



RAPPORT LNR 5340-2007



Utpøving av endret manøvreringsreglement i Vansjø



Resultater fra andre forsøksperiode sommer/høst 2006



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5817 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

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

Tittel Utprøving av endret manøvreringsreglement i Vansjø. Resultater fra andre forsøksperiode sommer/høst 2006.	Løpenr. (for bestilling) 5340-2007	Dato 20.01.2007
	Prosjektnr. Undernr. 26171	Sider Pris 46
Forfatter(e) Eva Skarbøvik (NIVA), Hans Olav Eggestad (Bioforsk), Jens Kristian Tingvold (GLB)	Fagområde Ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Moss kommune	Oppdragsreferanse Oddvar Kristoffersen
----------------------------------	---

Sammendrag
På oppdrag for Moss kommune har Norsk institutt for vannforskning (NIVA), i samarbeid med Bioforsk og Glommen og Laagen Brukseierforening (GLB) gjennomført undersøkelser i Vansjø og Mosseelva for å vurdere om en endring av manøvreringsreglementet kan gi bedre vannkvalitet i Vansjø sommerstid. Det ble foretatt to kraftige tappinger av vann fra Vansjø i løpet av sommeren 2006, på samme måte som i 2005. Rapporten presenterer data fra undersøkelser av overflate- og grunnvann i 2006, og sammenligner dette med resultatene fra 2005. En hovedkonklusjon fra to år med tilsammen fire tappeforsøk er at det ikke kan påvises noen signifikant bedring av vannkvaliteten i Vansjø som følge av denne manøvreringsstrategien. Rapporten drøfter også mulige fordeler og ulemper ved å tappe mer vann gjennom kraftverket i løpet av sommeren enn det som er tilfelle ved dagens reglement.

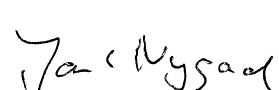
Fire norske emneord 1. Manøvreringsreglement for magasin 2. Eutrofiering 3. Algeoppblomstring 4. Vannkvalitet	Fire engelske emneord 1. Reservoir regulation schedule 2. Eutrophication 3. Algal blooms 4. Water quality
---	---



Eva Skarbøvik
Prosjektleder



Merete J. Ulstein
Forskningsleder



Jarle Nygaard
Fag- og markedsdirektør

**Utprøving av endret
manøvreringsreglement i Vansjø**

Resultater fra andre forsøksperiode
sommer/høst 2006

Forord

På oppdrag for Moss kommune har Norsk institutt for vannforskning (NIVA), i samarbeid med Bioforsk og Glommen og Laagen Brukseierforening (GLB) gjennomført vannfaglige undersøkelser i forbindelse med en mulig endret manøvrering av Moss dam i Vansjø. Hensikten med undersøkelsene er å skaffe faglig belegg for om en endring av manøvreringsreglementet kan gi bedre vannkvalitet i Vansjø sommerstid. NVE har gitt en midlertidig tillatelse til å endre manøvreringsreglementet slik at forsøkene kunne utføres.

Denne rapporten gir en oversikt over resultatene fra undersøkelsene i 2006. Resultatene fra undersøkelsene i 2005 er rapporterte i Skarbøvik m.fl. 2006. En teoretisk utredning om problemstillingen ble utført vinteren 2004-2005, og er rapportert i Skarbøvik m.fl. 2005.

Ved NIVA har Eva Skarbøvik hatt prosjektledelsen for prosjektet; Knut Bjørndalen har gjennom det SFT-støttede Vannsjøprosjektet (i regi av Vannområdeutvalget Morsa) bidratt med innsamling av vannprøver fra Vansjø, og har også hatt ansvaret for utsetting og drift av en vannkvalitetssensor og logger ved Mossefossen. John Rune Selvig, Morten Wilberg og Arne Veidel har hatt det tekniske ansvaret for sensoren.

Hans Olav Eggestad ved Bioforsk har hatt ansvaret for undersøkelser av endringer i grunnvannsstand og effekter av forsøkene for jordbruket. Moss kommune har bistått med feltarbeidet i forbindelse med denne delen av oppdraget.

Jens Kristian Tingvold ved GLB har hatt ansvaret for de hydrologiske prognosene. GLB har fra 1. juli 2004 hatt oppdraget med å forestå manøvreringen av Vansjø på vegne av staten. I tillegg til eget informasjons-/prognosesystem har GLB basert seg på og dels vært avhengig av personell/erfaring i Moss Brukseierforening, spesielt Claus Wasenius (kraftverksoperatør og godt kjent lokalt). GLB har forøvrig også opprettet en egen "hjemmeside" for Mossevassdraget (Hobølva og Vansjø) som oppdateres daglig, og har også rapportert prognoser 2-3 ganger pr måned, inkludert prognoser for tappingene.

Oppdraget har vært utført i nært samarbeid med Moss kommune, som er formell regulant for Vansjø. Oddvar Kristoffersen har fungert som kontaktperson i kommunen, og har også hatt ansvaret for nødvendig varsling om manøvreringsendringene.

Helga Gunnarsdottir ved Vannområdeutvalget Morsa har gitt gode innspill underveis i prosjektet. Knut Bjørndalen, Thomas Rohrlack, Tom Andersen og Stig A. Borgvang (alle NIVA) fortjener stor takk for faglige råd. Fungerende forskningsleder Merete J. Ulstein, NIVA, har kvalitetssikret rapporten.

Oslo, 20.01.2007



Eva Skarbøvik

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
2. Manøvreringsreglementet	8
3. Metodikk	9
3.1 Tappestrategi sommeren 2006	9
3.2 Program for prøvetaking i Vansjø og Mosseelva	11
3.3 Kontinuerlig overvåking ved sensor	13
3.4 Måling av grunnvannsstand og vannkvalitet i grunnvannet	14
4. Resultater i 2006	16
4.1 Vannkvalitet overflatevann	16
4.1.1 Vannkvalitet lands viker og sund i Mosseelva som målt med manuell prøvetaking	16
4.1.2 Visuelle endringer i Mosseelva	22
4.1.3 Vannkvalitet ved Moss dam målt kontinuerlig med sensor	24
4.1.4 Vannkvalitet i Vanemfjorden	29
4.1.5 Utviklingen av algen <i>Microcystis</i> sp.	30
4.2 Grunnvann	31
4.2.1 Grunnvannsstand	32
4.2.2 Vannkvalitet i grunnvannet	35
5. Diskusjon: Mosseelva 2005 og 2006 under tappingen	37
5.1 Sammenligning av hydrologiske og meteorologiske forhold	37
5.2 Vannkvalitetsforskjeller 2005 – 2006 i Mosseelva	40
6. Konklusjoner og anbefalinger	42
6.1 Konklusjoner	42
6.2 Vurdering av alternative tiltak i 2007 og anbefalinger	42
6.3 Mulig tappeforløp	43
7. Referanser	45

Sammendrag

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har i samarbeid med Bioforsk og Glommen og Laagen Brukseierforening (GLB) gjennomført vannfaglige undersøkelser i forbindelse med en mulig endret manøvrering av Moss dam i Vansjø. Hensikten er å skaffe faglig belegg for om en endring av manøvreringsreglementet kan gi bedre vannkvalitet i Vansjø sommerstid. NVE har gitt en midlertidig tillatelse til å endre manøvreringsreglementet slik at forsøkene kunne utføres. Oppdraget utføres for Moss kommune.

Rapporten gir en oversikt over resultatene fra undersøkelsene i 2006. I tillegg gis det sammenligninger med resultater fra 2005 der dette har vært hensiktsmessig. De to tappeforsøkene i 2006 pågikk i periodene 8. – 14. august og 5. – 24. september. Tappeforløpene er lik de som ble utført i 2005.

Det er gjort undersøkelser av vannkvalitet langs viker og sund i Mosseelva (ved vanlige vannprøver) samt ved Moss dam (som målt kontinuerlig med en vannkvalitets-sensor). Vannkvalitetsdata i Vanemfjorden er innhentet fra Vansjøprosjektets prøvetakingsprogram. Grunnvannsstand og -kvalitet er målt i grunnvannsrør på innsjønære jorder.

Mens det i 2005 ble påvist en bedring *under tapping* i Mosseelva, viste data fra vannprøver i 2006 ingen slik forbedring. Det antas at den forbedringen som ble observert i 2005 kan være betinget dels av naturlige variasjoner, dels av at det kan være vanskelig å ta representative prøver fra stillestående vann med algekolonier. Det første punktet understøttes av resultatene fra Vanemfjorden – målinger gjennom hele sommeren viser at de konsentrasjonsforskjellene som observeres i Mosseelva ikke er vesentlig større enn de variasjonene som sees i Vanemfjorden, uavhengig av om det tappes eller ikke. De hydrologiske og meteorologiske forholdene i de to årene var relativt like.

Mer positivt viste den automatiske vannkvalitets-sensoren at klorofyllnivået som målt ved fluorescens, samt pH, temperatur og ledningsevne sank kraftig ved tappestart, noe som antas å skyldes omrøring av vannmassene slik at bunnvann fra djuphøler i Mosseelva har rent forbi sensoren. Mens klorofyllnivået raskt gikk tilbake til utgangspunktet tok det lenger tid før vanntemperatur og pH økte igjen. Særlig positivt var det at pH ble redusert fra ca. 9–10 og ned til pH ca. syv. Ved en høy pH er faren for at fosfor løses fra bunnsedimentet stor.

Nitratinnholdet i Vanemfjorden sank mot null fra midten av juli 2006. Den giftige algen *microcystis* er avhengig av nitrat, og populasjonen av denne algen var på topp i midten av juli. Deretter begynte en nedgang som flatet ut i august, før konsentrasjonen igjen steg utover i september. Også i 2005 ble det observert et tilsvarende mønster, dog ikke med en så markert økning frem mot oktober. En gjennomgang av algetellinger i Vanemfjorden fra 2000 og frem til i dag viser at dette utviklingsmønsteret er unikt for de to siste årene, da algen tidligere har blitt helt utkonkurrert av nitratfikserende alger mot slutten av sommeren. Det kan derfor ikke avvises at særlig den siste nedtappingen i september, som for begge år varte lenger enn den første tappingen, kan ha bidratt til at det blir ført nitratrikt vann inn fra Storefjorden. I så fall kan dette være en indikasjon på at en kraftig tapping kan bedre forholdene for denne giftige algen.

En av utfordringene ved å endre manøvreringsreglementet slik at mer vann kan slippes i løpet av sommeren, er at dette fordrer en relativt høy vannstand om våren. For jordbruket er det imidlertid som regel gunstig med lav vannstand i innsjøen om våren, slik at våronna ikke blir forsinket. Det var av interesse å undersøke om en senking av vannstanden i Vansjø vil øke grunnvannsiget ut i strandsonen, og dermed kunne ha innflytelse på vannkvaliteten lokalt.

Forsøkene viste at grunnvannstanden på de lavtliggende jordbruksarealene står i relativt god sammenheng med vannstanden i Vansjø. Nedtapping på ca 25-50 cm ser ut til å føre til en senking av grunnvannet med ca 20 cm i løpet av et par uker. Vannkvaliteten i det grunnvannet som siver ut i strandsonen under nedtapping er relativt bra dersom det ikke har kommet mye nedbør i perioden før tappingen. Dersom grunnvannet er tilført vann fra plogsjiktet pga slike nedbørepisoder blir imidlertid næringsstoffkonsentrasjonene høye.

Konklusjonen etter tilsammen fire nedtappinger i 2005 og 2006 er at det ikke finnes faglig belegg for at en slik endring av manøvreringsreglementet vil bedre vannkvaliteten i Vansjø nevneverdig. Kraftige uttappinger kan også bidra til at levetilstandene til den giftige algen microcystis forbedres i Vanemfjorden, ved at den blir tilført nitratholdig vann fra Storefjorden.

Alternativene som nå gjenstår er i hovedsak enten å beholde eksisterende manøvreringsreglement fra 1983, eller å gjennomføre noen år med langsom uttapping ved å kjøre kraftverket ved Moss i løpet av sommeren. For det siste alternativet er det skissert vannuttak for et tørrår, et normalår og et nedbørrikt år. Hovedbegrunnelsen for det nåværende reglementet er at det er en fordel med størst mulig vannmasse i innsjøen for å fortynne næringsstoff og alger. Denne "fortynningstanken" er kanskje mer tilpasset en innsjø enn Mosseelva, som med dagens reglement blir en serie av små, stillestående bassenger med økende temperatur og pH utover sommeren. En gjennomstrømning av vannet i denne delen av Vansjø antas derfor å være en fordel. Utviklingen i enkelte av parametrene kan nå måles kontinuerlig ved å benytte en automatisk sensor, slik som i 2006-forsøkene.

1. Innledning

Vannkvaliteten i Vansjø, og da særlig i vestre deler av innsjøen, har i de siste årene utviklet seg negativt (se Lyche Solheim m.fl. 2004, Stålnacke m.fl. 2005). Algeoppblomstringene i vestre Vansjø har startet stadig tidligere på sommeren. I tråd med tiltaksanalysen for vassdraget (Lyche Solheim m.fl. 2001) og Handlingsplan for Morsa (Morsaprojektet 2003) er det derfor behov for å intensivere tiltakene for å bedre vannkvaliteten i Vansjøes vestre bassenger. Ett slikt tiltak kan være å endre manøvreringsreglementet for innsjøen.

Vinteren 2004-2005 gjennomførte derfor NIVA, i samarbeid med Jordforsk (nå Bioforsk), Hydrologisk avdeling ved Norges vassdrags- og energidirektorat, og Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI) ved Universitetet i Oslo, en teoretisk utredning om hvorvidt en endring av manøvreringsreglementet i Vansjø kunne bedre vannkvaliteten i innsjøen sommerstid (Skarbøvik m.fl. 2005). Utredningen dannet grunnlag for en søknad fra Moss kommune til Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) om midlertidig endring av manøvreringsreglementet for å kunne gjennomføre praktiske undersøkelser. NVE innvilget søknaden våren 2005, og i somrene 2005 og 2006 har det blitt utført vannfaglige undersøkelser i forbindelse med det endrete manøvreringsregimet. Resultatene fra 2005 ble rapporterte i Skarbøvik m.fl. 2006, resultatene fra sommeren 2006 rapporteres her.

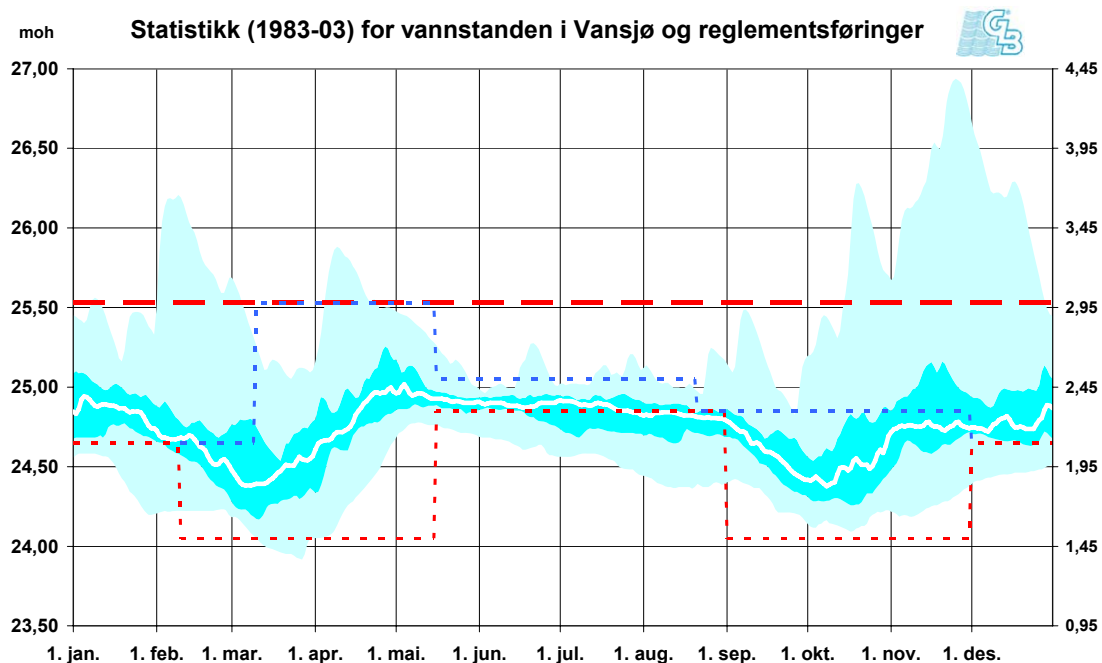
To tappeforsøk ble utført i 2006. Første forsøk ble utført i perioden 8. august (kl. 08:00) til 14. august (kl. 07:00). Andre forsøk startet opp tirsdag 5. september kl. 08:00, denne tappingen varte til 24. september, dvs. 2 uker lenger enn den første, i henhold til manøvreringsreglementet om høsten (nedtapping som en forberedelse til eventuelle høstflommer). Tappeforløpet i 2006 var likt det som ble utført i 2005 (se Skarbøvik m.fl. 2006).

