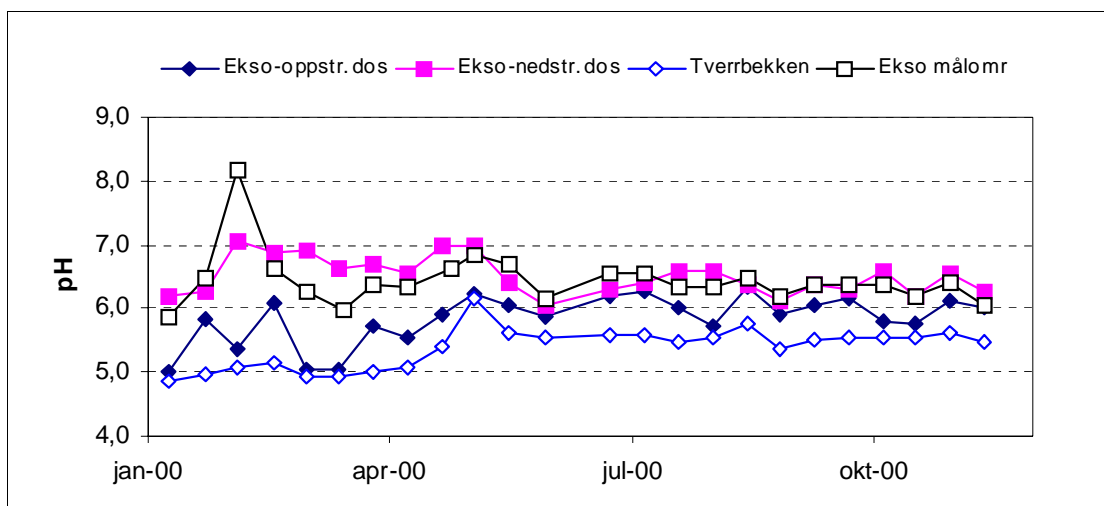
### 7.1 Bakgrunn

På grunn av geologiske forhold er vannkvaliteten i øvre deler av Ekso, oppstrøms Nesvatn, betydelig bedre enn i restfeltet nedstrøms. Sidebekkene fra restfeltet nedstrøms Nesvatn bidrar med surt og aluminiumsrikt vann. Reguleringsinngrepene i Eksingedalselva har, sammen med effekter av sur nedbør, bidratt til en vesentlig forringing av vannkvaliteten på lakseførende strekning. Sterk tilbakegang for laksebestanden i Ekso antas å henge sammen med bl.a. en kombinasjon av endrete hydrologiske forhold forårsaket av regulering, og effekter av suboptimal vannkvalitet.

I 1996 ble det utarbeidet kalkingsplan for Ekso (Kaste *et al* 1996). Kalking av de nedre 10 km av Ekso, inkl. lakseførende strekning, startet opp våren 1997. En kalkdoserer plassert ved Langhølen nær utløpet av Tverrdalsbekken skal avsyre det 48 km<sup>2</sup> store restfeltet nedstrøms Nesvatn, og beskytte lakseførende strekning. Målet er å produsere pH $\geq$ 6,5 fra februar til juni, og pH $\geq$ 6,2 resten av året. Imidlertid forekommer det fortsatt relativt store svingninger i vannkvaliteten i målområdet for kalkingen, noe som til dels henger sammen med store variasjoner i nedbør og vannføring (Bjerknes *et al.* 2001).

**Figur 7.1** viser verdiene av pH og kalsium i sideelven Tverrbekken og i Ekso oppstrøms og nedstrøms dosering, samt fra målområdet (oppstrøms Myster kraftverk) i 2000. Målingene er gjort på flaskeprøver tatt for doseringskontroll. Tverrbekken, som renner ut i Ekso ved doseringsanlegget, nyttes som representant for restfeltet, og inngår i styringen av dosereren. Verdiene før kalking gir en indikasjon på behovet for kalking for å skape en tilfredsstillende vannkvalitet for laks. Verdiene fra målområdet viser flere episoder med pH-verdier under pH-målet, og tilsvarende lave kalsiumverdier. Dette tolkes som situasjoner der kalkdosereren ikke takler bidragene fra restfeltet mellom dosereren og målområdet.

Det sure vannet som tilføres via sidebekkene får særlig betydning for vannkjemien i Ekso i forbindelse med moderate nedbørepisoder som bidrar til høy vannføring i sidebekkene, uten overløp over Nesvatn-dammen. I slike tilfeller kan sidebekkene bidra til betydelig forverring av vannkvaliteten i hovedelven nedstrøms dosereren. Ved mer betydelige nedbør- og snøsmeltingsepisoder, der tilsiget overskrider slukeevnen til Myster kraftverk på 50 m<sup>3</sup>/s, slippes overskytende vann over dammen ved Nesvatn, slik at det relative bidraget fra restfeltet blir lite.



**Figur 7.1.** Resultater av DNs vannkjemikontroll-prosjekt mht. pH og kalsium fra Ekso ovenfor og nedenfor doserer, fra målområdet (oppstr. Myster kraftverk) og fra Tverrdalsbekken (ukalket sideelv) i 2000.

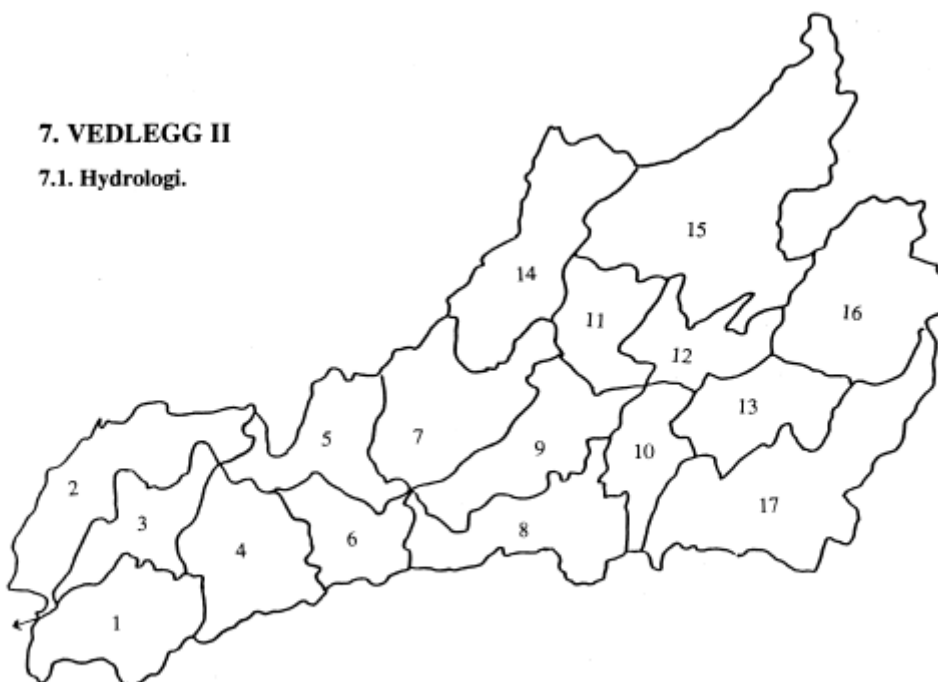
## 7.2 Minstevannføring

For å illustrere vassdragsreguleringens effekt på vannkvaliteten i nedre del av Ekso har vi benyttet et vannprøvesett fra oktober 1995 fra hvert av delfeltene 1-16 i **figur 7.2** nedenfor (Kaste *et al.* 1996). På dette tidspunkt av året har høstomrøring funnet sted, og vannkvaliteten kan sies å utgjøre et representativt gjennomsnitt. Prøvene ble bl.a. analysert for pH, kalsium (Ca) og labilt aluminium (LAl).

I **tabell 7.2** har vi delt bidragene fra de ulike feltene i to grupper, der delfelt 1-3 tilsammen utgjør restfeltet nedstrøms Nesvatn, mens de øvrige delfeltene utgjør det regulerte feltet. Ved å summere mengdene av labilt aluminium i forhold til vanntilførsel fra hele feltet, og deretter for restfelt og regulert felt, framkommer følgende vanntilførsler over året og gjennomsnittlige konsentrasjoner av LAl (**tabell 7.2 og 7.3**). Dette gir et gjennomsnittsbilde av tilført labilt aluminium til nedre del av Ekso før og etter regulering.

## 7. VEDLEGG II

### 7.1. Hydrologi.



Figur 7.1. Oversikt over delfelter i Eksingedalsvassdraget

Tabell 7.1. Hydrologiske data for delfelter i Eksingedalsvassdraget.

Delfelt	Areal <i>km<sup>2</sup></i>	Sp. avrenning <i>l/s/km<sup>2</sup></i>	Tilslg <i>mill.m<sup>3</sup>/år</i>
1 Mysterelva	22,5	88,1	62,5
2 Fitstølbekken, Selsteinelva, Tverrdalsbekken	26,6	79,8	66,9
3 Bekk fra Leifevatna	14,7	75,1	34,8
4 Sjørdalselva	23,6	87,5	65,1
5 Skorsdalselva	18,4	79,4	46,1
6 Storebekken	14,3	80,3	36,2
7 Fagerdalselva	27,6	85,2	74,2
8 Mondalselva	23,6	80,6	60
9 Hundalselva	22	72,5	50,3
10 Loneelva	12,8	78,0	31,5
11 Nordalselva	15,3	74,8	36,1
12 Bekk fra Holmavatn, Kvanndalselva	14,3	71,6	32,3
13 Ekso v Gullbrå	18,1	67,1	38,3
14 Skjerjavatn	29,2	94,0	86,6
15 Vassøyane	58,1	89,6	164,2
16 Grøndalsvatn	32	84,5	85,3
17	40,3	86,0	109,3
<b>SUM</b>	<b>413,4</b>	<b>82,8</b>	<b>1079,7</b>

Figur 7.2. Delnedbørfelt i Eksingedalsvassdraget prøvetatt 10. oktober 1995 (fra Kaste et al. 1996).

**Tabell 7.2.** Nedbørfelt med angivelse av punkter (UTM) for innløp i Ekso, vannkjemi og avrenning. Vannprøvene ble innsamlet 10. oktober 1995.

Delfelt	Innløp til Ekso (UTM)	Beskrivelse	Vannkjemi			Hydrologi		
			pH	Ca mg/L	LAI µg/L	Tilsig mill. m <sup>3</sup> /år	Mg LAI pr år	Middel kons LAI
1. Mysternelva			5,45	0,5	24	62,5	1500	
2. Fitstølbekken,	405267	Ved Eikemo	4,95	0,1	55			
2. Selsteinelva,	427280	Nedstr. tunnel til Modalen fra nord		0,1	55			
2. Tverrdalsbekken	430294	Nedstr. Høvik fra nord		0,1	55	66,9	3700	
3. Bekk fra Leifevatna	391265	Nedstr. Eikemo fra sør	5,25	0,6	80	34,8	2800	49 µg/L
4. Sjørdalselva	422337	Oppstr. Nesvatn fra sør	5,10	0,2	64	65,1	4200	
5. Skorsdalselva	426360	Oppstr. Nesvatn fra nord	5,10	0,1	40	46,1	1800	
6. Storebekken	415378	Ved Laviki fra sør	5,20	0,2	40	36,2	1500	
7. Fagerdalselva	426390	Oppstr. Laviki fra nord	5,30	0,4	37	74,2	2800	
8. Mondalselva	432448	Nesheimsvatn fra sør	5,85	0,4	10	60	600	
9. Hundalseva	439448	Nesheim fra nord	5,90	0,5	0	50,3	0	
10. Loneelva	451465	Mellom Nesheim og Trefall fra sør	5,70	0,4	15	31,5	500	
11. Nordalselva	473477	Oppstr. Trefall fra nord	5,85	0,6	5	36,1	200	
12. Bekk fra Holmavatn	473496	Ekso nedstr. Gullbrå fra nord	6,15	0,7	0			
12. Kvanndalselva	486466	Nordalselva fra øst	6,15	0,7	0	32,3	0	
13. Ekso ved Gullbrå	470518	Gullbrå	5,70	0,6	5	38,3	200	
14. Skjerjavatn	543454	Skjerjo	5,35	-	8*	86,6	700	
15. Vassøyane	556504	Sør for Grøndalseggjane	6,15	-	2*	164,2	300	
16. Grøndalsvatn	482545	Nord-øst for Gullbrå	5,50	-	2*	109,3	200	16 µg/L



**Tabell 7.3** indikerer at gjennomsnittskonsentrasjonen av LAI i nedre del av Ekso før regulering var 24 µg/L. Ved å "ta bort" den øvre delen av feltet har denne gjennomsnittskonsentrasjonen økt til 64 µg/L. Regnestykket viser at reguleringen har bidratt i vesentlig grad til en dårligere vannkvaliteten på laksførende strekning. I tillegg vil mindre vannføring i hovedløpet gjøre at den negative effekten av episoder ved oppflomming av sideelvene blir større.

