

Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2017



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Internett: 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

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Tittel Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2017	Løpenummer 7222-2017	Dato 21.12.2017
Forfatter(e) Maia Røst Kile Camilla H. C. Hagman	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Østfold	Sider 38

Oppdragsgiver(e) Fredrikstad Vann, Avløp og Renovasjonsforetak (FREVAR KF)	Oppdragsreferanse Renè Karstensen
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17191

<p>Sammendrag</p> <p>Gjennom vekstsesongen (mai-oktober) 2017 ble det gjennomført en overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad. Rapporten gir funn fra inneværende år samt trender fra tidligere års overvåking. Det er lagt vekt på økologisk tilstand, egnethet som drikkevann, algesammensetning, cyanobakterier og algetoksiner. I både Vestvannet og Borredalsdammen viser resultatene en svak reduksjon i næringssalter. I Vestvannet har det i tillegg vært en reduksjon i algebiomasse og klorofyll, mens det i Borredalsdammen har vært en økning i de samme parameterne. Det ble observert lite cyanobakterier i vannene i 2017. Det er kun påvist microcystin ved ett tilfelle i Borredalsdammen i august 2017, godt under grenseverdiene for både drikkevann og badevann.</p>
--

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overvåking av cyanobakterier 2. Drikkevann 3. Vestvannet 4. Borredalsdammen 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring of cyanobacteria 2. Drinking water 3. Lake Vestvannet 4. Lake Borredalsdammen
---	---

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Maia Røst Kile
Prosjektleder

Markus Lindholm
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-6957-4
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

**Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen
i Østfold, 2017**

Forord

Rapporten viser resultatene av FREVAR og NIVAs overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen, Østfold, i 2017. Oppdragsgiver har vært FREVAR KF i Fredrikstad. Overvåkingen er gjennomført i henhold til avtale av mai 2017.

Datamaterialet som er lagt til grunn for rapporten er samlet inn gjennom et felles overvåkingsprogram mellom NIVA og FREVAR. I drøftelsene er det videre brukt data innhentet i perioden 2013-2016, og data fra Fylkesmannen i Østfold (Østfoldprosjektet).

Ansvarlig for innsamling av prøver og måling av fysiske parametere har vært Renè Karstensen hos FREVAR KF, som også har vært ansvarlig for halvparten av microcystin-analysene. Resterende microcystin analyser er utført ved NIVAs laboratorium av Vladyslava Hostyeva og Sigrid Haande. Kjemiske analyser er utført ved NIVAs akkrediterte laboratorium. Analyser, bearbeiding av data og rapportering av planteplankton er utført av Camilla H. C. Hagman. Undertegnede har vært prosjektleder, bearbeidet data og sammenstilt rapport. Rapporten er kvalitetssikret av Markus Lindholm.

Oppdragsgiver og alle medarbeidere takkes for godt samarbeid og god hjelp.

Oslo, 21.12.2017

Maia Røst Kile
Prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Klassifisering og vurdering av tilstand	8
2. Resultater og diskusjon	10
2.1 Fysisk-kjemiske egenskaper	10
2.1.1 Oksygen og temperatur	10
2.1.2 Siktedyp	11
2.1.3 Suspendert stoff	12
2.1.4 Silikat	14
2.1.5 Næringssalter	15
2.2 Algesamfunnet	18
2.2.1 Klorofyll, algemengde og sammensetning	18
2.2.2 Cyanobakterier og algetoksiner	23
2.3 Klassifiseringer	25
3. Oppsummering og konklusjoner	27
4. Litteratur	28
5. Vedlegg	29
5.1 Fysiske data	29
5.2 Kjemiske analyseresultater	30
5.3 Planteplankton artsliste og biomasseberegning (verdier gitt i $\mu\text{g/L}$ (=mg/m ³ våtvekt))	31

Sammendrag

NIVA og FREVAR har gjennomført overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2017, med fokus på planteplankton og cyanobakterier (blågrønnalger). Resultatene er sammenholdt med data fra tidligere år. I vurderingen av vannforekomstenes egnethet for drikkevann er Mattilsynets drikkevannsveileder og NIVAs forslag (Solheim m.fl. 2008) benyttet som en del av vurderingsgrunnlaget. I tillegg er Vestvannets økologiske tilstand vurdert i forhold til vannforskriften (Veileder 02:2013 revidert 2015).

Konsentrasjonene av totalt fosfor og nitrogen var i 2017 noe lavere enn i 2016. Algebiomassen og klorofyllkonsentrasjonene var noe lavere i Vestvannet i 2017 sammenlignet med tidligere år, mens det i Borredalsdammen både var høyere algebiomasse og klorofyllkonsentrasjoner i 2017. Det ble ikke observert betydelige endringer i noen målte parametere på kort eller lang sikt, heller ikke i algesammensetning. Det meste av algesamfunnet består av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og som ikke er giftproduserende. Det ble imidlertid påvist målbare konsentrasjoner av microcystin ved ett tilfelle i august i Borredalsdammen, men konsentrasjonen observert var godt under grenseverdiene for både drikkevann og badevann. Generelt var det lite cyanobakterier i både Vestvannet og Borredalsdammen i forhold til biomasse.

Vestvannet havnet i svært god økologisk tilstand i henhold til vannforskriften. Begge vannene vurderes som godt egnet til drikkevann med hensyn til microcystin. I en totalvurdering av vannenes egnethet som drikkevann vurderes derimot Vestvannet til «egnet» og Borredalsdammen til «mindre egnet» grunnet høye konsentrasjoner av fosfor og klorofyll, men siden FREVAR utfører omfattende behandling av vannet vil det likevel kunne leveres drikkevann av god kvalitet.

Summary

Title: Monitoring of Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Østfold County, SE Norway, 2017.

Year: 2017

Author: Maia Røst Kile and Camilla H. C. Hagman

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6957-4

NIVA and FREVAR conducted a monitoring survey of the water quality in Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Fredrikstad in 2017, with focus on planktonic algae and cyanobacteria. The findings are compared to data from previous years. Norwegian Food Safety Authorities guidance together with NIVAs proposition for suitability criteria for drinking water (Solheim et al. 2008) is taken into consideration in the discussions of the results. In addition, the most recent guidance (Veileder 02:2013 – rev. 2015) for ecological classification of waters is used as a tool in this report.

The content of the nutrients nitrogen and phosphorus was slightly reduced in 2017 compared to 2016. The algal biomass and chlorophyll quantity have decreased in Vestvannet in 2017 compared to previous years, while the same parameters have increased in Borredalsdammen. There are no observed significant changes in any parameters measured in short term or long term, nor in algal composition. Most of the algal community consists of species that are common in lakes in Østfold county, and these are not toxin producers. However, a small amount of microcystin was measured in Borredalsdammen in August 2017, but the level measured was well below the limits for both drinking water supplies and bathing water. The biomass of cyanobacteria is generally low in both lakes.

Lake Vestvannet is classified to high ecological status by the Water Framework Directive guidance, and both lakes are considered to be well suitable for drinking water with regards to microcystin. In a total assessment of the lakes suitability as drinking water, both are considered poorer.

1. Innledning

Innsjøene Vestvannet og Borredalsdammen ligger i hhv. Sarpsborg og Fredrikstad kommune (**Figur 1**) i Østfold, og utgjør i sammen drikkevannsreservoaret for Fredrikstad med forsyning av drikkevann til industri og 65 000 mennesker. Siden 1950-tallet har vann blitt pumpet fra Vestvannet via en pumpestasjon over til Borredalsdammen, som har fungert som råvannsreservoar. Sommeren 2014 startet FREVAR arbeidet med å legge rør fra Vestvannet under Borredalsdammen for direkte å hente drikkevann fra Vestvannet. Det nye systemet ble ferdigstilt høsten 2014. Vannet går nå i lukket rør direkte fra Vestvannet til vannverket, med Borredalsdammen kun som reservetilførelse. Anlegget leverer i gjennomsnitt ca. 42 000 m³ vann pr døgn.



Figur 1. Kartet viser beliggenheten til Vestvannet og Borredalsdammen samt nærliggende vann.
Kilde: Norgeskart.no.

Både Vestvannet og Borredalsdammen befinner seg under den marine grense, nær Oslofjorden, og ligger på sure granittbergarter, lokalt overdekket med marin leire. Imidlertid er de svært ulike innsjøer. Vestvannet er en «blindtarm» til Glomma og ligger inntil dens vestre løp, med gjennomstrømming til Ågårdselva. Vann tilføres fra elva ved stigende vannføring i Glomma, men kan også strømme tilbake ved synkende vannføring. Vestvannet er slik sett sterkt påvirket av Glomma, og vil reflektere de skiftninger som store elver viser gjennom sesongen, med svingninger i biologisk produksjon, næringsstoffer og kjemiske parametere. Vestvannet er også knyttet til innsjøen Mingevannet. Borredalsdammen ble anlagt i 1912 og er et 1,5 km langt smalt, lukket basseng som næres av 14 bekker av varierende størrelse. Maksimalt dyp er i det midtre området og anslått til 8 m, mens de to endene er grunne. Sjøen ligger i et friområde utenfor Fredrikstad og huser nær ti ulike

fiskearter. Nedbørsfeltet er forholdsvis lite og består for en stor del av blandingskog, med noe tilsig fra turtrafikk, ridning og friluftsliv.

Overvåking av drikkevannskildene startet etter at det i 2006 ble registrert sjenerende lukt i drikkevannet til Fredrikstad og i Vestvannet. Lukten ble beskrevet som myr/kjeller-lukt, som kan være luktstoffet geosmin produsert av enkelte cyanobakterier. Analyser fra Vestvannet viste innhold av algetoksiner (microcystin) på 2,8 µg microcystin pr liter, som er over WHO's anbefalte grenseverdi på 1 µg/L for drikkevann (råvann). Slike algetoksiner produseres også av cyanobakterier. Prøvene fra Borredalsdammen ga derimot ingen målbare verdier for microcystin. På bakgrunn av funnene ble det inngått avtale mellom FREVAR og NIVA om overvåking av både Vestvannet og Borredalsdammen. Hensikten var å overvåke mengde, sammensetning og sesongdynamikk for algesamfunnet i de to bassengene, med særlig fokus på cyanobakterier. Resultatene fra tidligere overvåking er rapportert i Rohrlack og Lindholm (2007), Lindholm (2008, 2010, 2010 og 2011), Haande m.fl. (2012), Hagman (2012, 2014, 2015), Hagman og Hawley (2016), og Kile og Hostyeva (2017). Overvåkingen ble videreført i 2017 og er i tråd med anbefalinger i overvåkingsveilederen (Veileder 02:2013 – rev. 2015).

1.1 Klassifisering og vurdering av tilstand

Datagrunnlaget for denne rapporten er innhentet ved 5 prøvetakinger i perioden mai til september 2017 for Vestvannet og 6 prøvetakinger i perioden mai til oktober 2017 for Borredalsdammen. Prøver ble innhentet den 8. mai, 6. juni, 4. juli, 1. august, 5. september og 2. oktober.

Vurderingene av innsjøenes tilstand er basert på følgende parametere, der parametere for klassifisering er uthevet:

- 1) Generell vannkjemi: Siktedyp, temperatur, oksygen, suspendert stoff (STS) og suspendert gløderest (mg/L)
- 2) Plantenæringsstoffer: Silikat (mg/L), **totalt fosfor (tot P, µg/L)**, løst fosfat (µg/L), totalt nitrogen (tot N, µg/L) og nitrat (µg/L)
- 3) Alger: **Klorofyll-a**, sammensetning på klassenivå og **biomasse** av det totale samfunnet, i tillegg spesifikk slekt/artssammensetning samt **biomasse av cyanobakterier**, og konsentrasjoner av **microcystin**.

Se nærmere beskrivelse av de ulike parameterne i kapittel 2.

I tillegg til årets overvåkingsdata er data fra 2013-2016 inkludert for sammenligning. Data fra Fylkesmannen i Østfold og overvåkingsdata er lagt til grunn for å avdekke eventuelle langtidstrender for tilgjengelige parametere i Vestvannet. Alle kjemiske enkeltdata, samt artslistene for planteplankton fra 2017 finnes i vedlegg.

Vestvannet er tidligere blitt klassifisert iht. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann som rapportert i Haande m.fl. (2012), Hagman (2012) og Hagman (2014), iht. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann i 2014 (Hagman 2015), 2015 (Hagman og Hawley, 2016), og iht. Veileder 02:2013 – revidert 2015 Klassifisering av miljøtilstand i vann i 2016 (Kile og Hostyeva, 2017), og i denne rapporten for 2017. Den reviderte versjonen har endrede klassegrenser for enkelte parametere og vanntyper, og med mer vekt på biologiske faktorer. Aktuelle parametere og klassegrenser er gitt i **Tabell 1**. Totalt biovolum av planteplankton er inkludert i den reviderte veilederen, sammen med en indeks for vurdering av artssammensetning (planteplankton trofisk indeks, PTI) og maksvolum av cyanobakterier. I klassifiseringen beregnes en normalisert økologisk kvalitetskvotient (nEQR) for alle parametere, slik at verdiene for ulike kvalitetselementer (her biologiske og fysisk-kjemiske) kan vurderes i sammenheng. Klassifisering skjer ut i fra det «verste

styrer» prinsippet når alle kvalitetselementer summeres, dvs. at den dårligste tilstanden bestemmer tilstanden for hele innsjøen. Vestvannet vurderes som en eutrofipåvirket, kalkrik og humøs lavlandsinnsjø, type L-N8a.

Klassifisering av økologisk tilstand basert på siktedyp iht. Veileder 02:2013 – revidert 2015 forutsetter samtidig måling av vannets farge. Dette blir ikke gjort i nåværende overvåkingsprogram for Vestvannet og Borredalsdammen, og derfor er heller ikke siktedyp inkludert i klassifisering i denne rapporten. Fargeområdet har derimot blitt oppgitt av FREVAR slik at Vestvannets vanntype kan bestemmes. Totalt nitrogen er heller ikke inkludert som klassifiseringsparameter i denne rapporten, da påliteligheten rundt denne fremdeles er noe usikker.

Siden bakgrunnsdata for å bestemme Borredalsdammens vanntype mangler er ikke tilstandsklassifisering iht. Veileder 02:2013 – revidert 2015 mulig. Borredalsdammen blir derfor kun klassifisert iht. drikkevannsforskriften, med de data som er tilgjengelige og for ett år om gangen. Klassifisering iht. drikkevannsforskriften er også gjort for Vestvannet. Tidligere år er inkludert i resultatene for å avdekke evt. endringer.

Kriterier for egnethet til drikkevann har siden 1997 vært basert på NIVA og Miljødirektoratets (tidl. KLIF/ SFT) klassifiseringssystem (Andersen, 1997). Med implementeringen av EUs vanddirektiv har det vært behov for en viss justering og oppgradering av disse kriteriene, og NIVA har på oppdrag av Miljødirektoratet levert forslag til reviderte kriterier for drikkevannskvalitet (Solheim m.fl. 2008). Aktuelle parametere for denne rapporten er gitt i **Tabell 2**. I forhold til Miljødirektoratets klassifiseringssystem er det enkelte endringer, bl.a. mht. klorofyllmengder. Det foreslås videre i Solheim m.fl. (2008) at microcystin-mengden ikke skal overskride 1 µg/L for drikkevann (råvann), noe som er i tråd med WHO's anbefalinger. Det er viktig å presisere at Miljødirektoratets klassifiseringstabell viser egnethet i forhold til om vannbehandlingen kun omfatter filtrering og enkel desinfisering. Det betyr at råvann som havner i kategorien mindre egnet eller ikke egnet, vil kunne benyttes som drikkevann forutsatt at en mer omfattende vannbehandling gjennomføres.

