

## Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E18-utbygging Brokelandsheia – Vinterkjær 2000-2005

Bjørn Mejdell Larsen



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

**Norsk institutt for naturforskning**

**Overvåking av vannkvalitet, fisk  
og elvemusling i Hammerbekken,  
Aust-Agder i forbindelse med  
E18-utbygging Brokelandsheia –  
Vinterkjær 2000-2005**

**Bjørn Mejdell Larsen**

Larsen, B.M. 2006. Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E18 - utbygging Brokelandsheia - Vinterkjær 2000-2005. - NINA Rapport 149. 37 s.

Trondheim, mai 2006

ISSN: 1504-3312

ISBN: 82-426-1700-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Bjørn Mejdell Larsen

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Odd Terje Sandlund (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen Region sør

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Harald Tobiassen

FORSIDEBILDE

Omlegging av Molandsbekken ved Sørlandsporten – august 2004. Foto: Bjørn Mejdell Larsen

NØKKEWORD

Vannkvalitet – elvemusling – laks – ørret – overvåking - vegutbygging

#### KONTAKTOPPLYSNINGER

##### **NINA Trondheim**

NO-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

##### **NINA Oslo**

Postboks 736 Sentrum

NO-0105 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 33 11 01

##### **NINA Tromsø**

Polarmiljøsenderet

NO-9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

##### **NINA Lillehammer**

Fakkelgården

NO-2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

<http://www.nina.no>

## Sammendrag

Larsen, B.M. 2006. Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E18 - utbygging Brokelandsheia - Vinterkjær 2000-2005. - NINA Rapport 149. 37 s.

Det er ikke påvist negative effekter på laks, ørret eller elvemusling i Hammerbekken som kan relateres til byggingen av den nye parsellen for E 18 mellom Brokelandsheia og Vinterkjær. Overvåkingen av vannkvaliteten i vassdraget før anleggsarbeidene startet (2000-2001) viste at mange parametere hadde en stor naturlig variasjon i Hammerbekken, og det var store forskjeller i vannkvaliteten innad i vassdraget. Etter at anleggsarbeidet startet (januar 2002, men med hogging og klargjøring av området fra høsten 2001) har det imidlertid vært flere episoder der vannkvaliteten i Hammerbekken har vært moderat påvirket av inngrepet langs Molandsbekken, og hyppigheten av disse episodene økte i 2003 og 2004. Tiltak ved innløpet av Aklandstjern og oppholdstiden i tjernet reduserte de mest ekstreme tilførslene fra Molandsbekken. Dette hjalp til med å opprettholde en god nok vannkvalitet i Hammerbekken.

I forbindelse med bygging av ny E 18 fra Brokelandsheia til Akland har Norsk institutt for naturforskning (NINA) gjennomført et overvåkings-/kontrollprogram for vassdraget Aklandstjern-Hammerbekken. Programmet har omfattet vannkvalitet og en årlig overvåking av elvemusling og fisk i vassdraget. Resultatet fra overvåkingen i 2005 presenteres i denne rapporten sammen med en oppsummering for hele perioden 2000-2005. I 2004 var det avvirking av skog langs nedre del av Hammerbekken. Dette ble en betydelig belastning på forholdene i bekken, og i forbindelse med nedbør var det stor massetransport fra terrenget og ut i vassdraget spesielt i noen uker på våren. Det er viktig å skille dette fra effekten som byggingen av E 18 har medført.

Hammerbekken ligger under marin grense, og de marine leirene er med på å gi vannet god bufferevne mot forsuring. Overvåkingsprogrammet avdekket ingen forsuringsepisoder i Hammerbekken i 2005, men vassdraget har i enkelte år (2000, 2001 og 2004) vært utsatt for episoder med forsuring om høsten og vinteren (pH = 5,5-6,0). Alkaliteten var "dårlig" i 2001, men "mindre god" i de fleste årene og "god" bare i 2005.

Nitratinnholdet økte signifikant i Hammerbekken i perioden 2000-2003. Årsgjennomsnittet var før anleggsstart om lag 200 µg/l ved Hammeren i 2000-2001, men var tre ganger så høyt i 2003. Allerede i løpet av 2005 var imidlertid verdien halvert igjen, og effekten av anleggsarbeidene ved Sørlandsporten er i ferd med å normalisere seg. Inngrepet betydde imidlertid at Hammerbekken gikk fra tilstandsklasse "god" til "dårlig" med hensyn til mengde nitrogen, og at tilstanden fortsatt er "mindre god" i målområdet ved Hammeren.

Selv om det har vært enkelte episoder med høye verdier av total fosfor (bl.a. i 2004), har det ikke vært noen signifikant økning i tilførselen av total fosfor i Hammerbekken ved Hammeren i perioden 2000-2005.

Det har vært en økning i ledningsevnen i Hammerbekken fra 2001 til 2005. Årsgjennomsnittet for ledningsevnen var mer enn dobbelt så høyt ved Hammeren i 2005 i forhold til 2001. Endringen i ledningsevne stemmer med endringer i mengden av kalsium, magnesium, og svovel. Det er i hovedsak disse ionene som sammen med natrium og klorid bestemmer ledningsevnen i vassdraget.

I Hammerbekken var turbiditeten sjelden høyere enn 1,5 FTU før anleggsarbeidene ved Sørlandsporten startet. Det har vært flere episoder med høy turbiditet hvert år i Molandsbekken i 2001-2005 (10-661 FTU), og det har i samme periode forekommet flere situasjo-

ner med moderat høye verdier også i Hammerbekken (5-10 FTU). Disse har normalt kommet i etterkant av store tilførsler av suspendert materiale til Aklandstjern. Hammerbekken har gått fra tilstandsklasse "god" til "meget dårlig" med hensyn til turbiditet, men tilstanden var "mindre god" igjen i 2005 i målområdet ved Hammeren.

Etter at anleggsarbeidet startet er det påvist flere episoder der vannkvaliteten i Hammerbekken har vært direkte påvirket av inngrepet langs Molandsbekken. I forbindelse med gravearbeidene har det skjedd en utlekking av næringsstoff, og mer suspendert materiale har nådd ut i Hammerbekken enn tidligere. Våren 2004 ble skogen langs vestsiden av Hammerbekken hogd. Dette var en tilleggsbelastning som uten tilknytning til veianlegget medførte negative konsekvenser for vassdraget nedenfor Aklandstjern. Turbiditeten var derfor høyere enn forventet i Hammerbekken i store deler av 2004.

Det har vært en økende tetthet av både laks- og ørrettingel på anadrom del av Hammerbekken i 2000-2005. Samlet tetthet av årsyngel økte fra 24 til 65 individ per 100 m<sup>2</sup>. Tettheten av eldre ørretunger er lav, men har vært stabil i 2000-2005 (6-9 individ per 100 m<sup>2</sup>). Tettheten av eldre laksunger har variert noe mer i perioden, og var lavere enn for ørret (<1-7 individ per 100 m<sup>2</sup>). Det er nå påvist gyting av laks i vassdraget hvert år siden 1998.

I Hammerbekken finnes levende elvemusling ujevnt fordelt i lave tettheter på hele strekningen mellom Hammertjern og Fossen; en strekning på ca 470 m. På strekningen mellom sjøen og Hammertjern er det ikke funnet elvemusling ved direkte observasjon, men arten ble indirekte påvist ved funn av muslinglarver på ørrettingel i 2000. Elvemuslingen hadde en større utbredelse i vassdraget tidligere da den i det minste var utbredt opp til Aklandstjern; ytterligere 500 m elvestrekning i forhold til utbredelsen i dag.

Tettheten av elvemusling har gått ned med ca 30 % i 2004 og 2005 sammenlignet med 2000-2003. Mer enn 40 % av elvemuslingene på en av stasjonene i øvre del av Hammerbekken døde i 2004 på grunn av avrenning og ekstrem massetransport etter hogst i området langs bekken. Nedgangen i antall musling kan derfor ikke relateres til anleggsarbeidene ved Sørlandsporten. Elvemuslingen har imidlertid reprodusert normalt i perioden 2000-2005, og hvert år har mer enn 70 % av muslingene vært gravide i begynnelsen av august.

Bjørn Mejdell Larsen, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim  
bjorn.larsen@nina.no

# Innhold

<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>Innhold.....</b>	<b>5</b>
<b>Forord .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Innledning.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Område .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Metode .....</b>	<b>12</b>
3.1 Vannkvalitet .....	12
3.2 Fisk .....	12
3.3 Elvemusling .....	13
<b>4 Resultater .....</b>	<b>14</b>
4.1 Vannkvalitet .....	14
4.2 Fisk .....	24
4.3 Elvemusling .....	27
<b>5 Oppsummering .....</b>	<b>30</b>
5.1 Vannkvalitet .....	30
5.2 Fisk .....	31
5.3 Elvemusling .....	31
<b>6 Konklusjon .....</b>	<b>33</b>
<b>7 Referanser .....</b>	<b>34</b>
<b>8 Vedlegg.....</b>	<b>35</b>

## Forord

Utbredelse og forekomst av elvemusling og laks i Hammerbekken i Aust-Agder ble kartlagt i 1998 og 2000. Med grunnlag i dette arbeidet var det ønskelig å starte en overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken i forbindelse med E18-utbyggingen på strekningen Brokelandsheia - Vinterkjær. Prosjektet skulle beskrive forholdene i vassdraget før, under og etter anleggsperioden for å sikre at nødvendige tiltak som gjøres er tilstrekkelig for å opprettholde og bevare bestander av sårbare arter i Hammerbekken nedstrøms Aklandstjern.

Undersøkelsene ble de første årene finansiert av Statens vegvesen Aust-Agder vegkontor, men etter omorganisering og navnebytte er det Statens vegvesen Region sør som har vært formell oppdragsgiver siden 2003. Kontaktperson hos oppdragsgiver har hele tiden vært Harald Tobiassen som takkes for et hyggelig samarbeid.

Vilfred Ånonsen og Dag Ødegard hos Statens vegvesen har vært ansvarlig for innsamlingen av vannprøver. Vannprøvene er analysert av Syverin Lierhagen ved NINAs analyselaboratorium i Trondheim.

Feltundersøkelsene ble gjennomført sammen med Jan Henrik Simonsen (2001) og Hans Mack Berger (2003-2005), som begge takkes for en utmerket innsats i felt.

Trondheim, mai 2006

Bjørn Mejdell Larsen  
Prosjektleder



# 1 Innledning

I forbindelse med planer om bygging av ny E18 fra Brokelandsheia til Akland ble det utredet mulige tiltak for å unngå at sårbare arter som laks og elvemusling skulle gå tapt i bekken mellom Aklandstjern og Hammertjern; en strekning som kunne bli berørt av tilslamming og partikkeltransport under anleggsfasen for ny E 18 (Larsen 2001).

Det finnes historiske opplysninger om elvemusling fra 20 lokaliteter i Aust-Agder, men i dag er det bare tre lokaliteter der muslinger fortsatt finnes i lite antall (Dolmen & Kleiven 1997; 1999). I Hammerbekken ble elvemusling funnet på strekningen mellom utløpet i sjøen og opp til Fossen; en strekning på ca 620 m elvestrekning (Larsen 2001). Antall elvemusling ble estimert til ca 1 600 individer.

Hammerbekken er vurdert som meget interessant på grunn av lakseoppgang (Matzow et al. 1990, Simonsen 1999). Det er i årene fra 2000 funnet laksunger i lite antall i Hammerbekken mellom Hammertjern og Fossen (Larsen 2001; 2002; 2003; 2004; 2005), og antall laksunger har økt. Hvorvidt dette er avkom av en liten lokal stamme, feilvandrede laks fra andre vassdrag eller laks med oppdrettsbakgrunn som har etablert en ny "stamme" har det ikke vært mulig å gi noe entydig svar på. Hammerbekken er imidlertid tradisjonelt en god sjørretelv. Det er oppgang av mye stor fisk hvert år, og det har til tider blitt tatt store fangster med ørret i forhold til størrelsen på bekken.

Planene for den nye traseen til E18 mellom Brokelandsheia og Vinterkjær ville bare indirekte berøre Hammerbekken. Veien skulle krysse Hammerbekken på utløpet av Aklandstjern slik den gjør i dag, og det skulle bare gjøres mindre endringer i utformingen av kulverten under veien. Inngrep som direkte berørte vassdraget ville hovedsakelig skje på innløpet til Aklandstjern der det skulle bygges kulverter i bekken, og Molandsbekken ville bli lagt om langs den nye veitraseen i ca 300 m lengde. Graving i og langs elveløpet kunne tilføre Aklandstjern en stor mengde løsmasser, og dette ville være av betydning også for vannkvaliteten videre nedover i Hammerbekken. I henhold til en redusert utbygging i området Akland-Vinterkjær ville ikke planene om en ny tunnel ved Sørlandsporten, nytt veikryss ved avkjøringen til Risør og utfylling i Aklandstjern bli gjennomført.

Anleggsarbeidene ble startet i januar 2002, men med hogging og klargjøring av området fra høsten 2001. Det nye veganlegget ble formelt åpnet for trafikk i november 2004, men det gjensto fortsatt en del arbeid med blant annet terrengplanering fram mot våren 2005.

Et overvåkings-/kontrollprogram for vassdraget Aklandstjern-Hammerbekken skulle i tillegg til vannkvalitet også omfatte en årlig overvåking av elvemusling og laks på faste stasjoner i vassdraget. Det ble også utredet og valgt ut konkrete "reservesteder" for elvemusling dersom det skulle oppstå stor oppslamming eller annen forurensning i Hammerbekken som ville gjøre det nødvendig å flytte muslinger til et annet sted (Larsen 2002). Resultatet fra overvåkingen i 2005 presenteres i denne rapporten sammen med dataene fra 2000-2004 som en foreløpig oppsummering av overvåkingen etter første del av E18-utbyggingen i området.

## 2 Område

Hammerbekken ligger i Risør kommune i Aust-Agder fylke, og er en del av et 15,9 km<sup>2</sup> stort nedbørsfelt som også berører Gjerstad kommune. Vassdraget kommer fra heiområdene rundt Mjåvatn og Molandsvatn (117 moh.) og drenerer via Molandsbekken til Aklandstjern (42 moh.). Fra Aklandstjern kalles bekken Hammerbekken. Hammerbekken renner via Hammertjern (5 moh.) og munner ut innerst i Søndeledfjorden (Sørfjorden) ved Rød, ca 10 kilometer vest for Risør (**figur 1**). Vannkvaliteten i Hammerbekken er beskrevet som god, og det er lite forurensning i vannet (Matzow m.fl. 1990, Hindar 1990, Kaste & Håvardstun 1998). Naturlige bakgrunnskonsentrasjoner av fosfor i avrenning fra utmarksområder på Sørlandet ligger på 3-5 µg/l, mens en i områder under marin grense må påregne noe høyere verdier, ofte omkring 8-12 µg/l (Bratli m.fl. 1995, Skjelkvåle m.fl. 1996).

Bakgrunnskonsentrasjoner av total nitrogen kan ligge opp mot 300-500 µg/l i utmarksområder på Sørlandet. Vannkvaliteten ble før anleggsstart klassifisert som "god" til "mindre god" for totalt nitrogeninnhold og "meget god" med hensyn til mengde totalt fosfor i henhold til klassifisering av miljøkvaliteter i ferskvann gitt av Statens Forurensningstilsyn (Andersen m.fl. 1997). Resultatene fra høsten/vinteren 2000/2001 viste at Hammerbekken i enkelte år kunne oppleve perioder med forsurening etter langvarig nedbør (Larsen 2001). Vannets surhetsgrad falt til pH 5,6, og konsentrasjonen av uorganisk aluminium økte til 24 µg/l i november. Ved slike aluminiumskonsentrasjoner vil det kunne oppstå skade på laksesmolt i ferskvann samt moderat dødelighet dersom smolten vandrer ut i sjøen like etter en slik eksponering (Hindar m.fl. 1997).

Det finnes nedbørstasjoner både ved Eikeland ved Fiane og på Risør brannstasjon. Det er bare mindre forskjeller i mengde nedbør mellom de to stasjonene (**tabell 1**), men stasjonen ved Eikeland er likevel vurdert som best egnet for å beskrive forholdene i Hammerbekken. Årsnedbøren ved Eikeland har variert fra 1048 (2005) til 1824 mm (2000) i de seks siste årene. Dette var henholdsvis 87 og 152 % av normal årsnedbør som er 1200 mm for perioden 1961-1990 (**tabell 1**).

