



RAPPORT LNR 5187-2006

## **Flensjøen 2005**

Undersøkelse av vannkjemi,  
dyreplankton og bunndyr før  
kalking



*Flensjøen den 9. august 2005*

**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5005 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86  
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Flensjøen 2005. Undersøkelse av vannkjemi, dyreplankton og bunndyr før kalking.	Løpenr. (for bestilling) 5187-2006	Dato April 2006
	Prosjektnr. Undernr. O-25265	Sider Pris 17
Forfatter(e) Jarl Eivind Løvik Espen Lydersen Torleif Bækken	Fagområde Forsuring og kalking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sør-Tr.lag/Hedmark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Hedmark, Miljøvernavdelingen	Oppdragsreferanse T. Qvenild
-----------------------------------------------------------------	---------------------------------

**Sammendrag**

Flensjøen er en meget ionefattig innsjø med lav syrenøytraliseringskapasitet (ANC). Innsjøen er moderat forsuret av både organiske syrer fra nedbørfeltet (TOC: 2,7-2,9 mg C L<sup>-1</sup>) og fra sur nedbør. Ikke-marin sulfat [SO<sub>4</sub>\*] på 15 µekv L<sup>-1</sup> viser at påvirkningen av sur nedbør i dag er liten. Innsjøens pH ligger mellom 5,9 og 6,0, et pH-nivå som ikke bidrar til noen betydelig frigjøring av giftige aluminiumsformer (LAI) fra jord til vann. Konsentrasjoner av LAI på 6-7 µg Al L<sup>-1</sup> bekrefter også dette. Nedgangen i ikke-marin sulfat fra 1992 til 2005 har medført en ANC-økning på 12-13 µekv L<sup>-1</sup>, og ANC er i dag på 22-25 µekv L<sup>-1</sup>. Basert på empiriske data på vannkjemi og fiskestatus fra norske innsjøer, skulle en derfor ikke forvente noen negative effekter på ørret- og røyeopulasjonene i Flensjøen med dagens vannkjemi. Fordi ANC-nivået i innsjøen fortsatt er relativt lavt, kan en likevel ikke utelukke sporadisk fiskedød under vår- og høstflommer, og da spesielt i enkelte tilløpsbekker hvor vi ikke har gjennomført vannkemiske undersøkelser. Hvis dette skulle være tilfelle, er det likevel lite som tyder på at dette kan ha medført nevneverdige negative effekter på populasjonen av ørret i innsjøen. Dyreplanktonet i innsjøen var dominert av forsuringstolerante arter, men også med et betydelig innslag av forsuringfølsomme arter. Bunndyrsamfunnet i utløpselva så ut til å være periodevis noe utsatt for forsuringproblemer. Sammenlikning av vannkemiske data fra 1992 og 2005 viser at forsuringssituasjonen i Flensjøen har bedret seg betydelig fra 1992 til 2005. Dette sammenfaller godt med de forbedringer i forsuringssituasjonen som er dokumentert fra store deler av Sør-Norge gjennom samme tidsperiode. Kalkingen av innsjøen bør følges opp med overvåking av vannkemiske og biologiske forhold.

Fire norske emneord 1. Flensjøen 2. Kjemiske forhold 3. Biologiske forhold 4. Forsuring	Fire engelske emneord 1. Lake Flensjøen 2. Freshwater chemistry 3. Freshwater biota 4. Acidification
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Jarl Eivind Løvik  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjellvåle  
Forskningsleder



Øyvind Sørensen  
Ansvarlig

## **Flensjøen 2005**

Undersøkelse av vannkjemi, dyreplankton og bunndyr  
før kalking

## Forord

Denne rapporten omhandler vannkvalitet og biologiske forhold i Flensjøen, vest for Femunden på grensa mellom Sør-Trøndelag og Hedmark, i 2005. Innsjøen ble kalket for første gang kort tid etter at prøvene ble innsamlet. Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra Fylkesmannen i Hedmark, Miljøvernavdelingen, og Tore Qvenild har vært kontaktperson for oppdragsgiver.

En vannprøve for kjemisk analyse ble innsamlet av Ole Nashoug i forbindelse med prøvefiske i juli 2005. Feltarbeidet forøvrig ble utført av Sigurd Rognerud og Jarl Eivind Løvik ved NIVAs Østlandsavdeling. Løvik har også analysert dyreplankton og vært prosjektleder i NIVA. Alle kjemiske analyser er gjennomført etter akkrediterte metoder ved NIVAs laboratorium i Oslo. Espen Lydersen (NIVA Oslo) har beregnet syrenøytraliseringskapasitet og vurdert vannkjemiske forhold. Bunndyrmaterialet er analysert og vurdert av Torleif Bækken (NIVA Oslo). Anders Hobæk (NIVA Vestlandsavdelingen) har bistått med artsbestemmelse av daphnier. Samtlige takkes for samarbeidet!

Ottestad, 1. april 2006

*Jarl Eivind Løvik*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Resultater og diskusjon</b>	<b>9</b>
2.1 Vannkjemi	9
2.2 Dyreplankton samt litorale småkreps og hjuldyr	10
2.3 Bunndyrsamfunn	12
<b>3. Litteratur</b>	<b>15</b>
<b>4. Vedlegg</b>	<b>16</b>

---

## Sammendrag

Målsettingen med denne undersøkelsen har vært å dokumentere vannkjemisk og biologisk status i Flensjøen i 2005, i forkant av kalkingen av innsjøen som ble gjennomført høsten 2005. Innsjøen ligger i et område av landet (ca. 6 km vest for nordenden av Femunden) som er relativt lite utsatt for tilførsler av forsurende komponenter med nedbøren. Berggrunnen i nedbørfeltet er imidlertid dominert av forvittringsresistente, kvartsrike og kalkfattige bergarter (granitt og sandstein). Dette fører til at innsjøens vannmasser fra naturens side har lav bufferevne, dvs. høy følsomhet overfor pH-endringer ved tilførsel av syrer.

