

Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2014



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 Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2014	Løpenr. (for bestilling) 6778-2015	Dato 14.01.2015
	Prosjektnr. Undernr. 14226	Sider Pris
Forfatter(e) Camilla Hedlund Corneliussen Hagman	Fagområde	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fredrikstad Interkommunale Vann, Avløp og Renovasjonsforetak (FREVAR KF)	Oppdragsreferanse Renè Karstensen
--	--------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Gjennom vekstsesongen (juni-oktober) 2014 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 Vestvannet viser resultatene at næringssalter, algebiomasse og klorofyll har sunket. Borredalsdammen har lignende resultater, men en økning i klorofyll. Det ble observert lite cyanobakterier i vannene i 2014, noe større mengde i Vestvannet i august. En mindre økning <i>Planktothrix</i> i Vestvannet i oktober gav trolig årets eneste måling av microcystin, kun rett over deteksjonsgrensen.</p>
--

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



Camilla Hedlund Corneliussen Hagman
Prosjektleder



Nikolai Friberg
Forskningsleder



Thorjorn Larssen
Forskningsdirektør

**Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i
Østfold, 2014**

Forord

Rapporten viser resultatene av FREVAR og NIVAs overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen, Østfold, i 2014. Oppdragsgiver har vært FREVAR KF i Fredrikstad. Overvåkingen er gjennomført i henhold til avtale av mai 2014.

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 2010-2013, 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 ved Vladyslava Hostyeva og Sigrid Haande. Kjemiske analyser er utført ved NIVAs akkrediterte laboratorium. Undertegnede har vært prosjektleder samt utført analyser av planteplankton, bearbeidet data og sammenstillet rapport.

Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.

Oslo, 14.01 2015

Camilla Hedlund Corneliussen Hagman
Prosjektleder

Innhold

	1
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	24
3. Konklusjoner	25
4. Litteratur	26
5. Vedlegg	27
5.1 Fysiske data	27
5.2 Kjemiske analyseresultater	28
5.3 Planteplankton artsliste og biomasseberegning	29

Sammendrag

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har gjennomført overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2014, med fokus på planteplankton og cyanobakterier (blågrønnalger). Resultatene er sammenholdt med data fra tidligere år. I vurderingen av vannforekomstenes egnethet for drikkevann er NIVAs oppdaterte forslag (Solheim m.fl. 2008) tatt inn og benyttet som en del av grunnlaget. I tillegg er Vestvannets økologiske tilstand vurdert i forhold til Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2013).

Innholdet av næringssaltene fosfor og nitrogen er noe redusert i 2014 sammenlignet med foregående år, det samme er algebiomassen. Klorofyll-a mengden har økt noe i Borredalsdammen, men sunket i Vestvannet. Det er ikke observert betydelige endringer i noen målte parametere, heller ikke i algesammensetning. Det meste av algesamfunnet består av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og disse er ikke giftproduserende. Det ble imidlertid målt en liten mengde microcystin i Vestvannet i oktober, trolig forårsaket av *Planktothrix*, som dog i små mengder var den dominerende cyanobakterien på det tidspunktet. Generelt er det lav biomasse av cyanobakterier i både Vestvannet og Borredalsdammen, og microcystin mengden målt var godt under grenseverdier for både drikkevann og badevann.

Som tidligere fremstår Vestvannet og Borredalsdammen også i 2014 som svakt mesotrofe humøse sjøer, med middels innhold av næringssalter og algebiomasse. Vestvannet klassifiserer til svært god økologisk tilstand i hht. Vanndirektivet, og begge vannene vurderes til å være godt egnet til drikkevann med hensyn til microcystin. Derimot vurderes begge dårligere med hensyn til fosformengde og klorofyllnivåer.

Summary

Title: Monitoring of Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Østfold County, SE Norway, 2014.

Year: 2015

Author: Camilla H. Corneliussen Hagman

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6513-2

Norwegian Institute for Water Research (NIVA) conducted in 2014 a monitoring survey of the water quality in Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Fredrikstad, with focus on planktonic algae and cyanobacteria. The findings are compared to data from previous years. NIVA's new 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 Direktoratgruppen, Vanndirektivet 2013) for ecological classification of waters is used as a tool in this report.

The content of the nutrients nitrogen and phosphorus in Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen are somewhat reduced in 2014 compared to previous years, as is the algal biomass. Chlorophyll-a was also reduced in Lake Vestvannet, while it increased in Borredalsdammen. There are no critical changes observed for any of the parameters included in this survey, nor for the algal community. Most of the community is made up by species that are common in the lakes of Østfold County, and they are not toxin producers. There was, however, a small amount of microcystin measured in Lake Vestvannet in October, probably caused by *Planktothrix*, which, although in small amounts, was the dominating cyanobacterium at the time. The biomass of cyanobacteria is generally low in both lakes, and the microcystin level measured was well below the limits for both drinking water supplies and bathing water.

As before, Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen appear as weakly mesotrophic humic lakes, with moderate contents of nutrients and algal biomass. Lake Vestvannet is classified as very good ecological status by the Water Framework Directive guidance, and both lakes are considered to be well suitable for drinking water abstraction with regards to microcystin. However, both are considered poorer with regards to phosphorous contents and chlorophyll levels.

1. Innledning

Innsjøene Vestvannet og Borredalsdammen ligger i hhv. Sarpsborg og Fredrikstad kommune (**Figur 1**) i Østfold, og utgjør i sammen drikkevannsreservoaret for Fredrikstad. Siden 1950 tallet har vann blitt pumpet fra Vestvannet via en pumpestasjon over til Borredalsdammen, som er råvannsreservoar og forsyner industri og 65 000 mennesker med drikkevann. Anlegget leverer i gjennomsnitt ca. 42 000 m³ vann pr døgn. Sommeren 2014 startet Frevar arbeidet med å legge rør fra Vestvannet under Borredalsdammen for direkte å hente drikkevann fra Vestvannet. Dette vil trolig tas i bruk i 2015, og Borredalsdammen vil da kun fungere som reservekilde for Fredrikstad. I 2014 er anlegget i bruk og overvåking utført som tidligere år frem til og med september. I oktober ble det ikke tatt prøver av Borredalsdammen, og fra august kan noen av de målte parameterne være påvirket av påbegynt gravearbeid.



Figur 1. Kartet viser beliggenheten til Vestvannet og Borredalsdammen samt nærliggende vann.

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 Minge vannet. 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 begge 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 lukkestoffet geosmin produsert av enkelte cyanobakterier. Analyser fra Vestvannet viste innhold av algetoksiner på 2,8 µg microcystin pr liter, som var over WHO's anbefalte grenseverdi på 1 µg/L for drikkevann (råvann). 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 få oversikt over mengde, sammensetning og sesongdynamikk for algesamfunnet i de to bassengene, med særlig fokus på cyanobakterier (blågrønnalger) da det er hovedsakelig disse som under riktige forhold kan produsere algetoksiner i ferskvann. Resultatene fra tidligere overvåking er rapportert i Rohrlack og Lindholm (2007), Lindholm (2008), Lindholm (2010, 2010), Lindholm (2011), Haande m.fl. (2012), Hagman (2012) og Hagman (2014). Etter flere påfølgende år uten funn av microcystin og med kun mindre mengder cyanobakterier, ble det i 2012 bestemt å redusere antall prøvetakinger til 6 per år – månedlig fra mai til oktober. Overvåkingen ble videreført innværende år og er i tråd med anbefalinger i overvåkingsveilederen (Veileder 02:2009, Overvåking av miljøtilstand i vann). Dessverre ble oppstart noe forsinket, og både første og andre runde ble dermed i juni.

1.1 Klassifisering og vurdering av tilstand

Datagrunnlaget for denne rapporten er innhentet ved 6 prøvetakinger i perioden juni til oktober 2014. Prøver ble innhentet den 10. og 24. juni, 22. juli, 19. august og 16. september for begge vannene, samt 14. oktober i Vestvannet.

Vurderingene av innsjøenes tilstand er basert på følgende parametere:

- 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), nitrat (µg/L)
- 3) Alger: Klorofyll-a, sammensetning på klassenivå og biomasse av det totale samfunnet, i tillegg spesifikk slekt/artssammensetning av cyanobakterier, og konsentrasjoner av microcystin.

Se nærmere beskrivelse av de ulike parametere i kapittel 2.

I tillegg til årets overvåkingsdata er data fra 2010-2013 inkludert for sammenligning. Data fra Fylkesmannen 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 2014 finnes i vedlegget.

Vestvannet er tidligere år blitt klassifisert i hht. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2009) som rapportert i Haande m.fl. (2012), Hagman (2012) og Hagman (2014). Dette videreføres også i år, men nå i hht. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2013). Denne versjonen er en revidert utgave av forrige, med 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, PTT) samt 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) er sammenlignbare. Klassifisering skjer ut i fra et «verste styre» prinsipp når alle kvalitetselementer summeres, dvs. at den dårligste tilstanden bestemmer tilstanden for hele innsjøen. Vestvannet vurderes som eutrofi-påvirket, kalkrik og humøs lavlandsinnsjø, type L-N8a. Klassifisering er også gjort for 2012 og 2013 for å se evt. endringer i tilstand og avdekke årsvariasjoner.

Da det er manglende bakgrunnsdata tilgjengelig for å bestemme Borredalsdammen til en spesiell vanntype (humus-, kalkinnhold) blir ikke tilstandsklassifisering i hht. Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa,

Vanndirektivet 2013) aktuelt da disse klassegrensene er basert på de ulike vanntypenes referanseverdier. Borredalsdammen blir derfor kun klassifisert i hht. drikkevannsforskriften, med de data som er tilgjengelige og for ett år om gangen. Det samme er 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 KLIFs (tidl. SFI) klassifiseringssystem (Bratli 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 KLIF levert forslag til reviderte kriterier for drikkevannskvalitet (Solheim m.fl. 2008). Aktuelle parametere for denne rapporten er gitt i **Tabell 2**. I forhold til KLIFs 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.

Tabell 1. Klassegrenser for vanntype LN8a – Kalkrike, humøse, store sjøer i lavlandet i hht. Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa, Vanddirektivet 2013). 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, PFI	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 Borredalsdammens 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
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 årsaker, sammenligninger med tidligere data og klassifisering der det er relevant.

2.1 Fysisk-kjemiske egenskaper

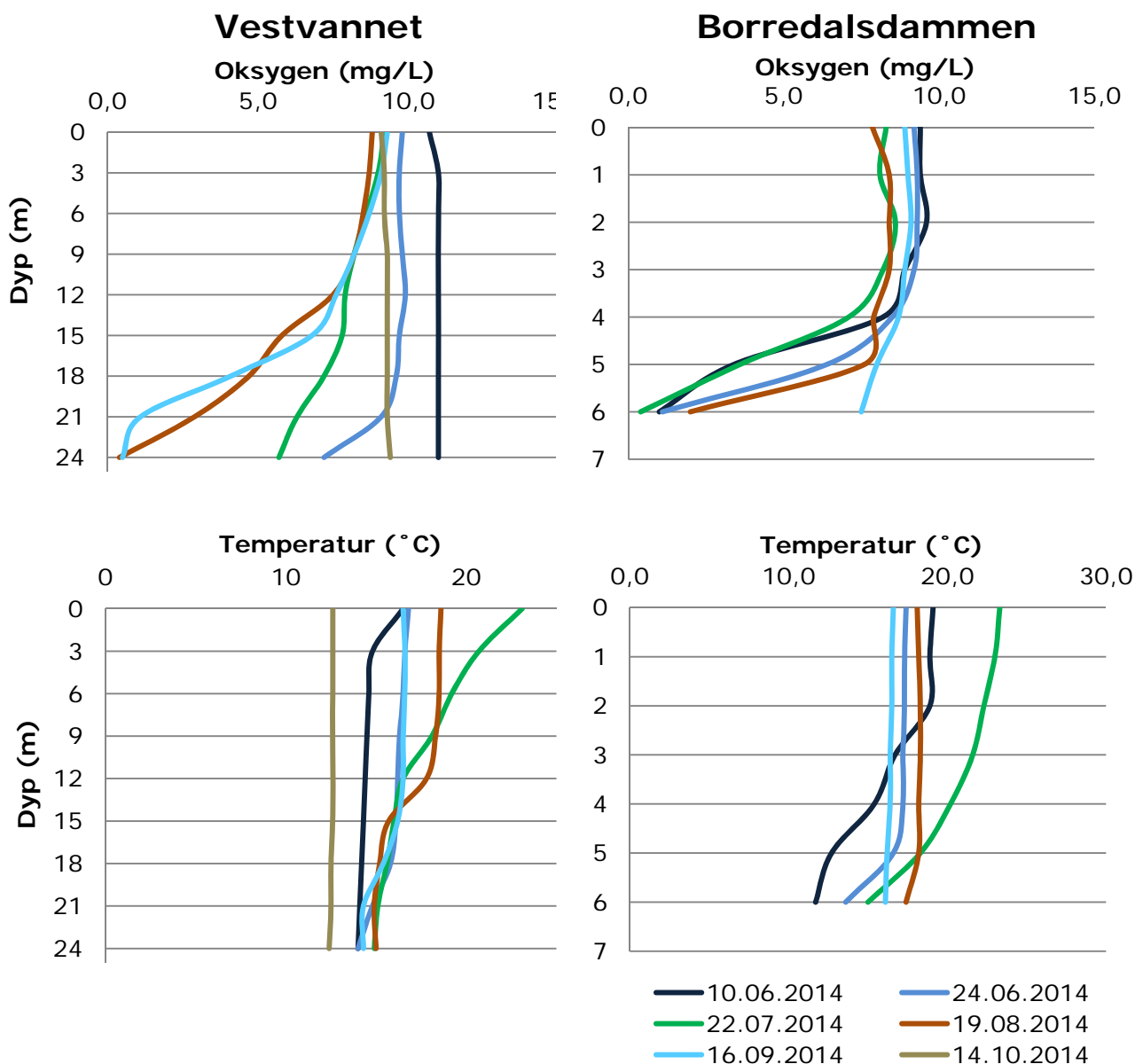
Både de fysisk-kjemiske faktorene og livet i en innsjø bestemmes i stor grad av variasjon i temperatur, siktedyp, turbiditet (målt som STS, suspendert stoff) og oksygeninnhold. Vi skal her gå igjennom hver av disse parameterne, som setter rammen for hvordan livet i innsjøene utvikler seg.

