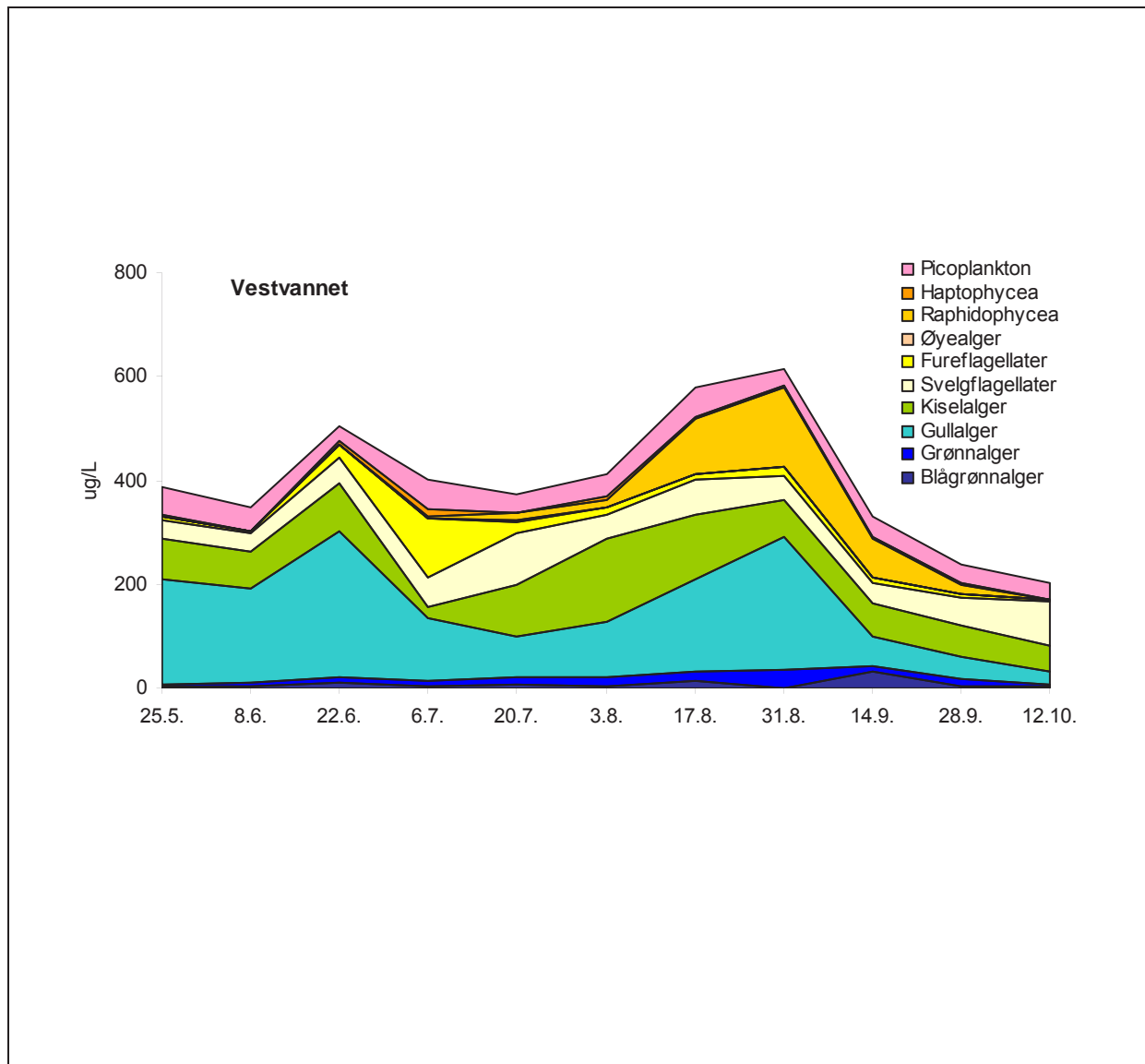


# Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2010



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i Østfold, 2010	Løpenr. (for bestilling) 6067-2010	Dato 2010
	Prosjektnr. Undernr. 10224	Sider Pris 26
Forfatter(e) Markus Lindholm	Fagområde Vannressurs- forvaltning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

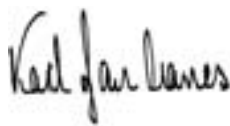
Oppdragsgiver(e) FREVAR KF, Fredrikstad	Oppdragsreferanse Renè Karstensen
--	--------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Det er gjennomført en overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad gjennom sommeren 2010. Rapporten gir en oversikt over viktige funn og trender, med fokus på trofigrad, algesammensetning og blågrønnalger. Data fra tidligere år er satt opp mot årets funn. Resultatene viste at det ikke er noen tydelige endringer i konsentrasjonen av plantenæringsstoffer, men innholdet av silikat har vært forhøyet de tre siste år. Lengre tidsserier antyder en moderat reduksjon i fosforinnholdet for Vestvannet, og innholdet av klorofyll-a har også gått noe ned. Også algebiomassen var i år lavere enn tidligere år. Det ble i 2010 bare registrert små mengder blågrønnalger i innsjøene, og algegiften mikrocystin ble ikke påvist.</p>
--

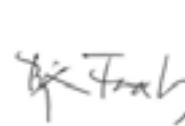
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overvåking av blågrønnalger</li> <li>2. Drikkevann</li> <li>3. Vestvannet</li> <li>4. Borredalsdammen</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Monitoring of cyanobacteria</li> <li>2. Drinking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



Markus Lindholm  
Prosjektleder



Karl Jan Aanes  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

# Overvåking av Vestvannet og Borredals- dammen i Østfold, 2010

## Forord

Rapporten redegjør for resultatene av NIVAs overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen i 2010, med bakgrunnsdata fra tidligere år. Oppdragsgiver har vært FREVAR KF i Fredrikstad. Undersøkelsen er gjennomført i henhold til avtale av april 2010.

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 2007, 2008 og 2009, og data fra Fylkesmannen i Østfold (Østfoldprosjektet).

Ansvarlig for innsamling av prøver har vært Renè Karstensen, FREVAR KF. Algeanalyser er utført på NIVA av Pål Brettum og Bianka Pauly. Kjemiske analyser er utført på NIVA-lab av June Charlotte Ek. Thomas Rohrlack har kvalitetssikret arbeidet med blågrønnsalger og algetoksiner, og Dag Berge har kvalitetssikret øvrige deler. Undertegnede har vært prosjektleder og har stått for bearbeiding av data, vurdering og sammenstilling til rapport.

Oppdragsgiver og medarbeidere takkes for godt samarbeid.

Oslo 28.11.2010.

*Markus Lindholm*  
*Prosjektleder*

---

# Innhold

<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Resultater og diskusjon</b>	<b>9</b>
2.1 Fysisk-kjemiske egenskaper	9
2.1.1 Oksygen og temperatur	9
2.1.2 Siktedyb	10
2.1.3 Suspendert tørrstoff	11
2.1.4 Silikat	12
2.1.5 Næringssalter	13
2.2 Algesamfunnet	16
2.2.1 Klorofyll, algemengde og sammensetning	16
2.2.2 Blågrønnalger, Planktothrix og algetoksiner	19
<b>3. Konklusjoner</b>	<b>22</b>
<b>4. Litteratur</b>	<b>23</b>
4.1 Vedlegg	24

## Sammendrag

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har gjennomført overvåking av vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2010, med særlig fokus på algeplankton og blågrønnalger. Resultatene er sammenholdt med data fra tidligere år. I vurderingen av egnethet for drikkevann er NIVAs oppdaterte forslag (Solheim m.fl. 2008) tatt inn som en del av grunnlaget.

Vestvannet og Borredalsdammen fremstår som svakt mesotrofe klarvannssjøer, med middels innhold av næringssalter. Innholdet av både totalt fosfor og klorofyll kan ha gått noe ned gjennom den perioden vi har data for, mens innholdet av silikat har vært forhøyet de siste tre år. Det meste av algesamfunnet utgjøres av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og er ikke giftproduserende. Generelt var algeinnholdet lavt i innsjøene i 2010, også sammenlignet med årene forut. Forekomsten av blågrønnalger var beskjeden, og algetoxinet mikrocytin ble ikke funnet ved noen målinger.

## Summary

Norwegian Institute for Water Research (NIVA) has conducted a monitoring survey of the water quality in Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Fredrikstad in 2010, with focus on planktonic algae and cyanobacteria. The findings are compared to data from previous years. NIVAs new proposition for suitability criteria for drinking water (Solheim et al. 2008) is taken into consideration in the discussions of the results.

Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen appear as weakly mesotrophic clear water lakes, with moderate contents of mineral nutrients. The values for total phosphorus and chlorophyll-*a* have slightly declined during the period our data cover, and most of the algae species which constitute the algal community are common in the lakes of Østfold County, and are not toxic. The general algae content in the two lakes was low. Occurrence of cyanobacteria was low, and microcystin was not detected in the water column in 2010.

Title: Monitoring of Lake Vestvannet and Lake Borredalsdammen in Østfold County, SE Norway, 2010.

Year: 2010

Author: Markus Lindholm

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5802-8

# 1. Innledning

Vestvannet og Borredalsdammen utenfor Fredrikstad er i utgangspunktet svært ulike innsjøer. Begge bassengene befinner seg nær Oslofjorden, under den marine grense, og ligger på sure granittbergarter, lokalt overdekket med marin leire. For øvrig er de imidlertid forskjellige. Vestvannet ligger inntil Glommas vestre løp etter at elva deler seg ved Furuholmen, og er en "blindtarm" til Glomma, men med gjennomstrømming til Ågårdselva. Vann tilføres fra elva ved stigende vannføring fra 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.