Med bakgrunn i vannprøver fra sommeren 2005 kan Flensjøen karakteriseres som en meget ionefattig innsjø med lav syrenøytraliseringskapasitet (ANC). Innsjøen er moderat forsuret av både organiske syrer fra nedbørfeltet (TOC: 2,7-2,9 mg C L<sup>-1</sup>) og fra sur nedbør. Ikke-marin sulfat [SO<sub>4</sub>\*] på 15 µekv L<sup>-1</sup> viser at påvirkningen av sur nedbør i dag er liten. De målingene som er gjort, viser at innsjøens pH ligger mellom 5,9 og 6,0. Dette er et pH-nivå som ikke bidrar til noen betydelig frigjøring av giftige aluminiumsformer (LAl) fra jord til vann. Konsentrasjoner av LAl på 6-7 µg Al L<sup>-1</sup> bekrefter også dette.

Nedgangen i SO<sub>4</sub>\* fra 1992 to 2005 fra 28 til 15 µekv L<sup>-1</sup> har medført en økning i ANC med 12-13 µekv L<sup>-1</sup>, og ANC er i dag på 22-25 µekv L<sup>-1</sup>. Basert på empiriske data på vannkjemisk og fiskestatus fra norske innsjøer (Lydersen mfl. 2004), skulle en derfor ikke forvente noen negative effekter på populasjonene av ørret (*Salmo trutta*) og røye (*Salvelinus alpinus*) i Flensjøen med dagens vannkjemisk. Fordi ANC-nivået i innsjøen fortsatt er relativt lavt, kan en likevel ikke utelukke sporadisk fiskedød under vår- og høstflommer, og da spesielt i enkelte tilløpsbekker hvor vi ikke har gjennomført vannkjemiske undersøkelser. Hvis dette skulle være tilfelle, er det likevel lite som tyder på at dette kan ha medført nevneverdige negative effekter på fiskepopulasjonene i innsjøen i den senere tid.

Dyreplanktonet i Flensjøen hadde en artssammensetning som er karakteristisk for næringsfattige, kalkfattige innsjøer med et lavt til moderat predasjonspress fra planktonspisende fisk. Det var dominert av forsuringstolerante arter, men andelen forsuringfølsomme arter som *Daphnia longispina* og *Mixodiatomus laciniatus* var også betydelig. Sammensetningen indikerer at innsjøen til tider kan ha relativt lav pH (<5,5), men at den ikke er markert forsuret. Det ble registrert en liten økning i artsantallet og i mengden forsuringfølsomme arter sammenlignet med i 1998-1999, noe som kan tyde på en forbedring i forsuringssituasjonen.

Bunndyrsamfunnet i utløpselva var dominert av fjærmygglarver med forholdsvis høy individtetthet. Av andre viktige bunndyrgrupper var steinfluer og vårfluer vanlige. Døgnfluefaunaen bestod utelukkende av den forholdsvis forsuringfølsomme arten *Baetis subalpinus*. Basert på Raddums forsuringindeks I kan utløpselva karakteriseres som "lite eller ikke forsuret". Den lave tettheten av *B. subalpinus* samt fravær av andre *Baetis*-arter og andre forsuringfølsomme arter, indikerer imidlertid at det periodevis er forsuringproblemer i elva. Også Raddums indeks II antyder at det til tider kan være forsuringproblemer i elva. Ut fra bunndyrsamfunnet i utløpselva ser det ut til å ha vært omtrent samme forhold eller muligens en liten forbedring mht. forsuringssituasjonen i 2005 sammenlignet med på slutten av 1990-tallet.

Vi vil anbefale at effekten av kalkingen følges opp med videre overvåking av vannkjemisk og biologiske forhold.

## Summary

Title: Lake Flensjøen 2005. Investigation of water chemistry, zooplankton and benthic invertebrates before liming

Year: 2006

Author: Jarl Eivind Løvik, Espen Lydersen and Torleif Bækken

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4905-2

Lake Flensjøen is an oligotrophic lake with very low ionic strength and acid neutralizing capacity (ANC). The lake is moderately acidified by natural organic acids (TOC 2.7-2.9 mg C L<sup>-1</sup>) and anthropogenic acids, i.e. non-marine sulphate (SO<sub>4</sub><sup>\*</sup>) of 15 µeq L<sup>-1</sup>. Thus, during summer 2005 the lake pH was not lower than 5.9-6.0 and the concentrations of potential toxic Al-forms (LAl) was very low (6-7 µg Al L<sup>-1</sup>).

Comparison of water chemical data from 1992 with data from 2005 shows a significant effect of decline in acid rain, where the concentration of SO<sub>4</sub><sup>\*</sup> has decreased by 45 % from 1992 to 2005. This agrees well with the decrease in SO<sub>4</sub><sup>\*</sup> reported from other parts of Norway during the same period.

The decrease in SO<sub>4</sub><sup>\*</sup> from 1992 to 2005 have resulted in an increase in ANC by 12-13 µekv L<sup>-1</sup>, and ANC is today 22-25 µeq L<sup>-1</sup>. Based on empirical data on water chemistry and fish status from Norwegian lakes, this ANC-level should not cause any negative effects on the brown trout (*Salmo trutta*) and arctic char (*Salvelinus alpinus*) populations in Lake Flensjøen. However, the low ANC implies that during spring and autumn floods, pH might drop to lower levels with subsequently higher concentration of LAl, but it is unlikely that that these episodes might cause fish kills with effects on population level. Since we do not have water chemical data from the inlet streams, we can not omit more severe water chemistry in some of these local streams with negative effects on brown trout production within more restricted areas.