2.1.1 Oksygen og temperatur

Oksygen og temperatur ble målt ved hjelp av en YSI- probe (600 OMS V2). I **Figur 2** vises vertikal fordeling av oksygen (mg/L) og temperatur (°C) for sesongen 2014. Både i Vestvannet og Borredalsdammen er temperatur og oksygen mye likt som tidligere år, og det er ingen store endringer. Gjennomsnittstemperaturene var noe høyere i 2014, og det var noe mindre oksygen. Det kan ha årsak i mangel på mai-prøve, hvorpå årsmiddel påvirkes, og med hensyn til temperaturen kan det også være pga. en spesielt varm sommer i 2014.

Gjennomsnittstemperaturen i overflatevannet var 17,4 i Vestvannet og 18,9 i Borredalsdammen, og høyeste målte temperatur hhv. 23,1 og 23,3, begge 22.juli. I de fleste innsjøer vil det om sommeren være et tydelig temperaturfall på 5-6 meters dyp (sprangsjikt), før man kommer over i det tunge, kalde dypvannet (hypolimnion). Dette er atskilt fra overflatevannet og har et separat, homogent temperaturregime. Denne sjiktningen så man i 2014 til en viss grad i Vestvannet ved ca. 12-15m i juli og august og i Borredalsdammen fra juni til august. Vannet i Vestvannet har høy omrøring og kort oppholdstid pga. innstrømming fra Glomma, og Borredalsdammen det samme pga. innpumping fra Vestvannet og overføring til ledningsnett, noe som trolig er årsak til den dårlige sjiktningen.

Som det fremgår av figuren inneholdt også dypvannet i Vestvannet rikelig med oksygen i juni, juli og oktober, noe som er viktig ikke bare for organismene, men også for hvordan plantenæringsstoffer (nitrogen og fosfor) oppfører seg og hvordan organisk stoff brytes ned. Mønsteret her tilsier at autotrofe (oppbyggende, f.eks. oksygenproduserende, fotosyntetiske) prosesser dominerer over heterotrofe (nedbrytende, bakterielle og respirative), noe som er gunstig i forvaltningsøyemed. I Borredalsdammen var dypvannet mer oksygenfattig fra juni t.o.m. august. I september er det også her mer oksygenrikt. Trolig er dette pga. påbegynt graving i august som vil føre til omrøring av vannmassene.



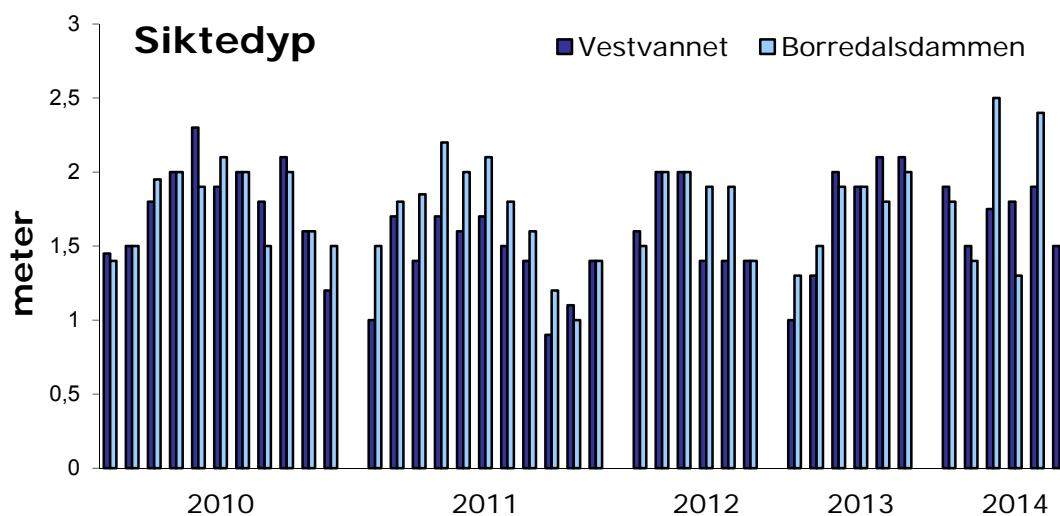
Figur 2. Vertikal fordeling for oksygeninnhold (mg/L, øverst) og temperatur (°C, nederst) for Vestvannet (venstre) og Borredalsdammen (høyre), juni-oktober 2014.

2.1.2 Siktedyp

Siktedypet måles ved at man senker en hvit skive (Secchiskive) ned i vannet til den forsvinner. Så trekkes den opp til den kommer til syne igjen. Dette nivået er siktedypet, og 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. I mange sjøer reflekterer siktedypet i noen grad trofigraden. Klassifisering av økologisk tilstand basert på siktedyp i bht. Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2013) forutsetter samtidig måling av fargen i innsjøen. Dette blir ikke gjort i nåværende overvåkingsprogram for Vestvannet og Borredalsdammen, derfor er ikke siktedyp inkludert i klassifisering i denne rapporten.

Figur 3 viser målinger for siktedypet i Vestvannet og Borredalsdammen gjennom sommersesongene 2010 til 2014. Det er ingen vesentlige forskjeller mellom de fem årene, men vannet var noe mer klart i Borredalsdammen enn i Vestvannet i 2014, som også i både 2011 og 2012. I 2013 var gjennomsnittet det samme i begge innsjøene. Siktedypet varierer en god del i Borredalsdammen, fra måned til måned, og var mer enn én meter lavere i august enn i juli og september. Dette kan skyldes at gravearbeidet var påbegynt ved prøvetakingen i august, noe som ville kunne føre til oppvirvling av sedimenter.

Vanligvis regner man med at alger kan opprettholde fotosyntesen ned til et dyp som tilsvarer 1 til 2 x siktedypet, avhengig av vannets farge. Dette tilsier at det meste av fotosyntesen i vannet foregår i de øverste 3-4 meterne. Enkelte cyanobakterier er imidlertid i stand til å opprettholde fotosyntesen også ved noe svakere lys enn dette.



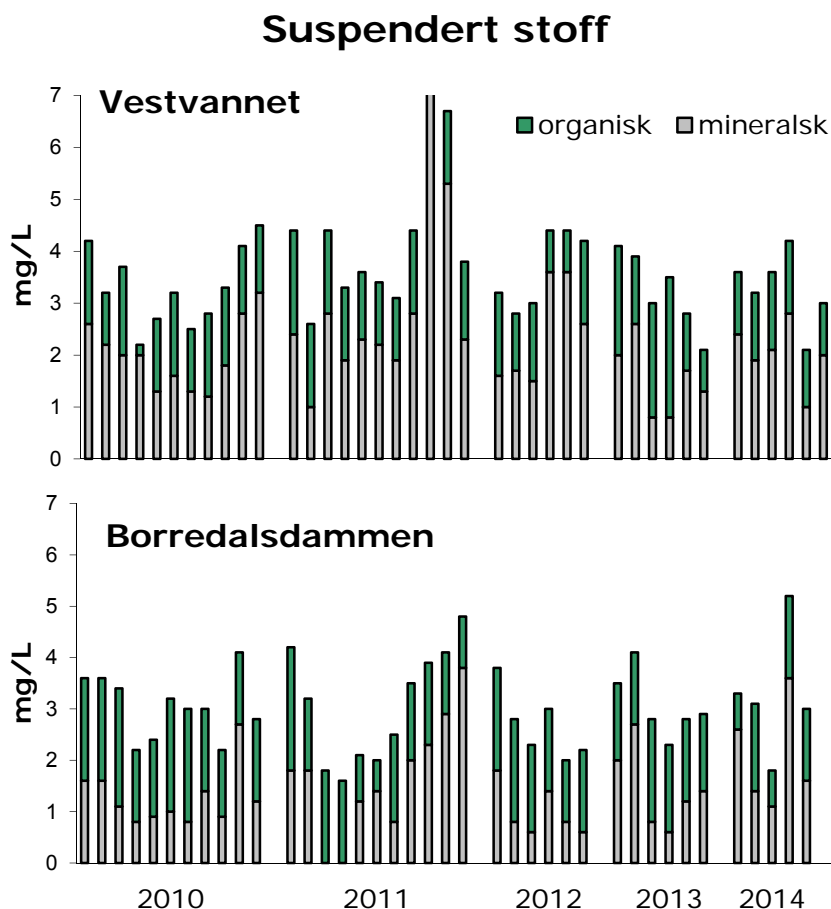
Figur 3. Siktedyp i Vestvannet og Borredalsdammen for årene 2010 - 2014.

2.1.3 Suspendert stoff

Partikkelmengden i innsjøer kan mer presist måles ved å filtrere et vannvolum. Vekten av filtratet defineres som totalt suspendert stoff (STS), og måles i mg/L. Ved oppvarming til 550°C fjernes den organiske fraksjonen, og tilbake blir den andelen som er mineralpartikler (særlig silt, til en viss grad også leire). Partikkelmengden i vannet bestemmes av tilførsel fra bekker, diffus avrenning (særlig fra dyrket mark), mengden planteplankton i vannet, og resuspensjon (utvasking og oppvirvling) fra bolgeslag mot strender og grunne sedimenter.

Figur 4 viser partikkelmengden 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, og noe lavere i Borredalsdammen enn i Vestvannet, som også observert i tidligere år. Mønsteret som kommer frem passer godt med de målingene av siktedypet antyder, bortsett fra noe avvik i september i Vestvannet og juni i Borredalsdammen.

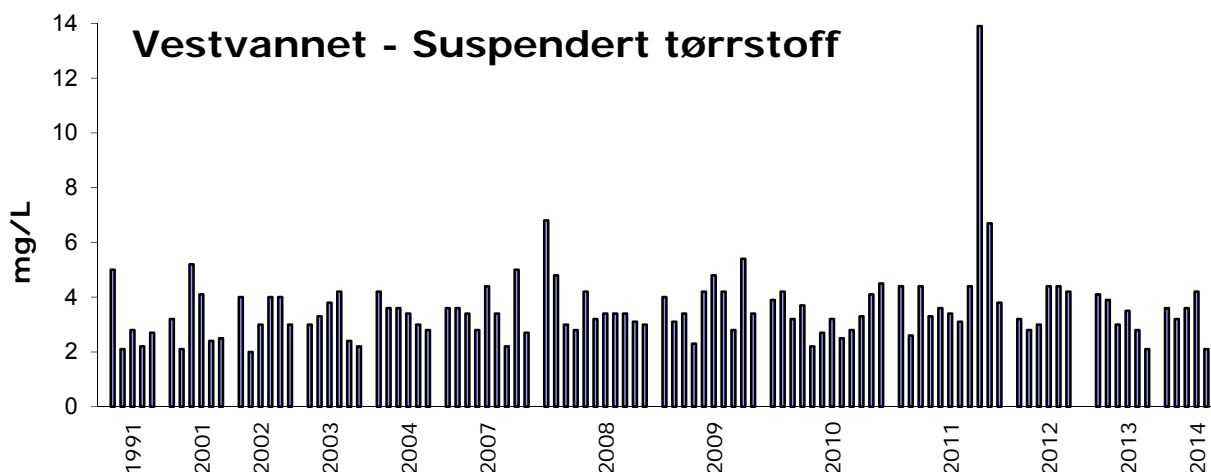
Vestvannet har hatt et jevnt innhold av STS de siste fem årene, med en kort topp i 2011 og deretter noe lavere mengder de siste tre år. Det er hovedsakelig mineralske partikler som varierer og har vært lavere de seneste årene. Slik variasjon skyldes flomperioder hvor særlig leire vaskes ut i innsjøene, og kan forventes i elvepåvirkede sjøer. Dominans av mineralsk fraksjon på våren og forsommeren tyder på tilsig og er ikke uvanlig. I 2014 var det ingen utpregede episoder i Vestvannet eller Borredalsdammen, men økt innhold av spesielt mineralsk, men også organisk fraksjon i august tyder på effekt av gravearbeid.