**Tabell 7.3.** Årlige vanntilførsler og konsentrasjoner av LAI.

Nedbørfelt	Vanntilførsel (mill. m <sup>3</sup> /år)	Middelkons. LAI (µg/L)
Restfelt mellom Nesvatn og Myster kraftstasjon	164,2	64
Feltet oppstrøms Nesvatn	830,2	16
Tilsammen	994,4	24

### 7.3 Hydrologisk og vannkjemisk modellering

Kalking i et regulert vassdrag med store variasjoner i både vannføring og vannkvalitet er problematisk med hensyn til å oppnå en stabil vannkvalitet. For å få en bedre oversikt over hvordan dette kan oppnås har vi foretatt en hydrologisk og vannkjemisk modellering av Eksingedalselva nedenfor doseringspunktet (Bjerknes & Tjomsland 2001; Bjerknes *et al.* 2001).

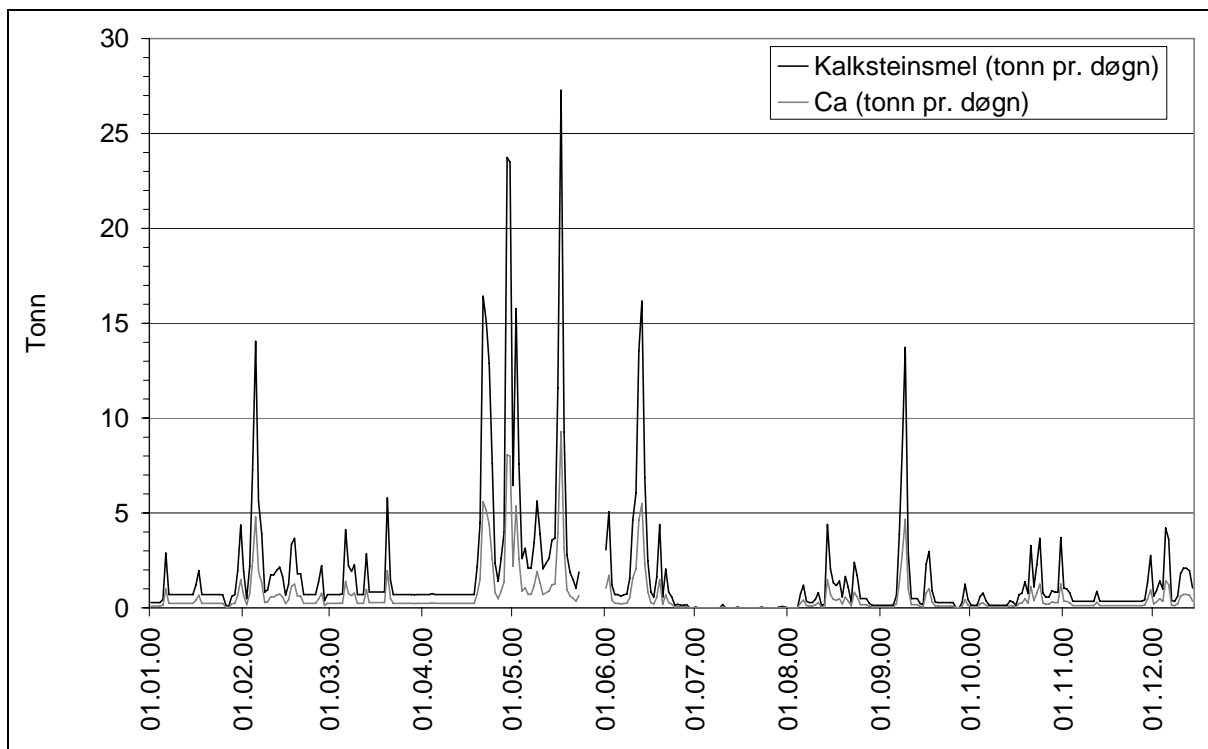
Til modellering av den hydrologiske og vannkjemiske dynamikken i nedre del av Eksingedalselva, er det benyttet overvåkingsdata og data fra en episodekampanje som ble gjennomført vinteren og våren (desember-juni) 1999-2000. I denne perioden var nedbøren 176% av normal, og mildværsperioder førte til snøsmelting og nedbør i form av regn i løpet av vinteren. Vannføringen ved doseringspunktet lå i hele perioden godt over minstevannføringskravet på 1 m<sup>3</sup>/s, noe som ga gode forhold for kalkoppløsning, samtidig som det relative vannbidrag nedstrøms dosereren ble lavt. Det forekom derfor relativt få kritiske episoder m.h.t. suboptimal vannkvalitet i hovedelven i denne perioden. Modellering av labilt aluminium basert på kontinuerlig pH-måling indikerer likevel episoder med opp til 30 µg/L labilt aluminium i hovedelven (se **figur 7.7** nedenfor). Dette er konsentrasjoner som anses skadelige for laksesmolt.

Episodekampanjen påviste kritiske vannkvaliteter i sidebekkene, med middel-pH ned til 5,0, og middelveidier for labilt aluminium mellom 20 og 101 µg/L (verdier framkommet ved vannanalyser). Ved lav vannføring i hovedelva kan slike bidrag skape kritiske forhold for fisk.

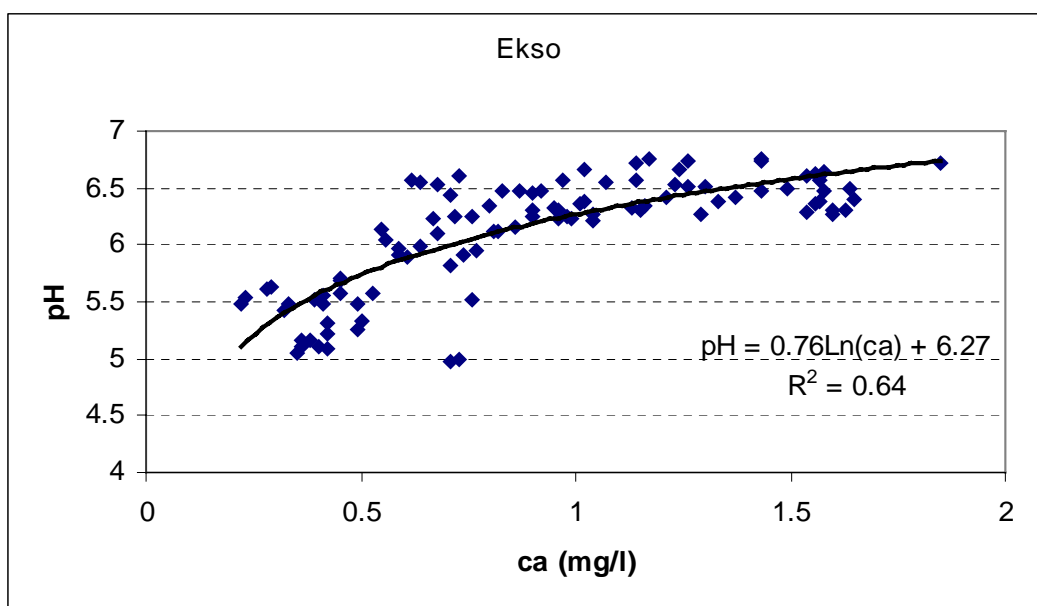
#### Hydrologisk modellering av kalktransport

Vi har benyttet den matematiske modellen QUAL2E for å simulere kalktransporten i Ekso nedstrøms doseringsanlegget ved Tverrdalen (Bjerknes *et al.* 2001; Bjerknes og Tjomsland 2001). Modellen ble først kalibrert/testet mot observerte data. Deretter ble den benyttet til å lage scenarier for å finne en optimal dosering for å oppfylle krav til pH i vassdraget. **Figur 7.3** viser variasjonene i kalkforbruk i 2000. Totalt kalkforbruk i 2000 var på 513 tonn NK3-kalk.

**Figur 7.4** viser sammenhengen mellom kalsiumkonsentrasjon og pH i vannprøver fra Eksingedalselva. pH=6,2 er assosiert med en kalsiumkonsentrasjon på omkr. 1 mg Ca/L, mens det trengs omkr. 1,3 mg Ca/L for å produsere en pH på 6,5.



**Figur 7.3.** Kurver for dosert kalksteinsmel og kalsium i tonn/døgn for perioden januar-desember 2000 (Bjerknes *et al.* 2001)

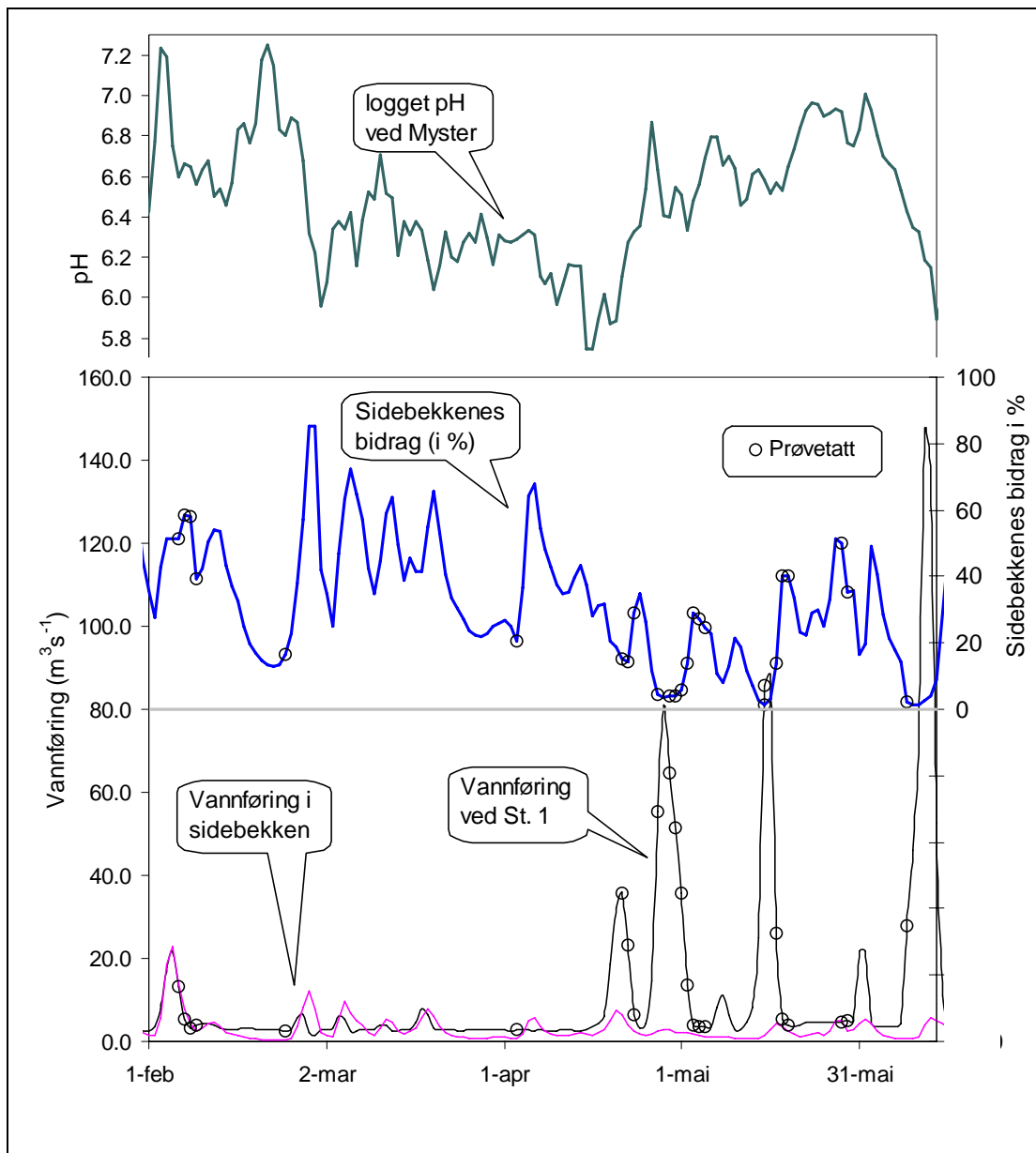


**Figur 7.4.** Sammenheng mellom kalsium (mg Ca/L) og pH i Ekso basert på vannanalyser fra overvåking 1995-2000 (Bjerknes & Tjomsland 2001).