The zooplankton community was dominated by acid tolerant species like *Holopedium gibberum* and *Bosmina longispina*, but acid sensitive species like *Daphnia longispina*, *Mixodiaptomus laciniatus* and cyclopoid nauplii were also common. The benthos invertebrate community of the outlet river seemed not to be strongly affected by acidification, but periodically it is probably exposed to relatively acidic conditions. The acid sensitive species *Baetis subalpinus* was a newcomer since 1998.

The results from the investigation of water chemistry and biota in Lake Flensjøen in 2005 documents that the acidification conditions are significantly improved since the 1990s. This coincides very well with the improvements also observed in many other parts of Norway during the last decades.

We recommend that the liming of the lake is followed up by monitoring of water chemistry and biota.

# 1. Innledning

## ***Bakgrunn og målsetning***

Hensikten med undersøkelsen har vært å dokumentere vannkjemisk og biologisk status i Flensjøen i 2005, i forkant av kalking som ble utført første gang høsten 2005. Fisk er ikke undersøkt spesielt innenfor dette prosjektet. Det er ønskelig at undersøkelsen i 2005 følges opp av undersøkelser i 2006 og senere for å kunne vurdere kjemiske og biologiske effekter av kalkingen.

Flensjøen (3,5 km<sup>2</sup>) ligger 780 moh., ca. 6 km vest for nordenden av Femunden, delvis i Rørø kommune i Sør-Trøndelag og delvis i Os kommune i Hedmark. Innsjøen har utløp til Flensjøhåen og videre til Tverrflena og Flena, som er sideelv til Tufsinga med utløp til Femunden og Trysilvassdraget. En del hydrologiske og morfologiske data over innsjøen og vassdraget er gitt i Figur 1.

Flensjøvassdraget ligger i et fjellområde med forvittringsresistente, kvartsrrike og kalkfattige bergarter (granitt og sandstein). Dette fører til at vassdraget har lav bufferevne, dvs. høy følsomhet overfor pH-endringer ved tilførsel av syrer. Undersøkelser i 1969 og 1978-79 viste at Flensjøen hadde pH-verdier i området 5,4-5,8, mens enkelte av tjernene i vassdraget hadde pH ned mot 5,2 (Drabløs og Sevaldrud 1980). Vannkjemiske og biologiske forhold i Flensjøen og Flensjøvassdraget ble sist undersøkt i 1998 og 1999 (Kjellberg mfl. 2000). Rapporten konkluderte med at vassdraget var forsuret og at biologisk mangfold og produksjonsevne var noe redusert i forhold til forventet naturtilstand. Mest forsuret var tilløpsbekkene til Flensjøen; minst forsuret var Grådalsbekken (sidebekk til Tverrflena). Flensjøen ble karakterisert som en sur (pH ca. 5,7), ionefattig og næringsfattig klarvannssjø med lav bufferevne. Tidvis er den noe mer humuspåvirket. Kjellberg mfl. (2000) har også sammenstilt data og observasjoner fra tidligere undersøkelser i vassdraget. Kalkingsplan for Flensjøen ble utarbeidet i 2002 (Nashoug 2002).