Tabell 1. Klassegrenser for vanntype LN8a – Kalkrike, humøse, store sjøer i lavlandet iht. Veileder 02:2013 -revidert 2015 (Direktoratsgruppa 2015). Kun parametere aktuelle for denne rapporten er inkludert.

Parameter	Ref. verdi	Svært God/ God	God/ Moderat	Moderat/ Dårlig	Dårlig/ Svært Dårlig
Planteplankton					
Klorofyll-a (µg/L)	3,5	7	10,5	20	40
Biovolum (mg/L)	0,34	0,77	1,24	2,66	6,03
Trofisk indeks, PTI	2,22	2,39	2,56	2,73	3,07
Maks. biomasse cyanobakterier (mg/L)	0	0,16	1	2	5
Fysisk-kjemisk					
Tot-P (µg/L)	7	13	20	39	65
Tot-N (µg/L)	325	550	775	1325	2025

Tabell 2. Relevante parametere for vurdering av egnethet som råvann til drikkevannsforsyning. Klassegrensene er NIVAs forslag til nytt system for klassifisering av overflatevannkilders egnethet som råvann til drikkevannsforsyning (Solheim m.fl., 2008).

Parameter	Godt egnet	Egnet	Mindre egnet	Ikke egnet
Farge (mg Pt/L)	<10	10-20	-	>20
Tot-P (µg P/L)	<7	7-11	11-20	>20
Klorofyll a (µg/L)	<3	3-5	5-10	>10
Microcystin (µg/L)	<0.1	0.1-0.5	0.5-1	>1

2. Resultater og diskusjon

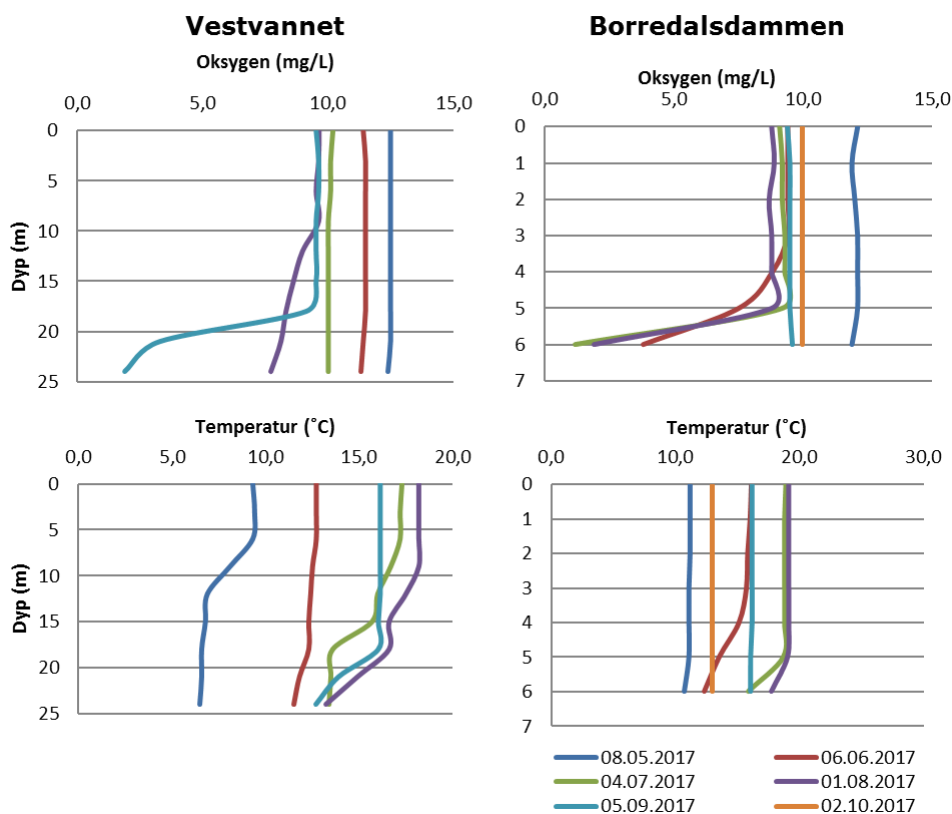
I det følgende gis en gjennomgang av de ulike parameterne som ble overvåket, med drøftelser av mulige årsaker, sammenligninger med tidligere data og til slutt klassifisering av både miljøtilstand og egnethet som drikkevann.

2.1 Fysisk-kjemiske egenskaper

Både de fysisk-kjemiske faktorene og livet i en innsjø bestemmes i stor grad av variasjon i temperatur, siktedyp, turbiditet (målt som STS, suspendert stoff) og oksygenkonsentrasjon.

2.1.1 Oksygen og temperatur

Oksygen og temperatur ble målt ved hjelp av en YSI- probe (600 OMS V2). **Figur 2** viser vertikal fordeling av oksygen (mg/L) og temperatur (°C) for sesongen 2017. Sammenlignet med året før var det i Vestvannet mer oksygenrikt nede i dypene i 2017. Mens det i 2016 nesten var oksygenfritt i mai, august og september, var det i 2017 kun september målingene som ga lave oksygenverdier i dypet. I Borredalsdammen ble det registrert lave oksygenmålinger på 6 meters dyp i juni og juli 2016, mens det i 2017 også var lave oksygenverdier i august. Livsbetingelsene er tøffe ved lave oksygenkonsentrasjoner. Også hvordan plantenæringsstoffer (nitrogen og fosfor) oppfører seg og hvordan organisk stoff brytes ned påvirkes av oksygeninnholdet i vannet. Årets resultater tyder på at nedbrytingsprosessene i Borredalsdammen har økt sammenlignet med 2016, noe som gjør det vanskeligere å overleve i de dypere vannmasser, mens i Vestvannet er nedbrytingsprosessene redusert dette året.



Figur 2. Vertikal fordeling for oksygeninnhold (mg/L, øverst) og temperatur (°C, nederst) for Vestvannet (venstre) og Borredalsdammen (høyre), mai-september/oktober 2017.

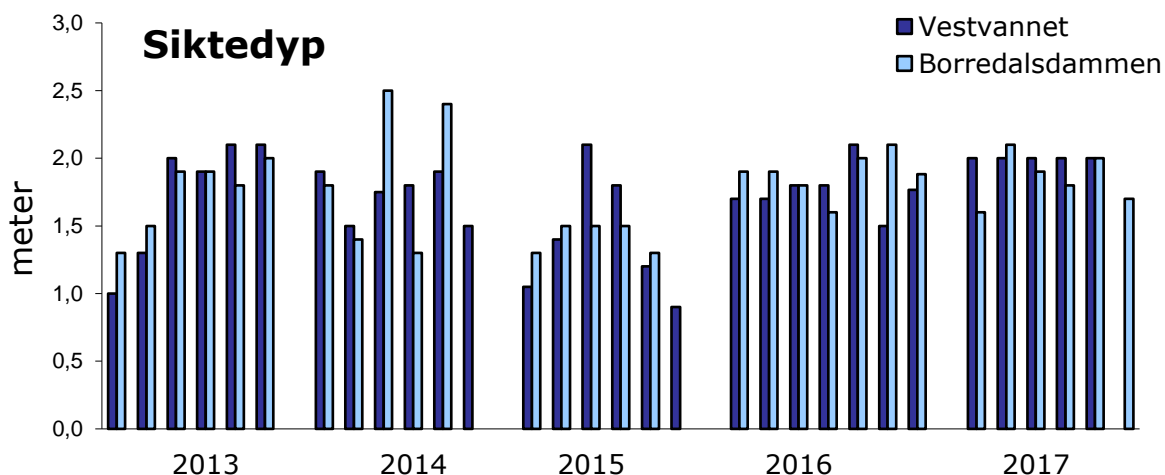
Gjennomsnittstemperaturene var lave i 2017, og også maks-temperaturen i overflaten var på bare 18,2 og 19,1 °C i hhv. Vestvannet og Borredalsdammen. Gjennomsnittstemperaturen i overflatevannet var 14,7 i Vestvannet og 15,8 i Borredalsdammen. Dette er omtrent som i 2015 og 2016, men vesentlig lavere enn i 2014, og ikke overraskende da de siste somrene har vært relativt kjølige. I de fleste innsjøer vil det om sommeren være et tydelig temperaturfall på ca 5-6 meters dyp (sprangsjikt), før man kommer over i det tunge, kalde dypvannet (hypolimnion). Vannet i Vestvannet har derimot høy omrøring og kort oppholdstid pga. innstrømming fra Glomma. Likevel ser vi et tydelig temperatursjikt i Vestvannet i mai 2017. Fra juli til september er det en mer gradvis overgang fra det varme overflatevannet til det kalde dypvannet, med antydning til sjiktning på 10, 15 og 18 meters dyp. I Borredalsdammen er det en svak sjiktning i juni, juli og august på 4-5 meters dyp. Den svake sjiktningen skyldes trolig at Borredalsdammen både er liten i areal og dyp.

2.1.2 Siktedyp

Siktedypet måles ved at man måler hvor langt ned i vannmassene en hvit skive (secchiskive) er synlig. Verdien gir viktig og grunnleggende informasjon om mengden partikler i vannet og vannets egenfarge. Partiklene kan være dels planteplankton og dels humusstoffer og leire fra nedbørsfeltet. Siktedypet gir også grunnlag for å vurdere hvor dypt prøvetaking er hensiktsmessig (produktiv sone).

Vanligvis regner man med at alger kan opprettholde fotosyntesen ned til et dyp som tilsvarer 1,5 x siktedypet, avhengig av vannets farge, og dermed er det hensiktsmessig å ta algeprøver i dette området. Enkelte cyanobakterier er imidlertid i stand til å opprettholde fotosyntesen også ved enda svakere lys. **Figur 3** viser målinger for siktedypet i Vestvannet og Borredalsdammen gjennom sommersesongene 2013 til 2017. Det er ingen vesentlige forskjeller gjennom årene. Gjennomsnittet

for 2017 var 2 m og 1,9 m i henholdsvis Vestvannet og Borredalsdammen, og siktedypet var relativt stabilt gjennom hele sesongen i begge innsjøene. I Vestvannet var det 2 m siktedyp ved alle målingene, mens det i Borredalsdammen varierte fra 1,6-2,1 m.



Figur 3. Siktedyp i Vestvannet og Borredalsdammen for årene 2013 - 2017.

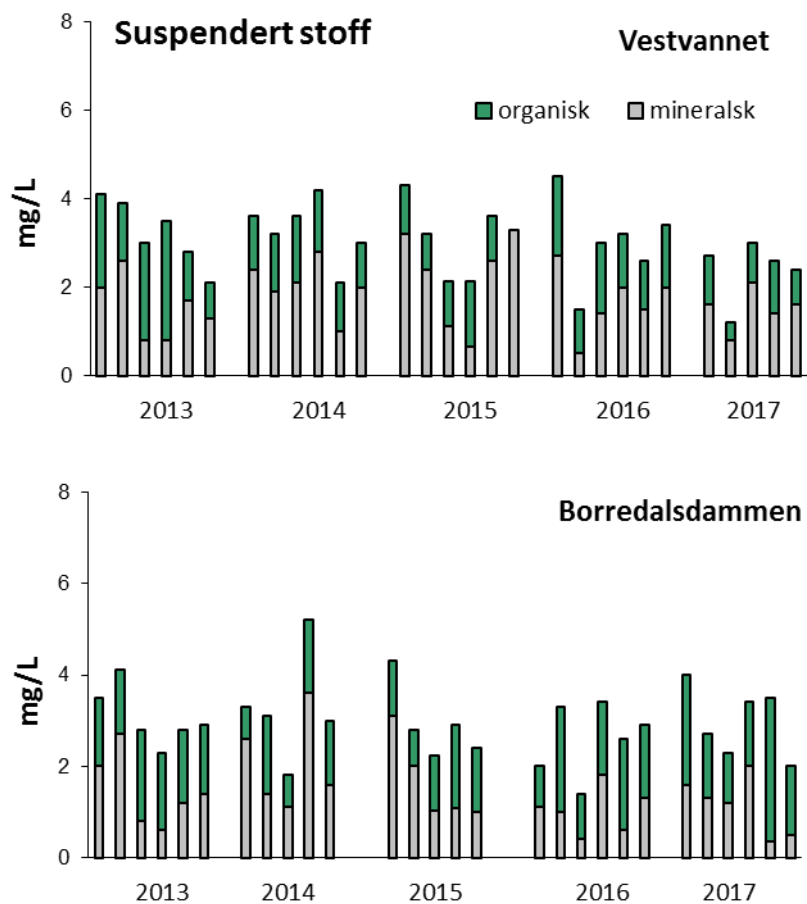
2.1.3 Suspensert stoff

Partikkelmengden i innsjøer bestemmes av tilførsel fra bekker, diffus avrenning (særlig fra dyrket mark), mengden planteplankton i vannet, og resuspensjon (utvasking og oppvirvling) fra bølgeslag mot strender og grunne sedimenter.

Figur 4 viser partikkelkonsentrasjonen i Vestvannet og Borredalsdammen for de fem siste årene, som totalt suspendert stoff (STS, mg/L) fordelt på de ulike fraksjonene for mineralsk (grå, hovedsakelig silt og leire) og organisk stoff (grønn, organisk materiale og planteplankton). Generelt er innholdet av partikler moderat til lavt i begge bassenger. Det er ingen tydelig korrelasjon mellom suspendert stoff og siktedyp i hverken Vestvannet eller Borredalsdammen.