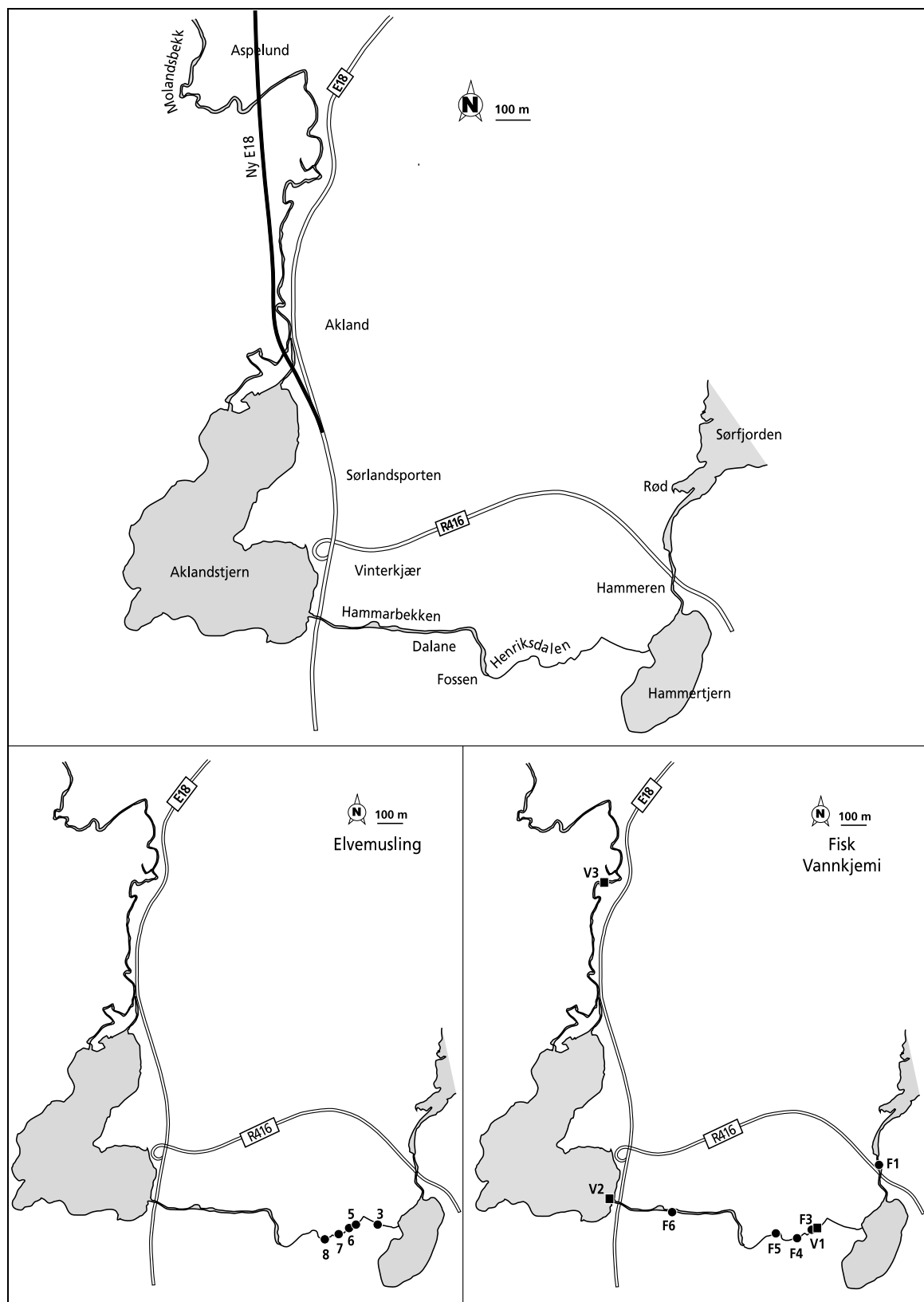
Det er størst nedbørmengder om høsten (oktober-november, **figur 2**) ved Eikeland, og i november 2000 kom det for eksempel 573 mm nedbør (mer enn fire ganger normalnedbøren for november måned). Flomperioder kan imidlertid forekomme også om vinteren (jf. januar 2001), våren (jf. april 2001) eller sommeren (jf. juli 2000 og august 2004) (**tabell 2**). Det har vært minst nedbør i februar og mars i alle år.

**Tabell 1.** Årsnedbør for stasjonene Eikeland ved Fiane og Risør brannstasjon i 2000-2005 samt normal årsnedbør for perioden 1961-1990. Data fra DNMI.

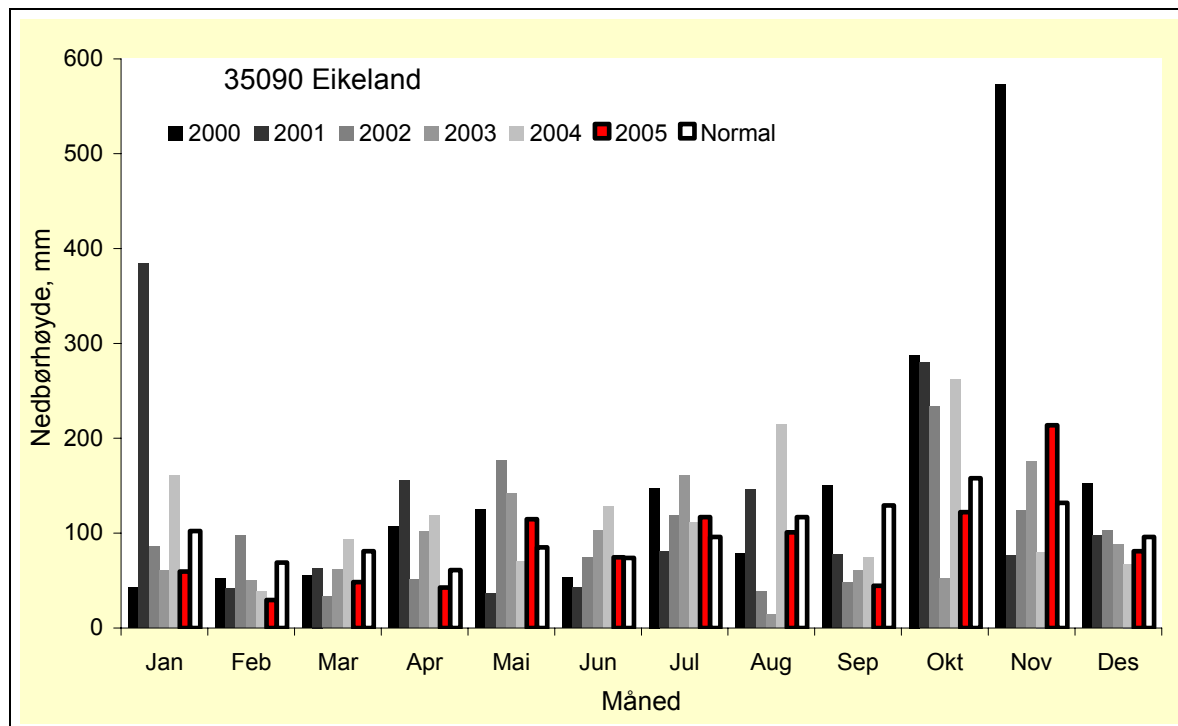
Lokalitet	År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Normal 1961-1990
Eikeland, mm		1824	1481	1183	1070	1419	1048	1200
Eikeland (prosent av normalen)		152	123	99	89	118	87	100
Risør, mm		1560	1242	1167	999	1369	1081	1090
Risør (prosent av normalen)		143	114	107	92	126	99	100

Det var noe mindre nedbør i 2005 enn normalt, og det var bare enkelte mindre nedbørtopper i løpet av året. Mest nedbør var det i begynnelsen av november med 59 mm på ett døgn (**figur 3**). Høyeste døgnverdier som har forekommet i årene 2000-2005 har vært 81 og 82 mm (henholdsvis oktober 2002 og august 2004; **vedlegg 1**). Det har kommet mer enn 20 mm nedbør ved Eikeland på 9-26 døgn årlig i årene 2000-2005. Flest døgn var det i 2000, 2001 og 2004, og færrest døgn i 2002.

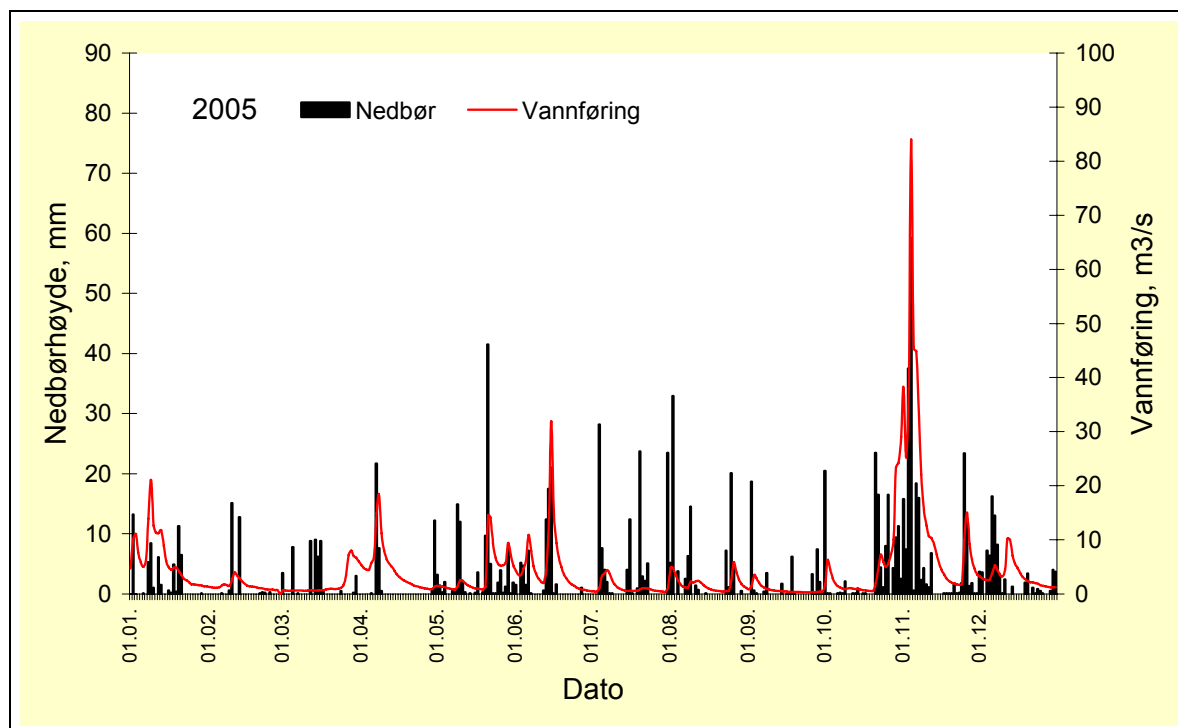
Det finnes ikke vannføringsdata fra Hammerbekken, men ved Gjerstad i Gjerstadvassdraget (18 km nord for Aklandstjern) måles det vannføring.



**Figur 1.** Hammerbekken med den planlagte traseen for den nye E 18 forbi Aklandstjern og Vinterkjær samt lokalisering av undersøkte stasjoner med hensyn til vannkvalitet (stasjon V1, V2 og V3), ungfish (stasjon F1, F3, F4, F5 og F6) og elvemusling (stasjon 3, 5, 6, 7 og 8).



**Figur 2.** Månedlig nedbør i 2000-2005 ved meteorologisk stasjon 35090 Eikeland ved Fiane. Normal månedsnedbør for perioden 1961-1990 er angitt. Data fra DNMI.



**Figur 3.** Døgnnedbør for meteorologisk stasjon 35090 Eikeland ved Fiane og døgnmiddelverdier for vannføring ved Gjerstad i Gjerstadvassdraget i 2005. Data fra DNMI og NVE.

Ved Gjerstad er en vannføring på  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  angitt som middelflom og  $112 \text{ m}^3/\text{s}$  som femårsflom. Vannføring  $\geq 90 \text{ m}^3/\text{s}$  har bare forekommet to ganger i årene 2000-2005 (oktober og november 2000; **vedlegg 2**). Men i begynnelsen av november 2005 var vannføringen  $84 \text{ m}^3/\text{s}$  etter en periode med kraftig nedbør (**figur 3**). Vannføringen har vært høyere enn  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  ved Gjerstad i 13-53 døgn årlig i årene 2000-2005. Flest døgn med slik vannføring var det i 2000, 2001 og 2004, og færrest døgn i 2005. I november 2000 var vannføringen høyere enn  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  hele måneden.

Perioder med høy nedbør og stor vannføring har vist seg å ha stor betydning for de vannkjemiske forholdene, og kan være med på å forklare episoder med forsuring, høy turbiditet og høye konsentrasjoner av fosfor og tungmetaller. Vannføringen i Hammerbekken varierte på nesten samme måte som i Gjerstadvassdraget, og det forekom flere raske og korte vannstandsendringer i løpet av året. I flomperioder forekom det erosjon og graving i elveløpet som resulterte i stor transport av finpartikulært materiale i vassdraget.

### 3 Metode

#### 3.1 Vannkvalitet

I innledningen til overvåkingsprogrammet ble det samlet inn 8 vannprøver i Hammerbekken ved Hammeren og en vannprøve på utløpet av Aklandstjern i perioden mai 2000 – januar 2001 (Larsen 2001) (jf. **tabell 4**). Senere er det samlet inn vannprøver fra tre faste stasjoner i vassdraget i forbindelse med overvåkingen i august 2001 – desember 2005 (**figur 1**):

- **Stasjon V1:** Hammerbekken ved **Hammeren**; mellom Fossen og Hammertjern
- **Stasjon V2:** Hammerbekken ved **E18**; utløpet av Aklandstjern
- **Stasjon V3:** Molandsbekken ved **Sørlandsporten**

Programmet forutsatte at det skulle tas vannprøver til fullstendig analyseprogram en gang i måneden på hver av de tre stasjonene. Det har vært en del avvik fra dette, og i to perioder (september 2002 – mars 2003 og november 2004 – mars 2005) har vannprøvetakingen stoppet opp. I 2003 og 2004 ble programmet supplert med turbiditetsmålinger mellom enkelte av de månedlige prøvetakingene, og ellers etter behov i perioder med mye nedbør og flom. Det er analysert til sammen 61 vannprøver fra Hammeren (stasjon V1) i 2000-2005 (**tabell 4**). På stasjonene E 18 og Sørlandsporten er det analysert til sammen henholdsvis 54 og 53 vannprøver. I tillegg er det på alle stasjonene samlet inn 11 vannprøver som bare er analysert for turbiditet.

Prøvene ble samlet på 250 ml vannflasker, og analysert få dager etter prøvetaking på analyselaboratoriet ved NINA. De månedlige vannprøvene ble analysert med hensyn til sentrale parametere som pH, farge, turbiditet, ledningsevne, viktige anioner (Ca, Mg, Na, K) og kationer (Cl, SO<sub>4</sub>), næringssalter (nitrogen og fosfor) samt utvalgte metaller (aluminium, jern, kobber, bly, sink).

**Tabell 4.** Oversikt over antall vannprøver som er samlet inn på de tre stasjonene i 2000-2005. Tallene i parentes viser antall vannprøver som ble tatt i tillegg for analyse av turbiditet.

År	Stasjon V1 Hammeren	Stasjon V2 E18	Stasjon V3 Sørlandsporten
2000	7	1	0
2001	8	7	7
2002	11 (+ 1)	11 (+ 1)	11 (+ 1)
2003	9 (+ 8)	9 (+ 7)	9 (+ 8)
2004	12 (+ 2)	12 (+ 2)	12 (+ 2)
2005	14	14	14
Sum	61 (+ 11)	54 (+ 10)	53 (+ 11)

#### 3.2 Fisk

Det ble gjennomført årlige ungfiskundersøkelser i begynnelsen av august i 2001-2005 på lav vannføring. Tetthet av laks- og ørretunger ble undersøkt ved hjelp av elektrisk fiskeapparat med fiske på 5 av de 9 stasjonene som ble undersøkt i Hammerbekken og Molandsbekken i august 2000 (Larsen 2001) (stasjon F1, F3, F4, F5 og F6; **figur 1**). Fisket ble foretatt på faste arealer i vassdraget (70-113 m<sup>2</sup>). Arealene ble avfisket tre ganger (utfiskingsmetoden) i henhold til standard metodikk (Bohlin m.fl. 1989). All fisk ble artsbestemt og lengdemålt til nærmeste millimeter i felt før de ble sluppet ut igjen i elva.

Beregning av fisketetthet ble utført som beskrevet av Bohlin m.fl. (1989) etter fangst i tre fiskeomganger. Det er skilt mellom årsyngel (alder: 0+) og eldre ungfisk (alder:  $\geq 1+$ ). Alle tettheter oppgis som antall individer per 100 m<sup>2</sup>.

### 3.3 Elvemusling

Undersøkelser av forekomst og tetthet av elvemusling ble årlig gjennomført på lav vannføring i begynnelsen av august i 2001-2005. Det ble benyttet vannkikkert og telling av muslinger ble gjort ved direkte observasjon. I forbindelse med undersøkelser i 1998 og 2000 fantes det data fra 18 stasjoner i vassdraget (Larsen 2001). Av disse lå 9 stasjoner innenfor den delen av Hammerbekken der elvemusling fortsatt var utbredt. I forbindelse med den videre overvåkingen av elvemusling ble det valgt ut fem av disse stasjonene for årlige tellinger og tetthetsberegning (stasjon 3, 5, 6, 7 og 8; **figur 1**). Ved lav vannføring var det mulig å vade hele elvetverrsnittet på alle stasjonene, og tellingene ble foretatt i transekter/arealer i vassdraget (58-71 m<sup>2</sup>). Transektene ble delt opp i mindre "tellestriper" ved hjelp av kjettinger (jf. Larsen m.fl. 2000).