Modellarbeidet viser at kalktransporten nedover hovedelva skjer for langsomt til å motvirke de vannkjemiske effektene ved hurtig oppflomming av sideelvene. Kontinuerlig pH-måling ved Myster viser at det er en tydelig samvariasjon mellom pH i hovedelva og sidebekkenes relative bidrag til vannføringen (**figur 7.5**). Transporten av kalk fra doserer ved Tverrdalen til Eikemo, og videre til

målområdet ved Myster er beregnet til henholdsvis 3,5 timer og 6 timer ved en vannføring på 10 m<sup>3</sup>/s, og til 6 timer og 10 timer ved 3 m<sup>3</sup>/s. Modellering av kalktransporten konkluderte med at dette kan kompenseres ved en overdosering på 0,6 mg Ca/L ved Tverrdalen (Bjerknes *et al.* 2001). Tilleggskalking eller silikatdosering like ovenfor lakseførende strekning kan være et alternativ (se **kapittel 7.4**).

Dersom krav til pH også skal oppfylles på strekningen nedstrøms kraftstasjonen, er det nødvendig å kalke for å kompensere for vannføring og pH i vannet som ledes gjennom Myster kraftstasjon. Det bør i så fall etableres en ny kalkdoserer lokalt for å kunne levere kalk tilstrekkelig raskt for å ta hensyn til endringer i kraftverksproduksjonen. En mindre nøyaktig løsning kan være å kalke Nesvatn og helst også vannet fra Mysterelva.



**Figur 7.5.** Logget pH i Ekso ved Myster (ovenfor Myster kraftstasjon) i perioden 1. februar til 15. juni 2000 (øverste kurve). Sidebakkens relative bidrag (i prosent) til hovedelvas vannføring (midterste kurve, høyre y-akse). Hovedelvas vannføring oppstrøms Myster kraftverk (Stasjon 1) og summen av vannføring i de fire største sidebakkene (nederste kurve). Tidspunkt for innsamling av vannprøver for kjemisk analyse er markert på vannføringskurvene (Bjerknes *et al.* 2001).

### Vannkjemisk modellering

Vi benyttet en konservativ massebalansemodell til å studere ionefluksene i hovedelva i forbindelse med kalking (Bjerknes *et al.* 2001). Sammenlikning mellom beregnet fluks og målte verdier etter kalking viser godt samsvar med modellerte data for komponenter som ikke påvirkes vesentlig av kalkingen. For alkalitet, Ca og aluminium er det imidlertid store forskjeller mellom modellert og målt konsentrasjon. Dette skyldes at ikke all tilsatt kalk løses opp i elvevannet. Mengden kalsium som løses opp avhenger blant annet av vannføring, og oppløsningen er dårligst ved lav vannføring. I Langhølen nedenfor doserereren skjer der en synlig sedimentasjon av kalk ved lave vannføringer. I en del tilfeller er avviket mellom forventet og målt kalsiumkonsentrasjon etter kalking trolig over 50%. Dette problemet går igjen i flere kalkingsprosjekter. Betydningen av manglende kalkoppløsning anbefales undersøkt nærmere, gjerne i samarbeid med kalkingsprogrammer i andre områder.

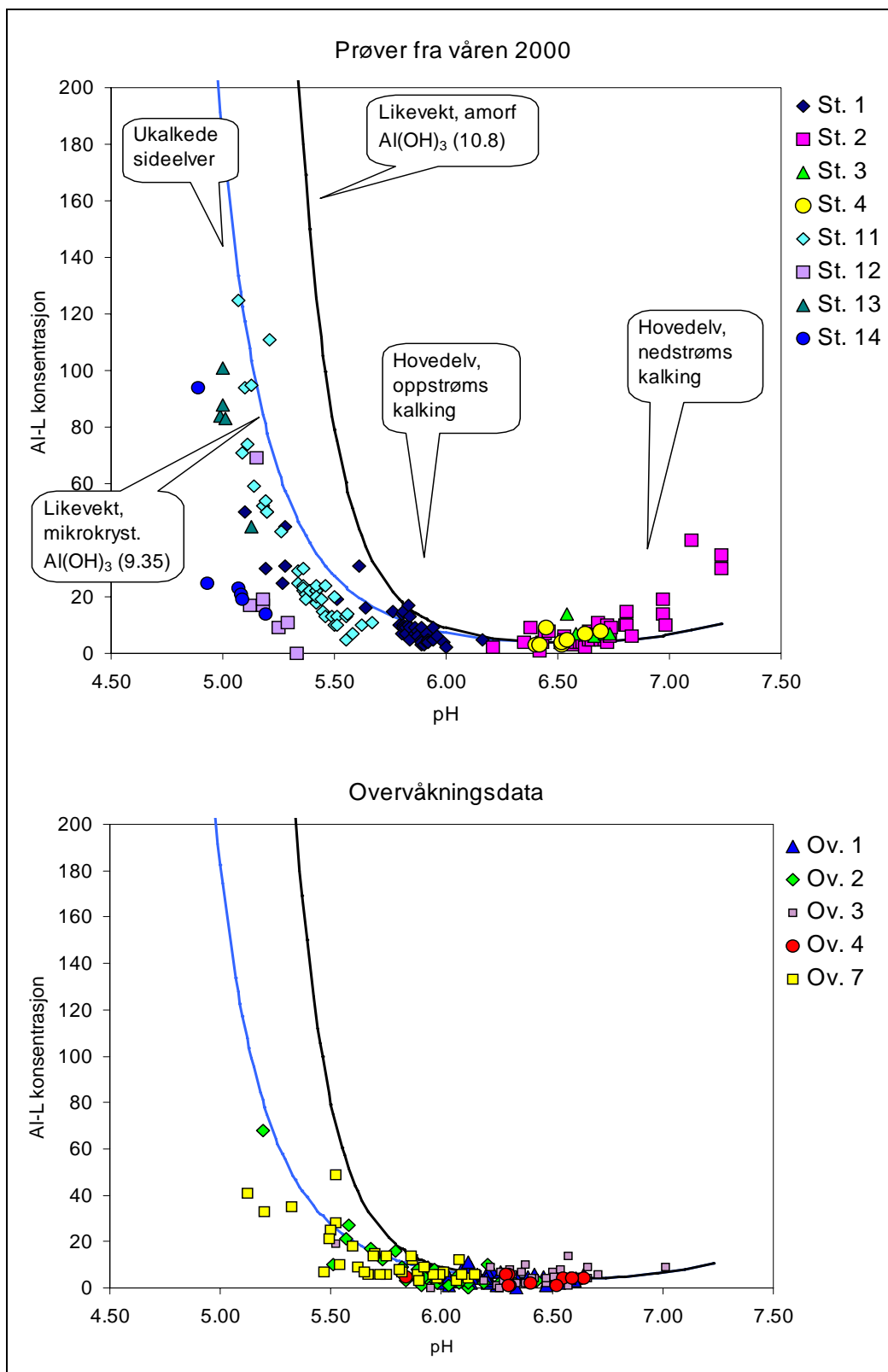
Uoverensstemmelser mellom modellert og målt Al-konsentrasjon er forventet i en massebalansemodell, ettersom aluminium felles ut ved økt pH. De empiriske måledata viser imidlertid en relativt god sammenheng mellom pH og konsentrasjon av labilt aluminium. Det er dermed mulig å modellere aluminiumskonsentrasjonen relativt bra utfra pH- målinger (se bl.a. **figur 7.7** nedenfor). Dette kan inkluderes i en eventuell videreutvikling av et modellkonsept for optimalisering av kalkingsstrategier.

**Figur 7.6** viser at ukalkete sidebekker bidrar med høye konsentrasjoner av labilt aluminium, og modellberegningen i **figur 7.7** viser at det fortsatt forekommer episoder med pH-dropp og høye verdier av giftig Al på lakseførende strekning. Et primærmål med kalking er å redusere giftig aluminium. I situasjoner med stort vannbidrag fra restfeltet ble det i 2000 målt opptil 30 µg LAI/L i målområdet for kalkingen (**Figur 7.7**). Disse episodene fanges opp av kontinuerlig pH-måling, men er vanskelige å dokumentere ut fra rutinemessig prøvetaking i forbindelse med overvåkingen.

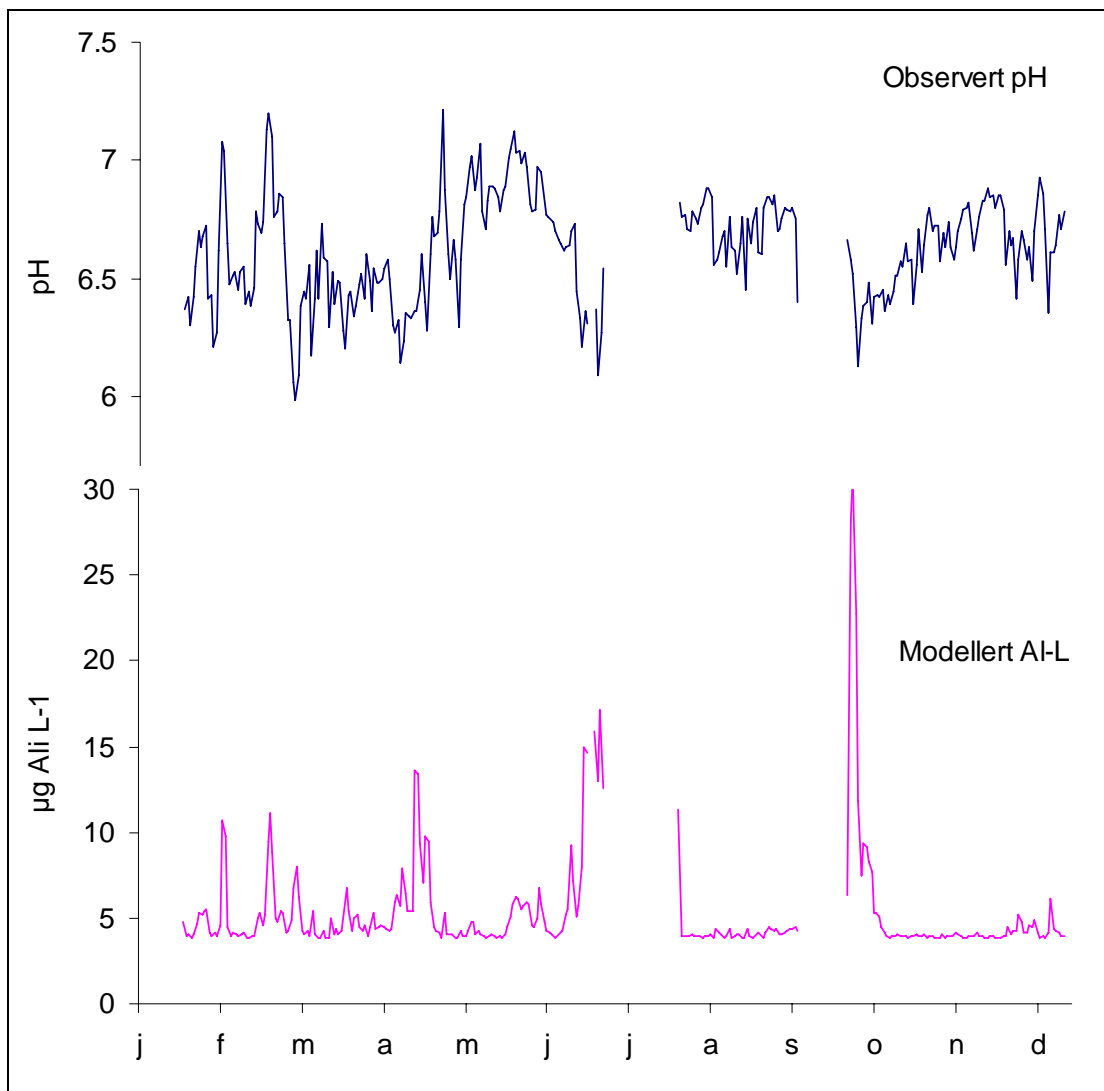
Iflg. Kroglund (2003) vil laks kunne overleve en episode på 7 dager med pH=5,8 og moderat konsentrasjon av labilt aluminium (LAI = 10-15 µg/L), og en episode på 2 dager med pH<5,5 og moderat konsentrasjon av LAI.