Figur 4. Innholdet av suspendert stoff (mg/L) for 2010-2014 i Vestvannet og Borredalsdammen. Fraksjoner av organisk og mineralsk stoff er markert.

Fra 2013 til 2014 ser vi en økning i total partikkelmengde i Vestvannet (fra 3,2 til 3,5 mg/L), mens det har vært en nedgang i organisk fraksjon (fra 1,7 til 1,25 mg/L). Dette er motsatt av observasjonen fra 2012 til 2013, og tyder på årsvariasjoner. Mest organiske partikler finner vi i (juni, Borredalsdammen) juli til august i begge bassengene, men det var hele sesongen dominans av mineralske partikler. Dette er endring fra tidligere år i Borredalsdammen, da organiske partikler har dominert, men for Vestvannet var kun 2013 et spesielt år med mye organisk fraksjon.

Figur 5 viser innholdet av suspendert stoff i Vestvannet for 1991, for 2001-2004 og for 2007-2014 (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Det er ingen klare endringer for perioden.

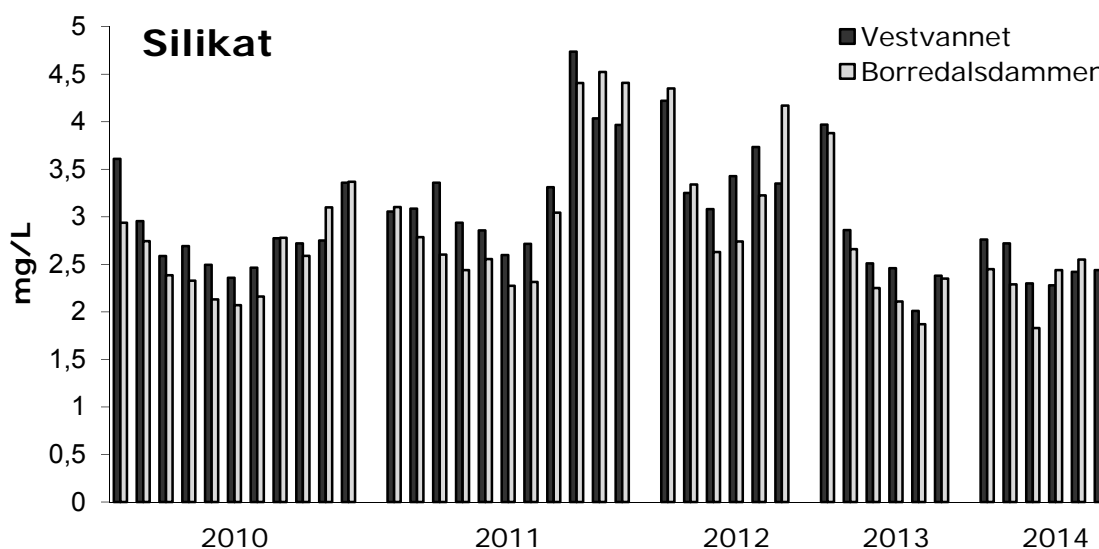


Figur 5. Innholdet av suspendert stoff i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

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 innholdet av silikat (mg/L) gjennom sommerhalvåret de fem siste år i begge vannene. Innholdet av silikat var høyere mot slutten av 2011 og i 2012, men ellers har det ligget på relativt jevnt nivå, dog noe lavere i 2014. Middelverdiene i hhv. Vestvannet og Borredalsdammen i 2014 var 2,5 og 2,3 mg/L, en nedgang fra hhv. 2,7 og 2,3 i 2013 og 3,51 og 3,41 i 2012. I 2014 er heller ikke kiselalger dominerende i noen av bassengene, og ikke er silikatmengden så varierende gjennom sesongen som den har vært tidligere. Blandingen av vannmassene gjennom sesongen i Vestvannet bidrar trolig til en viss resirkulering av silikat fra bunnvannet og hindrer utarming av dette nøkkelstoffet fra overflatevannet. Årsaken til årsvariasjoner er usikker, men silikat påvirkes kun i liten grad av menneskelig påvirkning.



Figur 6. Innholdet av silikat (mg/L) i Vestvannet og Borredalsdammen gjennom sommerhalvåret 2010-2014.

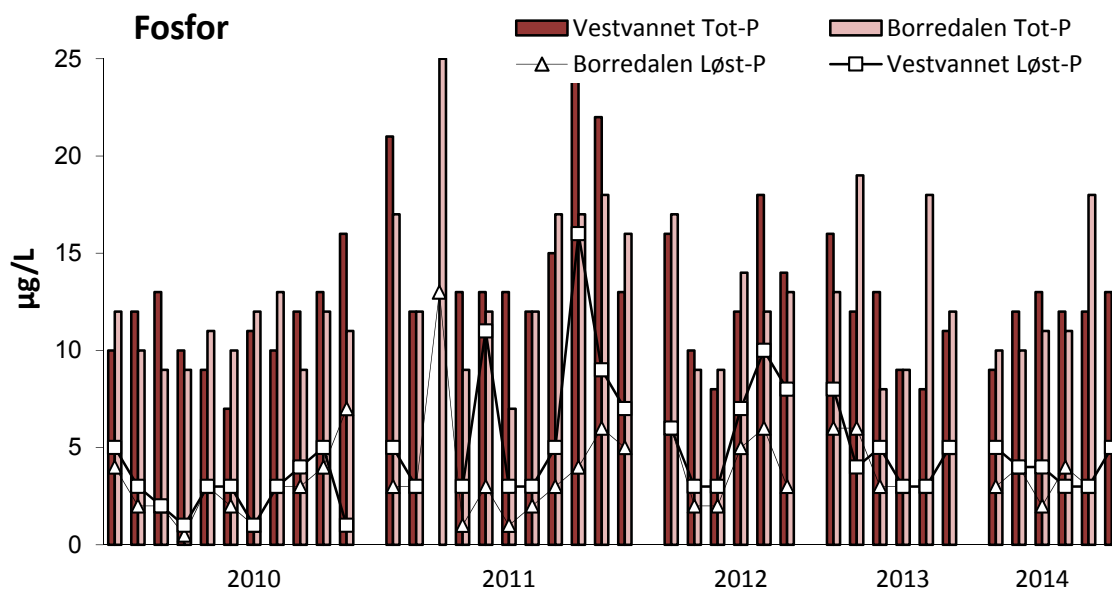
2.1.5 Næringsalter

Fosfor og nitrogen er sentrale 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 mengde-forholdet 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. Mye av fosforet er bundet til leirpartikler, og utilgjengelig for alger. Det er derfor også viktig å ha informasjon om den fraksjonen som er oppløst og biotilgjengelig (i form av nitrat og ortofosfat). Totalmengden fosfor og nitrogen er begge med som fysiske-kjemiske kvalitetselement i klassifisering av eutrofi-påvirkede innsjøer. Totalt fosfor er også støtteparameter for klassifisering av drikkevannskvalitet.

Fosfor

For å være «godt egnet» til drikkevann må innholdet av totalt fosfor ikke overskride 7 µg/L, mens øvre grense for «mindre egnet» er angitt som 20 µg/L. De nye egnethetsvurderingene fra NIVA (Solheim m.fl. 2008) opprettholder disse grensene. For å kvalifisere til minimum god økologisk tilstand i følge Veilederen 02:2013 (Direktoratsgruppa, Vanddirektivet 2013) må totalt fosfor for vanntype LN-8a (Vestvannet) ikke overskride 19 µg/L.

Innholdet av fosfor i de to bassengene, målt som totalt fosfor og løst fosfat, for sommersesongene 2010 til 2014 er vist i **Figur 7**. Det er ingen tydelige forskjeller mellom de fem måleseriene, men sesongvariasjonen er noe mindre i 2014 enn de seneste år. I tillegg er det ingen forhøyede verdier på forsommeren, noe som kan forklares bl.a. ved at det i 2014 ikke ble tatt prøver i mai, men først i juni. Prøvetakingen har trolig ikke fanget opp evt. vårflokk med tilhørende utvasking av fosforholdig leire og løst fosfat fra menneskelig aktivitet fra nedbørsfeltet. Borredalsdammen hadde i 2014 betydelig høyere verdi av totalt fosfor i september, mens Vestvannet hadde høyest verdier i juli og oktober. Forskjellene mellom de to bassengene har stort sett vært små de seneste årene, og hvilket basseng som inneholder mest fosfor varierer med årene. I 2014 har Borredalsdammen hatt et noe høyere innhold av totalt fosfor enn Vestvannet, men dette er kun pga. den høye verdien i september.



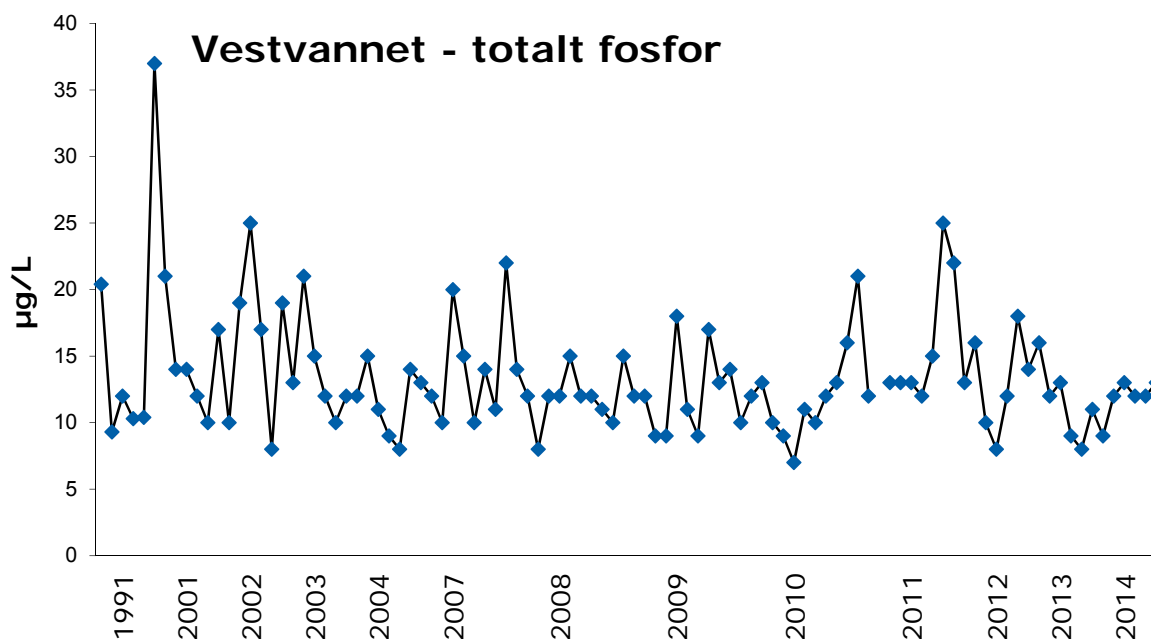
Figur 7. Konsentrasjoner av fosfor i overflatevannet (0-4 m) for sommersesongene 2010-2014. Søylar angir totalt fosfor, linjer angir løst fosfat.

Årlig gjennomsnittskonsentrasjon av totalt fosfor i Borredalsdammen var henholdsvis 10,7, 14,7, 12,3, 13,2 og 12 $\mu\text{g P/L}$ de fem siste år. Dette plasserer vannet i kategorien «Mindre egnet» i forhold til drikkevannsklassifiseringen i alle årene fra 2011. Bare i 2010 havnet vannet i klassen «Egnet». I Vestvannet har årsgjennomsnittet av totalt fosfor de siste fem årene vært hhv. 11,2, 15,9, 13,0, 11,5 og 11,8 $\mu\text{g P/L}$. Som drikkevann har dette alle år kvalifisert til «Mindre egnet». I følge klassifiseringsveilederen er Vestvannet derimot i «Svært god» økologisk status i 2014, som i 2013. En forbedring fra «God» status i 2012.

Fosfor er ofte begrensende næringsstoff for algeproduksjonen. Fosforinnhold er også medbestemmende for fastsettelse av trofigrad, 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**), og denne andelen har vært ganske lik i de to vannene frem til 2011 da Vestvannet hadde høyere, samt noen ekstremt høye, verdier av løst fosfat. Siden da har Borredalsdammen gjennom sesongene hatt lavere årsmiddelverdier av fosfat enn Vestvannet. I 2014 er mengden løst fosfat i Vestvannet lavere enn foregående år i begge vannene.