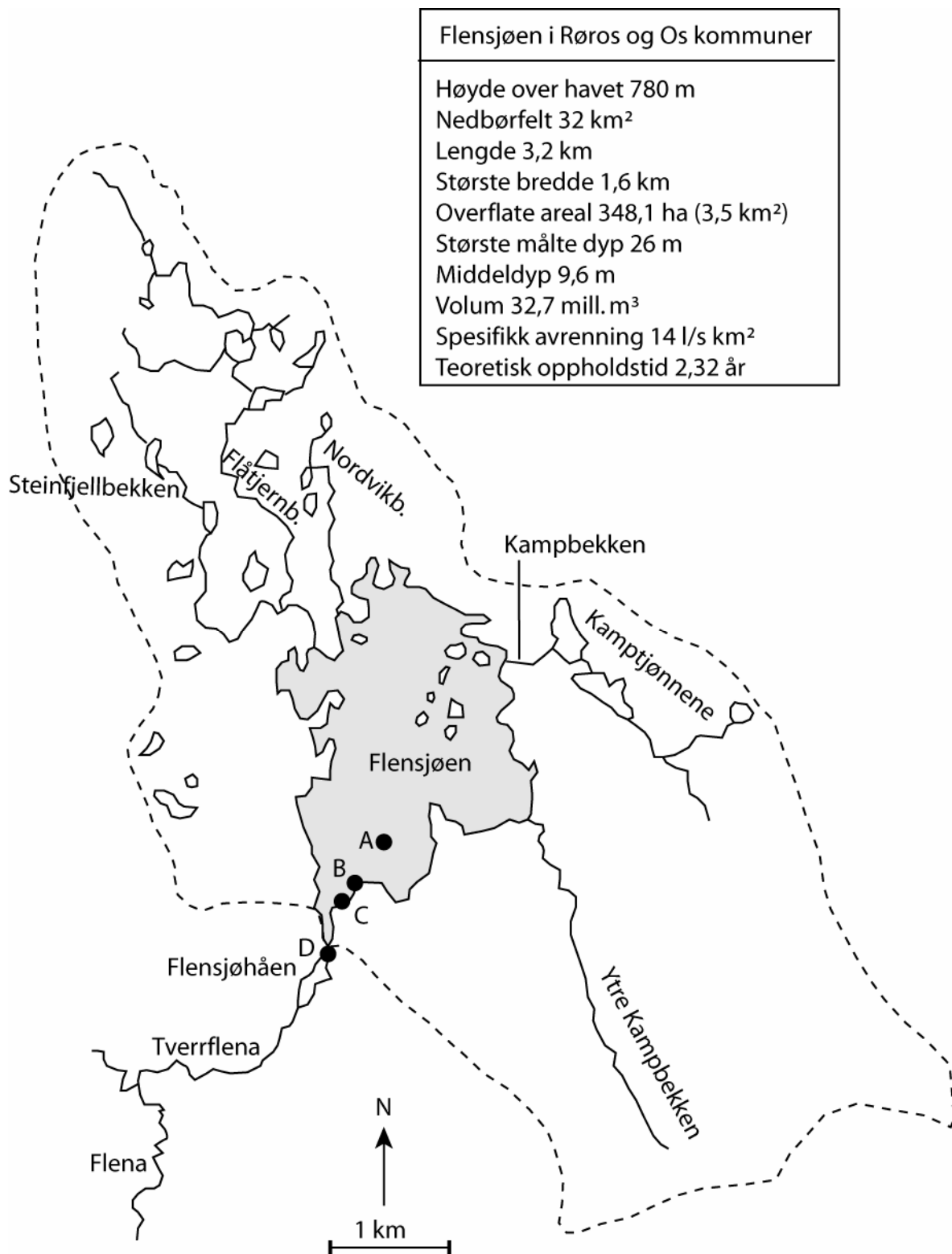
## ***Materiale og metoder***

Denne undersøkelsen har omfattet vannkjemisk fra innsjøens hovedvannmasser, krepsdyrplankton, litorale småkreps, bunndyr i litoralsonen samt bunndyr i utløpselva. Prøvelokalitetene er avmerket på kart (Figur 1). Vannprøver fra Flensjøens hovedvannmasser ble innsamlet fra overflatesjiktet i juli og august 2005, mens prøver av krepsdyrplankton, litorale småkreps og bunndyr fra strandsonen og utløpselva ble samlet inn i august 2005. Prøvene ble analysert med hensyn til pH, konduktivitet, alkalitet, Ca, Na, K, Mg, SO<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>, Tot-N, Tot-P, TOC, reaktivt og ikke-labilt Al. Oversikt over metoder er gitt i vedlegget. Syrenøytraliserende kapasitet (ANC og ANC<sub>OAA</sub>) samt konsentrasjon av ikke-marin sulfat og labilt aluminium er beregnet.

Prøven av krepsdyrplankton ble tatt som vertikalt håvtrekk fra sjiktet 0-15 m (planktonhåv med diameter 30 cm og maskevidde 60 µm). Antall dyr i hele prøven eller en representativ del av prøven (arter med mange individer) ble talt opp og identifisert. Biomasser (tørrvekt) ble beregnet på grunnlag individantallene, lengdemålinger og standard lengde/vekt-relasjoner. Planktonhåv ble også brukt ved innsamling av litorale småkreps i strandsonen (horisontaltrekk). Denne prøven ble analysert kvalitativt, dvs. artsbestemmelser og en grov vurdering av relativ forekomst.

Bunndyrprøvene ble tatt som sparke/roteprøver 3 ganger 1 min. med standard bunndyrhåv. Prøvelokaliteten er et strykparti, og bunnen var dominert av stor og mellomstor stein samt blokk (Figur 2). Det var markert vekst av moser på lokaliteten. Bunndyrene ble telt og artsbestemt etter standard prosedyre ved hjelp av binokulær lupe og mikroskop.





**Figur 1.** Oversikt over Flensjøvassdraget og Flensjøen med prøvestasjoner i 2005. Data fra Kjellberg mfl. (2000) og Nashoug (2002). Følgende prøvestasjoner ble benyttet: A – vannkjemi og dyreplankton, B – litorale småkreps, C – bunndyr i strandkanten, D – bunndyr i utløpselva.

## 2. Resultater og diskusjon

### 2.1 Vannkjemi

Analyseresultater av vannprøver innsamlet i 2005 er gitt i Tabell 1.

Basert på 2 prøver tatt juli og august 2005, kan Flensjøen karakteriseres som en meget ionefattig innsjø (Konduktivitet  $\approx 0,70 \text{ mS m}^{-1}$ ) med lav syrenøytraliseringskapasitet (ANC: 22-25  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Innsjøen er moderat påvirket av organiske syrer fra nedbørfeltet (TOC: 2,7-2,9  $\text{mg C L}^{-1}$ ) og moderat påvirket av sur nedbør (Ikke-marin sulfat =  $\text{SO}_4^* = 15 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). I sum betyr dette at innsjøen er noe sur (pH 5,87 – 5,99), men innsjøens pH er ikke så lav at mengden av giftige aluminiumsformer (LAl) er høy. Den relativt lave syrenøytraliseringskapasiteten i vannet kan allikevel medføre at pH i løpet av høst og vårflokker vil kunne bli noe lavere (pH  $< 5,4$ ), og mengden av giftige Al-former noe høyere enn det som er målt i disse to prøvene (LAl: 6-7  $\mu\text{g Al L}^{-1}$ ). Sannsynligheten for at slike episoder vil medføre fiskedød som vil påvirke fiskebestandene i innsjøen er derimot liten. Fordi det ikke er utført vannkjemiske målinger på tilførselsbekkene nå, kan en derimot ikke utelukke at enkeltbekker kan være surere og mer Al-rike enn det innsjøens vannkjemi tilsier. I så fall kan en ikke utelukke at det lokalt kan finnes enkeltbekker med vannkjemiske forhold som ikke er gode nok for produksjon av ørret (*Salmo trutta*).

**Tabell 1.** Analyseresultater av vannkjemiske prøver fra Flensjøen sommeren 2005. Beregnet konsentrasjon av ikke-marin sulfat, ikke-labilt og labilt aluminium samt syrenøytraliserende kapasitet (ANC og  $\text{ANC}_{\text{OAA}}$ ) er også gitt.

