

# Flensjøen i kommunene Røros og Os 2016

Status for vannkvalitet og biologiske forhold etter  
kalking i perioden 2005-2013



**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14


Tittel	Løpenummer	Dato
Flensjøen i kommunene Roros og Os 2016. Status for vannkvalitet og biologiske forhold etter kalking i perioden 2005-2013.	7172-2017	27.06.2017
Forfatter(e) Jarl Eivind Løvik, Stein Ivar Johnsen (NINA), Tor Erik Eriksen, Øyvind Garmo og John Gunnar Dokk (NINA)	Fagområde	Distribusjon
	Geografisk område	Utgitt av
	Kalking og forsuring	Åpen
	Sør-Trøndelag og Hedmark	NIVA Prosjektnummer 15328

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hedmark	Oppdragsreferanse Ragnhild Skogsrud
--	--

**Sammendrag**

Rapporten omhandler vannkvalitet og biologiske forhold inklusive fisk i Flensjøen etter kalking. Innsjøens vannkvalitet viste bedring fra 1970- og 1980-tallet og fram til 2005, før kalking. Kalkingen har bidratt til en ytterligere bedring av vannkvaliteten i form av økt pH og ANC. Verdiene for pH og ANC i 2016 (tre år etter avsluttet kalking) var fortsatt betydelig høyere enn før kalkingen startet. Flensjøens vannkjemi er trolig i seg selv ikke begrensende for fiskebestandene, og vil trolig heller ikke være det uten kalking. Lave konsentrasjoner av total-fosfor og total-nitrogen indikerer næringsfattige forhold. Krepssdyrplanktonet og samfunnet av litorale småkreps har vært dominert av forsuringstolerante arter, men et mindre antall forsuring-følsomme arter har også blitt registrert både før og etter kalking. Undersøkelsene av bunndyr i utløpselva i 2005-2016 indikerte en økning i biologisk mangfold uttrykt ved EPT etter kalking. Tilstanden mht. effekter av forsuring på bunndyr-samfunnet viste en bedring fra moderat tilstand i 2005 til svært god tilstand i 2006-2016. Ørretbestanden ser ut til å ha økt sammenlignet med i 2006/2007. Veksten var imidlertid relativt lik som tidligere, og kondisjonsfaktoren var normalt god. Alders- og størrelsessammensetningen av røye var relativt lik som i 2006/2007. Selv om flere faktorer kan spille inn, er det er sannsynlig at kalkingen har hatt en positiv effekt på fiskebestandene. Ut fra en samlet vurdering var Flensjøen i svært god økologisk tilstand i 2016.

Fire emneord	Four keywords
1. Flensjøen	1. Lake Flensjøen
2. Vannkvalitet	2. Water quality
3. Biologiske forhold	3. Freshwater biota
4. Kalking	4. Liming



Øyvind Garmo  
Prosjektleder



Markus Lindholm  
Kvalitetssikrer



Elisabeth Lie  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-6907-9  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

**Flensjøen i kommunene Røros og Os 2016**  
Status for vannkvalitet og biologiske forhold etter  
kalking i perioden 2005-2013

## Forord

Rapporten presenterer resultatene fra undersøkelser av vannkvalitet, dyreplankton, litorale småkreps, bunndyr og fisk i Flensjøen i 2016. Innsjøen ligger på grensa mellom Sør-Trøndelag og Hedmark, i fjellområdet vest for Femunden. Flensjøen ble kalket første gang i 2005, og videre ble den kalket årlig i perioden 2009-2013. Utviklingen i vannkvalitet og biologiske forhold fra før kalking og fram til og med 2016 beskrives og diskuteres. Overvåkingen av Flensjøen i 2016 er en del av prosjektet «Overvåking av kalkede vassdrag i Hedmark» i perioden 2015-2016. Oppdragsgiver for prosjektet er Fylkesmannen i Hedmark med Ragnhild Skogsrud som kontaktperson. Undersøkelsene utføres som et samarbeidsprosjekt mellom NIVA og NINA med Øyvind Garmo og Stein Ivar Johnsen som prosjektledere henholdsvis ved NIVA og NINA.

Undersøkelsene av fiskebestander i 2016 er utført av NINA ved Stein Ivar Johnsen og John Gunnar Dokk. Edvin Grådal takkes for utlån av husvære og føring/oversendelse av fangstskjemaer.

NIVA har hatt ansvar for undersøkelsene av vannkjemi, dyreplankton, litorale småkreps og bunndyr. Feltarbeid for denne delen ble i 2016 utført av Jarl Eivind Løvik og Øyvind Garmo ved NIVA Region Innlandet.

De kjemiske analysene ble utført ved NIVAs laboratorium i Oslo. Kapitlet om vannkjemi er skrevet av Øyvind Garmo og Jarl Eivind Løvik. Analysene og vurderingene av bunndyrmaterialet er gjennomført av Tor Erik Eriksen, NIVA. Undersøkelsene av dyreplankton og litorale småkreps er utført av Jarl Eivind Løvik.

Rapporten er kvalitetssikret av Markus Lindholm (NIVA) og Jon Museth (NINA).

Samtlige takkes for godt samarbeid.

Ottestad/Lillehammer, 27. juni 2017

*Øyvind Garmo og Stein Ivar Johnsen*

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Materiale og metoder</b> .....	<b>9</b>
2.1 Vannkjemi.....	9
2.2 Dyreplankton og litorale småkreps.....	9
2.3 Bunndyr .....	9
2.4 Fisk .....	10
<b>3 Resultater</b> .....	<b>11</b>
3.1 Vannkjemi.....	11
3.2 Dyreplankton og litorale småkreps.....	12
3.3 Bunndyr .....	14
3.4 Fisk .....	16
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>20</b>
<b>5 Konklusjoner</b> .....	<b>27</b>
<b>6 Litteratur</b> .....	<b>28</b>
<b>7 Vedlegg</b> .....	<b>30</b>

## Sammendrag

Flensjøen ble kalket for første gang i 2005. Innsjøen ble ikke kalket i årene 2006-2008, men kalket årlig i perioden 2009-2013. Målsettingen med undersøkelsene i 2016 har vært å vurdere status med hensyn til vannkvalitet og biologiske forhold inklusive fiskebestander, i denne perioden, 2005-2016.

Flensjøen har i utgangspunktet en ionefattig, kalkfattig og næringsfattig vannkvalitet. På 1970- og 1980-tallet ble det målt lave pH-verdier i området 5,4-5,6, og innsjøen ble karakterisert som følsom for forsuring (Qvenild 1995). Utover på 1990- og 2000-tallet økte pH med ca. 0,5 enheter som følge av reduksjonen i sur nedbør. Kalkingen har bidratt til en ytterligere bedring av vannkvaliteten; pH økte fra 5,9 i 2005 til 6,8-7,2 i 2009-2013, og vannets syrenøytraliserings-kapasitet (ANC) har økte fra 24  $\mu\text{ekv/l}$  til 107-170  $\mu\text{ekv/l}$  i den samme perioden. I 2016 ble det registrert en nedgang i pH fra 7,2 til 6,5 og i ANC fra 147 til 83  $\mu\text{ekv/l}$  sammenlignet med i 2013. Vannkjemien var imidlertid fortsatt betydelig bedre enn før kalking i 2005.

Konsentrasjonen av labilt (biologisk skadelig) aluminium var lav før kalking i 2005 (7  $\mu\text{g Al/l}$ ) og har endret seg lite i perioden etter at kalkingen startet. Nivåene av total-fosfor (tot-P) og total-nitrogen (tot-N) har vært lave og typiske for næringsfattige vannmasser både før og etter kalking. Konsentrasjonen av tot-N har økt med ca. 50  $\mu\text{g N/l}$  fra 2005 til 2016. Flensjøens vannkjemi i seg selv er sannsynligvis ikke direkte begrensende for bestandene av røye og ørret i innsjøen, og vil trolig heller ikke være det uten kalking. Hvorvidt vannkvaliteten i gytebekker for ørret kan være for dårlig i perioder, har ikke vært en del av undersøkelsene i dette prosjektet. Vannkjemien indikerte svært god tilstand i Flensjøen i 2016.

Krepsdyrplanktonet i Flensjøen har vært dominert av forsuringstolerante eller moderat forsuringfølsomme arter både før og etter kalking, og det ser ikke ut til å ha skjedd større endringer i sammensetningen fra 1990-tallet og fram til 2016. Den forsuringfølsomme vannloppen *Daphnia galeata* ble imidlertid registrert for første gang i Flensjøen i 2016. Kalkingen ser ikke ut til å ha ført til noen økning i andelen storvokste vannlopper slik som *Daphnia cf. lacustris* og *Bythotrephes longimanus*, som i mange innsjøer er viktig næring for planktonspisende fisk. Predasjon på disse artene fra røye i Flensjøen kan være en mulig årsak til at bestandene ikke har tatt seg opp. Faunaen av små krepsdyr i strandsonen (litorale småkreps) har i hovedsak vært sammensatt av forsuringstolerante arter både før og etter kalking. Antallet av påviste forsuringfølsomme arter økte i de første årene etter at kalkingen startet, men bare et fåtall arter innen denne kategorien har blitt påvist i årene 2011-2016. Den forsuringfølsomme arten *Ophryoxus gracilis* ble påvist allerede i 2006.

Det biologiske mangfoldet av bunndyr i utløpselva fra Flensjøen er uttrykt ved antall taksa av døgnfluer, steinfluer og vårfluer (EPT). I perioden 2006-2013 lå antallet registrerte EPT-taksa på 13-16, og i 2016 var antallet 18. Dette kan betegnes som middels høye antall EPT-taksa. I 2005, før kalking, ble det registrert kun 10 EPT-taksa. For å vurdere effekter av forsuring på bunnfauna i utløpselva har vi benyttet Forsuringsindeks 2. Indeksen indikerte svært god tilstand i årene 2006-2013 og i 2016, tre år etter avsluttet kalking. Derimot viste den moderat tilstand i 2005, før kalkingen startet, og det var bare dette året at det ble registrert dominans av forsuringstolerante arter. Undersøkelsene av bunnfaunaens sammensetning tyder på at kalkingen har hatt en positiv effekt.

Sammenlignet med undersøkelsene i 2006/2007 synes det klart at ørretbestanden har økt i tetthet. Veksten var imidlertid relativt lik som tidligere, og kondisjonsfaktoren var normalt god. Røyebestanden besto av flere eldre og større fisk i 2012 enn i 2006/2007, men i 2013 og 2016 var alders- og størrelsessammensetningen relativt lik som i 2006/2007. Selv om flere faktorer kan spille inn, er det sannsynlig at kalkingen har hatt en positiv effekt på fiskebestandene. Basert på ulike tilnæringer gis fisk som kvalitetselement svært god økologisk tilstand.

Ut fra en samlet vurdering var Flensjøen i svært god økologisk tilstand mht. forsuring i 2016.

## Summary

Title: Flensjøen in S Norway 2016. Status of water quality, zooplankton, benthic invertebrates and fish after liming since 2005.

Year: 2017

Authors: Jarl Eivind Løvik, Stein I. Johnsen (NINA), Tor Erik Eriksen, Øyvind Garmo & John Gunnar Dokk (NINA)

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6907-9

Lake Flensjøen is an oligotrophic lake with very low ionic strength. pH and acid neutralizing capacity (ANC) were low before liming, which started in the autumn of 2005. However, the water chemistry had improved markedly compared to the situation in the 1970ies and the 1980ies. Comparison of water chemical data from 1992 with data from 2005 also showed a significant effect of decline in acid rain. Liming, which was also performed yearly in 2009-2013, has resulted in further improvement of the water quality. In 2016 pH dropped from 7.2 to 6.5, and ANC dropped from 147 to 83  $\mu\text{ekv/l}$  compared to 2013 values. Nevertheless, the water quality was still significantly better than in 2005, before liming started. Concentrations of potential toxic Al-forms (LAl) have been very low (4-8  $\mu\text{g Al/l}$ ), even before liming.

The water chemistry in later years should not cause any negative effects on the populations of brown trout and arctic char in Lake Flensjøen. As liming is stopped, ANC and pH will drop to significant lower levels over some years, especially during spring and autumn floods. Whether the water chemistry in spawning streams for the brown trout population is satisfactory has not been investigated in this project. Based on aquatic chemistry the ecological status of Lake Flensjøen was classified as high in 2106.

The communities of crustacean zooplankton and littoral crustaceans of Lake Flensjøen have been dominated by species known to tolerate rather acidic conditions, both before and after liming started. No major changes in the species composition seem to have occurred after liming. However, in 2006 and 2016 the acid sensitive Cladocera species *Ophryoxus gracilis* and *Daphnia galeata* were observed for the first time respectively in Lake Flensjøen.

The diversity of the benthic invertebrate community in the outlet river of Lake Flensjøen was expressed as the number of EPT taxa (Ephemeroptera + Plecoptera + Trichoptera). In 2005, before liming, we recorded 10 EPT taxa, while in 2006-2013 and in 2016 (three years after liming has stopped) the number has varied in the range 13-18. The Acidification index 2 ("Raddum 2") indicated a moderate ecological status in 2005 and an improvement to high status in years 2006-2013 and in 2016, after liming.

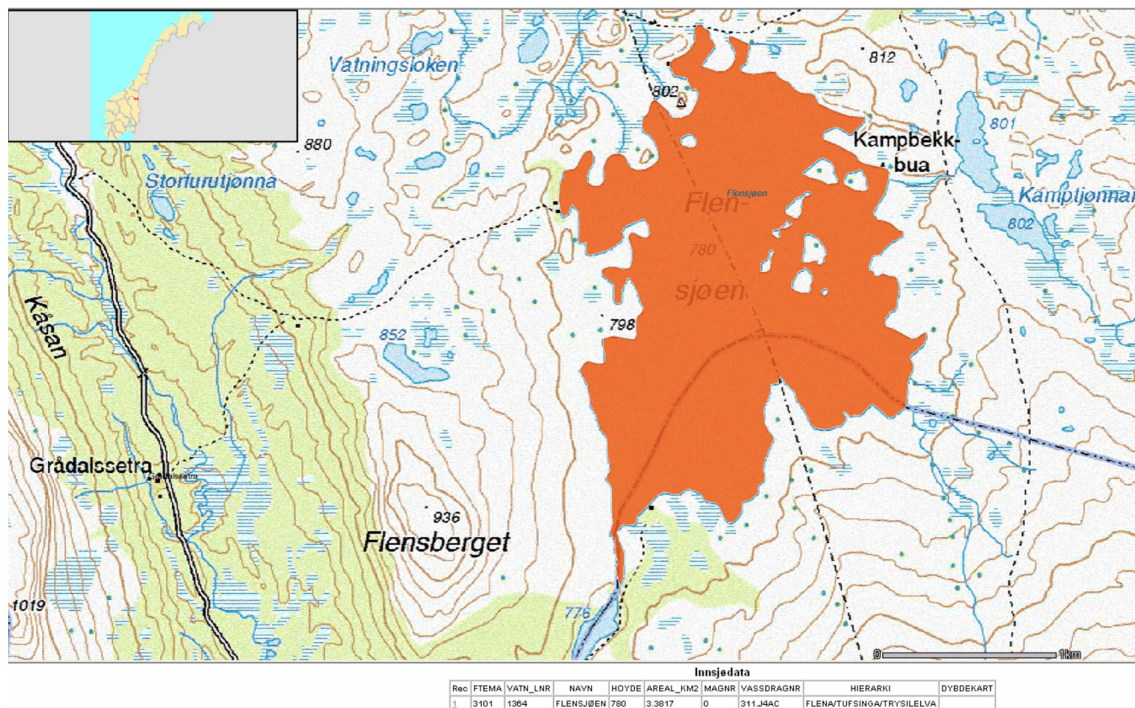
Compared to the fish surveys conducted in 2006/2007, the growth pattern and the annual length increment of brown trout caught in 2012/2013/2016 were fairly at the same level. However, the relative density of the brown trout population has significantly increased during the period 2006-2016.