Rapporten gir en oversikt over og analyse av følgende:

- Vannkvalitet langs viker og sund i Mosseelva/nedre Vansjø under tappingene
- Vannkvalitet ved Moss Dam under tappingene (som målt kontinuerlig med en vannkvalitets-sensor).
- Vannkvalitet i Vanemfjorden under tappingene (data fra Vansjøprosjektets prøvetakings-program).
- Grunnvannsstand og -kvalitet på innsjøenære jorder under tappingene

2. Manøvreringsreglementet

Vansjø og Mosseelva er regulert ved Mossefossen. Figur 1 viser det manøvreringsreglementet som har vært gjeldende siden 1983. Reglementet går i korthet ut på å sørge for følgende vannstandsvariasjoner gjennom året: Høyeste regulerte vannstand (HRV) er satt til 2,98 meter på vannmerket ved Rødsund bru, eller 25,53 m o.h. Om våren skal flomlukene holdes åpne på stigende vannstand senest når vannstanden overstiger 2,50 meter, eller 25,05 m o.h. Etter vårflommen skal vannstanden snarest mulig senkes til 2,30 meter (24,85 m o.h.) og så vidt mulig holdes i området mellom 2,30 til 2,50 meter frem til 20. august. Det er videre bestemt at vannstanden skal senkes så lavt før flom kan ventes at høyeste flomvannstand ikke vil overstige HRV. Nedtappingen før vårflommen kan først påbegynnes den 10.02 og før høstflommen den 01.09. Vintervannstanden skal søkes holdt på 2,10 meter (24,65 m o.h.).



Figur 1. Reglementsføringer for vannstanden i Vansjø og statistikk for perioden 1983-2003. Hvit linje er median (50% sannsynlig), det nærmeste blå feltet representerer 50% ($\pm 25\%$) sannsynlighet for forekomst (på de ulike dagene i årrekken) og det lyseblå feltet ytterligere 50% ($\pm 50\%$ sannsynlighet).

Våren 2005 ga NVE Moss kommune tillatelse etter vannressurslovens §8 å midlertidig fravike manøvreringsreglementet i Vansjø, ved å heve vannstanden 20 cm over dagens sommer-HRV (25,05 moh) i 2005 og 30 cm i 2006, samt ved behov å senke vannstanden med 15 cm under dagens sommer-LRV (24,85 moh). Samlet ga disse fravikene muligheten til en mer dynamisk vannstand med en total endring på hhv 55 og 65 cm i løpet av sommeren.

3. Metodikk

3.1 Tappestrategi sommeren 2006

Hovedhensikten med forsøkene har vært å undersøke om bedre gjennomstrømning av vann i Vansjø i sommerhalvåret gir bedre vannkvalitet. I utgangspunktet kan dette gjøres gjennom ulike tappestrategier, f.eks. jevn gjennomstrømning ved en minstevannføring ved Moss dam, eller ved kraftigere tappinger et par ganger i løpet av sommeren. Det ble etter diskusjoner med oppdragsgiver besluttet at forsøkene i 2006 i størst mulig grad skulle legges opp på samme måte som i 2005, dvs. ved to kraftige tappinger. To hovedårsaker til dette var:

- Bedre mulighet for å vurdere virkninger.
Det foregår svært mange parallelle prosesser i et innsjøsystem, og de ytre påvirkningene er mange og ikke alltid lette å kvantifisere. Det tilføres næringsstoffer både fra land og fra innsjøsedimenter, og faktorer som tilstrømningen av vann fra elver og bekker, temperaturforhold, lysforhold og pH, for å nevne noen, vil ha innvirkning på algeveksten. Ved en jevn uttapping vil det derfor bli vanskeligere å skille slike faktorer fra virkningen av selve uttappingen. Det er sannsynlig at dette kan bli enklere hvis vannkvaliteten måles kontinuerlig ved hjelp av en vannkvalitetssensor, men ved inngangen til 2006 hadde vi manglende erfaring med bruken av en slik sensor¹.
- Bedre utsagnskraft
Et forsøk utført kun to ganger (i 2005) gir mindre utsagnskraft enn om det samme forsøket er utført fire ganger (2x2005; 2x2006).

Tappingene ble utført i periodene 8. – 14. august og 5. – 24. september. Tappeforløpene er vist på figurene 2 og 3. Ved første forsøk ble det tappet tilsammen 9,5 millioner kubikkmeter vann på 7 dager, dette tilsvarte en reduksjon i magasinivolum på 9,9 Mm³ og en reduksjon i vannstand på 27 cm. Ved det andre forsøket ble det i løpet av de syv første døgnene tappet ut 10 millioner kubikkmeter vann, noe som tilsvarte en reduksjon i magasinivolum på 7,8 Mm³ og en vannstandssenkning på ca. 21 cm. Årsaken til at vannstanden senket seg mindre i andre forsøk var økt tilsig pga. nedbør i perioden. Totalt varte uttappingen i det andre forsøket i nitten dager, i samsvar med manøvreringsreglementets bestemmelser om nedtapping fom september for å hindre skadeflom om høsten. I hele denne perioden ble det totalt tappet 20 millioner kubikkmeter vann, noe som reduserte magasinivolumet med 18 Mm³ og vannstanden med 49 cm.

Ved begge tappinger ble det tappet med maksimal vannføring det første døgnet, dvs. både gjennom kraftverket og full åpning av luka i fossen. Dette ble gjort fordi man ønsket å få til en kraftigere vannstrøm særlig i Mosseelva, for å sannsynliggjøre at alger i bukter og vikene ble ført ut med vannet. Etter et døgn ble lukene lukket og tappingen foregikk gjennom kraftverket.

Tidspunktet for tappingen ble bestemt av følgende faktorer:

- Algesituasjonen i Vansjø og Mosseelva
- Hydrologiske forhold og prognoser for tilsig

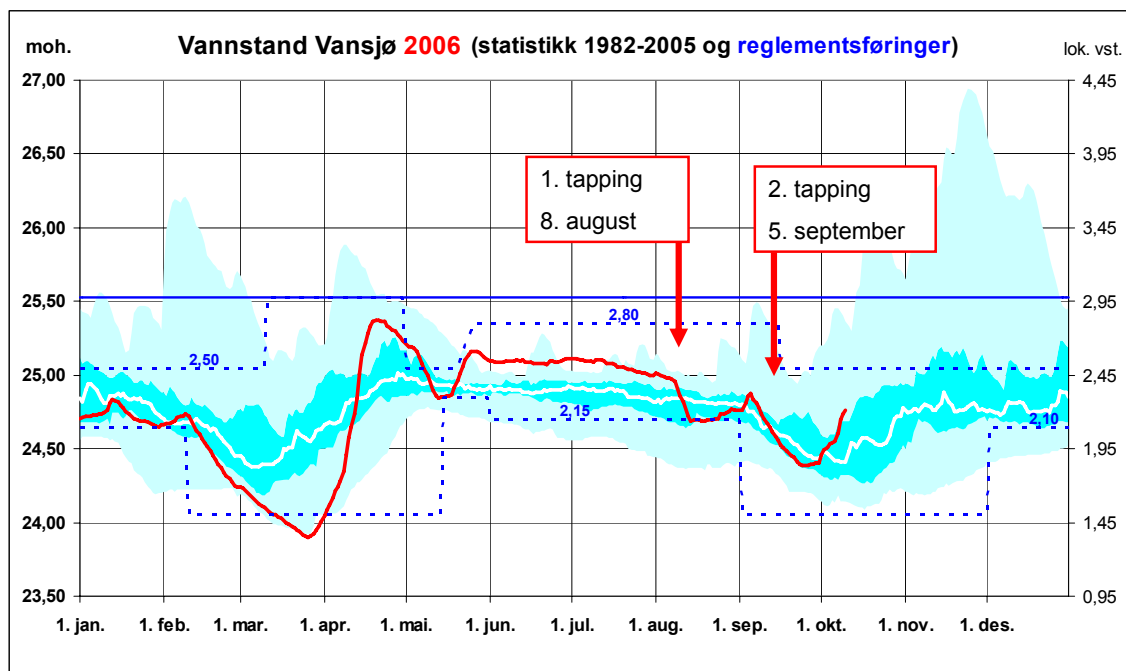
Når det gjelder algesituasjonen i Vansjø og Mosseelva var det i 2005 særlig algevekstens kulminasjon som ble tatt hensyn til, dvs. at tappingen i størst mulig grad ble utført når algene fløt opp til overflaten. Dette ble bl.a. gjort for å teste uttappingens virkning på det visuelle inntrykket av vannet. Samtidig med at dette forsøket ble gjennomført i 2005, utførte også NIVA en overvåking av innsjøen i oppdrag

¹ I 2006 ble det installert en vannkvalitetssensor med logger ved Moss dam. Sensoren er nærmere beskrevet i kapittel 3.3.

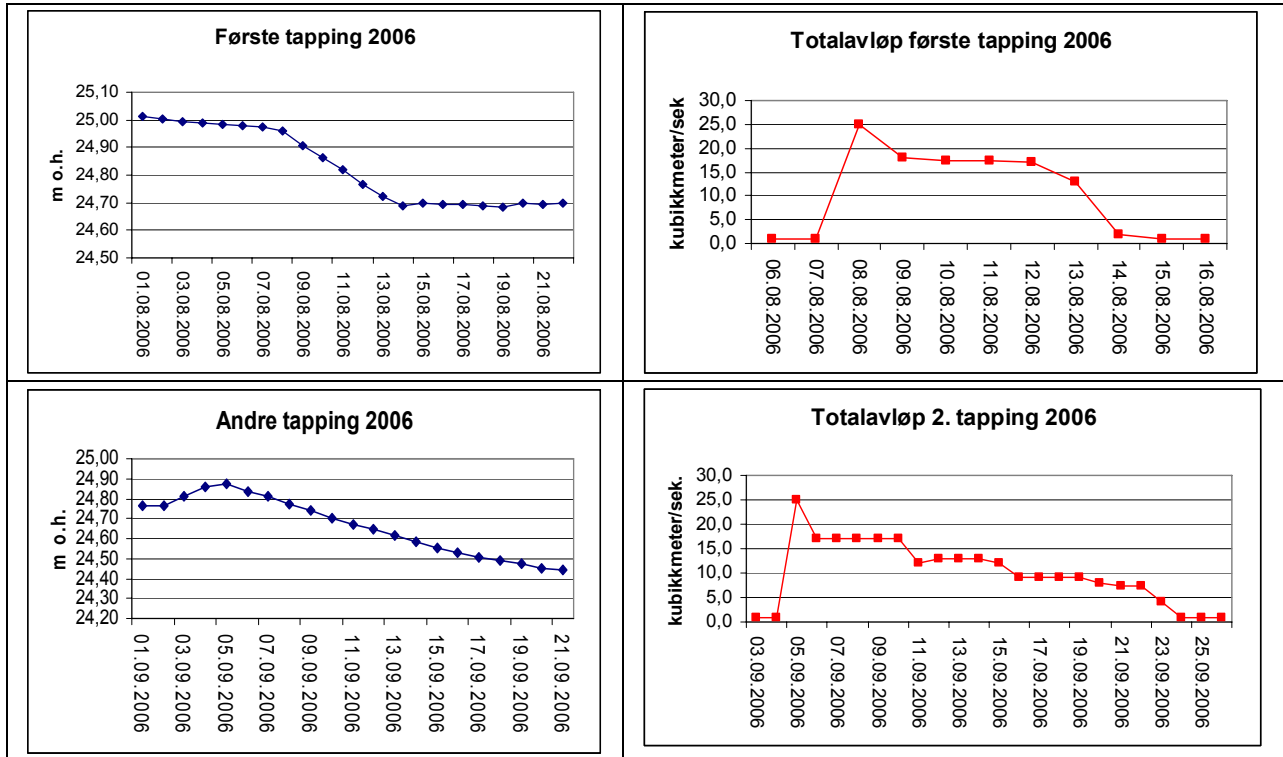
for SFT og Vannområdeutvalget Morsa. Denne overvåkingen påviste én faktor som ikke var blitt vurdert i den teoretiske utredningen om endring av manøvreringsreglementet; nemlig at i løpet av sommeren går innholdet av nitrat mot null i Vanemfjorden. Dette medfører igjen at den giftige algen *Microcystis* gradvis går tom for næringsstoffer, og at nitrogenfikserende (dvs nitrogenproduserende) alger overtar. Med andre ord vil *Microcystis* i løpet av sommeren kollapse pga mangel på næring – med mindre denne næringen blir tilført pånytt. Ny tilførsel av nitrogen kan skje gjennom kraftig erosjon/avrenning fra jordbruksarealer og/eller spredt avløp – men det kan også skje ved at man tapper innsjøen, da dette medfører tilstrømning av vann fra Storefjorden – hvor nitratnivået er høyere enn i Vanemfjorden. For å undersøke dette nærmere ble tappingen i 2006 utsatt ca. 2 uker i forhold til fjoråret. Dette ble gjort for å få bedre kunnskap om hvordan vanntransport fra Storefjorden eventuelt påvirker nitrogeninnholdet og dermed produksjonen av *Microcystis* i Vanemfjorden ved nedtapping.

En viktig begrensning for uttapping er vassdragets hydrologi; med et relativt stort basseng og et lite tilførselsareal er det begrenset hvor mye vann som kan tappes uten større negative virkninger for brukerinteressene. I en situasjon med lite tilsig var det spesielt viktig å tilpasse tappingen slik at Peterson Linerboard AS ikke fikk problem med tilførsel av prosessvann. Derfor ble det fortrinnsvis tappet når prognosene tilsa sannsynlighet for økt tilsig av vann til innsjøen. Målestasjoner og informasjons-/prognosesystemet fungerte godt og var til nytte i dette arbeidet.

Som figur 2 viser ble forsøkene i 2006 stort sett utførte innenfor gjeldende manøvreringsreglement (dvs. at den midlertidige tillatelsen til fravik reelt sett ikke ble benyttet).



Figur 2. Tappeforløpet i 2006 vist som magasin vannstand (rød linje) og relatert til manøvreringsreglementet (blå linjer, jf. figur 1).



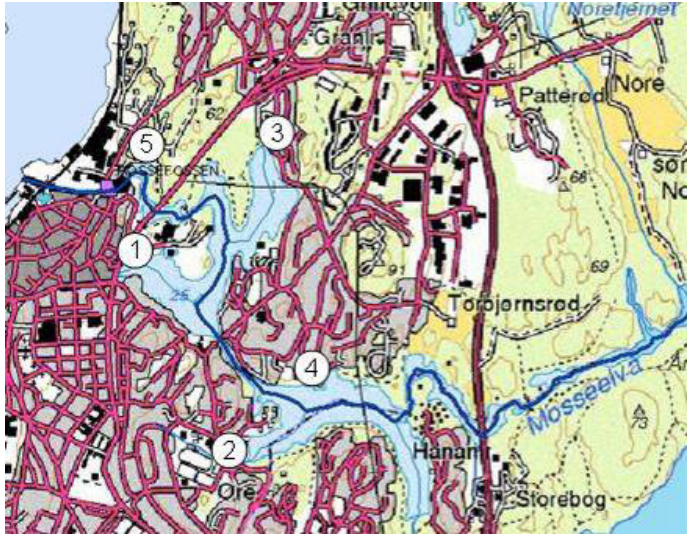
Figur 3. Magasin vannstand (t.v.) og totalavløp (t.h.) for hhv. første og andre tappeforsøk i 2006.

3.2 Program for prøvetaking i Vansjø og Mosseelva

Programmet for prøvetaking av overflatevann ble fastsatt på bakgrunn av resultatene av undersøkelsene i 2005 (jf. Skarbøvik m.fl. 2006):

Prøvetakingen av vann fra bukter i Mosseelva ble tatt ved de samme lokalitetene som i 2005 (figur 4), men antall prøvetakinger ble utvidet i forhold til fjoråret. I tillegg til prøver tatt før og under tappingen ble det nå også tatt prøver etter tappingen (første forsøk) eller ved avslutningen av tappingen (andre forsøk), som vist i tabell 1. Begge tappingene ble startet på en tirsdag. Mandagen før ble det tatt vannprøver i både Vansjø og Mosseelva, og påfølgende fredag ble det tatt vannprøver langs med viker og sund i Mosseelva. Mandagen etter ble det pånytt tatt prøver i Vansjø, og fredagen deretter i Mosseelva igjen (tabell 1).