		21.7.2005	9.8.2005	Middel
pH		5,87	5,99	5,93
Konduktivitet	$\text{mS m}^{-1}$	0,70	0,71	0,71
Alkalitet	$\mu\text{ekv L}^{-1}$	11	13	12
Total-fosfor	$\mu\text{g L}^{-1}$	5	6	5,5
Total-nitrogen	$\mu\text{g L}^{-1}$	114	105	110
Nitrat	$\mu\text{g L}^{-1}$	<1	<1	<1
Totalt organisk karbon	$\text{mg L}^{-1}$	2,9	2,7	2,8
Klorid	$\text{mg L}^{-1}$	0,55	0,53	0,54
Sulfat	$\text{mg L}^{-1}$	0,80	0,80	0,80
Ikke-marin sulfat	$\mu\text{ekv L}^{-1}$	15	15	15
Reaktivt aluminium	$\mu\text{g L}^{-1}$	36	39	37,5
Ikkelabilt aluminium	$\mu\text{g L}^{-1}$	30	32	31
Labilt aluminium	$\mu\text{g L}^{-1}$	6	7	6,5
Kalsium	$\text{mg L}^{-1}$	0,40	0,35	0,38
Kalium	$\text{mg L}^{-1}$	0,18	0,17	0,18
Magnesium	$\text{mg L}^{-1}$	0,09	0,08	0,09
Natrium	$\text{mg L}^{-1}$	0,59	0,58	0,59
ANC	$\mu\text{ekv L}^{-1}$	25	22	24
$\text{ANC}_{\text{OAA}}$	$\mu\text{ekv L}^{-1}$	16	13	15

Basert på et stort regionalt materiale over norske innsjøer konkluderte Lydersen mfl. (1994) med 95 % sannsynlighet for ingen skade på ørretpopulasjoner ved ANC på 19  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  i en innsjø prøvetatt

under fullsirkulasjon på høsten. Tilsvarende ANC-verdier for røye (*Salvelinus alpinus*) og abbor (*Perca fluviatilis*) var henholdsvis 23 og 14  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Hvis det også korrigeres for sterke organiske syrer ( $\text{ANC}_{\text{OAA}}$ ), har Flensjøen en  $\text{ANC}_{\text{OAA}}$  på 13-16  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Lydersen mfl. (2004) konkluderte med 95 % sannsynlighet for ingen skade på ørrepopulasjoner ved  $\text{ANC}_{\text{OAA}} = 8 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , for røyepopulasjoner ved  $\text{ANC}_{\text{OAA}} = 11 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , og for abborpopulasjoner ved  $\text{ANC}_{\text{OAA}} = -2 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Dette betyr at det er mer enn 95 % sannsynlighet for at vannkjemien i 2005 ikke ville påvirke eventuelle populasjoner av disse fiskeslag negativt. For Flensjøens del dreier det seg om røye og ørret (Kjellberg et al. 2000).

I 1998 og 1999 ble surhetsgraden målt til pH 5,7-5,8, dvs. litt lavere enn i 2005. Ionesammensetning ble ikke analysert, og alkaliteten er angitt som  $<20 \mu\text{ekv L}^{-1}$  i 1998-1999. Det er derfor ikke mulig å vurdere om syrenøytraliseringskapasiteten eller bufferevnen er forbedret i denne perioden. Ionesammensetning og TOC ble imidlertid analysert i 1992 i forbindelse med prøvofiske (data gjengitt av Kjellberg mfl. 2000). På grunnlag av disse analyseresultatene kan ANC og  $\text{ANC}_{\text{OAA}}$  beregnes til henholdsvis 11  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  og 2  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ , mens verdien for ikke-marin sulfat blir 28  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Dette indikerer at konsentrasjonen av ikke-marin sulfat er redusert med ca. 45 % og at syrenøytraliseringskapasiteten er økt betraktelig (ca. 13  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ). I 1992 ble surhetsgraden og TOC målt til henholdsvis pH 5,7 og 2,65 mg C  $\text{L}^{-1}$ .

Totalt sett vil dette si at forsurenings situasjonen ser ut til å ha bedret seg sammenlignet med på 1990-tallet. Flensjøen ligger i et område av landet som ikke er spesielt utsatt for forsurende komponenter i nedbøren. Utviklingen i innsjøens vannkemi ser likevel ut til å være i samsvar med den forbedringen i forsurenings situasjonen som er observert i alle regioner av landet i de siste 10-20 årene (SFT 2005).

Ut fra konsentrasjonene av totalfosfor (5-6  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) og totalnitrogen (105-114  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) i 2005 kan Flensjøen betegnes som en næringsfattig (oligotrof) innsjø. I september 1998 var konsentrasjonene av total-fosfor (4  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) litt lavere og konsentrasjonene av total-nitrogen (136  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) og nitrat (8  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) litt høyere enn i 2005 (Kjellberg mfl. 2000). Datagrunnlaget er imidlertid for lite til å kunne si om det har skjedd noen reell endring med hensyn til konsentrasjoner av næringsstoffer.

## 2.2 Dyreplankton samt litorale småkreps og hjuldyr

Analyseresultatene av dyreplankton, litorale småkreps og hjuldyr er gitt i Tabell 2-3.

Det ble registrert 3-4 arter/taksa av hoppekreps, 4 arter av vannlopper og 4 arter/slekter av hjuldyr i håvtrekkprøven fra innsjøens hovedvannmasser, dvs. totalt 11-12 taksa. I håvtrekket fra strandsonen ble det i tillegg funnet en calanoid hoppekreps (*Heterocope saliens*) og en litoral småkrepsart (*Acroperus elongatus*). Når en skal vurdere om artsantallet er som forventet eller ikke i forhold til en antatt påvirkning (her: forsurening), må en også ta i betraktning naturgitte, regionale forskjeller i artsantall. Antall arter avtar med høyde over havet (spesielt vannlopper), men øker med innsjøens areal og øker fra de mest næringsfattige innsjøene (ultraoligotrofe) til de middels næringsrike (mesotrofe) innsjøene (Schartau mfl. 1997). Videre ser artsrikdommen av planktoniske og litorale krepsdyr ut til å øke med økende fiskepredasjon. Undersøkelser har vist følgende generelle trekk ved dyreplanktonet i forbindelse med forsurening (Hobæk og Raddum 1980, Schartau mfl. 1997):