Vi har også foretatt en sammenstilling av verdiene for totalt fosfor i Vestvannet for årene 1991, 2001-2004 og 2007-2014 (**Figur 8**). Det er ingen målbare trender for de årene som er lagt til grunn.

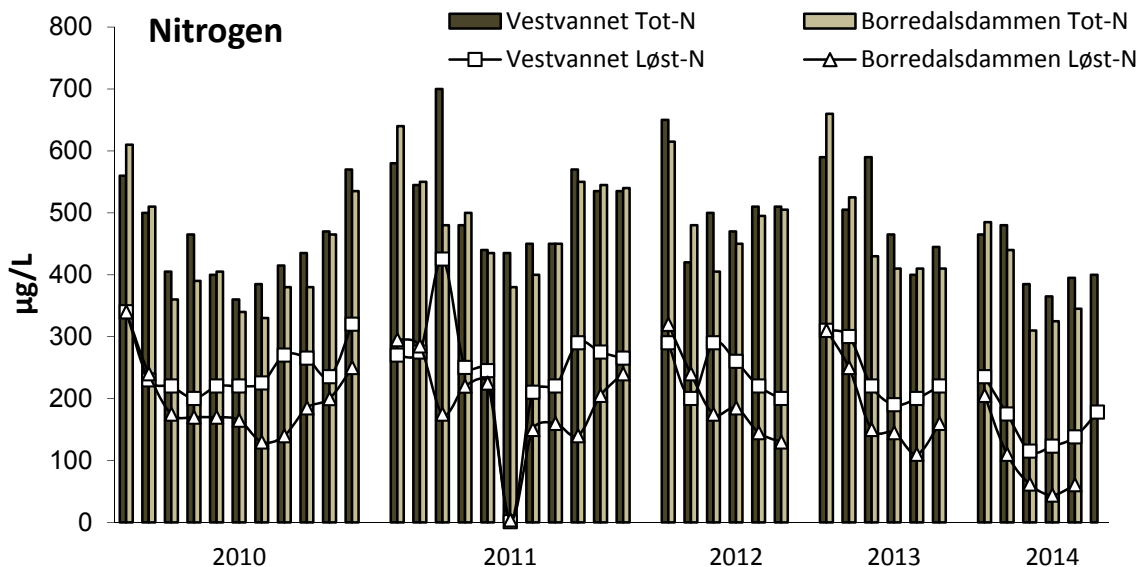


Figur 8. Innholdet av totalt fosfor i Vestvannet for de år det finnes data for (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

Nitrogen

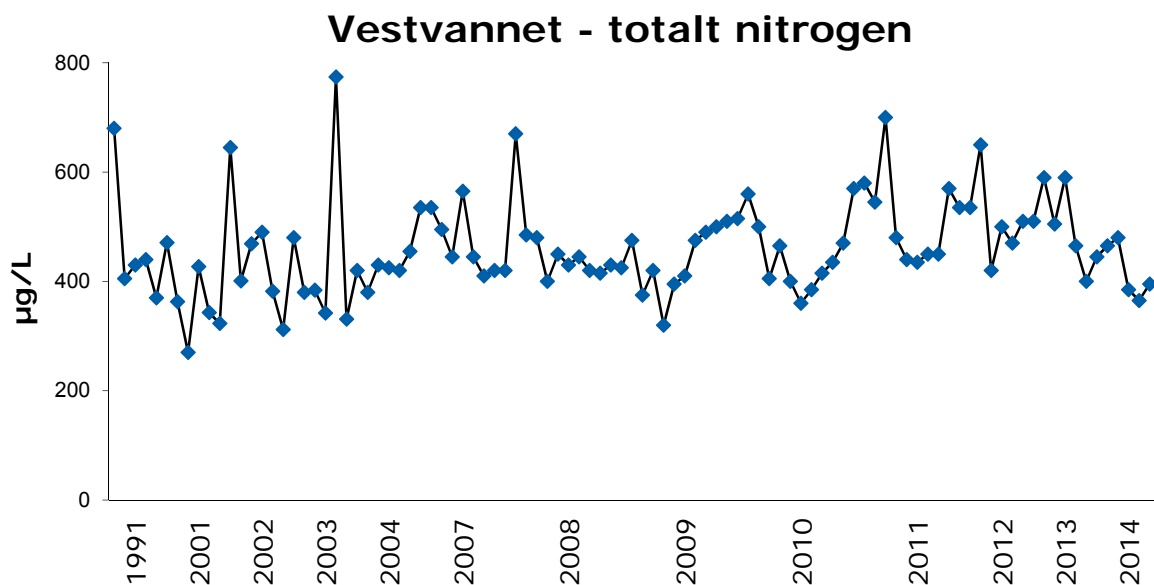
For å kvalifisere til minimum god økologisk tilstand i følge Veilederen 02:2013 (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2013) må totalt nitrogen for vannstype LN-8a (Vestvannet) ikke overskride 774 $\mu\text{g/L}$. Nitrogen er ikke en parameter i vurderingen av egnethet for drikkevann. I 2014 følger nitrogeninnholdet samme mønster og fordeling som tidligere år (**Figur 9**), men årsgjennomsnittet fortsetter å synke. Totalt

nitrogen i Vestvannet i 2014 er 415 $\mu\text{g/L}$, en nedgang fra 499 $\mu\text{g/L}$ i 2013. Dette kvalifiserer også i 2014 til økologisk tilstand «Svært god». I Borredalsdammen var totalt nitrogen 385 $\mu\text{g/L}$ og 474 $\mu\text{g/L}$ i hhv. 2014 og 2013. Også i 2014 er både nivået av totalt nitrogen og nitrat høyere i Vestvannet enn i Borredalsdammen. Nitratinnholdet har ofte vært målt særlig høyt de samme datoer hvor siktedypet har vært observert lavt, noe som indikerer at de forhøyete nitratverdiene i Vestvannet er koblet til flomepisoder i Glomma, med økt lokal avrenning av nitrat fra diffuse kilder oppstrøms, som har flommet inn i Vestvannet. Dette kan stemme også med noe høyere verdier i juni 2014, men nivåene er jevnere gjennom sesongen 2014 enn tidligere. Dette skyldes trolig mangelen på mai-prøve som utelater de verste effektene av flom.



Figur 9. Nitrogen i overflatevannet (0-4 m) for perioden 2010-2014. Søyler angir totalt nitrogen, og linjer angir løst nitrat.

Innholdet 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

Produksjonen av organisk stoff i vannet bestemmes av den totale mengden alger som produseres til enhver tid. Mengden bestemmes i stor grad av innholdet av nitrogen og fosfor. Å beregne den faktiske mengden alger i vannet 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 algegifter, særlig microcystin, måles ved kjemisk analyse av vannprøver. Fra og med 2014 er planteplankton et biologisk element i klassifiseringen av økologisk tilstand. Klassifiseringen baseres hovedsakelig på biologiske elementer, med fysiske-kjemiske elementer som støtteparametere.

Klorofyll

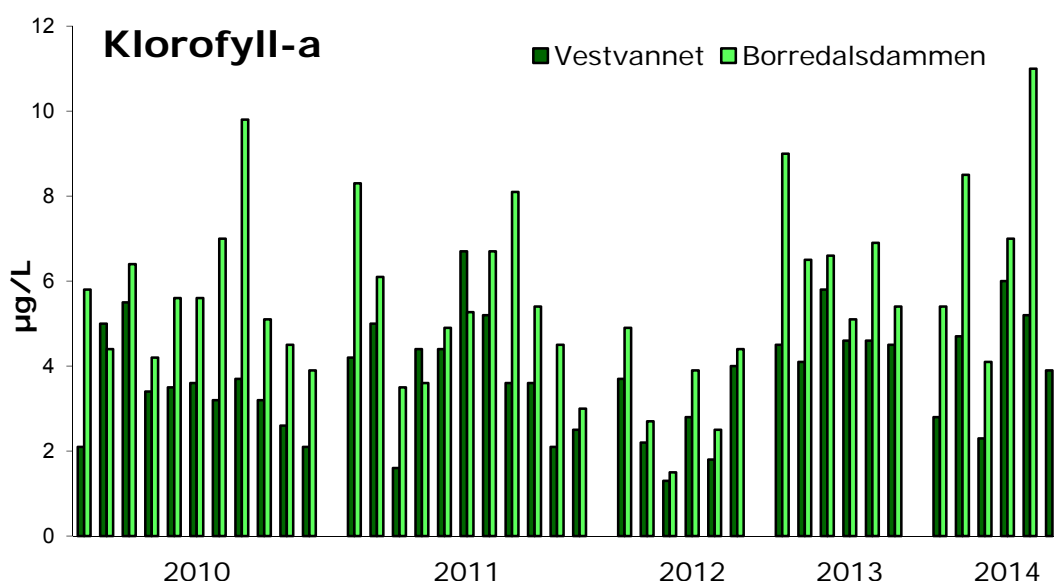
I KLIFs klassifikasjonssystem for drikkevann var klorofyllmengden ikke en sentral parameter. Grunnen er at klorofyllinnholdet påvirkes av faktorer som ikke nødvendigvis er direkte knyttet til drikkevannskvalitet. Blant annet påvirkes mengden av hvor mye beitende zooplankton som finnes i vannet, noe som i sin tur influeres av bl.a. mengde og sammensetning av fisk i innsjøen. I NIVAs nye forslag til egnethet som drikkevann er det foretatt en justering, der grensen for ”godt egnet” mht. klorofyll er satt til 3 µg/L, og nedre grense for ”mindre egnet” er satt til 10 µg/L (**Tabell 2**; Solheim m.fl. 2008).

Mengden klorofyll-a i overflatevannet over sommersesongene 2010-2014 er vist i **Figur 11**.

Årsmiddelverdien har økt de siste årene i Borredalsdammen, også i 2014, mens Vestvannet varierer fra år til år, og i 2014 har gått noe ned. Verdiene stemmer overens med tilsvarende årsvariasjoner i algebiomasse. Borredalsdammen har generelt et noe høyere klorofyllnivå enn Vestvannet alle årene, også gjennom hele sesongen i 2014. Klorofyllmengden påvirkes bl.a. av vanntemperaturen, som også generelt er noe høyere i Borredalsdammen. Høyeste konsentrasjoner av klorofyll i Borredalsdammen i 2014 var 11 µg/L, mens tilsvarende verdi for Vestvannet var 6 µg/L. Årsgjennomsnitt av klorofyll-a de siste fem årene er for Borredalsdammen hhv. 5,7, 5,4, 3,3, 6,6 og 7,2 µg/L mens tilsvarende verdier for Vestvannet er 3,4, 3,9, 2,6, 4,7 og 4,15 µg/L. Klorofyllnivåene kan ofte forklares i noen grad av temperatur og vær, som tidligere observert i både Vestvannet og Borredalsdammen. I begge vannene sank klorofyllverdiene frem til 2012,

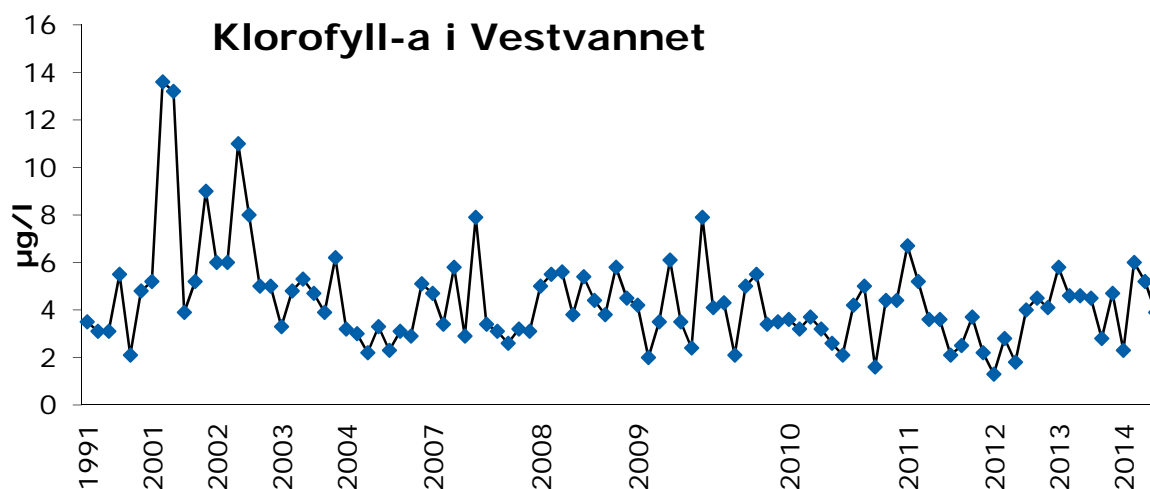
for deretter å øke igjen i 2013, i tråd med en kald og våt sommer i 2012 og en varmere 2013. 2014 var også en varm sommer, med høyeste overflatetemperatur på 23,3°C i Borredalsdammen og 23,1°C i Vestvannet (begge 22. juli), høyere enn både 2012 og 2013. Klorofyllverdiene i Vestvannet har derimot ikke økt i 2014, men det er kun en liten nedgang.