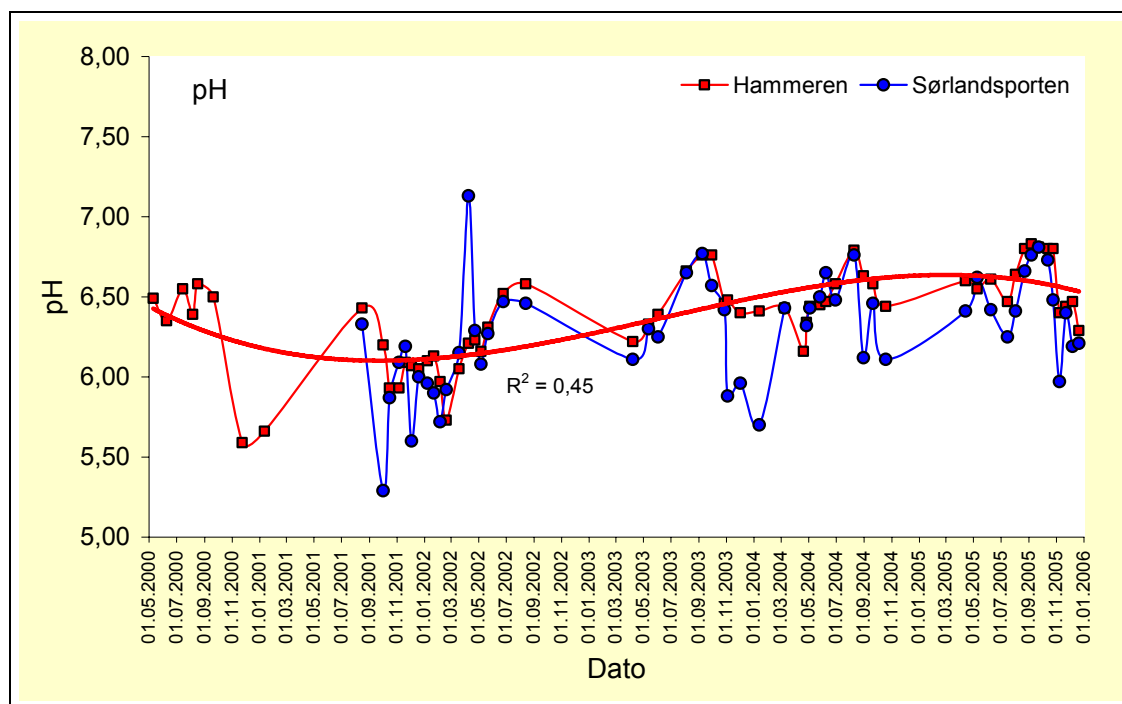
Et mindre antall levende elvemusling fra elvestrekningen like nedstrøms stasjon 8 ble tatt opp og undersøkt med hensyn til graviditet. Dette ble gjort ved å åpne skallene forsiktig, og inspisere gjellene i felt før muslingen ble satt tilbake i substratet.

## 4 Resultater

### 4.1 Vannkvalitet

Hammerbekken har normalt en god vannkvalitet uttrykt ved pH, og om våren og sommeren er det forventet at pH er nær 6,5 (**figur 4**). I forbindelse med store nedbørmengder derimot kan pH i perioder bli lavere enn 6,0, og ved Hammeren var pH = 5,6 i november 2000 (Larsen 2002). Etter flere mindre forsurende episoder i 2000-2002 har pH økt igjen i de siste årene, og i 2004 og 2005 var gjennomsnittlig pH henholdsvis 6,48 og 6,60 ved Hammeren (**tabell 5**). Laveste pH-verdi i 2004 og 2005 var henholdsvis 6,16 og 6,29. Vannkvaliteten var derfor god i målområdet ved Hammeren i begge disse årene. I Molandsbekken ved Sørlandsporten derimot har variasjonen i pH vært større, og fra september 2003 falt pH raskt fra 6,8 til 5,7 i januar 2004. Det har også tidligere forekommet forsurende episoder i Molandsbekken som har "stoppet opp" i Aklandstjern (høsten 2001).

I perioder med økt forsurende blir alkaliteten kraftig redusert i Molandsbekken og Hammerbekken (bl.a. Larsen 2002). Da pH gikk ned til 5,7 i Molandsbekken i januar 2004 falt samtidig alkaliteten til 23 µekv/l. Når pH var 6,7 i august 2004 var alkaliteten til sammenligning 165 µekv/l. I 2004 og 2005 ble det ikke målt lavere alkalitet enn henholdsvis 55 og 60 µekv/l ved Hammeren, og overvåkingsprogrammet avdekket ingen forsurende episoder i Hammerbekken.



**Figur 4.** pH i Hammerbekken ved Hammeren og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden mai 2000 til desember 2005.

Vannkvaliteten i Hammerbekken karakteriseres som "god" med hensyn til alkalitet og pH i henhold til klassifisering av miljøkvaliteter i ferskvann gitt av Statens Forurensningstilsyn (Andersen m.fl. 1997). I Molandsbekken har vannkvaliteten vært mer variabel, og enkelte forsurende episoder gjør at vannkvaliteten til tider er dårlig med hensyn til pH.



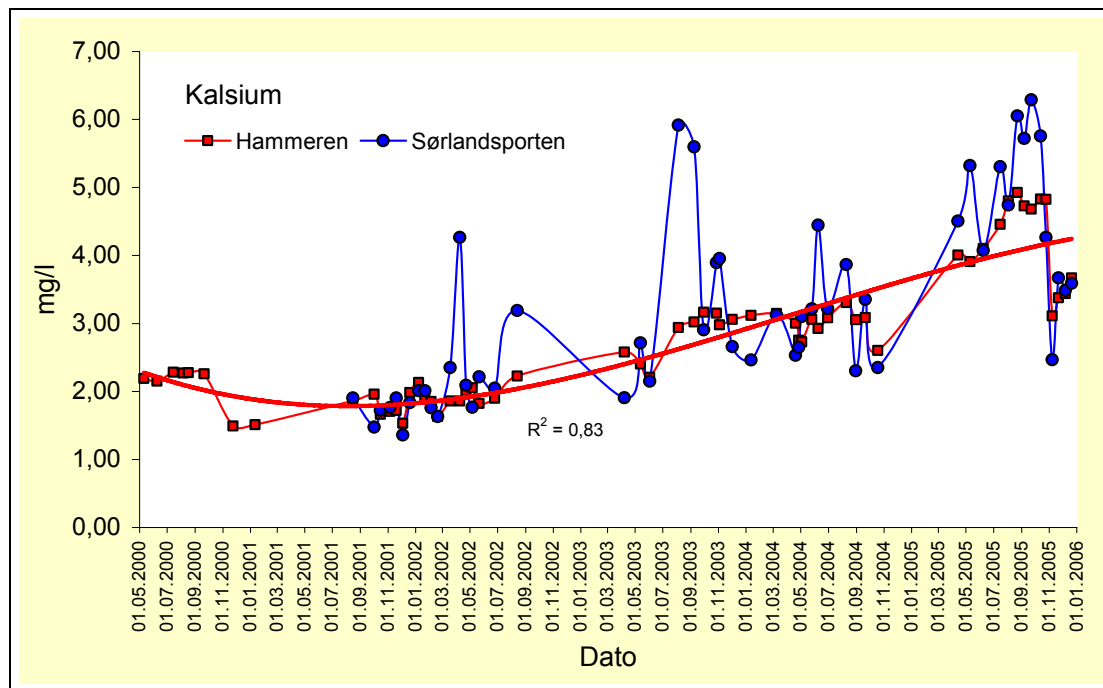
Etter en liten nedgang i mengden kalsium ved Hammeren i Hammerbekken fra 2000 til 2001 har det vært en jevnt stigende konsentrasjon av kalsium i 2002-2005 (**figur 5**). Det har vært samme utviklingstendens ved Sørlandsporten også, men med betydelig større variasjoner i løpet av året (fra 2 til 6 mg/l både i 2003 og 2005; **figur 5**). Det var ikke de samme svingningene i kalsium-innhold ved Hammeren i Hammerbekken, men konsentrasjonen av kalsium har økt fra ca 1,5 mg/l i begynnelsen av 2002 til ca 4,0 mg/l i løpet av 2005 ved Hammeren. Årsmiddelverdien i 2005 var mer enn dobbelt så høy som i 2002 (**tabell 5**). Dette kan i seg selv være med på å forklare de mer stabile og høye verdiene for pH og alkalitet i Hammerbekken sammenlignet med Molandsbekken.

**Tabell 5.** Aritmetiske årsmiddelverdier for en del vannkjemiske parametere på tre stasjoner i Molandsbekken/Hammerbekken i 2001-2005: Sørlandsporten i Molandsbekken (stasjon V3), E 18; Hammerbekken ved utløpet av Aklandstjern (stasjon V2) og Hammeren i Hammerbekken (stasjon V1).

Lokalitet		Turb. FTU	Farge mgPt/l	Kond-25 µS/cm	pH	Alk µekv/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Si mg/l
Sørlandsporten	2001	4,54	68	35,6	5,91	32	1,71	0,61	3,82	0,46	5,98	3,26	1,66
	2002	4,05	53	45,3	6,21	55	2,30	0,71	4,98	0,50	8,29	3,46	1,71
	2003	16,95	45	72,1	6,32	99	3,52	1,07	7,71	0,84	12,41	6,09	1,80
	2004	2,96	56	59,1	6,36	86	3,05	0,89	5,69	0,69	8,74	5,46	1,66
	2005	46,94	55	90,1	6,44	108	4,67	1,45	8,94	0,98	17,08	6,18	2,34
E 18	2001	1,66	61	38,6	6,00	38	1,76	0,58	4,36	0,52	6,63	3,38	1,48
	2002	2,44	52	45,6	6,03	42	1,96	0,66	5,24	0,51	8,74	3,30	1,56
	2003	3,05	45	55,4	6,26	74	2,85	0,85	5,71	0,68	9,12	4,84	1,45
	2004	3,49	50	58,8	6,33	81	3,02	0,86	5,75	0,77	9,12	5,44	1,65
	2005	1,45	47	82,1	6,47	93	4,31	1,14	8,11	0,84	15,30	5,42	1,63
Hammeren	2000	0,96	43	47,0	6,35	56	2,13	0,70	5,31	0,50	9,42	3,45	1,27
	2001	1,49	61	37,8	6,05	35	1,74	0,58	4,24	0,48	6,53	3,37	1,46
	2002	2,40	52	42,4	6,18	40	1,93	0,66	4,79	0,48	7,99	3,34	1,54
	2003	2,81	46	54,4	6,50	72	2,83	0,84	5,72	0,66	8,95	4,93	1,41
	2004	6,52	51	56,5	6,48	75	2,99	0,88	5,48	0,72	8,54	5,33	1,75
	2005	1,94	46	79,4	6,60	95	4,24	1,13	7,86	0,86	14,98	5,52	1,69

Lokalitet		Al µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	NO <sub>3</sub> µgN/l	Tot-P µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Ni µg/l
Sørlandsporten	2001	371	401,3	15,37	158	8,76	1,38	10,39	0,06	0,85	0,80
	2002	297	313,2	13,81	285	6,92	1,20	12,46	0,05	0,57	0,79
	2003	266	363,5	13,82	754	6,57	1,72	13,67	0,05	0,58	1,29
	2004	316	343,5	12,94	448	10,35	1,90	11,89	0,05	0,63	1,39
	2005	498	615,2	16,38	325	13,14	3,78	14,40	0,05	0,85	1,93
E 18	2001	284	333,1	18,18	209	7,15	1,24	10,70	0,09	0,68	0,81
	2002	271	257,3	16,63	263	5,15	1,25	11,14	0,05	0,51	0,78
	2003	249	292,4	15,30	619	5,14	3,31	10,50	0,05	0,46	1,05
	2004	267	232,0	15,87	485	5,35	2,49	13,81	0,05	0,45	1,27
	2005	181	245,2	17,27	285	4,29	1,80	8,06	0,04	0,34	1,37
Hammeren	2000	171	-	-	181	3,54	-	-	-	-	-
	2001	266	307,9	17,10	211	4,86	1,34	10,04	0,06	0,59	0,82
	2002	264	253,0	13,04	259	4,98	1,89	10,47	0,05	0,49	0,74
	2003	224	263,2	13,70	612	4,46	1,28	8,43	0,04	0,39	0,95
	2004	409	375,4	16,46	483	8,83	1,78	9,84	0,04	0,63	1,26
	2005	178	244,6	12,49	287	4,57	1,76	7,30	0,04	0,33	1,27



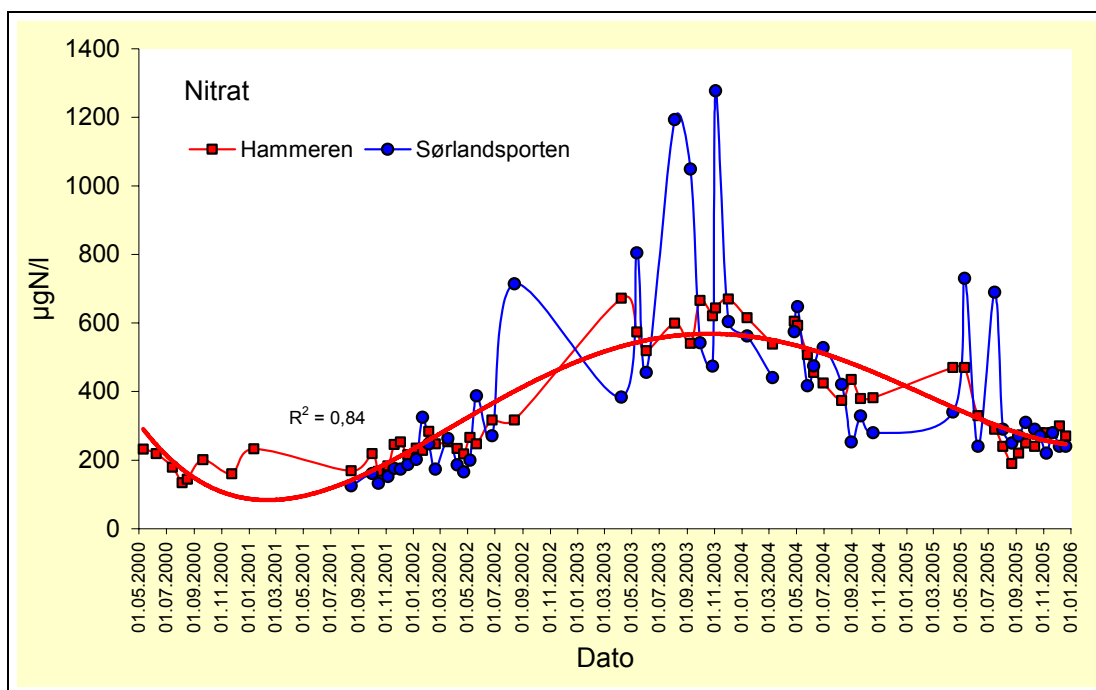
**Figur 5.** Kalsium (Ca) i Hammerbekken ved Hammeren og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden mai 2000 til desember 2005.

Nitratinnholdet økte signifikant i Hammerbekken fra våren 2000 til begynnelsen av 2004 (**figur 6**) ( $F_{1,33}=102,77$ ,  $P<0,0001$ ,  $R^2=0,76$ ; Larsen 2004). Det var fortsatt et moderat nitratinnhold ved Hammeren i 2002 med et gjennomsnitt på 259  $\mu\text{g/l}$ , men i 2003 økte gjennomsnittsverdien til 612  $\mu\text{g/l}$  (2,4 ganger høyere enn året før) (**tabell 5**). I løpet av 2004 var det igjen en reduksjon i tilførselen av nitrat; og fra verdier på mer enn 600  $\mu\text{g/l}$  i januar var nitratinnholdet ved Hammeren mindre enn 400  $\mu\text{g/l}$  i november (**figur 6**). Denne utviklingen fortsatte i 2005 da nitratinnholdet ble redusert til ca 200  $\mu\text{g/l}$  i løpet av året. I 2004 og 2005 sank gjennomsnittsverdien til henholdsvis 483 og 287  $\mu\text{g/l}$  (**tabell 5**). Det ble målt de samme verdiene ved utløpet av Aklandstjern (E 18), og resultatet for de to lokalitetene var nær sammenfallende ved alle prøvetidspunkt (jf **tabell 5**). Det var derfor ingen nitrattilførsel av betydning nedenfor Aklandstjern.

Med unntak av en periode våren og sommeren 2005 var det større samsvar mellom nitratinnholdet i Molandsbekken og Hammerbekken i 2004 og 2005 enn i de to foregående årene. Nitratinnholdet var i utgangspunktet noe lavere i Molandsbekken før anleggsarbeidet startet. Senere har mengden nitrat vært høyest ved flere anledninger i Molandsbekken, og variasjonen i løpet av året har vært betydelig. I perioder ble vassdraget tilført betydelige mengder nitrat, og gjennomsnittsverdien var nesten to og en halv gang høyere i 2003 i forhold til 2002. Forskjellen i nitratinnholdet mellom Molandsbekken og Hammerbekken økte, og trendlinjen for utviklingen av nitratinnholdet ved Sørlandsporten er brattere enn trendlinjen som er angitt for Hammeren. I løpet av 2004 var det igjen en reduksjon i tilførselen av nitrat; gjennomsnittsverdien gikk ned fra 754  $\mu\text{g/l}$  i 2003 til 448  $\mu\text{g/l}$  i 2004 (**tabell 5**). På tross av et par høye verdier i 2005 var det fortsatt reduksjon i nitratmengde i Molandsbekken, og konsentrasjonen er på vei tilbake til det samme som før utbyggingen startet. Det tar likevel litt lenger tid å normalisere forholdene i Molandsbekken sammenlignet med Hammerbekken.