- Redusert artsmangfold i sure innsjøer (pH < ca. 5,5).
- Daphniene er de mest følsomme, fulgt av andre vannlopper og cyclopoide hoppekreps. Arter av calanoid hoppekreps og hjuldyr er antatt å være mest tolerante mht. forsurening, men også arter innen andre grupper (f.eks. *Holopedium gibberum*, *Bosmina longispina* og *Diacyclops* spp.) antas å være tolerante.
- Humus vil kunne modifisere effekten av forsurening

Ut fra en samlet vurdering kan artsantallet innen dyreplanktonet i Flensjøen karakteriseres som middels eller litt under middels for regionen, men ikke så lavt at det indikerer noen markert forsurening. Ved undersøkelsene i 1992, 1998 og 1999 ble det funnet 3 arter av hoppekreps og 3 arter av vannlopper i dyreplanktonet, dvs. litt færre arter enn i 2005. Antall arter av vannlopper i litoraltrekket var relativt lavt, men dette kan ha sammenheng med at det var lite vannvegetasjon der prøven ble innsamlet.

Krepsdyrplanktonet var dominert av de forsureningstolerante vannloppeartene *Bosmina longispina* og *Holopedium gibberum*. Calanoiden *Mixodiaptomus laciniatus* var også til stede i relativt stort antall. Denne angis som forsureningsfølsom av Schartau mfl. (1997) og som litt forsureningsfølsom av Kjellberg mfl. (2000). Videre var det et stort antall cyclopoide nauplier, trolig hovedsakelig tilhørende *Cyclops scutifer*, en art som også antas å være relativt forsureningsfølsom (Hobæk og Raddum 1980, Sandøy og Nilssen 1987, Kjellberg mfl. 2000). Antallet voksne individer av denne arten var imidlertid meget lavt.

*Daphnia longispina* ble funnet i forholdsvis lite antall. Blant de vanlige daphniene i Norge er dette trolig den mest forsureningstolerante arten og kan finnes ved pH ned mot 4,7 (Hobæk og Raddum 1980). Det pågår for tiden en gjennomgang og revisjon av systematikken/terminologien innen det som i de senere år har blitt betegnet *Daphnia longispina*. I henhold til disse studiene bør sannsynligvis dyrene fra Flensjøen føres til arten *Daphnia lacustris* (A. Hobæk pers. oppl.). Calanoiden *Heterocope saliens*, som var vanlig i litoraltrekket, men ikke ble funnet i de frie vannmasser, er en forsureningstolerant art (Schartau mfl. 1997) i likhet med den litorale arten *Acroperus elongatus* (Sandøy og Nilssen 1986). Blant hjuldyrene var både forsureningstolerante (*Kellicottia longispina* og *Polyarthra* sp.) og forsureningsfølsomme taksa (*Conochilus* spp.) vanlige i Flensjøen i 2005.

**Tabell 2.** Dyreplankton og litorale småkreps i Flensjøen 9.8.2005 (TV = tørrvekt). Mengdene er ikke korrigert for mulig klogging. + = få individer, ++ = vanlig, +++ = rikelig/dominerende

	Pelagial (0-15 m)		Litoral
	Ant. ind. m <sup>-3</sup>	mgTV m <sup>-3</sup>	Forekomst
<b>Hoppekreps (Copepoda):</b>			
<i>Heterocope saliens</i>			++
<i>Mixodiaptomus laciniatus</i>	80	0,96	++
<i>Cyclops scutifer</i>	1	0,003	
<i>Cyclopoida ubest. cop.</i>	1	0,002	
<i>Cyclopoida ubest. naup.</i> <sup>1</sup>	1443	0,36	+++
<b>Vannlopper (Cladocera):</b>			
<i>Holopedium gibberum</i>	94	0,67	++
<i>Daphnia longispina</i>	5	0,12	+
<i>Bosmina longispina</i>	1193	7,63	+++
<i>Bythotrephes longimanus</i>	1	0,01	+
<i>Acroperus elongatus</i>			+
<b>Krepsdyrplankton totalt</b>	<b>2817</b>	<b>9,75</b>	
<b>Hjuldyr (Rotifera):</b>			
<i>Kellicottia longispina</i>	++		+++
<i>Conochilus</i> spp.	+++		+++
<i>Polyarthra</i> sp.	++		++
<i>Ploesoma hudsoni</i>	+		

<sup>1</sup> Trolig hovedsakelig *Cyclops scutifer*

Artssammensetningen og størrelsen på dominerende vannlopper (Tabell 3) tydet på at predasjonspresset ("beitepresset") fra planktonspisende fisk var lavt til moderat. Totalbiomassen av krepsdyrplankton er beregnet til ca. 10 mg tørrvekt pr. m<sup>3</sup>, som kan betegnes som lav, men vanlig biomasse i næringsfattige innsjøer (jfr. Hessen mfl. 1995a). Bruk av vertikale håvtrekk for beregning av biomasse er imidlertid en forholdsvis usikker metode særlig pga. muligheter for såkalt klogging (tetting av håven og dermed redusert filtreringseffektivitet). NIVA fant at forholdet mellom biomassen (sum krepsdyrplankton) framkommet på grunnlag av kvantitative prøver (Shindler-felle) og vertikale håvtrekk varierte i området 1,7-2,2 ved 3 datoer (april, juni og september) i Mjøsa (Kjellberg og Løvik upubliserte data). Antar vi at kloggingen var på samme nivå i Flensjøen, får vi en totalbiomasse i området 17-21 mg tørrvekt pr. m<sup>3</sup>. Dette må også betegnes som relativt lav biomasse og gjenspeiler Flensjøens lavproduktive karakter.