I følge de foreslåtte grenseverdiene for drikkevann er klorofyllverdiene høyere enn det som er ønskelig i Borredalsdammen. Nivået har klassifisert til «Mindre egnet» i årene overvåking har blitt utført. Bare i 2012 havnet vannet i kategorien «Egnet». Høyeste verdi i Borredalsdammen i 2014 er 12 µg/L, over grensen til «Uegnet» som er >10 µg/L, men dette er kun en enkeltverdi. Vestvannet ligger lavere gjennom hele sesongen 2014, som tidligere år. Som drikkevann har Vestvannet siden overvåkingen startet blitt klassifisert til «Egnet», også i 2014, med unntak av 2012 hvor det var «Godt egnet». Årsgjennomsnittet i 2014 på 4,15 µg/L gir Vestvannet status som «Svært god» i henhold til Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet, 2013).



Figur 11. Algemengde i Vestvannet og Borredalsdammen gitt som konsentrasjon av klorofyll-a (µg/L) for perioden 2010-2014.

En sammenstilling av klorofyll-a for utvalgte år (1991, 2001-2004 og 2007-14; **Figur 12**) viser en svak trend til nedgang i klorofyllverdier, og 2014 ser ut til å ligge på omtrent samme nivå som tidligere. Ingen dramatiske endringer har funnet sted de seneste årene.



Figur 12. Innholdet av 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

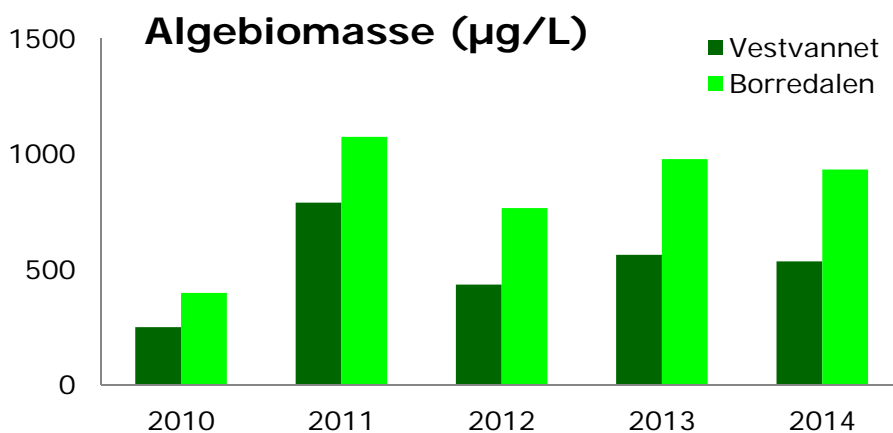
For å undersøke sammensetningen av alger i vannet ble prøver analysert til grupper (divisjoner og klasser) i Borredalsdammen, og til slekt- eller artsnivå der mulig i Vestvannet for å ha grunnlag til klassifisering. De ulike gruppene/artenes relative bidrag til total algebiomasse ble beregnet (mg våtvekt pr.m^3 , tilsvarende $\mu\text{g/L}$). Slike undersøkelser gir nyttig informasjon, fordi de ulike algegruppene har ulik funksjon og økologi, som på forskjellig vis også påvirker 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 (*Gonyostomum semen*). I tillegg er klorofyllinnholdet lavt i enkelte av gruppene som ble påvist, bl.a. svelgflagellater, som utgjør en betydelig andel av algefloren i disse vannene. Av denne årsaken vil også forholdet mellom klorofyll og algebiomasse kunne variere gjennom sesongen, ettersom dominerende algegrupper med ulikt innhold av klorofyll også varierer.

Den totale biomassen er også i 2014 betydelig høyere i Borredalsdammen enn i Vestvannet (årsmiddelverdi hhv. 933 og 536 $\mu\text{g/L}$, **Figur 13**), men ikke spesielt høy i noen av innsjøene likevel, og en svak nedgang fra 2013. Begge vannene har de seneste årene holdt seg på et jevnt og lavt nivå av algebiomasse. Årsmiddelverdien i Vestvannet i 2014 gir innsjøen «Svært god» økologisk status i hht. klassifiseringsveileder 02:2013 (Direktoratsgruppa, Vanddirektivet 2013), ingen endring fra foregående år.

I **Figur 14** ser man fordelingen av de ulike algegruppene gitt som biomasse og også total biomasse i løpet av sesongen 2014. Fordelingen av gruppene er omtrent som tidligere år men det er mindre dominans av enkeltgrupper og også variasjon i sesongdynamikken i 2014 sammenlignet med tidligere.

Borredalsdammen har også i 2014 høyere algebiomasse enn Vestvannet gjennom hele sesongen, begge likevel lave. Begge vannene har økte verdier i slutten av juni og i august, men mens biomassen i Vestvannet avtar i september-oktober, er det i Borredalsdammen fremdeles økning fra august til september. Variasjonen i biomasse passer godt med samtidig målte klorofyllverdier, og den høyere mengden biomasse i august kan forklares av varme sommertemperaturer med påfølgende økt algevekst. Slike sesongvariasjoner kan også være et resultat av prøvetaking hver 4. uke, som unngår eller tilfeldigvis plukker opp enkeltepisoder. Sesongvariasjoner blir tydeligere jo lengre intervall prøvetakingen har. Som tidligere utgjør kiselalger, svelgflagellater og gullalger hovedparten av algebiomassen i begge vannene gjennom hele sesongen, og det er også disse som øker mest i juni og august. Dette er en vanlig

sammensetning av algegrupper i norske innsjøer som ikke har problemer med eutrofiering eller oppblomstring av cyanobakterier.



Figur 13. Algebiomasse (µg/L) i Vestvannet (mørk grønn) og Borredalsdammen (lys grønn) – årsmiddelverdier for de fem siste årene.

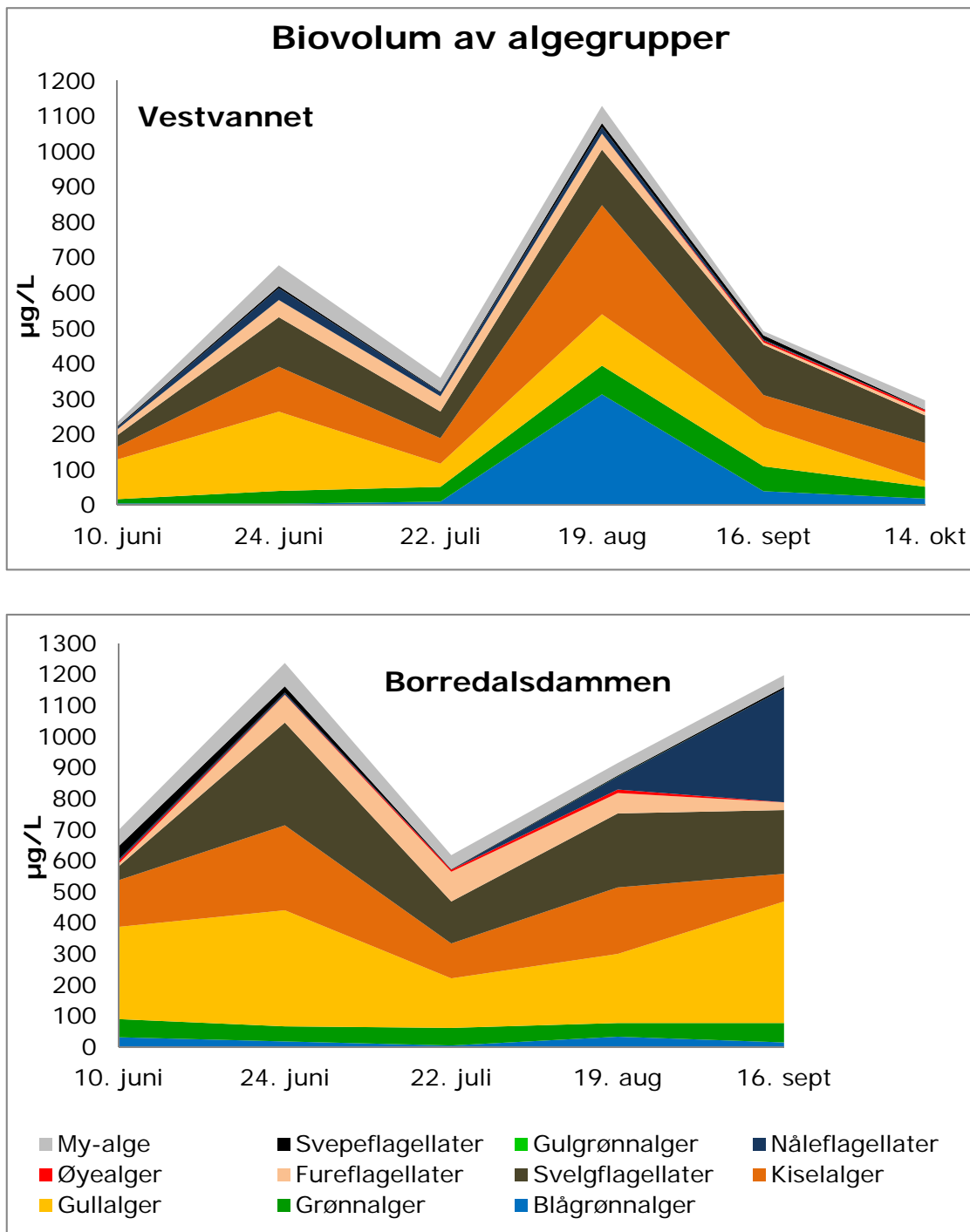
Vestvannet ligger lavt i biomasse gjennom hele sesongen. Toppen i juni skyldes økning hos flere algegrupper i sum, men hovedsakelig gullalgen *Uroglena* forekom i større mengder i juni. I august skyldes den økte biomassen cyanobakterien *Anabaena*, og noe kiselalgen *Cyclotella*, men også her er det generelt mer av flere av algegruppene sammenlignet med resten av sesongen. Det er svært små mengder av nåleflagellaten *Gonyostomum semen* i 2014, som i 2013, noe som er positivt. Artssammensetningen i Vestvannet i 2014 gir i følge klassifiseringen status som «God» ved bruk av en trofisk indeks (PTI). Denne indeksen baserer seg på analyse til slekt eller art, og dette er ikke mulig for tidligere år da analysen kun har vært til grupper. Beregning for 2012 og 2013 er dermed ikke mulig for PTI og sammenligning kan ikke gjøres.

I Borredalsdammen, som i Vestvannet øker algemengden i slutten av juni som følge av en økning i flere algegrupper, hovedsakelig gullalger (*Uroglena*), kiselalger og svelgflagellater. I motsetning til Vestvannet er derimot økningen i august kun som følge av en økning i disse algegruppene, og det er kun små mengder cyanobakterier i Borredalsdammen hele sesongen. I september kommer det noe mer gullalger (*Uroglena*, *Dinobryon*), men her er det også stor vekst av *G. semen* som bidrar til en fortsatt økning i biomasse fra august.

Gonyostomum semen, en invaderende art som gjerne betegnes som problematisk, er den mest kjente arten av gruppen nåleflagellater (Raphidophyceae) i Norge. Den kan danne masseoppblomstringer, opp til 99 % av den totale algebiomassen i noen 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 2014 er det ikke høy biomasse av denne algen i hverken Vestvannet eller Borredalsdammen, med høyest andel av den totale biomassen på 5 % i Vestvannet (24. juni) og 31 % i Borredalsdammen (september). Dette er en økning siden 2013 (hhv. 2 % og 19 %), men i Vestvannet mindre og i Borredalsdammen omtrent det samme som i 2012.

Gullalgene bestod i 2014, som tidligere år mye av slektene *Dinobryon* og *Uroglena*. Dette er alger som kan gi vannet en særegen, ubehagelig lukt hvis konsentrasjonene blir høye, noe som kan skje under gunstige næringsforhold. *Dinobryon* har tidligere bidratt til luktproblemer i drikkevannet ulike steder i Østfold. Kiselalgene var i 2014 dominert av slekter som *Asterionella*, *Aulacoseira* og *Tabellaria*, i Borredalsdammen også mye *Fragilaria (Ulnaria)*. Dette er store alger som i liten eller ingen grad beites av dyreplankton, og dermed kan de danne store bestander uten at dette nødvendigvis er en effekt av høyt næringsinnhold i

sjøen. Slekten *Cyclotella* bidro mye til biomassen i august. Svelgflagellatene domineres av *Plagioselmis nannoplanctica* (tidligere betegnet *Rhodomonas lacustris* og *R. nannoplanctica*) og ubestemte arter av slekten *Cryptomonas*. Disse algene er alle vanlige slekter i norske innsjøer. Cyanobaktoriesamfunnet i innsjøene er beskrevet i kapittel 2.2.2.