Bjerknes *et al.* (1997; 1998) eksponerte presmolt av laks i Mystrelva våren 1997 i en periode der labilt aluminium (LAI) varierte mellom mellom 31 og 52 µg Al/L. I den samme perioden varierte pH mellom 5,17 og 5,44, og kalsiumkonsentrasjoner mellom 0,7-1,1 mg Ca/L. I løpet av 36 timers eksponering ble det observert en økning i Al-avsetning på gjeller hos fisken fra 75 til 694 µg/g tørrvekt. Dette er en meget høy verdi, som normalt medfører dødelighet. Tidsrommet på 36 timer kan sammenliknes med lengden av en antatt episode ved lav vannføring i Ekso etter kalking, og gir en indikasjon om at vannkvaliteten fortsatt kan være skadelig for laks i korte perioder, til tross for kalking.

Analyse av sammenhengen mellom pH og labilt aluminium viser maksimal reduksjon i labilt aluminium ved pH omkring 6,2, og en liten økning ved pH-verdier over 6,5 (**figur 7.4**). Dette forholdet er det samme enten vi betrakter data fra episodekampanjen vinteren/våren 1999-2000 eller overvåkingsdata. Likevel vil vi anbefale at pH-målet på 6,5 i vinterhalvåret fastholdes for å ha en buffer mot kritiske episoder.



**Figur 7.6.** Sammenheng mellom konsentrasjon av labilt aluminium og pH i vannprøver fra Ekso. Den øverste figuren viser data fra måleprogrammet våren 2000, mens den nederste viser data fra overvåkingen. På den øverste figuren er St. 1 er hovedelv oppstrøms doserer, St. 2-4 gjelder hovedelv nedstrøms doserer, St. 11-14 er fra sidebekker. På den nederste figuren er Ov.1 ved utløpet (Mysterøyri), Ov. 2 i Ekso oppstrøms kraftstasjonen, Ov. 3 ved Eide, nedstrøms kraftstasjonen, Ov 4 ved Eikemo, og Ov. 7 er Mysterelva (Bjerknes *et al.* 2001).



**Figur 7.7.** Konsentrasjon av labilt aluminium (Al-L) i Ekso oppstrøms Myster kraftverk beregnet med likevektsmodell ut fra kontinuerlig pH-logging i Ekso oppstrøms Myster kraftverk (Bjerknes *et al.* 2001).

#### 7.4 Laksebestanden i Ekso i et tålegrenseperspektiv

Kroglund *et al.* (2002) har studert sammenheng mellom bestandsstatus for laks og vannkvalitet uttrykt som syrenøytraliserende kapasitet (ANC) i 73 norske vassdrag. Undersøkelsen er basert på et datasett av årsmidler fra utløpsprøver innsamlet i 1993-94. **Tabell 7.4** nedenfor viser en inndeling av laksepopulasjoner i de fire kategoriene "Utdødd", "Påvirket", "Sannsynlig påvirket" og "Upåvirket". Kroglund *et al.* (2002) anbefaler å sette  $ANC > 25 \mu\text{ekv/L}$  som tålegrense for laks.

**Tabell 7.4.** Vannkvalitet (årsmiddel) for elver med laksebestander klassifisert i 4 kategorier (etter Kroglund et al. 2002).

	Utdødd	Påvirket	Sannsynlig påvirket	Upåvirket
pH	< 5,7	5,2 - 6,1	5,6 - 6,2	> 6,0
Al <sub>i</sub> (µg Al L <sup>-1</sup> )	> 20	5 - 50	3 - 25	< 10
ANC (µeq L <sup>-1</sup> )	< 8	-5 - 15	10 -36	> 20
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	< 2,6	0,4 - 2,2	0,6 - 1,9	> 1,1

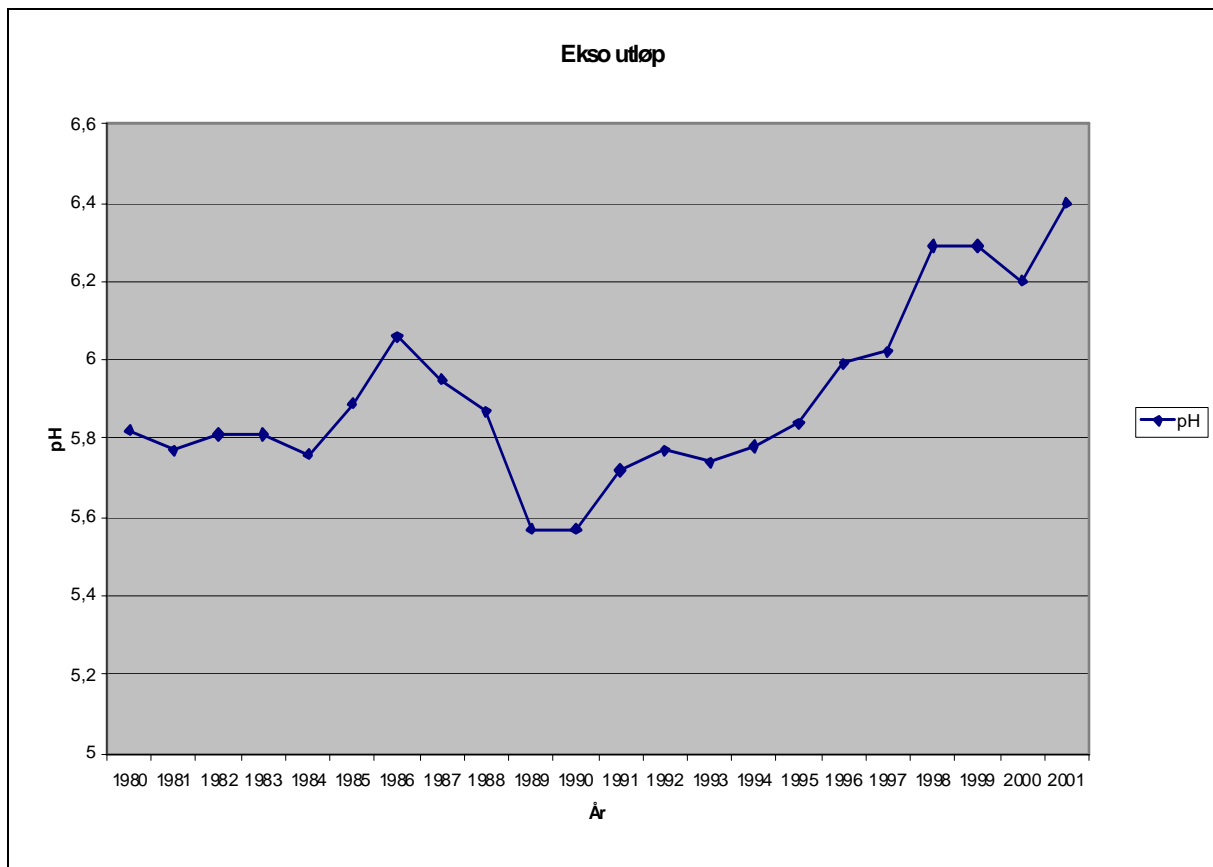
Sammenlikning av Al<sub>i</sub>-verdiene i **tabell 7.4** med LAI-verdiene i **tabell 7.3** indikerer at reguleringen har medført en kategoriendring av tilstanden for laksebestanden i Ekso fra "Sannsynlig påvirket" til "Påvirket" eller "utdødd" iflg. Kroglund *et al.* (2002), som følge av endret vannkvalitet på lakseførende strekning.

**Tabell 7.5** nedenfor viser middelverdiene for de samme parametrene fra de to årene hvor vi registrerte den dårligste vannkvaliteten i Ekso med hensyn på forsurening, 1989 og 1990. I samme tabell har vi satt inn datasettene fra 1993 og 1994, som dannet grunnlaget for Kroglund *et al.* (2002). En sammenlikning av tallene i **tabell 7.4** og **7.5** plasserer Ekso i området mellom kategoriene "Påvirket" og "Utdødd".

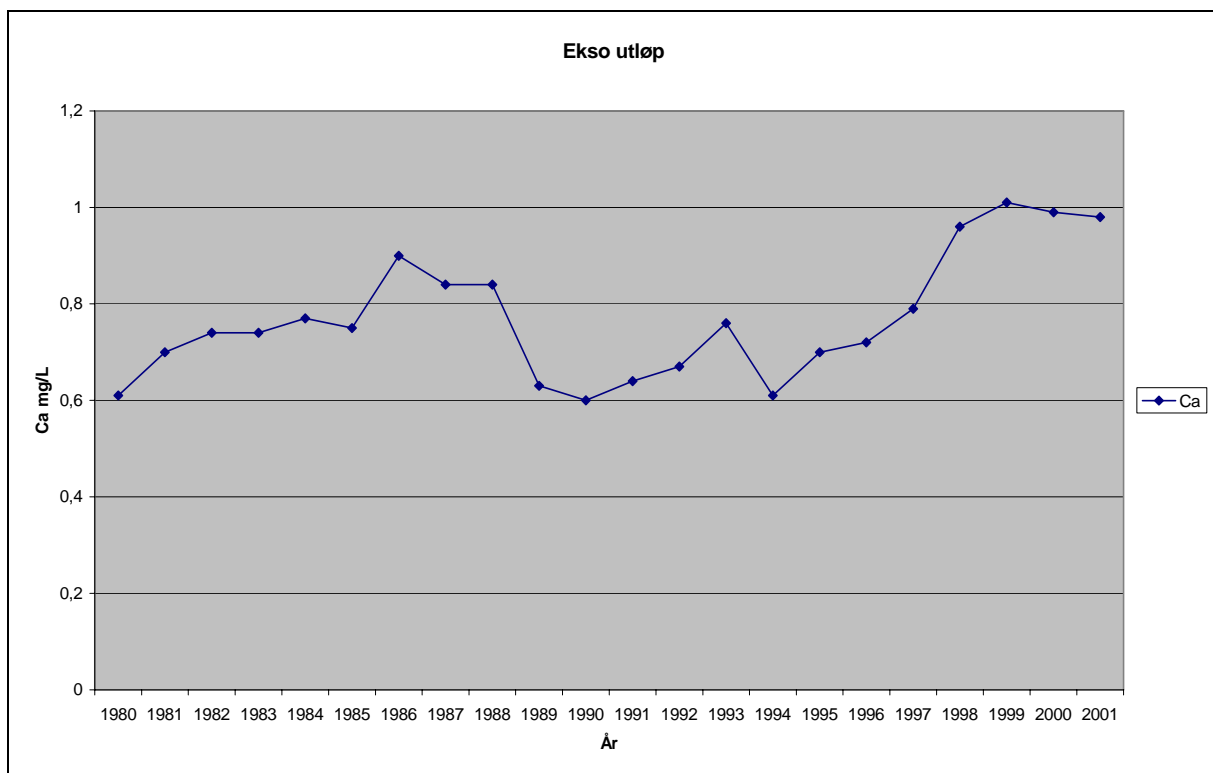
**Tabell 7.5.** Vannkvalitet (årsmidler) i Ekso i 1989-90 og 1993-94 (SFT).

År	pH	Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Al <sub>i</sub> (µg Al L <sup>-1</sup> )	ANC (µeq L <sup>-1</sup> )
1989	5,6	0,63	40	-3
1990	5,6	0,60	35	-5
1993	5,7	0,76	19	7
1994	5,8	0,61	9	15

**Figur 7.8-7.11** nedenfor viser forløpet i årsmiddel for de samme parametrene som er nyttet i bestandsvurderingene til Kroglund *et al.* (2002). Ut fra dette ser vi at vannkvaliteten har vært i kontinuerlig forbedring siden 1990, med et kraftig "løft" etter at kalkingen startet i 1997. Ut fra dagens vannkvalitet på lakseførende strekning er laksebestanden i Ekso "utenfor faresonen" m.h.t. vannkvalitet, når årsmidler legges til grunn. Fra og med 1998 har årsgjennomsnitt for ANC ligget over 25 µekv/L, dvs. over anbefalt grense. Til tross for dette forekommer fortsatt skadelige episoder, som en indirekte følge av reguleringen.