Borredalsdammen er et 1,5 km langt smalt, avlukket basseng, som næres av 14 bekker av varierende størrelse. Maksimalt dyp er anslått til 8 m, mens de to endene begge er grunne. Sjøen ligger i et friområde utenfor Fredrikstad. Nedbørsfeltet er forholdsvis lite, og består for en stor del av blandingsskog, med noe tilsig fra turtrafikk, ridning og friluftsliv. Dammen ble anlagt i 1912, og huser nær ti ulike fiskearter.

De to sjøene utgjør til sammen drikkevannsreservoar for Fredrikstad, og forsyner industri og 65 000 mennesker med drikkevann. Vannet pumpes fra Vestvannet i Glomma via en pumpestasjon over til Borredalsdammen, som er råvannsreservoar. Anlegget har vært i drift siden 1950-tallet, og leverer i gjennomsnitt ca 42 000 m<sup>3</sup> vann pr døgn.

I 2006 ble det registrert sjenerende lukt i drikkevanskilden for Fredrikstad. Analyser fra Vestvannet viste innhold av algetoksiner over den anbefalte grensen (2,8 og 0,3 µg mikrocytin pr liter). Prøvene fra Borredalsdammen ga ingen målbare verdier for mikrocytin. På bakgrunn av funnene ble det inngått avtale mellom FREVAR og NIVA om overvåking av Vestvannet og Borredalsdammen. Gjennom dette arbeidet skulle en få oversikt over mengde, sammensetning og sesongdynamikk for algesamfunnet i de to bassengene, med særlig fokus på blågrønnalger. Resultatene fra tidligere overvåking er publisert i Rohrlack og Lindholm (2007), Lindholm (2008) og Lindholm (2010). Denne overvåkingen ble videreført innværende år.

Kriterier for egnethet til drikkevann har siden 1997 vært basert på NIVA og KLIFs (SFT) klassifiserings-system (Bratli 1997). Med implementeringen av EUs vanddirektiv har det vært behov for en viss justering og oppgradering også av disse kriteriene. NIVA har på oppdrag av KLIF levert forslag til reviderte kriterier for drikkevannskvalitet (Solheim m.fl. 2008). Det er her enkelte endringer, bl.a. mht klorofyllmengder (**Tabell 1**). Det foreslås videre at mikrosystin-mengden ikke skal overskride 1 µg/L, noe som er i tråd med WHO's anbefalinger.



**Tabell 1.** NIVAs forslag til nytt system for klassifisering av overflatevannkilders egnethet som råvann til drikkevannsforsyning (fra Solheim m.fl., 2008).

<i>Parameter</i>	<i>Benevning</i>	<i>Godt egnet</i>	<i>Egnet</i>	<i>Mindre egnet</i>	<i>Ikke egnet</i>
<i>E. coli</i> *	ant/100 ml	0 <sup>90</sup>	0 <sup>70</sup>	0 <sup>60</sup>	0 <sup>50</sup>
Intestinale enterokokker*	ant/100 ml	0 <sup>90</sup>	0 <sup>70</sup>	0 <sup>60</sup>	0 <sup>50</sup>
Koliforme bakterier 37 °C	ant/100 ml	<10	10-30		>30
Kimtall 22 °C	ant/100 ml	20	20-50	50-100	>100
pH	pH-enhet	6.5-8.5	6-6.5/8.5-9	5-6 / 9-10	<5 / >10
Kond	mS/cm	<50	50-200	200-300	>300
Turb	FNU	<1	1-4	4-8	>8
Farge	mg Pt/l	<10	10-20		>20
Oksygen	metning %	>90%	70-90%	50-70%	<50%
Tot-P**	µg P/l	<7	7-11	11-20	>20
Klorofyll a**	µg/l	<3	3-5	5-10	>10
Mikrocystin***	µg/l	<0.1	0.1-0.5	0.5-1	>1
Jern	µg/l	<100	100-300	300-600	>600
Mangan	µg/l	<50	50-100	100-300	>300
Aluminium	µg/l	<50	50-200	200-400	>400

\*Eksponenter betyr persentil. Der det ikke er ført opp noen potenser er det 50-persentilen (dvs medianverdien) som gjelder.

\*\* Klassegrenser er i tråd med nye klassegrenser for kalkfattige, klare, grunne lavlandssjøer (LN2a), se kap. 2.

\*\*\* WHO anbefaler <1µg/L microcystin for drikkevann.

Datagrunnlaget for denne rapporten er innhentet ved 11 prøvetakinger i perioden mai til oktober 2010. Prøver ble innhentet den 25. mai, 8. juni, 22. juni, 6. juli, 20. juli, 3. august, 17. august, 31. august, 14. september, 28. september og 12. oktober.

Vurderingene er basert på følgende parametere:

- 1) Generell vannkjemi: Siktedyp, temperatur, oksygen, suspendert tørrstoff (STS) og suspendert gløderest (mg/l);
- 2) Plantenæringsstoffer: Silikat, totalt fosfor (tot P, µg/L), løst fosfat (µg/L), totalt nitrogen (tot N, µg/L), nitrat (µg/L);
- 3) Alger: Klorofyll-a, artssammensetning og mengde samt innhold av blågrønnalger: Arter og mengde. mikrocystin.

I tillegg til årets overvåkingsdata er data fra 2007-2009 og data fra Fylkesmannen Østfold lagt til grunn for å avdekke eventuelle langtidstrender. Alle kjemiske enkeltdata finnes i vedlegget.

## 2. Resultater og diskusjon

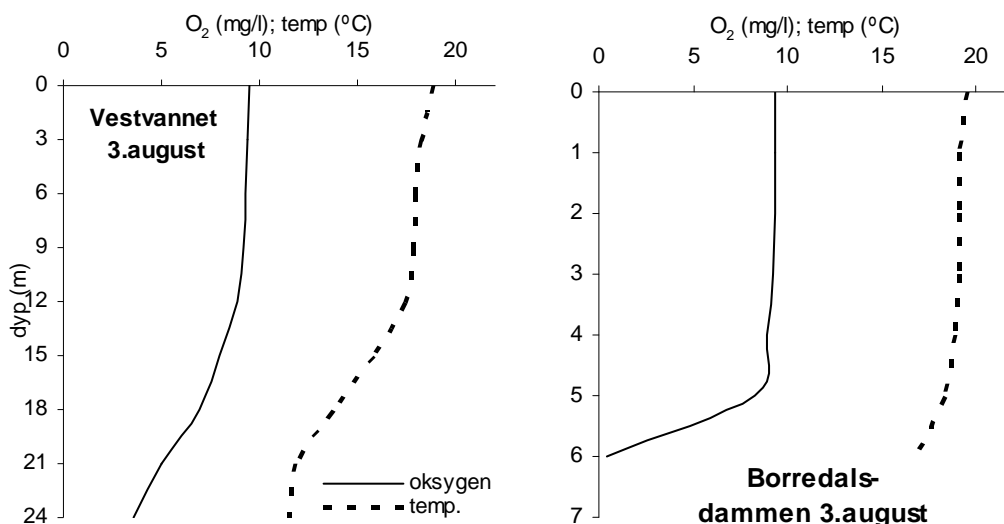
I det følgende gis en gjennomgang av de ulike parametrene som ble overvåket, med drøftelser av årsaker og sammenligninger med tidligere data.

### 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 svevstoff) og oksygeninnhold. Vi skal her gå igjennom hver av disse parametrene, 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). **Figur 1.** viser vertikal fordeling av oksygen (mg/L) og temperatur for 3.august. Temperaturen i overflatevannet var ca 19 °C i begge bassengene. 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 er imidlertid bare delvis til stede i Vestvannet og i Borredalen, trolig fordi vannet omrøres og har kort oppholdstid, særlig i Borredalen (henholdsvis gjennom innstrømmende vann fra Glomma og innpumping fra Vestvannet og overføring til ledningsnettet). Som det fremgår av **Figur 1** inneholdt også dypvannet i Vestvannet rikelig med oksygen, noe som er viktig ikke bare for organismene, men også for hvordan plantenæringsstoffer (nitrogen og fosfor) oppfører seg. Mønsteret her tilsier at autotrofe prosesser dominerer over heterotrofe (dvs nedbrytende, bakterielle og respirative), noe som er gunstig i forvaltningsøyemed. I Borredalsdammen, derimot, kom det til en viss sjiktning med oksygenvinn på bunnen denne sommeren. Allerede i juni var oksygeninnholdet på bunnen tydelig redusert, og det holdt seg lavt frem til slutten av august (se vedlegg).