Det er ikke målt konsentrasjon av total nitrogen i Hammerbekken i 2001-2005. Men Kaste & Håvardstun (1998) fant at konsentrasjonen av total nitrogen var 428  $\mu\text{g/l}$  i gjennomsnitt,

og at maksimumsverdien var 535 µg/l ved utløpet av Aklandstjern i 1997. Dette tilsvarer en "mindre god" vannkvalitet (tilstandsklasse III) med hensyn til tilførsel av total nitrogen. Når mengden nitrat økte i 2002 og 2003 forverret dette tilstanden, og vannkvaliteten i Hammerbekken ble karakterisert som "dårlig" (tilstandsklasse IV) i denne perioden<sup>1</sup>.



**Figur 6.** Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) i Hammerbekken ved Hammeren og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden mai 2000 til desember 2005.

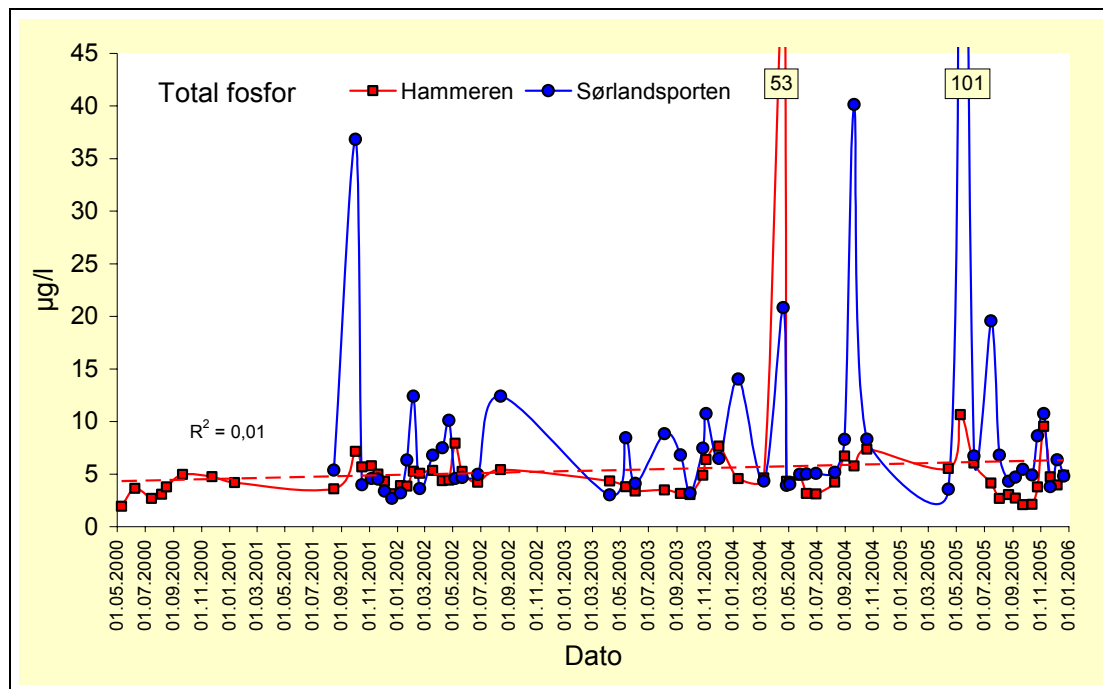
Det ble målt enkelte svært høye konsentrasjoner av total fosfor i 2004 og 2005; 53 µg/l i midten av april 2004 ved Hammeren og henholdsvis 40 og 101 µg/l i september 2004 og mai 2005 i Molandsbekken (**figur 7**). Ved en tilsvarende episode i oktober 2001 ble det funnet at det meste av fosforet den gangen var bundet til partikler i prøven (Larsen 2002). I Hammerbekken kom de høye verdiene i april 2004 i forbindelse med høy nedbør, og det har skjedd en ukontrollert massetransport til vassdraget etter hogst og kjøring med hogstmaskiner langs bekken. Denne episoden hadde derfor ingen tilknytning til arbeidene i forbindelse med veianlegget ved Sørlandsporten. I resten av undersøkelsesperioden var konsentrasjonene av total fosfor moderat ved Hammeren, og mengden varierte fra 2 til 11 µg/l (**figur 7**). Det var en mindre økning i mengde totalt fosfor i perioden 2000-2002 ved Hammeren (Larsen 2003), men tilførselen ble redusert noe igjen i løpet av 2003. Selv om det har vært enkelte episoder med forhøyede fosforverdier i 2004 og 2005, og et høyere årsgjennomsnitt i 2004 enn tidligere (også når vi ser bort fra ekstremverdien i april) er det ikke noen signifikant økning i tilførselen av total fosfor i Hammerbekken i perioden 2000-2005 (**figur 7**).

Den høye verdien av total fosfor i Molandsbekken i september 2004 var ikke ledsaget av høy turbiditet, og var derfor ikke bundet til partikler i vannprøven. Det kan ha vært en episode der fosfor er sluppet ut i vassdraget som fritt tilgjengelig næringsstoff, men det er uklart hva som kan være kilden til dette. Ekstremverdien i mai 2005 derimot kom som følge

<sup>1</sup> I Ognå i Rogaland er mengde nitrat og konsentrasjonen av total nitrogen om lag den samme som i Hammerbekken. Der er det i 2005 funnet en signifikant sammenheng mellom mengde nitrat og total nitrogen som beskrives ved ligningen:  $y = 0,60x + 269$ ;  $r^2 = 0,79$  (B. M. Larsen, upubliserte data). Dette er benyttet for å beregne det sannsynlige nivået for mengde total nitrogen i Hammerbekken (se også **tabell 8**).

av høy vannføring og høy turbiditet, og det meste av fosforet var sannsynligvis bundet til partikler i prøven.

Generelt kan vannkvaliteten i Hammerbekken klassifiseres som "meget god" med hensyn til mengde totalt fosfor i 2000-2005. Tilførselen av fosfor har vært høyere og mer variabel i Molandsbekken, men selv om det har vært forhøyede verdier i forbindelse med flom og høy turbiditet kan vannkvaliteten likevel karakteriseres som "god" med hensyn til mengde total fosfor.



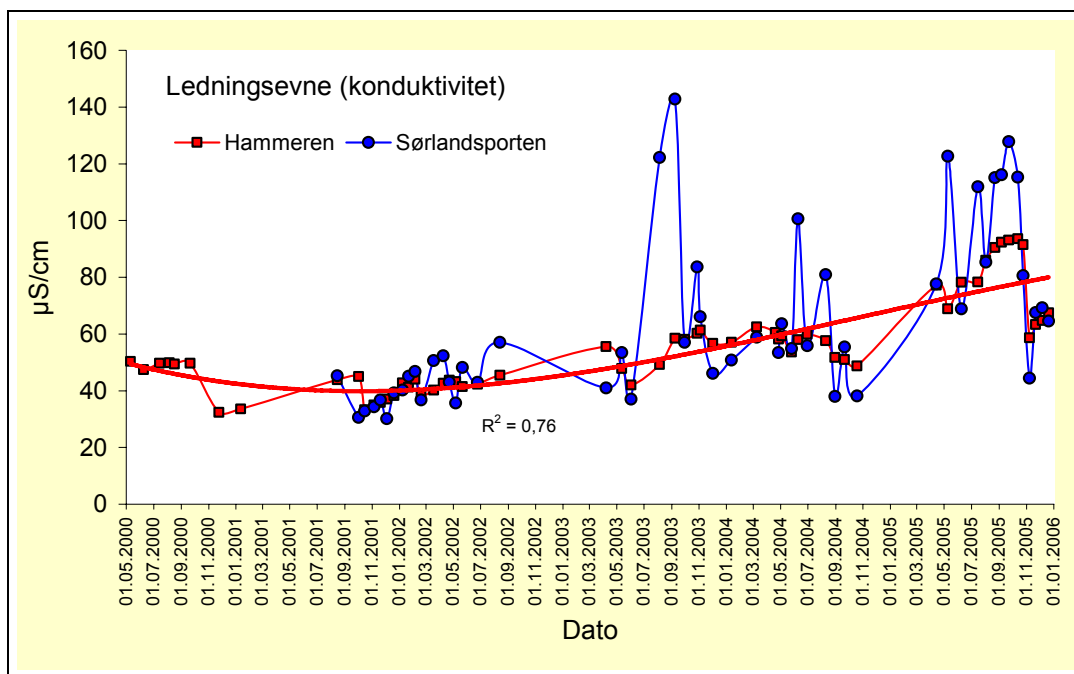
**Figur 7.** Total fosfor (Tot-P) i Hammerbekken ved Hammeren og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden mai 2000 til desember 2005.

Ledningsevnen varierte mellom 59 og 94  $\mu\text{S}/\text{cm}$  i Hammerbekken i 2005 (**figur 8, vedlegg 3**), og det var nesten sammenfallende verdier ved utløpet av Aklandstjern (E-18) og Hammeren (**tabell 5**). I Molandsbekken var det imidlertid større svingninger, og det var en lang periode i mai-oktober 2005 som skilte seg ut med høye verdier (85-130  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Det var en signifikant lineær økning i ledningsevnen i Hammerbekken fra 2001 og fram til 2004 ( $F_{1,34}=10,81$ ,  $P<0,002$ ,  $R^2=0,24$ ; Larsen 2004). Denne sammenhengen ble forsterket i 2004 og 2005 selv om det var en tendens til at ledningsevnen gikk ned igjen mot slutten av 2005 (**figur 8**). Denne endringen i ledningsevne stemmer overens med de endringene vi har hatt for mengden av kalsium (**figur 5**), magnesium, og svovel. Det er i hovedsak disse ionene som sammen med natrium og klorid bestemmer ledningsevnen i vassdraget. Årsmiddelkonsentrasjonen av kalsium økte for eksempel fra 1,7 til 4,2 mg/l, og konsentrasjonen av magnesium økte fra 0,6 til 1,1 mg/l i Hammerbekken fra 2001 til 2005 (**tabell 5**).

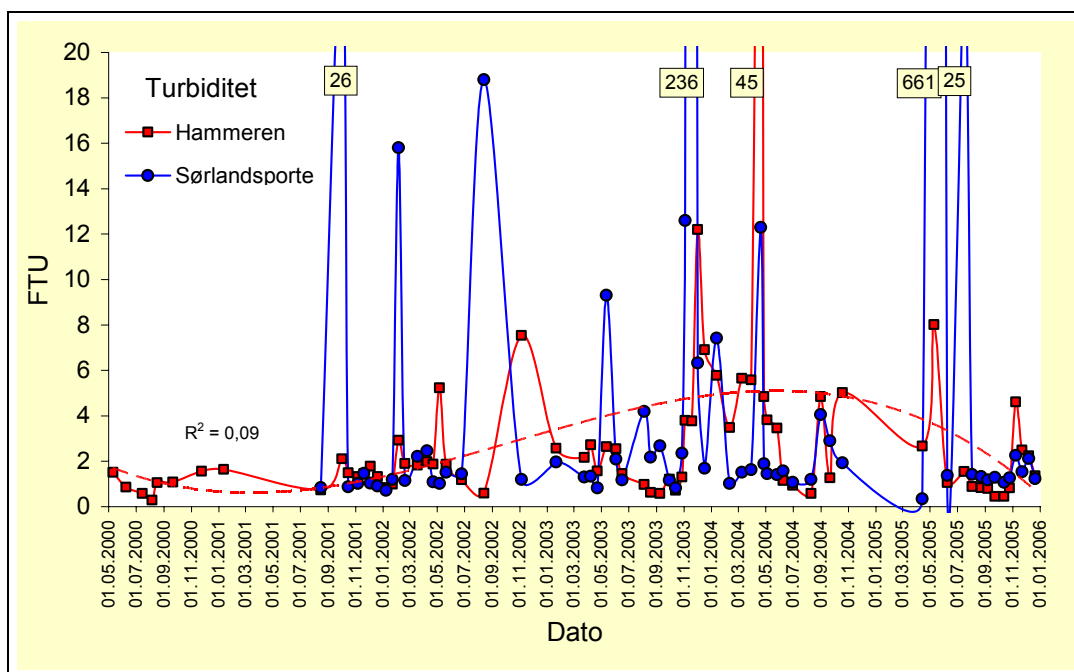
Aklandstjern er viktig som "fangdam" for suspenderte partikler. I forbindelse med flom i Molandsbekken kunne elvevannet tidligere være "grøtaktig" ved Sørlandsporten, men tilsynelatende uberørt på utløpet av Aklandstjern og ved Hammeren (for eksempel i oktober 2001, **figur 9**).

I Hammerbekken var turbiditeten sjelden høyere enn 1,5 FTU før anleggsarbeidene ved Sørlandsporten startet (Larsen 2002). Senere har det vært flere episoder med stor masse-

transport fra Molandsbekken og ut i Aklandstjern som også har gitt betydelige mengder suspendert materiale i Hammerbekken. Disse kommer som oftest litt i etterkant av de store tilførselene av suspendert materiale til Aklandstjern (**figur 9**). Denne utviklingen over tid har ført til at det var en signifikant økning i turbiditeten ved målområdet i Hammerbekken for perioden 2000-2003 ( $F_{1,44}=9,26$ ,  $P<0,004$ ,  $R^2=0,17$ ; Larsen 2004).



**Figur 8.** Ledningsevnen i Hammerbekken ved Hammeren og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden mai 2000 til desember 2005.



**Figur 9.** Turbiditet i Hammerbekken ved Hammeren og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden mai 2000 til desember 2005.

I 2004 økte middelverdien for turbiditeten i Hammerbekken mer ved Hammeren enn ved E 18 på utløpet av Aklandstjern (**tabell 5**). Dette kommer blant annet av svært høy turbiditet i midten av april (45 FTU; **figur 9**) som kom etter intensiv hogst langs bekken og en periode med høy nebør som tilførte store mengder løsmasser til Hammerbekken. Til sammenligning var turbiditeten ved Sørlandsporten og utløpet av Aklandstjern henholdsvis 12 og 4 FTU på samme tidspunkt i april. Det var høyere turbiditet enn forventet ved Hammeren også i resten av 2004 på grunn av større avrenning fra nedslagsfeltet enn normalt. I 2005 var det fortsatt høye og ustabile verdier for turbiditet i Molandsbekken, men forholdene i Hammerbekken bedret seg og turbiditeten var lavere og svingningene i løpet av året var mindre enn i 2004. Gjennomsnittsverdien i 2005 var 1,94 FTU i målområdet ved Hammeren (**tabell 5, vedlegg 3**).

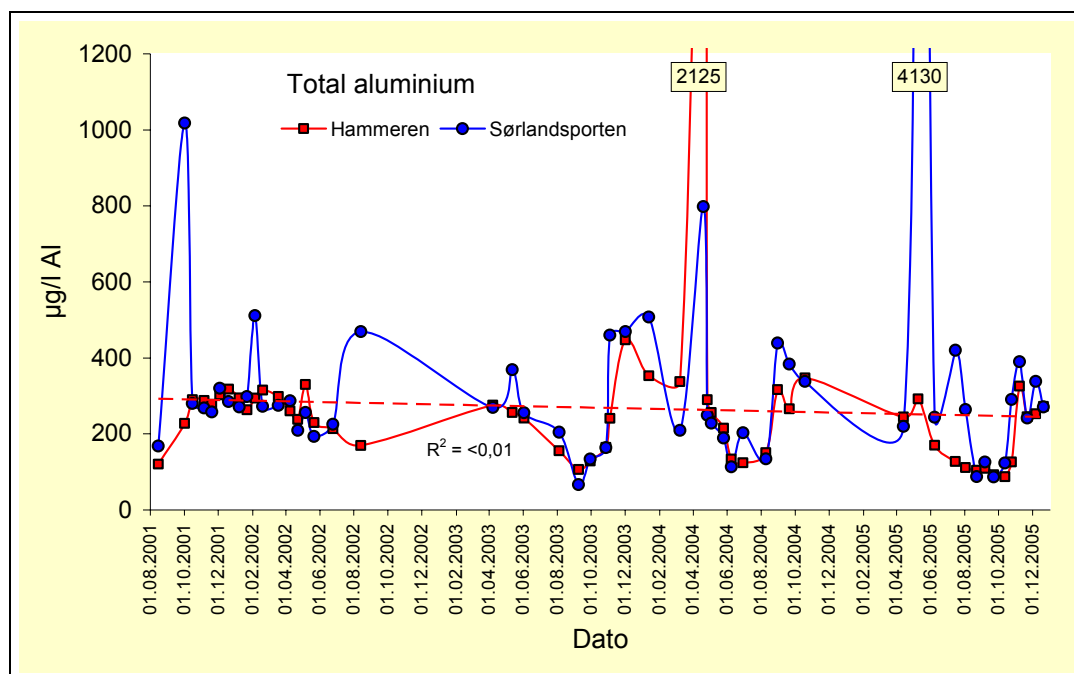
Hammerbekken har hatt en relativt høy vannfarge hele tiden (tilstandsklasse IV), og middelverdien for stasjonen ved Hammeren har variert mellom 43 og 61 mg Pt/l i 2000-2005 (**tabell 5**). Vannfargen har vært nær den samme i hele vassdraget i hele perioden (årsmiddelverdier på henholdsvis 45-61 ved E 18 og 45-68 ved Sørlandsporten i 2001-2005). De høyeste verdiene ble målt i forbindelse med høy nedbør og flom. Vannfargen skyldtes vesentlig humussyrer fra naturlig avrenning fra myr og skogsmark i nedslagsfeltet, og det har ikke vært noen endring i nivået i noen del av vassdraget som kan relateres til anleggsarbeidene.