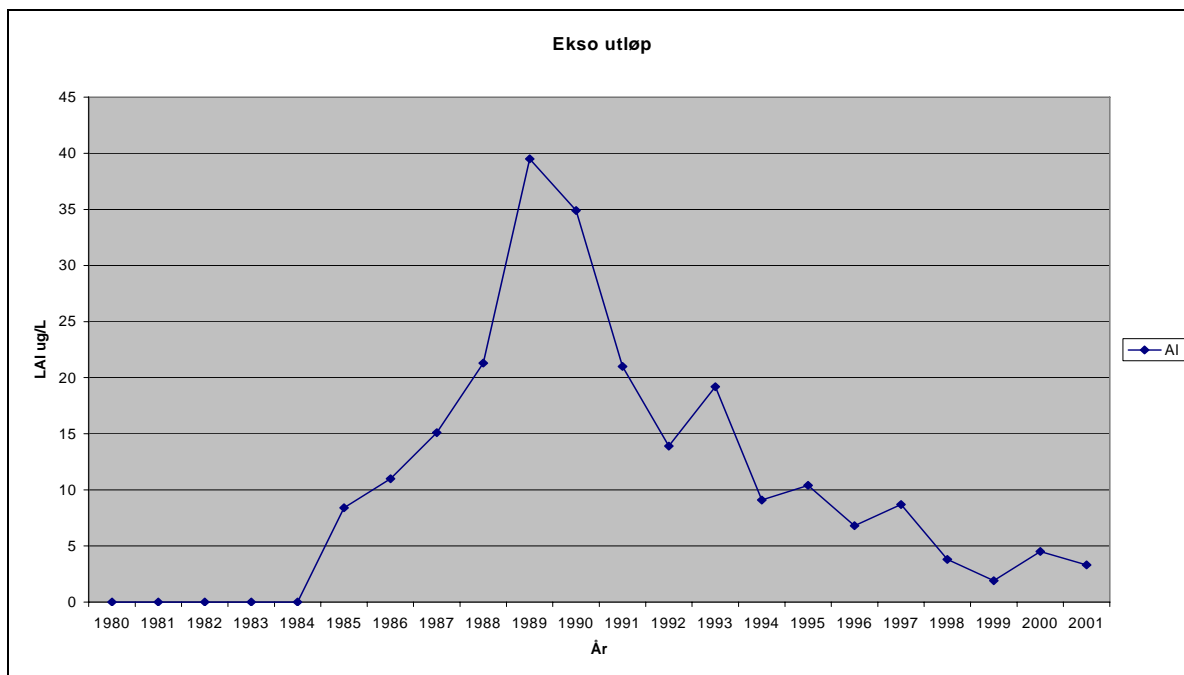


**Figur 7.8.** pH årsmidler i prøver fra utløpet av Ekso fra 1980 til 2001.

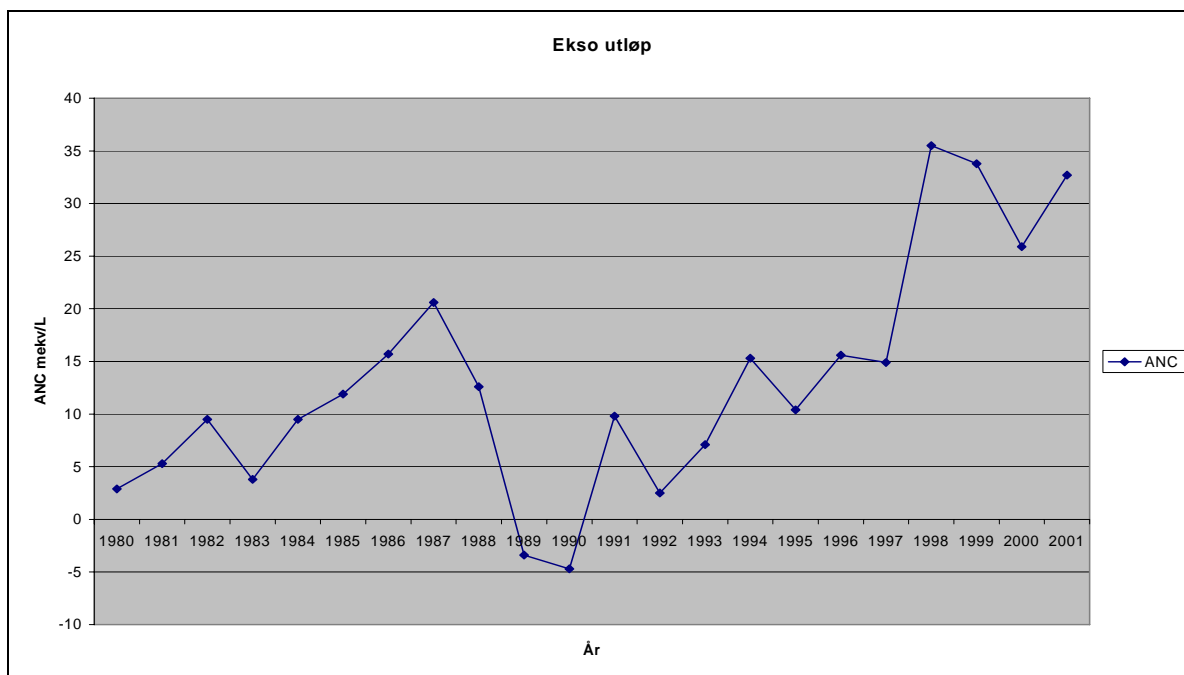


**Figur 7.9.** Kalsium, mg Ca/L årsmidler i prøver fra utløpet av Ekso fra 1980 til 2001.





**Figur 7.10.** Labilt aluminium µg Al/L årsmidler i prøver fra utløpet av Ekso fra 1985 til 2001 (analysen startet i 1985).



**Figur 7.11.** Syrenøytraliserende kapasitet, ANC µekv/L årsmidler fra utløpet av Ekso fra 1980 til 2001.

## 8. Vurdering av eksisterende avbøtende tiltak

### 8.1 Minstevannføring

Gjeldene minstevannføring vurderes som en forutsetning for å opprettholde fiskeproduksjonen på lakseførende strekning. Dette fordi resttilsaget nedenfor målepunktet i Langhølen trolig ikke vil være stort nok til å sikre viktige gyte- og oppvekstareal for fiskebestandene.

### 8.2 Biotopjusteringer – terskler

På den lakseførende strekningen er det bygd tre terskler, en ved Eikefet og to nedstrøms utløpet fra Myster kraftverk. De tre tersklene er beregnet til å påvirke 38% av det vanndekte arealet på lakseførende strekning. I tillegg er det lagt ut en større grusrygg for å bedre vannstandsforholdene på det viktige gyteområdet på innløpet til terskelbassenget ved Eikefet. Tersklene har en positiv virkning på fiskebestanden ved at de sikrer vanndekt areal i perioder med liten vannføring. Dykkerregistreringene har vist at to av de viktigste gyteområdene ligger på innløpet til de to øverste terskelbassengene.

Terskelbassenget ved Eikefet er stort og utgjør trolig et viktig oppvekstareal for både laks og aure. Normalt bruker laksen grunne områder med høy vannhastighet og gode skjulmuligheter, noe som avviker fra forholdene i terskelbassenget som er dypt og hvor vannhastigheten er lav. Det er imidlertid kjent at laksen også kan nytte denne type habitat både i større kulper og innsjøer (Bremset & Berg 1997, Gibson 1993, Fjellheim et al. 2003). I hvor stor grad laksen tar i bruk terskelbassengene kan påvirkes av hvor mye aure som er tilstede. Ved høye tettheter av aure kan en forvente at laksens bruk av terskelbassengene vil være begrenset grunnet konkurranse med aure (Gibson 1993).

Terskelbassengene nedstrøms utløpet fra Myster kraftverk har trolig i tillegg en positiv virkning ved at de demper effektene av de brå vannstandsendringer som oppstår som følge av kraftverket og derfor reduserer faren for stranding av fisk.

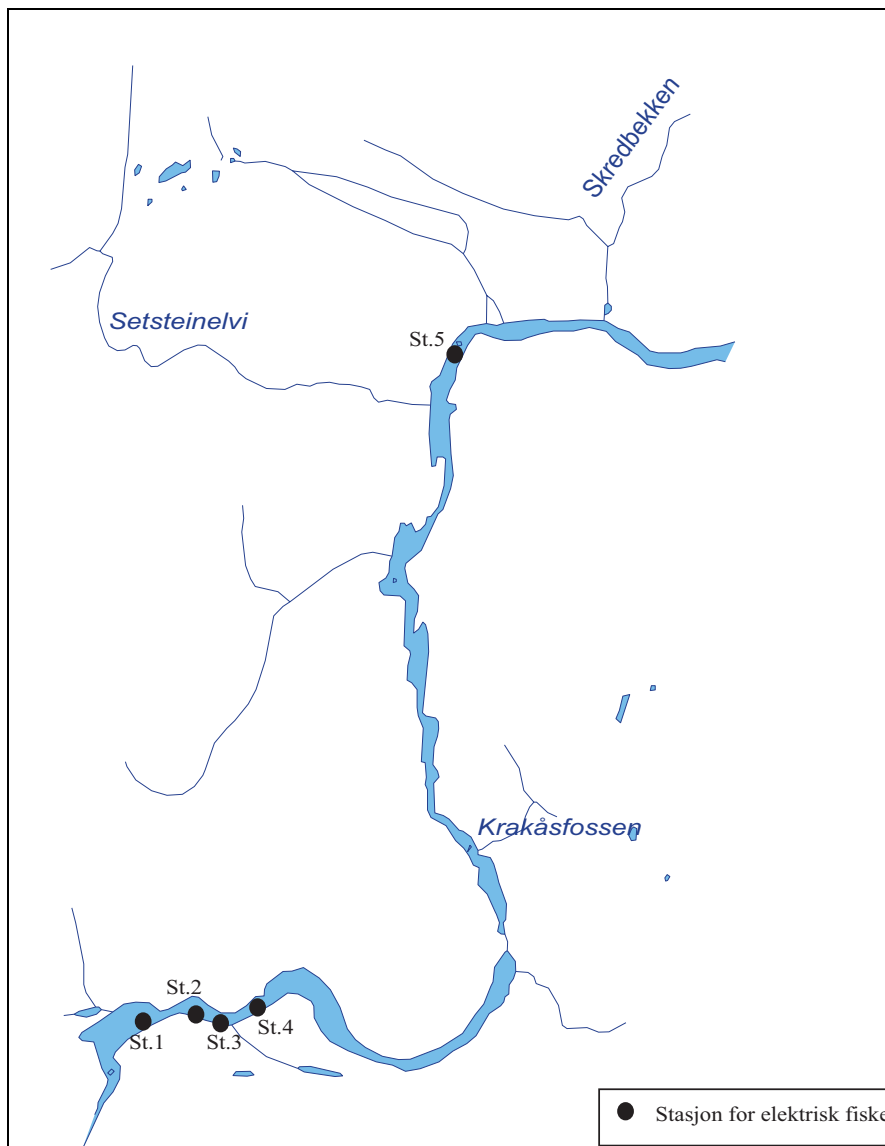
### 8.3 Rognplanting som alternativ kultiveringsmetode

I forbindelse med skjønnet for Myster kraftverk ble det foreslått å benytte strekningen oppstrøms lakseførende strekning som oppvekstområde for laks (Raddum & Fjellheim 1984). I stedet for å bruke lakseyngel ble det bestemt å fange stamfisk i Ekso, stryke denne og å plante ut befruktede egg direkte i elvebunnen. Denne metoden ble utprøvd i årene 1990 til 1992. Rognplantinge ble vurdert som vellykket i de første årene men pga. den tiltagende forsuren av vassdraget ble det besluttet å innstille rognplantingen fra 1993 (Raddum & Fjellheim 1992; 1995; Fjellheim 1999). Etter at kalkingen kom igang i 1997 ble rognplantingen gjenopptatt og siden 1998 har det årlig vært lagt ut lakserogn oppstrøms lakseførende strekning. I forbindelse med rognplantingen i Ekso har det vært drevet en fortløpende metodeutvikling for å sikre et best mulig tilslag (Raddum & Fjellheim 1995; Barlaup et al. 1999; Barlaup & Moen 2001). Fra 2001, da antallet rognplantinge har omfattet om lag 200 000 rogn årlig har metoden vært basert på bruk av perforerte kasser med grus. I hver kasse er det lagt ned fire eggglomerer á 500 rogn.