The arctic char population comprised a larger fraction of older and larger individuals, and displayed improved growth patterns in 2012 compared to 2006/2007. However, the size distribution in 2013 and 2016 was similar to the distributions in 2006 and 2007. Even though factors like temperature and changes in the harvest regime may have affected the fish populations, it is likely that liming has positively influenced the brown trout and arctic char populations. Based on different approaches, fish as a quality element, was given high ecological status.

A total assessment indicates that the ecological status of Lake Flensjøen was high in 2016, three years after the liming was terminated.

# 1 Innledning

Flensjøen ligger på grensa mellom Sør-Trøndelag og Hedmark i kommunene Røros og Os (Figur 1). Innsjøen ligger på 780 moh. i et fjellområde vest for Femunden. Flensjøen og dens nedbørfelt utgjør en del av Tufsinga-vassdraget, som har utløp til Femunden. Berggrunnen i nedbørfeltet består av forvittringsresistente, kvartsrike og kalkfattige bergarter (granitt og sandstein) (Sigmond mfl. 1984). Dette fører til at vassdraget får lav bufferevne mot pH-endringer og høy følsomhet for forsurening (Qvenild 1995, Kjellberg mfl. 2000).



**Figur 1.** Flensjøen og deler av dens nedbørfelt (Kilde: NVE Atlas).

Flensjøen ble kalket for første gang i 2005. Innsjøen ble tilført 100 tonn kalk med helikopter 15. september dette året. Videre ble det gjennomført kalking av Flensjøen 3.9.2009 (120 tonn kalk), 5.9.2010 (120 tonn kalk), i begynnelsen av september 2011 (120 tonn kalk), 10.9.2012 (120 tonn kalk) og 5.9.2013 (100 tonn kalk). Fylkesmannen har bestemt å avslutte kalkingen av Flensjøen etter 2013.

Nærmere beskrivelser av innsjøen og nedbørfeltet, samt vannkjemiske og biologiske forhold før kalking er gitt av bl.a. SFT (1985), Kjellberg mfl. (2000), Nashoug (2002) og Løvik mfl. (2006). Resultater fra undersøkelsene i perioden 2006-2013, etter at kalkingen startet, er presentert av Løvik og Bækken (2008), Rustadbakken (2008), Løvik og Eriksen (2012) og Løvik mfl. (2010, 2011, 2013 og 2015). Overvåkingen er utført på oppdrag fra Fylkesmannen i Hedmark.

Undersøkelsene i 2005 viste at Flensjøen før kalking var moderat forsuret både av organiske syrer fra nedbørfeltet (TOC: 2,8 mg C/l) og fra sur nedbør (Løvik mfl. 2006). Ikke-marin sulfat på 15 µekv/l indikerte at påvirkningen av sur nedbør var liten. Innsjøens pH lå da mellom 5,9 og 6,0, og konsentrasjonen av giftige aluminiumforbindelser var lav (Labilt aluminium: 6-7 µg/l). Flensjøen er en



meget ionefattig innsjø, og syrenøytraliseringskapasiteten (ANC) var lav i 2005 (22-25  $\mu\text{ekv/l}$ ). Det hadde imidlertid skjedd en forbedring av den vannkjemiske tilstanden siden begynnelsen av 1990-tallet. Så vel pH som ANC hadde økt noe, mens ikke-marin sulfat hadde avtatt med ca. 45 % i perioden. Ut fra de vannkjemiske forholdene i 2005 var det ikke forventet negative effekter på fiskepopulasjonene i Flensjøen. Siden ANC-nivået i innsjøen fortsatt var lavt, kunne en imidlertid ikke utelukke sporadisk fiskedød under vår- og høstflommer, spesielt i enkelte tilløpsbekker. Det ble ansett som lite trolig at dette hadde ført til negative effekter på ørretbestanden i innsjøen.

Kalkingen bidro til en ytterligere forbedring av vannkvaliteten; pH økte fra 5,9 i 2005 til 6,8-7,2 i 2009-2013, og ANC økte fra 24  $\mu\text{ekv/l}$  til 107-170  $\mu\text{ekv/l}$  i den samme perioden. Konsentrasjonen av labilt aluminium endret seg lite etter at kalkingen startet. Nivåene av total-fosfor (tot-P) og total-nitrogen (tot-N) har vært lave og typiske for næringsfattige vannmasser både før og etter kalking.

Fiskesamfunnet i Flensjøen består av ørret og røye. Fiskeundersøkelser i Flensjøen i 2006 og 2007 viste at både ørret- og røyebestandene besto av småvokste individer som i all hovedsak var mindre enn 25 cm med moderat kvalitet (Løvik, Bækken og Rustadbakken 2010). Næringsbegrensing ble antatt å være hovedårsaken til bestandsforholdene. Det kunne imidlertid synes som at ørreten viste tegn på bedring i vekst og kvalitet fra 2006 til 2007, men det ble anbefalt at utviklingen ble fulgt opp videre. Resultatene av fiskeundersøkelsene i 2012 og 2013 indikerte at ørretbestanden stadig ble tettere (Løvik mfl. 2013, 2015). Veksten var imidlertid relativt lik som tidligere, og kondisjonsfaktoren var normalt god for større fisk. Røyebestanden besto av flere eldre og større fisk i 2012 enn i 2006/2007, og veksten syntes også å ha bedret seg noe siden de forrige undersøkelsene. Selv om flere faktorer kan spille inn, ble det vurdert som sannsynlig at kalkingen hadde hatt en positiv effekt på fiskebestandene.

For å følge den videre utviklingen i ørret- og røyebestandene i Flensjøen ønsket Fylkesmannen i Hedmark at NINA skulle gjennomføre et enkelt prøvofiske også i 2016. Undersøkelsen skulle gjennomføres med oversiktsgarn og inneholde:

- en generell beskrivelse av fiskesamfunnet
- enkle diettanalyser fra røye og ørret
- vekst og aldersanalyser
- rapportering av undersøkelsene med en sammenligning av resultatene fra 2006, 2007, 2012 og 2013
- en sammenstilling av fangstrapportene til Edvin Grådal.

Foreliggende rapport presenterer resultater fra undersøkelser av vannkjemi, dyreplankton, litorale småkreps, bunndyr og fisk i 2016. Resultatene er sammenholdt med tidligere data.

## 2 Materiale og metoder

### 2.1 Vannkjemi

Vannprøve for fysisk-kjemiske analyser ble innsamlet den 29. september 2016. Prøven ble tatt fra 0,5 m dyp sentralt i innsjøen. De vannkjemiske analysene ble utført ved NIVAs akkrediterte laboratorium i Oslo og omfattet pH, konduktivitet, hovedioner, total-nitrogen (tot-N), total organisk karbon (TOC) samt reaktivt og ikke-labil aluminium.

### 2.2 Dyreplankton og litorale småkreps

Prøve av dyreplankton ble samlet inn den 29.9.2016 i form av et vertikalt håvtrekk fra sjiktet 0-10 m sentralt i søndre del av innsjøen. Det ble benyttet en håv med maskevidde 0,09 mm og åpningsdiameter 30 cm. Denne ble senket med åpningen ned til 10 m dyp og trukket opp igjen, dvs. slik at håven filtrerte både på nedtur og opptur. Metoden gir kun et grovt mål på tettheten av dyreplankton, men den gir et godt bilde på den kvalitative sammensetningen av dyreplanktonet på prøvetidspunktet.

Materialet ble i felt fiksert med Lugols løsning (fytofiks). Krepsdyrene i prøven ble identifisert, fortrinnsvis til art, og antall individer ble registrert i hele prøven, med unntak av taksa som forekom med stor tetthet. Disse ble telt i 1/10 eller 1/5 av prøven.

Prøve av litorale småkreps ble også samlet inn den 29.9.2016. Vi benyttet da også en håv med maskevidde 0,09 mm og en åpningsdiameter på 30 cm. Denne ble trukket til sammen ca. 20 m langs bunnen i litoralsonen i den sørøstlige delen av innsjøen. Materialet ble konservert i felt med Lugols løsning. Krepsdyrene i prøven ble identifisert, fortrinnsvis til art, og den relative andelen av hvert takson i prøven ble anslått etter en tredelt skala (få individer, vanlig, rikelig/dominerende). Dyreplanktonets og den litorale småkrepsfaunaens sammensetning ble vurdert i forhold til forsurening på basis av de ulike artenes toleranse eller følsomhet overfor forsurening (jf. Halvorsen mfl. 2002).

### 2.3 Bunndyr

Prøven av bunndyr ble tatt den 29.9.2016 i utløpselva like oppstrøms Flensjøhåen, dvs. samme lokalitet som tidligere år (se foto, **Figur 2**). En stor andel av bunnen var ved dette tidspunktet dekket av fastsittende, trådformede alger («grønske»). Ved de tidligere undersøkelsene har denne lokaliteten vært preget av relativt stor dekning av elvemoser.

Vi benyttet en standardisert sparkemetode (NS-EN-16150:2012 ; NS-EN-ISO-10870:2012), og innsamlingen er i henhold til retningslinjer gitt i klassifiseringsveileder for Vannforskriften (Veileder 02:2013 – revidert 2015, Direktoratgruppen 2015). Metoden består av flere enkeltprøver og er i sterk grad bundet opp til et bestemt areal. Dette gjør metoden stringent og lett etterprøvbart. Hver prøve tas over en strekning på én meter. Det anvendes 20 sekunder pr. én meters prøve. I alt tas det tre slike pr. minutt. Dette gjentas tre ganger og i alt representerer materialet ni én meters prøver. Dette tilsvarer 3 x 1 minuttprøver, som var et vanlig tidsforbruk i mange slike undersøkelser for implementeringen av Vannforskriften, og representerer bunndyrsamfunnet på omlag 2,25 m<sup>2</sup> av elvebunnen. Det ble benyttet elve/sparkelhåv med åpning 25 x 25 cm og 250 µm maskevidde under prøvetakingen. For å unngå tetting av håven og tilbakespyling, tømmes håven etter tre enkeltprøver (ett minutt), eller oftere hvis substratet er finpartikulært. Alle ni delprøver fra hver lokalitet samles til en blandprøve og fikseres med etanol i felt. Materialet tas med til NIVAs laboratorier og blir identifisert til lavest mulige taksonomiske nivå ved hjelp av stereolupe.

Forsuringsindeks 2 (tidligere kalt Raddum 2) (Veileder 02:2013 – revidert 2015) ble brukt for å vurdere effekter av forsurening. Indeksene er egnet for å måle effekter av forsurening i elver med klart vann og lite naturlig kalsium, og den har blitt brukt i forsuringsovervåking av denne vanntypen i over 20 år. Referanseverdien er satt lik 1,5. Det vil si at en observert indeksverdi må divideres med referanseverdien for å få en verdi som indikerer tilstanden (EQR verdi). Indeksene baseres på forholdet mellom forsuringfølsomme og forsuringstolerante arter. For enkelt å sammenligne resultater på tvers av indekser og kvalitetselementer, gjøres en normalisering av indeksskalaene for EQR, slik at alle indekser opererer på en skala mellom 0 og 1. Verdien etter skalering kalles da kort for nEQR.



**Figur 2.** Provestasjonen for bunndyr i utløpselva fra Flensjøen (29.9.2016). Foto: J.E. Lovik/NIVA.

## 2.4 Fisk

Fiskesamfunnet i Flensjøen ble undersøkt ved et prøvofiske i perioden 4.-5. august 2016. Det ble fisket med oversiktsgarn med 12 integrerte maskevidder; 5, 6,25, 8, 10, 12,5, 15,5, 19,5, 24, 29, 35, 43 og 55 mm i strandsonen (0-6 meter) og profundalen (> 10 meter). Bunn-garnene var 1,5x30 m. En oversikt over innsats er gitt i **Tabell 1**, og plassering av stasjoner er vist i Vedlegg, **Figur 17**. Fangstene ble standardisert som CPUE (catch per unit effort), gitt i antall fisk fanget pr. 100 kvadratmeter garn pr. natt (# fisk 100 m<sup>2</sup> natt<sup>-1</sup>). For å karakterisere ørretbestanden etter Ugedal mfl. (2005) er det også beregnet CPUE for fisk  $\geq$  15 cm, gitt i antall ørret  $\geq$  15 cm per 100 m<sup>2</sup> relevant garnflate per natt. I oversiktsgarn er relevant garnflate maskevidder  $\geq$  15,5 mm (Ugedal mfl. 2005).

I tillegg ble det målt lengde og vekt av fire røyer og 81 ørret fanget i storruse. Disse fiskene ble innlemmet i lengdefordelinger. Videre er det samlet inn statistikk fra garnfiske over flere år (E. Grådal) og statistikk fra storrusefangsten i 2016 (første år med storruse).