Prøvene i Mosseelva ble tatt fra den øverste halvmetere med en enkel vannhenter festet til en teleskopstang, og ble fraktet direkte til laboratoriet og analysert/konservert samme dag. Vannprøvene ble analyserte for totalfosfor, partikulært materiale og klorofyll a. I tillegg ble prøvene fra Flua og Moss dam analyserte for totalnitrogen. Det ble også tatt bilder av lokalitetene ved hver prøveinnsamling.



Lokaliteter:

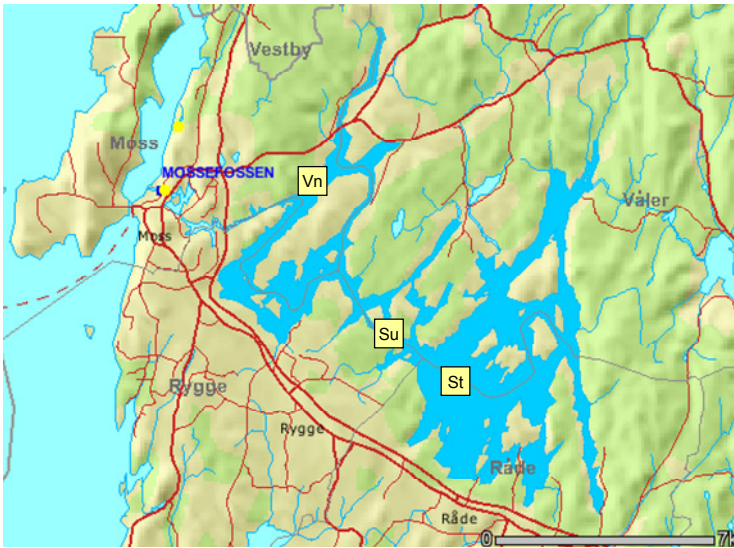
- 1 Ved Mossehallen
- 2 Båthavna ved Øre
- 3 Gjerrebogbukta
- 4 Flua
- 5 Rett oppstrøms Moss dam

Figur 4. Stasjoner i sund og viker i Mosseelva.

I et prosjekt som NIVA utfører for Vannområdeutvalget Morsa (finansiert av SFT) prøvetas Vansjø ukentlig, vanligvis hver mandag, ved to stasjoner. Prøvetakingslokaliteter er vist i figur 5. Det er særlig prøvelokaliteten i Vanemfjorden (stasjon Vn i figur 5), som er interessant for dette prosjektet. Vannprøvene ble tatt med Ramberg-henter fra båt fra 0-4 meters dyp. Siktedypet ble målt med en Secchi-skive. Vannprøvene ble analyserte for flere parametre, i denne studien har vi benyttet analysene av totalfosfor, partikulært materiale, klorofyll a, totalnitrogen og nitrat, ph og siktedyp, i tillegg til algetellinger.

Tabell 1. Program for prøvetaking og vannføringsmålinger i forhold til tapping av Vansjø.

Uken før tapping	mandag	Vannprøver Vansjø
	-	
Uken tappingen igangsettes	mandag	Vannprøver Vansjø og Mosseelva
	tirsdag	Tapping igangsettes
	onsdag	
	torsdag	
	fredag	Vannprøver Mosseelva
	lørdag	
	søndag	
Første uke etter tappestart	mandag	Første tapping avsluttes Vannprøver Vansjø
	fredag	Vannprøver Mosseelva
Andre uke etter tappestart	mandag	Andre tapping avsluttes Vannprøver Vansjø



Figur 5. Stasjoner i Vansjø benyttet i 2006-sesongen. Stasjonene og prøvetakingsprogrammet her finansieres av Vannområdeutvalget Morsa og SFT.

3.3 Kontinuerlig overvåking ved sensor

I Mosseelva ved demningen (figur 6) ble det satt ut en vannkvalitetssensor av typen YSI 6600. Denne målte kontinuerlig følgende fem parametre:

Klorofyll a ved fluorescens i $\mu\text{g/l}$

Turbiditet i NTU

Temperatur i $^{\circ}\text{C}$

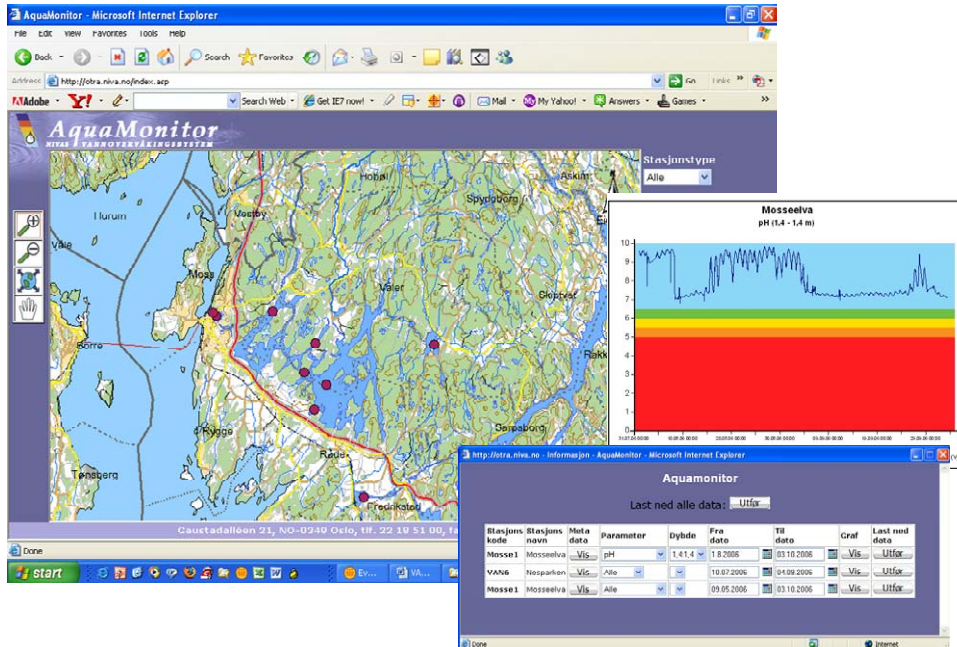
pH

Konduktivitet i $\mu\text{S/cm}$



Figur 6. Plassering av sonden ved inntaket til prosessvann til Petterson fabrikker; Moss dam til høyre, utenfor bildet. Foto: Eva Skarbøvik.

Loggeren sendte verdier for alle parametre hvert 10. minutt inn til en database på NIVA. Dataene ble sendt direkte ut på internettsider, jf. figur 7. Dette er ikke bare positivt i forhold til at alle interesserte kan følge med på utviklingen, men også nyttig fordi det er mulig å oppdage raskt om sensoren krever vedlikehold og rengjøring.



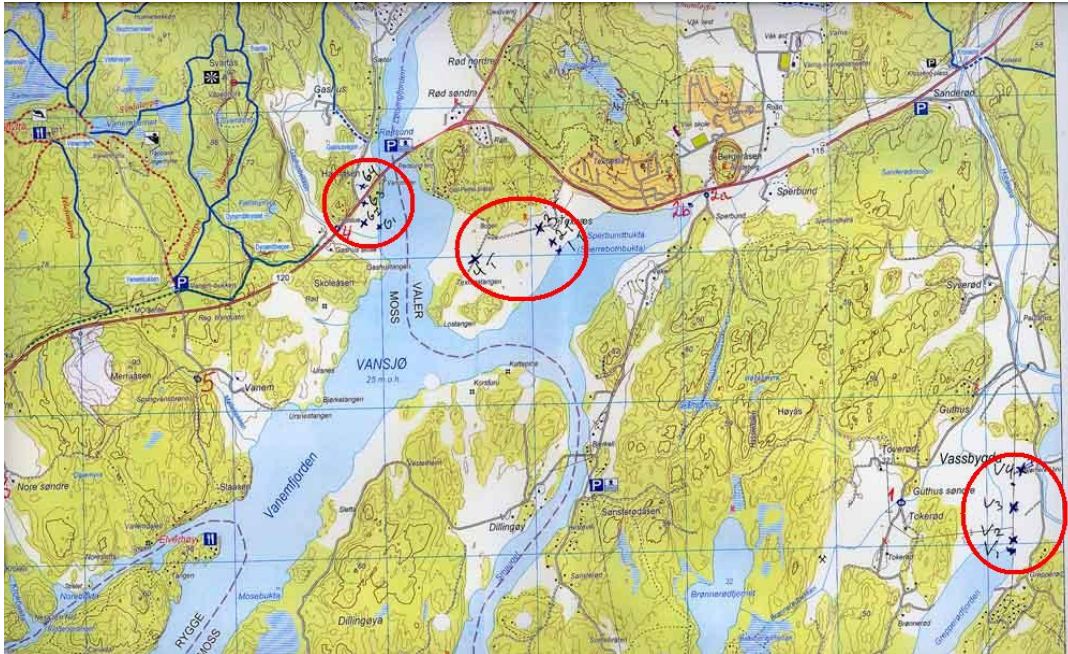
Figur 7. Data fra vannkvalitetssensoren ble lagt direkte inn på internettsiden otra.niva.no/ostfold.

3.4 Måling av grunnvannsstand og vannkvalitet i grunnvannet

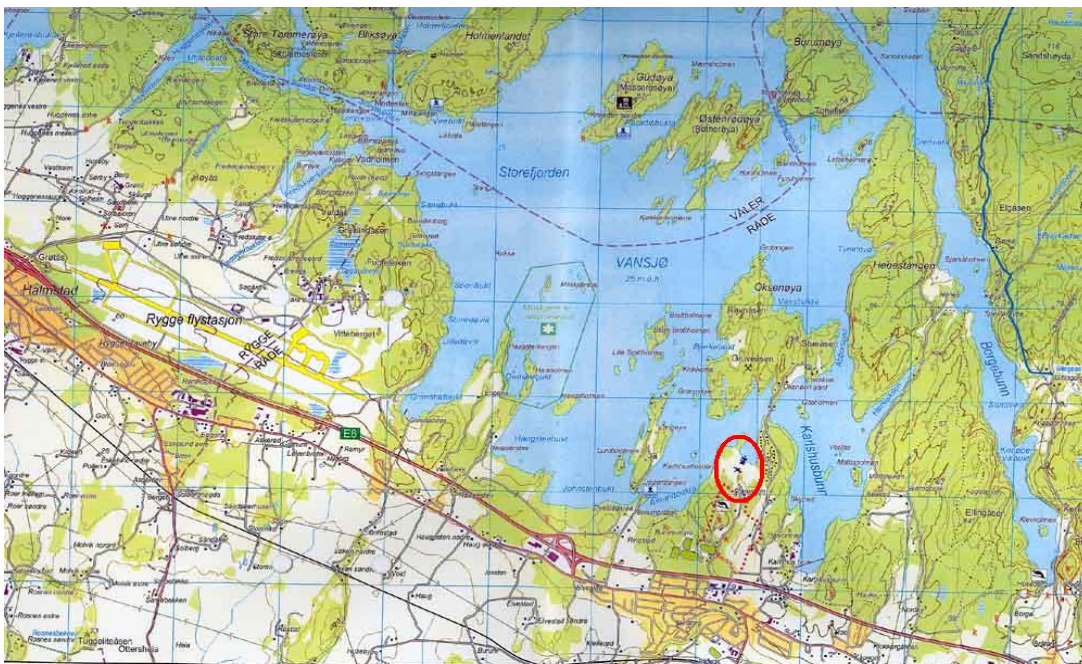
Peilingene av grunnvannsstand og uttak av grunnvannsprøver på de 4 lokalitetene som ble etablert i 2005 (jf. Skarbøvik m.fl. 2006), ble fortsatt i 2006. I tillegg til undersøkelsene under/etter de to tappingene, ble det foretatt grunnvannspeilinger og prøveuttak i perioden før våronna for å undersøke hvilke effekter endret vannstandsregulering i denne perioden kan gi. Lokalitetene er vist i figur 8 og 9.

Grunnvannspeilingene ble foretatt i periodene 25/4-16/5, 7/8-18/8 og 30/8-4/10. Vannprøver ble i den første perioden tatt 2/5, og under hver av de to tappingforsøkene ble det tatt 3 prøveserier (7, 9 og 16 august og 6, 11 og 15 september). Målingene og prøveuttakene ble utført av ansatte i Moss kommune.

Undersøkelsene er ikke ment å skulle kartlegge omfanget av mulige effekter av endrede vannstander i Vansjø, men hvor god forbindelse det er mellom grunnvannet inne på jordbruksarealene og vannstanden i sjøen, og derav hvilke mulige effekter endret vannstandsregulering kan medføre. Vannprøvene er tatt for å undersøke vannkvaliteten på det vannet som siger ut i strandsonen under nedtappingene.



Figur 8. Lokalteter med grunnvannsrør: Gashus (G1, G2 og G4), Texnæs (T1, T2, T3 og T4) og Vassbygda (V2, V3 og V4).



Figur 9. Lokalitet med grunnvannsrør: Starengen (S1, S2 og S3).

4. Resultater i 2006

4.1 Vannkvalitet overflatevann

4.1.1 Vannkvalitet lands viker og sund i Mosseelva som målt med manuell prøvetaking

Langs viker og sund i Mosseelva endret innholdet av suspendert tørrstoff, klorofyll a, totalfosfor og totalnitrogen før, under og etter/ved slutten av tappingen i begge forsøk i gjennomsnitt for alle stasjoner som vist i tabell 2A og B. Tabell 2A viser faktiske endringer i konsentrasjon, mens tabell 2B viser prosentvis endring som beregnet ut fra konsentrasjonen dagen før tapping. Merk at høye prosentvise endringer ikke nødvendigvis behøver å tilsvare høye endringer i konsentrasjoner. Faktiske verdier for hver parameter er gitt i tabellene 3- 6.

Tabell 2. Gjennomsnittlig endring av konsentrasjonen (tabell A) og prosentandel (tabell B) i fem lokaliteter i Mosseelva for fire* parametre dagen før tapping, og 3 og 10 døgn etter tappestart. Prosentandelen er beregnet som konsentrasjon etter 3 og 10 døgn i prosent av konsentrasjonen dagen før tapping. Negativt fortegn betyr minkning, positivt betyr økning. Lokalitetene er vist i figur 4.

A Konsentrasjon	Endring fra dagen før tapping til 3 dager etter tappestart		Endring fra dagen før tapping til 10 dager etter tappestart		Be- nevning
	Første forsøk (kons.endring)	Andre forsøk (kons.endring)	Første forsøk (kons.endring)	Andre forsøk (kons.endring)	
Suspendert tørrstoff	3	0,3	7	3	mg/l
Totalfosfor	9	2	30	33	µg/l
Totalnitrogen*	-3	20	323	-55	µg/l
Klorofyll a	9	-3	17	-2	µg/l

B %	Endring fra dagen før tapping til 3 dager etter tappestart		Endring fra dagen før tapping til 10 dager etter tappestart	
	Første forsøk (% endring)	Andre forsøk (% endring)	Første forsøk (% endring)	Andre forsøk (% endring)
Suspendert tørrstoff	+27	+5	+66	+22
Totalfosfor	+28	+8	+88	+45
Totalnitrogen*	-0,3	+2	+37	-7
Klorofyll a	+15	-7	+32	-6

* Totalnitrogen gitt som snitt av kun to stasjoner: Flua og Moss dam.

Som tabellen viser har det jevnt over skjedd en *økning* i konsentrasjonen av de aller fleste parametre både etter 3 og 10 dager i begge forsøk; med unntak av totalnitrogen og klorofyll a under andre forsøk. Dette i motsetning til fjorårets undersøkelse, da det i begge forsøk ble påvist en gjennomsnittlig minkning i konsentrasjonen av totalfosfor, suspendert tørrstoff og klorofyll a tre døgn etter tappestart.

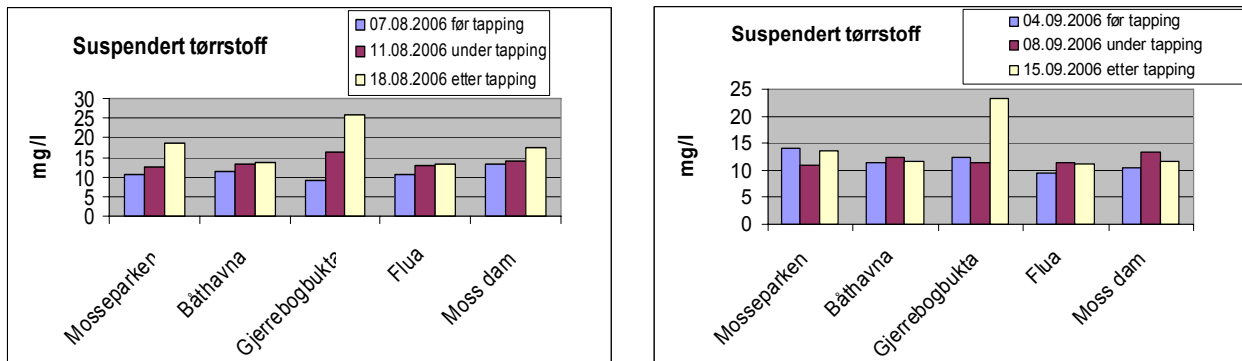
For alle fem stasjoner økte i 2006 konsentrasjonen av suspendert tørrstoff tre dager etter tappestart med 27% under første forsøk, og 5% under andre. Etter ti dager var tilsvarende økning hhv 66% og 22%. Sammenligner vi med fjorårets data, minket konsentrasjonen av suspendert tørrstoff etter tre dager med hhv. 17 og 29 % for forsøk i juli og september. Tilsvarende økte totalfosforinnholdet i 2006 med hhv. 88 og 45 % etter tre og ti døgn under første forsøk, og med 28 og 8% under andre, mens det i 2005 ble redusert med 12-14 % tre døgn etter tappestart i henholdsvis første og andre forsøk.