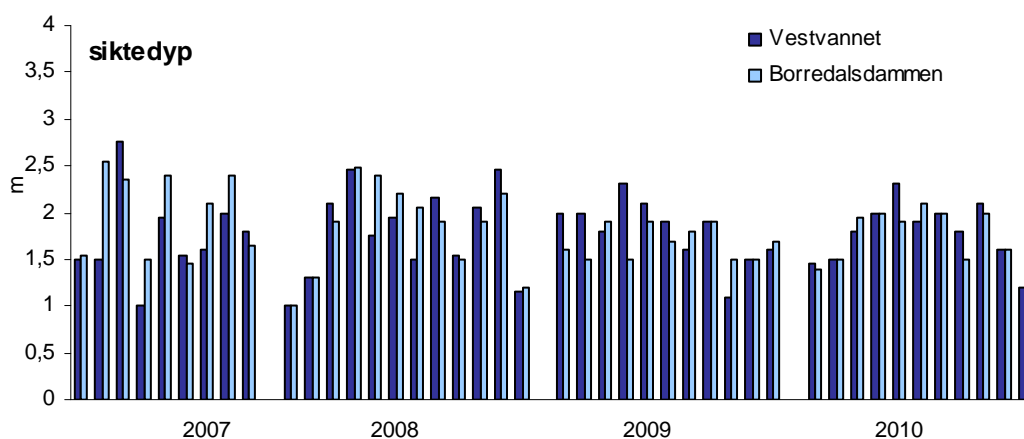
**Figur 1.** Vertikal fordeling for oksygeninnhold (mg/L) og temperatur (°C) for Vestvannet (venstre) og Borredalsdammen (høyre), 3.august 2010. Den dårlige sjiktningen er typisk for gjennomstrømningsinnsjøer. Bunnvannet i Borredalsdammen viste oksygenvinn i denne sommerperioden.

### 2.1.2 Siktedyp

*Siktedypet måles ved at man senker en hvit skive (Secciskive) ned i vannet til den forsvinner. Så trekkes den opp til den kommer til syne igjen. Dette nivået er siktedypet. Denne enkle metoden gir viktig grunnleggende informasjon om mengden partikler i vannet og oppløste organiske stoffer med humus karakter. Partiklene kan være dels algeplankton, dels humusstoffer og leire fra nedbørsfeltet. I mange sjøer reflekterer siktedypet i noen grad trofigraden.*

**Figur 2** viser målinger for siktedypet i Vestvannet og Borredalsdammen gjennom sommersesongene 2007 til 2010. Det er ingen vesentlige forskjeller mellom de fire årene, eller mellom de to innsjøene. Noe lavere siktedyp i Vestvannet gjennom enkelte perioder (for eksempel forsommeren 2008) henger trolig sammen med innstrømming av flomvann fra Glomma, og økt tilførsel av leirpartikler. Andre perioder har Borredalsdammen muligens hatt noe mer redusert siktedyp (forsommeren 2009). I 2010 var det noe svekket siktedyp vår og høst, og noe høyere gjennom sommermånedene. Variasjonen gjennom denne sommersesongen reflekterer først og fremst suspendert stoff fra Glomma i flomperiodene. Erosjonsmaterialet sedimenterer utover forsommeren, men gjør at Vestvannet enkelte perioder har et noe dårligere siktedyp enn Borredalen først på sommeren. Senere påvirkes verdiene mer av algeplankton, som det kan være noe mer av i Borredalsdammen (se nedenfor). Dette ser man også ved at siktedypet er noe lavere i sistnevnte innsjø i denne perioden. Forskjellene er imidlertid marginale og helt uten signifikans.

Vanligvis regner vi 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 blågrønnalger er imidlertid i stand til å opprettholde fotosyntesen også ved noe svakere lys enn dette.

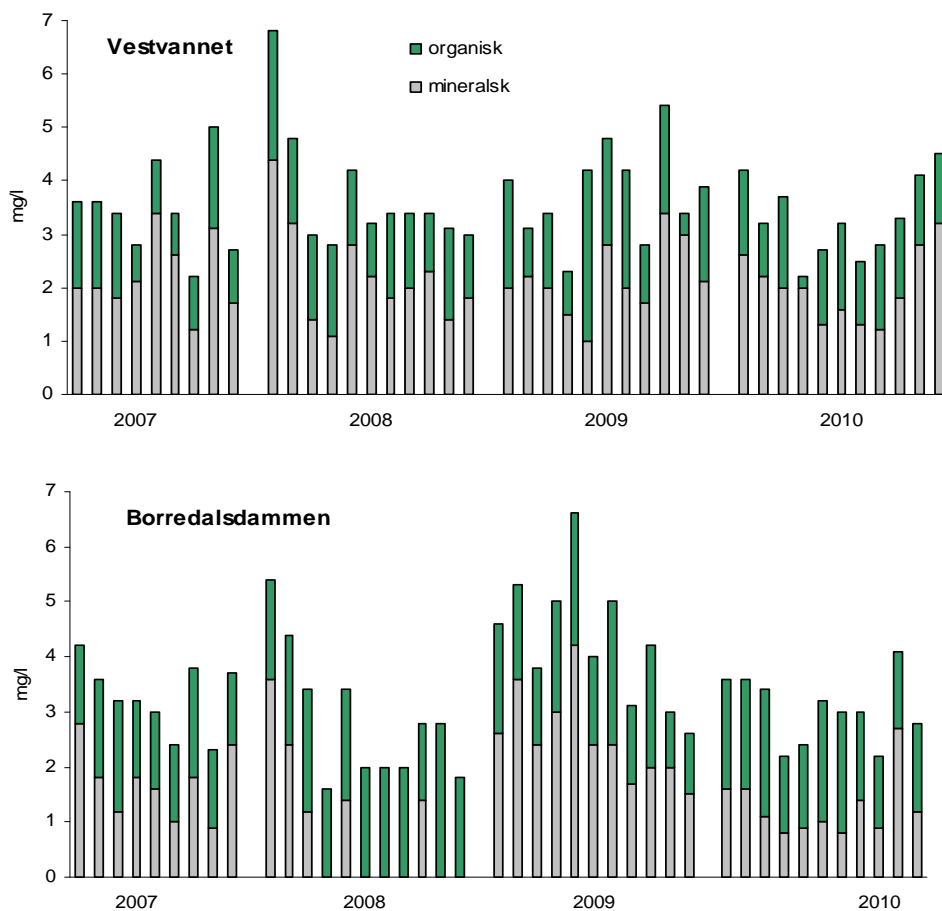


**Figur 2.** Målinger av siktedyp i Vestvannet og Borredalsdammen for årene 2007 - 2010.

### 2.1.3 Suspendert tørrstoff

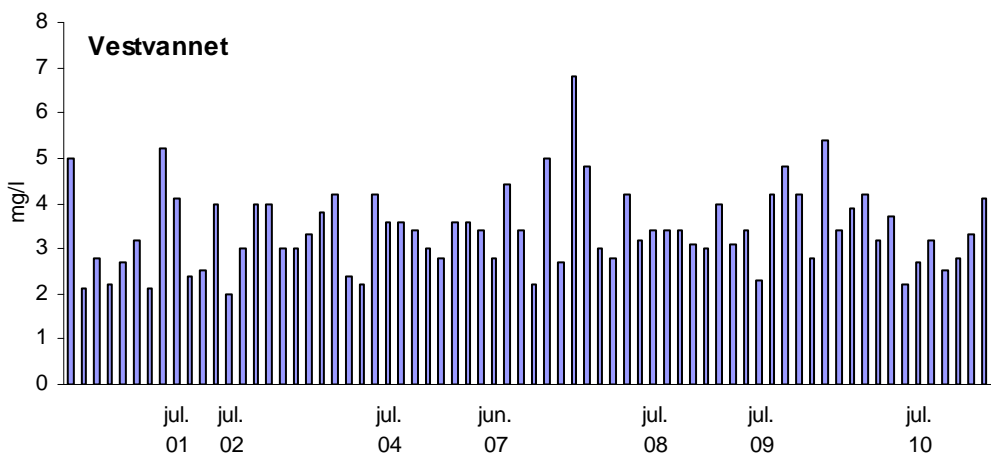
Partikkelmengden i innsjøer kan mer presist måles ved å filtrere et vannvolum. Vekten av filtratet defineres som totalt suspendert tørrstoff, og måles i  $\text{mg/L}^1$ . Ved oppvarming til  $550\text{ }^\circ\text{C}$  fjernes den organiske fraksjonen, og tilbake blir den andelen som er mineralpartikler (særlig silt, til en viss grad også leire). Partikkelmengden i vannet bestemmes av tilførsel fra bekker, diffus avrenning (særlig fra dyrket mark), mengden algeplankton i vannet, og resuspensjon (utvasking og oppvirvling) fra bølgeslag mot strender og grunne sedimenter.

**Figur 3** viser partikkelmengden i Vestvannet og Borredalsdammen for de fire siste årene, som totalt suspendert tørrstoff (STS,  $\text{mg/L}$ ). Generelt er innholdet av partikler moderat til lavt i begge bassenger. De ulike fraksjonene for mineralsk (grå) og organisk stoff (grønn) er markert. Mønsteret som kommer frem passer godt med de målingene av siktedypet antyder. Vestvannet hadde et noe høyere innhold av STS i 2007 og 2008. Dette skyldes fortrinnsvis et større innslag av mineralpartikler (leire), særlig i flomperioder (mai), slik det må forventes i elvepåvirkede sjøer. I 2010 har partikkelinnholdet i Vestvannet en viss dominans av mineralske partikler, dvs silt og leire, om våren og høsten, mens den organiske andelen er noe mindre. Om sommeren er imidlertid forholdet omvent, med noe forhøyet andel av organiske partikler og algeplankton. I Borredalsdammen er trenden gjennom sommeren mindre variabel, men generelt er innholdet av organiske partikler dominerende. Resultatene for de tre siste årene viser at det ikke var noen klare endringer i partikkelmengden i Vestvannet.