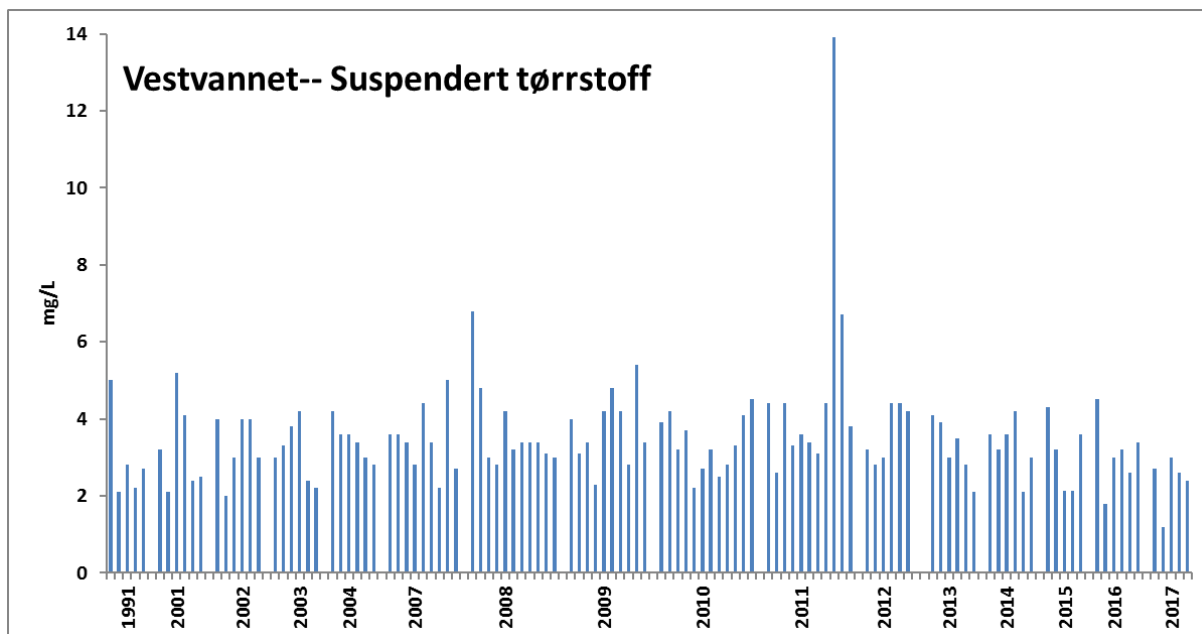
I 2017 var det ingen utpregede episoder i Vestvannet eller Borredalsdammen som ble plukket opp av månedlige prøver. Vestvannet har hatt et jevnt innhold av STS de siste fem årene. Det er hovedsakelig mineralske partikler som varierer, noe som skyldes flomperioder hvor særlig leire vaskes ut i innsjøene. Dette kan forventes i elvepåvirkede sjøer. Dominans av mineralsk fraksjon på vår og høst tyder på tilsig og er ikke uvanlig. Borredalsdammen har hatt et jevnt innhold av STS de siste fem årene. De to siste årene har den organiske fraksjonen i stor grad dominert gjennom hele sesongen, mens det tidligere i større grad har vært mineralske partikler som har dominert.

Det har vært en nedgang i total partikkelmengde i Vestvannet fra 2014 (3,5 mg/L) via 2015 og 2016 (3,1 mg/L) til 2017 (2,4 mg/L).



Figur 4. Konsentrasjoner av suspendert stoff (mg/L) for 2013-2017 i Vestvannet og Borredalsdammen. Fraksjoner av organisk og mineralsk stoff er markert.

Figur 5 viser konsentrasjoner av totalt suspendert stoff i Vestvannet for 1991, for 2001-2004 og for 2007-2017 (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Det har vært noe mindre partikler de siste 6 årene sammenlignet med tidligere data.



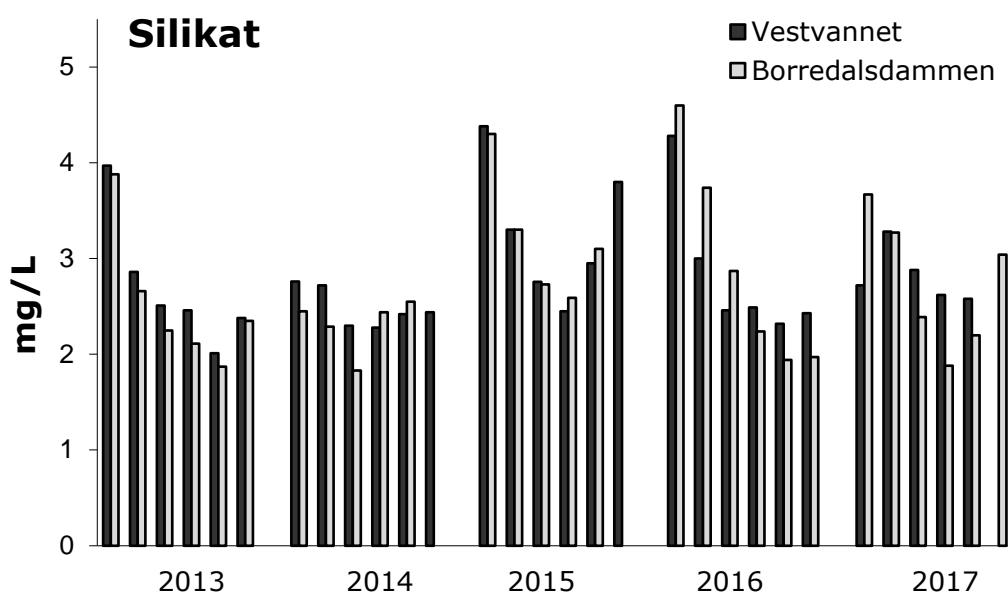
Figur 5. Konsentrasjoner av suspendert stoff i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

2.1.4 Silikat

Silikat er et næringsstoff som tilføres vannet fra berggrunnen, og påvirkes i liten grad av menneskelige aktiviteter. En viktig algegruppe – kiselalgene - er avhengige av silikat. Disse algene danner sjeldent giftstoffer, og har ofte en stabiliserende effekt, ved at de hindrer oppkomsten av problemalger, som f.eks. giftproduserende cyanobakterier. Som hovedregel trenger kiselalgene minst 0,1 mg silikat i vannet.

Figur 6 viser konsentrasjoner av silikat (mg/L) gjennom sommerhalvåret de fem siste år i Vestvannet og Borredalsdammen. Verdiene var jevnt lave gjennom hele sesongen 2014, i 2013 og 2016 har det vært høyere verdier på våren/forsommeren, mens det i 2015 var høye verdier både på vår/forsommer og høst. I 2017 var det høye verdier vår og høst i Borredalsdammen, mens målingene i Vestvannet lå på rundt 2,6 mg/L med en topp på 3,3 mg/L i juni. Middelerdiene i hhv. Vestvannet og Borredalsdammen i 2017 var 2,82 og 2,74 mg/L, omtrent det samme som i 2016 (2,83 og 2,89 mg/L), og en reduksjon fra hhv. 3,3 og 3,2 i 2015.

I 2016 var kiselalger dominerende gjennom hele sesongen både i Vestvannet og Borredalsdammen, mens det i 2017 var en mindre andel av denne gruppen i begge vannene. I Vestvannet var det små men økende mengder fra mai (30-53 µg/L), med en økning i biomasse (143 µg/L) og andel i september. Kiselalgene i Borredalsdammen derimot utgjorde relativt liten andel av den totale biomassen fra mai til oktober, dog med høyere konsentrasjoner enn Vestvannet (19-166 µg/L). Siden kiselalgene trenger silikatkonsentrasjoner >0,1 mg/L, som det var hele sesongen i begge vannene, var det tydelig at silikat ikke var begrensende for algeveksten, og heller ikke spesielt styrende for mengden. Variasjonen gjennom sesongen, spesielt i Borredalsdammen, skyldes trolig konkurranse og andre faktorer. Blanding av vannmassene gjennom sesongen i Vestvannet kan også ha bidratt til en viss resirkulering av silikat fra bunnvannet og hindret utarming av dette nøkkelstoffet fra overflatevannet. Årsaken til år-til-år-variasjonene er usikker, men silikat er ikke spesielt utsatt for menneskelig påvirkning.



Figur 6. Konsentrasjoner av silikat (mg/L) i Vestvannet og Borredalsdammen gjennom sommerhalvåret 2013-2017.

2.1.5 Næringsalter

Fosfor og nitrogen er essensielle næringsstoffer for planteplankton. Særlig innholdet av fosfor er ofte utslagsgivende for hvor mye alger som dannes. Mange giftproduserende alger, bl.a. cyanobakterier er knyttet til forhøyede verdier av næringsalter (eutrofiering), eller har en tendens til å oppstå om mengdeforholdet mellom nitrogen og fosfor forskyves. Betegnelsene totalt fosfor og totalt nitrogen omfatter alle fraksjoner, både det som er i løst form og det som er bundet til partikler. Det er også viktig å ha informasjon om den fraksjonen som er oppløst og biotilgjengelig (i form av nitrat og fosfat). Totalmengden fosfor er et viktig fysisk-kjemisk kvalitetselement i klassifisering av eutrofipåvirkede innsjøer, samt støtteparameter for klassifisering av drikkevannskvalitet.

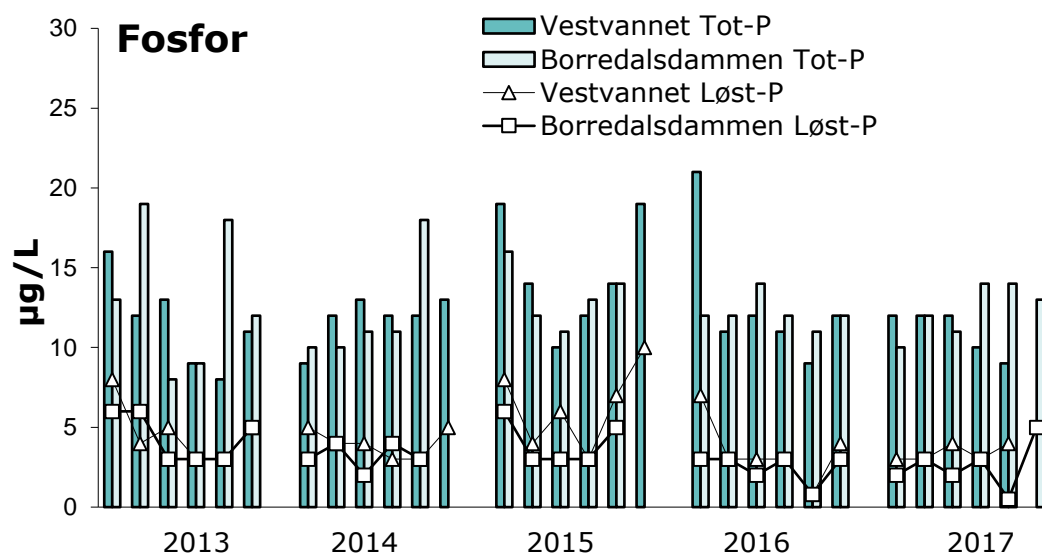
Fosfor

Konsentrasjonen av fosfor i de to bassengene, målt som totalt fosfor og løst fosfat, for sommersesongene 2013 til 2017 er vist i **Figur 7**. Det er ingen store forskjeller mellom de fem måleseriene, men sesongvariasjonen var noe mindre i 2014, 2016 og 2017 enn øvrige år. I Vestvannet var det påfallende høye verdier av løst fosfat i mai 2016 og både mai og oktober 2015. Dette skyldes trolig særlig flomeepisoder og utvasking av fosforholdig leire, men også menneskelig aktivitet. Konsentrasjonene av totalt fosfor i begge vannene er relativt jevn gjennom hele sesongen i 2017.

Årlig gjennomsnittskonsentrasjon av totalt fosfor i Borredalsdammen var henholdsvis 13, 12, 13, 12 og 12 $\mu\text{g P/L}$ de fem siste årene. I Vestvannet har årsgjennomsnittet av totalt fosfor de siste fem årene vært hhv. 12, 12, 15, 13 og 11 $\mu\text{g P/L}$. Fosfor er ofte begrensende næringsstoff for algeproduksjonen. Fosfornivåene er også medbestemmende for fastsettelse av trofegrad, og ut fra våre målinger kan begge innsjøene karakteriseres som svakt mesotrofe.

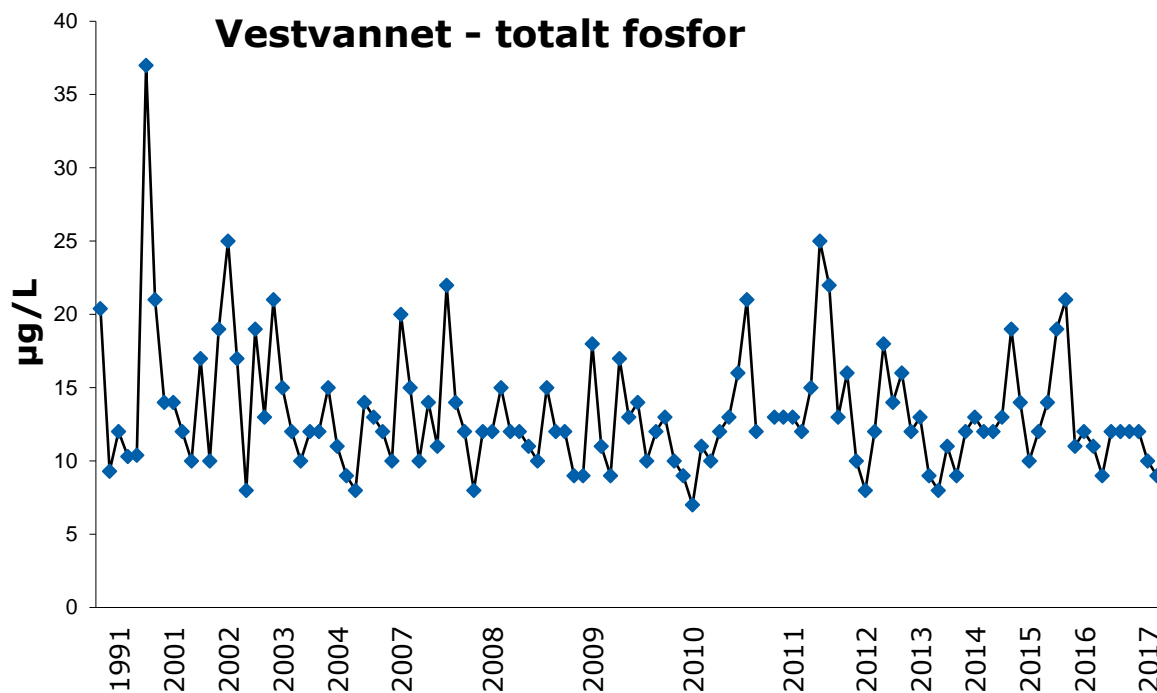
En betydelig fraksjon av den totale fosformengden er vanligvis bundet til leirpartikler eller humus, og kan derfor ikke nyttes som plantenæring slik løst fosfat kan. Man bør følgelig være spesielt oppmerksom på den andelen som foreligger som løst fosfat (linjer på **Figur 7**). I 2017 var det omtrent like konsentrasjoner av løst fosfat i begge vannene gjennom hele sesongen, med unntak av i juli da

det var dobbelt så mye fosfat i Vestvannet sammenlignet med Borredalsdammen og i september da det ble målt 0,5 µg/L fosfat i Borredalsdammen og 4 µg/L i Vestvannet.



Figur 7. Konsentrasjoner av fosfor i overflatevannet (0-4 m) for sommersesongene 2013-2017. Søylar angir totalt fosfor, linjer angir løst fosfat.