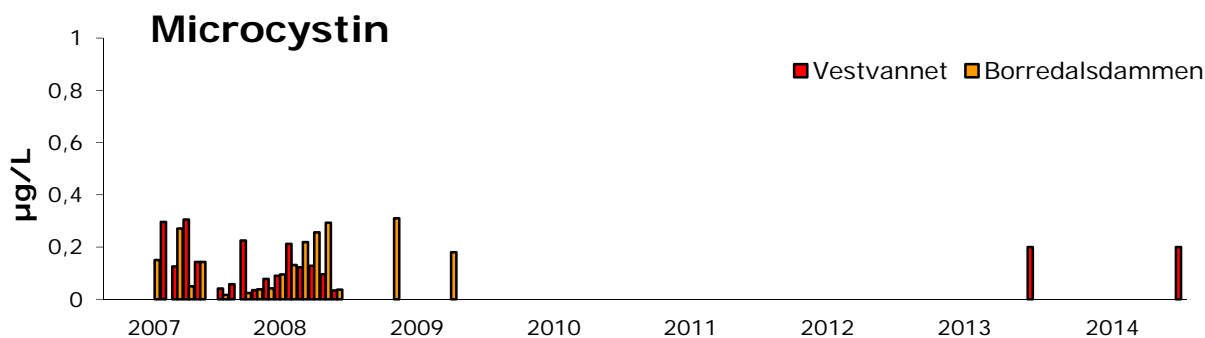
Figur 14. Fordeling av ulike algegrupper (μg våtvekt/L) i overflatevannet for Vestvannet og Borredalsdammen for 2014.

2.2.2 Cyanobakterier og algetoksiner

Innholdet av cyanobakterier har siden 2010 vært betydelig lavere enn tidligere år, men i 2014 var det en liten økning i Vestvannet i august. Borredalsdammen har også i 2014 en lavere andel med hensyn til biomasse (maks. verdi 4 % i Borredalsdammen 10. juni mot 28 % i Vestvannet 19. august). I 2013 hadde Borredalsdammen flere ulike slekter/arter av cyanobakterier enn Vestvannet, men i 2014 er dette motsatt, som det var tilbake i 2012. Sammensetningen er relativt lik i de to vannene. Av identifiserte slekter dominerte trådformede cyanobakterier gjennom mye av sesongen i Borredalsdammen, spesielt *Anabaena*, men også *Planktothrix* og *Jaaginema*, noe *Aphanizomenon* mot slutten av sesongen. Koloniformede slekter som *Woronichinia*, *Snowella* og *Coelosphaerium* forekommer sjeldnere og i mindre mengder. I Vestvannet består også hovedparten av cyanobakterienes biomasse av *Anabaena*, samt noe *Aphanizomenon* og mindre mengder *Planktothrix*. Her utgjør koloniformer større andel av biomassen i forhold til i Borredalsdammen, og både *Woronichinia* og *Microcystis* opptrer raskt i økt, men ikke stor, mengde. Blant de påviste artene er algegifter særlig assosiert med oppblomstringer av slektene *Planktothrix*, *Microcystis* og *Anabaena*. Den høyeste biomassen av cyanobakterier i 2014, observert i Vestvannet i august, består av *Anabaena* og *Aphanizomenon*. Verdien var på 312 µg/L, som gir en klassifisering som «God» økologisk tilstand for denne parameteren. Samlet for 2012-2014 derimot gir gjennomsnittet av disse årenes maks. verdier av cyanobakterier «Svært god» tilstand.

Microcystin er en algegift som erfaringsmessig kan forårsake redusert drikkevannskvalitet. Det produseres av mange ulike cyanobakterier, og registreres ved om lag halvparten av alle algeoppblomstringer. 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. protrauert giftvirkning (forsinket effekt i museforsøk) eller nevrotoksisk effekt.

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 2007-2014 er vist i **Figur 15**. I 2007 og 2008 ble det påvist små til moderate mengder microcystin i begge bassenger, men godt under den anbefalte grenseverdien. I 2009 ble det bare registrert microcystin i vannprøvene ved to anledninger, begge fra Borredalsdammen, og begge tilfeller lave verdier. 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 var ikke spesielt stor biomasse av cyanobakterier i oktober 2014, men det som var til stede var hovedsakelig *Planktothrix*, som ser ut til å være den algen som hovedsakelig opptrer ved episoder hvor microcystin påvises i Borredalsdammen og Vestvannet. Begge innsjøene kvalifiserer også i 2014 til «Godt egnet» for drikkevann med hensyn til microcystin.



Figur 15. Innhold av microcystin (µg/L) i overflatevann (0-4 m) fra Vestvannet og Borredalsdammen for perioden 2007-2014.

2.3 Klassifiseringer

I tabell 3 vises vurderingen av egnethet for drikkevann av både Vestvannet og Borredalsdammen i 2010-2014. Det er ingen tydelig bedring eller forverring i tilstanden til noen av vannene, men Vestvannet ligger generelt best i forhold til klorofyll nivå. Borredalsdammen er «Mindre egnet» som drikkevann i forhold til både fosfor og klorofyll. Verdiene viser årsgjennomsnitt.

Tabell 3. Vurdering av Borredalsdammens (B.d.) og Vestvannets (V.v.) egnethet som drikkevann i hht. forslag til nytt klassifiseringssystem (Solheim m.fl. 2008).

 Godt egnet  Egnet  Mindre egnet  Ikke egnet

Parameter	2010		2011		2012		2013		2014	
	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.	B.d.	V.v.
Tot-P	10,7	11,2	14,7	15,9	12,3	13	13,2	11,5	12	11,8
Klorofyll-a	5,7	3,4	5,4	3,9	3,3	2,6	6,58	4,68	7,2	4,15
Microcystin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03

Tabell 4 gir tilstandsklassifisering av økologisk status i Vestvannet de siste seks år. I 2014 er tilstanden svært god når alle elementer er summert opp. Også i 2013 var tilstanden svært god, mens det i 2012 kun ble «God» da fosforinnholdet var noe for høyt.

Tabell 4. Tilstandsklassifisering av Vestvannet i hht. Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2013) for innværende år samt 2012 og 2013 for sammenligning.

 Svært god  God  Moderat  Dårlig  Svært dårlig

	Parameter	2012	2013	2014
Plantep plankton	Klorofyll-a ($\mu\text{g/L}$), årsmiddelverdi	2,6	4,7	4,15
	Biovolum (mg/L), årsmiddelverdi	0,43	0,56	0,54
	Trofisk indeks, PTI			2,44
	Maks. biomasse cyanobakterier (mg/L)	0,04	0,11	0,31
	Totalvurdering plantep plankton			Svært god
Fysisk-kjemisk	Tot-P ($\mu\text{g/L}$), årsmiddelverdi	13	11,5	11,83
	Tot-N ($\mu\text{g/L}$), årsmiddelverdi	510	499	415
	Total vurdering	God	Svært god	Svært god

3. Konklusjoner

NIVA har i samarbeid med FREVAR overvåket vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2014, med særlig fokus på planteplankton, spesielt cyanobakterier, og algetoksinet microcystin. Klassifisering av økologisk tilstand i Vestvannet er foretatt i hht. revidert utgave av Vanddirektivets klassifiseringsveileder (Veileder 02:2013, Direktoratetsgruppe, Vanddirektivet 2013) og begge vannenes egnethet som drikkevann er vurdert i hht. Solheim m.fl. (2008). Resultatene er sammenholdt med data fra tidligere år.

Hensikten med en slik overvåking er å påvise forandringer i vannkvalitetsparametere, dels for å avdekke uheldige endringer og dels for å påvise forandringer som følge av tiltak. Alle målinger er beheftet med usikkerheter, dels fra prøvetaking og prøvebehandling, dels fra selve målemetoden og dels fra naturlige variasjoner i innsjøen. Man trenger derfor alltid flere målinger for å kunne avgjøre hvorvidt en endring skyldes naturlige variasjoner eller nye menneskelige påvirkninger.

Vestvannet og Borredalsdammen fremstår fra naturens side som to ganske ulike innsjøer, der man skulle forvente tydelige forskjeller i flere parametere. Den høye blandingen av vannmassene som oppstår ved pumping av vann over til Borredalsdammen er trolig årsak til at vannkvaliteten i de to bassengene er så lik som den er. Innsjøene fremstår som svakt mesotrofe humøse sjøer, med middels innhold av næringssalter. Innholdet av både totalt fosfor og klorofyll-a er lavt i perioden vi har data for, og det meste av algesamfunnet utgjøres av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og som ikke er giftproduserende. De siste somrene har vært varme, noe som har gitt varmere overflatetemperaturer. Det ble observert en viss sjiktning av vannmassene, mest i Borredalsdammen.

Det er i 2014, som i 2013, noe økt algebiomasse i forhold til 2012, da sommeren var kaldere. Nivåene av algebiomasse i vannene er likevel lav, med årsmiddelverdier på 536 og 933 µg/L for hhv. Vestvannet og Borredalsdammen. Det ble observert lite mengder cyanobakterier i 2014, men en liten økning i bl.a. *Anabaena* i Vestvannet ga en biomassetopp i august. Dette førte til en økning i mengde cyanobakterier i forhold til de siste årene, men fremdeles er det så små mengder at det ikke har noen effekt på vannkvalitet eller klassifisering. I 2014 skjedde en endring i cyanobakteriesamfunnet i begge vannene sammenlignet med tidligere år, da det er for det meste *Anabaena* og ikke *Planktothrix* som utgjør biomassen.

Andre slekter cyanobakterier ble også observert i begge vannene, noen av de potensielt toksinproduserende. Det ble imidlertid ikke funnet microcystin gjennom sesongen, annet enn en liten mengde i Vestvannet i oktober. Det var lite cyanobakteriebiomasse observert samtidig med microcystinfunnet, men det som var, ble for det meste dominert av *Planktothrix*. Årets resultater viser at cyanobakterier som kan produsere toksiner fremdeles trives i Vestvannet, og at de, under de rette forholdene, kan forårsake episoder med dårlig vannkvalitet. Det er derfor viktig og fortsette overvåkingen av disse innsjøene fremover.

Som drikkevann vurderes både Borredalsdammen og Vestvannet til mindre egnet med hensyn til totalt fosforinnhold, Borredalsdammen også mindre egnet mht. klorofyll mens Vestvannet er egnet. Begge vannene er godt egnet i forhold til microcystin. I henhold til Vanddirektivet klassifiseres den økologiske status i Vestvannet til å være svært god.

4. Litteratur

Bratli, J.L. (red.). 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT veiledning 97:04.

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

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

Direktoratsgruppa for Vanndirektivet. 2013. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann, Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanndirektivet.

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.