Klorofyll a nivået i 2006 var forhøyet etter de tre første døgnene med tapping, mens det hadde blitt redusert med noen få mikrogram ti døgn etter tappestart. I 2005 gikk klorofyllinnholdet ned etter tre døgn med tapping med 12% ved første og 34 % ved andre forsøk. Når det gjelder totalnitrogen ble dette bare målt i 2006, og da kun to steder, ved Flua og Moss dam. Ved første forsøk ble det påvist en gjennomsnittlig økning på 32% i totalnitrogen ti døgn etter tappestart.

Som figurer og tabeller de neste fire sidene viser, er variasjonen mellom de fem lokalitetene stor. Det er særlig i Gjerrebogbukta, og tildels også ved Mossehallen (Nesparken), at økningen er tydeligst. Andre steder, som f.eks. båthavna ved Øre hvor det var tydelige forbedringer i konsentrasjonstallene etter tappingene i 2005, var det ingen store endringer i 2006.

Som i 2005 antyder resultatene at effekten av tappingen er best i september. Mens resultatene fra 2005 viste størst reduksjon i konsentrasjoner av klorofyll, totalfosfor og partikler da, viste resultatene fra 2006 at konsentrasjonsøkningene tross alt var lavere i september enn i august, og at det var noe forbedring av klorofyllinnholdet i september. Dette kan forklares ved at det er dårligere lysforhold for algevekst i september enn i juli, og gjenveksten av alger går derfor langsommere.

Suspendert tørrstoff i Mosseelva



Figur 10. Suspendert tørrstoff (organisk og uorganisk) før og under tapping ved begge forsøk.

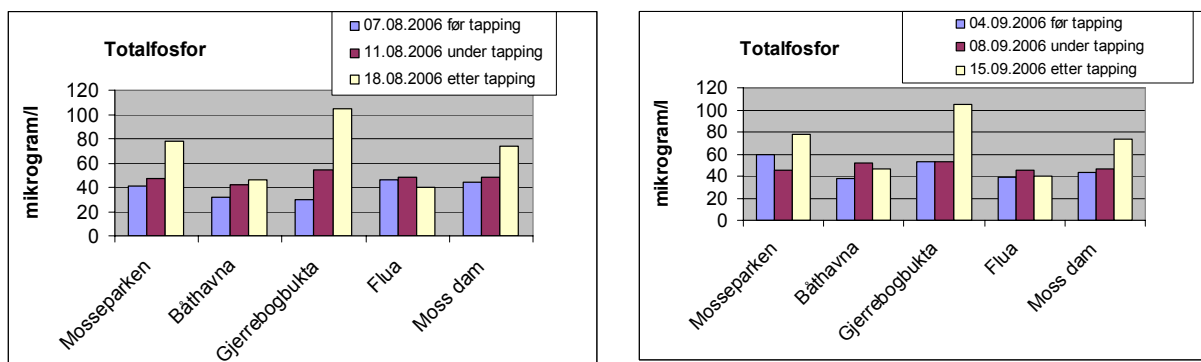
Tabell 3. Konsentrasjon (mg/l) og endring (diff.) i suspendert tørrstoff per prøvested, dagen før og 3 og 10 dager etter at tapping ble igangsatt ved begge forsøk. Negativt fortegn betyr at konsentrasjonen har minket.

Første forsøk med tappestart 08. august 2006.				Etter 3 døgn		Etter 10 døgn	
	07.08.06 før tapping mg/l	11.08.06 under tapping mg/l	18.08.06 etter tapping mg/l	Diff i mg/l	Diff i %	Diff i mg/l	Diff i %
Mosseparken	10,6	12,4	18,5	1,8	17	7,9	75
Båthavna	11,3	13,2	13,5	1,9	17	2,2	19
Gjerrebogbukta	9,3	16,4	26	7,1	76	16,7	180
Flua	10,7	12,8	13,2	2,1	20	2,5	23
Moss dam	13,2	14	17,5	0,8	6	4,3	33
Gjennomsnitt:				3	27	7	66

Andre forsøk med tappestart 04. september 2006.				Etter 3 døgn		Etter 10 døgn	
	04.09.06 før tapping mg/l	08.09.06 under tapping mg/l	15.09.06 etter tapping mg/l	Diff i mg/l	Diff i %	Diff i mg/l	Diff i %
Mosseparken	14	11	13,6	-3	-21	-0,4	-3
Båthavna	11,5	12,3	11,6	1	7	0,1	1
Gjerrebogbukta	12,5	11,5	23,2	-1	-8	10,7	86
Flua	9,5	11,5	11,2	2	21	1,7	18
Moss dam	10,5	13,3	11,6	3	27	1,1	10
Gjennomsnitt:				0	5	3	22

Innholdet av suspendert tørrstoff (organisk og uorganisk; figur 10, tabell 3) viste altså en økning både 3 og 10 døgn etter at tappingen ble igangsatt. Størst var økningen i Gjerrebogbukta, der ble det nær en tredobling av innholdet av partikler under første forsøk. I Mosseparken var det stor økning ved første forsøk, mens det var en svak nedgang under andre forsøk. Forskjellene mellom lokalitetene kan skyldes strømmønster og vindpåvirkning, samt ulik grad av resuspensjon av bunnpartikler, men sett under ett var økningen 10 døgn etter tappestart på 66% under første forsøk og 22 % under andre. I konsentrasjon utgjør dette hhv. gjennomsnittlig 7 og 3 mg/l.

Totalfosfor i Mosseelva



Figur 11. Totalfosfor før og under tapping ved begge forsøk.

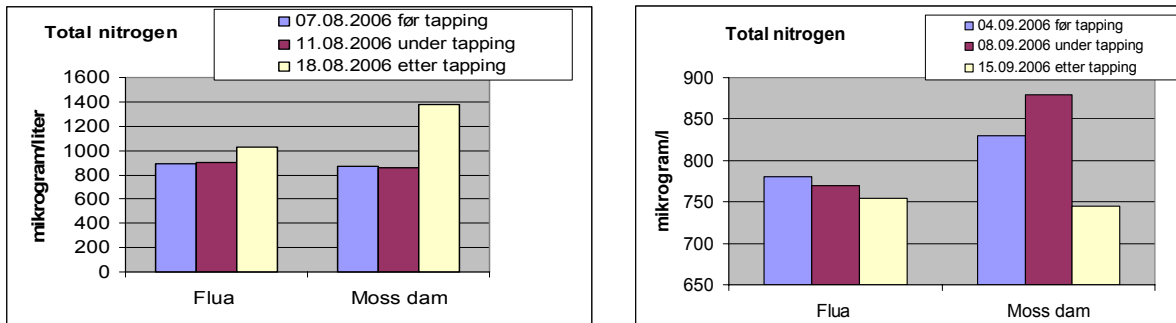
Tabell 4. Konsentrasjon ($\mu\text{g/l}$) og endring (diff.) i totalfosfor per prøvested, dagen før og 3 og 10 dager etter at tapping ble igangsatt ved begge forsøk. Negativt fortegn betyr at konsentrasjonen har minket.

Første forsøk med tappestart 08. august 2006.				Etter 3 døgn		Etter 10 døgn	
	07.08.06 før tapping $\mu\text{g/l}$	11.08.06 under tapping $\mu\text{g/l}$	18.08.06 etter tapping $\mu\text{g/l}$	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %
Mosseparken	41	47	78	6	15	37	90
Båthavna	32	42	46	10	31	14	44
Gjerrebogbukta	30	54	105	24	80	75	250
Flua	46	48	40	2	4	-6	-13
Moss dam	44	48	74	4	9	30	68
Gjennomsnitt:				9	28	30	88

Andre forsøk med tappestart 04. september 2006.				Etter 3 døgn		Etter 10 døgn	
	04.09.06 før tapping $\mu\text{g/l}$	08.09.06 under tapping $\mu\text{g/l}$	15.09.06 etter tapping $\mu\text{g/l}$	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %
Mosseparken	59	45	78	-14	-24	19	32
Båthavna	38	52	46	14	37	8	21
Gjerrebogbukta	53	53	105	0	0	52	98
Flua	39	45	40	6	15	1	3
Moss dam	43	47	74	4	9	31	72
Gjennomsnitt:				2	8	22	45

Som for suspenderte partikler ble det registrert en økning av totalfosfor etterat tappingene ble igangsatt (figur 11, tabell 4). I første forsøk utgjorde dette i gjennomsnitt 9 $\mu\text{g/l}$ tre dager etter tappestart og 30 $\mu\text{g/l}$ ti dager etter tappestart. I andre forsøk var tilsvarende økninger på hhv. 2 $\mu\text{g/l}$ (etter 3 dager) og 22 $\mu\text{g/l}$ (etter 10 dager). Denne økningen er særlig markant for prøvene tatt i Gjerrebogbukta.

Total nitrogen i Mosseelva



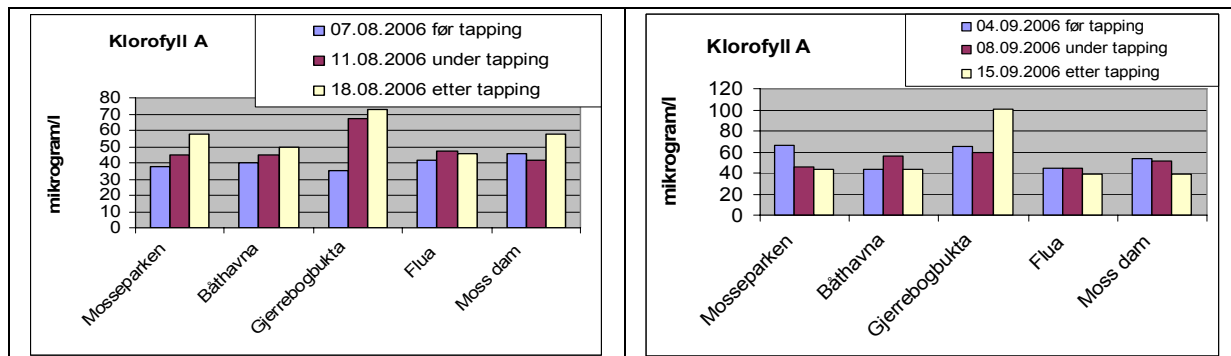
Figur 12. Total nitrogen før og under tapping ved begge forsøk.

Tabell 5. Konsentrasjon ($\mu\text{g/l}$) og endring (diff.) i total nitrogen per prøvested, dagen før og 3 og 10 dager etter at tapping ble igangsatt ved begge forsøk. Negativt fortegn betyr at konsentrasjonen har minket.

Første forsøk med tappestart 08. august 2006.				Etter 3 døgn		Etter 10 døgn	
	07.08.06 før tapping $\mu\text{g/l}$	11.08.06 under tapping $\mu\text{g/l}$	18.08.06 etter tapping $\mu\text{g/l}$	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %
Flua	895	900	1025	5	0,56	130	15
Moss dam	865	855	1380	-10	-1,16	515	60
Gjennomsnitt:				-3	-0,30	323	37

Andre forsøk med tappestart 04. september 2006.				Etter 3 døgn		Etter 10 døgn	
	04.09.06 før tapping $\mu\text{g/l}$	08.09.06 under tapping $\mu\text{g/l}$	15.09.06 etter tapping $\mu\text{g/l}$	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %
Flua	780	770	755	-10	-1	-25	-3
Moss dam	830	880	745	50	6	-85	-10
Gjennomsnitt:				20	2	-55	-7

Totalnitrogen ble kun målt ved to lokaliteter. Endringene under tapping viser ikke noe klart mønster, men totalt er det en relativt markant økning 10 dager etter første tapping, og en mindre minkning i konsentrasjon 10 dager etter andre tapping (figur 12, tabell 5).

Klorofyll a i Mosseelva

Figur 13. Klorofyll a før og under tapping ved begge forsøk.

Tabell 6. Konsentrasjon ($\mu\text{g/l}$) og endring (diff.) i klorofyll a per prøvested, dagen før og 3 og 10 dager etter at tapping ble igangsatt ved begge forsøk. Negativt fortegn betyr at konsentrasjonen har minket.

Første forsøk med tappestart 08. august 2006.				Etter 3 døgn		Etter 10 døgn	
	07.08.06 før tapping $\mu\text{g/l}$	11.08.06 under tapping $\mu\text{g/l}$	18.08.06 etter tapping $\mu\text{g/l}$	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %
Mosseparken	38	45	58	7	16	20	44
Båthavna	40	45	50	5	11	10	22
Gjerrebogbukta	35	67	73	32	48	38	57
Flua	42	47	46	5	11	4	9
Moss dam	46	42	58	-4	-10	12	29
Gjennomsnitt:				9	15	17	32

Andre forsøk med tappestart 04. september 2006.				Etter 3 døgn		Etter 10 døgn	
	04.09.06 før tapping $\mu\text{g/l}$	08.09.06 under tapping $\mu\text{g/l}$	15.09.06 etter tapping $\mu\text{g/l}$	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %	Diff i $\mu\text{g/l}$	Diff i %
Mosseparken	66	46	43	-20	-43	-23	-50
Båthavna	43	56	43	13	23	0	0
Gjerrebogbukta	65	59	101	-6	-10	36	61
Flua	45	45	39	0	0	-6	-13
Moss dam	54	51	39	-3	-6	-15	-29
Gjennomsnitt:				-3	-7	-2	-6

Ved første tappeforsøk økte mengden klorofyll a i de fem stasjonene i Mosseelva med $9 \mu\text{g/l}$ etter 3 dager og $17 \mu\text{g/l}$ etter 10 dager (figur 13, tabell 6). Det ble registrert økning ved alle stasjoner men også for klorofyll var økningen størst i Gjerrebogbukta. Ved andre forsøk ble mengden klorofyll a nesten halvert i Mosseparken, og det var også en liten reduksjon ved Moss dam. Gjennomsnittlig reduksjon var svært liten og det kan derfor konkluderes med at endringene totalt for alle fem stasjoner var ubetydelig.

4.1.2 Visuelle endringer i Mosseelva

I tillegg til konkrete data fra området, ble det gjort en vurdering av de visuelle endringene. Algematten som danner seg i overflaten av Mosseelva er lite ønskelig ut fra bl.a. rekreasjonsinteresser. Dog er det viktig å være klar over at en visuell forbedring av vannet ikke behøver å medføre at vannkvaliteten er blitt bedre.

Det er dessverre et generelt inntrykk at tappingene i 2006 ikke forbedret det visuelle inntrykket av vannet i Mosseelva. Det ble tatt bilder av alle lokalitetene ved alle prøvetakingstidspunkter, dvs for hvert forsøk ble det tatt bilder dagen før tappestart, og hhv. tre og ti dager etter. Prøvetakingsstedene ble besøkt til samme tid om morgenen. Figur 14 viser Mosseelva oppstrøms Moss dam dagen før tappestart (4. september) og etter 10 dagers tapping (15. september 2006).

Dette avviker fra forholdene 2005, hvor det etter tre dager med tapping var en klar visuell forbedring. Figur 15 viser bilder fra båthavna ved Øre under tappinger i 2005 og 2006. Øverste panel er fra september 2005, bildet til venstre viser båthavna dagen før tapping, mens bildet til høyre viser tilstanden etter tre dager med tapping. Som bildene viser var det en klar visuell forbedring i 2005. Midtre panel viser de samme forholdene i september 2006, dvs. før og etter tre dager med tapping. Nederste panel viser første forsøk i 2006 dagen før tapping og 10 dager etter at tappingen startet.

Det visuelle er i overenskomst med vannprøvene som ble tatt: I 2005 var det en nedgang i bl.a. klorofyll a og suspenderte partikler under forsøkene, mens det i 2006 i gjennomsnitt ble en økning i de samme konsentrasjonene. Forøvrig kan disse variasjonene ha sammenheng med faktorer som vindpåvirkning og algenes vandring opp og ned i vannmassene (prøvene ble tatt i det øvre sjiktet, på ca. 0,5 meters dyp).