**Figur 3.** Innholdet av suspendert tørrstoff ( $\text{mg/L}$ ) for 2007-2010 i Vestvannet og Borredalsdammen. Fraksjoner av organisk og mineralsk stoff er markert.

**Figur 4** viser innholdet av suspendert tørrstoff i Vestvannet for 1991, for 2001-2004 og for 2007-2010 (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold). Det er ingen klare endringer i innholdet av STS for perioden.



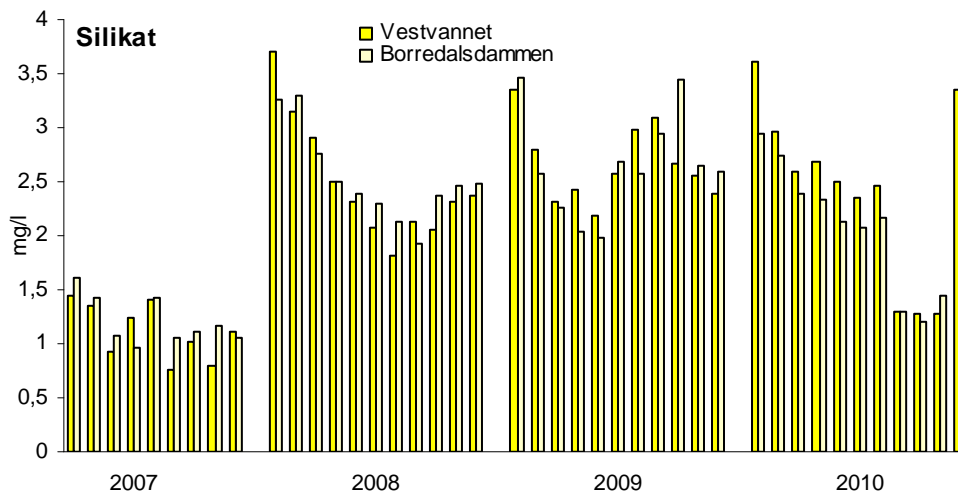
**Figur 4.** Innholdet av suspendert svevstoff i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

#### 2.1.4 Silikat

*Silikat er et næringsstoff som en viktig algegruppe – kiselalgene - er avhengige av. Disse algene danner sjeldent giftstoffer, og har ofte en stabiliserende effekt, ved at de hindrer oppkomsten av problemalger. Som hovedregel trenger kiselalgene minst 0,1 mg silikat i vannet. Bli det mindre øker også sjansene for oppblomstring av giftalger. - Silikat tilføres vannet fra berggrunnen, og påvirkes i liten grad av menneskelige aktiviteter.*

**Figur 5** viser innholdet av silikat (mg/L) ved ulike dager gjennom sommerhalvåret de fire siste år. Innholdet av silikat var lavt i 2007, og mer sammenlignbart med 1996, da middelverdien for sesongen var 0,9 mg/L. De siste tre årene har det vært betydelig høyere konsentrasjoner av silikat i vannet. Mønsteret er ellers typisk for silikatdynamikken i nordiske sjøer. Verdiene er fallende fra våren og utover sommeren, ettersom silikat forbrukes av kiselalgene. Den sterke blandingen av vannmassene i Vestvannet bidrar trolig til en viss resirkulering av silikat fra bunnvannet også gjennom sommeren, da innsjøer ordinært stagnerer, og hindrer utarming av dette nøkkelstoffet fra overflatevannet. Innholdet av silikat var hele tiden tilstrekkelig til å opprettholde en dominans av kiselalger i algesamfunnet.

Silikat er sannsynligvis ikke noe begrensende næringsstoff for kiselalgene i bassenget. Årsaken til at innholdet har vært høyere de tre siste årene er usikkert. Silikat påvirkes fortrinnsvis av forvitningsprosesser i nedbørsfeltet, og er etter hva man vet bare i liten grad influert av menneskelig aktivitet.



**Figur 5.** Innholdet av silikat (mg/L) i Vestvannet og Borredalsdammen gjennom sommerhalvåret 2007-2010.

### 2.1.5 Næringsalter

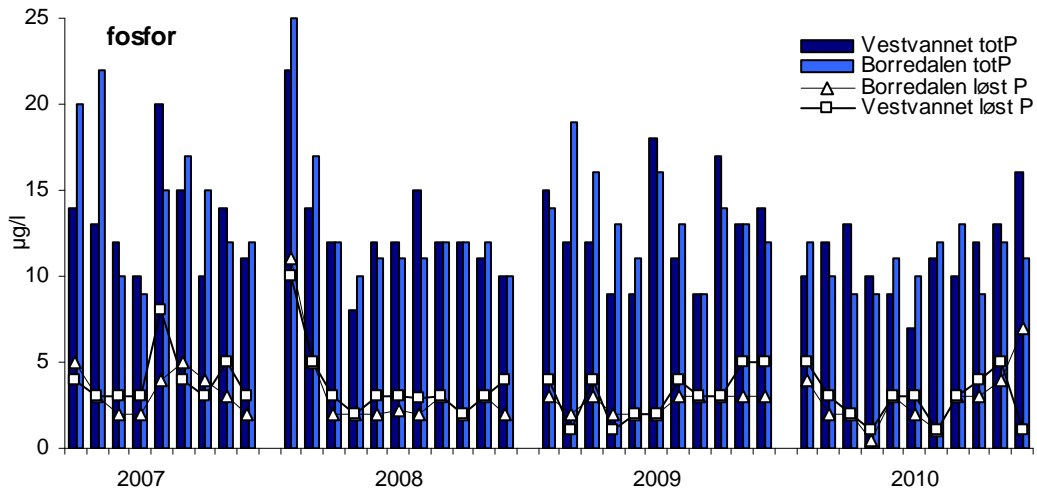
*Fosfor og nitrogen er sentrale næringsstoffer for planteplanktonet. Særlig innholdet av fosfor er ofte utslagsgivende for hvor mye alger som dannes. Mange giftalger og blågrønnalger er knyttet til forhøyete verdier av næringsalter (eutrofiering), eller har en tendens til å oppstå om mengdeforholdet 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. Mye av fosforet er bundet til leirepartikler, 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).*

SFT angir totalt fosfor som støtteparameter for klassifisering av drikkevannskvalitet. For å være ”godt egnet” 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.

Innholdet av fosfor i de to bassengene, målt som totalt fosfor og løst fosfat, for sommersesongene 2007 til 2010 er vist på **Figur 6**. Det er ingen tydelige forskjeller mellom de fire måleseriene. Alle årene har et fosforinnhold som er noe forhøyet på forsommeren, noe som er rimelig med vårflom og tilhørende utvasking fra nedbørsfeltet, både av fosforrik leire og av løst fosfat. Borredalsdammen har noe høyere innhold av totalt fosfor enn Vestvannet om våren, og i 2010 var denne tendensen synlig også gjennom sommermånedene. Generelt er forskjellene små, og de to systemene følger hverandre tett. Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalt fosfor varierte lite i de to bassengene, og var i Borredalsdammen henholdsvis 14,6, 13, 13,6 og 10,7 µg P/L de fire siste år. Dette plasserer vannet i kategorien ”Mindre egnet” i årene 2007 til 2009, og i klassen ”Egnet” inneværende år, om man legger kriteriene nevnt ovenfor til grunn.

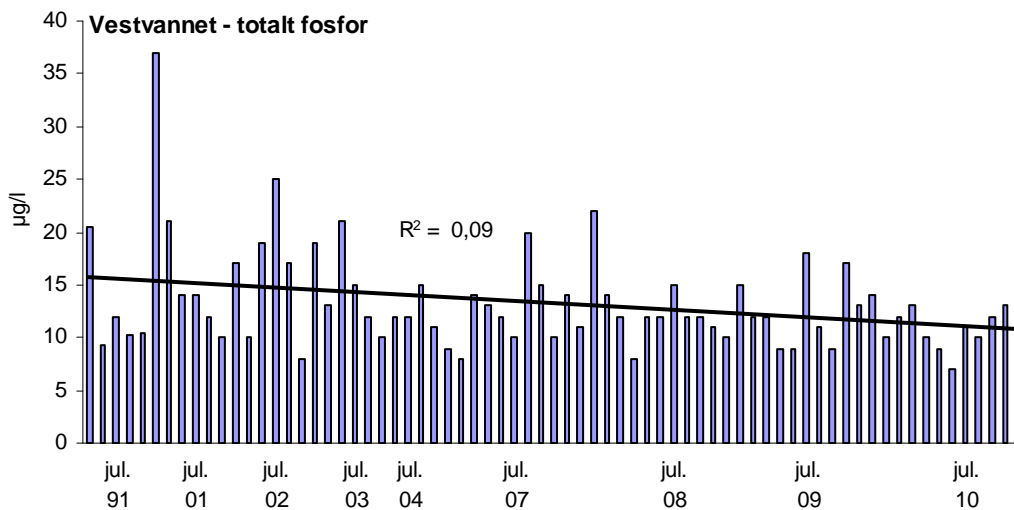
Fosfor er ofte begrensende næringsstoff for algeproduksjonen. Fosforinnhold er også medbestemmende for fastsettelse av trofegrad, og ut fra våre målinger kan begge innsjøene karakteriseres som svakt mesotrofe.