Det er analysert på aluminium, jern, mangan og viktige tungmetaller (kobber, sink, kadmi-um, bly og nikkel) fra august 2001. I forbindelse med flom vil det meste av metallene aluminium, jern, bly og nikkel, samt fosfor være bundet til partiklene i elvevannet (Larsen 2002). Når partikkeltransporten blir høy får vi derfor en økning i konsentrasjonen av alle disse metallene og fosfor. I april 2004 ble det målt betydelige konsentrasjoner av metallene aluminium (2125 µg/l), jern (1981 µg/l), bly (3,3 µg/l) og nikkel (2,2 µg/l) ved Hammeren (**figur 10-13**). Konsentrasjonen av disse metallene har normalt vært større i Molandsbekken enn i Hammerbekken på grunn av flere og større episoder med høy partikkeltransport i forbindelse med anleggsarbeidene ved Sørlandsporten, men i 2004 hadde stor avrenning fra hogstflater langs Hammerbekken større effekt på vannkvaliteten i målområdet ved Hammeren.

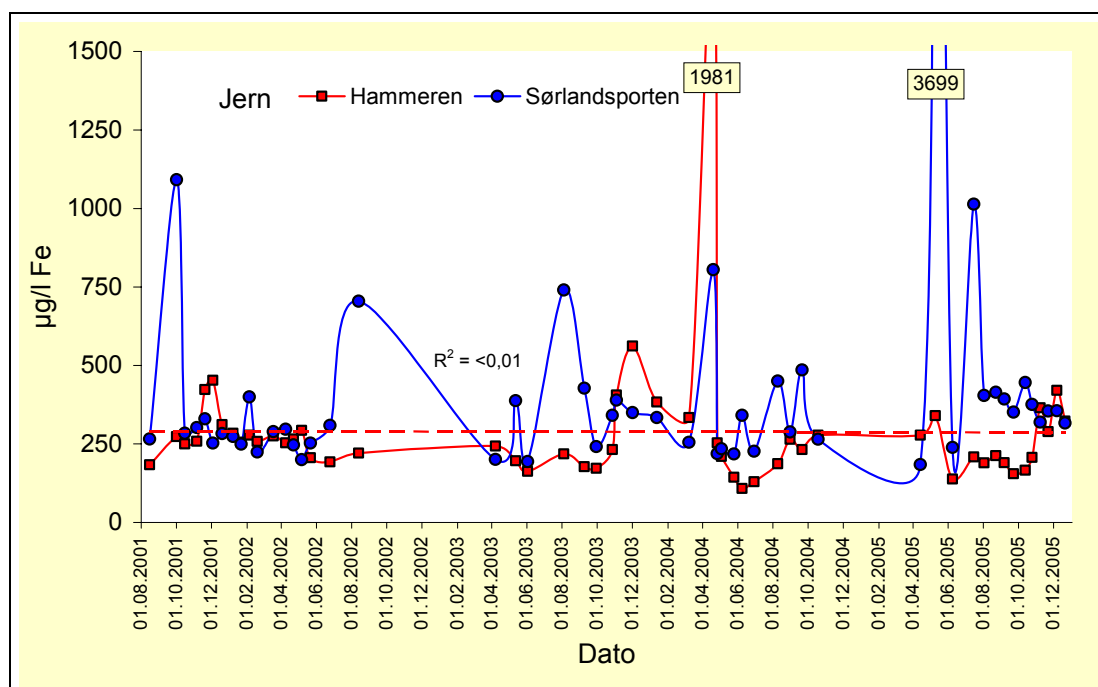
I 2005 var det ekstrem turbiditet i Molandsbekken i begynnelsen av mai (661 FTU; **figur 9**). Dette ble ledsaget av svært høye verdier for total fosfor (101 µg/l), aluminium (4130 µg/l), jern (3699 µg/l), bly (4,9 µg/l) og nikkel (9,5 µg/l), men også kobber (14,3 µg/l) og sink (51,9 µg/l) (**figur 7 og figur 10-15, vedlegg 3**). I midten av juli var det en mindre episode (turbiditet 25 FTU) som også ga forhøyede verdier av de samme forbindelsene. Konsentrasjonen av kobber og sink har imidlertid variert mer uavhengig av høy vannføring og høyt partikkelinnhold i vassdraget enn de andre forbindelsene. Det er registrert episoder med høyt kobberinnhold i mai 2002 ved Hammeren og i april 2003 på utløpet av Aklandstjern (henholdsvis 11 og 17 µg/l) uavhengig av høy vannføring og høy turbiditet. Det var også en episode i slutten av september 2005 i Molandsbekken med svært høy konsentrasjon av kobber (17 µg/l). Det var bare høye verdier på en av stasjonene under disse episodene, og selv om vannet klassifiseres som "meget sterkt forurensset" ved utløpet av Aklandstjern i 2003 og i Molandsbekken i 2005 ble det ikke funnet noe unormalt ved Hammeren på samme tidspunkt.

På tross av høye enkeltverdier for aluminium (**figur 10**), jern (**figur 11**), bly (**figur 12**) og kobber (**figur 14**) ved Hammeren har disse vært av kort varighet, og det har ikke vært noen signifikante endringer i konsentrasjonene av disse forbindelsene i perioden 2001-2005. Det har heller ikke vært noen endring i konsentrasjonen av sink i målområdet ved Hammeren i 2000-2005 (**figur 15**) på tross av flere høye verdier i Molandsbekken i den samme perioden (32 µg/l i mai 2003 og de to nevnte episodene i 2005 på 52 og 44 µg/l).

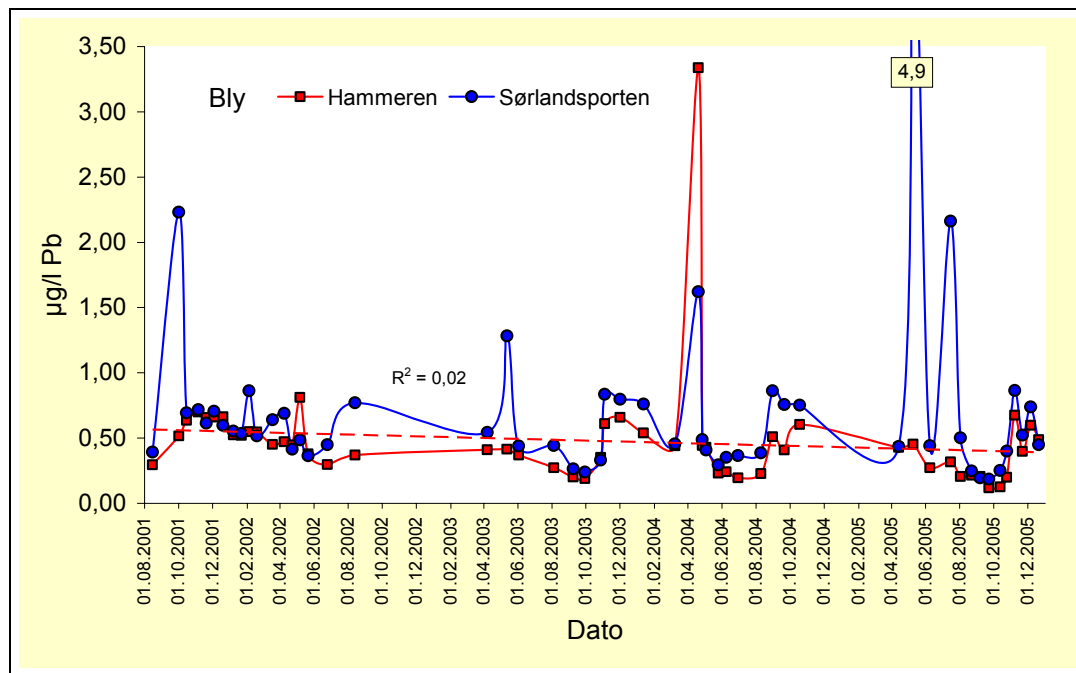
Dette tilsvarer "markert forurensset" i henhold til klassifisering av miljøkvaliteter i ferskvann gitt av Statens Forurensningstilsyn (Andersen m.fl. 1997). I 2004 var det to målinger på utløpet av Aklandstjern som var  $>20 \mu\text{g/l}$ . Men ved Hammeren har konsentrasjonen bare variert mellom 4 og  $17 \mu\text{g/l}$  i perioden 2001-2005 (**figur 15**).



**Figur 10.** Total aluminium (TR-Al) i Hammerbekken ved Hammeren og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden august 2001 til desember 2005.

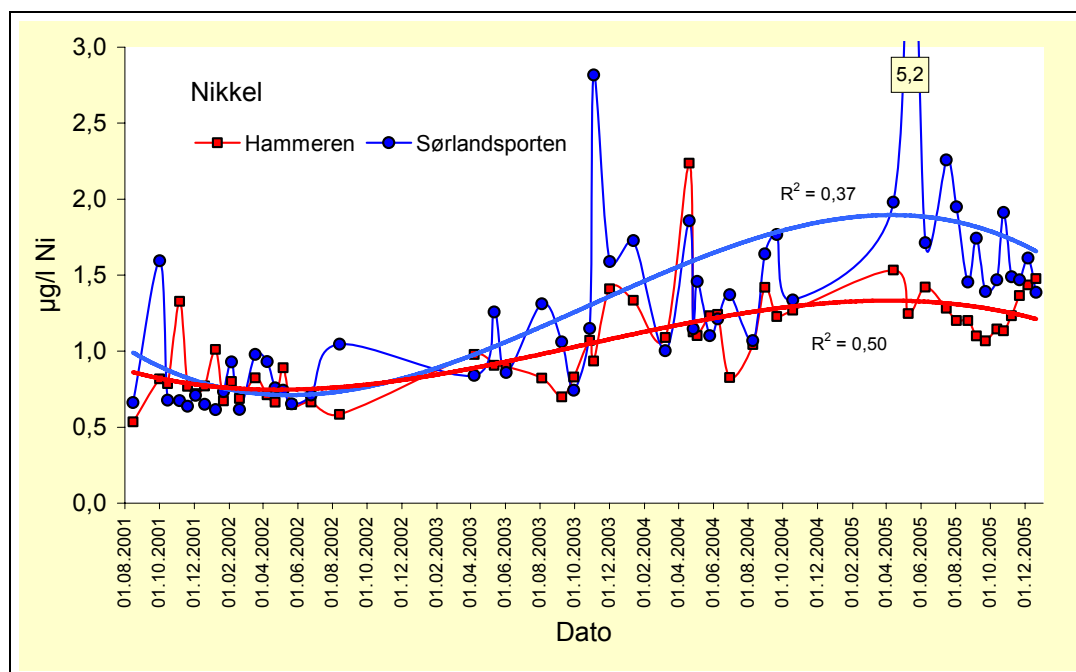


**Figur 11.** Jern (Fe) i Hammerbekken ved Hammeren, utløpet av Aklandstjern (E 18) og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden august 2001 til desember 2005.



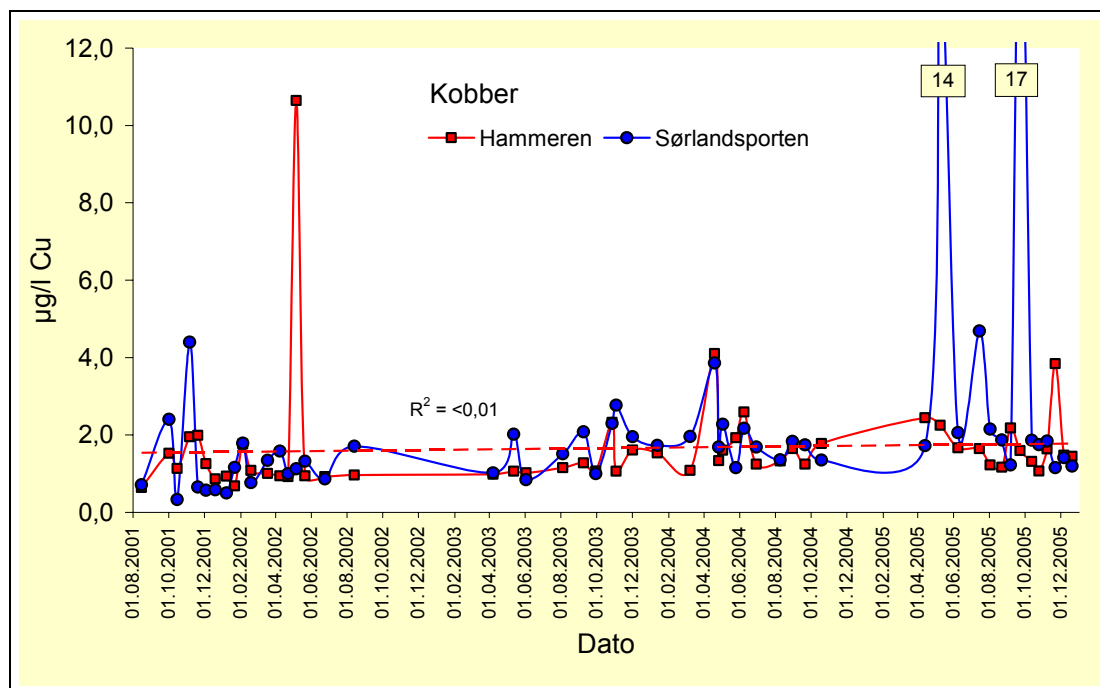
**Figur 12.** Bly (Pb) i Hammerbekken ved Hammeren, utløpet av Aklandstjern (E 18) og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden august 2001 til desember 2005.

Konsentrasjonen av nikkel derimot har hatt en jevn økning i løpet av de fire siste årene (**figur 13**). Gjennomsnittsverdien for nikkel økte fra 0,8 µg/l i 2001 til 1,3 µg/l i 2004 og 2005 ved Hammeren (**tabell 5**). Årsgjennomsnittet ved Sørlandsporten var også 0,8 µg/l i 2001, men nådde 1,9 µg/l i årsgjennomsnitt i 2005. Tendensen var imidlertid synkende mot slutten av året.

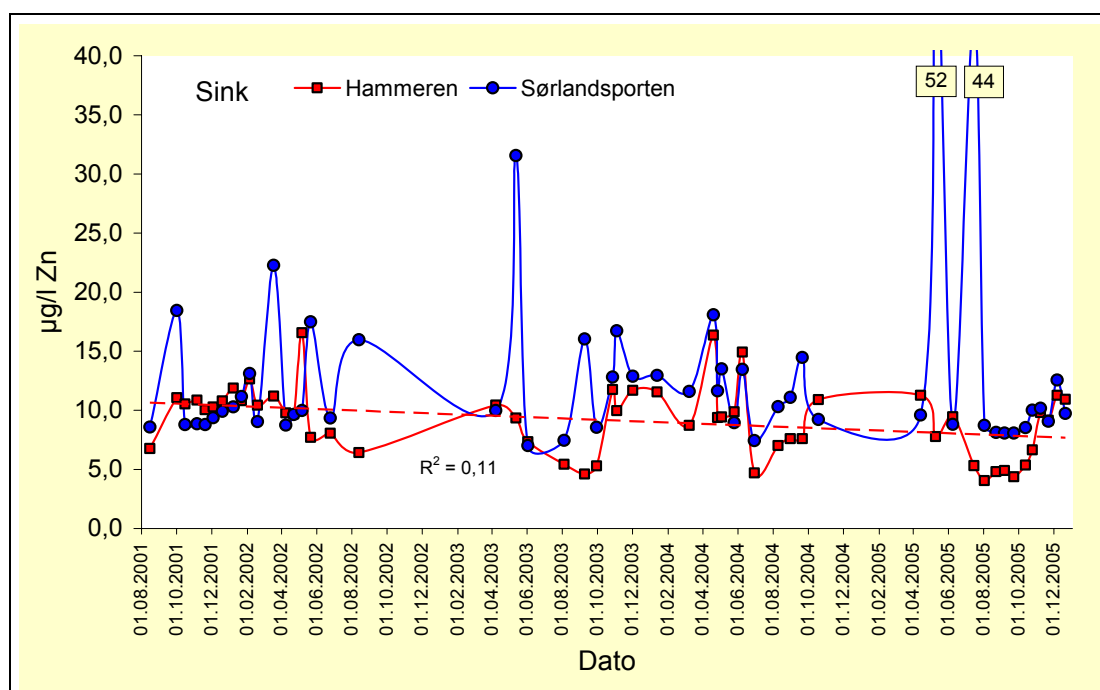


**Figur 13.** Nikkel (Ni) i Hammerbekken ved Hammeren, utløpet av Aklandstjern (E 18) og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden august 2001 til desember 2005.





**Figur 14.** Kobber (Cu) i Hammerbekken ved Hammeren, utløpet av Aklandstjern (E 18) og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden august 2001 til desember 2005.