**Tabell 3.** Lengder (mm) av dominerende vannlopper (voksne hunner) innen dyreplanktonet i Flensjøen i 2005.

Art	<i>Holopedium gibberum</i>	<i>Daphnia longispina</i>	<i>Bosmina longispina</i>
Middel	1,25	1,74	0,70
Minimum	1,16	1,60	0,64
Maksimum	1,40	1,90	0,76
Standardavvik	0,07	0,09	0,04
Antall individer målt	17	8	20

Sammensetningen av krepsdyrplanktonet i Flensjøen i 2005 var i hovedtrekkene lik sammensetningen i 1992, 1998 og 1999. Rovformen *Bythotrephes longimanus* ble observert i lite antall i 2005. Så vidt vi vet, er den ikke funnet tidligere i Flensjøen. Arten ser ut til å forekomme relativt sparsomt i sure (pH <ca. 5,0) lokaliteter (Hobæk og Raddum 1980). Kjellberg mfl. (2000) betegner den som en litt forsuringfølsom art. Videre kan det se ut som bestanden av den forsuringfølsomme *D. longispina* har økt noe, mens bestanden av den forsuringstolerante *Heterocope saliens* har gått noe tilbake i pelagialen. En lav andel daphnier i forhold til *Holopedium* er som forventet i en næringsfattig og meget kalkfattig innsjø som Flensjøen (jfr. Hessen mfl. 1995b).

Som oppsummering kan vi si at sammensetningen av dyreplanktonet (og den litorale småkrepssfaunaen) i 2005 er karakteristisk for en næringsfattig innsjø med ionefattige (Ca-fattige) vannmasser, som til tider kan ha relativt lav pH (<5,5), men som ikke er markert forsuret. Videre var det indikasjoner på en liten forbedring med hensyn til forsuringssituasjonen sammenlignet med på 1990-tallet.

## 2.3 Bunndyrsamfunn

### *Strandsonen*

Bunndyrsamfunnet i strandsonen i Flensjøen var forholdsvis arts- og individfattig (Tabell 4-5). Fjærmyggglaver og fåbørstemark var de to vanligste gruppene. De øvrige gruppene ble registrert med få individer. Døgnfluefaunaen bestod av ubestembare individer fra slekten *Leptophlebia* (Tabell 5). Artene i denne slekten er meget forsuringstolerante. Vårfluefaunen besto av små, ubestembare, individer av slekten *Mystacides* og familien Polycentropodidae. De få artene av *Mystacides* en kjenner toleransen til, er ganske forsuringstolerante, mens artene i familien Polycentropodidae er meget forsuringstolerante. Det ble ikke funnet forsuringfølsomme arter i denne prøven fra Flensjøen.

Anvendelse av Raddums forsuringindekser (Fjellheim og Raddum 1990, Raddum 1999) på dette materialet gir indeksverdi 0, hvilket innebærer meget forsuringspåvirket fauna. En må imidlertid være oppmerksom på at denne konklusjonen er basert på bare én prøve med få individer. Resultatene fra utløpselva (se nedenfor) antyder at bunndyrsamfunnet der er forholdsvis lite påvirket, men at det i

perioder kan være utsatt for forsurening. Det er derfor lite sannsynlig at bunndyrsamfunnet i strandsonen i innsjøen er meget forsureningspåvirket, men trolig er det også periodevis utsatt for forsurening.

### ***Utløpselva.***

Bunndyrsamfunnet i utløpselva til Flensjøen (Fig. 2) var langt rikere på arter og individer enn strandsonen i sjøen (Tabell 4-5). Dette er en vanlig situasjon. Fjærmyggglarver dominerte faunaen med forholdsvis høy tetthet. Av andre viktige bunndyrgrupper var steinfluer og vårfluer vanlige. Tettheten av døgnfluer var derimot forholdsvis lav. Døgnfluefaunaen bestod utelukkende av arten *Baetis subalpinus* (Tabell 5). Arter av slekten *Baetis* regnes generelt å være ganske forsureningsfølsomme. Noen arter tolererer imidlertid noe surt vann, særlig i lokaliteter med høyt humusinnhold. Denne lokaliteten har ikke høyt humusinnhold, og den har lav ANC (se kapittel 2.1). *Baetis subalpinus* er det begrenset kunnskap om. Noen svenske undersøkelser angir at den kan finnes i vannforekomster med pH ned til 5,0, altså moderat følsom, mens Raddums indekser angir at den er meget følsom. Døgnfluer av slekten *Baetis* ble ikke påvist i 1998 (Kjellberg mfl. 2000). Steinfluefaunaen bestod av minst 6 arter der små ubestembare individer av slekten *Amphinemura* dominerte. *Amphinemura*-arter er meget forsureningstolerante. Av de andre steinflueartene var *Diura nanseni* den vanligste. Den tolererer en del forsurening, men forsvinner ved meget surt vann. Vårfluefaunaen besto av minst 3 arter, alle fra familien Polycentropodidae. De vanligste var små ubestembare individer av denne familien samt større individer av *Polycentropus flavomaculatus*. Alle er forsureningstolerante.



**Figur 2.** Prøvelokaliteten for bunndyr i utløpselva. Foto: Jarl Eivind Løvik

Anvendelse av Raddums forsureningsindeks I (Fjellheim og Raddum 1990) på dette materialet gir indeksverdi 1, ”lite eller ikke forsuret”. Den lave tettheten av *Baetis subalpinus* samt fravær av andre *Baetis*-arter og andre forsureningsfølsomme arter, kan imidlertid antyde at det periodevis er forsureningsproblemer i elva. Raddums indeks II (Raddum 1999) angir en mer oppdelt skala mellom de to mest forsureningsfølsomme klassene (mellom indeksverdi 0,5 og 1). Den inkluderer da forholdet mellom forsureningsfølsomme *Baetis* og tolerante steinfluer. Denne indeksen gir en indeksverdi i utløpselva på 0,66, noe som igjen antyder at det periodevis er forsureningsproblemer i elva. Ut fra bunndyrsamfunnet i utløpselva ser det ut til å ha vært omtrent samme situasjon eller muligens en liten forbedring mht. forsurening i 2005 sammenlignet med i 1998 (jfr. Kjellberg mfl. 2000, G. Kjellberg pers. oppl.).