En betydelig fraksjon av den totale fosformengden er vanligvis bundet til leirpartikler eller humus, og kan derfor ikke nyttes som plantenæring, slik tilfellet er med løst fosfat. Man bør følgelig være spesielt oppmerksom på den andelen som foreligger i løst form (løst fosfat; linje på **Figur 6**). Fosfatinnholdet var ganske likt i de to vannene, og det var ingen tydelige trender i de fire aktuelle årene. Også verdiene for løst fosfat indikerer at vannene skal klassifiseres som svakt mesotrofe.



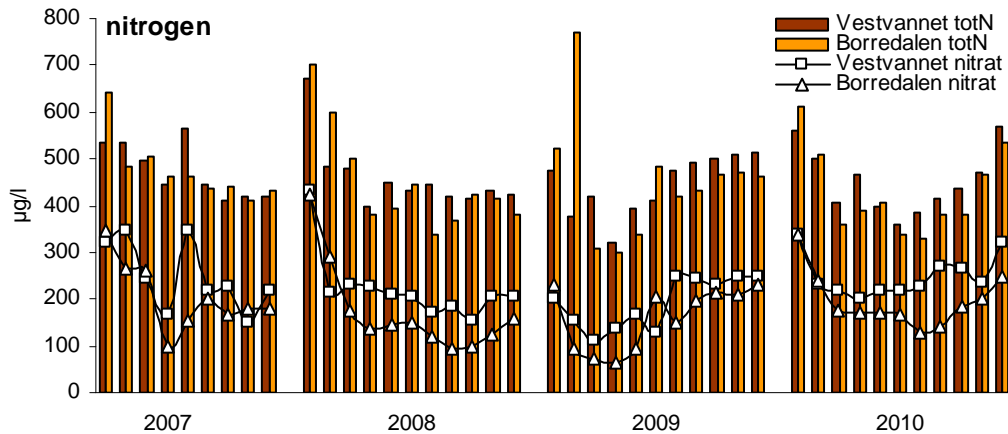
**Figur 6.** Konsentrasjoner av fosfor i overflatevannet (0-4 m) for sommersesongene 2007-2010. Søyler angir totalt fosfor, linjer angir løst fosfat.

Vi har også foretatt en sammenstilling av verdiene for totalt fosfor i Vestvannet for årene 1991, 2001-2004 og 2007-2010. Med forbehold om at data fra flere år ikke er tatt med, antyder trendlinjen en svak nedgang i fosforinnholdet i løpet av denne perioden (**Figur 7**). En del av denne endringen er imidlertid forårsaket av et lite antall høye enkeltverdier i 2001-2003. Slike høye fosforkonsentrasjoner er knyttet til episodiske flomsituasjoner, og gir en viss skjevhet i datasettet.

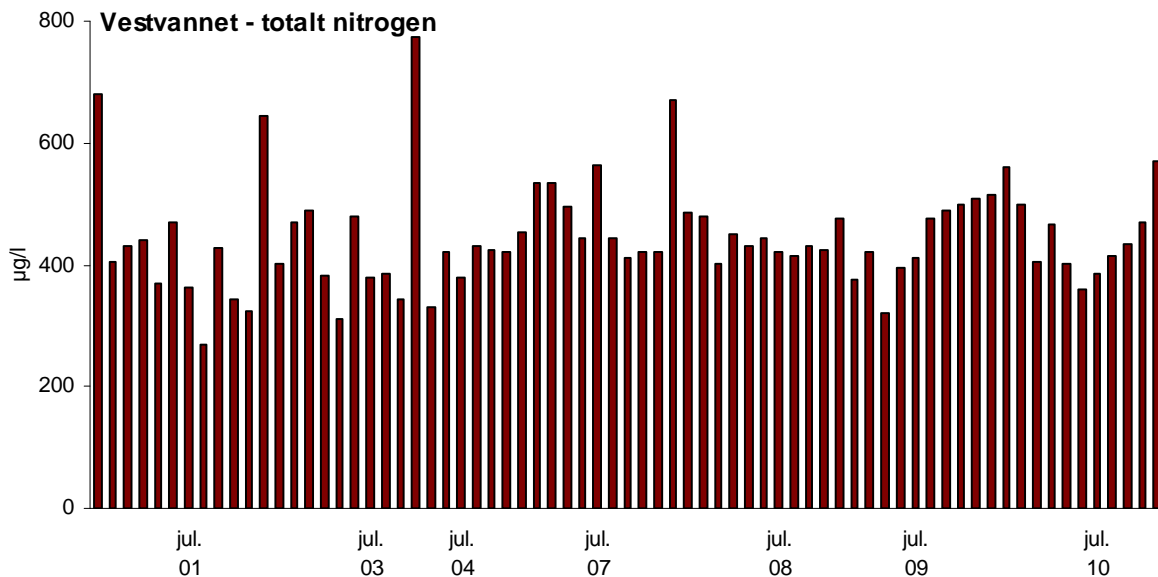


**Figur 7.** Innholdet av totalt fosfor i Vestvannet for de år det finnes data for (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

Innholdet av totalt nitrogen og nitrat viser generelt et forholdsvis likt mønster for de to innsjøene, men resultatene for 2010 viste som sist år et noe høyere innhold av både totalt nitrogen og nitrat i Vestvannet (**Figur 8**). Sammenligner man med siktedyp for de periodene da nitratinnholdet var særlig høyt, ser man at siktedypet ofte var noe forhøyet på disse datoene. Dette indikerer at de forhøyete nitratverdiene i Vestvannet er koblet til flømeepisoder i Glomma, med økt lokal avrenning av nitrat fra diffuse kilder oppstrøms, som har flommet inn i Vestvannet.



**Figur 8.** Nitrogen i overflatevannet (0-4 m) for perioden 2007-2010. Søyler angir totalt nitrogen, og linjer angir løst nitrat.



**Figur 9.** Innholdet av totalt nitrogen i Vestvannet for utvalgte år (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

**Figur 9** viser innholdet av totalt nitrogen i Vestvannet for utvalgte år etter 1991. Det er ingen klare trender for perioden, men antydningvis kan det tenkes å ha skjedd en svak økning av nitrogen-



innholdet. Årsaken til at fosfor og nitrogen kanskje ikke har endret seg simultant over de siste sytten år er usikker. Renseanlegg er mer effektive overfor fosfor-fjerning enn for nitrogen, og man kan spekulere på om effektivisering av P-fjerning kan være årsaken.. Fosforreduksjonen, dersom den faktisk er reell, kan imidlertid også skyldes redusert innhold av leirepartikler (dvs fosfor kjemisk bundet til leire). Også endrete driftsformer i landbruket, for eksempel mindre høstpløying, kan være medvirkende årsak til den ensidige svake reduksjonen i fosfor.

## 2.2 Algesamfunnet

### 2.2.1 Klorofyll, algemengde og sammensetning

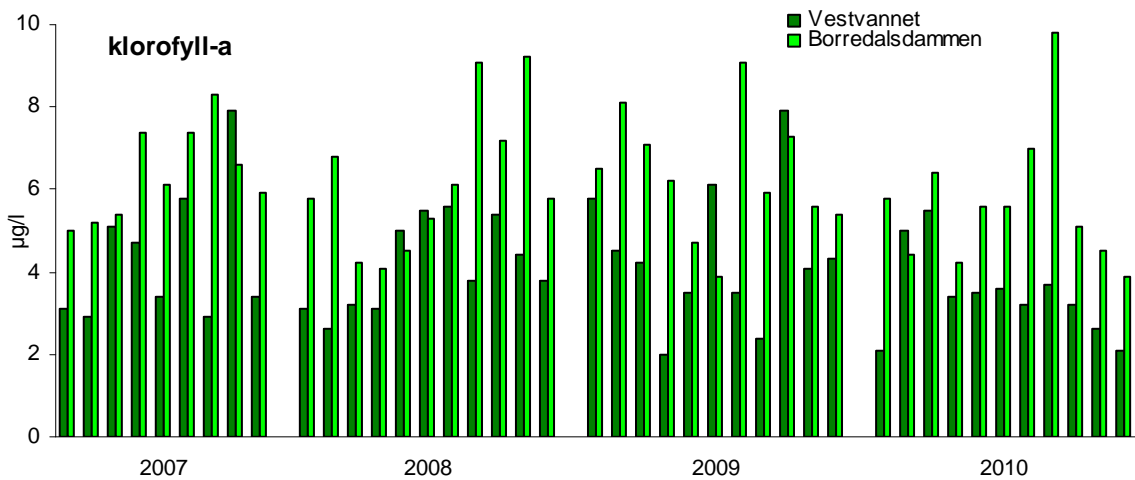
*Produksjonen av organisk stoff i vannet bestemmes av den totale mengden alger som produseres til enhver tid. Mengden bestemmes i stor grad av innholdet av nitrogen og fosfor. Å beregne den faktiske mengden alger i vannet kan være vanskelig, men man får et estimat ved å analysere mengden klorofyll. – 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, men dette er et mer tidkrevende arbeid. På grunnlag av dette kan man imidlertid også få mer detaljert kunnskap om problemalger, som for eksempel blågrønnalger. - Innholdet av algegifter, særlig microcystin, måles ved kjemisk analyse av vannprøver.*

I SFTs 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 hvor mye og hva slags fisk som forekommer i innsjøen osv.

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 1**; Solheim m.fl. 2008).