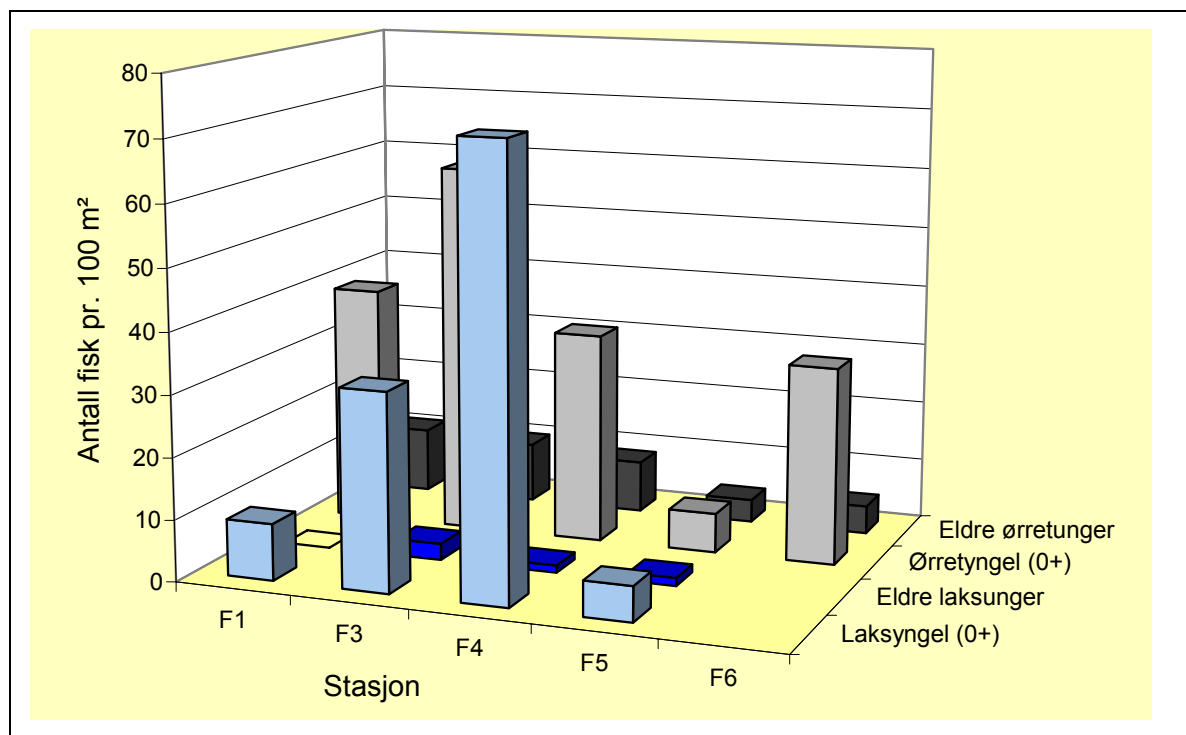
**Figur 15.** Sink (Zn) i Hammerbekken ved Hammeren, utløpet av Aklandstjern (E 18) og Molandsbekken ved Sørlandsporten i perioden august 2001 til desember 2005.

## 4.2 Fisk

### Tetthet

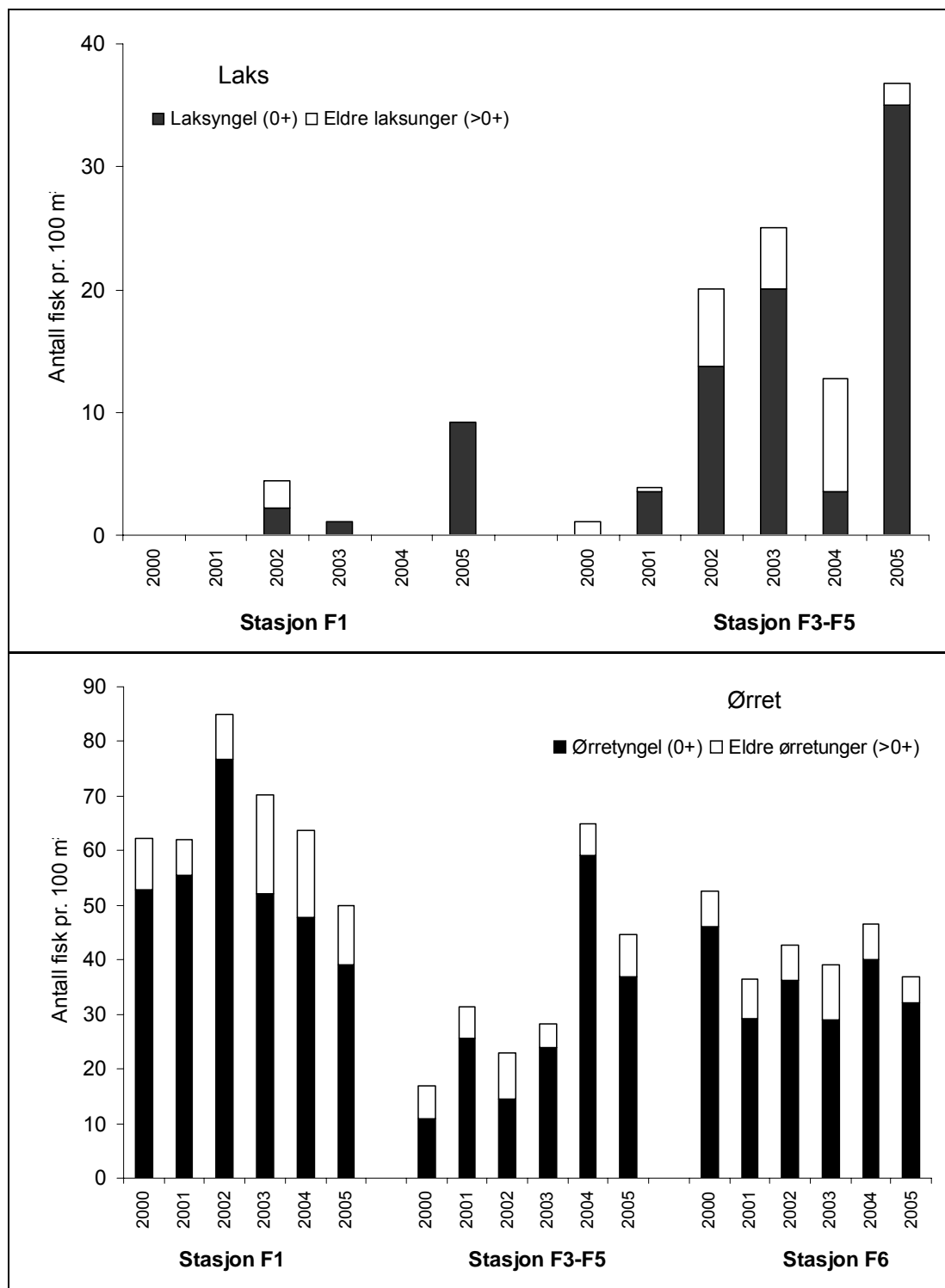
Ørret har forekommet vanlig i hele Hammerbekken i alle år. I 2005 var det høyest tetthet av ørretyngel (0+) på en av stasjonene ovenfor Hammertjern med 61 individ per 100 m<sup>2</sup> på stasjon F3 (**figur 16**). Det har vært en økning i tettheten av ørretyngel på strekningen mellom Hammertjern og Fossen (stasjon F3-F5) i de siste seks årene (**figur 17**). Gjennomsnittlig tetthet har økt fra 11 individ per 100 m<sup>2</sup> i 2000 til henholdsvis 59 og 37 individ i 2004 og 2005. Det var imidlertid stor variasjon i tetthet av ørretyngel på de tre stasjonene i 2005 (7-61 individ per 100 m<sup>2</sup>, **figur 16**). Antall ørretyngel har vært mer stabil nedenfor Hammertjern (stasjon F1) og ovenfor Fossen (stasjon F6) i samme periode (**figur 17**).

Tettheten av eldre ørretunger ( $\geq 1+$ ) er moderat lav i hele vassdraget, og varierte mellom 4 og 11 individ per 100 m<sup>2</sup> på de ulike stasjonene i 2005 (**figur 16**). Tettheten av eldre ørretunger har vært relativt lik i hele vassdraget i de seks årene som er undersøkt (**figur 17**).



**Figur 16.** Tetthet per 100 m<sup>2</sup> av laks og ørret på fem stasjoner i Hammerbekken som ble undersøkt i august 2005. Stasjon F6 ligger ovenfor lakseførende strekning.

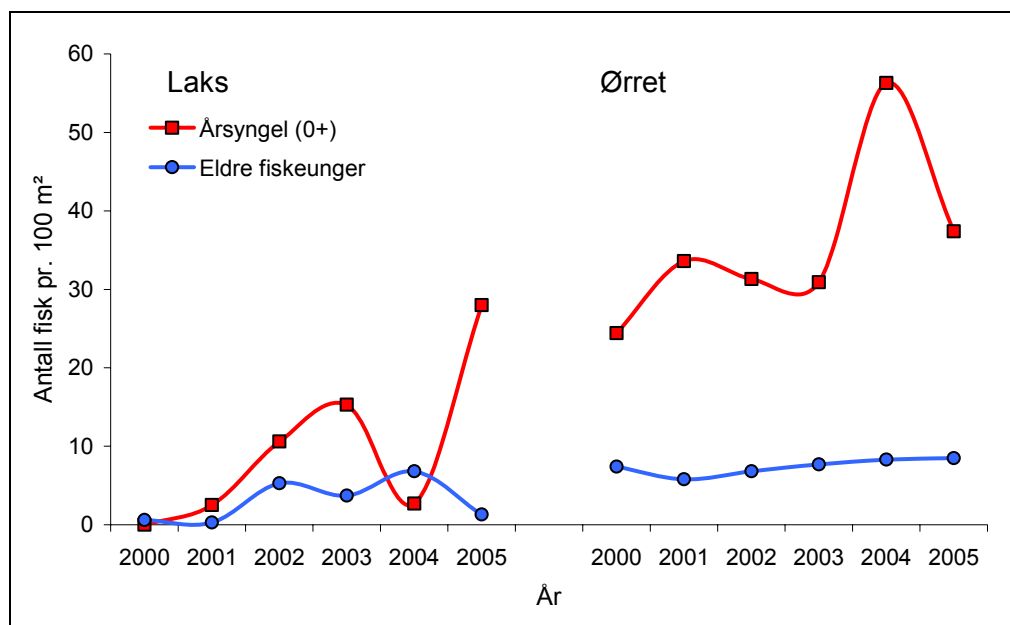
Det er funnet laksyngel (0+) i fem av de seks årene som er undersøkt, men eldre laksunger ( $\geq 1+$ ) har forekommet hvert år. Forekomsten av laksunger har vært størst ovenfor Hammertjern i alle år. Det ble funnet laksunger for første gang nedenfor Hammertjern i 2002, men også i 2003 og 2005 ble det fanget laksyngel der (**figur 17**). Det har vært en økning i antall laksyngel i Hammerbekken mellom Hammertjern og Fossen i 2000-2005 (**figur 17**). Det var laksyngel på alle de tre stasjonene i 2005 med henholdsvis 32, 72 og 6 individer per 100 m<sup>2</sup> på F3, F4 og F5 (**figur 16**).



**Figur 17.** Tetthet per 100 m<sup>2</sup> av laks og ørret i ulike deler av Hammerbekken i 2000-2005. Stasjon F1: nedenfor Hammertjern, stasjon F3-F5: Hammertjern - Fossen og stasjon F6: Fossen - Aklandstjern. Stasjon F6 ligger ovenfor lakseførende strekning.

Det har vært en økende tetthet av både laks- og ørretyngel i anadrom del av Hammerbekken i 2000-2005 (**figur 18**). Samlet tetthet av årsyngel økte fra 24 individ til 65 individ per 100 m<sup>2</sup> fra 2000 til 2005. I 2004 var tettheten av laksyngel lav, men da økte i stedet tettheten av ørretyngel. Det har imidlertid ikke vært tilsvarende økning i tettheten av eldre fiske-

unger enda i anadrom del av Hammerbekken. Tettheten av eldre ørretunger har holdt seg moderat lav, men har vært relativt stabil i 2000-2005 (6-9 individ per 100 m<sup>2</sup>; **figur 18**). Tettheten av eldre laksunger har vært noe lavere, men også variert noe mer i de samme årene (<1-7 individ per 100 m<sup>2</sup>).



**Figur 18.** Tetthet av laks og ørret (årsyngel og eldre fiskeunger) på anadrom strekning av Hammerbekken (stasjon F1-F5) i 2000-2005.

### Vekst

I begynnelsen av august 2005 var ørretyngelen mellom 39 og 78 mm lange med et gjennomsnitt på 58 mm (SD = 9; N = 171). Dette var innenfor det som har vært vanlig i alle år. Ved Hammeren (stasjon F3-F5) varierte gjennomsnittslengden av ørretyngel mellom 48 og 56 mm i 2000-2005 (**tabell 6**). Nedenfor utløpet av Hammertjern (stasjon F1) har gjennomsnittslengden variert mellom 55 og 69 mm, mens gjennomsnittslengden varierte mellom 58 og 66 mm nedenfor Aklandstjern (stasjon F6). Det var dårligst vekst i 2003 i alle deler av vassdraget.

Det var markerte vekstforskjeller mellom de ulike delene av vassdraget (**tabell 6**). Ørretyngelen var størst nedenfor utløpet av Hammertjern og utløpet av Aklandstjern (stasjon F1 og F6). Dette henger sannsynligvis sammen med et overskudd av næring og høyere vanntemperatur på utløpet av innsjøene sammenlignet med Hammerbekken ved Hammeren (mellom Hammertjern og Fossen).

**Tabell 6.** Gjennomsnittlig lengde, mm ( $\pm$  standardavvik) hos laks- og ørretyngel i ulike deler av Hammerbekken i 2000-2005.

År	Ørret			Laks
	Stasjon 1	Stasjon 3-5	Stasjon 6	Stasjon 3-5
2000	69 $\pm$ 9	56 $\pm$ 7	66 $\pm$ 7	-
2001	63 $\pm$ 10	55 $\pm$ 8	63 $\pm$ 6	58 $\pm$ 6
2002	66 $\pm$ 7	55 $\pm$ 6	66 $\pm$ 5	56 $\pm$ 5
2003	55 $\pm$ 7	48 $\pm$ 7	58 $\pm$ 5	56 $\pm$ 6
2004	63 $\pm$ 6	54 $\pm$ 6	66 $\pm$ 6	56 $\pm$ 6
2005	58 $\pm$ 7	55 $\pm$ 9	67 $\pm$ 5	55 $\pm$ 6

I begynnelsen av august 2005 var laksyngelen mellom 45 og 68 mm lange med et gjennomsnitt på 55 mm (SD = 6; N = 83). Gjennomsnittslengden av laksyngel har bare variert med 1-3 mm i årene 2000-2005 (**tabell 6**), og de har gjennomgående vært litt større enn ørretyngel fra de samme stasjonene (stasjon F3-F5).

Det ble fanget 5 eldre laksunger som var mellom 120 og 158 mm lange i 2005. To av individene ble aldersbestemt til henholdsvis 1+ og 2+. Totalt er det fanget 65 eldre laksunger i 2000-2005 varierende i lengde fra 96 til 158 mm. Bare to av disse er antatt å være to år gamle (individer større enn 140 mm). Resten var ettårige individer ut fra aldersbestemmelser som er foretatt på et utvalg av laksunger i vassdraget tidligere også. Laksungene vandrer derfor normalt ut av vassdraget som toårig smolt, og gruppen eldre laksunger består hovedsakelig av en årsklasse.

### 4.3 Elvemusling

#### Tetthet

Gjennomsnittlig tetthet av levende elvemusling varierte mellom 0,56 og 0,86 individ per m<sup>2</sup> i Hammerbekken (mellom Hammertjern og Fossen) i 2000-2005 (**figur 19**). Det var lavest tetthet i 2005.

Antall elvemusling varierte mellom 0,1 og 1,0 individ per m<sup>2</sup> på de ulike stasjonene i 2005 (**figur 20**). Det var liten endring i antall elvemusling på de nederste stasjonene (stasjon 3, 5, 6 og 7). Det var derimot en markert nedgang i tettheten av muslinger på stasjon 8 fra 2003 til 2004 og 2005. Selv om det er vist at en del muslinger lever helt eller delvis nedgravd i substratet (Larsen 2001), og at denne andelen kan variere noe fra sted til sted (Bergengren 2000), var nedgangen i antall muslinger på stasjon 8 større enn forventet i de to siste årene.

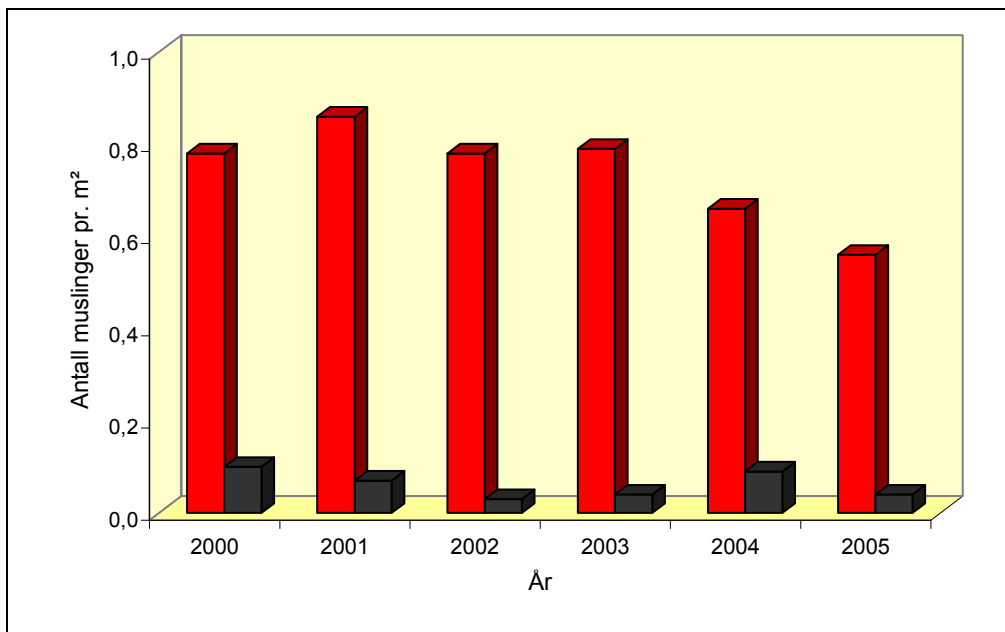
Det ble funnet mange tomme skall (døde muslinger) på stasjon 8 i 2004. Noen av disse satt synlige i normal posisjon i bunnssubstratet, men de fleste var nedgravd. Dette var ferske skall, noen også med rester av de organiske delene, og de ble funnet begrenset til en kulp der et mindre bekkesig renner ut i Hammerbekken. Det har forekommet en akutt dødelighet i dette området i 2004 som rammet ca 40 % av individene som hadde tilhold i denne kulpen. Dette settes i sammenheng med store nedbørmengder og høy avrenning etter flatehogst og kjøring med hogstmaskiner i avrenningsområdet til Hammerbekken våren 2004. Dette var imidlertid et lokalt inngrep med ringvirkninger til vassdraget som ikke hadde noe å gjøre med anleggsarbeidene i forbindelse med den nye veitraséen ved Sørlandsporten.