Siden 2000 har tiltaket vært basert på rogn tilbakeført fra genbanken. Fra 2001 har rognmengden som nevnt økt betydelig grunnet økt produksjon i genbanken (**tabell 8.1**). Siden 2001 er all utlagt rogn fargemerket slik at en på senere livsstadier (smolt, gytefisk) kan identifisere fisk som stammer fra utsettingene. Rognplantingen i Ekso har som målsetting å styrke laksebestanden ved å være et alternativ til pålegget om å sette ut 5100 laksesmolt årlig.

**Tabell 8.1.** Antall rogn lagt ut oppstrøms lakseførende strekning i Ekso i perioden 1998 til 2003. Ferskrogn (nybefruktet rogn) er lagt ut etter stryking om høsten mens øyerogn er lagt ut om vinteren.

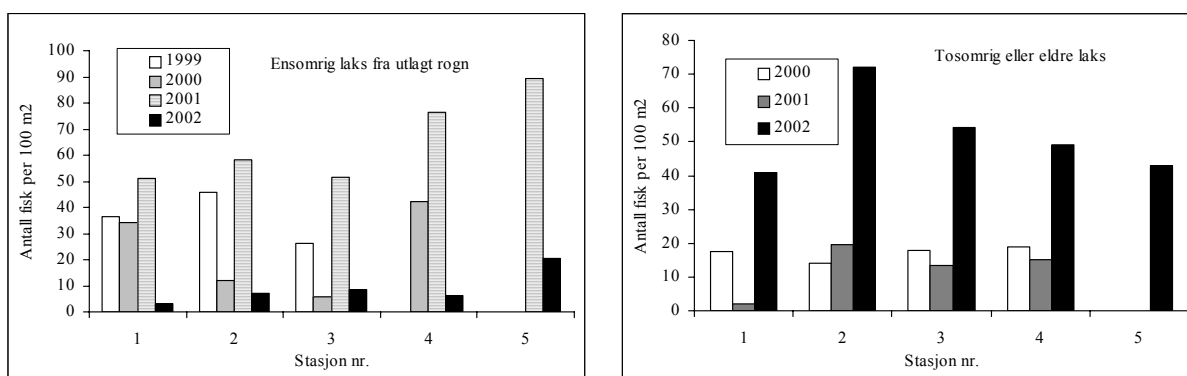
År	Ferskrogn fra stamlaks i Ekso	Øyerogn tilbakeført fra genbanken	Rogn fra stamlaks i Ekso oppbevart til øyerogn ved Myster klekkeri
1998	22 000	0	
1999	9 500	0	
2000	0	20 900	
2001	0	188000	
2002	0	200 000	25 000
2003	0	240 000	



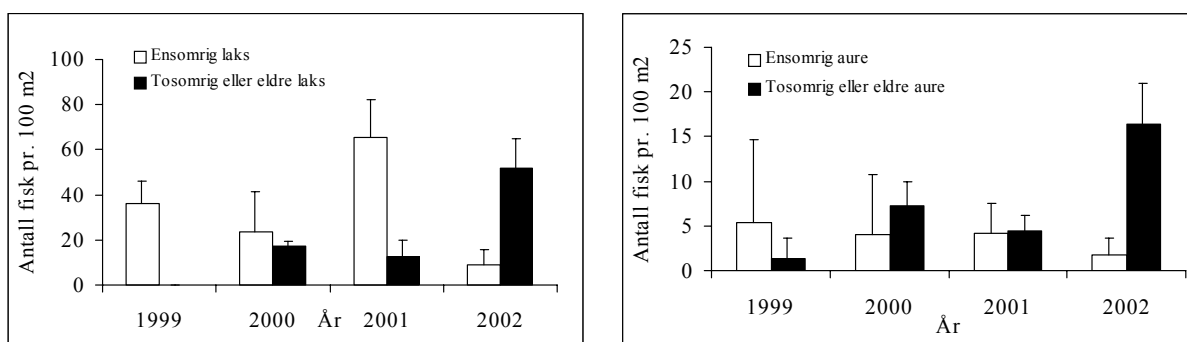
**Figur 8.1.** Plassering av de fem stasjonen for elektrisk fiske ovenfor lakseførende strekning, hvor det er lagt ut rogn.

De oppfølgende undersøkelsene har inkludert estimat av rognoverlevelse og ungfisktettheter på fem stasjoner på strekningen med rognplanting (**figur 8.1**). Resultatene har vist at rognoverlevelsen generelt har vært høy (> 90%) og at tiltaket har gitt en betydelig produksjon av ungfisk.

Tettheten av laks funnet på de fem stasjonene for elektrisk fiske i perioden 1999-2002 er vist i **figur 8.2**. De høyeste gjennomsnittlige tetthetene av ensomrig laks ble registrert i 2001 (65/100m<sup>2</sup>) og av tosomrig og eldre laks i 2002 (51,9/100 m<sup>2</sup>) (**figur 8.3**). De høye tetthetene i 2001 sammenfaller med den betydelige økningen i antall rogn lagt ut fra og med vinteren 2001. Det synes som det er 2001 årsklassen som er særlig tallrik. Utleggingen i 2002 resulterte derimot i lave tettheter av ensomrig laks (gjennomsnitt 9,6/100 m<sup>2</sup>) tross et høyt utleggingsantall. Årsaken til dette resultatet er ikke kjent men kan ikke være forårsaket av lav eggoverlevelsen siden den var normal (>90%). En faktor som trolig har bidratt til resultatet er konkurranse fra tosomrige og eldre laks som var tilstede i svært høye tettheter. Det er godt kjent at årsyngelen slipper seg nedstrøms dersom den ikke klarer å etablere territorie når den kommer opp av grusen. Konkurranse kan derfor ha ført til et dårligere tilslag i 2002 enn i 2001. På den annen side har trolig en del av årsyngelen overlevd i terskelbassengene nedstrøms utleggingsområdene slik at overlevelsen ikke er så lav som resultatene fra det elektriske fiske gir inntrykk av. Tilveksten for laksen som stammer fra rognplantingen er gitt i **tabell 8.2** og tilsier at de fleste laksene er tre år i elva før de oppnår en størrelse som gjør at de vandrer ut som smolt.



**Figur 8.2.** Tettheten av ensomrig laks (venstre) og tosomrig og eldre laks (høyre) på de fem stasjonene på strekningen hvor det årlig er lagt ut lakserogn i perioden 1999-2002. Alle fem stasjonene ligger oppstrøms anadrom strekning slik at all innfanget laks stammer rognplantingen.



**Figur 8.3.** Gjennomsnittlige tettheter (med standard feil) av laks (venstre) og aure (høyre) på de fem stasjonene på strekningen hvor det er lagt ut lakserogn i perioden 1999-2002. Merk forskjellig skala på y-aksene. Alle fem stasjonene ligger oppstrøms anadrom strekning slik at all innfanget laks stammer rognplantingen.

**Tabell 8.2.** Gjennomsnittlig tilvekst (med standard avvik) for laks som stammer fra utlegging av rogn oppstrøms lakseførende strekning.

Dato	<u>Ensomrig (0+)</u>		<u>Tosomrig (1+)</u>		<u>Tresomrig (2+)</u>	
	$\bar{X}$ (SD)	N	X (SD)	N	X (SD)	N
31.08.1999	5,1 (0,5)	85				
16.10.2000	5,0 (0,6)	42	10,7 (1,4)	31		
05.09.2001	5,0 (0,4)	307	9,2 (0,7)	47	13,8 (1,3)	2
15.10.2002	5,7 (0,6)	40	8,0 (0,7)	181	11,1 (0,8)	68

Rognplantingen blir utført på en ca 4 km lang strekning hvor elva skifter mellom strykparti og terskelbasseng. Det tilgjengelige elvearealet er derfor stort (minimum 80 000 m<sup>2</sup>) og ved planting av i størrelsesorden 200 000 rogn vil derfor antall egg per arealenhet (ca 2,5/m<sup>2</sup>) være på et nivå som en kan forvente å finne i naturlige bestander. Ved normal fordeling av yngelen kan en også forvente en smoltproduksjon på samme nivå som i naturlige bestander. Produksjonspotensialet for laksesmolt på strekningen vil imidlertid være avhengig av i hvor stor grad lakseungene bruker terskelbassengene. Resultater fra andre undersøkelser har vist at laksen også utnytter denne type habitat i tillegg til det tradisjonelle oppveksthabitatet på mer hurtigrennende og grunne elvestrekninger (Gibson 1993). Om dette også er tilfelle i Ekso kan en forvente at planting av om lag 200 000 rogn vil produsere flere tusen laksesmolt og at tiltaket derfor vil bidra betydelig til den totale smoltproduksjonen i vassdraget. Tiltaket vil da være et godt alternativ til utsettinger av anleggsproduisert smolt.

## 9. Vurdering av nye avbøtende tiltak

### 9.1 Tiltak for å motvirke skadevirkningene av redusert vannføring

I deler av sommerhalvåret og hele vinterhalvåret er vannføringen på den lakseførende strekningen nær minstevannføringen. Den lave minstevannføringen er sannsynlig en begrensning for fiskeproduksjonen. Økt minstevannføringen vil generelt styrke fiskebestandene ved å øke oppvekstområdene og redusere faren for stranding av fisk og tørrlegging av gyteområder. Det er imidlertid ikke foretatt målinger som viser sammenhengen mellom vannføring og vanddekt areal for den lakseførende strekningen i Ekso. Slike målinger vil gi et bedre grunnlag for å vurdere hvor og hvordan økt vannføring vil påvirke fiskeproduksjonen.

Som følge av lite tilsig til Nesvatnet kan det oppstå episoder hvor vannføringen er under målet for minstevannføringen målt ved Langhølen. Slike episoder kan oppstå både sommer og vinter og forekomsten vil variere fra år til år i henhold til mellomårsvariasjon i tilsiget til Nesvatn. Slike episoder vil føre til tørrlegging av store areal og forsterker skadevirkningene av en generelt lav vannføring. En økning av målet for minstevannføringen vil ikke kunne forhindre at slike episoder oppstår siden de er forårsaket av lavt tilsig til Nesvatnet. Det er imidlertid mulig at forekomsten og varigheten av slike episoder kan reduseres ved at Myster kraftverk ikke kjøres i perioder når tilsiget til Nesvatnet er lavt.

Økt vannføring om våren vil bedre betingelsene for smoltutgangen på strekningen ovenfor utløpet av Myster kraftverk ved at vannføringer som muliggjør smoltutgang vil forekomme oftere enn hva tilfelle er ved gjeldende minstevannføring. I år med lav vannføring i mai bør det slippes vann fra Nesvatnet for å oppnå en eller flere flommer som sikrer et normalt forløp på smoltutgangen. Dette tiltaket vurderes som svært viktig for fiskebestandene i Ekso, spesielt for laksebestanden. Tiltaket må utformes på grunnlag av undersøkelser av tidspunkt og vannføringsforhold under smoltutgangen.

I tillegg til økt minstevannføring vil biotopjusteringer i form av terskler eller buner kunne motvirke de skadelige effektene av lav vannføring. For å sikre en best mulig effekt må tiltakene bestemmes utfra

oppmålinger av elveprofil og vanndekt areal ved ulike vannføringer. Utformingen av tiltaken må gjøres i henhold til kunnskap om fiskens habitatvalg. Det bør legges spesielt vekt på å ivareta egnet habitat for laks. En strekning hvor det kan være viktig med slike tiltak er det store gyte- og oppvekstopområdet oppstrøms innløpet av terskelbassenget ved Eikefet. Dette området er trolig utsatt for betydelig tørrlegging ved lave vannføringer.

Etablering av nye gyteområder vurderes som et viktig tiltak for å kompensere for tap av gyteområder som følge av redusert vannføring. På den lakseførende strekningen kan flere gyteområder etableres ved å legge ut grus på egnede steder. Terskelen ved Eikefet er et eksempel på et område hvor tilførsel av grus med sikkerhet vil føre til en betydelig økning av det tilgjengelige gytearealet for laks. I forbindelse med eventuell bygging av nye terskler vil disse kunne utformes med tanke på etablering av nye gyteområder.