**Tabell 4.** Hovedgrupper i bunndyrsamfunnet i strandsonen i Flensjøen og i utløpselva 9.august 2005. Sparkeprøver 3x1 min.

		<b>Strandsonen</b>	<b>Utløpselv</b>
Fåbørstemark	Oligochaeta	32	
Vannmidd	Hydracarina	2	112
Døgnfluer	Ephemeroptera	3	18
Steinfluer	Plecoptera		260
Billelarver	Coleoptera	1	12
Biller voksne	Coleoptera imago	1	
Vårfluer	Trichoptera	2	184
Knott	Simuliidae		80
Fjærmygglarver	Chironomidae	80	4128
Fjærmyggpupper	Chironomidae pupae	2	224
Andre tovinger	Andre diptera	2	16
<b>SUM</b>		<b>125</b>	<b>5034</b>

**Tabell 5.** Arter/slekter/familier i bunndyrsamfunnet i strandsonen i Flensjøen og i utløpselva 9. august 2005.

	<b>Strandsonen</b>	<b>Utløpselv</b>
<b>DØGNFLUER</b>		
<i>Baetis subalpinus</i>		18
<i>Leptophlebia sp</i>	3	
<b>STEINFLUER</b>		
<i>Diura nanseni</i>		12
<i>Isoperla sp</i>		4
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>		8
<i>Amphinemura sp</i>		228
<i>Nemoura sp</i>		4
<i>Leuctra fusca</i>		4
<b>VÅRFLUER</b>		
<i>Neureclipsis bimaculata</i>		8
<i>Polycentropus flavomaculatus</i>		80
<i>Mystacides sp</i>	1	
<i>Polycetropodidae</i>	1	96
<b>BILLER</b>		
<i>Elmis aena</i>		12
Dytiscidae	1	

### 3. Litteratur

- Drabløs, D. og Sevaldrud, J. 1980. Forsuringstendensar, endringar i bruk av utmark og sur nedbør i utvalde område i Nord-hedmark. Rapport IR 59/80, SNSF-prosjektet. 131 s.
- Fjellheim, A. and Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: biological monitoring of streams and lakes. *Sci. Tot. Environ.*, 96: 57-66.
- Hessen, D.O., Faafeng, B.A. and Andersen, T. 1995a. Replacement of herbivore zooplankton species along gradients of ecosystem productivity and fish predation pressure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 733-742.
- Hessen, D.O., Faafeng, B.A. and Andersen, T. 1995b. Competition or niche segregation between *Holopedium* and *Daphnia*; empirical light on abiotic key parameters. *Hydrobiologia*, 307: 253-261.
- Hobæk, A. and Raddum, G.G. 1980. Zooplankton communities in acidified lakes in South Norway. Rapport IR 75/80, SNSF-prosjektet. 132 s.
- 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 Inr. 4021-99. 52 s.
- Lydersen, E., Fjeld, E. and Andersen, T. (1994) Fiskestatus og vannkjemi i norske innsjøer. NIVA-rapport Inr. 3002-94.
- 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.
- 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.
- Raddum, G.G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates : Aims, possibilities and acidification indexes. In : Workshop on biological assessment and monitoring ; evaluation and models, October 13th 1998, Zakopane, Poland. NIVA report 4091-1999 : 7-16.
- Sandøy, S. and Nilssen, J.P. 1986. A geographical survey of littoral crustacea in Norway and their use in paleolimnology. *Hydrobiologia* 143: 277-286.
- Sandøy, S. and Nilssen, J.P. 1987. Cyclopid copepods in marginal habitats: Abiotic control of population densities in antropogenic acidic lakes. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 76: 236-255.
- Schartau, A.K.L., Hobæk, A., Faafeng, B., Halvorsen, G., Løvik, J.E., Nøst, T., Lyche Solheim, A. & Walseng, B. 1997. Diversitet av dyreplankton og litorale krepsdyr – naturlige gradienter og effekter av forurensninger, fysiske inngrep og introduksjoner. NINA temahefte 14, NIVA-rapport Inr. 3768-97. 58 s.
- SFT 2005. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2004. SFT-rapport 941/2005, TA-2126/2005. 149 s.



## **4. Vedlegg**

**Tabell 6.** Oversikt over metoder for kjemiske analyser

Analyse	Måleenhet	NIVA metodebetegnelse og kort beskrivelse
pH	pH	A 1: Elektrometrisk bestemmelse av pH med SP 100 analyserobot.
Konduktivitet (Kond.)	mS/m	A 2: Bestemmelse av konduktivitet med SP 100 analyserobot.
Alkalitet (Alk.)	mmol/l	C 1: Manuell best. av alkalitet ved potensiometrisk best. med Mettler memotitrator.
Total-fosfor (Tot-P)	µg/l	D 2-1: Best. av totalfosfor i ferskvann og sjøvann med Skalar Autoanalysator etter oppslutning med peroksodisulfat.
Total-nitrogen (Tot-N)	µg/l	D 6-1: Best. av nitrogen i ferskvann og sjøvann etter oppslutning med peroksodisulfat, sluttbestemmelse med Skalar Autoanalysator.
Totalt organisk karbon (TOC)	mg/l	G 4-2: Bestemmelse av TOC med peroksodisulfat/UV-metoden.
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N), Klorid (Cl), Sulfat (SO <sub>4</sub> ), Kalsium (Ca), Kalium (K), Magnesium (Mg) og Natrium (Na)	mg/l µgN/l for NO <sub>3</sub>	C 4-3: Bestemmelse av anioner og kationer med Dionex IC25 ionekromatograf.
Aluminium (RAI og IIAI)	µg/l	E 3-2: Fotometrisk best. av reaktivt og ikke-labilt aluminium med Skalar Autoanalysator.