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

Haande, S., Edvardsen, H., Eriksen, T.E., Kile, M.R., Hagman, C.H.C., Borch, H., Bränden, 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

5. Vedlegg

5.1 Fysiske data

SIKTEDYP (METER)		
DATO	Vestvannet	Borredalsdammen
10.06.2014	1,9	1,8
24.06.2014	1,5	1,4
22.07.2014	1,8	2,5
19.08.2014	1,8	1,3
16.09.2014	1,9	2,4
14.10.2014	1,5	
Årsmiddel	1,7	1,9

TEMPERATUR VESTVANNET (°C)									
Dato	0 m	3 m	6 m	9 m	12 m	15 m	18 m	21 m	24 m
10.06.2014	16,5	14,8	14,6	14,5	14,4	14,3	14,2	14,1	14,0
24.06.2014	16,8	16,6	16,5	16,3	16,2	16,1	15,8	14,8	14,0
22.07.2014	23,1	20,7	19,2	18,1	16,5	16,0	15,6	15,1	14,9
19.08.2014	18,6	18,5	18,5	18,3	17,8	15,7	15,2	14,9	15,0
16.09.2014	16,5	16,6	16,6	16,5	16,5	16,2	15,4	14,3	14,3
14.10.2014	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,5	12,5	12,4

TEMPERATUR BORREDALSDAMMEN (°C)							
Dato	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m
10.06.2014	18,9	18,9	16,7	15,4	12,7	11,7	19,1
24.06.2014	17,3	17,3	17,2	17,2	16,6	13,6	17,4
22.07.2014	23	22,3	21,6	20,2	18,3	15,0	23,3
19.08.2014	18,2	18,3	18,3	18,2	18,2	17,4	18,1
16.09.2014	16,5	16,5	16,4	16,4	16,2	16,1	16,6

OKSYGEN VESTVANNET (mg/L)									
Dato	0 m	3 m	6 m	9 m	12 m	15 m	18 m	21 m	24 m
10.06.2014	10,7	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
24.06.2014	9,8	9,7	9,7	9,8	9,9	9,7	9,6	9,1	7,2
22.07.2014	9,2	9,0	8,6	8,2	7,9	7,8	7,2	6,3	5,7
19.08.2014	8,8	8,7	8,5	8,2	7,5	5,8	4,7	2,9	0,4
16.09.2014	9,3	9,1	8,7	8,2	7,6	6,8	4,1	1,1	0,5
14.10.2014	9,1	9,2	9,2	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,4

OKSYGEN BORREDALSDAMMEN (mg/L)							
Dato	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m
10.06.2014	9,4	9,4	9,6	8,9	8,2	3,4	1,0
24.06.2014	9,2	9,3	9,3	9,2	8,5	6,4	1,1
22.07.2014	8,3	8,1	8,6	8,2	7,1	3,6	0,4
19.08.2014	7,9	8,4	8,4	8,4	7,9	7,6	2,0
16.09.2014	8,9	9,0	9,1	8,9	8,7	8,0	7,5

5.2 Kjemiske analyseresultater

VESTVANNET								
Variabel	STS	SGR	Tot-P	PO4-P	Tot-N	NO3-N	KI-a/S	SiO ₂ -Sj
Dato	mg/l	mg/l	µg P/l	µg P/l	µg N/l	µg N/l	µg/l	µg SiO ₂ /l
10.6.14	3,6	2,4	9	5	465	235	2,8	2760
24.6.14	3,2	1,9	12	4	480	175	4,7	2720
22.7.14	3,6	2,1	13	4	385	115	2,3	2300
19.8.14	4,2	2,8	12	3	365	123	6	2280
16.9.14	2,1	1	12	3	395	138	5,2	2420
14.10.14	3	2	13	5	400	178	3,9	2440
Årsmiddel	3.2	1.5	11.5	4.7	499	240	4.7	2698

BORREDALSDAMMEN								
Variabel	STS	SGR	Tot-P	PO4-P	Tot-N	NO3-N	KI-a/S	SiO ₂ -Sj
Dato	mg/l	mg/l	µg P/l	µg P/l	µg N/l	µg N/l	µg/l	µg SiO ₂ /l
10.6.14	3,3	2,6	10	3	485	205	5,4	2450
24.6.14	3,1	1,4	10	4	440	110	8,5	2290
22.7.14	1,8	1,1	11	2	310	62	4,1	1833
19.8.14	5,2	3,6	11	4	325	44	7	2440
16.9.14	3	1,6	18	3	345	61	11	2550
Årsmiddel	3.1	1.4	13.2	4.3	474	188	6.6	2520

5.3 Planteplankton artsliste og biomasseberegning

Vestvannet

Dag	10.6.14	24.6.14	22.7.14	19.8.14	16.9.14	14.10.14
Dyp	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m
Cyanophyceae (Blågrønnalger)						
Anabaena cf. solitaria	.	.	.	237,1	1,7	1,0
Anabaena ellipsoides	.	.	.	2,2	9,5	.
Anabaena sp. coiled colony	.	0,6	2,5	.	.	2,3
Aphanizomenon sp. (cf. klebahni)	0,8	.	.	51,4	5,8	1,1
Aphanocapsa conferta	.	.	0,1	.	0,4	.
Aphanocapsa delicatissima	0,1	.	.	.	1,3	.
Aphanocapsa holsatica	.	.	.	2,2	.	.
Aphanothece bachmanni	.	0,1	.	.	.	.
Aphanothece cf. floccosa	.	.	0,1	.	.	.
Aphanothece sp.	.	.	.	0,3	0,9	.
cf. Snowella sp.	.	.	.	.	.	0,8
cf. Woronichinia naegeliana	.	.	.	11,6	.	.
Chroococcus sp.	.	.	.	0,8	.	.
Coelosphaerium aerugineum	.	1,0	1,4	0,7	2,2	.
Jaaginema sp.	0,1	.	.	.	0,4	1,1
Microcystis cf. aeruginosa	.	.	0,7	4,2	13,6	.
Planktolynngbya subtilis	.	.	0,2	0,2	0,3	0,0
Planktothrix sp.	3,4	1,8	.	.	1,2	11,3
Ubest.cyanobakterie (korte cellekj.4-6c)	.	.	.	0,3	.	.
Ubest.cyanobakterie tråd	.	.	.	1,5	.	.
Woronichinia naegeliana	.	.	4,0	.	1,7	.
Sum - Blågrønnalger	4,3	3,6	9,0	312,4	38,7	17,6
Chlorophyceae (Grønnalger)						
Ankistrodesmus falcatus	.	.	.	.	.	0,2
Ankistrodesmus fusiforme	.	.	.	0,1	0,2	0,2
Ankyra lanceolata	.	1,4	1,1	0,3	0,3	.
Botryococcus sp.	.	2,1	2,3	3,5	.	1,5
cf. Closteriopsis sp.	.	.	.	0,2	.	.
Chlamydomonas sp.	.	.	.	3,4	.	.
Chlamydomonas spp.	1,6	1,6	.	.	.	0,8
Closterium acutum v.variabile	0,3	1,6	1,9	5,7	5,6	10,4
Closterium limneticum	.	0,8	2,0	0,7	8,4	13,4
Cosmarium cf. contractum	.	.	.	.	0,3	.
Cosmarium sp.	.	.	.	0,8	.	.
Crucigenia sp.	.	.	.	.	1,1	.
Dictyosphaerium pulchellum	.	.	2,2	1,1	25,5	.
Elakatothrix sp.	0,1	0,8	0,3	0,0	.	.
Eudorina elegans	.	.	.	.	2,9	.
Franceia ovalis	.	.	1,7	2,0	.	.
Gloeotila sp.	.	4,9	.	.	.	.
Gyromitus cordiformis	.	1,1	.	4,3	0,4	.
Koliella sp.	.	0,3	1,1	0,3	0,1	0,2
Lagerheimia genevensis	.	.	.	.	0,3	.
Lobomonas sp.	4,1	.	.	0,1	4,1	.

Micractinium pusillum	.	.	1,1	1,1	.	.
Monoraphidium contortum	0,7	0,5	0,4	3,4	2,0	0,9
Monoraphidium dybowskii	0,7	9,0	3,5	2,8	1,1	.
Monoraphidium komarkovae	0,9	.	.	.	.	.
Mougeotia sp.	.	.	.	0,8	.	.
Oocystis sp.	.	.	0,8	.	.	.
Paulschulzia pseudovolvox	0,9	1,2	2,8	5,9	.	.
Pediastrum boryanum	.	.	.	.	.	1,0
Pediastrum duplex	.	.	.	.	0,4	.
Pediastrum duplex var. gracillimum	.	.	.	.	0,3	.
Pediastrum privum	0,1	.	0,2	.	0,6	.
Pediastrum tetras	.	.	0,4	2,9	.	.
Pseudokirchneriella subcapitatum	.	.	.	0,4	.	0,4
Quadrigula cf. korsikovii	.	.	.	.	.	0,1
Quadrigula pfitzeri	.	.	.	.	0,2	.
Scenedesmus bicellularis (S. ecornis)	.	2,5	.	.	.	.
Scenedesmus obliquus	.	2,5	.	0,7	.	.
Sphaerocystis schroeteri	.	.	1,6	1,9	1,1	.
Spondylosium planum	.	.	.	.	.	0,5
Staurastrum cf. anatinum	.	.	.	0,2	.	.
Staurastrum cf. paradoxum	.	.	0,2	.	.	.
Staurastrum cf. pingue	.	.	.	.	0,3	1,0
Staurastrum longipes	.	.	.	0,1	.	.
Staurastrum luetkermuelleri	.	.	0,2	0,3	.	.
Staurastrum sp.	.	.	.	0,5	.	.
Stauroidesmus cf. dejectus	.	.	8,0	.	.	.
Stauroidesmus cf. leptodermus	.	.	.	12,0	.	.
Stauroidesmus dejectus	.	.	.	14,3	.	.
Stauroidesmus mamillatus v.maximus	0,8	.	.	.	.	.
Stauroidesmus pachyrhynchus	.	.	.	.	0,5	.
Stauroidesmus sp.	.	.	0,8	.	.	.
Treubaria setigera	.	.	.	.	0,0	.
Ubest. kuleformet gr.alge (d=3-5)	1,3	2,3	1,3	2,6	3,9	1,0
Ubest. kuleformet gr.alge (d=6-8)	.	2,9	4,4	4,4	1,5	0,7
Ubest. kuleformet gr.alge i koloni	.	.	1,5	.	.	.
Ubest. ellipsoidisk gr.alge	.	.	2,0	4,6	2,6	1,1
Ubest. spindelformet gr.alge	.	.	.	0,1	0,1	.
Xanthidium antilopaeum	.	.	.	.	6,4	.
Sum - Grønnalger	11,5	35,5	41,8	81,4	70,2	33,5

Chrysophyceae (Gullalger)

Aulomonas purdyi	0,2	.	.	.	0,2	.
Bicoeca cf. ainikkae	0,4	.	.	.	.	.
Bicosoeca cf. planctonica	0,1	.	.	0,0	.	.
Bicosoeca sp.	0,8	.	.	.	.	.
Bitrichia chodatii	0,0	0,2	0,2	.	.	.
Chromulina sp. (Chr.pseudonebulosa ?)	.	0,3	0,1	0,3	.	.
Chrysidiastrum catenatum	.	.	3,6	.	.	.
Chrysococcus sp.	.	0,4	.	.	.	.
Chrysolykos planktonicus	1,1	0,5	.	.	.	.
Chrysophyceae	.	.	.	.	.	0,2
Craspedomonader	1,6	13,8	0,5	1,6	.	.

Dinobryon bavaricum	4,3	2,9	0,4	10,4	7,2	1,0
Dinobryon borgei	0,6	0,2	0,1	0,8	0,8	.
Dinobryon cf. sociale	.	11,8	.	.	.	.
Dinobryon crenulatum	3,1	.	.	.	.	.
Dinobryon cylindricum	2,4	0,4	0,1	.	.	.
Dinobryon divergens	2,8	.	4,5	0,8	.	.
Dinobryon sociale v.americanum	1,2	.	0,0	.	.	.
Løse celler Dinobryon spp.	0,4	.	.	.	1,6	.
Mallomonas akrokomos	1,2	5,1	1,0	3,1	1,0	.
Mallomonas caudata	.	7,2	11,7	21,7	8,5	5,2
Mallomonas crassisquama	.	.	2,6	.	.	.
Mallomonas punctifera	.	3,9	.	1,3	3,9	0,2
Mallomonas spp.	4,8	.	.	.	.	.
Mallomonas tonsurata	.	.	.	0,9	.	.
Pseudopedinella sp.	9,3	4,4	2,5	8,2	2,2	0,5
Små chrysomonader (<7)	26,6	26,6	9,0	14,9	17,5	3,2
Spiniferomonas trioralis	1,6	1,6	.	2,1	2,1	.
Stelxomonas dichotoma	0,2	.	.	.	.	.
Store chrysomonader (>7)	42,5	34,5	13,3	63,8	26,6	5,3
Synura sp.	.	8,2	1,1	4,1	1,6	1,0
Uroglena sp.	7,1	102,4	14,7	11,0	38,0	.
Sum - Gullalger	112,3	224,4	65,4	145,0	111,2	16,6

Bacillariophyceae (Kiselalger)

Asterionella formosa	11,6	40,0	20,4	9,6	1,3	3,1
Attheya zachariasii	0,4	0,9	4,1	2,8	3,4	0,4
Aulacoseira alpigena	.	.	4,9	18,8	.	4,5
Aulacoseira granulata	.	.	.	67,9	.	1,8
Aulacoseira italica	.	4,7	2,4	8,5	15,7	35,6
Aulacoseira italica v.tenuissima	7,1	17,2	4,3	30,1	18,8	34,0
Aulacoseira sp.	.	2,1	.	.	8,2	.
Cyclotella sp.	.	0,8	9,4	91,5	.	14,7
Cyclotella sp. (d=14-16 h=7-8)	7,7	7,6	.	.	12,4	.
Cyclotella sp. (l=6-7 b=12-14)	.	.	3,7	.	.	.
Cyclotella sp.5 (d=10-12 h=5-7)	1,3	.	.	22,5	.	.
Cyclotella sp.6 (d=25)	.	.	.	.	0,8	.
Diatoma tenue	0,6	0,9	.	10,4	.	.
Eunotia zasuminensis	.	.	.	.	1,0	0,2
Fragilaria beroliensis	.	.	.	5,3	.	.
Fragilaria crotonensis	.	4,2	9,0	1,2	9,9	0,5
Fragilaria sp.	.	.	0,4	.	.	.
Fragilaria sp. (l=20-40)	.	4,3	.	2,6	.	.
Fragilaria sp. (l=40-70)	1,8	1,0	0,6	3,2	3,4	2,0
Fragilaria sp. (l=80-100)	2,9	1,0	1,0	8,8	1,8	0,7
Fragilaria ulna (morfortyp"acus")	0,8	.	.	.	.	.
Fragilaria ulna (morfortyp"angustissima")	.	0,5	.	0,5	2,0	1,5
Nitzschia sp. (l=15-20)	0,2	.	.	1,1	.	1,9
Rhizosolenia eriensis	0,3	3,2	1,1	0,6	2,9	0,3
Rhizosolenia longiseta	1,1	4,3	0,7	0,4	0,7	2,9
Stephanodiscus sp.	.	.	.	6,9	.	.
Tabellaria flocculosa v.asterionelloides	.	34,6	10,6	16,0	8,0	3,2
Sum - Kiselalger	35,8	127,2	72,3	308,8	90,3	107,4