## **9.2 Tiltak for å motvirke skadevirkningene nedstrøms Myster kraftverk**

Stranding av fisk nedstrøms Myster kraftverk har trolig en betydelig negativ effekt på fiskebestandene. Generelt vil en reduksjon i frekvens, størrelse eller hastighet av vannstandsendingene motvirke skadevirkningene. Endringer i kjøremønsteret for Mysterkraftverk og biotopjusteringer er derfor aktuelle tiltak.

Problemet med stranding kan reduseres ved å senke hastigheten på vannstandsreduksjonen som følger etter avslag i kraftverket. Myster kraftverk kan ikke kjøres på vannføringer lavere enn 13 m<sup>3</sup>/s og tekniske endringer i form av installasjon av forbitappingsventil eller endret turbinkapasitet vil være nødvendig for at avslagene i vannføringen skal bli mer skånsomme. Installering av et ekstra mindre aggregat med slukeevne på 2-3 m<sup>3</sup>/s vil kunne bidra til å gjøre vannføringsovergangene mykere nedstrøms avløpet fra kraftverket og dermed minske faren for stranding av fisk. Dette synes å være teknisk gjennomførbart, og må vurderes opp mot andre foreslåtte tiltak. Redusert antall avslag i kritiske perioder kan også til en viss grad oppnås ved å endre kjøremønsteret for eksisterende anlegg. Undersøkelser fra andre vassdrag har vist at stranding i vinterhalvåret kan reduseres ved å unngå avslag på dagtid, mens tilsvarende effekt i sommerhalvåret kan oppnås ved å unngå avslag om natten.

Det vurderes som særlig viktig at kjøremønsteret tar hensyn til utvandrende smolt. Under smoltutgangen bør derfor avslag ikke forekomme eller være så lavt som mulig. Det bør også sterkt vurderes om kjøremønsteret kan legges om slik at avslagene ikke skjer om natten siden det er denne tiden av døgnet smolten vandrer ut.

Brå endringer i vanndekt areal som følge av kjøringen vil kunne motvirkes ved bygging av terskler. Et slikt tiltak vil derfor redusere strandingen av fisk nedstrøms kraftverket. For å sikre en best mulig effekt av tiltaket må antall terskler og plasseringen av tersklene bestemmes utfra oppmålinger av elveprofil og vanndekt areal ved ulike vannføringer. Slike oppmålinger vil også kunne danne grunnlaget for mindre inngrep i elveprofilen for å sikre vanndekt areal på enkelte utsatte områder. Utformingen av tersklene må gjøres i henhold til kunnskap om fiskens habitatvalg slik at elvestrekningene som påvirkes av tersklene er egnet som oppveksthabitat. Det er også viktig at tersklene utformes slik at det kan etableres nye gyteområder på de berørte strekningene. Om disse vilkårene oppfylles, vurderes bygging av terskler som et betydelig tiltak for å motvirke skadevirkningene. Nevnte forslag om bygging av terskler vil og fungere som et viktig tiltak for å redusere stranding av utvandrende smolt.

## **9.3 Tiltak for å bedre vannkvaliteten**

Årsmidler for kritiske vannkjemiske parametre indikerer en tilfredsstillende utvikling i vannkvalitet de siste årene, dels som følge av kalking, dels på grunn av redusert surt nedfall. Likevel forekommer det fortsatt vannkjemiske episoder i vassdraget. Hydrologisk og vannkjemisk modellering indikerer at en økning av minstevannføringskravet i vinterhalvåret fra 1 m<sup>3</sup>/s til f.eks. 2 m<sup>3</sup>/s vil være gunstig for å

redusere effekten av vannbidraget fra restfeltet. I tillegg til å redusere sidebekkenes relative bidrag, vil et slikt tiltak gi økt kalkopløsning, og totalt sett stabilisere vannkjemien på lakseførende strekning.

Sett fra et vannkjemisk synspunkt vil en endring av driften av Myster kraftstasjon til kontinuerlig drift vil gjøre det lettere å holde en stabil vannkemi på nedre strekning av Ekso. Samtidig vil jevnere vanddekning og mer stabil strøm sikre et bedre oppvekstmiljø for fisk på denne strekningen.

For å sikre en stabil vannkvalitet på hele lakseførende strekning kan det i tillegg være aktuelt å supplere de kjemiske mottiltakene. F.eks. vil supplerende silikatdosering tettest mulig ned mot lakseførende strekning avgifte sideelvtilførselene, utjevne vannkvaliteten, og dermed forebygge biologisk uheldige effekter av episoder. Terrengekalking av restfeltet eller deler av dette feltet kan tenkes som et annet alternativ.

Det har i de senere årene vært gjennomført en rekke forsøk både i felt og i eksperimentelle oppsett for å vurdere bruk av flytende silikatlut som et alternativ til kalking (Rosseland m. fl. 1996; Åtland m. fl. 1997a, b; Åtland m. fl. 1998). Den vesentligste forskjellen mellom bruk av kalk og silikat er at silikat medfører raskere avgiftning av aluminium, og at avgiftningen skjer ved en lavere pH. Silikat virker både direkte ved å binde giftig aluminium og redusere biotilgjengeligheten for fisk, og indirekte ved at pH økes. Plassering av en silikatdoserer like oppstrøms lakseførende strekning i Ekso vil kunne bidra til å avgifte aluminium fra de sure sidebekkene, og dermed bedre leveforholdene for laks.

Spredning av kalk i deler av restfeltet nedstrøms doserer kan også tenkes som et supplerende alternativ til dosering for å øke retensjon og gi raskere avgiftning av aluminium. Et slikt tiltak vil også virke stabiliserende på vannkvaliteten og redusere hyppighet og størrelse av forsureningsepisoder. Kalking f.eks. hvert 3. og opp til 10. år vil redusere ressurser til drift.

Uheldige effekter av terrengekalking kan være utdøing av torvmoser ved våtmarkskalking og utdøing av lav ved kalking direkte på berggrunsoverflater. Økt nitrifikasjon, lekkasje av nitrogen og tungmetaller og økt mineralisering av humuslaget er andre uheldige effekter som bør vurderes.

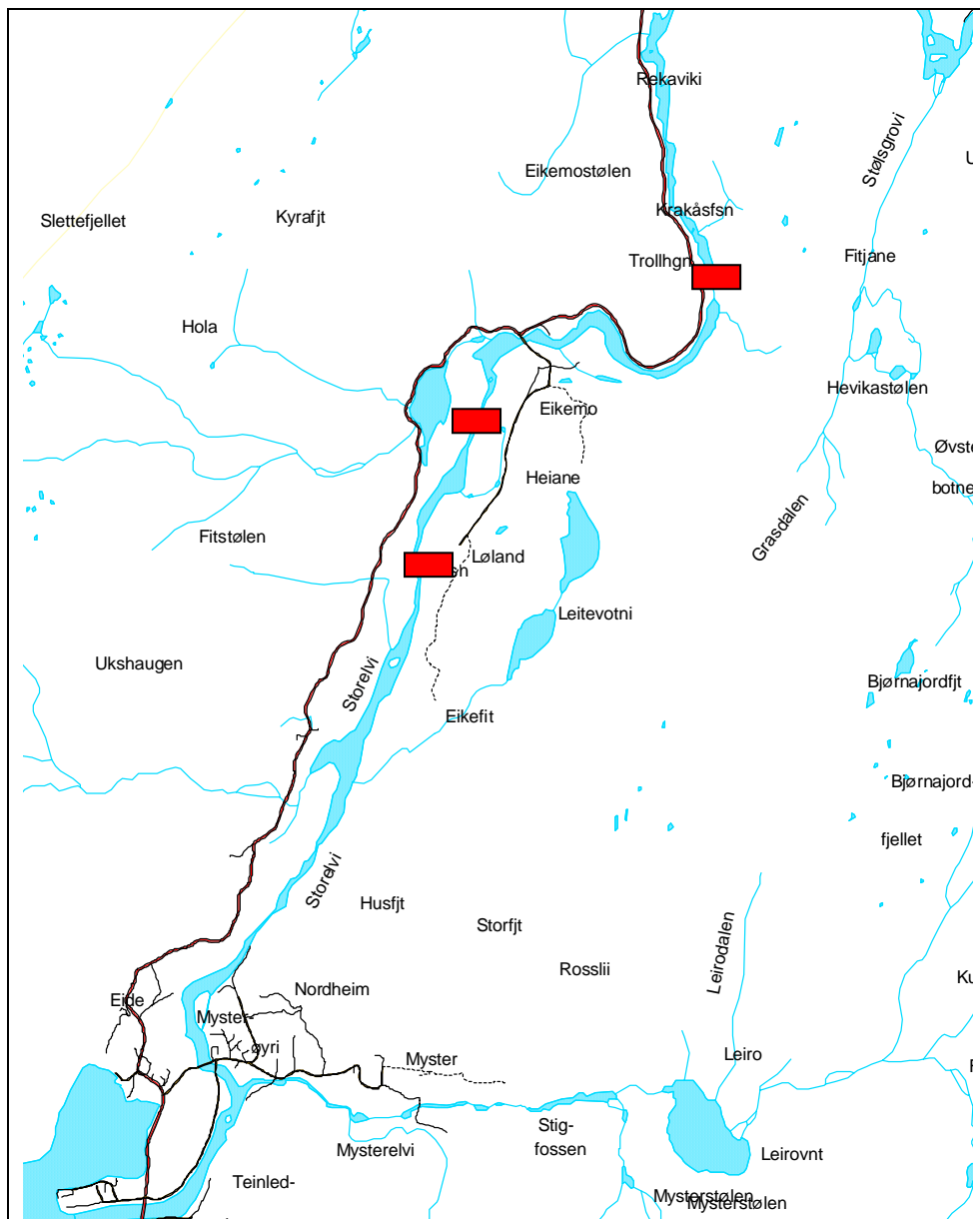
Lovende resultater av terrengekalking i Gjerstad, Suldal og Flekke gjør at terrengekalking som strategi bør kunne vurderes som supplement også i Ekso.

## 9.4 Kultiveringstiltak i form av rognplanting

Pågående kultivering i form av rognplanting resulterer i en smoltproduksjon som styrker den truede laksebestanden i Ekso. Det anbefales derfor at denne kultiveringsstrategien opprettholdes. Imidlertid er det et behov for å evaluere tiltaket med tanke på hvor mye smolt som blir produsert. I denne sammenheng er det viktig å få undersøkt i hvor stor grad laksen bruker terskelbassengene som oppvekstområde. Siden rogn er merket er det også mulig å tallfeste innslaget av smolt som stammer fra rognplantingen ved analyse av utvandrende smolt innfanget på den anadrome strekningen.

## 9.5 Bygging av laksetrapp i Raudfossen

Bygging av laksetrapp i Raudfossen og utbedringer i Høsefossen vil føre til at den lakseførende strekningen blir utvidet med ca 2,6 km (**figur 9.2**) eller om lag 75%. På den aktuelle strekningen er det flere fine gyte- og oppvekstområder for laks og sjøaure. Pågående rognplanting utføres på den aktuelle strekningen og vil bidra til at laksen lettere etablerer seg på strekningen. Tiltaket vil derfor styrke fiskebestandene, spesielt den truede laksebestanden. Effekten av tiltaket kan forsterkes om det lar seg gjøre å utbedre Idlefossen og Krakåsfossen, dette vil utvide den lakseførende strekning med ytterligere ca 5 km.



**Figur 9.2.** Fosser avmerket med rødt utgjør vandringshinder. Fra sør er disse Raudfossen, Høsefossen og Idlefossen. Kartet er utarbeidet av Tore Wiers (Naturopdrag).



## 10. Konklusjoner

Undersøkelsene har vist at skadevirkningene Mystre kraftverk har hatt på laks- og sjøaurebestandene i hovedsak er knyttet til redusert vannføring, brå endringer i vannstand nedstrøms utløpet fra kraftverket, og en vesentlig forringing av vannkvaliteten.