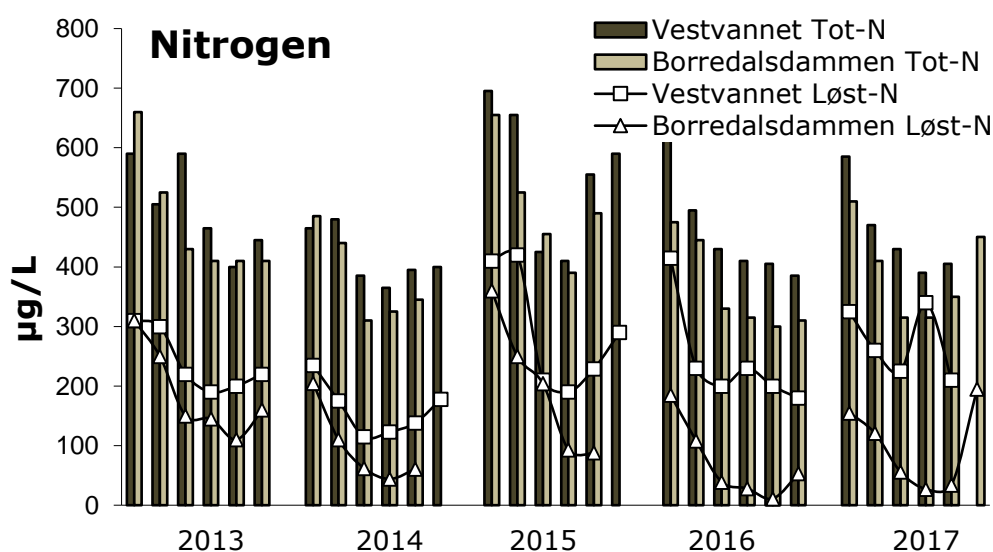
Det er også foretatt en sammenstilling av verdiene for totalt fosfor i Vestvannet for årene 1991, 2001-2004 og 2007-2017 (**Figur 8**). Det er ingen målbare trender for de årene som er lagt til grunn.



Figur 8. Konsentrasjoner av totalt fosfor i Vestvannet for de år det finnes data for (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

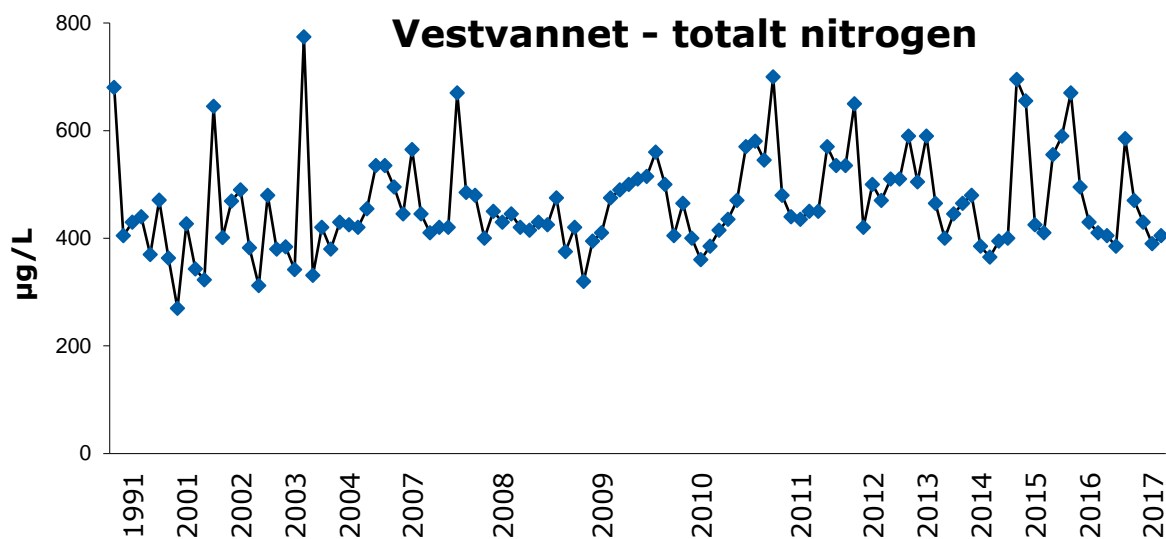
Nitrogen

I 2015 var det en økning i nitrogenkonsentrasjoner i Vestvannet og Borredalsdammen, mens det i 2016 og 2017 var en nedgang spesielt i totalt nitrogen i begge vannene (**Figur 9**). Verdiene var på sitt høyeste i mai og ble gradvis lavere gjennom sesongen i Vestvannet, mens de i Borredalsdammen ble høyere igjen i oktober. Vestvannet ligger jevnt over noe høyere enn Borredalsdammen. Totalt nitrogen i Vestvannet i 2017 var 456 $\mu\text{g/L}$, omtrent det samme som i 2016 da total nitrogen var 466 $\mu\text{g/L}$. I Borredalsdammen var totalt nitrogen 392 $\mu\text{g/L}$ og 362,5 $\mu\text{g/L}$ i hhv. 2017 og 2016. Fra 2013 til 2017 har nitratkonsentrasjonene i varierende grad fulgt siktedypet, der et lavt siktedyp faller sammen med et høyt nitratnivå. I Vestvannet er det observert en trend med høye nitratverdier om våren som kan kobles til flomepisoder i Glomma, med økt lokal avrenning av nitrat fra diffuse kilder oppstrøms, som har flommet inn i Vestvannet.



Figur 9. Nitrogen i overflatevannet (0-4 m) for perioden 2013-2017. Søyler angir totalt nitrogen, og linjer angir løst nitrat.

Konsentrasjonen av totalt nitrogen i Vestvannet for utvalgte år etter 1991 er vist i **Figur 10**. Det er ingen klare trender for perioden.



Figur 10. Innholdet av totalt nitrogen i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

2.2 Algesamfunnet

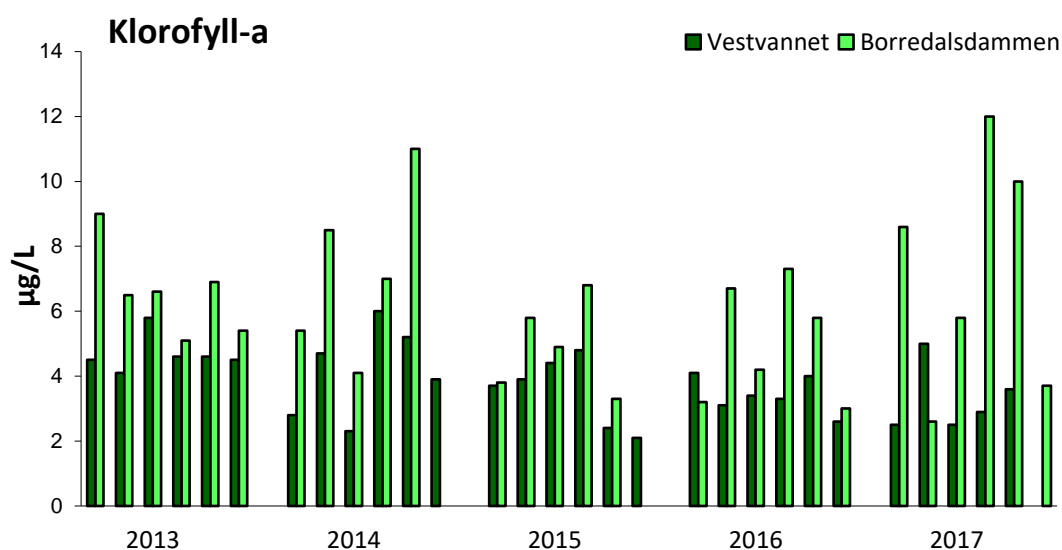
2.2.1 Klorofyll, algemengde og sammensetning

Mengden alger som befinner seg i vannmassene bestemmes i stor grad av nitrogen- og fosfor-konsentrasjonene. Å beregne de faktiske konsentrasjonene av alger kan være vanskelig, men man får et estimat ved å analysere mengden klorofyll. Man får vite adskillig mer om man bestemmer artene som finnes i vannet, måler størrelsen og dermed beregner biomassen (som våtvekt) for de ulike gruppene. På grunnlag av dette kan man også få mer detaljert kunnskap om problemalger, som for eksempel cyanobakterier. Innholdet av alggifter, særlig microcystin, måles ved kjemisk analyse av vannprøver. Fra og med 2015 er planteplankton et biologisk kvalitetselement for klassifisering av økologisk tilstand etter vannforskriften.

Klorofyll-a

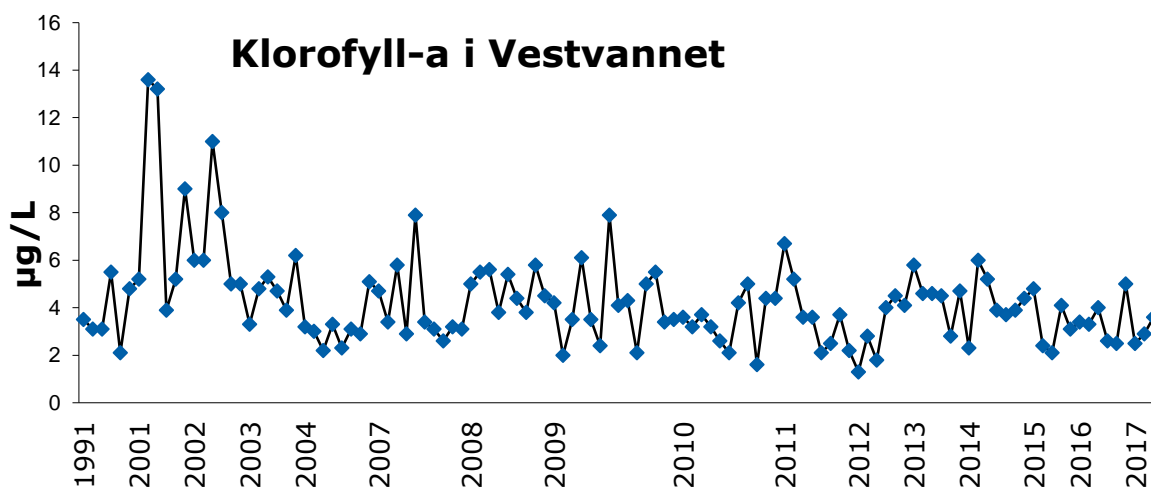
Konsentrasjonen av klorofyll-a i overflatevannet over sommersesongene 2013-2017 er vist i **Figur 11**. Årsgjennomsnittet i Borredalsdammen har økt noe i 2017 etter to år med lavere klorofyllverdier. De siste fem årene har gjennomsnittsverdiene ligget på hhv. 6,6, 7,2, 4,9, 5,0 og 7,1 µg/L frem t.o.m. 2017 mens tilsvarende verdier for Vestvannet er 4,7, 4,2, 3,6, 3,4 og 3,3 µg/L. Klorofyllmengden varierer mye fra år til år i Borredalsdammen, mens i Vestvannet er års-variasjonene betydelig mindre. Borredalsdammen har generelt hatt et noe høyere klorofyllnivå enn Vestvannet, også i 2017. Klorofyllmengden påvirkes bl.a. av vanntemperaturen, som også er noe høyere i Borredalsdammen dette året. Den høyeste konsentrasjonen av klorofyll i Borredalsdammen i 2017 var 12 µg/L, mens tilsvarende verdi for Vestvannet var 5 µg/L, målt i hhv. august og juni. Klorofyllnivåene kan ofte forklares i noen grad av temperatur og vær, og dette stemmer godt i både Vestvannet og Borredalsdammen siden 2013. Varmere temperatur gir lengre vekstsesong og bedre vekstvilkår for de fleste alger. 2015 og 2016 var karakterisert av kalde somre med mye nedbør, og dermed var klorofyllverdiene både i Vestvannet og Borredalsdammen også lavere sammenlignet med 2013 og 2014 da somrene var varmere. 2017 var heller ingen spesielt varm sommer i Østfold, og både gjennomsnittstemperatur og klorofyllnivå er omtrent det samme i Vestvannet som årene før. Likevel har klorofyllverdiene i Borredalsdammen økt, noe som trolig forklares av en tidlig oppblomstring av

gullalger og deretter økte mengder av alger med høyt innhold av klorofyll. Dette vil diskuteres nærmere i påfølgende avsnitt.



Figur 11. Klorofyll-a ($\mu\text{g/L}$) i Vestvannet og Borredalsdammen i perioden 2013-2017.

En sammenstilling av klorofyll-a for utvalgte år (1991, 2001-2004 og 2007-17). **Figur 12** viser en svak reduksjon i klorofyllverdier, og 2016 og 2017 ser ut til å ligge noe lavere enn tidligere, dog med variasjoner.

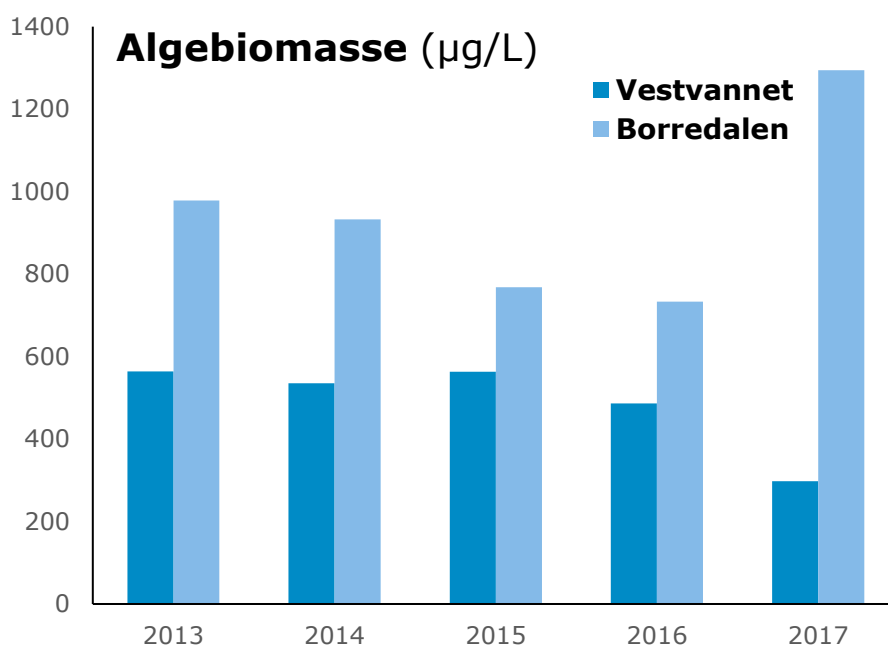


Figur 12. Klorofyll-a i Vestvannet ($\mu\text{g/L}$) for de årene det finnes data (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

Planteplankton

For å undersøke sammensetningen av alger i vannet ble prøver analysert så langt ned på slekts- eller artsnivå som mulig, og dette ble også lagt til grunn for klassifisering av vannkvaliteten og vurderinger av egnethet til drikkevann. De ulike gruppene/artenes relative bidrag til total algebiomasse ble beregnet (mg våtvekt pr.m³, tilsvarende µg/L). Slike undersøkelser gir nyttig informasjon fordi de ulike algegruppene har ulik funksjon og økologi, som på forskjellig vis også påvirker miljøtilstand og vannets egnethet som drikkevann. Våtvekt vil alltid gi betydelig høyere verdier for alger enn rene klorofyllmålinger. Grunnen er først og fremst at alger består av mye vann, som ikke inngår i målingene av klorofyll-a. Mengden klorofyll vil ytterligere reduseres ved innslag av cyanobakterier, som inneholder mindre av dette pigmentet, eller øke ved forekomst av algegrupper som inneholder mer klorofyll, f.eks. nåleflagellater. I tillegg er klorofyllinnholdet lavt i enkelte andre algegrupper, bl.a. svelgflagellater, som noen år utgjør en betydelig andel av algefloraen i disse vannene. Forholdet mellom klorofyll og algebiomasse vil derfor kunne variere gjennom sesongen, ettersom dominerende algegrupper med ulikt innhold av klorofyll også varierer.