Det er også gjort en vurdering av kvalitetselement fisk i forhold til vannforskriften og veileder 02:2013 – revidert 2015 (Direktoratsgruppa 2015). Det er brukt ulike tilnærminger for å fastsette økologisk tilstand. I Flensjøen har vi flere år med prøvofiske, og det er mulig å bruke ørretfangster i strandsonen som et mål (jfr. Tabell 6.8 i veileder 02:2013 – revidert 2015). Normalt sett skal denne metoden benyttes der ørret finnes alene, men kan brukes hvis ørret er en dominerende art i fangstene. Ved å beregne forholdet mellom tilgjengelig gyte- og oppvekstareal (m<sup>2</sup>) og innsjøareal (ha), og se dette opp mot fangst av ørret etter metodikk beskrevet i veilederen vil man få et mål på økologisk tilstand for ørret. Etter samtaler med E. Grådal, gikk det frem at ørreten gyter i Tverrfleina (både innløpet og utløpet). Det ble antatt at ørreten

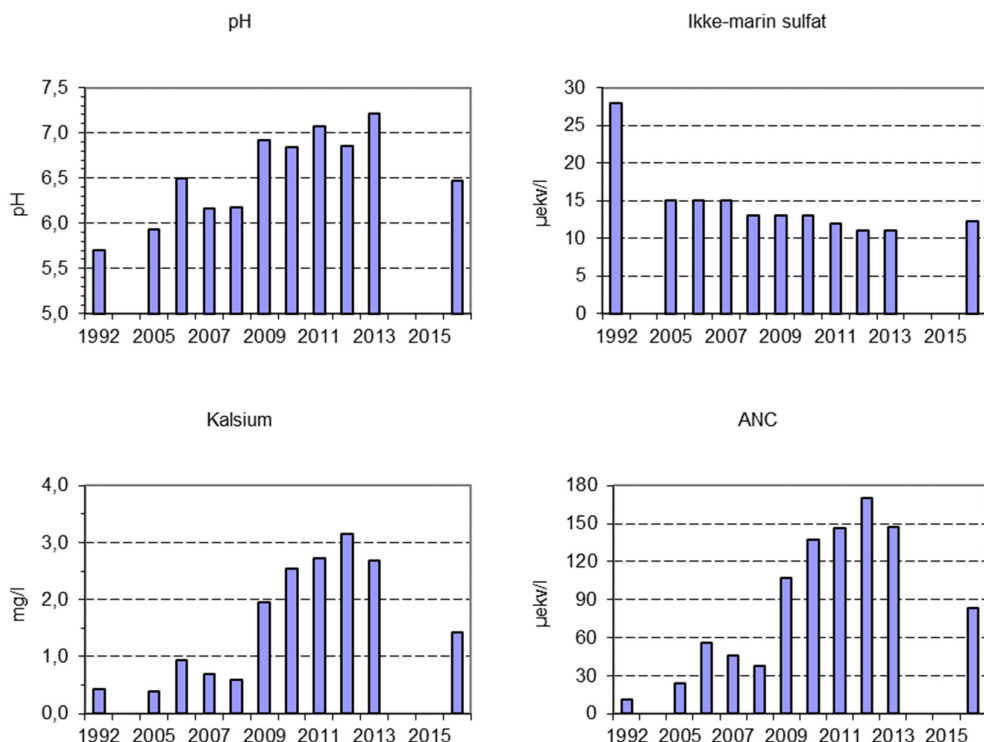
kunne bruke opptil én km elvestrekning av innløpet og ca. 300 meter av utløpet. Ved bruk av Norge i bilder ble gjennomsnittlig elvebredde bestemt og areal beregnet.

I tillegg er økologisk tilstand til kvalitetselement fisk vurdert etter tabell 6.1 i veilederen (forenklet beskrivelse av de tre høyeste tilstandene) og tabell 6.5 (klassegrenser for økologisk tilstand ved bruk av prosentvis bestandsnedgang for fiskebestander). Vurderingen baserer seg på intervju med E. Grådal og fangstregistreringer fra Grådal siden 2000.

## 3 Resultater

### 3.1 Vannkjemi

Resultatene av de vannkjemiske analysene fra tidsrommet 2005-2016 er gitt i Vedlegg, **Tabell 5**. Tidsutviklingen for de sentrale parameterne pH, ikke-marin sulfat, kalsium og syrenøytraliserende kapasitet (ANC) er vist i **Figur 3** (1992, perioden 2005-2013 og 2016).



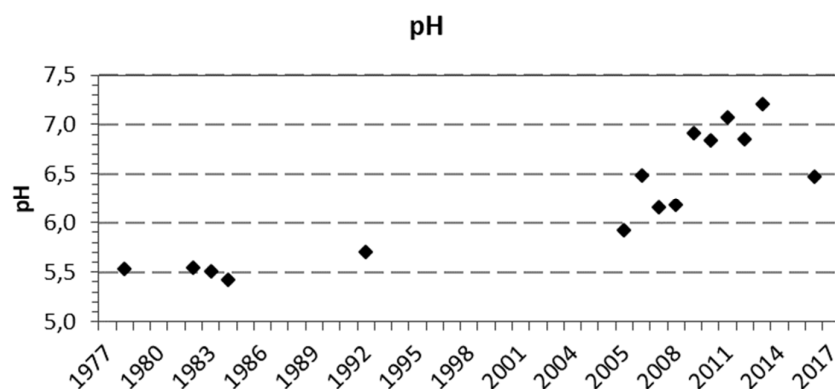
**Figur 3.** pH, ikke-marin sulfat, kalsium og ANC i Flensjøen i 1992, i årene 2005-2013 og i 2016. Middelverdier er vist for årene 2005-2007, enkeltobservasjoner for de andre årene.

Kalkingen i september 2005 førte til en markert økning av pH i Flensjøen; middelverdien økte fra 5,9 i 2005 til 6,5 i 2006. Kalkingen medførte også at middelkonsentrasjonen av løste salter (gitt ved konduktivitet) økte med 35 %, hvor hovedårsaken var økningen i kalsium fra 0,38 til 1,0 mg kalsium/l, og økningen i ANC fra 24 til 57 µekv/l (primært bikarbonat). Det var ingen endring i konsentrasjonen av labilt aluminium, som har vært lav gjennom hele perioden (1-8 µg/l). Fra 2006 til 2008 ble vannkvaliteten noe surere og mer ionefattig som et resultat av at det ikke ble kalket i denne perioden. Kalsium, pH og

ANC i 2008 var likevel fortsatt høyere enn før kalking i 2005. I forkant av prøvetakingen i 2009, 2010, 2011, 2012 og 2013 ble innsjøen kalket, noe som gav tydelig utslag i form av høy pH, kalsiumkonsentrasjon og ANC (**Figur 3**). I 2016 ble det målt pH på 6,47; dvs. en nedgang på 0,74 pH-enheter sammenlignet med ved forrige undersøkelse i 2013. I samme perioden ble det registrert en nedgang i konsentrasjonen av kalsium fra 2,69 til 1,43 mg kalsium/l samt i ANC fra 147 til 83  $\mu\text{ekv/l}$  og i alkalitet fra 120 til 55  $\mu\text{ekv/l}$ . Kalsium, pH og ANC er altså fortsatt betydelig høyere enn før kalkingen tok til.

Kalking har liten effekt på konsentrasjonen av ikke-marin sulfat og TOC som hhv. har sunket og økt noe siden 2005. Disse trendene observeres også i ukalkede forsuringfølsomme innsjøer og skyldes hovedsakelig lavere avsetning av svovelforbindelser i nedbørfeltet. Klimaendringer kan også ha betydning. Konsentrasjonen av nitrat har vært lav i de årene vi har målinger fra (<1-13  $\mu\text{g N/l}$ ) og kan se ut til å ha gått noe ned i perioden 2010-2016. Konsentrasjonen var under kvantifiseringsgrensen både i 2013 og 2016.

I **Figur 4** er utviklingen i pH i Flensjøen vist for perioden 1978-2016. Her har vi inkludert data fra SFT-prosjektet «Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør» (SFT 1983, 1984 og 1985). Figuren viser lave pH-verdier i området 5,4-5,6 på slutten av 1970-tallet og begynnelsen på 1980-tallet samt en økning i pH til 5,7 i 1992 og videre til 5,9 i 2005 (før kalking). Forløpet mht. pH i de senere årene, etter kalkingen startet, er omtalt ovenfor. Konsentrasjonene av kalsium var lave på 1970- og 1980-tallet, med målte verdier i området 0,4-0,8 mg Ca/l (SFT 1983 og 1984).



**Figur 4.** pH i Flensjøen i perioden 1978-2013.

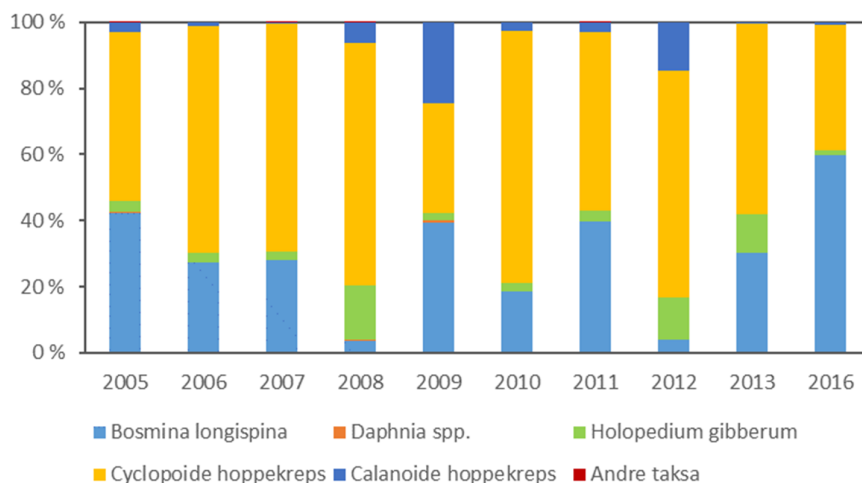
Konsentrasjonene av total-fosfor (tot-P) og total-nitrogen (tot-N) har i de årene vi har data fra (1998 og 2005-2016, tot-P ikke i 2016) variert henholdsvis i intervallene 2-5,5  $\mu\text{g P/l}$  og 110-175  $\mu\text{g N/l}$ . Dette er lave verdier og betegnende for næringsfattige (oligotrofe) innsjøer. Konsentrasjonen av tot-P viser ingen systematisk endring over tid. Konsentrasjonen av tot-N har vært ca. 20-50  $\mu\text{g N/l}$  høyere i årene 2011-2016 (147-175  $\mu\text{g N/l}$ ) enn i perioden 2005-2010 (110-122  $\mu\text{g N/l}$ ). (Vedlegg, **Tabell 5**).

### 3.2 Dyreplankton og litorale småkreps

Primærdata fra analysene av dyreplankton og litorale småkreps er gitt i Vedlegg, **Tabell 6-7**. Prosentfordeling av ulike taksa av krepssdyreplankton i de pelagiske håvtrekkene er vist i **Figur 5**.

Tettheten og den prosentvise sammensetningen av krepssdyrplanktonet i en innsjø kan av naturlige årsaker variere relativt mye i løpet av en sesong og fra år til år. Vi kan derfor ikke si noe sikkert om artssammensetningen eller samfunnsstrukturen har endret seg over tid basert på kun én prøve per år.

Krepssdyrplanktonet har de fleste årene vært dominert av gruppen cyclopoide hoppekreps, som hovedsakelig har bestått av den relativt forsuringstolerante arten *Cyclops scutifer*. (Figur 5). Den forsuringfølsomme calanoide hoppekrepsen *Mixodiaptomus laciniatus* har vært mer eller mindre vanlig i hele perioden 2005-2016 (ikke undersøkt i 2014-2015), dvs. både før og etter at kalkingen startet.

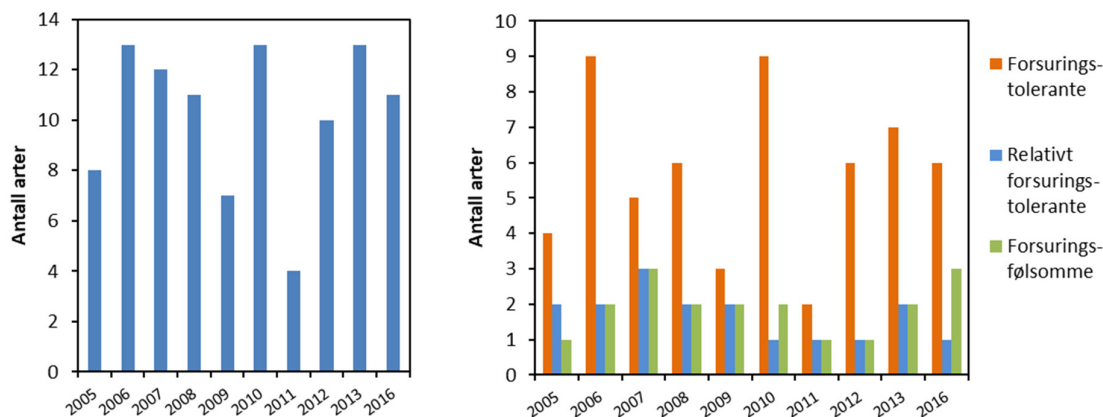


**Figur 5.** Prosentfordeling av ulike taksa av krepssdyrplankton i Flensjøen i perioden 2005-2013 og i 2016, basert på individantall i pelagiske håvtrekk.

Innen gruppa vannlopper har den forsuringstolerante arten *Bosmina longispina* vært vanligst og i mange år dominerende art de fleste årene i perioden 2005-2016. En annen forsuringstolerant art, gelekrepssen *Holopedium gibberum* har også blitt funnet alle årene, og den utgjorde en betydelig prosentandel spesielt i 2008, 2012 og 2013.

Vannloppeslekten *Daphnia* omfatter generelt arter som er sensitive overfor forsuring. I Flensjøen har denne slekten vært svakt representert i planktonprøvene, men *Daphnia* cf. *lacustris* (en art innen *Daphnia longispina*-gruppen) har blitt funnet i lave antall de fleste årene. Denne arten regnes blant de minst forsuringfølsomme innen slekten *Daphnia* (Halvorsen m.fl. 2002). I 2016 ble en nærstående og mer forsuringfølsom art, *Daphnia galeata*, registrert for første gang i Flensjøen, men bare med et lite antall individer i håvtrekket.

Antall registrerte arter av småkreps i Flensjøen har variert fra 4 til 13 (Figur 6). Variasjonen i antall over tid viser ingen klare trender, og skyldes trolig dels variasjoner i prøvetakingsmetodikken. I 2009 og spesielt i 2011 ble det funnet svært få arter særlig i håvtrekkprøvene fra litoralsonen (strandsonen), og de artene som ble funnet, er like vanlige i pelagialsonen (de frie vannmasser). Det vil si at de er planktoniske eller planktonlitorale former. Det lave artsantallet kan dermed trolig tilskrives at håven i liten grad har blitt ført helt ned mot bunnssubstratet. Økningen i artsantall fra 8 i 2005 til 10-13 de fleste senere årene kan likevel til en viss grad ha sammenheng med endringen i vannkvalitet som følge av kalkingen, som startet etter at prøvene ble tatt i 2005.