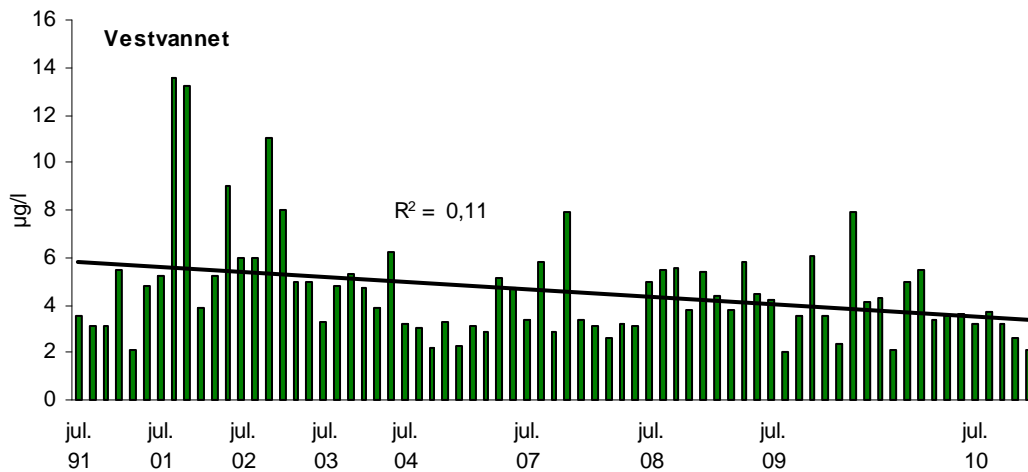
Mengden klorofyll-a i overflatevannet over sommersesongene 2007-2010 er vist i **Figur 10**. Borredalsdammen har et noe høyere klorofyllnivå enn Vestvannet. Høyeste konsentrasjoner her i 2010 var 9,8 µg/L, mens tilsvarende verdi for Vestvannet var 5,0 µg/L. De høye enkeltverdiene henger trolig først og fremst sammen med meteorologiske forhold (perioder med varm værtype). Det er ingen klare forskjeller mellom de fire årene.

Klorofyllverdiene er høyere enn det som er ønskelig. I henhold til de nye foreslåtte grenseverdiene for drikkevann er grensen for ”godt egnet” satt til <3 µg/L, som er klart under nivået i Borredalen idag. Klorofyllmengder >10 µg/L indikerer på den annen side at vannet er uegnet som drikkevann. Enkelte observasjoner for de tre siste årene ligger nær denne grensen, særlig på ettersommeren. Et midlere klorofyllnivå på 5,7 µg/L, slik det altså var tilfelle i Borredalen i 2010, indikerer at vannet er ”mindre egnet” for drikkevann, om man skal følge de nye egnethetskriteriene som er foreslått.



**Figur 10.** Algemengde i Vestvannet og Borredalsdammen gitt som konsentrasjon av klorofyll-a ( $\mu\text{g/L}$ ) for perioden 2007-2010.

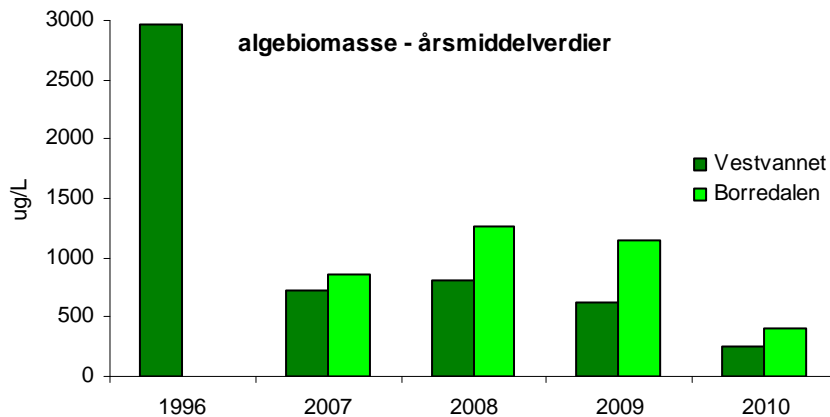
En sammenstilling av klorofyll-a for utvalgte år (1991, 2001-2004 og 2007-10; **Figur 11**) antyder en svak nedgang gjennom perioden. Og om vi begrenser analysen til årene etter år 2000, er klorofyllkonsentrasjonen blitt tydelig lavere (ikke vist grafisk). Mye av reduksjonen skyldes imidlertid et lite antall høye enkeltmålinger i 2001 og 2002.



**Figur 11.** Innholdet av klorofyll-a i Vestvannet ( $\mu\text{g/L}$ ) for de årene det finnes data på (basert på egne data og data fra Fylkesmannen i Østfold).

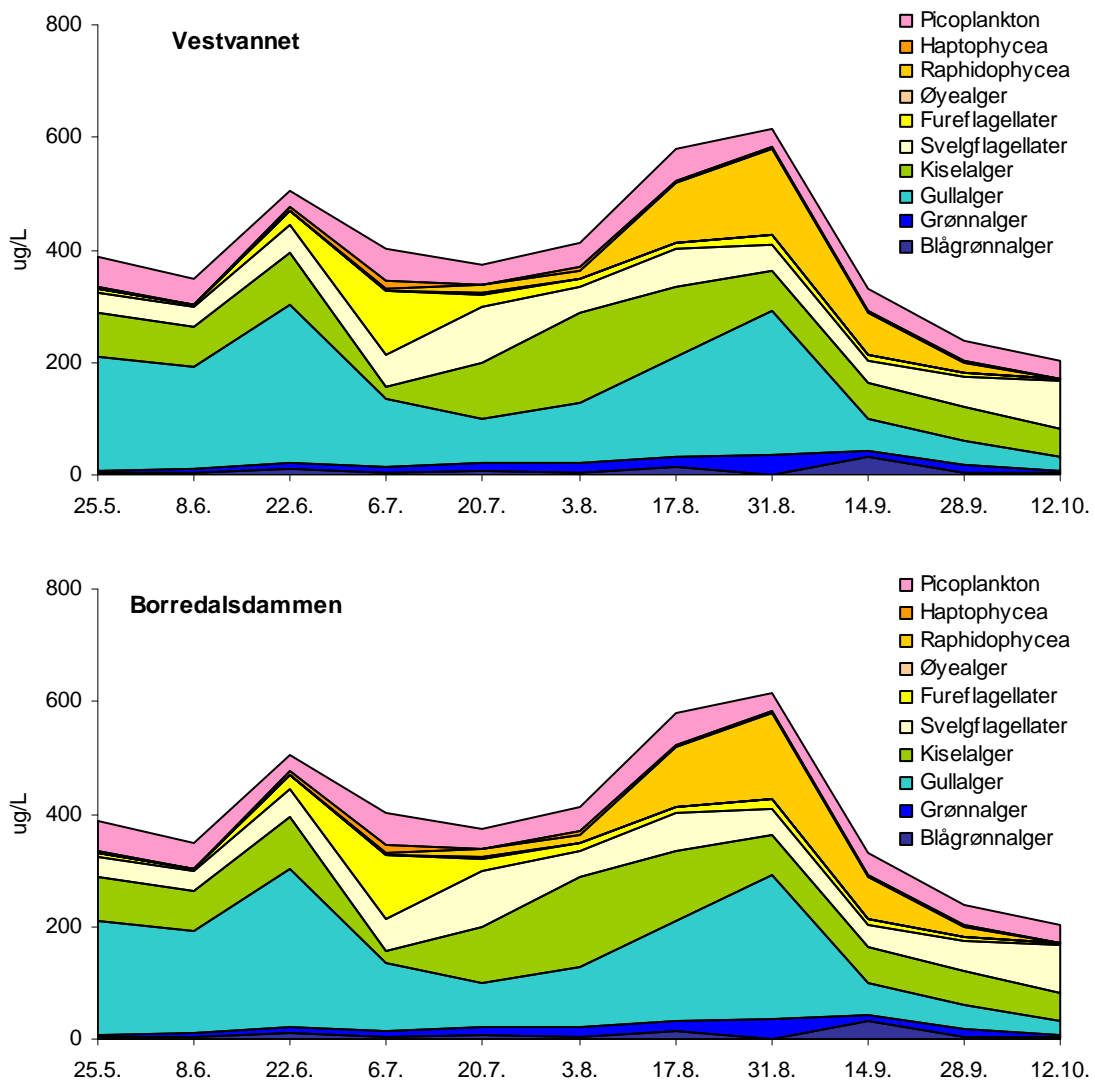
For å undersøke sammensetningen av alger i vannet ble prøver analysert til art, og deres relative bidrag til total algebiomasse ble beregnet ( $\text{mg våtvekt pr. m}^3$ ). Slike undersøkelser gir nyttig informasjon, fordi de ulike algegruppene har ulik funksjon og økologi, som på forskjellig vis også 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 videre reduseres ved innslag av blågrønnalger, som inneholder mindre av dette pigmentet. I tillegg er klorofyllinnholdet lavt i enkelte av gruppene som ble påvist, bl.a. svelgflagellater, som utgjorde en substansiell andel av algefloraen i både Vestvannet og Borredalsdammen.

Algesamfunnet var ganske likt i de to bassengene i 2010, både i artssammensetning og mengde. Målt som biomasse var det i 2010 betydelig mindre alger i begge innsjøene enn det vi har funnet i de foregående årene, men det er vanskelig å si noe sikkert om årsakene til dette (**Figur 12**). Som gjennomgående mønster er det mer alger i Borredalsdammen enn i Vestvannet, men artssammensetningen er i hovedsak lik begge steder. NIVA har data fra Vestvannet også for ett tidligere år – 1996, da det ble tatt prøver av algeplankton 4 ganger i løpet av sommersesongen. Middelerdien for det året var med snaut 3000 µg/L svært mye høyere enn det som har vært målt de siste årene.