Algebiomassen har de siste 5 årene vært tydelig høyere i Borredalsdammen enn i Vestvannet, og forskjellen var enda mer ekstrem i 2017 enn tidligere. Dette året var årsmiddelverdi hhv. 1294 og 297 µg/L (**Figur 13**), noe som utgjør en betydelig økning i Borredalsdammen, og en vesentlig nedgang i Vestvannet i forhold til de siste fire årene. Verdiene stemmer stort sett med års-variasjonene i klorofyll-a, hvor også Borredalsdammen har økt mens Vestvannet har hatt en liten nedgang siden 2016.



Figur 13. Algebiomasse (µg/L) i Vestvannet og Borredalsdammen – årsgjennomsnitt for perioden 2013-2017

Figur 14 viser fordelingen av de ulike algegruppene gitt som biomasse og også som total biomasse for sesongen 2017. Sammensetningen av både algegrupper og arter/slekter har visse likhetstrekk med tidligere sesonger, men hvilke algegrupper som dominerer til ulike tidspunkt gjennom sesongen varierer noe både i Vestvannet og Borredalsdammen. I Borredalsdammen forekom en voldsom oppblomstring av gullalger i mai, mens resten av sesongen var det flere algegrupper som sammen

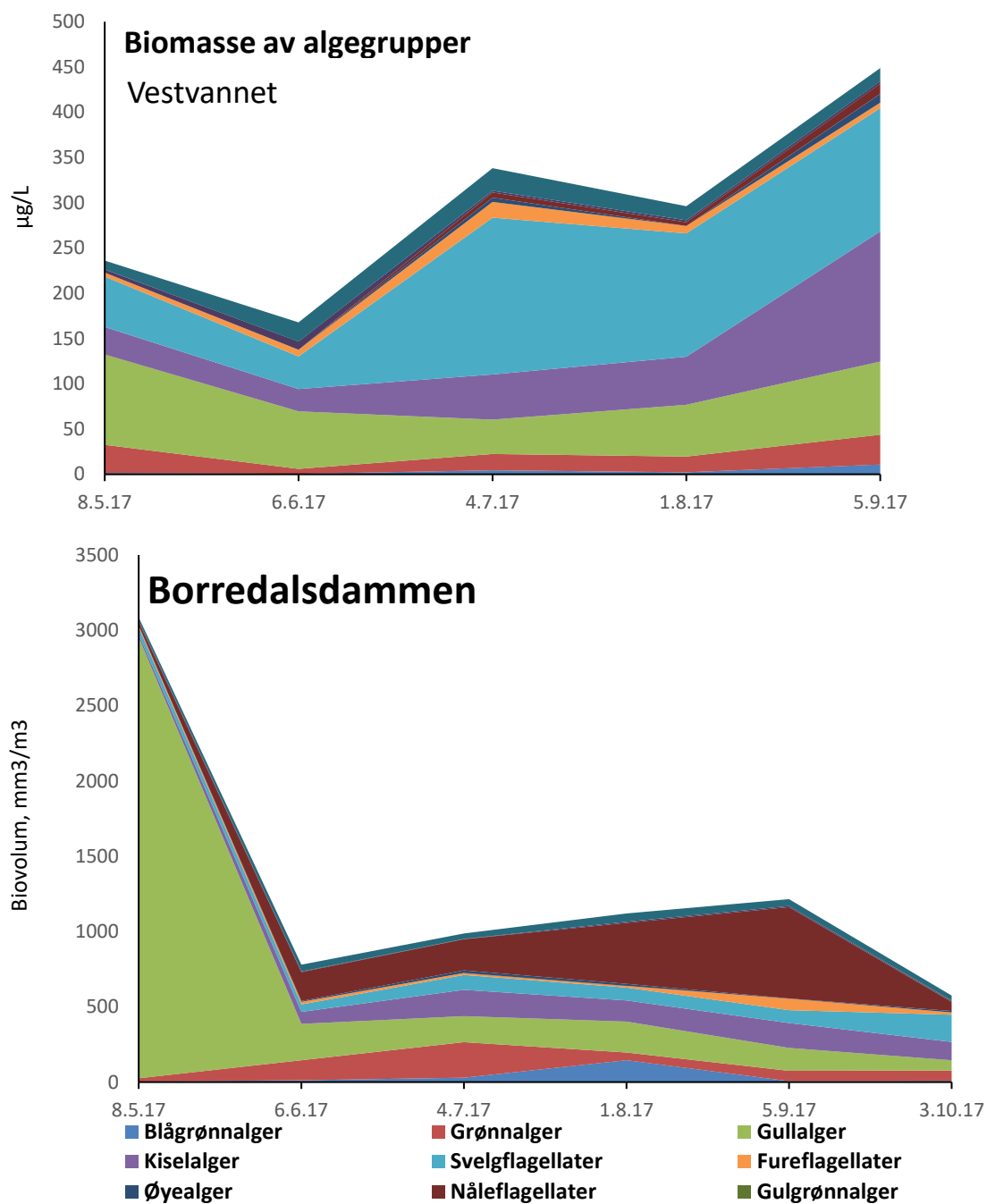
dominerte til enhver tid (se nedenfor). Et lite unntak i september hvor nåleflagellater økte noe i biomasse. I Vestvannet var det stort sett dominans av svelgflagellater gjennom hele sesongen, med hjelp av noe kiselalger fra juli til september. I tillegg var det en del gullalger i mai og juni også her. Det var kun små mengder cyanobakterier (blågrønnalger) i begge vannene gjennom hele sesongen. I Vestvannet økte den totale algebiomassen stort sett fra mai til og med september, med en liten nedgang i juni, mens i Borredalsdammen var mengden stort sett stabil etter oppblomstringen av gullalger i mai, med en liten forhøyning i september forårsaket av nåleflagellater.

Som også observert tidligere år, korrelerer variasjonen i biomasse bra med målte klorofyllverdier i Borredalsdammen, og i mindre grad i Vestvannet. I Borredalsdammen er det i år både høye klorofyllverdier og høy biomasse (gullalger) i mai, mens begge verdiene deretter synker. Klorofyll øker mer enn biomassen i august og september, og når på disse tidspunktene veldig høye verdier (10 og 12 µg/L). Manglende tilsvarende økning i biomasse på disse tidspunktene er trolig grunnet store konsentrasjoner av nåleflagellaten *Gonyostomum semen*, som typisk inneholder mye klorofyll i forhold til biovolum. I Vestvannet er de laveste verdiene av klorofyll i mai og juli, da det henholdsvis domineres av gullalger og svelgflagellater. Nedgangen i biomasse i juni med en samtidig økning i klorofyll skyldes trolig en sammensetning av alger med lite klorofyll. Fra juli øker både klorofyll og biomasse i Vestvannet.

Vestvannet hadde særdeles lav biomasse gjennom hele sesongen 2017, i likhet med tidligere år. I tillegg var det generelt lite alger, og lav diversitet. Økningen i svelgflagellater i juli skyldes hovedsakelig større celler (lengde 24-30 µm) av slekten *Cryptomonas*, men også en del *Plagioselmis lacustris* (tidligere betegnet *Rhodomonas lacustris*). Begge slekter er vanlige innslag i norske innsjøer. Denne fordelingen av svelgflagellater var jevn gjennom sesongen. I september kom en økning i biomasse av kiselalger, for det meste bestående av flere arter fra slekten *Aulacoseira* samt *Asterionella formosa*. Gullalgene i Vestvannet bestod i 2017 mest av ubestemte, større typer og ingen store mengder av potensielt oppblomstringsdannende slekter som *Uroglenopsis*. De små mengdene cyanobakterier som befant seg i Vestvannet gjennom vekstsesongen 2017 bestod for det meste av mindre koloniformede (*Aphanocapsa*) og trådformede (*Jaaginema*) slekter som ikke er kjent for hverken oppblomstringer eller toksinproduksjon. I tillegg var det i juli innslag av slekten *Anabaena* (evt. *Dolichospermum*), men i ubetydelig mengde. Noe høyere biomasse av cyanobakterier ble målt i september, da bestående av to arter av slekten *Woronichinia*. Dette er en slekt som kan danne oppblomstringer, men er ikke knyttet til toksinproduksjon i norske innsjøer. Det var små mengder av nåleflagellaten *Gonyostomum semen* i Vestvannet fra juli til og med september dette året, og det er dermed heller ingen risiko for negative effekter.

Det var større mengder *Gonyostomum semen* i Borredalsdammen, spesielt fra juni til og med oktober, og med en topp i september. *Gonyostomum semen* betegnes gjerne som en potensiell problem-alge som kan danne masseoppblomstringer og utgjøre opptil 99 % av den totale algebiomassen i enkelte innsjøer, gjerne i august og september. Algen kan gi kløe og ubehag for badende, samtidig som den kan tette filtre i drikkevannskilder når den forekommer i store mengder. I Vestvannet var den høyeste andelen av den totale biomassen på 2,5 %, mens den i Borredalsdammen var 50 % (begge i september), som tilsvarer 607 µg/L. Dette er en økning fra 1,2 % i Vestvannet og en nedgang fra 58 % i Borredalsdammen siden 2016, men den totale biomassen i Borredalsdammen har også økt dette året, og mengden biomasse av *G. semen* var høyere i Borredalsdammen i 2017 enn i 2016, og i begge disse årene betraktelig høyere enn tidligere år (frem til og med 2015). Altså er dette en alge som er på fremmarsj i Borredalsdammen. I år ble det også funnet en annen slekt av nåleflagellater i Borredalsdammen, *Merotrichia*. Dette er en slekt som foreløpig ikke er mye utbredt i Norge, men som heller ikke er kjent for å ha samme negative egenskaper som slektningen *Gonyostomum*. Det ble kun funnet små mengder i september.

Den store mengden av gullalger i Borredalsdammen mai 2017 bestod av slekten *Uroglenopsis* (tidligere *Uroglena*), en slekt som er kjent for å kunne danne store oppblomstringer, og som også er mistenkt knyttet til fiskedød ved flere anledninger og lokaliteter i Norge. Denne sammenhengen er til nå ikke påvist eller nærmere undersøkt. Derimot viser eksisterende overvåkingsdata fra NIVA at algen kan danne høy biomasse også ved lave konsentrasjoner av næringssalter, og til ulike tidspunkt gjennom sesongen, selv om biomassen ofte avtar utover sommeren og høsten. Dette er en såkalt mixotrof alge, som betyr at den også nyttiggjør seg organiske karbonkilder, i tillegg til fotosyntese. Det kan derfor være at oppblomstringer f.eks. kommer som følge av økte bakteriemengder i innsjøene etter episoder med regn. *Uroglenopsis* er observert over stort sett hele Norge og opptrer ofte i norske innsjøer i små mengder. Etter episoden i mai og økningen i *G. semen* i september, er fordelingen av algegrupper i Borredalsdammen noenlunde jevn hele sesongen. Gullalgene utgjøres for det meste av *Uroglenopsis*, samt ubestemte grupper små og store celler, kiselalgene består hovedsakelig av slektene *Aulacoseira* og *Cyclotella*, svelgflagellatene av slektene *Cryptomonas* og *Plagioselmis*, og i tillegg er det en del store fureflagellater (dinoflagellater) av artene *Gymnodinium fuscum* og *Peridinium cinctum* som spesielt opptrer i september. I juli er det noe økning i mengde grønnalger, mest bestående av slekten *Monoraphidium*, men også noe *Oocystis*. Begge slektene er vanlige alger i norske innsjøer. Det er relativt små mengder cyanobakterier også i Borredalsdammen, om enn noe høyere konsentrasjoner enn i Vestvannet. Spesielt i juli og august er det noe økning i *Planktothrix*, som tidligere har dannet oppblomstring og funn av algetoksiner i Vestvannet, men i 2017 er mengdene små. Den større biomassen av cyanobakterier som ble observert i august bestod av den koloniformede slekten *Aphanocapsa*, som nevnt ikke kjent for toksinproduksjon.



Figur 14. Fordeling av ulike algegrupper ($\mu\text{g/L}$) i overflatevannet for Vestvannet og Borredalsdammen for 2017.

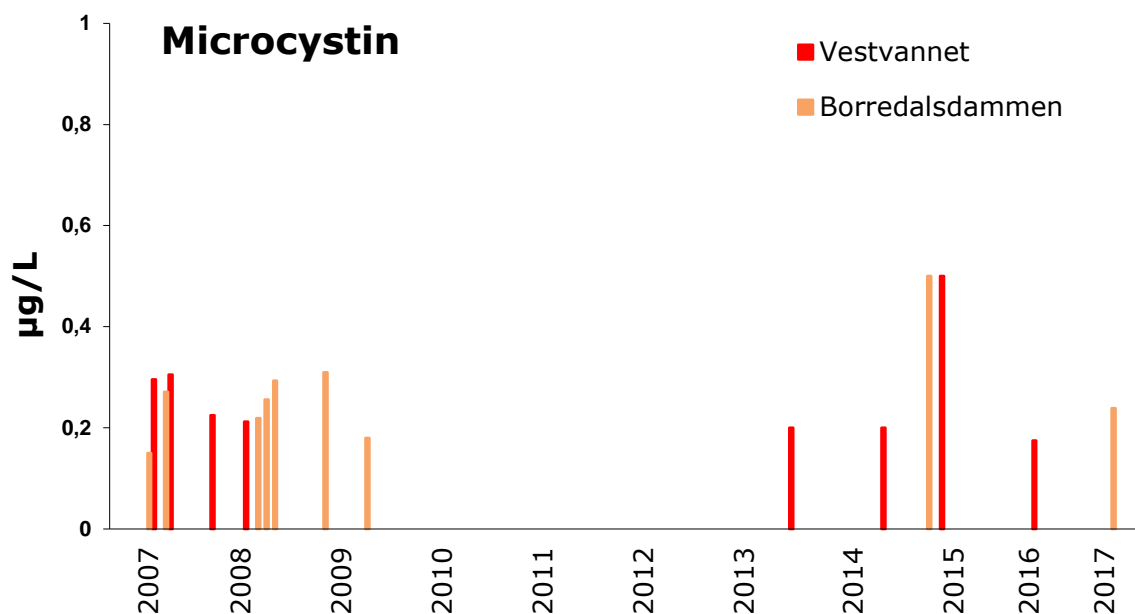
2.2.2 Cyanobakterier og algetoksiner

Gjennomsnittskonsentrasjonene av cyanobakterier har siden 2011 vært betydelig lavere enn tidligere år, og enda lavere er de i 2017. Hvert år har det likevel vært noen høyere konsentrasjoner ved noen av prøvetakingene, men dette året var det ingen betydelige verdier i Vestvannet. I Borredalsdammen derimot var det høye konsentrasjoner av *Aphanocapsa* i august, men likevel generelt kun små mengder cyanobakterier gjennom sesongen. Vestvannet har tidligere år som regel hatt noe høyere

artsdiversitet enn Borredalsdammen, men i 2017 ser det ut til å være motsatt, om enn med små marginer. Sammensetningen er uansett relativt lik i de to vannene, også dette året. Av identifiserte slekter var det kun *Aphanocapsa*, *Jaaginema* og *Woronichinia* som utgjorde noen merkbar biomasse i Vestvannet i 2017. Dette er ulikt tidligere år, hvor planteplanktonsamfunnet ofte har blitt dominert av *Planktothrix*, og også til forskjell fra 2016 hvor flere andre arter dominerte i Vestvannet. I Borredalsdammen dominerte *Aphanocapsa*, *Planktothrix* og *Woronichinia* i 2017, også til forskjell fra 2016.