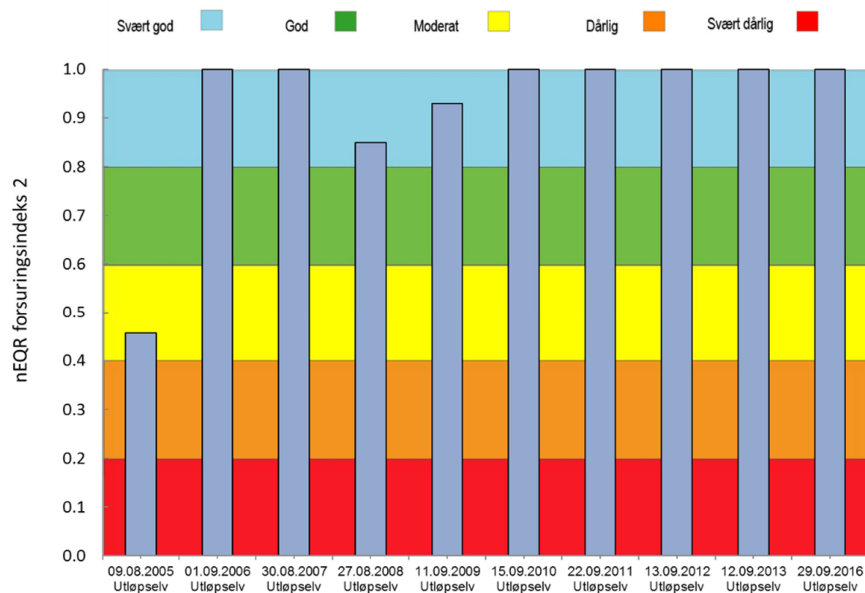


**Figur 6.** Antall registrerte arter av småkreps i Flensjøen, basert på håvtrekk fra litoralen (strandsonen) og pelagialen (frie, åpne vannmasser). Til venstre: totalt antall arter. Til høyre: antall forsuringstolerante, relativt forsuringstolerante og forsuringfølsomme arter av småkreps.

Småkrepsamfunnet har stort sett i hele perioden vært dominert av forsuringstolerante arter av vannlopper, slik som *Bosmina longispina*, *Holopedium gibberum*, *Acroperus harpae* og *Alonopsis elongata* (Figur 6 og Vedlegg, Tabell 7). Antall forsuringfølsomme arter økte fra én i 2005 til tre i 2007 og har senere også variert fra én til tre. De forsuringfølsomme artene *Ophryoxus gracilis* og *Daphnia galeata* ble først registrert henholdsvis i 2006 og 2016.

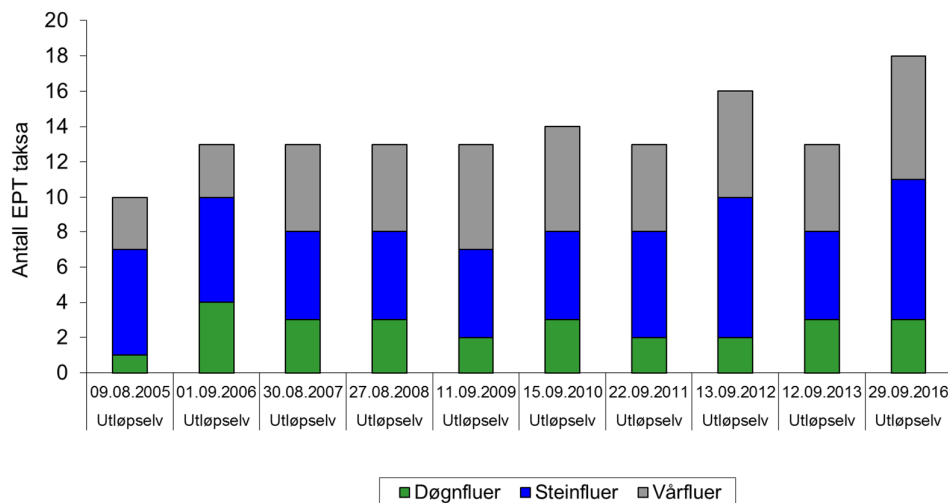
### 3.3 Bunndyr

Figur 7 viser hvordan verdier for nEQR av forsuringindeks 2 har utviklet seg i overvåkingsperioden 2005 – 2013 og 2016. Primærdata og indeksverdier er gitt i Vedlegg (Tabell 8-10). Forsuringindeks 2 indikerte forsuring i 2005 (moderat tilstand), mens det i perioden 2006-2013 og i 2016 ble målt svært god tilstand (Figur 7).



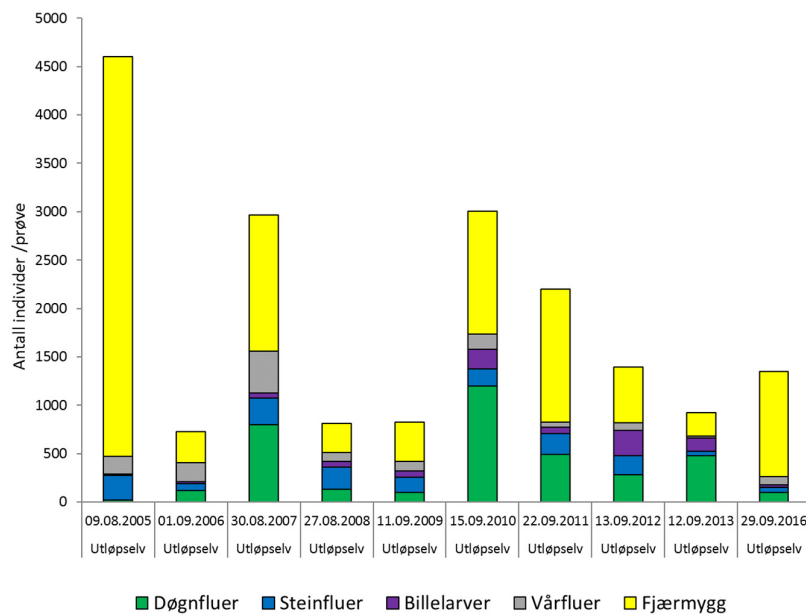
**Figur 7.** Vurdering av økologisk tilstand for bunndyr ved bruk av forsuringindeks 2. Prøver er fra utløpselv av Flensjøen i perioden 2005 – 2013 og i 2016. Verdier er oppgitt som normaliserte ecological quality ratios (nEQR).

Det biologiske mangfoldet, uttrykt som antall EPT taksa (**E**phemeroptera, **P**lecoptera, **T**richoptera) har variert relativt lite i overvåkingsperioden 2005–2013 og i 2016 (**Figur 8**); det ble registrert 10 EPT-taksa i 2005, 13–16 i 2006–2013 og 18 EPT-taksa i 2016. Disse antallene EPT-taksa kan anses som middels høye.



**Figur 8.** Antall EPT taksa (art/slekt/familie) i utløpselv fra Flensjøen i perioden 2005 – 2013 og 2016. Sparkeprøver 3x1 min.

For andre grupper enn EPT har det bare vært små forskjeller i gruppesammensetning fra ett år til neste (**Figur 9**). De relative andelene av dominerende grupper i prøveperioden – fjærmygg (gule søyler) og døgnfluer (grønne søyler) – ser ut til å samsvare med ulike mengde dyr i prøvene mellom år. Med unntak av i 2005 ser derfor gruppesammensetningene normale ut.



**Figur 9.** Sammensetning av hovedgrupper i bunndyrsamfunnet i utløpselva fra Flensjøen i perioden 2005 – 2013 og 2016. Sparkeprøver 3x1 min.



### 3.4 Fisk

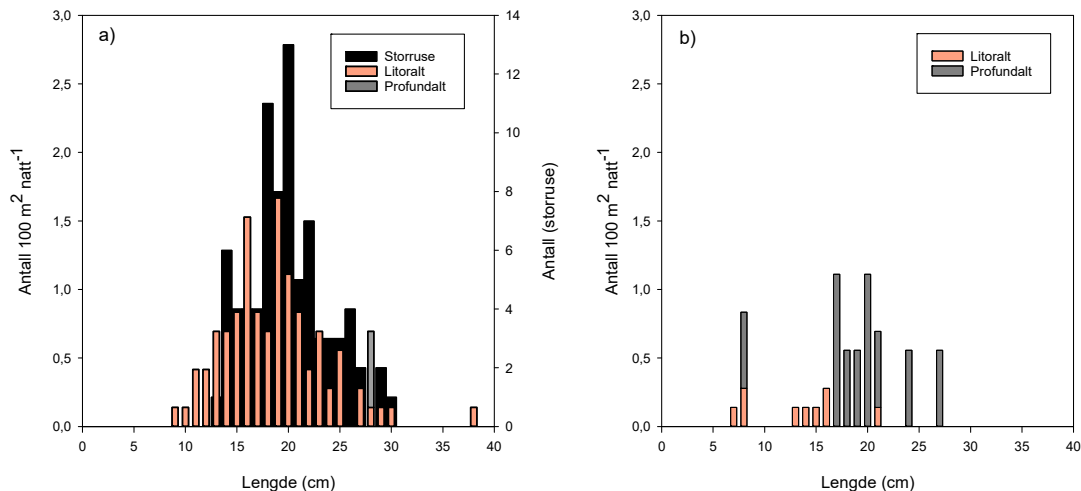
Under prøv fisket i 2016 ble det fanget totalt 93 ørret (7,26 kg) og 19 røye (0,95 kg). Med unntak av en ørret, ble alle fanget i strandsonen. Det ble fanget 12,8 ørret per 100 m<sup>2</sup> natt<sup>-1</sup> (CPUE), eller 16,4 ørret > 15 cm per 100 m<sup>2</sup> relevant garnflate per natt (etter Ugedal mfl. 2005, se **Tabell 1**). Det ble fanget flere ørreter per innsatsenhet (CPUE) i 2016 enn i 2013, og ørretbestanden synes å ha økt relativt mye siden 2006 (**Tabell 1**).

Røye ble fanget litoralt og profundalt, med en CPUE på henholdsvis 1,3 og 5,6. Fangstene av røye i strandsonen var mye lavere i 2016 enn i 2013 og 2012. I profundalen plasserte fangstene av røye seg lavere enn i 2013, men høyere enn 2012 (**Tabell 1**).

**Tabell 1.** Oversikt over antall garnserier, garnareal og fangst (antall og CPUE=antall per 100 m<sup>2</sup> garnflate) under prøv fisket i Flensjøen i 2006, 2012, 2013 og 2016.  $CPUE_{\text{ørret}^*} = \text{Antall ørret} \geq 15 \text{ cm per } 100 \text{ m}^2 \text{ relevant garnflate}$  (etter Ugedal mfl. 2005). Av tidligere undersøkelser er kun 2006 innlemmet, da det ble brukt de samme garntypene (Nordisk bunn garn).

År/Habitat	Ant. serier (areal m <sup>2</sup> )	Antall ørret	CPUE <sub>ørret</sub>	CPUE <sub>ørret*</sub>	Antall røye	CPUE <sub>røye</sub>
<b>2006</b>						
Bunn garn (strandsonen)	4 (180)	6	3,33		10	5,55
<b>2012</b>						
Bunn garn (strandsonen)	14 (630)	40	6,35	8,16	28	4,44
Bunn garn (profundalt)	2 (90)	0	-	-	2	2,22
Flyte garn (0-6 m)	4 (660)	0	-	-	2	0,30
<b>2013</b>						
Bunn garn (strandsonen)	16 (720)	65	9,03	12,38	39	5,42
Bunn garn (profundalt)	2 (90)	0	-	-	7	7,78
Flyte garn (0-6 m)	4 (660)	0	-	-	0	0,00
<b>2016</b>						
Bunn garn (strandsonen)	16 (720)	92	12,77	16,42	9	1,25
Bunn garn (profundalt)	4 (180)	1	0,55		10	5,55

Røye fordelte seg i lengdeintervallet 7-27 cm (**Figur 10b**), mens ørreten fordelte seg i lengdeintervallet 8-38 cm (**Figur 10a**). Det ble fanget kun én røye og relativt få ørret større enn 25 cm under prøv fisket.



**Figur 10.** Fangst av ulike lengdeklasser av a) ørret ( $n=93_{\text{garn}} + 81_{\text{storruse}}$ ) og b) røye ( $n=19$ ) per 100 m<sup>2</sup> garnflate natt<sup>-1</sup> i ulike habitat i Flensjøen i 2016. For ørret fanget i storruse er grafen vist i antall.

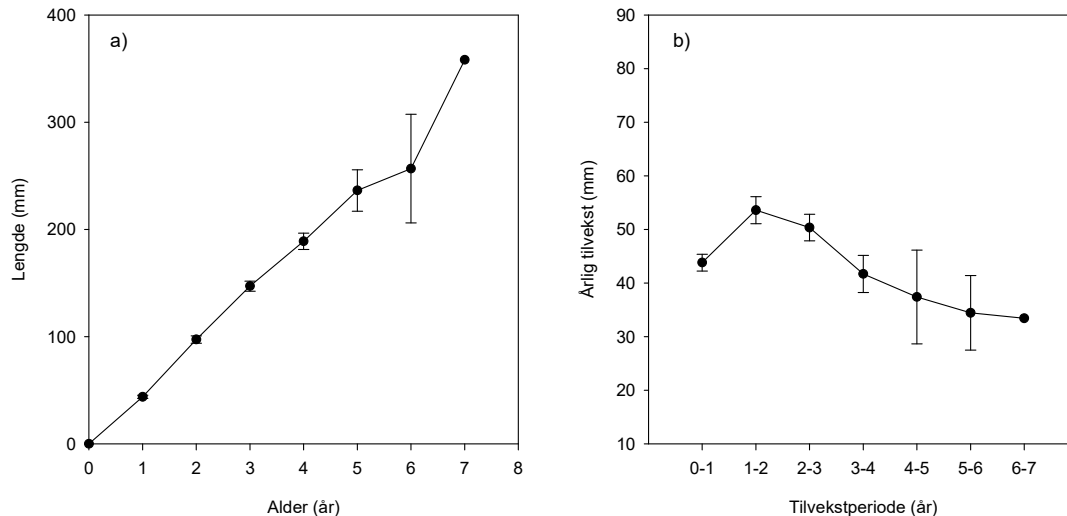
Gjennomsnittstørrelsen på kjønnsmodne hunnrørret var 29 cm og minste kjønnsmodne hunn var 24,8 cm. Yngste kjønnsmodne individer av hann- og hunnrørret var henholdsvis to og fire år (Tabell 2). Dominerende aldersklasser for ørret i prøvofiskematerialet var 3 og 4 åringer (Tabell 2).

Yngste kjønnsmodne hunnrøye og hannrøye som ble fanget var henholdsvis to og tre år (Tabell 2). Det ble fanget få røye under prøvofisket, så aldersfordeling og alder for kjønnsmodning er usikker. De tre femårige hunnrøyene var alle hvilere, dvs. at de hadde gytt tidligere.

**Tabell 2.** Aldersfordeling og andel kjønnsmodne ørret og røye i ulike aldersklasser fanget ved prøvofiske i Flensjøen i 2016. De tre eldste røyene (6-åringene) og den niårige ørreten ble samlet inn fra lokale fiskere.