Figur 14. Mosseelva rett oppstrøms Moss dam. Til venstre dagen før tappestart (4. september 2006). Til høyre 10 dager etter tapping, 15. september 2006.



Figur 15. Båthavna ved Øre. Øverste panel viser forholdene dagen før (til venstre) og tre dager etter (til høyre) tappestart i september i 2005. Tilsvarende viser midtre panel forholdene før og etter tre dager med tapping i september i 2006. Nederste panel viser første forsøk i 2006, dagen før tapping (7. august; til venstre) og 10 dager etter at tappingen startet (18. august 2006; til høyre).

4.1.3 Vannkvalitet ved Moss dam målt kontinuerlig med sensor

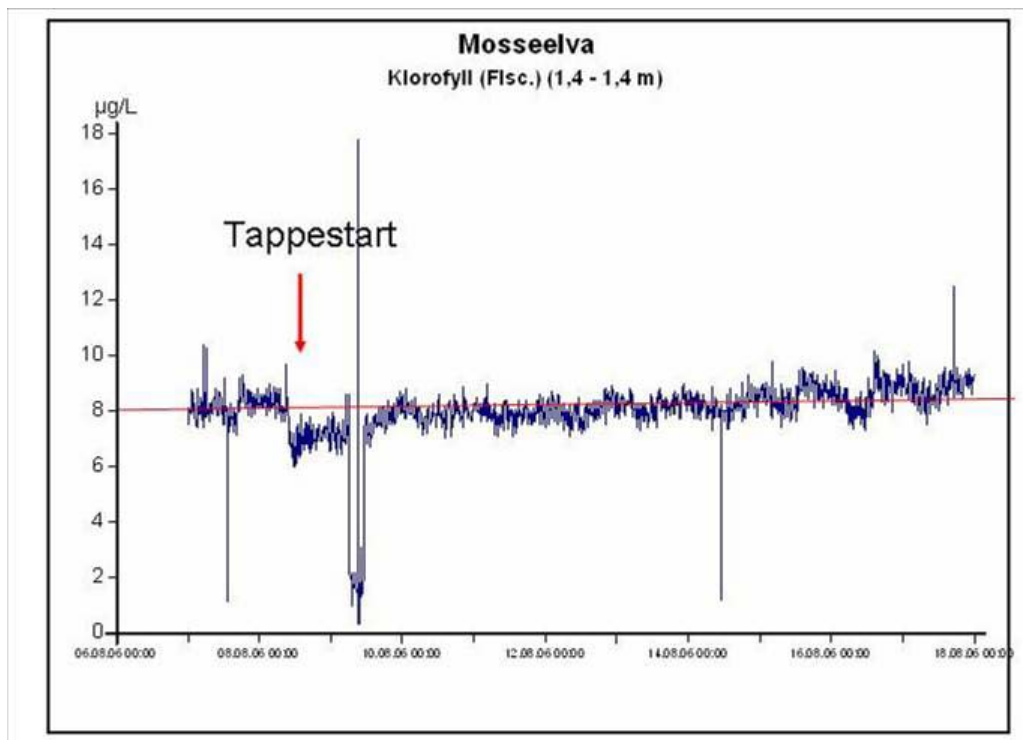
Den kontinuerlige sensoren ved Moss ble et svært nyttig verktøy for dette prosjektet. Ved at resultatene ble overført automatisk til en webserver hvert tiende minutt var det mulig å oppdage uregelmessigheter ved sensoren i tide. Slike uregelmessigheter skyldtes først og fremst at plantetråder og algekolonier la seg rundt den optiske sensoren slik at lystilgangen ble svekket, og hyppig manuell rensing av sensoren var derfor nødvendig.

Klorofyll målt ved fluorescens:

Klorofyll målt ved fluorescens er en parameter som ikke kan sammenlignes direkte med klorofyll a verdier fremkommet ved laboratorieanalyse. Klorofyll målt ved fluorescens viser kun et utvalg av alt klorofyll i vannet, dvs det utvalg som sensoren måler på.

Dataene fra sensoren viste, grovt sett, at bortsett fra en reduksjon ved tappestart medførte ikke tappingene noen varig nedgang i klorofyll målt ved fluorescens.

Figur 16 og tabell 7 gir en oversikt over forholdene under første tapping. Konsentrasjonen minket ca ett mikrogram ved tappestart. Dagen etter tappestart falt konsentrasjonen av klorofyll kraftig i en periode på ca. 5 timer. Samtidig var det et tilsvarende fall i temperatur og konduktivitet (figurene 18 og 22), og episoden henger sannsynligvis sammen med drenering av bunnvann i kulper i Mosseelva. Litt over ett døgn etter tappestart var imidlertid klorofyllnivået tilbake til utgangsverdien.

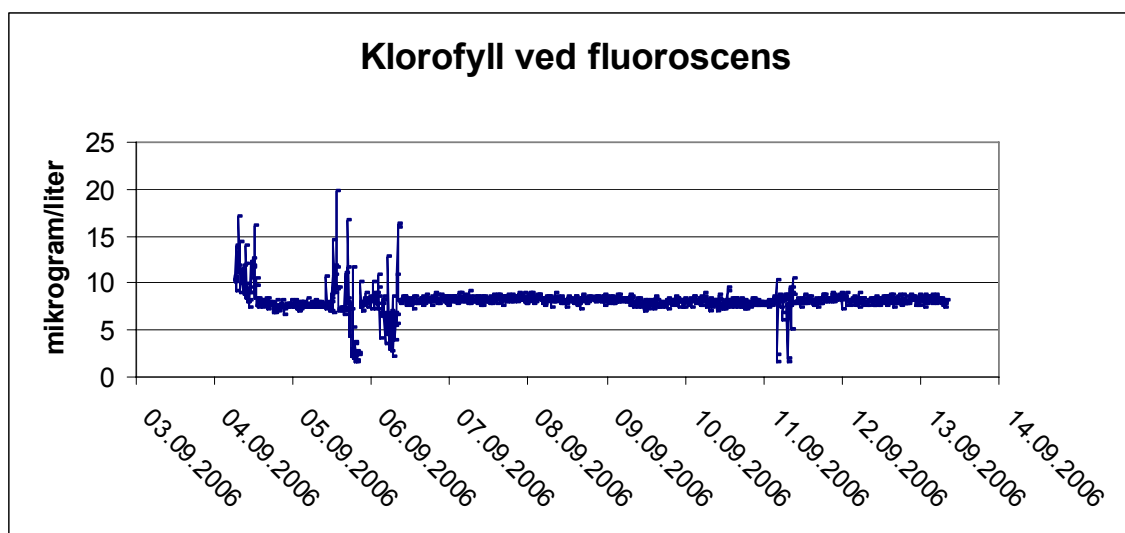


Figur 16. Klorofyllnivået målt ved fluorescens under første forsøk.

Tabell 7. Gjennomsnittlig klorofyllnivå målt ved fluorescens ($\mu\text{g/l}$) i fire påfølgende perioder under første tapping.

Tidsrom	Kommentar	Klorofyll som fluorescens $\mu\text{g/l}$
31.07 - 08.08 ved tappestart	Perioden før tapping	8,0
08.08 ved tappestart – 09.08 kl 0640	Første døgn med tapping	7,2
09.08 kl 06:40 – 09.08 kl 11:30	Sannsynlig bunnvann	2,5
09.08 kl 11:30 tom 16.08	Fom andre dag etter tapping tom 2 dager etter tappeavslutning	8,2

Konsentrasjonsforløpet av klorofyll som målt ved fluorescens under andre forsøk (figur 17) lignet forløpet under første tapping. Ved tappestart 5. september varierer nivået relativt kraftig mellom 2 og 20 mikrogram/liter, deretter stabiliserer det seg på utgangsnivået på ca. 8 μl allerede dagen etter tappestart. Uregelmessighetene den 4. september skyldtes at proben trengte rensing. I perioden før disse uregelmessighetene lå klorofyllnivået på et jevnt nivå rundt 8 $\mu\text{g/l}$. 11. september er det en episode med lavere klorofyllnivå i vannet, dette stemmer overens med at også vanntemperatur og ledningsevne var redusert. Sannsynligvis dreier dette seg om bunnvann fra en av kulpene i Mosseelva.

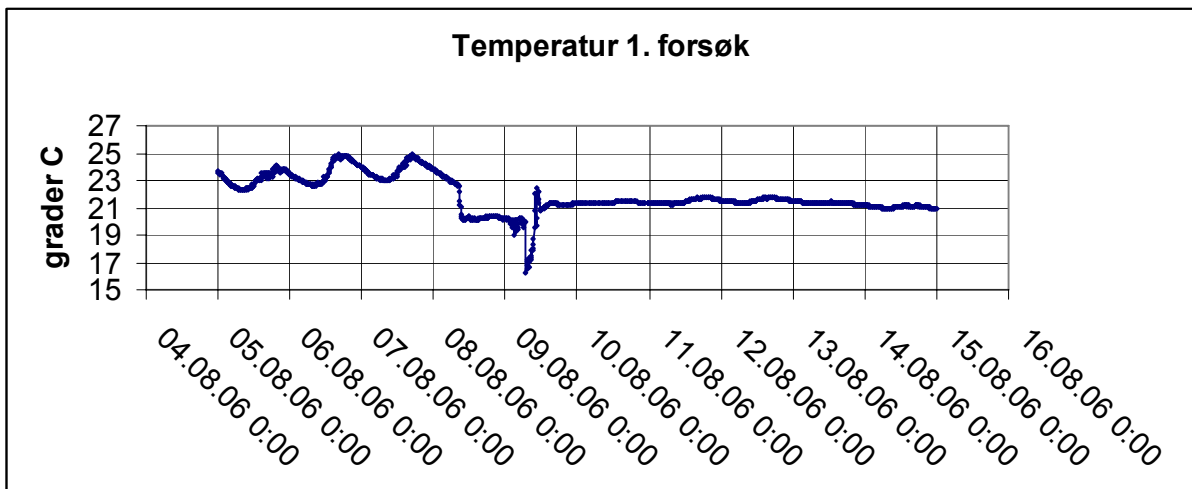


Figur 17. Klorofyll som målt ved fluorescens under andre forsøk.

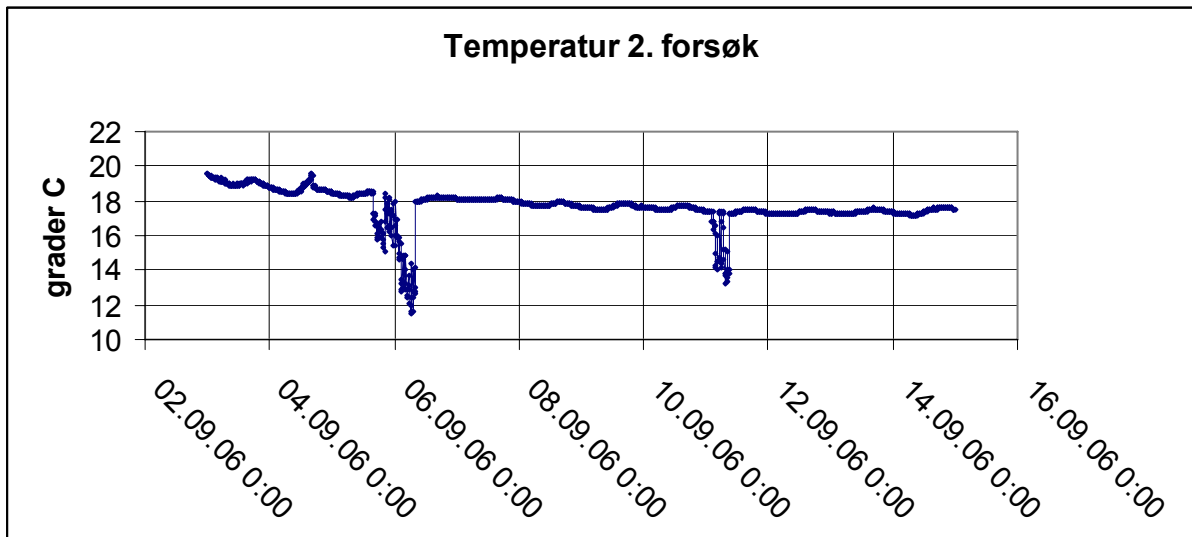
Vanntemperatur:

Temperaturen gikk ned ved begge tappinger, som vist i figurene 18 og 19. Dette skyldtes antakelig dels at det ble omrøring i vannmassene slik at bunnvann kom opp, dels at det også ble tilført kaldere vann fra Vanemfjorden. Nedgangen under første forsøk var fra ca. 25 °C til ca. 21-22 °C men som nevnt over inntraff en episode med temperatur ned til 16 °C dagen etter tappestart, den 9. september, antakelig knyttet til drenering av kaldere bunnvann fra en av kulpene i Mosseelva.

Også under andre forsøk gikk temperaturen noe ned, men mindre markert enn under første forsøk. Utgangstemperaturen var ca. 19 °C og etter tapping sank temperaturen ned mot 17 °C. Også her var det et par tilfeller av kaldere temperatur, ned mot 12-14 grader, både i begynnelsen av tappingen og seks dager etter.



Figur 18. Vanntemperatur i grader Celcius under første forsøk.

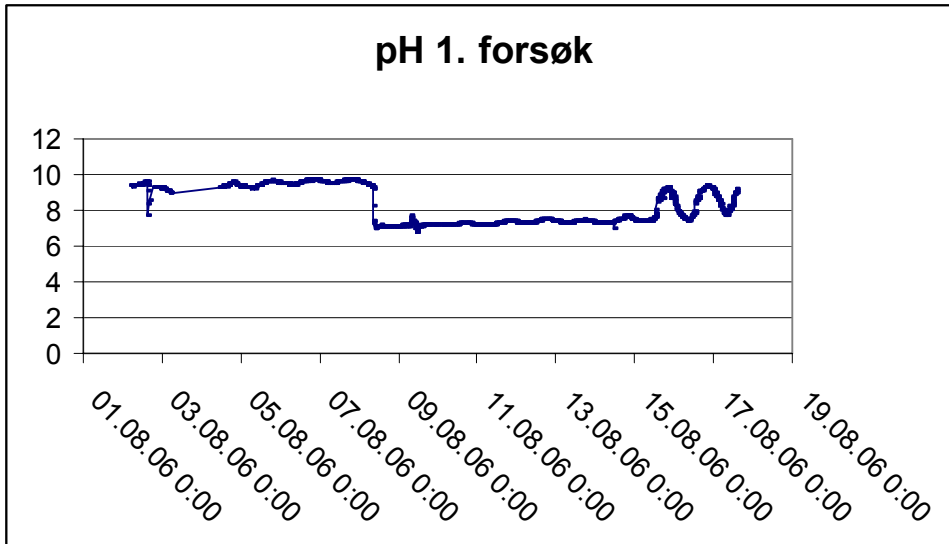


Figur 19. Vanntemperatur i grader Celcius under andre forsøk.

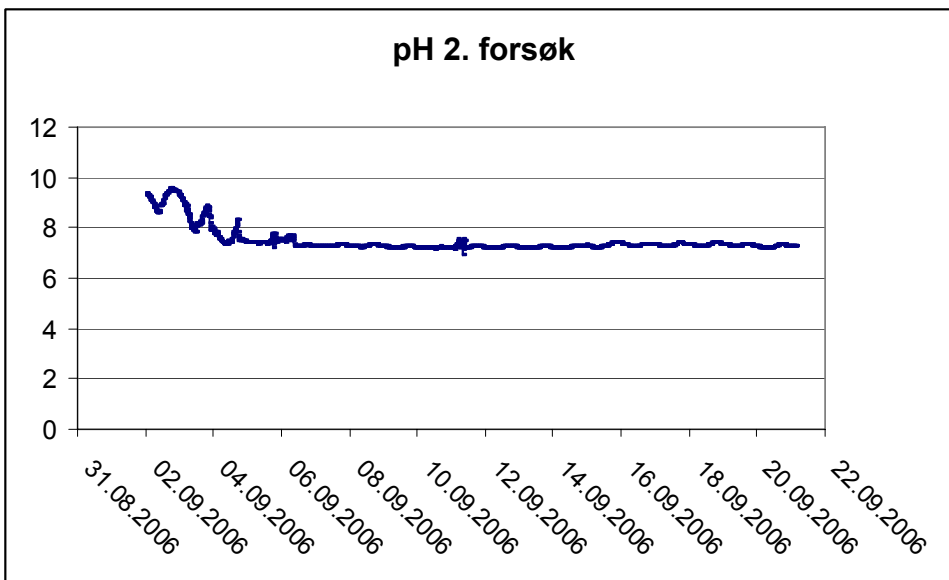
pH:

Som figurene 20 og 21 viser, sank pH-nivået under begge tappeforsøkene. Ved første forsøk sank det fra et nivå på over ni, til ca. 7 – 7,5. pH-verdiene steg igjen rett etter at tappingen ble avsluttet. Under andre forsøk sank det fra et dagsmaksimum på 9 – 9,5 og ned til et jevnt nivå på ca. 7,3.