Blant de påviste artene er algegifter særlig assosiert med oppblomstringer av slektene *Planktothrix* og *Dolichospermum*, mulig også *Woronichinia*, men sistnevnte er noe mer usikker. Den høyeste biomassen av cyanobakterier i 2017 ble observert i Borredalsdammen i august og bestod av *Aphanocapsa planctonica* (noe usikkerhet på artsbestemmelse) med 105 µg/L og *Planktothrix sp.* med 30 µg/L. Til sammenligning var den høyeste konsentrasjonen av cyanobakterier i både 2015 og 2016 i Vestvannet, bestående hovedsakelig av *Woronichinia naegliana* og noe *Dolichospermum spp.* Borredalsdammen har kun hatt små mengder cyanobakterier hvert år, bortsett fra i 2017. Til tross for denne totale økningen i 2017 ser vi de senere årene en trend mot mindre mengder potensielt toksinproduserende cyanobakterier, og heller større mengder av mer harmløse slekter.

Algegiften microcystin produseres av mange ulike cyanobakterier. Giften er levertoksisk, og vanlige symptomer er synsforstyrrelser, kvalme, diaré og leverskader. I større konsentrasjoner er giften dødelig. WHO's anbefalte grenseverdi for microcystin i drikkevann (råvann) er 1 µg/L, mens bading frarådes ved konsentrasjoner >10 µg/L. Enkelte cyanobakterier kan også produsere andre giftstoffer med bl.a. nevrotoksiske effekter. Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen ble satt i gang i 2007 etter at punktmålinger høsten 2006 hadde vist et innhold av microcystin på 2,8 µg/L. Resultatet for overvåkingen av microcystin for 2007-2017 er vist i **Figur 15**. Det ble i 2015 og 2016 tatt prøver av rentvann i tillegg til i innsjøene ved 5 anledninger, uten påvisning av microcystin. Dette er ikke vist i figuren. I 2007 og 2008 ble det påvist små til moderate mengder microcystin i begge bassenger flere ganger, men godt under den anbefalte grenseverdien. I 2009 ble det bare registrert små mengder microcystin i vannprøvene ved to anledninger, begge fra Borredalsdammen. Fra 2010-2012 ble det ikke ved noen tilfeller påvist microcystin over deteksjonsgrensen på 0,15 µg/L, mens det i 2013 ble målt 0,18 µg/L og i 2014 0,2 µg/L, begge årene i Vestvannet og i oktober. Dette er også små mengder, og godt under anbefalingen for drikkevann. Det er ofte økte, men likevel små mengder *Planktothrix* som opptrer ved slike episoder. I 2015 ble det målt 0,5 µg/L i Borredalsdammen i juni, og samme mengde i Vestvannet i juli. Det korrelerte i begge tilfeller med økte mengder *Planktothrix* i planteplanktonet. I 2016 ble det observert microcystin ved én prøvetaking i Vestvannet, godt under anbefalingen for drikkevann. I 2017 ble det kun detektert microcystin ved én prøvetaking; 0,24 µg/L i Borredalsdammen 1. august. Dette er også godt under anbefalt grenseverdi for drikkevann, og korrelerer med sesongens høyeste biomasse av *Planktothrix*.



Figur 15. Konsentrasjoner av microcystin ($\mu\text{g/L}$) i overflatevann (0-4 m) fra Vestvannet og Borredalsdammen for perioden 2007-2017.

2.3 Klassifiseringer

I **Tabell 3** vises vurderingen av egnethet for drikkevann av både Vestvannet og Borredalsdammen i 2011-2017. Det er ingen tydelige endringer i tilstanden hos Borredalsdammen, men noe mindre microcystin har vært målt i 2017, noe som resulterer i kategorien «egnet» for denne parameteren. Vestvannet ligger generelt best, som regel en klasse bedre enn Borredalsdammen, og det gjelder også i 2017. Dette året har fosforverdiene i Vestvannet vært noe lavere enn tidligere, og innsjøen kommer derfor innenfor kategorien «egnet» for denne parameteren. I tillegg er Vestvannet «egnet» i forhold til klorofyll nivå, og «godt egnet» med utgangspunkt i microcystin (det var ingen registreringer av microcystin denne sesongen). Borredalsdammen ligger som tidligere år i kategorien «mindre egnet» med hensyn til fosfor og klorofyll.

Fra 2011 til 2014 samt 2016 er microcystin innenfor «Godt egnet» i begge vannene, mens Vestvannet i 2015 har høyere konsentrasjon av microcystin og havner innenfor «egnet». I 2017 er dette altså snudd til Borredalsdammen. Iht. farge er Vestvannet og Borredalsdammen «Ikke egnet». Verdiene viser årsgjennomsnitt, og som nevnt tidligere forutsetter klassifiseringen kun enkel vannbehandling som filtrering og desinfisering.

Vurderingen av egnethet for drikkevann baserer seg på Solheim m.fl. (2008), som kun er et forslag til klassifiseringssystem. I drikkevannsforskirften (Mattilsynet, 2011) derimot er det satt grenseverdier per parameter. Overskrides en eller flere grenseverdier gjøres det tiltak i form av ulik type behandling av vannet. Ved for høye verdier av f.eks. farge, med en grenseverdi på 20, vil vannet fortsatt være egnet som drikkevann ved igangsetting av fargefjerning, slik at fargetallet reduseres tilstrekkelig.

Tabell 3. Vurdering av Borredalsdammens (B.d.) og Vestvannets (V.v.) egnethet som drikkevann fra 2011 til 2017 iht. Solheim m.fl. (2008).

Godt egnet
 Eget
 Mindre egnet
 Ikke egnet

Parameter	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.
Farge	-		-		-		-		-	55*	-	37*	30*	31*
Tot-P	14,7	15,9	12,3	13	13,2	11,5	12	11,8	13,2	14,7	12,17	12,7	12,33	11
Klorofyll-a	5,4	3,9	3,3	2,6	6,58	4,68	7,2	4,15	4,92	3,55	5,03	3,4	7,1	3,3
Microcystin	0	0	0	0	0	0,02	0	0,03	0,05	0,08	0	0,03	0,02	0

*Fargetall blir målt av FREVAR, men resultatene er ikke inkludert i klassifiseringen.

Tabell 4 viser økologisk tilstand etter vannforskriften for Vestvannet de siste fem år. Den samlede økologiske tilstanden var svært god i 2013 og 2014, mens den på bakgrunn av total fosfor havnet i god tilstand i 2015. I 2016 havnet Vestvannet igjen i svært god tilstand, men helt på grensen til god, og i 2017 videreføres denne trenden med svært god tilstand, gjeldende for alle parametere inkludert i klassifiseringen.

Tabell 4. Tilstandsklassifisering av Vestvannet ihht. vannforskriften (Veileder 02:2013 revidert 2015) for årene 2013 til 2017.

Svært god
 God
 Moderat
 Dårlig
 Svært dårlig

		Vestvannet				
	Parameter	2013	2014	2015	2016	2017
Planteplankton	Klorofyll-a (µg/L), årsgjennomsnitt	4,7	4,2	3,6	3,4	3,3
	Biovolum (mg/L), årsgjennomsnitt	0,56	0,54	0,56	0,49	0,3
	Trofisk indeks, PTI	2,35	2,44	2,41	2,53	2,28
	Maks. biomasse cyanobakterier (mg/L)	0,11	0,31	0,11	0,10	0,01
Totalvurdering planteplankton		Svært god	Svært god	Svært god	Svært god	Svært god
Fysisk-kjemisk	Tot-P (µg/L), årsgjennomsnitt	11,5	11,83	14,67	12,7	11
Økologisk tilstand		Svært god	Svært god	God	Svært god	Svært god

3. Oppsummering og konklusjoner

De tre siste somrene har vært kaldere enn tidligere år, noe som vises i gjennomsnittstemperaturene i både Vestvannet og Borredalsdammen. Pga. den store gjennomstrømningen i Vestvannet var temperatursjiktningen svært varierende i 2017, fra 5 meter i mai til 10-18 meter senere i sesongen. I Borredalsdammen var det en svak sjiktning i juni, juli og august på 4-5 meters dyp.

Siktedypet var omtrent likt i 2017 sammenlignet med i fjor, og var relativt stabilt i begge vannene. Hverken i Vestvannet eller Borredalsdammen korrelerer siktedypet med suspendert stoff. Høy mineralsk fraksjon av suspendert stoff på forsommeren og høsten tyder på flomepisoder og mye avrenning fra nedbørsfeltet og oppstrøms i Glomma.

Konsentrasjonene av totalt fosfor og nitrogen var i 2017 og 2016 noe lavere enn i 2015. Ved en sammenligning av de to vannene var gjennomsnittsverdiene for nitrogen, løst fosfat og nitrat høyest i Vestvannet, mens gjennomsnittsverdiene for fosfor var høyest i Borredalsdammen. De lange tidsseriene av totalt fosfor og nitrogen viser ingen trender siden 1991, noe som tyder på at de små variasjonene fra år til år er normale.

I motsetning til næringsstoffer var det i 2017 høyere klorofyllverdier i Borredalsdammen enn i Vestvannet. Dette skyldes trolig en økning i biomasse av alger med høyt klorofyllinnhold i forhold til biomasse, samt en kraftig oppblomstring av gullalger i mai. Man ser at klorofyllverdiene de siste årene følger sommerværet og gjennomsnittstemperatur i innsjøene. I 2017 var det derfor som ventet relativt likt klorofyllnivå i Vestvannet sammenlignet med foregående år, men ikke i Borredalsdammen, hvor klorofyllnivået økte i 2017. Trolig skyldes dette nevnte oppblomstring i mai, og senere i sesongen nåleflagellaten *Gonyostomum semen*. I Vestvannet dominerte gullalgene i mai og juni, mens svelgflagellatene dominerte resten av sesongen. Dette er vanlige algegrupper som sjeldent utgjør noen risiko for problematisk oppblomstring eller negative effekter. I tillegg til disse ble det registrert små mengder cyanobakterier i begge vannene.

I 2017 ble det kun detektert microcystin ved én prøvetaking; 1. august ble det målt 0,24 µg/L i Borredalsdammen. Dette er godt under anbefalt grenseverdi for drikkevann, og korrelerer med sesongens høyeste biomasse av *Planktothrix*.

I henhold til egnethet for drikkevann havnet Vestvannet i kategorien «egnet», mens Borredalsdammen havnet i «mindre egnet». Det var fosfor og klorofyllverdiene som trakk Borredalsdammen ned til «mindre egnet». Klassifiseringen forutsetter imidlertid kun enkel filtrering og desinfisering, og siden FREVAR utfører omfattende behandling vil drikkevannet likevel kunne være av god kvalitet. Etter vannforskriften ble økologisk tilstand i Vestvannet klassifisert til «svært god» i 2016 og 2017, en forbedring fra «god» tilstand i 2015. Bedringen skyldes en reduksjon i totalt fosfor, som var avgjørende i klassifiseringen i 2015.

Miljøtilstanden i 2017 var altså i hovedsak som foregående år for Borredalsdammen, mens det har skjedd en forbedring for Vestvannet.

4. Litteratur

Andersen, J.R. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT veiledning 97:04.

Haande, S., Edvardsen, H., Eriksen, T.E., Kile, M.R., Hagman, C.H.C., Borch, H., Brænden, R., Arnesen, J.F., Raudsandmoen, L. 2012. Tilstandsklassifisering av vannforekomster i vannområde Glomma Sør for Øyeren (2011) i henhold til vannforskriften. NIVA-rapport 6406-2012.

Hagman, C. H. C. 2012. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2012. NIVA-rapport 6458-2012.

Hagman, C. H. C. 2014. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2013. NIVA-rapport 6615-2014

Hagman, C. H. C. 2015. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2014. NIVA-rapport 6778-2015

Hagman, C. H. C., Hawley, K. 2016. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2015. NIVA-rapport 7007-2016

Kile, M.R., Hostyeva, V. 2017. Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2016. NIVA-rapport 7105-2017.

Lindholm, M. 2008. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2008. NIVA-rapport 5718-2008.

Lindholm, M. 2010. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2009. NIVA-rapport 5905-2010.

Lindholm, M. 2010. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2010. NIVA-rapport 6067-2010.

Lindholm, M. 2011. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2011. NIVA-rapport 6254-2011.

Mattilsynet, 2011. Veiledning til drikkevannsforskriften. Mattilsynet.

Solheim, A.L., D. Berge, T. Tjomsland, F. Kroglund, I. Tryland, A.K. Schartau, T. Hesthagen, H. Borch, E. Skarbøvik, H.O. Eggestad og A. Engebretsen. 2008. Forslag til miljømål og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametere i innsjøer og elver, inkludert leirvassdrag og egnethet for brukerinteresser. Supplement til Veileder i økologisk klassifisering. NIVA-rapport 5708-2008

Rohrlack, T. og M. Lindholm. 2007. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2007. NIVA rapport 5527-2008.

Veileder 02:2009. Overvåking av miljøtilstand i vann. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet.

Veileder 02:2013 – revidert 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann, Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet.