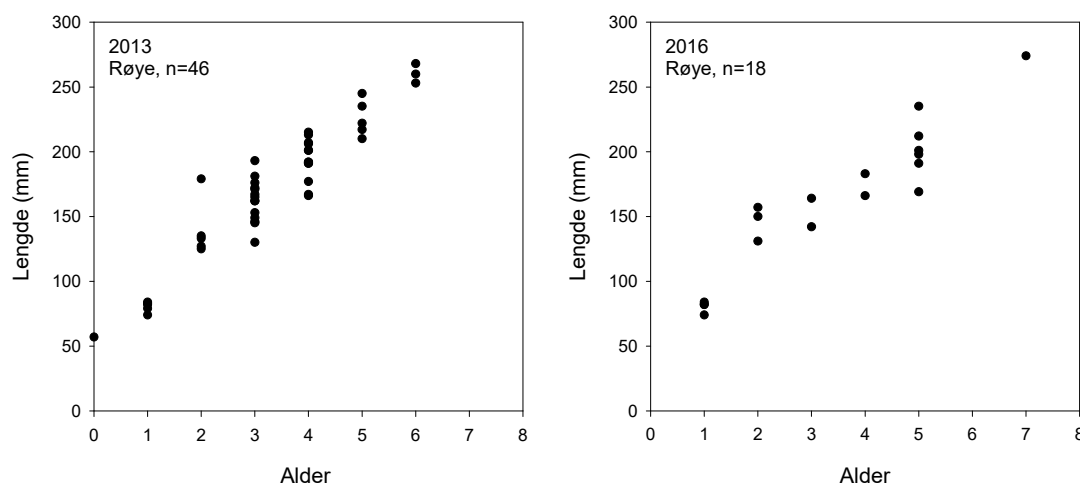
Alder	Ørret				Røye			
	Hann		Hunn		Hann		Hunn	
	n	% modne	n	% modne	n	% modne	n	% modne
1	1	0,0	-	-	2	0,0	-	-
2	5	60,0	1	0,0	1	0,0	1	100
3	10	20,0	11	0,0	2	50,0	-	-
4	11	72,7	11	9,1	2	100	-	-
5	1	100	6	66,7	3	100	3	0,0
6	2	50,0	1	0,0	-	-	-	-
7	-	-	-	-	1	100	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	1	100	-	-	-	-

Veksten til ørreten i Flensjøen var moderat, og ved fem års alder var ørreten i gjennomsnitt 23,6 cm (Figur 11a). Årlig tilvekst første året var forholdsvis lav med 44 mm for så å vokse over fem cm andre og tredje sommeren. Etter dette vokser ørreten dårligere og avtagende fra rundt 40 mm og ned til 35 mm den sjette og syvende vekstsesongen (Figur 11 b). Vekst og tilvekstkurvene er relativt usikre etter seks års alder på grunn av få fisk. En sammenligning av vekstforløp mellom ulike år er gitt i Figur 15 (kpt. 4).



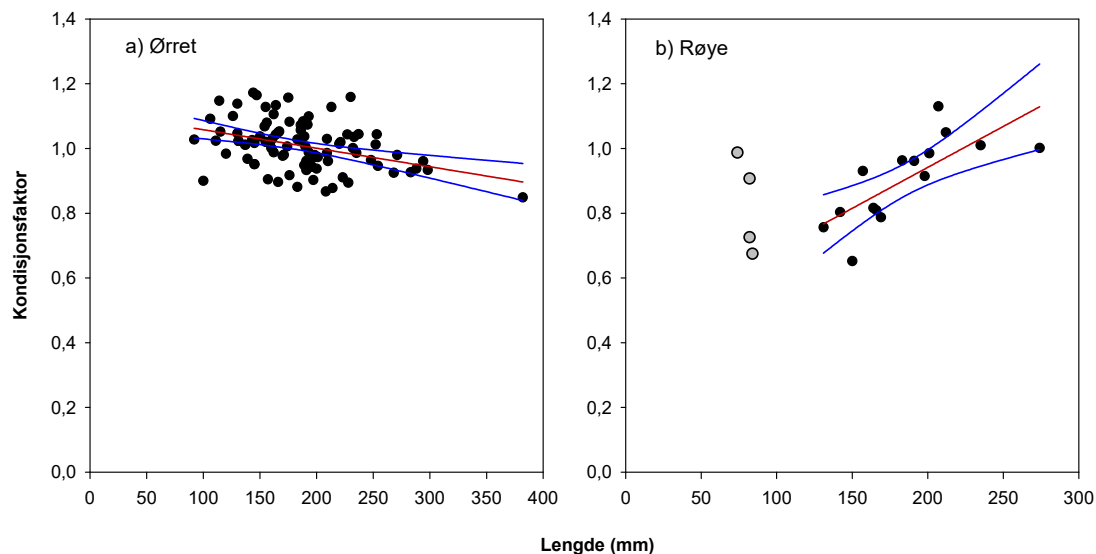
**Figur 11.** Tilbakeberegnet lengde ( $\pm 2SE$ ) (a), og årlig tilvekstkurver (b) ( $\pm 2SE$ ) for 63 ørret fanget i Flensjøen i 2016.

Røya i Flensjøen synes å ha relativt utholdende vekst (**Figur 12**). Vekstmønsteret er relativt likt mellom fisk samlet inn i 2013 og 2016, selv om røya synes å være noe mindre ved samme alder i 2016 enn i 2013.



**Figur 12.** Empirisk lengde mot alder for 46 røye fanget i 2013 og 18 røye fanget i 2016 i Flensjøen.

I motsetning til i 2013, var det en signifikant nedgang i kvaliteten til ørret med økende lengde ( $F_{90,1}=16,0$ ;  $r^2=0,15$ ;  $p<0,001$ ). Estimert k-faktor ved 15, 25 og 30 cm var henholdsvis 1,03, 0,97 og 0,94. Dette innebærer at kondisjonsfaktoren for ørret er generelt god, men sammenlignet med tidligere kan det se ut som at mattilgangen er noe dårligere for større fisk. For røye var det stor variasjon i k-faktor for fisk under 10 cm, noe som kan skyldes unøyaktighet/følsomhet under veiing. For røye større enn 10 cm var det en signifikant økning i k-faktor med økende lengde ( $F_{13,1}=15,7$ ;  $r^2=0,55$ ;  $p=0,002$ ). Ved fiskelengder på 15 og 25 cm er beregnet k-faktor på henholdsvis 0,81 og 1,06 (se **Figur 13b**). Dette er relativt likt som tidligere år.



**Figur 13.** Kondisjonsfaktor mot fiskelengde for a) 92 ørret og b) 19 røye fanget under prøvefisket i Flensjøen i 2016.

Dietten til ørreten varierer en god del mellom år. Dette skyldes at mageprøver gir et øyeblikksbilde, og mageinnholdet vil i stor grad reflektere det som er tilgjengelig i større mengder (klekkinger/sverminger etc.) under prøvefisket. F. eks var dietten i 2013 kraftig dominert av vårfluelarver (se **Tabell 3**). Vårfluer utgjorde en viktig del av dietten i 2016 også, med nær 23 %. I tillegg til vårfluer var overflateinsekter (25,9 %) og linsekreps dominerende i dietten til ørret i 2016. Røye hadde i større grad spist småkreps, både litorale arter (linsekreps) og mer pelagisk forekommende vannloppearter som *Bythotrephes longimanus*, *Daphnia cf. lacustris* og *Daphnia galeata* (se **Tabell 3**). *Daphnia galeata* er interessant, da den ikke er påvist i dietten til fisk tidligere, og fordi det er en forsurningsfølsom art. Det var mindre forskjell i dietten til røye mellom 2012, 2013 og 2016 enn for ørret.

**Tabell 3.** Sammensetning av mageinnhold i volumprosent hos ørret og fordeling av ulike byttedyrgrupper (+=sjelden, += vanlig, +++= dominerende) for røye fanget under prøvetaksjoner i Flensjøen i 2012, 2013 og 2016.

	Ørret			Røye		
	2012	2013	2016	2012	2013	2016
Antall (N)	22	29	36	20	23	21
Antall tomme mager	1	0	0	(batch)	(batch)	(batch)
<b>Krepsdyr</b>						
<b>Bunnlevende arter</b>						
Marflo	1,4	2,6	1,8			
Skjoldkreps						
Linsekreps		6,8	22,4	+++	++	+++
<b>Pelagiske arter</b>						
<i>Bythotrephes longimanus</i>			0,4	+	+++	+++
<i>Daphnia cf. lacustris</i>		1,3		++	+++	++(+)
<i>Daphnia galeata</i>						++
<i>Holopedium gibberum</i>				+++	++	
<i>Bosmina longispina</i>				+	+++	++
Hoppekreps					+	+
<b>Vannlevende insekt</b>						
Døgnflue nymfe	28,9		16,5	+		
Steinflue nymfe	9,1	0,7				
Fjærmygg (puppe/larve)	7,3		1,3	+++	+	+
Vårfluellarve	19,1	86,1	22,9		+	
Vannkalv (imago)						
Vannkalv (larve)						
<b>Overflateinsekter</b>	30,5	0,1	25,9	+++	+	+
<b>Snegl</b>	3,4	1,2	0,4	+		
<b>Muslinger</b>	0,2					
<b>Fisk</b>						
<b>Annet</b>	0,2	1,2	8,4	++	+	++
Totalt	100	100	100			

## 4 Diskusjon

### *Vannkjemiske forhold*

NIVA har relativt nylig på oppdrag fra DN (nå Miljødirektoratet) vurdert hvilke av de kalkede innsjøene i Hedmark som det fortsatt er behov for å kalke (Garmo og Austnes 2012). Vurderingen av kalkingsbehov er basert på grenseverdier mellom god og moderat forsuringstilstand, som definert av ANC-grensene i klassifiseringsveilederen til vannforskriften (Veileder 01:2009, Direktorsgruppen 2009). Flensjøen var en av de innsjøene hvor det ble konkludert med at det var usikkert om «ukalket» ANC vil være over eller under grenseverdien for god tilstand, dvs. at det er usikkert om det fortsatt er behov for kalking. Tre år etter avsluttet kalking var kalsiumkonsentrasjon, pH og ANC fortsatt betydelig høyere enn i 2005.

Basert på empiriske data på vannkjemi og fiskestatus fra norske innsjøer (Lydersen mfl. 2004) konkluderte NIVA bl.a. med at det var liten sannsynlighet for negative effekter av forsuring på populasjonene av ørret og røye før kalking i 2005 (Løvik mfl. 2006). Ettersom ANC-nivået var lavt, kunne en imidlertid ikke utelukke sporadisk fiskedød under høst- og vårflokker, og da spesielt i enkelte tilløpsbekker. Siden den gang har reduksjoner i langtransporterte forurensninger bedret vannkvaliteten mht. forsuring, spesielt i Sør-Norge (Garmo mfl. 2016).

Etter flere år med kalking har vannkvaliteten bedret seg betraktelig i Flensjøen. Undersøkelsene i 2016 (tre år etter at kalkingen ble avsluttet) har vist reduksjoner i pH, i konsentrasjonen av kalsium samt i ANC og alkalitet. Verdiene er likevel betydelig høyere enn i 2005, før kalkingen tok til, og eventuelle skadeeffekter på fiskepopulasjoner må antas å være mindre i dag enn for 10-12 år siden. Vannkjemien i innsjøen er trolig ikke noen begrensning i seg selv.

Basert på de vannkjemiske parameterne pH, ANC og LAI var den økologiske tilstanden svært god i Flensjøen i 2016, med midlere nEQR-verdi på 0,89 (Tabell 4).

**Tabell 4.** Økologisk tilstand i Flensjøen 2016 for de vannkjemiske parameterne pH, ANC og LAI, samt vannkjemi samlet. nEQR-verdier er gitt.

pH	ANC	LAI	Vannkjemi
nEQR	nEQR	nEQR	nEQR, middel
0,98	1,00	0,69	0,89
Svært god	Svært god	God	Svært god

#### **Krepsdyrplankton og litorale småkreps**

Både krepsdyrplanktonet i de åpne vannmasser og småkrepsfaunaen i strandsonen har vært dominert av forsuringstolerante arter både før og etter at kalkingen startet (perioden 2005-2016). Enkelte forsuringfølsomme arter har også vært til stede i varierende tettheter. Artssammensetningen innen krepsdyrplanktonet var likevel i hovedsak den samme også på 1990-tallet (Kjellberg mfl. 2000).

Tettheten av *Daphnia* sp. har vært meget lav både før og etter kalking. Kalkfattige vannmasser ser ut til å favorisere gelekrepsen *Holopedium gibberum* i forhold til *Daphnia* spp., som krever kalsium for oppbygging av skallet sitt (Hessen mfl. 1995). Det ville derfor være rimelig å forvente en økning i tettheten av *Daphnia* sp. i Flensjøen som en følge av kalkingen og økningen i kalsium-konsentrasjonen. Dette ser ikke ut til å ha skjedd. Funnene av den forsuringfølsomme arten *Daphnia galeata* både i planktonprøve og i røyemager i 2016 kan imidlertid være et uttrykk for en «forsinket» respons på kalkingen. Undersøkelsene av innholdet i fiskemager viser at både *Daphnia galeata* og den noe større og mer forsuringstolerante *Daphnia cf. lacustris* er attraktiv føde for røye i Flensjøen. Et eventuelt økt predasjonspress fra røye på krepsdyrplanktonet kan ha vært en medvirkende årsak til at den mindre arten *D. galeata* har etablert seg i planktonet. Den større *D. cf. lacustris* ble ikke funnet i planktonprøven, men rikelig i røyemager i 2016.

Det er foreløpig ikke etablert noe verktøy for klassifisering av økologisk tilstand for kvalitetselementene dyreplankton eller litorale småkreps i henhold til vannforskriften (Direktoratsgruppa 2015).

#### **Bunndyr i utløpsbekken**

Det har vært små forskjeller i taksasammensetning innen bunndyrsamfunnet i utløpsbekken i løpet av overvåkningsperioden. Det er registrert påfallende få døgnfluer (Ephemeroptera) sammenlignet med de to andre hovedgruppene, steinfluer (Plecoptera) og vårflyer (Trichoptera). Døgnfluefaunaen besto i 2016 av tre taksa – ubestemte individer i familien Baetidae, slekten *Baetis* og *Baetis rhodani*. Det er ikke utenkelig at individer av Baetidae og *Baetis* representerte tidlige utviklingsstadier av *Baetis rhodani*. *Baetis*-slekten er forsuringfølsom, men noen arter tolererer imidlertid noe surt vann, særlig i lokaliteter med høyt humusinnhold. Denne lokaliteten har ikke høyt humusinnhold, og den har i de senere årene hatt relativt høy syrenøytraliserende kapasitet (ANC) (se Figur 3). Det har blitt registrert flere arter av *Baetis* i

prøveperioden, men alltid i lave antall. En hypotese kan være at artene finnes der fortsatt, men at bestandene er små og dermed blir vanskelige å fange opp med bare én prøvetaking på én stasjon årlig.