**Figur 12.** Algebiomasse (µg/L) i Vestvannet (mørk grønn) og Borredalen (lys grønn) – årsmiddelerdien for de fire siste årene, samt for 1996 (kun Vestvannet).

I begge innsjøene gikk algesamfunnet i 2010 gjennom to tydelige topper, i henholdsvis juni og august (**Figur 13**). Toppene var særlig forårsaket av gullalger, men også kiselalger og fureflagellater bidro. Gullalgene besto hovedsakelig av små former. Men også større former, særlig *Dinobryon*, var representert med flere arter. Dette er alger som kan gi vannet en særegen (fisk- eller jordlignede) lukt hvis konsentrasjonene blir høye. Stoffene de skiller ut (særlig geosmin) kan under gitte forhold også gi sjenerende smak på vannet, men det har aldri vært rapportert om forgiftninger. *Dinobryon* har tidligere bidratt til luktproblemer i drikkevannet ulike steder i Østfold, og rapporter om sjenerende lukt i Vestvannet 2006 kan ha vært knyttet til høye forekomster av gullalger. Kiselalgene var dominert av slekter som *Fragilaria* og *Tabellaria*.



**Figur 13.** Fordeling av ulike algegrupper ( $\mu\text{g}$  våtvekt/L) i overflatevannet for Vestvannet (øverst) og Borredalsdammen (nederst) for 2010.

### 2.2.2 Blågrønnalger, Planktothrix og algetoksiner

Innholdet av blågrønnalger var i 2010 betydelig lavere enn i forutgående år. Av identifiserte slekter dominerte som ifjor også i år *Jaaginema sp.* og *Planktothrix sp.*. Blant de påviste artene er algegifter særlig assosiert med oppblomstringer av *Planktothrix*, men da ved større tettheter enn dem vi har målt i Vestvannet og Borredalsdammen. Siden denne algegruppen likevel er potensielt uheldig for drikkevannskvaliteten, skal vi i det følgende litt mer detaljert ta for oss økologien til *Planktothrix*, og hvordan denne arten forholder seg til sirkulasjon og årstidenes skiftninger.

Om vinteren, når innsjøer er frosset, er vannmassene i ro. Bunnvannet, som er tyngst, holder  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mens det rett under isen finnes vann som er noe kaldere og derfor lettere (gjærne  $+1$  til  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Når isen smelter om våren kommer det en periode da hele innsjøen holder samme temperatur ( $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). I denne fasen er vannmassene svært labile, og svak vind er nok til at det settes i gang en full omrøring – det man kaller fullsirkulasjon – av hele bassenget. På denne måten fordeles også oksygen og næringssalter (fosfor og nitrogen) jevnt i vannet.

Etter noen uker, avhengig av innstråling og værforhold, blir overflatelaget varmere. Gradvis danner det seg to ulike vannlag i innsjøen – et øvre, varmere (epilimnion), som er atskilt fra det kalde dypvannet (hypolimnion). Denne sjiktningen opprettholdes gjennom hele sommeren, og den smale overgangssonen mellom de to – sprangsjiktet (metalimnion) – kjennetegnes ved raske temperaturendringer. Hypolimnion er ofte uten lyspåvirkning og uten algevekst. Til gjengjeld akkumuleres det her gjerne næringsstoffer, og det forbrukes mer oksygen enn det som tilføres. I det øvre lyspåvirkete epilimnion, derimot, vil det leve algeplankton så lenge det finnes næringsalter. Det siste er også årsaken til at det ofte kommer til en utarming av plantenæringsstoffer i de øvre vannlagene om sommeren. – Om høsten kjøles epilimnion ned igjen, og i oktober/november får på ny hele bassenget lik temperatur, og det kommer til en ny fullsirkulasjon, med ny blanding av næringsaltene, før isen legger seg.

Algeplanktonet har vanligvis ulike former for hvilestadier når forholdene er ugunstige. Om vinteren befinner de seg gjerne i sedimentlaget på bunnen, mens de har sin aktive vekstperiode om sommeren. *Planktothrix* er annerledes. Den danner ikke hvilestadier i det hele tatt, men overlever vinteren direkte i selve vannet som levende celler, som har form av lange tynne hår. Om våren begynner de cellene som har overlevd å vokse og dele seg. Arten har nå en viktig vekstperiode i løpet av noen korte våraker, og på ny om høsten, når vannmassene sirkulerer igjen. I år hvor oppvarmingen har vært hurtig og sjiktningen etableres raskt finner man erfaringsmessig derfor lavere konsentrasjoner av *Planktothrix* senere på sommeren.

Vår og høst er også næringsaltene spredt gjennom hele vannsøylen, og *Planktothrix* er tilpasset disse forholdene, blant annet ved at de kan overleve ved lite lys. Veksten er forholdsvis langsom, og vanligvis observeres bare moderate konsentrasjoner i disse periodene, også fordi algen da er spredt gjennom hele vannsøylen. Man tenker gjerne at blomstrende blågrønnalger viser seg som grønt slam på vannoverflaten. Men *Planktothrix* er ofte spredt over store vannmasser og dermed vesentlig vanskeligere å observere vår og høst, eller konsentreres på dyp utenfor menneskets synsvidde.

*Planktothrix* er heller ikke assosiert med kraftig eutrofiering, slik ofte andre blågrønnalger er. Arten må faktisk heller betegnes som en rentvannsindikator, og den har trolig vært i enkelte innsjøer i Østfold siden istiden. Veksten er imidlertid avhengig av løst nitrat. Faller konsentrasjonen av dette under ca 50-70 µg/L, slutter cellene å dele seg. Som man ser av **Figur 8** har både Vestvannet og Borredalen vanligvis høyere verdier enn dette om våren, men konsentrasjonen pleier å falle ut over i juni, med den første algeoppblomstringen. Nitratnivået frem gjennom våren kan til en viss grad brukes som indikasjon på forventet mengde *Planktothrix* i sommervannet.

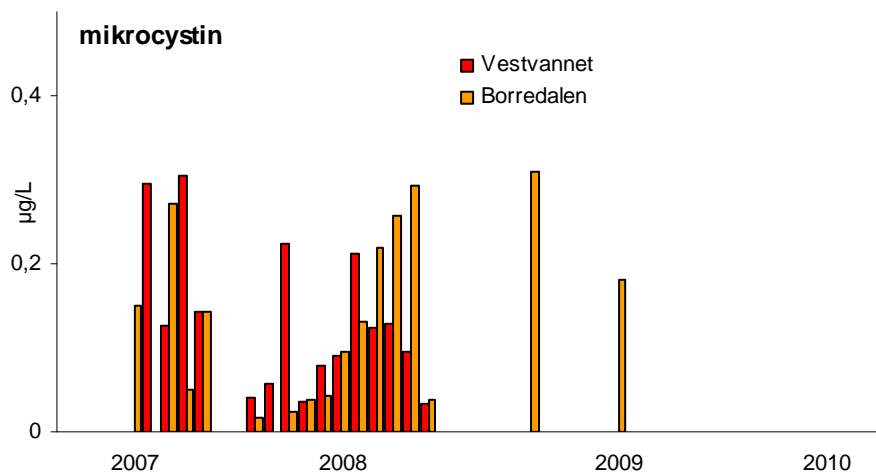
For de cellene som har utviklet seg om våren, dør ikke. Når sjiktningen setter inn vil de individene som befinner seg dypt ha en tendens til å stige opp mot de øvre vannlagene, der det er bedre lysforhold (den fotiske sonen, der det er nok lys til å opprettholde fotosyntesen). Dette området omfatter som allerede nevnt om lag 2,5 x siktedypet, noe som for Vestvannet og Borredalsdammen betyr ned til 4-5 meters dyp. *Planktothrix*-celler i det øvre, mest lyseksponeerte området vil omvent ha en tendens til å synke. Årsaken er at cellene blir tyngre fordi de opprettholder en høy fotosyntetisk aktivitet, og derfor lagrer så mye stivelse at de mister oppdriften. Lenger nede, og ofte i eller i nærheten av sprangsjiktet, der lyset er svakt og fotosyntesen mindre effektiv, vil det gradvis innstille seg en balanse mellom fotosyntese og forbrenning. Tetthetsforskjellene er store over korte avstander, og her vil *Planktothrix*-cellene samle seg. I dette området er det akkurat nok lys til å overleve, samtidig som de får tilgang til noe næringsalter fra dypvannet under seg. Dette laget av *Planktothrix*-celler kan gjerne bli så tynt som ned mot noen cm, der imidlertid konsentrasjonene kan være svært høye.

Det finnes eksempler på innsjøer der *Planktothrix* har forsvunnet. I Kolbotnvatnet later den til å ha blitt borte. Om innsjøen har en god bestand av annet algeplankton vil disse gjerne skygge ut for *Planktothrix*, som befinner seg dypere ned, og gradvis svekke bestanden. Veksten stopper også opp

sommer og vinter. Lang vinter og sommer, og hurtig oppvarming om våren og nedkjøling om høsten vil også svekke populasjonen.