5. Vedlegg

5.1 Fysiske data

SIKTEDYP (METER)		
DATO	VESTVANNET	BORREDALS-DAMMEN
08.05.2017	2,0	1,6
06.06.2017	2,0	2,1
04.07.2017	2,0	1,9
01.08.2017	2,0	1,8
05.09.2017	2,0	2,0
02.10.2017	-	1,7
Årsgj.snitt	2,0	1,9

TEMPERATUR VESTVANNET									
DATO	0 m	3 m	6 m	9 m	12 m	15 m	18 m	21 m	24 m
08.05.2017	9,3	9,4	9,3	8,1	6,9	6,8	6,6	6,6	6,5
06.06.2017	12,7	12,7	12,7	12,5	12,4	12,3	12,3	11,8	11,5
04.07.2017	17,3	17,2	17,2	16,7	16,0	15,7	13,6	13,5	13,4
01.08.2017	18,2	18,2	18,2	18,2	17,5	16,6	16,6	14,9	13,2
05.09.2017	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,0	16,0	13,9	12,7
02.10.2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TEMPERATUR BORREDALSDAMMEN							
DATO	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m
08.05.2017	11,2	11,2	11,2	11,1	11,1	11,1	10,7
06.06.2017	16,1	16,0	15,8	15,7	15,1	13,5	12,3
04.07.2017	18,9	18,8	18,8	18,8	18,8	18,7	15,9
01.08.2017	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,0	17,7
05.09.2017	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,1	16,1
02.10.2017	13,00	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13

OKSYGEN VESTVANNET (mg/l)									
DATO	0 m	3 m	6 m	9 m	12 m	15 m	18 m	21 m	24 m
08.05.2017	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,4
06.06.2017	11,4	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,4	11,3
04.07.2017	10,2	10,1	10,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
01.08.2017	9,6	9,6	9,5	9,6	9,0	8,6	8,3	8,1	7,7
05.09.2017	9,5	9,6	9,6	9,5	9,5	9,5	9,1	3,3	1,9
02.10.2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-

OKSYGEN BORREDALSDAMMEN (mg/l)							
DATO	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m
08.05.2017	12,1	11,9	12,0	12,1	12,1	12,1	11,9
06.06.2017	9,4	9,4	9,4	9,4	8,8	7,5	3,8
04.07.2017	9,1	9,2	9,2	9,3	9,3	9,2	1,2
01.08.2017	8,8	8,9	8,7	8,8	8,8	8,8	1,9
05.09.2017	9,4	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,6
02.10.2017	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

5.2 Kjemiske analyseresultater

VESTVANNET								
Variabel	STS	SGR	Tot-P/L	PO4-P	Tot-N/L	NO3-N	SiO2-Sj	KLA/S
Dato	mg/l	mg/l	µg P/l	µg P/l	µg N/l	µg N/l	µg SiO2/l	µg/l
8.5.17	2,7	1,6	12	3	585	325	2720	2,5
6.6.17	1,2	0,8	12	3	470	260	3280	5
4.7.17	3	2,1	12	4	430	225	2880	2,5
1.8.17	2,6	1,4	10	3	390	340	2620	2,9
5.9.17	2,4	1,6	9	4	405	210	2580	3,6
3.10.17	-	-	-	-	-	-	-	-
Årsgj.snitt	2,38	1,5	11	3,4	456	272	2816	3,3

BORREDALEN								
Variabel	STS	SGR	Tot-P/L	PO4-P	Tot-N/L	NO3-N	SiO2-Sj	KLA/S
Dato	mg/l	mg/l	µg P/l	µg P/l	µg N/l	µg N/l	µg SiO2/l	µg/l
8.5.17	4	1,6	10	2	510	155	3670	8,6
6.6.17	2,7	1,3	12	3	410	121	3270	2,6
4.7.17	2,3	1,2	11	2	315	56	2390	5,8
1.8.17	3,4	2	14	3	315	27	1880	12
5.9.17	3,5	<0,7	14	<1	350	34	2200	10
3.10.17	2	<1	13	5	450	195	3040	3,7
Årsgj.snitt	2,9833	1,525	12,333	3	391,67	98	2741,7	7,1167

5.3 Planteplankton artsliste og biomasseberegning (verdier gitt i µg/L (=mg/m³ våtvekt))

Vestvannet

	År	2017	2017	2017	2017	2017
	Måned	5	6	7	8	9
	Dag	8	6	4	1	5
	Dyp	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m
	Cyanophyceae (Blågrønnalger)					
	Anabaena sp. coiled colony	.	.	0,5	.	.
	Anathece minutissima	.	.	.	.	0,8
	Aphanocapsa delicatissima	.	.	3,7	0,0	0,1
	Jaaginema sp.	1,6	0,3	.	0,1	2,9
	Planktothrix sp.	.	.	.	2,0	.
	Pseudanabaena limnetica	0,0	.	.	.	.
	Rhabdoderma (Synechococcus) lineare	.	.	.	0,2	0,1
	Snowella lacustris	.	.	.	0,0	.
	Woronichinia compacta	.	0,2	0,4	0,0	1,9
	Woronichinia naegeliana	.	.	.	.	5,0
	Sum - Blågrønnalger	1,6	0,5	4,5	2,3	10,9
	Chlorophyceae (Grønnalger)					
	Ankyra lanceolata	.	.	0,2	.	.
	Botryococcus sp.	.	.	0,4	3,8	.
	Carteria sp. (l= 8-10)	.	.	.	.	1,4
	cf. Nephroselmis olivaceae	0,1	0,2	0,1	.	.
	cf. Pandorina morum	0,2	.	.	.	.
	Chlamydomonas sp. (l=5-6)	.	.	.	.	0,4
	Chlamydomonas sp. (l=8)	.	.	0,9	.	.
	Chlamydomonas spp.	.	0,6	.	2,4	.
	Closterium acutum v.variabile	.	.	0,5	0,6	1,0
	Closterium limneticum	0,4	.	.	.	.
	Coelastrum asteroideum	.	.	.	.	2,1
	Cosmarium phaseolus var.phaseolus f.min	.	.	4,0	.	.
	Crucigenia tetrapedia	.	.	.	0,8	0,4
	Dictyosphaerium pulchellum	.	.	0,6	0,6	0,4
	Elakatothrix sp.	0,0	.	.	0,0	.
	Eudorina elegans	.	.	.	.	2,4
	Gloeotila sp.	.	.	.	.	3,9
	Gyromitus cordiformis	.	.	.	1,1	2,1
	Koliella sp.	.	0,3	0,4	0,3	0,4
	Lagerheimia genevensis	0,5	0,2	.	.	.
	Micractinium pusillum	.	.	.	.	0,3
	Monoraphidium contortum	26,4	1,9	2,2	1,4	3,4
	Monoraphidium dybowskii	.	0,3	4,1	0,3	1,7
	Monoraphidium komarkovae	0,0	0,1	.	.	.
	Monoraphidium minutum	.	.	.	.	0,7
	Mougeotia sp. (b = 4 µm)	.	.	.	.	0,2
	Nephroselmis olivaceae	.	.	.	.	0,2

	<i>Oocystis cf. lacustris</i>	.	.	.	.	0,6
	<i>Paramastix conifera</i>	.	1,0	.	.	.
	<i>Paulschulzia pseudovolvox</i>	.	.	.	1,0	0,5
	<i>Pediastrum boryanum</i>	.	.	.	0,3	.
	<i>Pediastrum duplex</i>	.	.	.	.	0,9
	<i>Planctococcus sphaerocystiformis</i>	.	.	0,3	0,2	.
	<i>Raphidocelis subcapitata</i>	.	.	0,0	.	.
	<i>Scenedesmus armatus</i>	.	0,5	.	.	.
	<i>Scenedesmus bicellularis (S. ecornis)</i>	0,7	.	0,2	0,7	0,3
	<i>Scenedesmus obliquus</i>	.	.	.	.	0,3
	<i>Scourfieldia sp.</i>	1,2	.	.	.	.
	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	.	.	0,1	.	.
	<i>Staurastrum cf. aviicula</i>	.	.	.	0,5	.
	<i>Staurastrum cf. pingue</i>	.	.	.	0,1	.
	<i>Staurastrum cf. smithii</i>	.	.	.	.	0,3
	<i>Staurastrum sp.</i>	.	.	0,2	.	1,0
	<i>Stauroidesmus mamillatus</i>	.	.	.	0,2	.
	<i>Teilingia granulata</i>	.	.	.	0,4	.
	Ubest. kuleformet gr.alge (d=3-5)	.	.	1,1	0,6	1,9
	Ubest. kuleformet gr.alge (d=5)	.	0,3	.	.	.
	Ubest. kuleformet gr.alge (d=6-8)	0,8	.	0,7	1,4	4,3
	Ubest.ellipsoidisk gr.alge	0,5	.	2,2	0,6	1,9
	Sum - Grønналger	30,8	5,5	18,1	17,4	32,9
	Chrysophyceae (Gullalger)					
	<i>Aulomonas purdyi</i>	0,3	0,0	.	0,1	0,3
	<i>Bicosoeca sp.</i>	.	.	.	.	0,2
	<i>Bitrichia chodatii</i>	.	.	0,4	0,2	.
	cf. <i>Bicoeca ainikkae</i>	.	0,1	.	.	.
	<i>Chrysolykos planctonicus</i>	.	0,2	.	.	.
	Craspedomonader	0,3	1,8	1,8	2,1	0,8
	<i>Dinobryon bavaricum</i>	2,1	16,7	0,1	.	3,5
	<i>Dinobryon borgei</i>	0,1	0,5	0,2	0,4	0,1
	<i>Dinobryon crenulatum</i>	.	.	.	0,3	0,6
	<i>Dinobryon cylindricum v.palustre</i>	.	.	0,3	0,2	.
	<i>Dinobryon sociale</i>	.	.	.	.	0,2
	<i>Dinobryon sociale v.americanum</i>	.	0,1	.	.	.
	<i>Dinobryon sp.</i>	0,2	.	.	.	.
	<i>Kephyrion cupuliforme</i>	.	.	.	.	0,3
	<i>Kephyrion litorale</i>	0,2	0,2	.	.	.
	<i>Kephyrion skujae</i>	.	0,2	.	.	.
	Løse celler <i>Dinobryon spp.</i>	.	2,4	.	.	.
	<i>Mallomonas akrokomos</i>	.	.	2,5	4,0	2,0
	<i>Mallomonas caudata</i>	.	.	.	0,7	7,8
	<i>Mallomonas punctifera</i>	2,0	0,2	.	8,0	0,4
	<i>Mallomonas schwemmlei</i>	.	.	.	.	3,6
	<i>Mallomonas spp.</i>	.	.	.	3,0	1,0
	<i>Mallomonas tonsurata</i>	.	.	2,4	.	.
	<i>Pseudopedinella sp.</i>	0,7	0,7	1,4	2,9	2,0
	Små chrysomonader (<7)	24,7	9,4	7,3	9,9	13,0
	<i>Spiniferomonas trioralis</i>	3,2	.	.	1,0	1,2
	<i>Stelaxomonas dichotoma</i>	.	0,1	.	.	1,0

	Store chrysomonader (>7)	63,8	28,6	19,5	23,4	27,3
	Synura sp.	.	0,7	.	0,1	6,0
	Ubest.chrysophyceae	0,3	0,3	.	.	1,6
	Uroglenopsis sp.	2,2	1,4	1,8	0,7	7,8
	Sum - Gullalger	100,2	63,6	37,8	57,1	80,8
	Bacillariophyceae (Kiselalger)					
	Asterionella formosa	0,4	2,5	4,2	16,4	19,7
	Attheya zachariasi	.	.	0,2	1,1	4,6
	Aulacoseira alpigena	.	.	1,4	1,4	2,8
	Aulacoseira distans	.	.	1,1	0,4	.
	Aulacoseira granulata	.	.	10,2	.	23,4
	Aulacoseira granulata v.angustissima	.	.	.	.	0,4
	Aulacoseira italica	.	0,2	.	.	25,1
	Aulacoseira italica v.tenuissima	0,8	3,1	6,1	6,7	22,7
	Cyclotella sp. (d = 17)	.	.	6,8	.	.
	Cyclotella sp. (d = 18)	.	.	.	.	4,1
	Cyclotella sp. (d = 20)	0,3	.	.	.	.
	Cyclotella sp. (d = 22)	.	.	.	0,4	.
	Cyclotella sp. (d=14-16 h=7-8)	.	.	.	.	7,5
	Cyclotella sp. (d=8-12 h=5-7)	.	.	12,6	.	2,0
	Cyclotella sp. (l=6-7 b=12-14)	.	.	.	8,7	.
	Diatoma tenuis	0,2	5,5	.	.	.
	Fragilaria crotonensis	.	.	.	0,3	13,2
	Fragilaria sp. (l=20-40)	.	.	.	0,7	0,2
	Fragilaria sp. (l=40-70)	0,7	1,0	0,5	0,5	4,0
	Fragilaria sp. (l=80-150)	2,2	4,1	0,7	0,2	5,9
	Gyrosigma cf. acuminatum	.	.	.	.	0,4
	Nitzschia sp.	.	.	0,8	.	.
	Nitzschia sp. (l=25-30)	.	0,8	.	1,6	0,8
	Rhizosolenia eriensis	0,1	0,4	0,3	0,5	0,8
	Rhizosolenia longiseta	23,4	5,2	0,5	0,3	1,4
	Tabellaria fenestrata	.	.	1,1	.	.
	Tabellaria flocculosa	.	.	2,5	0,3	.
	Tabellaria flocculosa v.asterionelloides	.	.	.	13,0	1,6
	Ubestemt pennat diatomé	2,0	.	0,6	.	.
	Ulnaria acus	.	0,1	.	.	.
	Ulnaria delicatissima var. angustissima	.	1,6	0,6	0,8	3,2
	Sum - Kiselalger	30,3	24,6	50,0	53,0	143,8
	Cryptophyceae (Svelgflagellater)					
	Cryptaulax sp.	.	0,8	.	.	.
	Cryptomonas curvata	.	.	0,5	0,5	.
	Cryptomonas sp. (l=15-18)	4,0	2,0	4,0	14,0	8,0
	Cryptomonas sp. (l=20-24)	4,8	3,2	24,0	26,4	33,7
	Cryptomonas sp. (l=24-30)	12,0	10,7	76,1	40,1	36,1
	Cryptomonas sp. (l=30-35)	5,4	.	.	5,4	.
	Katablepharis ovalis	4,6	2,8	1,0	0,7	2,0
	Plagioselmis lacustris	11,2	11,2	44,9	33,6	36,1
	Plagioselmis nannoplanctica	12,0	5,1	12,0	15,7	17,0
	Rhodomonas lens	1,4	.	8,4	.	2,8
	Telonema sp. (Chryso2)	.	0,4	2,2	.	0,6

	Sum - Svelgflagellater	55,4	36,1	173,0	136,5	136,2
Dinophyceae (Fureflagellater)						
	Ceratium hirundinella	.	.	3,3	.	.
	Gymnodinium cf.lacustre	2,0	.	.	.	.
	Gymnodinium helveticum	2,6	.	.	1,3	.
	Gymnodinium sp (l=25)	.	.	.	.	1,3
	Gymnodinium sp (l=12)	.	0,9	.	.	.
	Gymnodinium sp. (10*12) (G. lacustre?)	.	0,7	.	.	.
	Gymnodinium sp. (28*25)	.	.	.	0,7	.
	Gymnodinium sp. (9*7)	.	1,8	0,9	1,8	.
	Gymnodinium sp. (l=40)	.	.	.	3,0	.
	Peridinium (Peridinopsis) elpatiewskyi	.	.	.	.	0,7
	Peridinium cf. cinctum	.	.	4,5	.	.
	Peridinium sp. (17*20)	.	.	.	0,2	.
	Peridinium sp. (d=28)	.	.	.	.	1,8
	Peridinium sp. (l=15-17)	.	1,9	.	1,0	.
	Peridinium sp. (l=30-35 b=28-35)	.	.	3,4	.	2,3
	Peridinium umbonatum	.	2,0	5,2	.	.
	Sum - Fureflagellater	4,6	7,3	17,3	8,0	6,0
Euglenophyceae (Øyealger)						
	Trachelomonas sp.	.	.	0,3	.	3,6
	Trachelomonas volvocina	.	.	4,6	.	6,1
	Sum - Øyealger	0,0	0,0	4,9	0,0	9,7
Raphidophyceae (Nåleflagellater)						
	Gonyostomum semen	.	.	5,6	4,2	11,2
	Sum - Nåleflagellater	0,0	0,0	5,6	4,2	11,2
Haptophyceae (Svepeflagellater)						
	Chrysochromulina parva	3,4	9,0	2,1	2,1	2,9
	Sum - Svepeflagellater	3,4	9,0	2,1	2,1	2,9
My-alger						
	My-alger	9,8	21,2	24,8	15,7	14,4
	Sum - My-alger	9,8	21,2	24,8	15,7	14,4
	Sum total:	236,0	167,8	338,2	296,3	448,8