En nedgang i pH kan tyde på at algeproduksjonen ble redusert under tappingene. I tillegg til dette er denne nedgangen også positiv fordi utlekking av fosfor fra sedimentene er større ved en høy pH enn ved pH ca. 7.



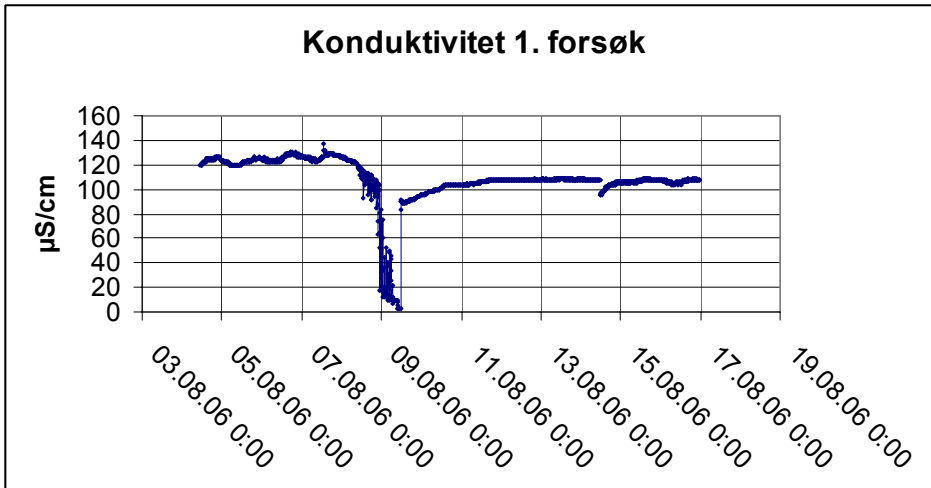
Figur 20. pH under første forsøk.



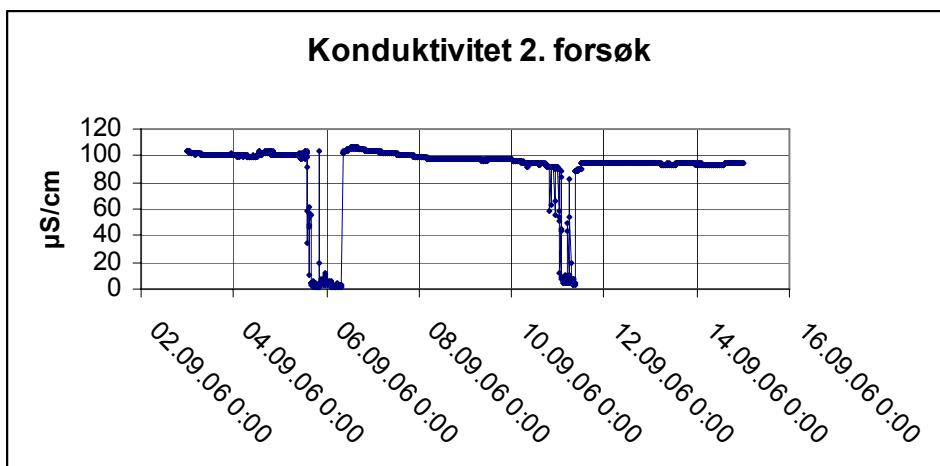
Figur 21. pH under andre forsøk.

Konduktivitet (ledningsevne):

Ledningsevnen – og dermed innholdet av løste stoffer i vannet – gikk kraftig ned ved tappestart i begge forsøk (figur 22 og 23). Ved første forsøk la den seg deretter ca. 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lavere enn utgangspunktet før tapping. Under andre forsøk ligner forløpet av kurven for ledningsevne den for temperatur, og bekrefter derfor at det både ved tappestart og den 11. september gikk vann med lavere temperatur og ledningsevne – og også klorofyll – forbi sensoren. Det antas at denne reduksjonen i ledningsevne først og fremst er knyttet til reduksjon av OH^- ioner i vannet siden pH også gikk ned i samme periode.



Figur 22. Konduktivitet (ledningsevne) i $\mu\text{S}/\text{cm}$ under første forsøk.



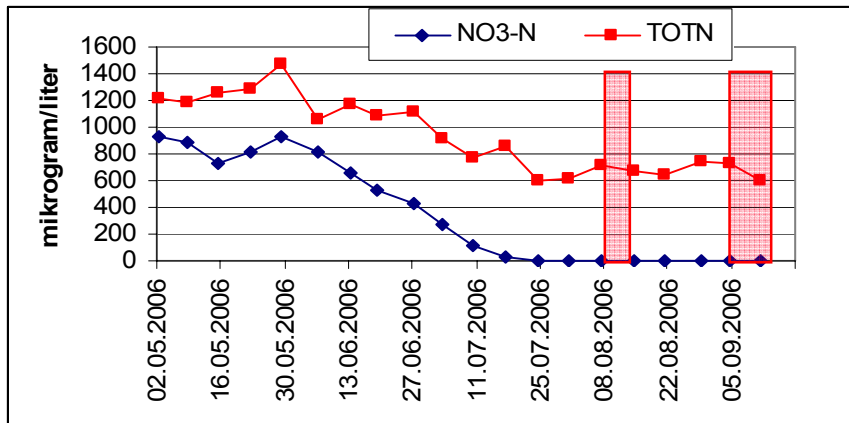
Figur 23. Konduktivitet (ledningsevne) i $\mu\text{S}/\text{cm}$ under andre forsøk.

Når det gjelder den siste parameteren som sensoren registrerte – **turbiditet** – viste det seg at dataene påvirkes av at sensoren tildekkes av organisk materiale, noe som medførte at disse dataene ikke ble godt egnet til å vurdere virkningen av tappingene.

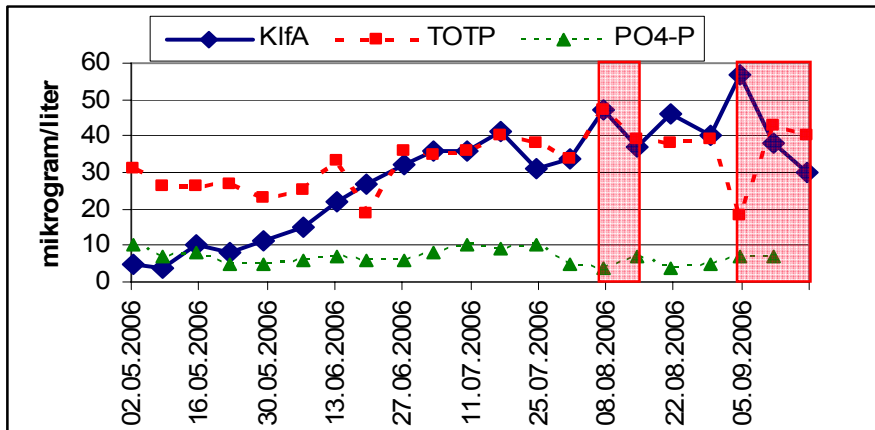
4.1.4 Vannkvalitet i Vanemfjorden

Figurene 24 og 25 viser nivået av hhv. totalnitrogen og nitrat; og klorofyll a, totalfosfor og orthofosfat i Vanemfjorden sommeren 2006. Tappeperiodene er markert med lys røde felt. Som i 2005 viser verdiene naturlige svingninger som kan være forårsaket av en rekke faktorer, så som vindpåvirkning, temperatur, lys, tilførsler av næringsstoffer fra elver og bekker, nedbør, osv. Det kan derfor ikke påvises at tappingene er årsakene til de nedgangene i enkelte av parametrene som fremgår av figurene.

Figur 24 viser også at nitratinnholdet sank mot null fra midten av juli, noe som har betydning for algesammensetningen i sjøen. Dette vil bli ytterligere diskutert i neste avsnitt.



Figur 24. Nitrat og totalnitrogen i Vanemfjorden sommeren 2006.

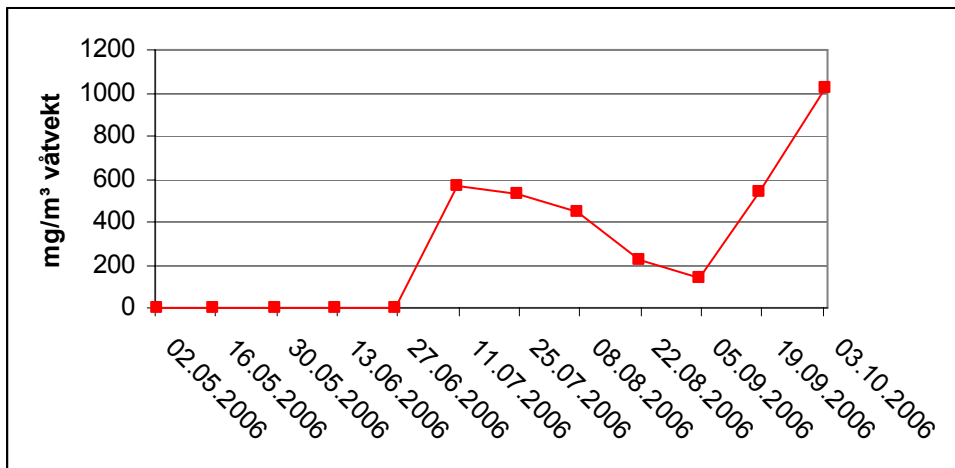


Figur 25. Klorofyll a, totalfosfor og orthofosfat i Vanemfjorden sommeren 2006.

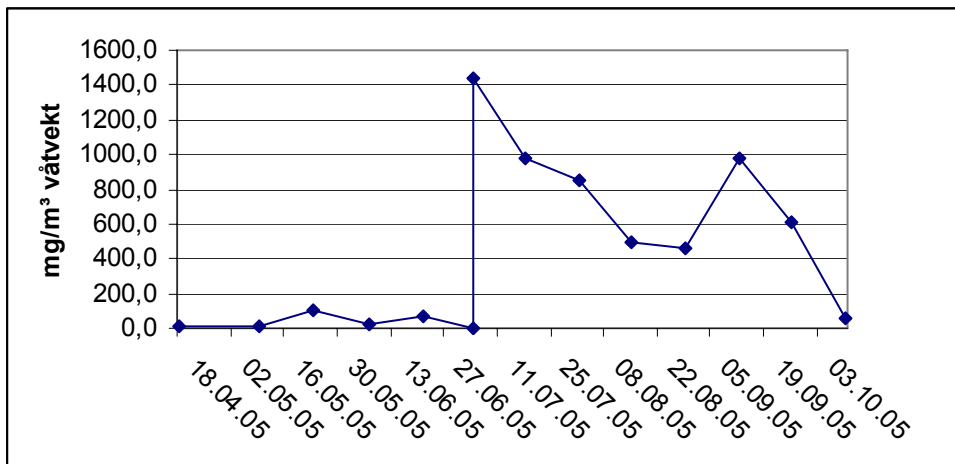
4.1.5 Utviklingen av algen *Microcystis* sp.

Som vist i figur 24 sank nitratinholdet mot null fra midten av juli 2006. *Microcystis* er avhengig av nitrat, og som figur 26 viser, var konsentrasjonen av denne algen høy i midten av juli. Deretter begynner en nedgang, som flater ut i august, før konsentrasjonen av denne algen igjen stiger kraftig utover i september. Også i 2005 ble det observert et tilsvarende mønster, dog ikke med en så markert økning frem mot oktober (figur 27). En gjennomgang av algetellinger i Vanemfjorden fra 2000 og frem til i dag viser at dette utviklingsmønsteret er unikt for de to siste årene (figur 28). I de foregående årene er det ingen økning i konsentrasjonen av denne algen etterat den først har begynt å bli redusert.

Det er derfor sannsynlig at særlig den siste nedtappingen i september, som for begge år varte lenger enn den første tappingen, kan ha bidratt til at det blir ført nitratrikt vann inn fra Storefjorden. *I så fall kan dette være en indikasjon på at en kraftig tapping kan bedre forholdene for denne giftige algen.*

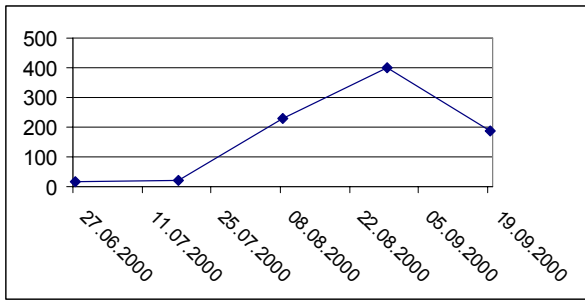


Figur 26. Konsentrasjonen av *Microcystis aeruginosa* i Vanemfjorden i 2006.

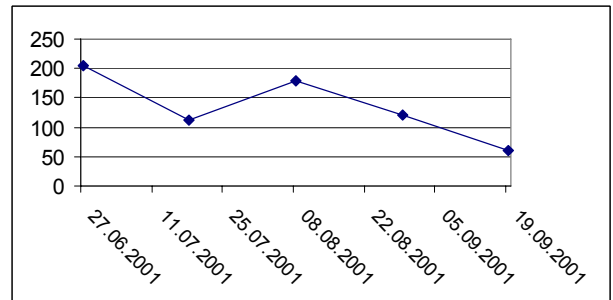


Figur 27. Konsentrasjonen av *Microcystis aeruginosa* i Vanemfjorden i 2005.

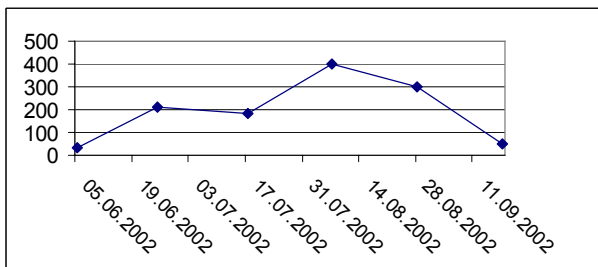
2000:



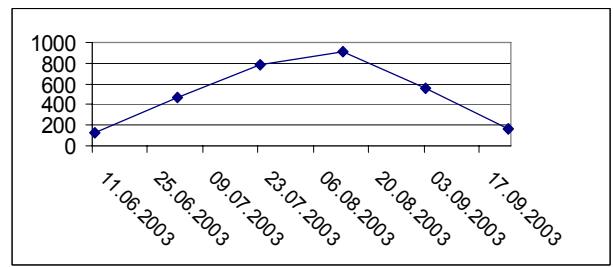
2001:



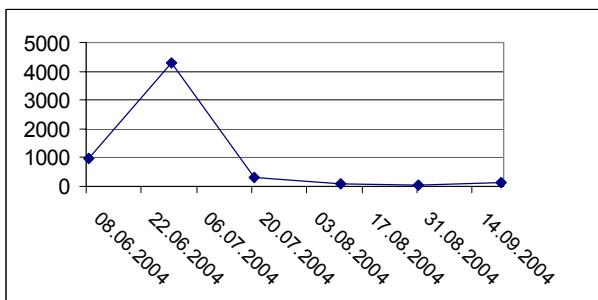
2002:



2003:



2004:



Figur 28. Utvikling av algen microcystis i Vanemfjorden somrene 2000 – 2004.