Mikrocystin er den algegiften som erfaringsmessig kan forårsake redusert drikkevannskvalitet. Mikrocystin dannes av mange ulike blågrønnalger, 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. Enkelte blågrønnalger kan også produsere ukjente giftstoffer med protrauert giftvirkning (fordrøyet effekt i museforsøk). WHO's anbefalte grenseverdi for mikrocystin i drikkevann er  $1\mu\text{g/L}$ , mens bading frarådes ved konsentrasjoner  $>10\mu\text{g/L}$ .

Punktmålinger høsten 2006 hadde vist et innhold av mikrocystin på  $2,8\mu\text{g/L}$ , noe som var medvirkende til at overvåking ble satt i gang året etter. Resultatet for overvåkingen av mikrocystin for 2007-2007 er vist i **Figur 14**. I 2007 kom det til moderat produksjon av mikrocystin i begge bassenger på ettersommeren, og også i 2008 ble det påvist små mengder toxin over det meste av prøveperioden. Innholdet var imidlertid lavt, og godt under den anbefalte grenseverdien. I 2009 ble det bare registrert mikrocystin i vannprøvene ved to anledninger. I begge tilfellene var det prøver fra Borredalen, og innholdet var lavt ( $0,31$  og  $0,18\mu\text{g/L}$ ). I 2010 ble det ikke ved noen tilfeller påvist mikrocystin over grenseverdien ( $0,15\mu\text{g/L}$ ).



**Figur 14.** Innhold av mikrocystin ( $\mu\text{g/L}$ ) i overflatevann (0-4 m) fra Vestvannet og Borredalsdammen for perioden 2007-2010. I fjor ble det bare punktuelt målt mikrocystin i systemet (i Borredalen), mens det ikke ble påviste nærvær av denne algegiften i 2010.

### 3. Konklusjoner

NIVA har i samarbeid med FREVAR overvåket vannkvaliteten i Vestvannet og Borredalsdammen ved Fredrikstad i 2010, med særlig fokus på algeplankton og blågrønnalger. 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 Borredalen er trolig årsak til at vannkvaliteten i de to bassengene er så lik som den er.

Innsjøene fremstår som svakt mesotrofe klarvannssjøer, med middels innhold av næringssalter. Innholdet av både totalt fosfor og klorofyll-a har tilsynelatende gått ned gjennom den perioden vi har hatt data for, og det meste av algesamfunnet utgjøres av arter som er vanlige i Østfolds innsjøer, og som ikke er giftproduserende. Algeinnholdet var betydelig lavere i 2010 enn i forutgående år, og middelkonsentrasjonen var i 2010 den laveste vi har målt i overvåkinga så langt. Forekomsten av blågrønnalger var beskjeden, og det ble ikke registrert mikrocystin i noen av prøvene dette året.

## 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.
- Lindholm, M. 2010. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2009. NIVA-rapport 5905-2010.
- Rohrlack, T. og M. Lindholm. 2007. Overvåking av Vestvannet/Borredalsdammen i Østfold, 2007. NIVA rapport 5527-2008.
- 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



## 5. Vedlegg

### Fysiske data Vestvannet og Borredalsdammen 2010

SIKTEDYP (METER)		
DATO	VESTV.	BORR.
25.5.	1,45	1,40
8.6.	1,50	1,50
22.6.	1,80	1,95
6.7.	2,00	2,00
20.7.	2,30	1,90
3.8.	1,90	2,10
17.8.	2,00	2,00
31.8.	1,80	1,50
14.9.	2,10	2,00
28.9.	1,60	1,60
12.10.	1,20	1,50

TEMPERATUR VESTVANNET									
DATO/DYP (m)	0	3	6	9	12	15	18	21	24
25.5.	11,1	11,1	11,1	11,0	10,9	10,9	10,4	10,7	10,7
8.6.	15,5	15,3	13,1	12,4	11,8	11,4	11,1	11,0	10,8
22.6.	15,5	15,5	14,8	14,6	14,5	14,4	13,0	11,7	11,8
6.7.	18,2	17,9	17,4	16,8	15,7	14,6	13,4	12,3	11,7
20.7.	18,7	18,6	18,5	18,5	17,7	16,9	16,9	15,8	13,5
3.8.	18,8	18,2	17,9	17,8	17,4	15,8	13,8	11,8	11,5
17.8.	18,8	18,8	18,7	18,5	17,6	16,8	15,0	12,9	12,0
31.8.	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,6	16,1	12,7	11,9
14.9.	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,4	15,4
28.9.	12,8	12,9	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
12.10.	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0

TEMPERATUR BORREDALEN							
DATO/DYP (m)	0	1	2	3	4	5	6
25.5.	15,3	15,2	15,3	15,3	14,3	11,0	10,2
8.6.	18,3	18,2	17,3	15,8	15,0	14,4	11,5
22.6.	16,9	16,8	16,8	16,3	15,7	15,3	13,0
6.7.	19,5	19,5	19,4	19,4	18,7	17,3	14,5
20.7.	19,3	19,3	19,3	19,3	19,2	18,9	16,4
3.8.	19,5	19,1	19,1	19,1	18,9	18,4	16,7
17.8.	19,7	19,6	19,6	19,6	19,5	18,9	18,9
31.8.	16,2	16,4	16,4	16,4	16,4	16,1	16,1
14.9.	15,4	15,3	15,3	15,2	15,1	15,0	14,9
28.9.	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
12.10.	10,7	10,6	10,5	10,4	10,3	10,2	10,2

<b>OKSYGEN VESTVANNET (mg/l)</b>									
<b>DATO/DYP (m)</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>24</b>
25.5.	11,9	11,8	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	12,0
8.6.	11,5	11,6	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,4	11,1
22.6.	10,7	10,7	10,7	10,6	10,5	10,4	10,1	9,7	9,9
6.7.	9,7	9,8	9,7	9,6	9,4	9,1	8,8	8,0	6,2
20.7.	9,5	9,5	9,4	9,4	9,0	8,7	8,9	8,6	8,0
3.8.	9,5	9,4	9,3	9,2	8,9	7,9	6,9	5,0	3,6
17.8.	9,3	9,3	9,1	8,8	8,2	7,7	6,6	4,9	4,1
31.8.	9,1	9,0	9,0	8,9	8,8	8,6	8,1	3,7	2,2
14.9.	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,0
28.9.	10,0	9,8	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,6
12.10.	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9

<b>OKSYGEN BORREDALEN (mg/l)</b>							
<b>DATO/DYP (m)</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
25.5.	10,8	10,8	10,8	10,5	9,9	7,3	6,6
8.6.	10,1	10,2	9,6	9,5	9,4	8,6	2,8
22.6.	10,1	10,2	10,3	9,8	9,3	8,8	0,6
6.7.	9,0	9,1	9,1	9,1	8,2	4,6	0,6
20.7.	9,1	9,1	9,1	9,0	8,4	7,4	0,4
3.8.	9,3	9,3	9,3	9,2	8,9	8,3	0,4
17.8.	9,0	9,1	9,1	9,1	9,1	6,7	3,0
31.8.	9,0	8,9	8,9	9,0	8,9	8,4	8,3
14.9.	9,4	9,3	9,1	9,3	9,1	9,1	8,9
28.9.	9,9	9,7	9,6	9,7	9,7	9,7	9,8
12.10.	9,1	9,2	9,5	9,6	9,7	9,6	9,6

**Kjemiske analyseresultater 2010**

		STS	SGR	Tot-P	PO4-P	Tot-N	NO3-N	SiO2	KL-A
	dato	mg/l	mg/l	µg /l	µg /l	µg /l	µg /l	µg/l	µg/l
Borredalen	25.mai	3,6	1,6	12	4	610	340	2937	5,8
Vestvannet	25.mai	4,2	2,6	10	5	560	340	3609	2,1
Borredalen	08.jun	3,6	1,6	10	2	510	240	2744	4,4
Vestvannet	08.jun	3,2	2,2	12	3	500	230	2955	5
Borredalen	22.jun	3,4	1,1	9	2	360	175	2385	6,4
Vestvannet	22.jun	3,7	2	13	2	405	220	2588	5,5
Borredalen	06.jul	2,2	<0,8	9	<1	390	170	2328	4,2
Vestvannet	06.jul	2,2	2	10	1	465	200	2692	3,4
Borredalen	20.jul	2,4	0,9	11	3	405	170	2131	5,6
Vestvannet	20.jul	2,7	1,3	9	3	400	220	2495	3,5
Borredalen	03.aug	3,2	1	10	2	340	165	2070	5,6
Vestvannet	03.aug	3,2	1,6	7	3	360	220	2359	3,6
Borredalen	17.aug	3	<0,8	12	1	330	130	2162	7
Vestvannet	17.aug	2,5	1,3	11	1	385	225	2464	3,2
Borredalen	31.aug	3	1,4	13	3	380	140	1300	9,8
Vestvannet	31.aug	2,8	1,2	10	3	415	270	1297	3,7
Borredalen	14.sep	2,2	0,9	9	3	380	185	1210	5,1
Vestvannet	14.sep	3,3	1,8	12	4	435	265	1271	3,2
Borredalen	28.sep	4,1	2,7	12	4	465	200	1448	4,5
Vestvannet	28.sep	4,1	2,8	13	5	470	235	1285	2,6
Borredalen	12.okt	2,8	1,2	11	7	535	250	3369	3,9
Vestvannet	12.okt	4,5	3,2	16	1	570	320	3358	2,1

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)