Den gjennomsnittlige tettheten av levende elvemusling i Hammerbekken var nær den samme i alle årene 2000-2003 (0,78-0,86 individ per m<sup>2</sup>), men gikk noe ned i 2004 (0,66 individ per m<sup>2</sup>) og 2005 (0,56 individ per m<sup>2</sup>; **figur 19**). Dette gir en nedgang i tetthet på ca 30 % i løpet av de to siste årene.

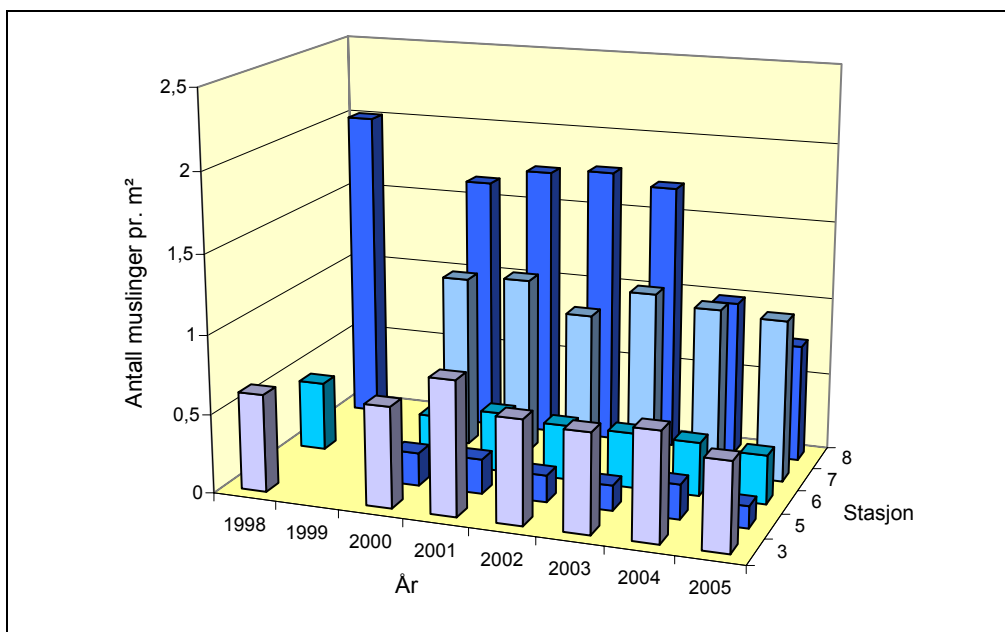
Det har blitt færre tomme skall i vassdraget fra 2000 til 2003. Dette kommer av at enkelte av de skallene som blir funnet er tatt vare på. Disse blir oppbevart ved NINA som referansemateriale fra vassdraget. Det var imidlertid en økning av antall tomme skall (døde muslinger) i 2004 på grunn av den tidligere nevnte dødeligheten av muslinger som ble funnet på stasjon 8. Det er første gang vi har påvist akutt dødelighet på grunn av dårlig vannkvalitet i Hammerbekken etter 2000. Det var ingen dødelighet på grunn av dårlig vannkvalitet eller høy alder i andre deler av bekken i 2004 eller 2005.

På strekningen mellom sjøen og Hammertjern er det ikke funnet elvemusling ved direkte observasjon, men arten ble indirekte påvist ved funn av muslinglarver på ørretyngel i 2000

(Larsen 2001). Dette indikerte at det fortsatt kan finnes noen spredte individer ovenfor riksveien. Det ble ikke funnet elvemusling på noen av stasjonene mellom Fossen og Aklandstjern eller i Molandsbekken ovenfor Aklandstjern i 2000 (Larsen 2001). Elvemusling hadde en større utbredelse i vassdraget tidligere da den i det minste var utbredt opp til Aklandstjern; ytterligere 500 m elvestrekning i forhold til utbredelsen i dag (Larsen 2001).



**Figur 19.** Gjennomsnittlig tetthet av levende elvemusling (røde søyler) og tomme skall (svarte søyler) i Hammerbekken i 2000-2005. Tetthet er oppgitt som antall muslinger per m². Jf. **Vedlegg 4**.



**Figur 20.** Antall levende elvemusling på utvalgte stasjoner i Hammerbekken som ble undersøkt i august 1998 og 2000-2005 basert på tellinger i transekter. Tetthet er oppgitt som antall muslinger per m². Jf. **Vedlegg 4**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 1**.

### Reproduksjon og rekruttering

Det er ikke foretatt aldersbestemmelse av levende elvemusling fra Hammerbekken, men med nær fullstendig mangel av individer mindre enn 90 mm tyder det på at rekrutteringen har vært dårlig i mange år, og at den kan ha sviktet allerede i løpet av 1970-tallet (Larsen 2001). Dette har medført en betydelig forgubbing i bestanden. De voksne individene reproduserte imidlertid normalt. Det er undersøkt for mulig graviditet hvert år i begynnelsen av august, og mellom 69 og 100 % av de undersøkte muslingene var gravide (**tabell 7**). I 2001 og 2002 var alle muslingene gravide. I 2003 var det sannsynlig at graviditetsfrekvensen ville øke utover i sesongen, da fyllingen (antall muslinglarver) i gjellene var liten. I 2005 var derimot utviklingen av muslinglarvene kommet så langt at gytingen hadde startet allerede. Resultatet viser at hele eller store deler av bestanden av elvemusling i Hammerbekken er hermafroditter med evne til selvbefruktning. Det er beskrevet eksperimentelt at elvemusling i en normal bestand med hanner og hunner kan gå over til selvbefruktning når tettheten av individer blir lav (Bauer 1987). Tidspunktet som muslinglarvene slipper larvene ut i vannet varierte med minst to uker mellom de ulike årene, men dette er vanlig i alle muslinglokaliteter og er styrt bl.a. av vanntemperaturen.

**Tabell 7.** Graviditetsfrekvens hos elvemusling i Hammerbekken i august 1998 og 2000-2005. Gjennomsnittslengde (L, mm) av de undersøkte muslingene er oppgitt med standardavvik (SD). N = antall elvemusling som ble undersøkt.

Dato	L ( $\pm$ SD)	N	Graviditet, %
05.08.98	106,9 ( $\pm$ 6,6)	16	81,3
02.-05.08.00	110,4 ( $\pm$ 4,7)	30	93,3
13.08.01	111,6 ( $\pm$ 5,6)	15	100
05.08.02	116,6 ( $\pm$ 6,7)	15	100
05.08.03	113,5 ( $\pm$ 5,1)	16	68,8
03.08.04	114,1 ( $\pm$ 5,6)	15	73,3
03.08.05	112,3 ( $\pm$ 3,7)	16	87,5

## 5 Oppsummering

### 5.1 Vannkvalitet

Hammerbekken ligger under marin grense, og de marine leirene er med på å gi vannet god bufferevne mot forsuring. Overvåkingsprogrammet avdekket ingen forsuringsepisoder i Hammerbekken i 2005, men vassdraget har i enkelte år (2000, 2001 og 2004) vært utsatt for episoder med forsuring om høsten og vinteren (pH = 5,5-6,0). Alkaliteten var "dårlig" i 2001 (**tabell 8**), men "mindre god" i de fleste årene og "god" bare i 2005.

Nitratinholdet økte signifikant i Hammerbekken i perioden 2000-2003. Senere har det vært en reduksjon i mengden nitrat ved Hammeren; og fra verdier på mer enn 600 µg/l i januar 2004 var nitratinholdet mindre enn 300 µg/l i andre halvdel av 2005. Årsgjennomsnittet var om lag 200 µg/l ved Hammeren før anleggsarbeidet startet i 2000-2001, men var tre ganger så høyt i 2003. Allerede i løpet av 2005 var imidlertid verdien halvert igjen, og effekten av anleggsarbeidene ved Sørlandsporten er i ferd med å normalisere seg. Inngrepet betydde imidlertid at Hammerbekken gikk fra tilstandsklasse "god" til "dårlig" med hensyn til mengde nitrogen, og at tilstanden fortsatt er "mindre god" i målområdet ved Hammeren (**tabell 8**).

Det har bare vært mindre endringer i mengde totalt fosfor ved Hammeren i 2000-2005. Selv om det har vært enkelte episoder med høye verdier (bl.a. i 2004), og årsgjennomsnittet ble høyere enn tidligere, har det ikke vært noen signifikant økning i tilførselen av total fosfor i Hammerbekken ved Hammeren i perioden 2000-2005. Tilstandsklassen for total fosfor har vært "meget god" i alle år med unntak av 2004 da den gikk ned til "god" når årsgjennomsnittet legges til grunn (**tabell 8**).

Det har vært en økning i ledningsevnen i Hammerbekken fra 2001 til 2005. Denne sammenhengen ble forsterket utover sommeren og høsten i 2005, men med en nedgang igjen mot slutten av året. Årsgjennomsnittet for ledningsevnen var mer enn dobbelt så høyt ved Hammeren i 2005 i forhold til 2001. Endringen i ledningsevne stemmer overens med de endringene vi har hatt for mengden av kalsium, magnesium, og svovel. Det er i hovedsak disse ionene som sammen med natrium og klorid bestemmer ledningsevnen i vassdraget.

Det har vært flere episoder med høy turbiditet hvert år i Molandsbekken i 2001-2005 (10-661 FTU), og det har i samme periode forekommet flere situasjoner med moderat høye verdier også i Hammerbekken (5-10 FTU). Disse har normalt kommet i etterkant av store tilførsler av suspendert materiale til Aklandstjern. Våren 2004 ble det imidlertid avvirket skog langs Hammerbekken, og i forbindelse med høy nedbør økte turbiditeten til 45 FTU ved Hammeren i midten av april. Til sammenligning var turbiditeten ved Sørlandsporten og utløpet av Aklandstjern henholdsvis 12 og 4 FTU på samme tidspunkt. Det har vært en økende turbiditet ved Hammeren fra 2000 til 2004, men en bedring igjen fra 2005. Dette betydde at Hammerbekken gikk fra tilstandsklasse "god" til "meget dårlig" med hensyn til turbiditet, men at tilstanden i 2005 igjen var "mindre god" i målområdet ved Hammeren (**tabell 8**).

Det kan forekomme utlekking av aluminium, jern, mangan, fosfor og viktige tungmetaller (kobber, sink, kadmium, bly og nikkel) i forbindelse med inngrep i vassdrag. Ved store nedbørmengder og flom vil imidlertid det meste av metallene aluminium, jern, bly og nikkel samt fosfor være bundet til partiklene i elvevannet. På tross av enkelte høye verdier ved Hammeren i 2004 har det ikke vært noen signifikante endringer i konsentrasjonene av aluminium, jern eller bly i perioden 2001-2005. For nikkel derimot har det vært en økning i konsentrasjonen i løpet av de fire siste årene. Legger vi til grunn årsmiddelkonsentrasjo-



nen av tungmetallene er forholdene likevel tilfredsstillende i Hammerbekken, og vassdraget er bare moderat forurensset.

Overvåkingen i vassdraget før anleggsarbeidene startet viste at mange parametere hadde en stor naturlig variasjon i Hammerbekken, og det kunne være store forskjeller i vannkvaliteten innad i vassdraget. Etter at anleggsarbeidet startet i januar 2002 (med hogging og klargjøring av området fra høsten 2001), har det imidlertid vært flere episoder der vannkvaliteten i Hammerbekken har vært moderat påvirket av inngrepet langs Molandsbekken, og hyppigheten av disse episodene økte i 2003 og 2004. Tiltak ved innløpet av Aklandstjern og oppholdstiden i tjernet reduserte de mest ekstreme tilførselene fra Molandsbekken. Dette hjalp til med å opprettholde en god nok vannkvalitet i Hammerbekken.

I 2004 var det i tillegg avvirking av skog langs nedre del av Hammerbekken. Dette var en betydelig belastning på forholdene i bekken, og i forbindelse med nedbør var det stor massetransport fra terrenget og ut i vassdraget spesielt i noen uker på våren. Det er derfor viktig å skille dette fra effekten som byggingen av E 18 har medført.

**Tabell 8.** Klassifisering av tilstand og tilstandsklasser angitt med bakgrunn i den aritmetiske årsmiddelverdien for næringssalter, organisk stoff, forsurende stoffer og partikler (Tilstandsklasse I: "Meget god", Tilstandsklasse II: "God", Tilstandsklasse III: "Mindre god", Tilstandsklasse IV: "Dårlig" og Tilstandsklasse V: "Meget dårlig") og noen tungmetaller (Tilstandsklasse I: "Ubetydelig forurensset", Tilstandsklasse II: "Moderat forurensset", Tilstandsklasse III: "Markert forurensset", Tilstandsklasse IV: "Sterkt forurensset" og Tilstandsklasse V: "Meget sterkt forurensset") i Hammerbekken ved Hammeren (stasjon V1) i 2000-2005.

Virknings av:	Parametre	År					
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
Næringssalter	Total fosfor	I	I	I	I	II	I
	Total nitrogen <sup>1</sup>	II	II	III	IV	III	III
Organiske stoffer	Fargetall	IV	IV	IV	IV	IV	IV
	Jern	-	IV	III	III	IV	III
	Mangan	-	I	I	I	I	I
Forsurende stoffer	Alkalitet	III	IV	III	III	III	II
	pH	II	II	II	II	II	I
Partikler	Turbiditet	II	III	IV	IV	V	III
Tungmetaller	Kobber	-	II	III	II	III	III
	Sink	-	II	II	II	II	II
	Kadmium	-	II	II	II	II	II
	Bly	-	II	I	I	II	I
	Nikkel	-	II	II	II	II	II

<sup>1</sup> Total nitrogen er beregnet ut fra en antatt sammenheng mellom mengde nitrat og total nitrogen (se s.16).

## 5.2 Fisk

Hammerbekken er tidligere vurdert som meget interessant på grunn av lakseoppgang (Matzow m.fl. 1990). Det er tidligere fisket med elektrisk fiskeapparat i Hammerbekken i 1988 (Matzow m.fl. 1990), 1995 (Johnsen & Sægrov 1995) og årlig fra og med 2000 (Larsen 2001; 2002; 2003; 2004; 2005).

Det har vært en økende tetthet av både laks- og ørret yngel på anadrom del av Hammerbekken i 2000-2005. Samlet tetthet av år yngel økte fra 24 til 65 individ per 100 m<sup>2</sup>. I år med lav tetthet av laks yngel (2004) økte tettheten av ørret yngel tilsvarende mer. Det har imidlertid ikke vært tilsvarende økning i tettheten av eldre fiskeunger enda i anadrom del av Hammerbekken. Tettheten av eldre ørretunger har holdt seg moderat lav, men har vært relativt stabil i 2000-2005 (6-9 individ per 100 m<sup>2</sup>). Tettheten av eldre laksunger har variert noe mer i perioden, og var lavere enn for ørret (<1-7 individ per 100 m<sup>2</sup>).

Det er påvist gyting av laks i vassdraget høsten 1985 og hvert år siden 1998, men antall gytefisk har hele tiden vært lavt. Det er kjent at laks har forekommet sporadisk i vassdraget i mange år, men det har neppe vært noen fast stamme i vassdraget. Dette baserer vi på resultatene fra undersøkelser som viser at elvemuslingens larver bare kan utvikle seg normalt på ørret i Hammerbekken (B. M. Larsen, upublisert materiale). Dette tyder på at ørret og elvemusling har kommet samtidig inn i vassdraget, og at ørret opprinnelig har vært den dominerende fiskearten i vassdraget. Det utelukker selvsagt ikke at en og annen laks til alle tider har vandret opp i vassdraget, men det har neppe noen gang vært noen stor og fast stamme i Hammerbekken.

### 5.3 Elvemusling

I Hammerbekken finnes levende elvemusling ujevnt fordelt i lave tettheter på hele strekningen mellom Hammertjern og Fossen; en strekning på ca 470 m. Antall elvemusling varierte mellom 0,1 og 1,0 individ per m<sup>2</sup> på de ulike stasjonene i 2005. På strekningen mellom sjøen og Hammertjern er det ikke funnet elvemusling ved direkte observasjon, men arten ble indirekte påvist ved funn av muslinglarver på ørretyngel i 2000 (Larsen 2001). Dette indikerte at det fortsatt kan finnes noen spredte individer nedenfor Hammertjern. Det ble ikke funnet elvemusling på noen av stasjonene mellom Fossen og Aklandstjern eller i Molandsbekken ovenfor Aklandstjern i 2000 (Larsen 2001). Elvemuslingen hadde en større utbredelse i vassdraget tidligere da den i det minste var utbredt opp til Aklandstjern; ytterligere 500 m elvestrekning i forhold til utbredelsen i dag.