4.2 Grunnvann

Endret manøvreringsreglement og dermed endrede vannstander i Vansjø kan ha følgende effekter for jordbruksdriften rundt Vansjø:

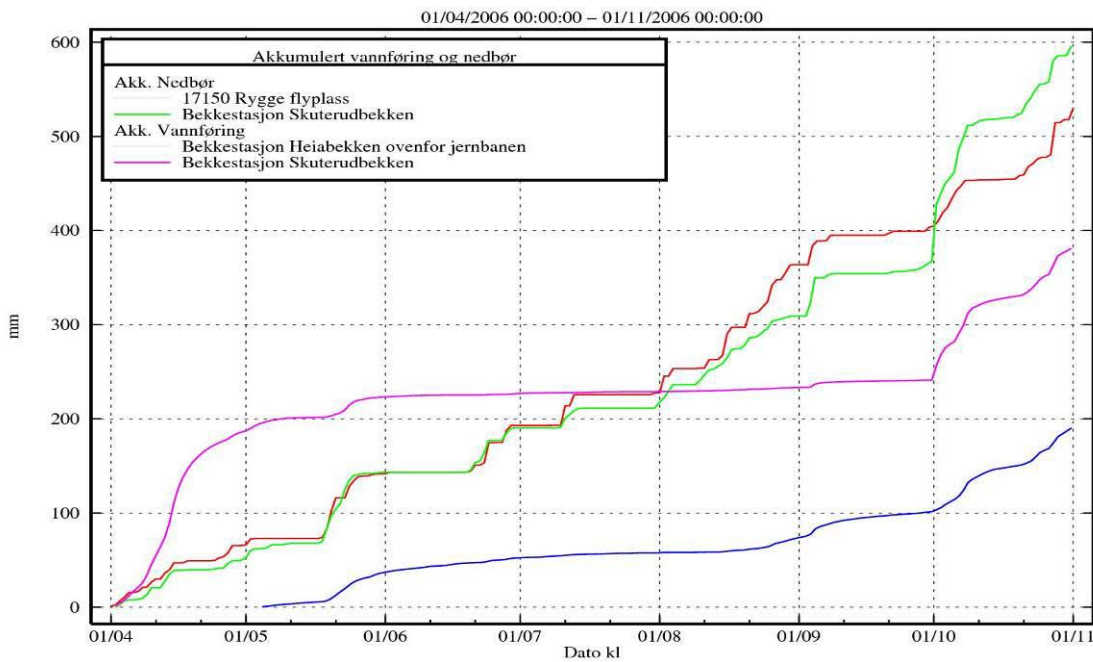
- Endringer i såtidspunkt for lavtliggende arealer
- Endringer i vanntilgang for plantene om sommeren
- Endringer i løftehøyde og pumpetider for pumpestasjonene

Generelt er det slik at for jordbruket er det gunstig med så lav vannstand i sjøen om våren at våronna ikke blir forsinket på grunn av dette, og noe høyere vannstand i perioden med normalt forsommertørke for å gi vekstene på lavtliggende områder litt ekstra vanntilgang.

Senking av vannstanden i Vansjø vil øke grunnvannsiget ut i strandsonen, og dermed kunne ha noe innflytelse på vannkvaliteten lokalt.

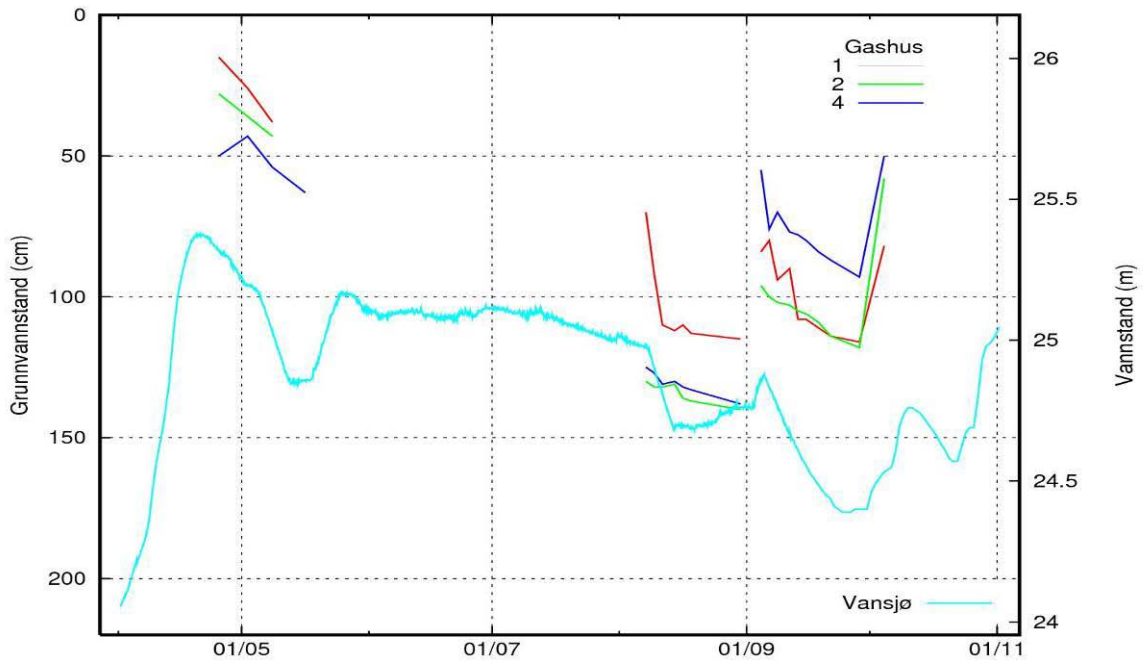
4.2.1 Grunnvannsstand

Å måle den rene effekten av endret vannstand i Vansjø på grunnvannstanden inne på jordbruksarealene betinger at det ikke kommer nedbør i slike mengder at grunnvannet får tilført vann ovenfra. Tidlig på våren og utover høsten er jorda vanligvis så oppfuktet at det skal lite nedbør til for at dette skjer. Om sommeren er jorda normalt så uttørket at det skal store nedbørmengder eller svært høy intensitet til (nedløp i sprekker i jorda) før det blir grunnvannsfornyning. Figur 29 viser akkumulert nedbør og avrenning for Skuterudbekken i Ås, Rygge flyplass (nedbør) og Heiabekken i Rygge (avrenning).

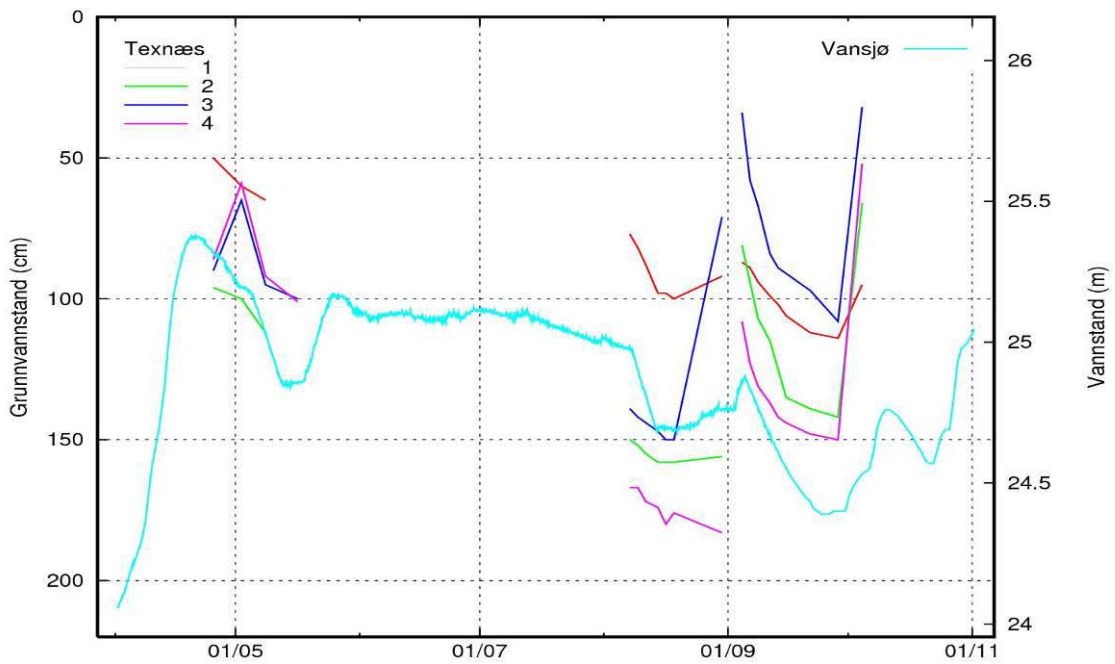


Figur 29. Akkumulert nedbør og avrenning i perioden 1.4 – 1.11.2006: Nedbør og avrenning for Skuterudbekken i Ås, nedbør for Rygge flyplass og avrenning i Heiabekken i Rygge (Kilde: Rygge flyplass: DNMI, Skuterudbekken og Heiabekken: Bioforsk). I Heiabekken måles det ikke i vinterhalvåret (periode med frost).

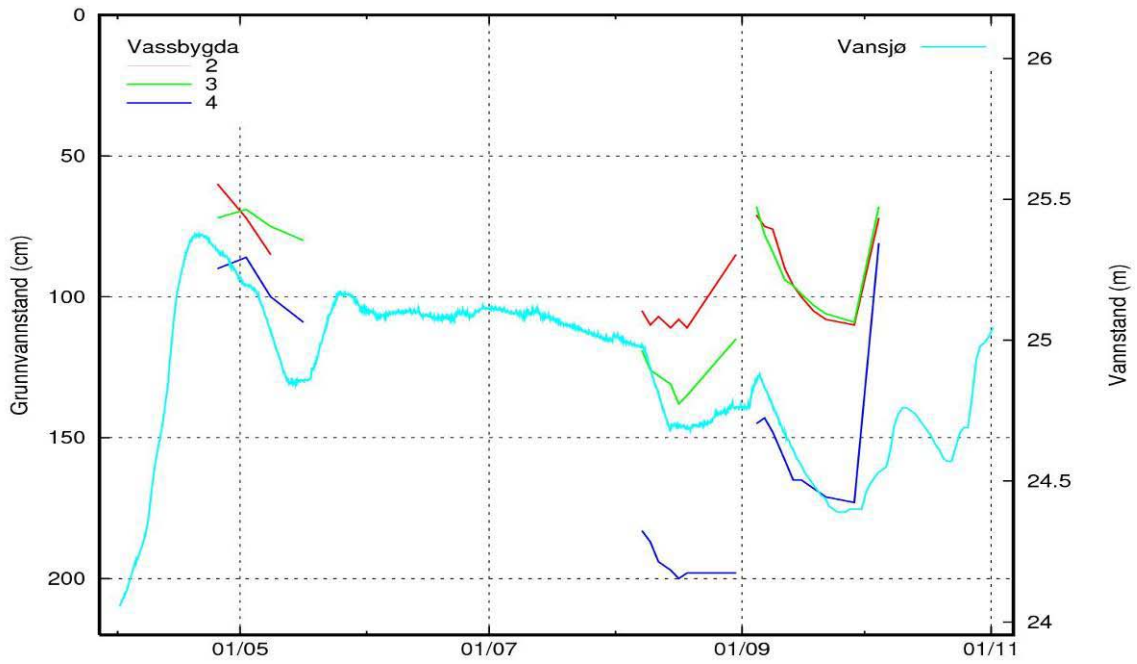
Figurene 30-33 viser målt grunnvannstand for de 4 lokalitetene sammen med vannstanden i Vansjø i perioden 1. april til 1. november. Grunnvannstand er avstand fra jordoverflaten til grunnvannspeilet. Grunnvannsrørene som er nummerert 1 (nr 2 i Vassbygda) ligger i strandsonen og representerer ikke tilstanden for dyrka mark.



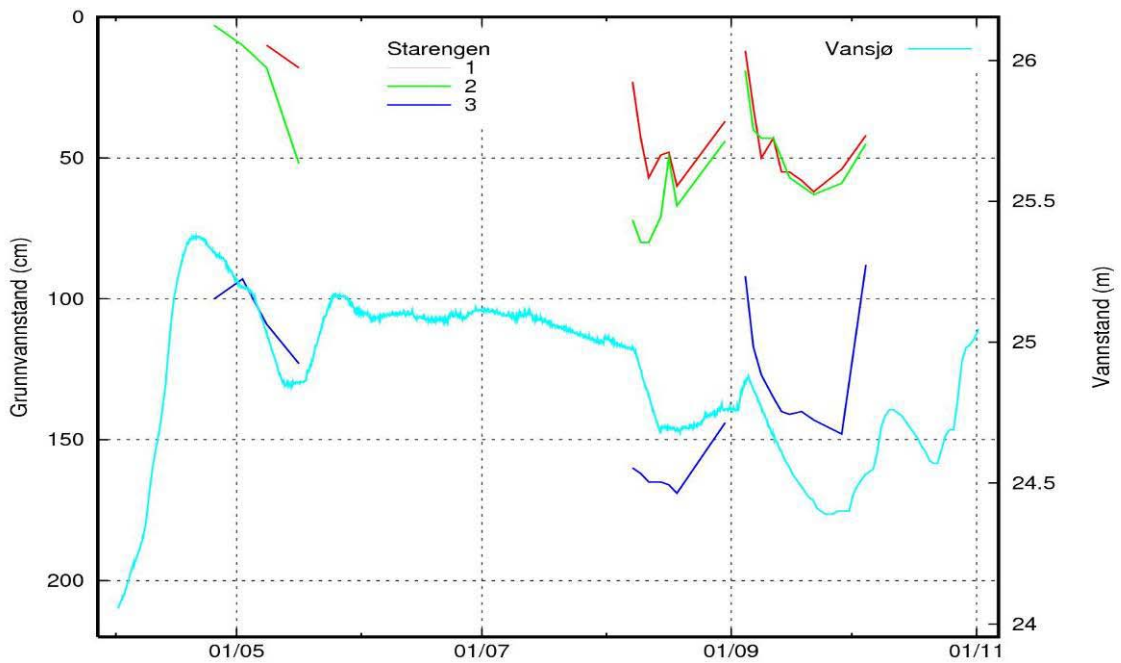
Figur 30. Grunnvannstand i rørene ved Gashus (1,2 og 4) og vannstand i Vansjø i perioden 1.4-1.11.2006.



Figur 31. Grunnvannstand i rørene ved Texnæs (1,2,3 og 4) og vannstand i Vansjø i perioden 1.4-1.11.2006.



Figur 32. Grunnvannstand i rørene i Vassbygda (2,3 og 4) og vannstand i Vansjø i perioden 1.4-1.11.2006.



Figur 33. Grunnvannstand i rørene ved Starengen (1,2 og 3) og vannstand i Vansjø i perioden 1.4-1.11.2006.

Våren 2006 utmerker seg med en stor snøsmeltingsflom og sein våronn. Høyeste vannstand i Vansjø ble målt ca. 20. april. Arealene nær Vansjø ble sådd midt i mai. Det kom noe nedbør i slutten av april som har ført til grunnvannsfornying mellom første og andre grunnvannspeiling (25.4 og 2.5) på alle lokalitetene (men ikke registrert i alle rørene). Men generellt førte synkingen av vannstanden i Vansjø på ca 50 cm til en senking av grunnvannet på ca 20-40 cm i denne perioden.

Under det første tappingsforsøket som begynte 8. august og senket vannstanden i Vansjø ca 30 cm, sank grunnvannstanden inne på jordene til å begynne med, men så kom det noe nedbør som førte til at grunnvannet steg eller holdt seg stabilt. Grunnvannet ved Gashus oppførte seg imidlertid litt annerledes, her fortsatte grunnvannet å synke litt selv om vannstanden i Vansjø steg noe i tiden etter tappingen. Det kom ca 110 mm nedbør i perioden 10-30 august men jorda var da såpass tørr at det meste av nedbøren ble absorbert og ga liten avrenning (ca 10-15 mm i Heiabekken).

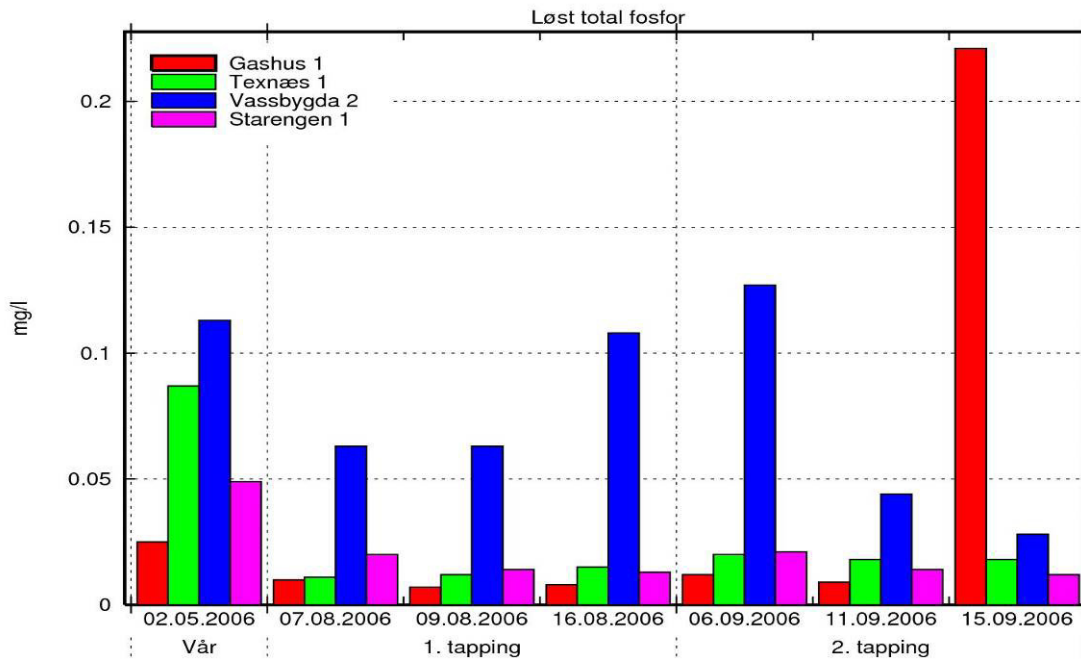
Under den siste tappingen ble vannstanden i Vansjø senket ca 50 cm i perioden 5-25 september. I denne perioden kom det lite nedbør (ca 10 mm). Grunnvannet sank i den samme perioden ca 20-60 cm i rørene, men de største endringene i grunnvannstanden beror på at det kom ca 30 mm nedbør i uken forut for tappingen og som ville gitt en synking av grunnvannsstanden uavhengig av senkingen i Vansjø. Resultatene fra målingene under det andre tappingsforsøket i 2006 er svært likt resultatene fra det andre tappingsforsøket i 2005. Det ser ut til at en senking av vannstanden i Vansjø på ca 30-50 cm fører til en senking av grunnvannet på ca 20 cm i løpet av et par uker.