Eksisterende tiltak i form av terskler og spesielt kalkingen som kom igang i 1997, har bidratt til å dempe skadevirkningene. Resultatene viser at det finner sted naturlig reproduksjon av laks og aure på flere gyteområder både oppstrøms og nedstrøms utløpet av Mystre kraftverk. Disse resultatene er positive i forhold til antagelsene gitt i skjønnet for Mystre kraftverk hvor det ble antatt at hele den lakseførende strekningen oppstrøms utløpet fra Mystre kraftverk ville gå tapt som gyteområde for laks. Antallet ungfisk og gytefisk av sjøaure tilsier at en redusert, men levedyktig bestand vil opprettholdes under de rådende forhold. Denne konklusjonen gjelder derimot ikke den truede laksebestanden som ikke har tatt seg opp etter den dramatiske bestandsnedgangen på slutten av 1980-tallet.

Undersøkelsen viser at skadevirkninger av reguleringen setter klare begrensninger for produksjonen av sjøaure og laks. Disse skadevirkningene utgjør en alvorlig trussel for laksestammen i Ekso. Ved å iverksette avbøtende tiltak vil det i stor grad være mulig å motvirke skadevirkningene og styrke fiskebestandene. En oversikt over årsaken til de viktigste skadevirkningene og aktuelle avbøtende tiltak er gitt i **tabell 10.1**.

**Tabell 10.1.** Summarisk oversikt over hydrologiske og vannkjemiske endringer som følge av Mystre kraftverk, hvilke skadevirkninger de påfører fiskebestandene og aktuelle avbøtende tiltak.

Endring som følge av reguleringen	Skadevirkning på bestandene av laks og sjøaure	Aktuelle avbøtende tiltak
Redusert vannføring	Redusert produksjon av ungfisk og smolt som følge av tap av gyte- og oppveksthabitat	Økt minstevannføring Biotopjusteringer (terskler)
	Økt dødelighet som følge av stranding av gytegrøper og ungfisk	Etablering av nye gyteområder v/utlegging av grus Utvidelse av lakseførende strekning ved bygging av laksetrapp i Raudfossen
Brå vannstandsendringer nedstrøms utløpet av kraftverket	Stor sannsynlighet for økt dødelighet på utvandrende smolt grunnet forsinket og usynkron utvandring	Lokkeflom for smoltutvandring
	Stranding av ungfisk	Endret tubinkapasitet Endret kjøremønster Biotopjusteringer (terskler)
Forverring av vannkvalitet	Generelt dårligere vannkvalitet	Økt minstevannføring Supplerende kalkingstiltak
	Økt frekvens og størrelse av episoder med dårlig vannkvalitet som kan skade fiskebestandene	

Redusert produksjon av ungfisk og smolt kan motvirkes ved økt minstevannføring. I sommerhalvåret vil dette føre til større tilgang på gode oppvekstområder, mens økt minstevannføring i vinterhalvåret vil motvirke stranding av gytegroper og overvintringshabitat for ungfisk. Andre vesentlige fordeler av økt minstevannføring er mer stabile vannkjemiske forhold og antatt gunstigere forhold for en vellykket smoltutgang.

Økt mål for minstevannføring vil imidlertid ikke forhindre perioder med lav vannføring forårsaket av lavt tilsig til Nesvatnet. Dette problemet kan bare motvirkes ved økt tapping fra magasinene, noe som kan vurderes i forbindelse med revisjonen av Evangerkonsesjonen i 2013.

Bygging av terskler vurderes som et annet viktig tiltak for å motvirke skadevirkningene av redusert vannføring. Ved bygging av tersklene må det legges spesiell vekt på å ivareta gyte- og oppveksthabitat for laks.

De brå vannstandsendingene nedstrøms utløpet av kraftverket medfører stranding av ungfisk i et omfang som trolig har betydelig effekt på bestandsnivå. Dette problemet kan bli vesentlig redusert ved iverksettelse av foreslåtte tiltak i form av endret turbinkapasitet, endret kjøremønster og bygging av terskler.

For å styrke ungfiskproduksjonen av laks i vassdraget anbefales det at pågående rognplanting opprettholdes. Denne kultiveringen utføres som et alternativ til pålegget om utsetting av 5100 smolt gitt i forbindelse med Evanger-reguleringen.

Bygging av laksetrapp i Raudfossen og utbedringer i Høsefossen vil føre til at den lakseførende strekningen blir utvidet med ca 2,6 km eller om lag 75%. Om et slikt tiltak er vellykket vil det kunne kompensere for tap av oppvekstområder på eksisterende lakseførende strekning.

Om størrelsen på smoltproduksjonen i vassdraget er stor nok til å opprettholde levedyktige bestander er det avgjørende at forholdene under smoltutgangen er tilfredstillende. Undersøkelsene viser at rådende forhold med stor sannsynlighet fører til høy dødelighet på utvandrende smolt. Dette som følge av stranding nedstrøms utløpet fra kraftverket, og forsinket og usynkron utvandring. Laksen vil være spesielt sårbar for disse skadeeffektene siden den er avhengig av en synkron smoltutgang innenfor et begrenset tidsintervall. Tiltak for å sikre en normal smoltutgang kan derfor vise seg å være en forutsetning for en livskraftig laksebestand i Ekso.

# 11. Referanser

- Barlaup, B.T., S.E. Gabrielsen 2002 a. Eksingedalsvassdraget. Fisk. Kalking i vann og vassdrag. Notat 2002-1. Direktoratet for naturforvaltning.
- Barlaup, B.T., S.E. Gabrielsen 2002 b. Vossovassdraget. Fisk. Kalking i vann og vassdrag. Notat 2002-1. Direktoratet for naturforvaltning.
- Barlaup, B.T., S.E. Gabrielsen & A. Johannessen. 1999. Beskrivelse og evaluering av rognutlegg som alternativ kultiveringsmetode for laks i Ekso 1998/99. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske. Universitet i Bergen. LFI-rapport nr. 108.
- Barlaup, B.T. og Moen, V. 2001. Planting of Salmonid eggs for stock enhancement - a review of the commonly most used methods. *Nordic J. Freshw. Res.* 75: 7-19.
- Barlaup, B.T., and Å. Åtland. 1996. Episodic mortality of brown trout (*Salmo trutta* L.) caused by sea-salt induced acidification in western Norway: effects on different life-stages within three populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 1835-1843.
- Belding, D. L. 1934. The spawning habitat of the Atlantic salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 64: 211-218.
- Bjerknes, V. & Tjomsland, T. 2001. Flow and pH Modelling to Study the Effects of Liming in Regulated, Acid Salmon Rivers. In: Kenichi Satake, Editor-in-chief. *Acid Rain 2000*, Vol III/III, p. 1409-1414. Kluwer Academic Publishers, London.
- Bjerknes, V., Nardrup Pettersen, M., Teien, H.C. og Raddum, G. 1997. Kalking av Ekso. Vannkjemisk og biologisk kontroll våren 1997. NIVA-rapport 3738-97. 42 s.
- Bjerknes, V., Nandrup Pettersen, M., Salbu, B., Skiple, A. & Sælthun, N.R. 1998. Toxic water in mixing zones of limed salmon rivers and acid tributaries with special reference to regulated watercourses. In: H. Wheather and C. Kirby (eds). *Hydrology in a Changing Environment*. John. Wiley & Sons, Chichester. p. 313-328.
- Bjerknes, V., Larssen, T., Lydersen, E. og Tjomsland, T. 2001. Forbedring av kalkingsstrategien i Eksingedalselva. Hydrologisk og vannkjemisk modellering. NIVA rapport 4444-2001. 71 s.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. and Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Bremset, G. & O.K. Berg. 1997. Density, size-at-age, and distribution of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in deep river pools. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 2827-2836.
- Chapman, D. W. 1988. Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids. *Trans. Am. Fish. Soc.* 117: 1-21.
- Crisp, D. T., and Carling, P. A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *J. Fish Biol.* 34: 119-134.
- Chaput, G., Allard, J., Caron, F., Dempson, J.B., Mullins, C.C. and O'Connell M.F. 1998. River-specific target requirements for Atlantic salmon (*salmo salar*) based on a generalized smolt production model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 246-261.
- Crisp, D. T. and Carling, P. A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *J. Fish Biol.* 34: 119-134.

- Fjellheim, A. 1999. Eksingedalsvassdraget. Oversikt over FoU med hovedvekt på den laks- og sjøaureførende delen av vassdraget. Laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske. Universitet i Bergen. LFI-rapport nr. 102.
- Fjellheim, A., Barlaup, B. T., Gabrielsen, S. E & Raddum, G. G. 2003. Restoring fish habitat as an alternative to stocking in a river with strongly reduced flow. – *Ecohydrology and Hydrobiology* (In press).
- Forseth, T., Næsje, T., Jensen, A.J., Saksegård, L., og Hvidsten, N.A. 1996. Ny forbitappingsventil i Alta kraftverk: betydning for laksebestanden. - NINA oppdragsmelding 392, 26 s.
- Gibson, R.J. 1993. The Atlantic salmon in fresh water: spawning, rearing and production. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 3: 39-73.
- Heggenes, J. 1989. Physical habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) in riverine systems. *Nordic J. Freshwater Res.* 64: 74-90.
- Heggenes, J. 1991. Habitat utilization and preferences in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in streams. *Reg. Riv.* 5: 341-354.
- Hindar, A., Henriksen, A., Tørseth, K. & Semb, A. 1994. Acid water and fish death. *Nature.* 372: 327-328.
- Holst, J.C. & P.J. Jakobsen. 1998. Dødelighet hos utvandrende postsmolt av laks som følge av lakselusinfeksjon. *Fiskets Gang.* 8: 13–15.
- Hvidsten, N.A. 1985. Mortality of pre-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., caused by fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, Central Norway. *J. Fish Biol.* 27: 711-718.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. og Jensås, J.G. 1996. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. NINA Oppdragsmelding 389:1-27.
- Jonsson, N., Jonsson, B. og Hansen, L.P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*, 67: 751-762.
- Kaste, Ø., Hindar, A., Skiple, A. og Henriksen, A. 1996. Tiltak mot forsuring av Ekso. Kalkingsplan, samt prognose for kalkbehov basert på tålegrenseoverskridelser fram mot år 2010. NIVA rapport nr. 3462-96.
- Kroglund, F., Wright, R. F. & Burchart, C. 2002. Acidification and Atlantic salmon: critical limits for Norwegian rivers. NIVA rapport nr. 4501-2002. 61 s.
- Landmark, A. 1889. Fiskeri-Inspektørens Indberetning om Ferskvandsfiskerierne for Aarene 1887-1890. 91 s. + 40 bilag.
- McCormick, S.D., Hansen, L.P., Quinn, T.P. og Saunders, R.L. 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 (Suppl. 1): 77-92.
- Raddum, G. & A.Fjellheim. 1984. Fiskerisakkyndig skjønn. Myster kraftverk. Laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske. Universitet i Bergen. LFI-rapport nr. 54.

- Raddum, G. & A. Fjellheim. 1992. Utlegging av rogn i elv – et alternativ til klekkerier. Vassdragsregulantenenes forening. Fiskesymposiet 1992: 173-184.
- Raddum, G.G. & A. Fjellheim. 1995. Artificial deposition of eggs of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a regulated Norwegian river: hatching, dispersal and growth of the fry. Regul. Rivers. 10: 169-180.
- Rosseland, B.O., E. Lydersen, og F. Kroglund. 1996. Overvåking av vannkvaliteten ved Syrtveit Fiskeanlegg og forsøk med dosering av lut og kisel. NIVA rapport nr. 3446.
- Saltveit, S.J., Halleraker, J.H., Arnekleiv, J.V. og Harby, A. 2001. Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decrease caused by hydropeaking. Regul. Rivers: Res. Mgmt. 17: 609-622.
- Symons, P.E.K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt productivity in rivers of different productivity. J. Fish. Res. Board Can. 36: 132-140.
- Åtland, Å., H. Hektoen, J. Håvardstun, E. Lydersen, og B.O. Rosseland, 1997a. Forsøk med dosering av silikat-lut ved Syrtveit Fiskeanlegg. NIVA 3714. 31 s.
- Åtland, Å., V. Bjerknes, H. Hektoen, J. Håvardstun, B. Salbu, og H.C. Teien. 1997b. Feltforsøk med dosering av silikat-lut i Tangedalselva. NIVA rapport nr. 3714.
- Åtland, Å., A. Kvellestad, E.A. Lindstrøm, H.B. Pedersen, G.G. Raddum, B. Salbu, og H.C. Teien. 1998. Bruk av silikat som alternativ til kalking - feltforsøk med flytende og fast silikat i 1997. NIVA-rapport nr. 3896.