Det var en nedgang i tettheten av elvemusling på den øverste stasjonen i Hammerbekken i 2005, men det var ingen eller svært små endringer i antall muslinger på de andre stasjonene. Den gjennomsnittlige tettheten av elvemusling har gått ned med ca 30 % i løpet av de to siste årene. I 2004 ble det funnet 40 % dødelighet av muslinger på en av overvåkingsstasjonene på grunn av avrenning og ekstrem massetransport etter hogst i området langs bekken.

Resultatet fra flatetellingene i Hammerbekken har vist seg å være en god referanse for overvåkingen av elvemusling i vassdraget. Når tellingene blir gjennomført på samme tidspunkt hvert år (første halvdel av august) på lav vannføring, vil dette sikre gode og sammenlignbare data.

## 6 Konklusjon

Resultatene fra overvåkingen av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken i 2000-2005 kan oppsummeres i følgende hovedpunkt:

- I Hammerbekken var turbiditeten sjelden høyere enn 1,5 FTU før anleggsarbeidene ved Sørlandsporten startet. Flere episoder med stor massetransport fra Molandsbekken og ut i Aklandstjern har ført til høyere og mer ustabil turbiditet ved Hammeren i anleggsperioden (2002-2004). Hogst i nedslagsfeltet nedenfor Aklandstjern var imidlertid årsak til de høyeste verdiene i 2004, og turbiditeten var lavere igjen i 2005 samtidig som svingningene i løpet av året var mindre enn tidligere.
- Ledningsevnen har økt i Hammerbekken fra 2000 til 2005; en økning som kommer av høyere konsentrasjoner av kalsium, magnesium og svovel. Det var en tendens til at ledningsevnen gikk ned igjen mot slutten av 2005.
- Konsentrasjon av nitrat økte betydelig i Hammerbekken etter anleggsstart. De høyeste verdiene ble målt i 2003, men i løpet av 2004 og 2005 har det vært en betydelig reduksjon i tilførselene. Anleggsarbeidet betydde at Hammerbekken gikk fra tilstandsklasse "god" til "dårlig" med hensyn til mengde nitrogen, og at tilstanden fortsatt er "mindre god" i målområdet ved Hammeren.
- Det er ingen endring i tilførselen av total fosfor i Hammerbekken i perioden 2000-2005 som kan relateres til anleggsarbeidene ved Sørlandsporten.
- Det har vært en variabel, men økende tetthet av både ørret- og laksyngel i anadrom del av Hammerbekken i 2000-2005.
- Tettheten av eldre ørretunger er lav, men har vært stabil i 2000-2005. Tettheten av eldre laksunger har variert noe mer i perioden, og er lavere enn for ørret.
- Tettheten av elvemusling har gått ned med ca 30 % i de to siste årene sammenlignet med 2000-2003. Mer enn 40 % av elvemuslingene på en av stasjonene i øvre del av Hammerbekken døde i 2004 på grunn av avrenning og ekstrem massetransport etter hogst i området langs bekken. Nedgangen i antall musling kan ikke relateres til anleggsarbeidene ved Sørlandsporten.
- Elvemuslingen reproduserte normalt, og andelen gravide individer var høy hvert år i perioden 2000-2005.

## 7 Referanser

- Bauer, G. 1987. Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. – J. Anim. Ecol. 56: 691-704.
- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rossland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. - SFT veiledning 97: 04, TA-1468/1997. 31 s.
- Bergengren, J. 2000. Metodstudie flodpärlmussla 1999-2000. Delrapport 1: Nedgravningsstudie. – Länsstyrelsen i Jönköpings län. Meddelande 2000-12. 27 s. + vedlegg.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. - Hydrobiologia 173: 9-43.
- Brattlie, J.L., Holtan, H. & Jacobsen, T. 1995. Miljømål for vannforekomstene – forventet naturtilstand. – SFT-veileder 95: 04, TA-1141/1995. 41 s.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1997. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Norge 1. - Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1997-6: 1-27.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1999. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* status og utbredelse i Norge. – Fauna 52: 26-33.
- Hindar, A. 1990. Vurdering av vannkvaliteten i kystnære småvassdrag i Aust-Agder – grunnlag for tiltak. – NIVA Rapport O-88211. 66 s.
- Hindar, A., Kroglund, F. & Skiple, A. 1997. Forsuringssituasjonen i lakseførende vassdrag på Vestlandet; vurdering av behovet for tiltak. – NIVA Rapport 3606-97. 96 s.
- Johnsen, G.H. & Sægrov, H. 1995. Konsekvensvurdering av alternative løsninger for E18 Akland – Brokelandsheia: Fisk og vassdrag. – Rådgivende biologer AS. Rapport 159: 1-20.
- Kaste, Ø. & Håvardstun, J. 1998. Vannkvalitetsundersøkelse i kystnære småvassdrag i Aust-Agder 1995 og 1997. – NIVA Rapport 3865-98. 38 s.
- Larsen, B.M. 2001. Bestandssituasjon for laks og elvemusling i Hammerbekken og tiltak for å bevare disse nedstrøms Aklandstjern, Aust-Agder. Utredningsarbeid i forbindelse med ny E 18 Brokelandsheia - Vinterkjær. - NINA Oppdragsmelding 682: 1-25.
- Larsen, B.M. 2002. Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E 18-utbygging Brokelandsheia - Vinterkjær. Årsrapport 2001. - Upublisert rapport til Statens Vegvesen. NINA, Trondheim. 29 s.
- Larsen, B.M. 2003. Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E 18-utbygging Brokelandsheia - Vinterkjær. Årsrapport 2002. - Upublisert rapport til Statens Vegvesen. NINA, Trondheim. 24 s.
- Larsen, B.M. 2004. Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E 18-utbygging Brokelandsheia - Vinterkjær. Årsrapport 2003. – NINA Minirapport 57. 31 s.
- Larsen, B.M. 2005. Overvåking av vannkvalitet, fisk og elvemusling i Hammerbekken, Aust-Agder i forbindelse med E 18-utbygging Brokelandsheia - Vinterkjær. Årsrapport 2004. – NINA Minirapport 102. 29 s.
- Larsen, B.M., Sandaas, K., Hårsaker, K. & Enerud, J. 2000. Overvåking av elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Norge. Forslag til overvåkingsmetodikk og lokaliteter. – NINA Oppdragsmelding 651: 1-27.
- Matzow, D., Simonsen, J.H. & Valland, N. 1990. Registrering av sjørretvassdrag i Aust-Agder 1988-1989. – Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernavdelingen. Rapport 5-1990: 1-66.
- Simonsen, J.H. 1999. Registrering av sjøarebekker i Aust-Agder. – Fylkesmannen i Aust-Agder. Miljøvernavdelingen. Rapport 1-1999: 1-181.
- Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T.S., Lien, L., Lydersen, E. & Buan, A.K. 1996. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. – SFT Rapport 77/96. 73 s.

## 8 Vedlegg

**Vedlegg 1.** Høyeste månedlige døgnnedbør og antall døgn med nedbør større enn eller lik 20 mm (i parentes) på nedbørstasjon Eikeland i perioden 2000-2005. Data fra DNMI.

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Måned						
Januar	11,5	62,7 (8)	13,5	33,0 (2)	37,3 (1)	13,2
Februar	10,6	13,4	15,8	15,9	12,0	15,1
Mars	15,8	15,0	12,4	24,5 (1)	36,2 (2)	9,0
April	22,0 (1)	52,2 (2)	15,1	25,5 (2)	27,5 (2)	21,7 (1)
Mai	32,1 (2)	13,8	46,0 (2)	19,3	29,0 (1)	41,5 (1)
Juni	11,0	13,7	19,2	55,7 (1)	38,8 (2)	21,0 (1)
Juli	60,2 (1)	22,1 (1)	28,8 (2)	43,5 (2)	41,0 (1)	28,2 (3)
August	17,8	43,0 (3)	11,1	3,0	82,2 (3)	32,9 (2)
September	41,5 (4)	13,8	18,2	25,6 (1)	15,5	18,7
Oktober	39,8 (4)	59,3 (4)	81,4 (3)	15,1	53,2 (4)	23,5 (2)
November	50,0 (12)	25,7 (1)	22,6 (1)	49,7 (3)	21,0 (1)	59,2 (3)
Desember	32,3 (2)	32,0 (2)	26,9 (1)	21,7 (1)	24,0 (1)	16,2

**Vedlegg 2.** Høyeste månedlige døgnvannføring og antall døgn med vannføring større enn 20 m<sup>3</sup>/s (i parentes) ved målestasjon Gjerstad i Gjerstadvassdraget i perioden 2000-2005. Data fra NVE.

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Måned						
Januar	20,0	15,7	4,4	29,2 (3)	9,9	21,1 (1)
Februar	8,6	5,4	34,5 (5)	5,3	13,1	4,0
Mars	8,8	7,3	11,3	15,3	39,1 (5)	8,0
April	18,9	58,4 (12)	26,5 (1)	24,8 (3)	49,8 (8)	18,4
Mai	27,3 (2)	41,3 (5)	77,3 (6)	36,9 (3)	54,3 (3)	14,6
Juni	7,3	2,9	15,1	15,7	14,7	31,9 (1)
Juli	55,8 (2)	6,4	40,2 (2)	62,6 (5)	42,7 (2)	4,4
August	25,4 (1)	20,7 (2)	16,1	3,2	42,2 (4)	5,9
September	31,8 (2)	12,9	7,9	13,4	22,8 (1)	3,5
Oktober	98,6 (11)	79,6 (8)	72,5 (5)	6,1	69,3 (7)	29,1 (3)
November	101,8 (30)	12,7	10,9	57,0 (5)	7,7	84,0 (8)
Desember	38,7 (5)	60,3 (5)	2,8	37,2 (3)	7,0	10,2

**Vedlegg 3.** Aritmetisk middel, median, min- og maksverdier for vannprøver fra Sørlandsporten i Molandsbekken (stasjon V3), E 18; Hammerbekken ved utløpet av Aklandstjern (stasjon V2) og Hammeren i Hammerbekken (stasjon V1) i 2005.

Lokalitet		Turb. FTU	Farge mgPt/l	Kond-25 µS/cm	pH	Alk µekv/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	Si mg/l
<b>Sørlandsporten</b>	<b>Arit.middel</b>	<b>2,96</b>	<b>56</b>	<b>59,1</b>	<b>6,36</b>	<b>86</b>	<b>3,05</b>	<b>0,89</b>	<b>5,69</b>	<b>0,69</b>	<b>8,74</b>	<b>5,46</b>	<b>1,66</b>
	Median	1,60	50	55,4	6,43	79	3,11	0,88	5,39	0,68	7,97	5,37	1,70
	Minst	1,03	35	38,0	5,70	23	2,30	0,75	2,99	0,49	4,00	4,42	1,02
	Størst	12,30	92	100,6	6,76	165	4,45	1,11	10,82	0,94	17,35	6,68	2,17
	Antall	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<b>E 18</b>	<b>Arit.middel</b>	<b>3,49</b>	<b>50</b>	<b>58,8</b>	<b>6,33</b>	<b>81</b>	<b>3,02</b>	<b>0,86</b>	<b>5,75</b>	<b>0,77</b>	<b>9,12</b>	<b>5,44</b>	<b>1,65</b>
	Median	4,05	47	59,4	6,30	80	3,04	0,84	5,57	0,75	8,77	5,30	1,58
	Minst	0,93	38	50,3	6,13	60	2,81	0,79	4,68	0,66	6,57	4,73	1,07
	Størst	6,47	65	67,5	6,71	116	3,23	1,00	7,40	1,12	13,30	6,33	2,25
	Antall	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<b>Hammeren</b>	<b>Arit.middel</b>	<b>6,52</b>	<b>51</b>	<b>56,5</b>	<b>6,48</b>	<b>75</b>	<b>2,99</b>	<b>0,88</b>	<b>5,48</b>	<b>0,72</b>	<b>8,54</b>	<b>5,33</b>	<b>1,75</b>
	Median	4,34	49	57,8	6,45	70	3,06	0,84	5,53	0,68	8,70	5,22	1,67
	Minst	0,58	38	48,8	6,16	55	2,60	0,74	4,53	0,63	6,27	4,75	1,07
	Størst	44,90	66	62,5	6,79	115	3,31	1,28	6,33	1,12	11,09	6,31	3,35
	Antall	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Lokalitet		Al µg/l	Fe µg/l	Mn µg/l	NO <sub>3</sub> µgN/l	Tot-P µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Ni µg/l
<b>Sørlandsporten</b>	<b>Arit.middel</b>	<b>316</b>	<b>343,5</b>	<b>12,94</b>	<b>448</b>	<b>10,35</b>	<b>1,90</b>	<b>11,89</b>	<b>0,05</b>	<b>0,63</b>	<b>1,39</b>
	Median	239	276,7	12,44	441	5,12	1,74	11,62	0,04	0,47	1,35
	Minst	113	217,9	6,11	253	3,93	1,15	7,44	0,03	0,29	1,00
	Størst	798	805,0	22,89	648	40,15	3,86	18,08	0,07	1,62	1,86
	Antall	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12
<b>E 18</b>	<b>Arit.middel</b>	<b>267</b>	<b>232,0</b>	<b>15,87</b>	<b>485</b>	<b>5,35</b>	<b>2,49</b>	<b>13,81</b>	<b>0,05</b>	<b>0,45</b>	<b>1,27</b>
	Median	281	233,6	15,26	477	5,31	2,33	12,87	0,05	0,49	1,27
	Minst	131	97,5	9,80	378	2,75	1,49	7,79	0,03	0,23	0,96
	Størst	385	366,1	21,78	611	7,60	3,99	23,01	0,06	0,62	1,66
	Antall	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12
<b>Hammeren</b>	<b>Arit.middel</b>	<b>409</b>	<b>375,4</b>	<b>16,46</b>	<b>483</b>	<b>8,83</b>	<b>1,78</b>	<b>9,84</b>	<b>0,04</b>	<b>0,63</b>	<b>1,26</b>
	Median	278	242,6	14,66	456	4,59	1,57	9,41	0,04	0,44	1,23
	Minst	124	108,2	1,89	374	3,11	1,08	4,68	0,02	0,19	0,83
	Størst	2125	1980,5	49,70	615	52,99	4,10	16,36	0,08	3,34	2,24
	Antall	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12

**Vedlegg 4.** Tetthet av elvemusling i Hammerbekken. Antall elvemusling (levende dyr: N og tomme skall: NS) på fem stasjoner som ble undersøkt i 2000-2005 basert på tellinger i transekter. I 1998 ble bare tre av stasjonene undersøkt. Tetthet er oppgitt som antall muslinger pr. m<sup>2</sup> (levende dyr: N/m<sup>2</sup> og tomme skall: NS/m<sup>2</sup>). Jf. **figur 19** og **20**. Stasjonenes beliggenhet er vist på **figur 1**.

Stasjon	År	Areal	N	NS	N/m <sup>2</sup>	NS/m <sup>2</sup>
3	1998	60	37	16	0,62	0,27
	2000	59	38	4	0,64	0,07
	2001	59	50	9	0,85	0,15
	2002	59	39	0	0,66	0
	2003	59	37	1	0,63	0,02
	2004	59	41	4	0,69	0,07
	2005	59	33	3	0,56	0,05
5	2000	58	12	8	0,21	0,14
	2001	58	13	1	0,22	0,02
	2002	58	10	1	0,17	0,02
	2003	58	9	4	0,16	0,07
	2004	58	13	1	0,22	0,02
	2005	58	8	3	0,14	0,05
6	1998	54	24	2	0,44	0,04
	2000	71	22	7	0,31	0,10
	2001	71	27	2	0,38	0,03
	2002	71	25	1	0,35	0,01
	2003	71	25	2	0,35	0,03
	2004	71	24	3	0,34	0,04
	2005	71	22	3	0,31	0,04
7	2000	69	76	9	1,10	0,13
	2001	69	78	9	1,13	0,13
	2002	69	65	5	0,94	0,07
	2003	69	77	5	1,12	0,07
	2004	69	73	3	1,06	0,04
	2005	69	71	5	1,03	0,07
8	1998	84	169	5	2,01	0,06
	2000	69	113	3	1,64	0,04
	2001	69	120	3	1,74	0,04
	2002	69	122	2	1,77	0,03
	2003	69	117	1	1,70	0,01
	2004	69	68	19	0,99	0,28
	2005	69	52	1	0,75	0,01
3-8	1998	198	230	23	1,02 ± 0,86	0,12 ± 0,13
	2000	326	261	31	0,78 ± 0,59	0,10 ± 0,04
	2001	326	288	24	0,86 ± 0,61	0,07 ± 0,06
	2002	326	261	9	0,78 ± 0,63	0,03 ± 0,03
	2003	326	265	13	0,79 ± 0,62	0,04 ± 0,03
	2004	326	219	30	0,66 ± 0,38	0,09 ± 0,11
	2005	326	186	15	0,56 ± 0,35	0,04 ± 0,02







# NINA Rapport 149

ISSN:1504-3312

ISBN: 82-426-1700-7



## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: 9500 37 687

<http://www.nina.no>