Mye nedbør eller rask snøsmelting i områder med basefattig jordsmonn kan medføre episodiske pulser med forsuring (Henriksen m.fl., 1988). Slike hendelser kan påvirke bestander av forsuringfølsomme arter, som *Baetis* (Lepori m.fl., 2003). Den høye andelen av *Baetis* i forhold til den relativt lave andelen av forsuringstolerante steinfluer kan derfor tyde på at systemet har hatt evnen til å bufre eventuelle forsuringsepisoder, spesielt i tiden nær prøvetaking. Det er ikke kjent om eggoverlevelse hos *Baetis* påvirkes av episodisk forsuring. *Baetis rhodani* er en art som kan ha flere generasjoner/kohorter i løpet av et år (Sand & Brittain, 2009). I lavlandet er det registrert opptil tre kohorter årlig, mens i høyfjellet er det vanlig med færre generasjoner, noen ganger bare én. Det vil si at man på en lavlandslokalitet kan ha utpregede vårpopulasjoner, sommerpopulasjoner og høstpopulasjoner. Ved midlere episodisk forsuring, som ved snøsmelting, kan det skje at vårpopulasjonen blir sterkere påvirket enn høstpopulasjonen. Det ville i så fall ikke blitt fanget opp i denne undersøkelsen.

Antall taksa og relative bestandstettheter av forsuringfølsomme døgnfluer (slekten *Baetis*) har variert i overvåkingsperioden. Dette i seg selv trenger ikke å bety at vannkvaliteten har endret seg mye fra år til år da det kan være naturlige populasjonssvingninger, samtidig som metoden for innsamling medfører en del usikkerhet når det gjelder å estimere nøyaktige bestandstettheter. Forsuringsindeks 2 analyserer derfor forholdet mellom forsuringfølsomme døgnfluer og forsuringstolerante steinfluer i prøven, med den antagelse at metodens usikkerhet vil påvirke disse gruppene likt. Det var bare i 2005 at det ble målt tydelig dominans av forsuringstolerante arter. Slike situasjoner forekommer gjerne ved forsuring eller høye konsentrasjoner av tungmetaller. Resultatene kan derfor tyde på at kalkingstiltakene har hatt en positiv effekt på bunndyrsamfunnet. Om man ønsker en bedre kontroll av mulig forsuringpåvirkning, anbefales det å legge til en ekstra prøvetakingsrunde i tiden rundt snøsmelting for å se om vårpopulasjonene påvirkes.

Forsuringsindeks 2 for bunndyr ga tilstandsklasse «moderat» før kalking i 2005 og «svært god» i årene 2006-2013 og 2016 (nEQR = 1,0 i 2016). Dette indikerer en forbedring av tilstanden for bunndyr etter at kalkingen startet og ingen forverring så langt etter at kalkingen opphørte i 2013.

Resultatene fra Flensjøen 2016 rapporteres også i en felles rapport fra overvåking av tidligere kalkede innsjøer i Hedmark (Garmo mfl. under utarbeidelse). I den rapporten blir tilstanden i utløpselva fra Flensjøen klassifisert som god. Forskjellen i tilstand skyldes bruk av ulike forsuringsindekser (I og II). Ved bruk av Forsuringsindeks I gis tilstandsklasse «svært god», kun på lokaliteter som har fått tilstandsklasse «god» flere år på rad.

### ***Fiskesamfunnet***

Den høyeste relative tettheten av ørret ble funnet i strandsonen. Med unntak av ett individ ble ørret kun funnet i strandsonen, mens røye i tillegg ble funnet langs bunnen på dypere vann. Det ble fanget røye i lave tettheter i de frie vannmassene i 2012, og ingen i 2013. Undersøkelsesperiodene i både 2012 og 2013 foregikk i en periode hvor zooplanktonsamfunnet i de frie vannmassene skulle vært godt etablert, og det synes derfor som at røya i liten grad utnytter dette habitatet. Det ble derfor ikke fisket med flytegarner i 2016. Røye kan effektivt utnytte næringsdyr i alle innsjøhabitater, men med ørret til stede vil røya i mindre grad utnytte strandsona (Amundsen 1995, Klemetsen m.fl. 2003). Årsaken er at ørreten kan utgjøre en predasjonsfare, er mer aggressiv og mer effektiv til å spise bunndyr enn røye (Klemetsen & Amundsen 2000). Røya er igjen langt bedre enn ørret til å utnytte zooplankton som føde, men hvis konkurransen og predasjonsfaren er liten i strandsonen vil tilgangen på større næringsdyr i dette habitatet trekke fisk dit (Langeland m.fl. 1991). At strandsonen syntes å være et viktig habitat for røye i Flensjøen indikerer at røye i mindre grad påvirkes av predasjonsrisiko og eventuell aggresjon fra ørret. Størrelsesfordelingen til ørreten underbygger også dette, da det ble fanget lite ørret større enn 25 cm, dvs. at ørreten i liten grad utøver et predasjonspres på røye. Det kan imidlertid tenkes at røyebestanden i større grad begynner å bruke pelagialen når ørretbestanden blir tettere, og det bør vurderes å bruke flytegarner i forbindelse med undersøkelsene i 2018.

I henhold til Ugedal mfl. (2005) plasserer ørretbestanden (CPUE=16,4) i Flensjøen seg som tett. Det synes også som at ørretbestanden er tettere mot sørenden sammenlignet med den nordlige stasjonen (se Vedlegg, Figur 11) i Flensjøen, med henholdsvis 6,6 ørret og 4,9 ørret per garnnatt. Dette mønsteret har vært likt ved de tre siste prøvafiskerundene, og skyldes trolig at utløpselva er den viktigste gytelokaliteten, og at tettheten av ørret er størst nær denne. Imidlertid er det også kjent at det går opp ørret for å gyte i den ene innløpselva (Tverrflena) i de nordøstre deler av Flensjøen. Totalt sett er røyebestanden trolig tettere enn ørretbestanden, siden den finnes i flere habitater. En relativt utholdende vekst opp mot lengder på 25-30 cm og relativt lave CPUE-verdier tyder imidlertid på at røyebestanden ikke er veldig tett sammenlignet med andre bestander (f.eks. Klemetsen mfl. 2002, Hegge mfl. 1989).

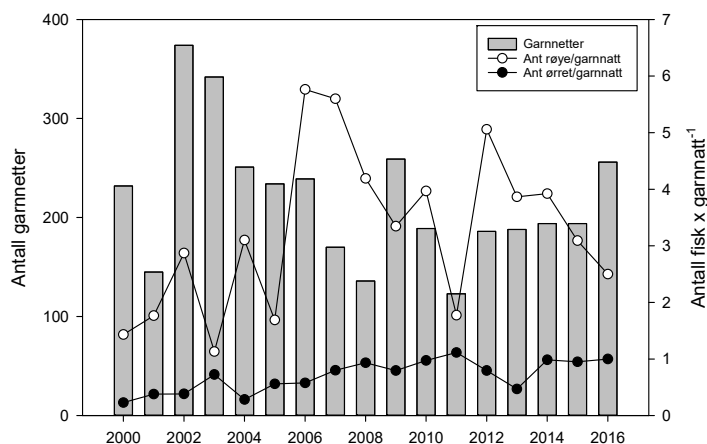
### ***Utvikling i ørret og røyebestandene***

Undersøkelser i Flensjøen i 1978 og 1982-84, viste at ørretbestanden gradvis gikk tilbake og ble antatt å være liten mens røyebestanden var antatt å være relativt tett (referert i SFT 1985). Undersøkelsene i 2006 og 2007 gav et relativt likt bilde, med en klar dominans av røye. Den største forskjellen i Flensjøen sammenlignet med tidligere undersøkelser er at fra å utgjøre  $\frac{1}{4}$  til  $\frac{1}{3}$  av fangstene i 2006/2007 utgjorde ørret over 50 % av prøvafiskefangstene i 2012 og 2013 og 83 % i 2016. For ørret var sammenlignbare fangster i 2012 og 2013 i snitt også (CPUE<sub>2012</sub>=6,4; CPUE<sub>2013</sub>=9,0) over dobbelt så store som i 2006 (CPUE=3,3, se Tabell 3). I 2016 var CPUE verdiene 3,8 ganger høyere enn i 2006. Man skal være forsiktig med å konkludere ut fra disse tallene da CPUE-verdier kan variere en god del gjennom sesongen, men vi kan med stor sikkerhet si at ørretbestanden er tettere i 2016 enn i 2006. Dette underbygges av fangstregistreringer fra E. Grådal, som viser at det har vært en signifikant økning i fangst per garnnatt for ørret i perioden 2000-2016 ( $F_{1,15}=19,5$ ;  $r^2=0,57$ ;  $p<0,001$ , se Figur 14). Storrusefangsten i 2016 underbygger også at ørretbestanden har økt. Totalt ble det fanget 737 ørret og 424 røye. Fangstene fra storrusa viser også, som garnfangstene (se under), at det er lite stor fisk i Flensjøen. Det ble fanget en ørret og en røye som var over 250 gram.

En sammenligning av antall røye fanget per 100 m<sup>2</sup> garnnatt med oversiktsgarn (se **Tabell 1**), viser at røyefangstene var noe høyere i 2006 (CPUE= 5,6) enn i 2012 (CPUE=4,4), men på samme nivå som i 2013 (CPUE=5,4). Fangstene i 2016 var imidlertid en god del lavere med en CPUE på 1,25 i strandsonen. I profundalen var fangstene relativt lik som i tidligere år.

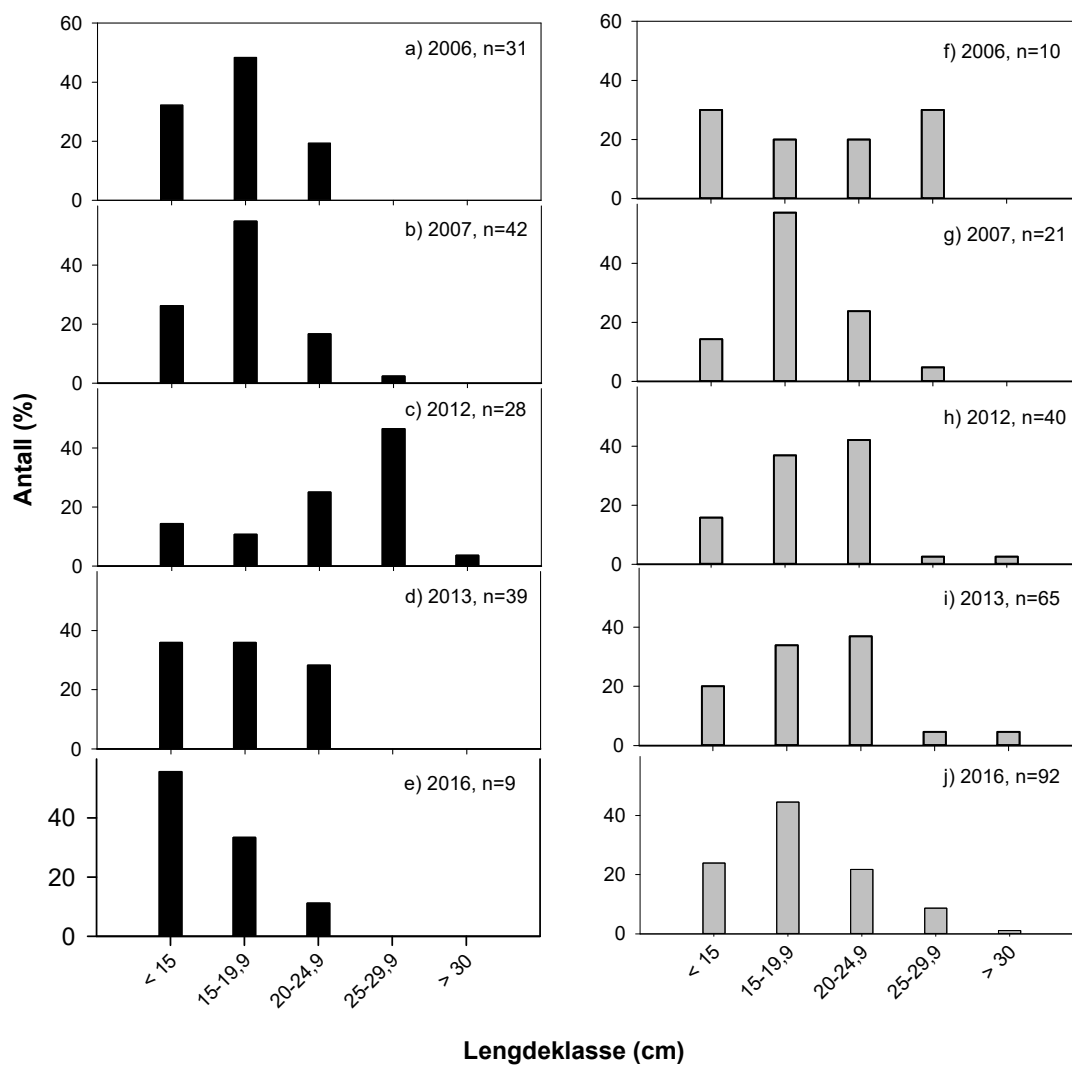
Ser vi på fangstregistreringene til E. Grådal, så svinger fangstene relativt mye fra år til år (**Figur 14**). Vi ser også av fangstregistreringene at røye dominerer over ørret. Dette skyldes blant annet at fangstregistreringene innebefatter høstfisket, et fiske hvor det spesifikt fiskes etter røye på gytegrunnene. Selv om fangstene svinger mye fra år til år, så er fangstene av røye jevnt over høyere i siste del av perioden fra 2000-2016. Det kan imidlertid synes som at røyebestanden har falt noe de siste tre årene, selv om røyefangstene synes å ligge på et høyere nivå mot slutten av perioden (**Figur 14**).





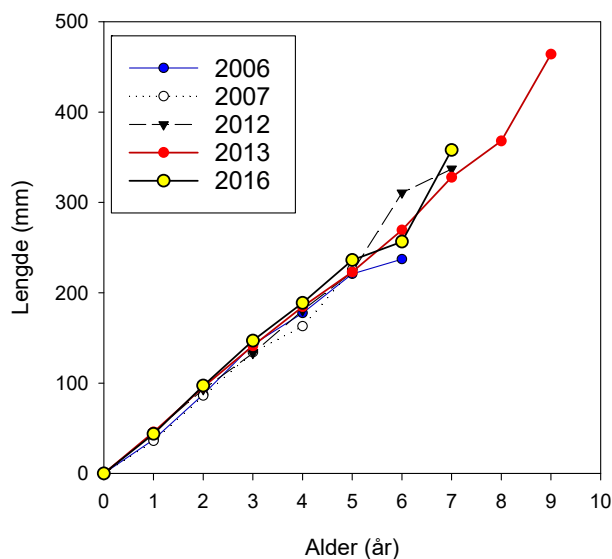
**Figur 14.** Utvikling i antall garnnetter, antall røye/garnnatt og antall ørret/garnnatt i perioden 2000-2016 i Flensjøen. Basert på fisket til E. Grådal.