Borredalsdammen

	År	2017	2017	2017	2017	2017	2017
	Måned	5	6	7	8	9	10
	Dag	8	6	4	1	5	3
	Dyp	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m
Cyanophyceae (Blågrønnalger)							
	Aphanocapsa conferta	.	.	1,5	.	.	.
	Aphanocapsa delicatissima	.	.	0,2	.	.	.
	Aphanothece cf. bachmanni	.	.	.	0,6	.	.

	cf. Anathece brachmannii	.	.	0,1	.	.	.
	cf. Aphanocapsa planctonica	.	.	.	104,9	.	.
	cf. Aphanocapsa sp.	0,8	.	.	.	.	.
	cf. Microcystis wesenbergii	.	.	0,4	.	.	.
	Chroococcus minutus	.	.	.	3,2	1,0	.
	Dolichospermum flos-aquae	.	0,5	.	.	.	1,1
	Jaaginema sp.	0,4	0,0	.	.	0,0	1,9
	Merismopedia tenuissima	.	.	.	0,0	0,4	.
	Planktothrix sp.	2,4	6,9	21,6	30,2	2,3	4,1
	Pseudanabaena limnetica	.	0,0	0,2	0,0	.	0,1
	Snowella lacustris	0,3	3,4	1,3	0,5	0,4	0,3
	Woronichinia naegeliana	.	0,6	5,0	6,0	2,0	1,3
	Sum - Blågrønnalger	3,8	11,3	30,2	145,5	6,1	8,8
	Chlorophyceae (Grønnalger)						
	Ankistrodesmus fusiforme	.	.	.	.	.	0,2
	Ankyra lanceolata	.	.	.	.	0,8	.
	Botryococcus sp.	0,6	3,8	.	0,5	0,4	.
	cf. Cosmarium sp.	.	.	.	.	0,8	.
	cf. Nephroselmis olivaceae	0,0	0,2	.	.	0,3	.
	cf. Staurastrum sexangulare	.	.	.	.	2,8	.
	Chlamydomonas spp.	.	2,3	0,4	1,2	1,2	2,0
	Closterium acutum v. variable	0,3	0,3	1,3	0,9	5,6	2,1
	Closterium cf. acutum	.	.	.	.	.	0,2
	Closterium limneticum	.	.	.	.	.	3,8
	Cosmarium phaseolus	.	.	.	.	0,7	.
	Crucigenia quadrata	.	.	.	0,2	.	.
	Crucigenia tetrapedia	.	1,2	19,2	8,0	7,2	2,4
	Dictyosphaerium pulchellum	.	.	1,1	0,4	.	0,6
	Elakatothrix sp.	.	0,8	0,4	1,6	0,2	0,8
	Gyromitus cordiformis	0,7	1,1	0,1	2,1	.	2,1
	Kirchneriella obesa	.	.	.	0,4	.	0,3
	Koliella sp.	.	0,2	0,1	0,4	.	.
	Lagerheimia genevensis	.	.	.	.	.	0,4
	Lobomonas sp.	.	8,0	.	.	.	.
	Løse Oocystis spp.	.	.	43,6	.	.	.
	Monoraphidium cf. minutum	.	72,1	127,4	.	.	.
	Monoraphidium contortum	3,6	1,3	.	0,4	0,2	2,5
	Monoraphidium dybowski	2,7	1,4	.	.	.	3,1
	Monoraphidium dybowski (+ minutum?)	.	.	.	5,2	16,3	.
	Mougeotia sp. (b = 2,5, l = 60)	.	0,1	.	.	.	.
	Mougeotia sp. (b = 4, l = 45)	.	.	.	.	.	1,1
	Mougeotia sp. (b = 9)	1,9	.	.	.	.	.
	Nephrocytium limneticum	.	.	0,3	0,6	.	.
	Oocystis borgei	.	.	.	.	4,8	.
	Oocystis rhomboidea	.	.	.	1,0	.	0,7
	Oocystis sp.	.	.	0,4	.	.	3,0
	Pediastrum boryanum	.	.	.	0,3	.	0,3
	Pediastrum duplex	.	.	.	.	0,9	.
	Pediastrum duplex var. gracillimum	.	.	0,3	.	.	.
	Quadrigula pfitzeri	.	.	2,0	6,3	0,5	.
	Raphidocelis subcapitata	.	.	0,4	.	.	.

	<i>Scenedesmus armatus</i>	0,4	2,7	.	.	.	.
	<i>Scenedesmus bicellularis</i> (<i>S. ecornis</i>)	.	1,9	1,4	2,6	1,4	1,3
	<i>Scenedesmus ecornis</i>	.	.	1,2	.	1,2	.
	<i>Scenedesmus obliquus</i>	5,0	3,2	.	0,9	0,5	0,4
	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	.	.	.	.	.	0,1
	<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	2,8	1,2	10,2	4,2	1,7	.
	<i>Spondylosium planum</i>	.	0,6	.	.	1,4	1,2
	<i>Staurastrum cf. aversum</i>	.	.	.	.	.	4,0
	<i>Staurastrum cf. cingulum v. obesum</i>	.	.	.	.	1,9	.
	<i>Staurastrum pingue</i>	.	.	0,6	.	.	.
	<i>Staurastrum smithii</i>	.	.	.	.	0,2	0,2
	<i>Staurastrum sp.</i>	.	.	.	1,0	0,6	.
	<i>Staurodesmus mamillatus</i>	.	.	.	0,4	2,4	32,0
	<i>Stichococcus bacillaris</i>	.	.	.	.	0,0	.
	Ubest. kuleformet gr.alge koloni (d=5)	.	.	.	.	0,3	.
	Ubest. gr. flagellat	.	.	.	1,8	.	.
	Ubest. kuleformet gr.alge (d=3-5)	1,0	6,7	8,3	1,3	6,4	1,6
	Ubest. kuleformet gr.alge (d=6)	.	1,8	.	.	.	.
	Ubest. kuleformet gr.alge (d=6-8)	1,4	4,3	14,4	1,4	2,9	1,4
	Ubest. ellipsoidisk gr.alge	0,6	18,6	1,9	7,9	5,1	0,6
	Sum - Grønnauger	21,3	133,6	235,1	50,9	68,8	68,4
	Chrysophyceae (Gullalger)						
	<i>Aulomonas purdyi</i>	.	0,5	.	.	.	.
	<i>Bitrichia chodatii</i>	.	0,2	0,4	0,2	0,6	0,8
	<i>Chromulina sp.</i>	.	1,9	2,9	.	1,9	.
	<i>Chrysamoeba sp.</i>	.	.	.	1,4	.	4,2
	<i>Chrysidiastrum catenatum</i>	.	2,1	0,6	0,5	.	.
	<i>Chrysococcus sp.</i>	.	.	.	.	.	2,0
	<i>Chrysolykos planctonicus</i>	.	0,4	.	.	.	.
	Craspedomonader	.	1,9	3,6	1,6	0,6	3,7
	<i>Dinobryon bavaricum</i>	29,4	16,7	1,0	12,0	1,3	2,2
	<i>Dinobryon borgei</i>	.	1,4	.	3,4	0,2	0,2
	<i>Dinobryon crenulatum</i>	0,6	1,8	1,8	6,0	1,2	.
	<i>Dinobryon cylindricum v. palustre</i>	.	4,6	0,3	4,2	3,6	.
	<i>Dinobryon divergens</i>	.	0,4	.	5,0	.	.
	<i>Kephyrion cupuliforme</i>	.	0,5	.	.	.	.
	<i>Kephyrion litorale</i>	0,8	0,5	.	.	.	.
	Løse celler <i>Dinobryon</i> spp.	1,9	2,1	.	.	.	.
	<i>Mallomonas akrokomos</i>	0,3	0,0	2,0	2,0	2,5	0,5
	<i>Mallomonas caudata</i>	2,0	4,9	0,7	1,3	.	2,0
	<i>Mallomonas punctifera</i>	.	.	.	.	1,9	.
	<i>Mallomonas schwemmlei</i>	.	.	.	1,0	.	.
	<i>Mallomonas</i> spp.	.	.	35,1	12,0	.	.
	<i>Pseudopedinella sp.</i>	3,6	.	10,1	0,9	.	2,9
	Små chrysomonader (<7)	25,5	33,8	32,8	46,9	20,3	9,1
	<i>Sphaeroeca volvox</i>	.	.	9,1	.	.	.
	<i>Spiniferomonas trioralis</i>	.	7,0	2,8	1,0	2,2	1,4
	<i>Stichogloea sp.</i>	.	.	.	.	1,3	.
	Store chrysomonader (>7)	41,7	130,2	67,7	65,1	28,6	28,6
	<i>Synura sp.</i> koloni	.	.	.	.	.	6,7
	<i>Synura sp.</i> løse celler	.	.	1,0	2,0	2,0	1,0

	Ubest.chrysophyceae	.	.	.	.	1,0	1,8
	Uroglenopsis sp.	2822,4	30,4	.	39,3	82,2	0,7
	Sum - Gullalger	2928,2	241,5	171,8	205,8	151,6	67,8
	Bacillariophyceae (Kiselalger)						
	Achnanthidium sp.	.	.	.	0,3	.	.
	Asterionella formosa	2,2	0,3	0,4	1,5	3,7	3,3
	Attheya zachariasii	.	.	.	0,1	0,7	0,1
	Aulacoseira alpigena	1,4	21,0	59,6	32,9	42,8	7,0
	Aulacoseira ambigua	.	7,7	.	48,6	.	.
	Aulacoseira distans	2,3	0,7	.	.	.	.
	Aulacoseira granulata	.	.	12,4	16,3	44,0	22,6
	Aulacoseira granulata v.angustissima	.	.	0,4	.	.	.
	Aulacoseira italica	1,6	2,5	4,7	1,2	11,0	26,7
	Aulacoseira italica v.tenuissima	3,2	2,9	3,5	8,3	23,4	40,3
	Cyclotella sp. (b = 20)	.	5,7	.	.	.	.
	Cyclotella sp. (d = 20)	.	.	.	.	1,1	.
	Cyclotella sp. (d = 8-10)	.	.	.	.	.	10,8
	Cyclotella sp. (d = 8-12)	.	.	68,7	.	.	.
	Cyclotella sp. (d=14-16)	.	15,0	22,5	15,0	6,8	.
	Cyclotella sp.5 (d = 10-12)	0,8	15,0	.	4,7	8,7	2,5
	Diatoma tenuis	.	0,7	.	.	0,5	.
	Fragilaria crotonensis	1,1	.	.	4,2	5,6	0,2
	Fragilaria sp.	.	0,0	.	.	.	.
	Fragilaria sp. (l=20-40)	0,1	1,1	.	0,2	.	0,4
	Fragilaria sp. (l=40-70)	0,5	0,2	0,3	0,6	0,7	0,2
	Fragilaria sp. (l=80-150)	1,9	0,6	1,6	3,5	2,4	1,2
	Nitzschia sp. (l=25-30)	.	.	.	.	1,6	.
	Rhizosolenia eriensis	0,1	.	0,2	0,1	0,1	0,3
	Rhizosolenia longiseta	2,8	5,3	0,5	0,2	0,5	0,3
	Tabellaria flocculosa	.	.	.	.	1,1	1,1
	Tabellaria flocculosa v.asterionelloides	.	.	.	1,9	9,6	3,8
	Ubestemt pennat diatomé	1,0	0,9	.	0,6	.	.
	Ulnaria delicatissima var. angustissima	.	.	0,4	0,4	2,0	1,2
	Sum - Kiselalger	19,1	79,7	175,2	140,8	166,4	122,0
	Cryptophyceae (Svelgflagellater)						
	Cryptomonas sp. (l=15-18)	8,0	2,0	.	11,0	7,0	10,0
	Cryptomonas sp. (l=20-24)	8,0	16,8	12,0	26,4	40,9	40,9
	Cryptomonas sp. (l=24-30)	8,0	.	16,0	.	8,0	52,1
	Cryptomonas sp. (l=30-35)	.	.	32,4	5,4	.	.
	Cryptomonas sp. (l=40)	.	8,2	5,2	.	.	9,9
	Katablepharis ovalis	1,4	2,2	5,8	8,4	4,3	7,6
	Plagioselmis lacustris	16,0	16,0	9,6	11,2	17,6	39,3
	Plagioselmis nannoplanctica	6,4	4,6	18,4	21,2	6,4	12,0
	Rhodomonas lens	.	.	.	.	.	8,4
	Telonema sp.	.	.	.	0,7	0,5	0,1
	Sum - Svelgflagellater	47,9	49,8	99,5	84,4	84,8	180,2
	Dinophyceae (Fureflagellater)						
	Gymnodinium fuscum	.	.	.	6,4	40,0	.
	Gymnodinium helveticum	.	2,6	.	.	.	1,3

	Gymnodinium sp. (10*12) (G. lacustre?)	0,7	.	.	.	.	.
	Gymnodinium sp. (25*30)	.	.	.	.	3,1	.
	Gymnodinium sp. (9*7)	.	.	.	1,8	7,4	.
	Gymnodinium sp. (Ø = 30)	.	0,0	.	.	.	.
	Gymnodinium sp. (Ø = 35)	7,8	.	.	.	.	.
	Gymnodinium sp. (Ø = 40)	.	.	1,5	.	.	.
	Peridinium cf. umbonatum	1,2	.	4,8	.	.	.
	Peridinium cinctum	.	14,0	.	.	21,0	14,0
	Peridinium sp. (l=30-35 b=28-35)	.	.	7,2	3,0	4,5	.
	Sum - Fureflagellater	9,7	16,6	13,5	11,2	76,0	15,3
Euglenophyceae (Øyealger)							
	Trachelomonas varians	.	.	.	.	2,1	9,6
	Trachelomonas volvocinopsis	0,9	5,1	15,6	12,9	.	.
	Sum - Øyealger	0,9	5,1	15,6	12,9	2,1	9,6
Raphidophyceae (Nåleflagellater)							
	Gonyostomum semen	25,2	193,2	207,2	406,0	601,2	60,0
	Merotricha capitata	.	.	.	.	5,3	.
	Sum - Nåleflagellater	25,2	193,2	207,2	406,0	606,5	60,0
Xanthophyceae (Gulgrønnaalger)							
	Goniochloris contorta	.	.	.	.	0,2	2,0
	Sum - Gulgrønnaalger	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0
Haptophyceae (Svepeflagellater)							
	Chrysochromulina parva	10,1	2,6	3,6	6,6	7,0	6,9
	Sum - Svepeflagellater	10,1	2,6	3,6	6,6	7,0	6,9
My-alger							
	My-alger	20,4	45,8	34,3	55,6	45,8	32,7
	Sum - My-alge	20,4	45,8	34,3	55,6	45,8	32,7
	Sum total:	3086,5	779,3	986,0	1119,7	1215,1	573,7

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 • post@niva.no