Cryptophyceae (Svelgflagellater)

cf. Chroomonas acuta	.	1,4	.	.	.	.
Cryptomonas reflexa	8,2	.	.	.	.	.
Cryptomonas rostratiformis	.	7,7	.	.	1,1	0,6
Cryptomonas sp. (l=15-18)	6,1	9,2	5,1	16,3	10,2	7,2
Cryptomonas sp. (l=20-24)	.	51,5	22,1	53,9	49,0	46,6
Cryptomonas sp. (l=24-30)	.	45,0	24,5	16,3	40,9	12,3
Cryptomonas sp. (l=30-35)	8,4	.	11,0	.	11,0	.
Cryptomonas sp. (l=40)	1,6	.	.	.	.	.
Katablepharis ovalis	2,6	2,3	1,1	6,3	5,2	1,4
Plagioselmis nannoplanctica	6,1	22,7	11,4	63,3	23,5	9,6
Telonema sp.	.	.	.	0,7	1,5	0,4
Sum - Svelgflagellater	33,0	139,8	75,3	156,9	142,4	77,9

Dinophyceae (Fureflagellater)

Ceratium hirundinella	.	19,5	13,0	19,5	.	.
Gymnodinium helveticum	5,2	.	.	.	.	7,8
Gymnodinium sp. (10*12) (G. lacustre?)	.	.	.	8,2	.	2,0
Gymnodinium sp. (12*12)	5,9	.	.	.	.	.
Gymnodinium sp. (9*7)	.	.	.	.	1,9	.
Gymnodinium sp. (l=28-30 b=33-36)	1,8	.	11,0	.	3,6	.
Gymnodinium sp. (l=40)	.	21,0	.	10,0	.	.
Peridinium sp.	0,7	.	1,0	.	.	.
Peridinium sp. (d=20)	.	.	3,4	.	.	.
Peridinium sp. (d=25)	.	.	.	.	1,3	.
Peridinium sp. (l=15-17)	2,7	.	.	7,4	.	.
Peridinium sp. (l=30-35 b=28-35)	.	3,0	.	.	.	.
Peridinium umbonatum	.	.	9,4	.	.	.
Peridinium willei	.	5,4	5,2	.	.	.
Sum - Fureflagellater	16,3	48,9	43,0	45,1	6,8	9,8

Euglenophyceae (Øyealger)

Euglena oxyuris v.minor	.	.	.	.	5,0	.
Trachelomonas volvocina	.	.	.	.	.	5,3
Sum - Øyealger	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	5,3

Raphidophyceae (Nåleflagellater)

Gonyostomum semen	5,6	33,6	11,2	18,7	2,8	.
Sum - Nåleflagellater	5,6	33,6	11,2	18,7	2,8	0,0

Haptophyceae (Svepeflagellater)

Chrysochromulina parva	3,4	5,9	2,3	11,4	11,9	1,8
Sum - Svepeflagellater	3,4	5,9	2,3	11,4	11,9	1,8

My-alger

My-alger	11,5	58,7	39,1	48,5	40,0	25,5
Sum - My-alge	11,5	58,7	39,1	48,5	40,0	25,5

Sum total :	233,7	677,6	359,4	1128,3	519,2	295,4
-------------	-------	-------	-------	--------	-------	-------

Borredalsdammen

Dag	10.6.14	24.6.14	22.7.14	19.8.14	16.9.14
Dyp	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m	0-4 m
Cyanophyceae (Blågrønnalger)					
Anabaena sp.	.	.	.	.	1,1
Anabaena sp. coiled colony	13,0	8,2	.	.	.
Anabaena sp. straight colony	.	.	1,6	27,4	.
Aphanizomenon sp. (klebahi?)	3,1	2,5	.	.	8,2
Aphanocapsa sp.	4,0	.	.	.	.
Aphanothece sp.	.	1,5	.	.	.
cf. Woronichinia naegeliana	.	0,3	.	.	.
Coelosphaerium aerugineum	.	3,2	1,1	.	.
Gloeocapsa sp.	.	.	1,4	.	.
Jaaginema sp.	4,0	1,3	.	.	0,4
Planktothrix sp.	4,5	.	.	1,2	3,9
Snowella sp.	2,0	.	.	.	.
Ubest.cyanobakterie i koloni	.	.	.	.	0,1
Ubest.cyanobakterie tråd	.	.	.	0,8	.
Woronichinia sp.	.	.	.	3,0	.
Sum - Blågrønnalger	30,7	17,0	4,1	32,4	13,8
Chlorophyceae (Grønnalger)					
Ankistrodesmus sp.	.	.	.	.	0,3
Botryococcus sp.	.	1,4	0,9	1,6	0,8
Closterium acutum v.variabale	0,2	0,3	1,4	4,2	3,4
Dictyosphaerium pulchellum	.	.	4,8	.	.
Elakatothrix sp.	0,1	.	0,2	.	.
Gloeotila sp.	0,4	.	.	.	.
Gyromitus cordiformis	0,5	0,3	.	4,3	2,1
Mougeotia sp.	.	0,9	.	.	.
Pediastrum duplex	.	.	1,1	.	.
Pediastrum privum	.	.	0,3	.	.
Pediastrum sp.	0,4	2,4	.	.	.
Pseudokirchneriella subcapitatum	.	.	.	3,7	.
Sphaerocystis Schroeteri	.	.	26,3	.	.
Spondylosium planum	.	.	0,3	0,5	.
Staurastrum longipes	.	.	1,4	.	.
Staurastrum sp.	0,2	.	3,0	.	4,9
Staurodesmus mamillatus	.	.	0,9	1,8	.
Teilingia granulata	.	.	.	15,3	.
Ubest. kuleformet gr.alge	.	0,8	.	2,9	6,8
Ubest. kuleformet gr.alge (d=3-5)	15,7	7,2	2,3	3,9	11,8
Ubest. kuleformet gr.alge (d=6-8)	23,5	14,7	4,4	1,5	17,7
Ubest. ellipsoidisk gr.alge	15,0	17,0	9,2	3,3	14,4
Ubest.spindelformet grnalge	2,0	3,7	0,3	1,2	0,4
Sum - Grønnalger	58,1	48,7	56,7	44,2	62,7
Chrysophyceae (Gullalger)					
Bitrichia chodatii	.	1,2	.	.	0,4
Chromulina sp.	.	.	.	0,4	.
Craspedomonader	10,6	4,3	1,3	3,2	2,2
Cyster av Dinobryon spp.	.	.	.	.	9,8

Dinobryon bavaricum	.	.	4,7	.	.
Dinobryon crenulatum	.	.	3,1	1,8	.
Dinobryon cylindricum	.	.	8,0	.	.
Dinobryon divergens	.	.	18,0	.	.
Dinobryon sp.	.	.	.	.	64,1
Dinobryon spp.	17,8	11,5	.	.	.
Mallomonas akrokomos	0,5	2,0	.	2,0	.
Mallomonas caudata	.	1,3	5,9	9,8	10,6
Mallomonas punctifera	1,9	.	.	.	.
Mallomonas spp.	.	8,2	.	2,0	4,6
Små chrysomonader (<7)	85,6	87,1	30,8	52,6	81,8
Store chrysomonader (>7)	172,7	255,1	82,4	146,1	209,9
Synura sp.	8,2	3,2	5,1	4,2	8,2
Sum - Gullalger	297,3	373,9	159,2	222,2	391,6

Bacillariophyceae (Kiselalger)

Achnantes minutissima	.	.	1,2	.	.
Asterionella formosa	6,4	.	8,4	.	.
Attheya zachariasii	2,4	2,5	1,8	.	.
Aulacoseira alpigena	.	.	0,9	17,4	3,5
Aulacoseira granulata	.	12,2	.	.	.
Aulacoseira italica v. tenuissima	3,5	25,5	4,7	39,2	10,3
Aulacoseira sp.	3,8	25,4	.	24,0	9,4
Cyclotella sp.	18,3	.	22,5	.	.
Cyclotella sp. (d=14-16 h=7-8)	.	51,1	.	.	7,7
Cyclotella sp.5 (d=10-12 h=5-7)	.	.	3,2	.	.
Fragilaria crotonensis	.	.	1,7	.	.
Fragilaria sp. (l=20-40)	.	7,7	1,3	.	.
Fragilaria ulna (morfortyp"angustissima")	4,5	14,0	1,5	1,5	5,4
Fragilaria ulna (morfortyp"ulna")	.	1,2	.	.	.
Fragilaria, Asterionella (l=80-100)	37,8	64,9	1,9	12,8	10,6
Fragilaria, Eunotia (l=40-70)	49,2	34,4	3,5	.	30,0
Rhizosolenia eriensis	.	.	1,6	1,2	.
Rhizosolenia longiseta	12,7	.	1,6	.	.
Rhizosolenia spp.	.	6,5	.	.	.
Rhizosolenia spp. og Attheya sp.	.	.	.	.	4,3
Tabellaria flocculosa v. asterionelloides	1,9	28,2	56,6	12,5	7,7
Ubestemt centrisk diatomé	9,5	.	.	106,2	.
Sum - Kiselalger	150,2	273,6	112,4	214,7	89,0

Cryptophyceae (Svelgflagellater)

Cryptomonas sp. (l=15-18)	2,5	49,0	20,4	24,5	33,7
Cryptomonas sp. (l=20-24)	7,2	191,3	56,4	122,6	98,1
Cryptomonas sp. (l=24-30)	.	49,0	36,8	24,5	36,8
Cryptomonas sp. (l=30-35)	.	.	.	55,2	5,5
Cryptomonas sp. (l=8-10)	.	.	.	9,2	.
Katablepharis ovalis	3,9	6,9	6,3	2,3	5,9
Plagioselmis nannoplanctica	30,7	34,6	15,7	.	25,3
Sum - Svelgflagellater	44,4	330,8	135,6	238,3	205,4

Dinophyceae (Fureflagellater)

Dinophyceae	.	.	21,6	34,6	.
-------------	---	---	------	------	---

Gymnodinium fuscum	.	.	.	.	11,7
Gymnodinium sp. (9*7)	1,9	11,3	3,8	7,5	5,6
Gymnodinium sp. (l=28-30 b=33-36)	.	.	.	23,5	.
Gymnodinium sp. (l=30)	7,0	9,0	.	.	.
Peridinium	.	.	.	.	7,3
Peridinium cinctum	.	.	10,7	.	.
Peridinium sp. (d=16-18)	.	59,9	.	.	.
Peridinium sp. (l=15-17)	.	.	37,5	.	.
Peridinium sp. (l=30-35 b=28-35)	.	9,0	.	.	.
Peridinium umbonatum	.	.	22,1	.	.
Sum - Fureflagellater	8,9	89,2	95,7	65,7	24,7
Euglenophyceae (Øyealger)					
Euglena sp. (l=40)	.	.	6,3	2,4	.
Euglena sp. (l=70)	.	1,4	.	.	.
Phacus sp.	.	.	.	.	0,5
Trachelomonas sp.	8,4	.	.	8,6	.
Sum - Øyealger	8,4	1,4	6,3	11,0	0,5
Raphidophyceae (Nåleflagellater)					
Gonyostomum semen	5,6	5,6	.	42,0	365,2
Sum - Nåleflagellater	5,6	5,6	0,0	42,0	365,2
Xanthophyceae (Gulgrønnalger)					
Goniochloris sp.	.	.	.	0,2	.
Sum - Gulgrønnalger	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Haptophyceae (Svepeflagellater)					
Chrysochromulina parva	42,1	20,8	1,7	3,5	6,3
Sum - Svepeflagellater	42,1	20,8	1,7	3,5	6,3
My-alger					
My-alger	52,8	75,3	45,1	40,0	38,3
Sum - My-alge	52,8	75,3	45,1	40,0	38,3
Sum total :	698,3	1236,3	617,0	914,0	1197,3

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 samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no