Sammenlignet med undersøkelsene i 2006/2007 var det langt mer røye større enn 25 cm i 2012, men i 2013 var fordelingen igjen som i tidligere år (**Figur 15**). Hovedårsaken til det økte innslaget av større røye i 2012 ligger i aldersfordelingen. Ingen fisk var eldre enn 6 år i fangstene fra 2006/2007 og i 2013, mens 37,5 % av røyene som ble fanget i 2012 var eldre enn 6 år. Hvorfor aldersfordelingen endret seg såpass mye fra 2012 til 2013 er uvisst. I 2016 var det, som i 2013, lite stor og gammel fisk i fangstene.



**Figur 15.** Lengdefordeling til røye (svarte søyler) og ørret (grå søyler) fanget på bunngarn i strandsonen under prøvefiske i Flensjøen i årene 2006, 2007, 2012, 2013 og 2016.

Fordelingen av ørret i ulike lengdeklasser synes ikke å vise noen trend, og fra 2007 er det fanget lite ørret større enn 25. Veksten til ørreten frem til fem år har heller ikke endret seg nevneverdig fra 2006/2007 til 2016 (Figur 16).



**Figur 16.** Tilbakeberegnet lengde for ørret fanget i Flensjøen i 2006, 2007, 2012, 2013 og 2016.

Kvaliteten eller kondisjonsfaktoren til fisken er et ofte brukt mål på hvor god næringstilgangen er i forhold til bestandstettheten i innsjøen. Kondisjonsfaktoren til fisken kan imidlertid variere mye gjennom sesongen (Johnsen mfl. 2011), og det er derfor vanskelig å sammenligne mellom undersøkelsen i 2012 og 2013 med de tidligere undersøkelsene. I 2013 var kondisjonsfaktoren for både ørret og røye moderat god, og endret seg med fiskelengde for røye. Endringer i forhold til fiskens størrelse er trolig relatert til avveiningen mellom bruk av optimalt habitat for næringssøk og predasjonsfare.

#### ***Klassifisering av kvalitetselement fisk etter vannforskriften***

En klassifisering av ørretbestanden i Flensjøen etter tabell 6.8 i veileder 02:2013 – revidert 2015, plasserer ørretbestanden i økologisk tilstandsklasse «svært god» i 2016. Dette baserer seg på en beregnet oppvekstratio på 15,9 og en CPUE på 16,4. I følge E. Grådal er trolig ørretbestanden «som før» (les før forsuring var et problem), noe som etter tabell 6.5 også gir tilstandsklasse «svært god». For røye antyder prøvefiskefangsten i 2016 og fangstregistreringene til E. Grådal at bestanden har blitt noe mindre. Grådal mener imidlertid at fangstene av røye i 2015 og 2016 var noe lavere på grunn av vanskelige fiskeforhold og ikke optimal plassering av garn grunnet dette. De har også økt gjennomsnittlig maskeviddestørrelse de siste årene, noe som vil gi lavere fangster. Grådal mener at bestanden er tilnærmet «som før», noe som tilsvarer «svært god» tilstand etter tabell 6.5 i veileder 02:2013 – revidert 2015.

## 5 Konklusjoner

- Kalkingen av Flensjøen i perioden 2005-2013 førte til en markant bedring i vannkvaliteten, med økning i pH, ANC og konsentrasjonen av kalsium. I 2016, tre år etter at kalkingen ble avsluttet, ble det registrert en klar nedgang i verdiene for disse parameterne. Kalsiumkonsentrasjonen, pH og ANC var likevel fortsatt betraktelig bedre enn før kalkingen tok til.
- Faunaen av småkreps i planktonet og i litoralsonen i Flensjøen har vært dominert av forsuringstolerante arter både før og etter at kalkingen startet. Enkelte forsuringfølsomme arter har imidlertid vært til stede i prøvene stort sett gjennom hele overvåkingsperioden, og to nye forsuringfølsomme arter ble registrert for første gang henholdsvis i 2006 og 2016.
- I utløpselva økte det biologiske mangfoldet innen bunndyrsamfunnet fra 10 EPT-taksa i 2005, før kalking, til 13-16 taksa i perioden etter at kalkingen tok til (2006-2013) og 18 EPT-taksa i 2016. I 2005 var det tydelig dominans av forsuringstolerante arter av steinfluer, mens det i perioden 2006-2013 og i 2016 har vært dominans av forsuringfølsomme døgnfluer av slekten *Baetis*. Forsuringssindeks 2 indikerte moderat tilstand i 2005 og svært god tilstand i 2006-2013 og i 2016. Undersøkelsene tyder på at kalkingen har hatt en positiv effekt på bunndyrsamfunnet i utløpselva og at opphør av kalking etter 2013 så langt ikke har gitt negative effekter.
- Ørretbestanden i Flensjøen er knyttet til strandsonen og kan karakteriseres som tett. Bestandstettheten syntes å være langt større i 2016 enn i 2006 og 2007. Veksten er relativt lik som tidligere, og kondisjonsfaktoren er normalt god (men avtagende) for større fisk.
- Basert på prøvefisket i 2016 og fangstregistreringer fra grunneier, synes røyebestanden å ha avtatt noe de siste årene. Fangstregistreringene varierer imidlertid mye, og røyebestanden synes å være større enn ved år 2000. Dette er også inntrykket til grunneier. Røyebestanden utnytter både strandsonen og dypere områder langs bunn.
- De vannkjemiske forholdene utviklet seg positivt etter 2005, og det er sannsynlig at kalkingen har hatt en positiv effekt på fiskebestandene. Det er imidlertid vanskelig å skille på effekter som følge av bedret vannkvalitet og faktorer som temperatur og beskatningstrykk. Begge disse faktorene vil kunne påvirke fiskesamfunn og forekomsten av næringsdyr. Det er ingen synlige tegn på at opphør av kalking i 2013 har påvirket fiskebestanden.
- Vurderingene ut fra så vel de biologiske kvalitetselementene bunndyr og fisk som de fysisk-kjemiske støtteparameterne gir tilstandsklasse «svært god» for Flensjøen. En samlet vurdering tilsier dermed også at den økologiske tilstanden var svært god mht. forsuring i 2016.

## 6 Litteratur

- Amundsen, P.-A. 1995. Feeding strategy of Arctic char (*Salvelinus alpinus*): general opportunist but individual specialist. *Nordic Journal of Freshwater Research* 71: 150–165.
- Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 181 s.
- Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet 2015. Veileder 02:2013 – revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.
- Garmo, Ø.A. og Austnes, K. 2012. Vurdering av fortsatt kalkingsbehov i kalkede innsjøer i Hedmark. NIVA-rapport 6304-2012. 46 s.
- Garmo, Ø., Skancke, L.B. og Høgåsen, T. 2016. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Vannkjemiske effekter 2015. Miljødirektoratet. Rapport M-613/2016. NIVA-rapport 7078-2016. 82 s.
- Garmo, Ø., Johnsen, S.I., Eriksen, T.E., Løvik, J.E. og Olstad, K. under utarbeidelse. Vannkjemisk utvikling og biologisk tilstand etter kalkslutt i innsjøer i Hedmark. NIVA-rapport.
- Halvorsen, G., Schartau, A.K. og Hobæk, A. 2002. Planktoniske og litorale krepsdyr. I: Aagaard, K., Bækken, T. og Jonsson, B. (red.). *Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter*. NINA Temahefte 21. NIVA Inr. 4590-2002: 26-31.
- Hegge, O., Dervo, B. K., Skurdal, J. & Hessen, D. O. 1989. Habitat utilization by sympatric char (*Salvelinus alpinus* (L.)) and brown trout (*Salmo trutta* (L.)) in Lake Atnsjø, south-east Norway. *Freshwater Biology* 22:143-152.
- Hendrey, G.R. og Wright, R.F. 1976. Acid precipitation in Norway: Effects of aquatic fauna. *J. Great Lakes Res.* 2 (Suppl 1): 192-207. (Også i SNSF-prosjektet IR 33/77).
- Henriksen, A., Lien, L., Traaen, T. S., Sevaldrud, I. S., & Brakke, D. F. 1988. Lake acidification in Norway – present and predicted chemical status. *Ambio*, 17(4), 259-266.
- Hessen, D.O., Faafeng, B.A. and Andersen, T. 1995. Competition or niche segregation between *Holopedium* and *Daphnia*; empirical light on abiotic key parameters. *Hydrobiologia*, 307: 253-261.
- Johnsen, S.I., Kraabøl, M., Sandlund, O.T., Rognerud, S., Linløkken, A., Wærvågen, S.B. & Dokk, J.G. 2011. Fiskesamfunnet i Savalen, Alvdal og Tynset kommuner - Betydningen av reguleringsinngrep, beskatning og avbøtende tiltak - NINA Rapport 720. 47 s. + vedlegg.
- Kjellberg, G., Brettum, P. og Lindstrøm, E.-A. 2000. Undersøkelser av vannkvalitet, plankton, begroingsalger og bunndyr i Flensjøvassdraget i september 1998 og 1999. NIVA-rapport 4021-99. 52 s.
- Klemetsen, A. & Amundsen, P.-A. 2000. Fiskesamfunn i nord-norske innsjøer. S. 89-101 i: R. Borgstrøm & L.P. Hansen (red.) *Fisk i ferskvann*. Landbruksforlaget, Oslo.
- Klemetsen, A, Amundsen, P.-A., Grotnes, P.E., Knudsen, R., Kristoffersen, R. & Svenning, M-A. 2002. Takvatn through 20 years: long term effects of an experimental mass removal of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from a subarctic lake. *Environmental Biology of Fishes* 64:39-47.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* 2003: 12: 1–59.
- Langeland, A., L'Abbe-Lund, J.H., Jonsson, B. & Jonsson, N. 1991. Resource partitioning and niche shift in Arctic charr *Salvelinus alpinus* and brown trout *Salmo trutta*. *Journal of Animal Ecology* 60: 895–912.

- Lepori, F., Barbieri, A., & Ormerod, S. J. 2003. Causes of episodic acidification in Alpine streams. *Freshwater Biology*, 48(1), 175-189.
- Lydersen, E., Larssen, T. and Fjeld, E. 2004. The influence of total organic carbon (TOC) on the relationship between acid neutralizing capacity (ANC) and fish status in Norwegian Lakes. *Sci. Tot. Environ.*, 326: 63-69.
- Løvik, J.E., Lydersen, E. og Bækken, T. 2006. Flensjøen 2005. Undersøkelse av vannkjemi, dyreplankton og bunndyr før kalking. NIVA-rapport 5187-2006. 17 s.
- Løvik, J.E. og Bækken, T. 2008. Overvåking av vannkjemiske og biologiske forhold i Flensjøen etter kalking. Undersøkelser i 2006 og 2007. NIVA-notat datert 2.7.2008. 8 s.
- Løvik, J.E., Bækken, T. og Rustadbakken, A. 2010. Overvåking av vannkjemiske og biologiske forhold i Flensjøen etter kalking. Undersøkelser i 2008 og 2009. NIVA-notat datert 20.8.2010. 21 s.
- Løvik, J.E., Eriksen, T.E. og Bækken, T. 2011. Overvåking av vannkjemiske og biologiske forhold i Flensjøen etter kalking. Undersøkelser i 2010. NIVA-notat datert 27.5.2011. 10 s.
- Løvik, J.E. og Eriksen, T.E. 2012. Overvåking av vannkjemiske og biologiske forhold i Flensjøen etter kalking. Undersøkelser i 2011. NIVA-notat datert 2.7.2012. 11 s.
- Løvik, J.E., Johnsen, S.I., Eriksen, T.E., Museth, J. og Rustadbakken, A. 2013. Flensjøen i kommunene Os og Røros 2012. Status for vannkvalitet og biologiske forhold etter kalking siden 2005. NIVA-rapport 6543-2013. 31 s.
- Løvik, J.E., Johnsen, S.I., Eriksen, T.E., Lydersen, E. og Dokk, J.G. 2015. Flensjøen i kommunene Røros og Os 2013. Status for vannkvalitet og biologiske forhold etter kalking siden 2005. NIVA-rapport 6835-2015. 33 s.
- Nashoug, O. 2002. Søknad om økonomisk støtte til kalking av Flensjøen i Røros og Os kommune. Fremmet på vegne av : Røros Fjellstyre, Os Fjellstyre, Røros Jeger og Fiskeforening og Edvin Grådal. Brev til Fylkesmannen i Hedmark og Fylkesmannen i Sør-Trøndelag. Datert 28.10.2002. 8 s.
- Qvenild, T. 1995. Kalking i Hedmark. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. 71 s.
- Rustadbakken, A. 2008. Fiskedata Flensjøen 2006-2007. Vedlegg til NIVA-notat av Jarl Eivind Løvik og Torleif Bækken, 2.7.2008. Datert 11.11.2008. 12 s.
- Sand, K. og Brittain, J.E. 2009. Life cycle shifts in *Baetis rhodani* (Ephemeroptera) in the Norwegian mountains. *Aquatic Insects*, 31 283-291. Doi: 10.1080/01650420902732362.
- SFT 1983. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1982, rapport 108/83.
- SFT 1984. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1983, rapport 162/84.
- SFT 1985. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1984, rapport 201/85.
- Sigmond, E.M.O., Gustavson, M. og Roberts, D. 1984. Berggrunnskart over Norge. M. 1:1 million. Norges geologiske undersøkelse.
- Ugedal, O., Forseth, T. & Hesthagen, T. 2005. Garnfangst og størrelse på gytefisk som hjelpemiddel i karakterisering av aurebestander. NINA rapport 73. 52 s.

## 7 Vedlegg

**Tabell 5.** *Analyseresultater av vannkjemiske prøver fra Flensjøen i 2005 (middel av to datoer), i årene 2006-2013 og i 2016. Beregnede konsentrasjoner av ikke-marin sulfat og labilt aluminium samt syrenøytraliserende kapasitet (ANC og  $ANC_{COAA}$ ) er også gitt.*

		2005	21.06.2006	01.09.2006	30.08.2007	27.08.2008	11.09.2009	15.09.2010	22.09.2011	13.09.2012	12.09.2013	29.09.2016
pH		5,93	6,54	6,53	6,33	6,18	6,92	6,84	7,07	6,85	7,21	6,47
Konduktivitet	mS/m	0,71	0,97	0,94	0,81	0,86	1,34	1,60	1,59	1,67	1,70	<1
Alkalitet	µekv/l	12	40	39	22	21	85	113	117	113	120	55
Total-fosfor	µg/l	5,5	4	2	2	4	3	3	3	5	3	
Total-nitrogen	µg/l	110	110	118	119	114	120	122	147	175	137	160
Nitrat	µg/l	<1	7	1	7	6	13	13	9	5	<1	<2
Totalt organisk karbon	mg/l	2,8	2,8	2,7	2,8	2,7	3,0	3,0	3,5	3,0	3,1	3,4
Klorid	mg/l	0,54	0,55	0,52	0,45	0,46	0,41	0,40	0,41	0,42	0,42	0,43
Sulfat	mg/l	0,80	0,79	0,80	0,76	0,70	0,66	0,66	0,64	0,60	0,58	0,65
Ikkemarin sulfat	µekv/l	15	15	15	15	13	13	13	12	11	11	12
Reaktivt aluminium	µg/l	37,5	35	29	30	26	31	24	22	22	20	32
Ikkelabilt aluminium	µg/l	31	31	25	24	25	27	20	17	17	13	24
Labilt aluminium	µg/l	6,5	4	4	6	1	4	4	5	5	7	8
Kalsium	mg/l	0,38	1,01	0,90	0,72	0,60	1,95	2,55	2,72	3,15	2,69	1,43
Kalium	mg/l	0,18	0,19	0,17	0,17	0,17	0,15	0,17	0,18	0,19	0,2	0,18
Magnesium	mg/l	0,09	0,11	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,1	0,11	0,1	0,1
Natrium	mg/l	0,59	0,57	0,61	0,59	0,55	0,53	0,54	0,53	0,54	0,54	0,57
ANC	µekv/l	24	57	54	46	49	107	137	146	170	147	83
$ANC_{COAA}$	µekv/l	15	47	45	36	29	97	127	134	160	137	72

**Tabell 6.** Forekomst av dyreplankton i Flensjøen 2005-2016, gitt som antall individer i prøven og prosent. Hjuldyr er angitt ved relativ forekomst:  
 + = få individer, ++ = vanlig, +++ = rikelig/dominerende.

	2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2016	
	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%
<b>Hopekreps (Copepoda)</b>																				
Heterocope saliens			3	0,1			19	1,0	4	0,5	15	0,8								
Mixodiaptomus laciniatus	170	2,8	27	0,9	9	0,2	99	5,1	195	24,1	36	2,0	45	3,1	101	14,7	2	0,2	24	0,7
Cyclops scutifer	2	0,03	415	13,9	1231	30,5	205	10,6	65	8,0	86	4,7	150	10,2	108	15,7	442	48,0	443	12,4
Cyclopoide nauplier	3060	51,2	1640	54,8	1560	38,6	1215	62,8	205	25,3	1320	71,6	645	43,8	365	53,0	90	9,8	920	25,8
<b>Vannlopper (Cladocera)</b>																				
Holopedium gibberum	200	3,3	88	2,9	110	2,7	320	16,5	17	2,1	43	2,3	45	3,1	87	12,6	108	11,7	41	1,1
Daphnia cf. lacustris	11	0,2	2	0,1	1	0,02	6	0,3	4	0,5	1	0,1					2	0,2		
Daphnia galeata																			10	0,3
Bosmina longispina	2530	42,4	815	27,3	1130	28,0	70	3,6	320	39,5	342	18,6	585	39,8	28	4,1	277	30,1	2130	59,7
Bythotrephes longimanus	1	0,02																		
Chydoridae indet.					1	0,02	1	0,1					1	0,1						
Sum Crustacea	5974	100	2990	100	4042	100	1935	100	810	100	1843	100	1471	100	689	100	921	100	3568	100
<b>Hjuldyr (Rotifera)</b>																				
Kellicottia longispina	++		+++		++		++		+		++		+				++		+++	
Keratella cochlearis																		+++		+
Keratella hiemalis																				+
Conochilus spp.	+++				+++		++		++		++				+++		++		++	
Polyarthra spp.	++		++		+				+		+		+		++		+++		+	
Ploesoma hudsoni	+																			



**Tabell 7.** Kvalitativ forekomst av litorale småkreps i Flensjøen i 2005-2016, supplert med arter funnet bare i håvtrekk fra pelagialsonen. Angitt forsuringstoleranse i henhold til Halvorsen, Schartau og Hobæk (2002). T = forsuringstolerant (oransje/rosa), RT = relativt forsuringstolerant (blå) og F = forsuringfølsom (grønn). Mengdeforhold angitt ved: 1 = få, 2 = vanlig og 3 = rikelig/dominerende. + = arter påvist bare i håvtrekk fra pelagialsonen.

		9.8.05	1.9.06	30.8.07	27.8.08	11.9.09	15.9.10	22.9.11	13.9.12	12.9.13	29.9.16
<b>Hoppekreps (Copepoda):</b>											
Heterocope saliens	T	2	1		2	1	3				
Mixodiaptomus laciniatus	F	2	3	2	2	3	2	2	2	+	2
Eucyclops serrulatus	T		1				1		1		
Cyclops scutifer	RT	+	1	2	+	+	+	2	1	+	+
Cyclopoida ubest. cop.			2	1	2	2	3	2	2	3	3
Cyclopoida ubest. naup.		3	2	2	+	2	1	3	2	1	2
Harpacticoida ubestemt									1	2	2
<b>Vannlopper (Cladocera):</b>											
Sida crystallina	T		1							1	
Holopedium gibberum	T	2	1	2	+	1	1	2	2	1	+
Daphnia cf. lacustris	RT	1	1	+	1	1				+	
Daphnia galeata	F										+
Eurycercus lamellatus	T									1	
Bosmina longispina	T	3	3	3	1	3	2	3	2	2	3
Alonella nana	T		1		1		1			1	1
Alonella sp. (cf. exigua)	RT			1							
Acroperus harpae	T		2	1	1		3		2	3	3
Alonopsis elongata	T	1					2		2	3	2
Alona affinis	T			1	1						
Alona costata	F			1							
Alona sp.				1	1		1		1		
Chydorus cf. sphaericus	T		1				1		1		
Ophryoxus gracilis	F		1	1	2	1	2			2	1
Rhynchotalona falcata	T		1	1			1				2
Bythotrephes longimanus	RT	1									
<b>Muslingkreps (Ostracoda):</b>											
Ostracoda ubestemt										+	
<b>Antall taksa</b>		<b>8</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>11</b>

**Tabell 8.** Individantall av taksa (arter/slekter/familier) av døgnfluer, steinfluer, vårfluer og biller i bunndyrsamfunnet i utløpselva fra Flensjøen i perioden 2005 – 2013 og 2016. Sparkeprøver 3x1 min.

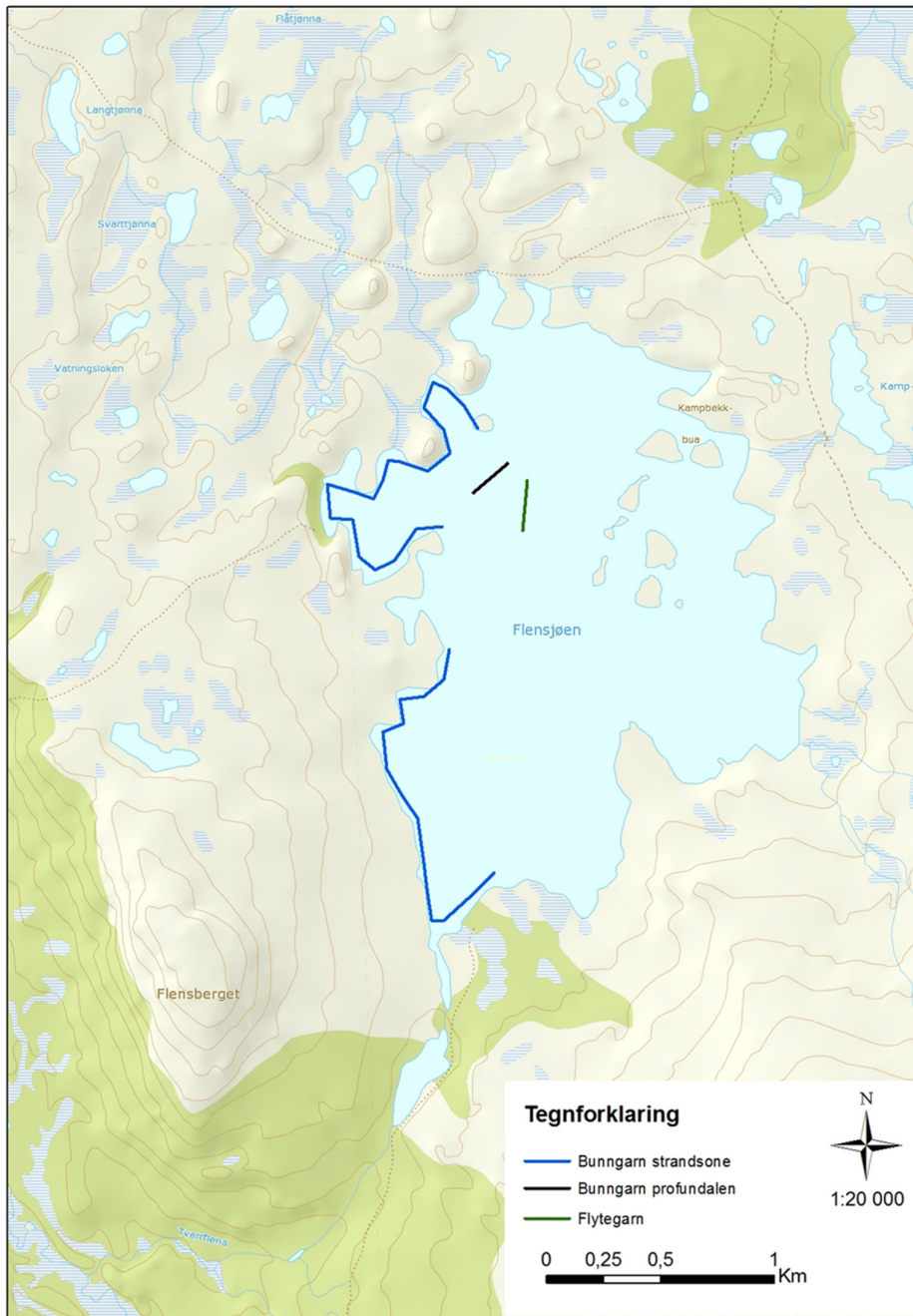
	Utløpselv 09.08.2005	Utløpselv 01.09.2006	Utløpselv 30.08.2007	Utløpselv 27.08.2008	Utløpselv 11.09.2009	Utløpselv 15.09.2010	Utløpselv 22.09.2011	Utløpselv 13.09.2012	Utløpselv 12.09.2013	Utløpselv 29.09.2016
<b>DØGNFLUER</b>										
Baetidae indet						8			24	28
<i>Baetis</i> sp		68	672	92	24	344	424	82	104	28
<i>Baetis subalpinus</i>	18									
<i>Baetis niger</i>		8								
<i>Baetis rhodani</i>		20	112	28	72	848	68	200	376	40
<i>Leptophlebia</i> sp		20	16	10						
<b>STEINFLUER</b>										
<i>Diura nanseni</i>	12	4	8	6	10	5	1	4	1	2
<i>Isoperla</i> sp	4	12	32	36	36	44	52	16	24	28
<i>Isoperla grammatica</i>										2
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>	8	16	80	20	64	28	28	80	9	12
<i>Amphinemura</i> sp	228	32	72	44	12	48	16	24	1	2
<i>Amphinemura standfussi</i>								1		
Nemouridae								2		8
<i>Nemoura</i> sp	4									2
<i>Protonemura meyeri</i>		8	80	126	40	52	104	64	6	2
<i>Leuctra fusca</i>	4									
<i>Leuctra hippopus</i>		4								
<i>Leuctra</i> sp							12	3		
<b>VÅRFLUER</b>										
<i>Brachycentrus subnubilus</i>								2	1	
<i>Rhyacophila nubila</i>			8					8	10	8
<i>Rhyacophila</i> sp						3	2			
Hydroptilidae								2		
<i>Agraylea</i> sp					2					
<i>Hydroptila</i> sp					4	3			3	12
<i>Oxyethira</i> sp		144	272	16	2		1			2
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	8			8	44	80	244	10	6	36
<i>Plectrocnemia conspersa</i>			8							
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	80	12	16	4	4					12
<i>Ceraclea nigrovervosa</i>				4						
<i>Oecetis</i> sp						2		2		
Polycetropodidae indet	96	48	128	56	44	72	20	56		12
Limnephilidae indet						1	1		1	2
<b>BILLER</b>										
<i>Elmis aena</i>	12	20	56	60	64	200	70	261	136	24

**Tabell 9.** Verdier for forsursindeks 1 (Raddum 1) og forsursindeks 2 (Raddum 2) - reelle verdier, EQR og nEQR, og EPT taksa, basert på prøver av bunndyrsamfunnet i utløpselva fra Flensjøen i perioden 2005-2013 og 2016. Sparkeprøver 3x1 min.

	Utløpselv 09.08.2005	Utløpselv 01.09.2006	Utløpselv 30.08.2007	Utløpselv 27.08.2008	Utløpselv 11.09.2009	Utløpselv 15.09.2010	Utløpselv 22.09.2011	Utløpselv 13.09.2012	Utløpselv 12.09.2013	Utløpselv 29.09.2016
Raddum 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Raddum 2 (reell)	0.57	2.21	3.88	1.13	1.33	9.81	3.60	2.12	30.5	3.69
Raddum 2 EQR	0.38	1.48	2.59	0.75	0.89	6.54	2.40	1.41	20.3	2.46
Raddum 2 nEQR	0.46	1.00	1.00	0.85	0.93	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Døgnfluer	1	4	3	3	2	3	2	2	3	3
Steinfluer	6	6	5	5	5	5	6	8	5	8
Vårfluer	3	3	5	5	6	6	5	6	5	7
EPT taksa	10	13	13	13	13	14	13	16	13	18

**Tabell 10.** Antall individer i utvalgte hovedgrupper i bunndyrsamfunnet i utløpselva fra Flensjøen i perioden 2005-2013 og 2016. Sparkeprøver 3x1 min.

	Utløpselv 09.08.2005	Utløpselv 01.09.2006	Utløpselv 30.08.2007	Utløpselv 27.08.2008	Utløpselv 11.09.2009	Utløpselv 15.09.2010	Utløpselv 22.09.2011	Utløpselv 13.09.2012	Utløpselv 12.09.2013	Utløpselv 29.09.2016
Fåbørstemark		8		2	2	2	1	24	1	80
Vannmidd	112	48	48	64	40	352	28	16	7	12
Døgnfluer	18	116	800	130	96	1200	492	282	480	96
Steinfluer	260	76	272	232	162	177	213	194	41	58
Billelarver	12	20	56	60	64	200	70	261	142	24
Vårfluer	184	192	432	88	100	161	48	80	17	84
Knott	80		16	12			4			
Fjærmygg	4128	320	1408	304	400	1264	1376	576	244	1088
Stankelbein	16	8	8	2	4	8	1			



**Figur 17.** Kart over Flensjøen med plassering av garnstasjoner i 2012-2016. Med tillatelse fra Norge Digitalt.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)