4.2.2 Vannkvalitet i grunnvannet

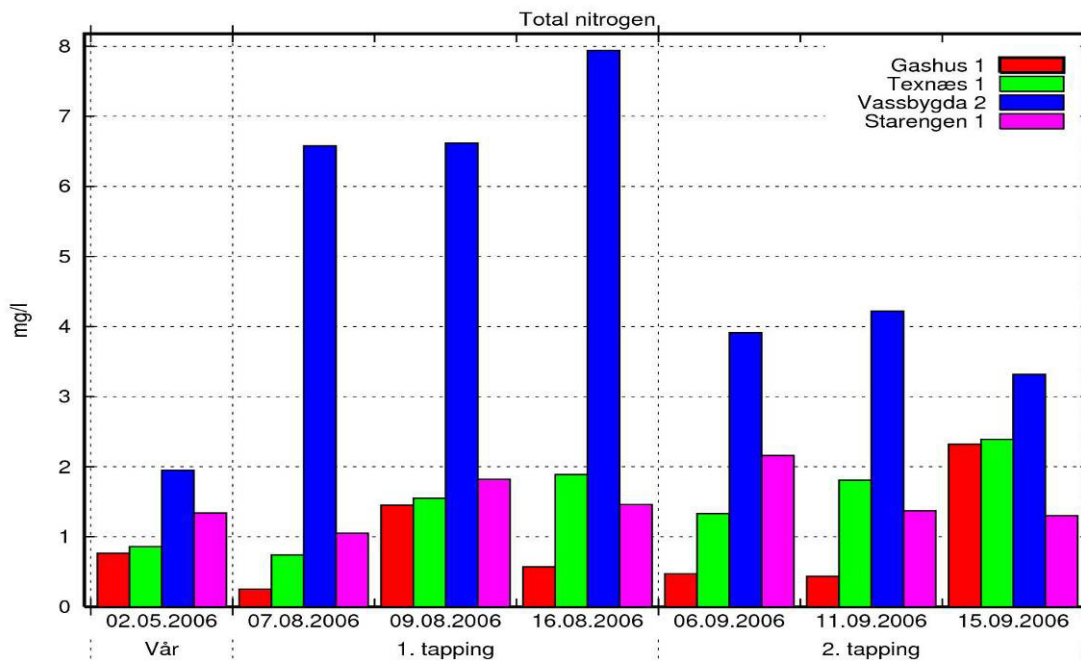
Det ble tatt ut vannprøver i rørene nærmest sjøen (i strandsonen) for å undersøke hvilken vannkvalitet det er på vannet som siver ut i strandsonen. Det ble tatt 1 serie etter vårflommen (2 mai, ca 10 dager etter flomtoppen) og 3 serier under hvert av tappingsforsøkene.

Figur 34 viser innholdet av løst totalfosfor. Med unntak for Vassbygda, lå konsentrasjonene på ca 0,01-0,025 mg/l under de to tappingsforsøkene, hvilket er ca halvparten av konsentrasjonene i Vansjø (0,03-0,05 mg/l) gjennom sommeren 2006. I serien tatt like etter vårflommen var konsentrasjonene betydelig høyere: 0,025-0,12 mg/l. Snøsmeltingen og/eller nedbøren like forut for prøveserien har tilført grunnvannet noe mer fosforrikt vann. Nedbørmengdene forut for det andre tappingsforsøket har ikke gitt den økningen i fosforkonsentrasjonen en kunne forvente, med unntak for Vassbygda. Men her var konsentrasjonene betydelig redusert i de 2 neste prøvene. Den siste prøven fra Gashus under det andre tappingsforsøket inneholdt mye fosfor, 0,22 mg/l. Det er ikke funnet noen forklaring på dette, men det var også Gashus som hadde de høyeste fosforkonsentrasjonene i 2005 og da betydelig høyere enn i 2006 (0,4-0,55 mg/l under det andre tappingsforsøket).

Prøvene fra Vassbygda inneholdt også mest nitrogen, 2-8 mg/l, mens det for de andre lå i området 0,25-2,4 mg/l (figur 35). Konsentrasjonene var med unntak for Gashus lavest i prøvene tatt på våren. Prøvene fra Gashus hadde i 2005 de høyeste konsentrasjonene av nitrogen mens de i 2006 hadde de laveste.



Figur 34. Innhold av totalfosfor i filtrerte vannprøver tatt i grunnvannsrørene i strandsonen ved de 4 lokalitetene. Prøver tatt i 2006.



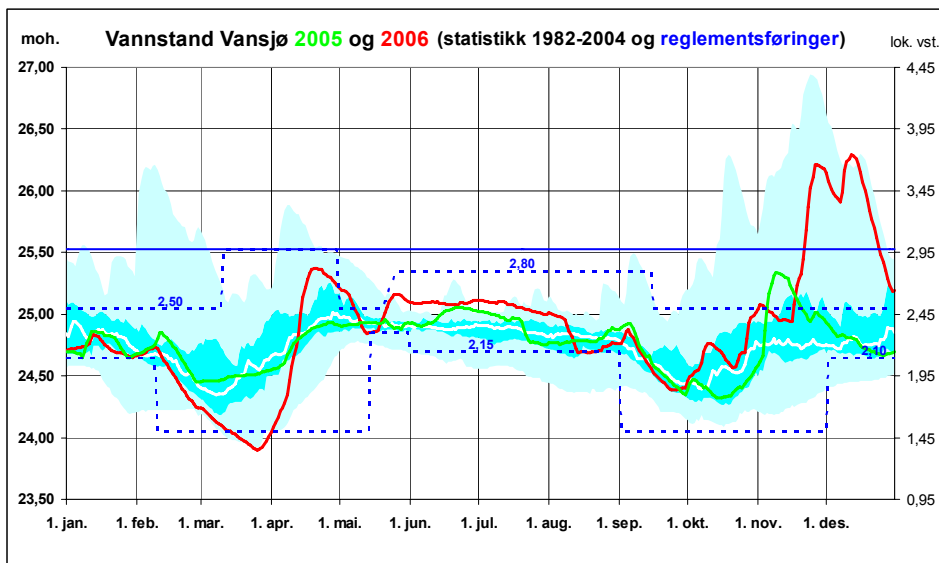
Figur 35. Innhold av totalnitrogen i filtrerte vannprøver tatt i grunnvannsrørene i strandsonen ved de 4 lokalitetene. Prøver tatt i 2006.

5. Diskusjon: Mosseelva 2005 og 2006 under tappingen

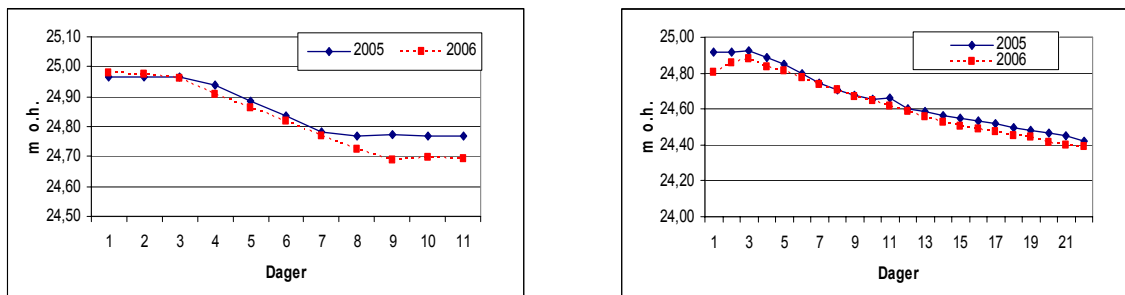
5.1 Sammenligning av hydrologiske og meteorologiske forhold

Siden resultatet av tappingen for vannkvaliteten i Mosseelva i 2006 avvok fra resultatene i 2005, ble det gjort en gjennomgang av hydrologiske og meteorologiske forhold i de to årene.

En sammenligning viser at tappeforløpene i 2005 og 2006 (figur 36 og 37) var relativt like. I 2005 ble første forsøk avsluttet med noe høyere vannstand enn i 2006, og i 2006 ble første forsøk utsatt et par uker.



Figur 36. Sammenligning av tappingene i 2005 (grønn linje) og 2006 (rød linje).



Figur 37. Mer detaljert sammenligning av tappeforløp i 2005 (heltrukken blå linje) og 2006 (stiplet rød linje). Første forsøk til venstre, andre forsøk til høyre.

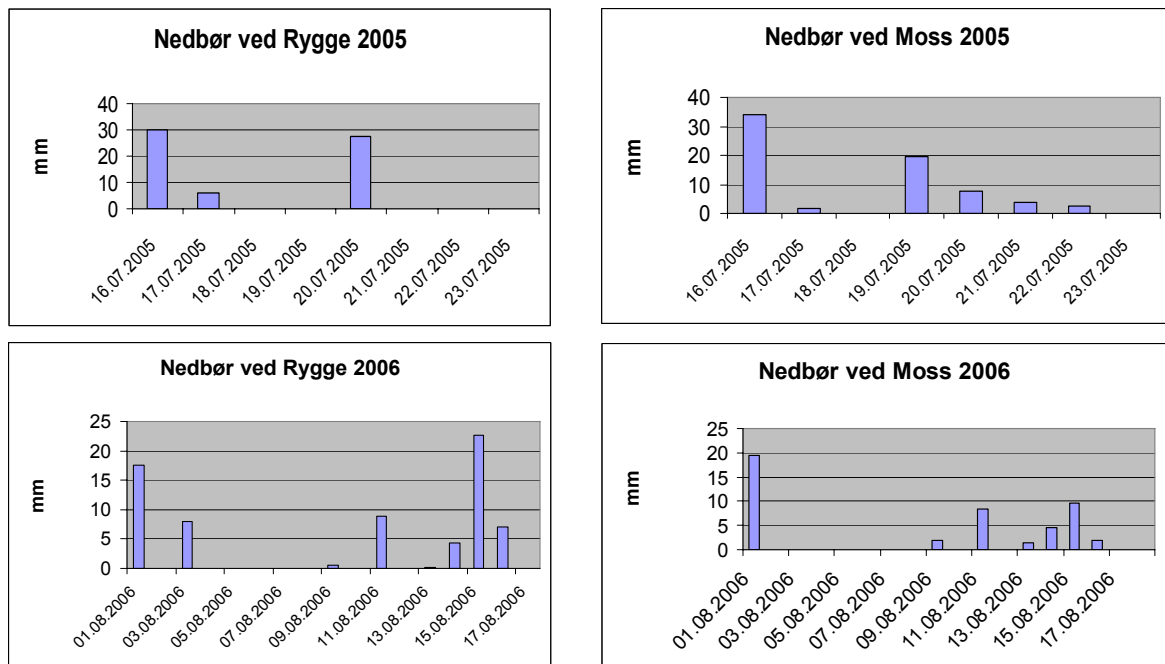
Nedbørdata hentet fra met.no's stasjoner 17150 Rygge og 17251 Moss brannstasjon viser at nedbørforholdene under forsøkene varierte noe (figur 38 og 39). Under første forsøk i 2005 var det en nedbørepisode tre dager før tappingene med 30 mm nedbør ved Rygge og 34 mm ved Moss. Ved Moss ble det også registrert 20 mm lokal nedbør ved tappestart 19. juli; denne dato ble det ikke

registrert nedbør ved Rygge. Videre ble det registrert 28 og 8 mm nedbør 20. juli (dagen etter tappestart) ved hhv. Rygge og Moss.

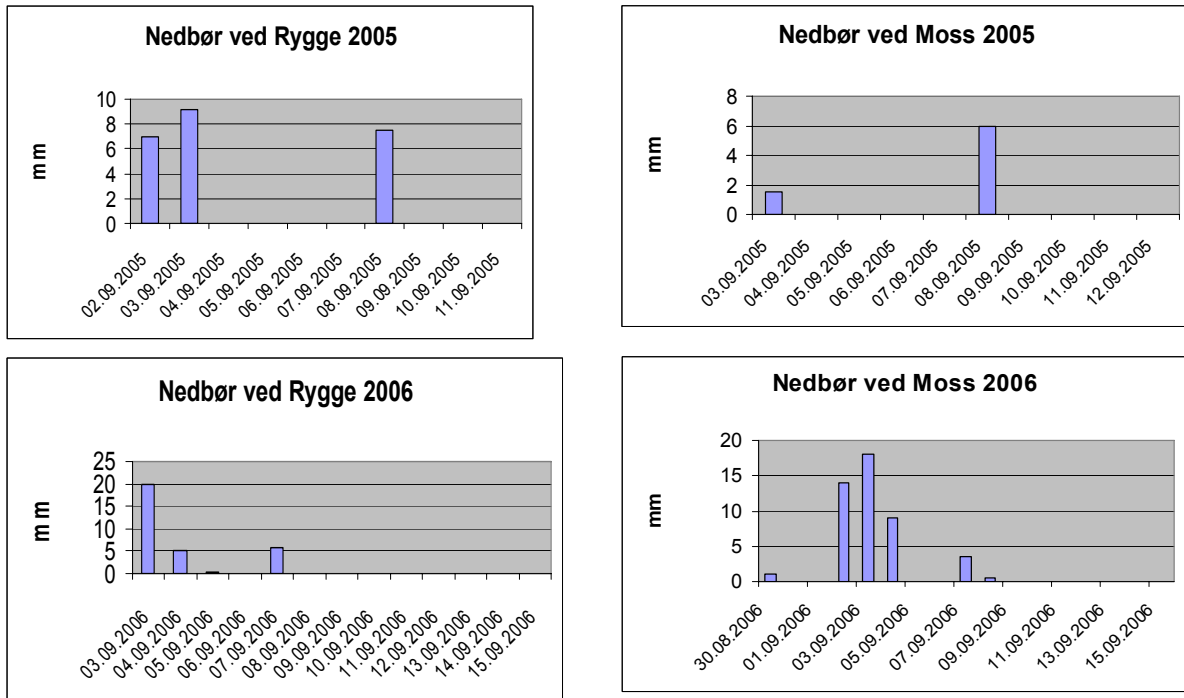
Forskjellen fra første forsøk i 2005 til 2006 er først og fremst den kraftige nedbøren rett før forsøket i 2005. I 2006 var det ca. 20 mm nedbør ved Moss og Rygge ca. en uke før tapping, deretter en liten nedbørepisode tre dager etter tapping (ca. 7 mm) før relativt kraftig nedbør (dog lokalt, siden dette først og fremst gjelder Rygge) helt mot slutten av tappingen.

Ser man på gjennomsnittlig nedbør var imidlertid ikke forskjellene store. Under første forsøk i 2005 var gjennomsnittlig nedbør i perioden 7 dager før tappestart til 11 dager etter 12 mm ved Rygge og 8 mm ved Moss. Tilsvarende i første forsøk i 2006 var gjennomsnittlig nedbør 8 mm ved Rygge og 7 mm ved Moss. Med andre ord var det noe mindre nedbør i 2006 men ikke betydelige forskjeller.

For andre forsøk var forskjellene enda mindre: Under andre forsøk i 2005 var gjennomsnittlig nedbør i perioden 7 dager før tappestart til 11 dager etter 5 mm ved Rygge og 5 mm ved Moss. Tilsvarende tall for 2006 (andre forsøk) var 6 mm ved Rygge og 7 mm ved Moss.



Figur 38. Nedbør ved Rygge og Moss under første forsøk i 2005 (øverste paneler) og 2006 (nederste paneler).



Figur 39. Nedbør ved Rygge og Moss under andre forsøk i 2005 (øverste paneler) og 2006 (nederste paneler). Datakilde: met.no

Vindforholdene under forsøkene i 2006 var ikke tydelig annerledes enn under forsøkene i 2005. Tabell 8 viser vindstyrken i m/s de fire første dagene av hvert forsøk. Ved første forsøk var vindforholdene svært like i de to årene, mens vindstyrken var noe større ved andre forsøk i 2005 enn i 2006, særlig i begynnelsen av forsøket. Forskjellene er imidlertid så små at det ikke regnes som sannsynlig at dette har påvirket resultatene i nevneverdig grad.

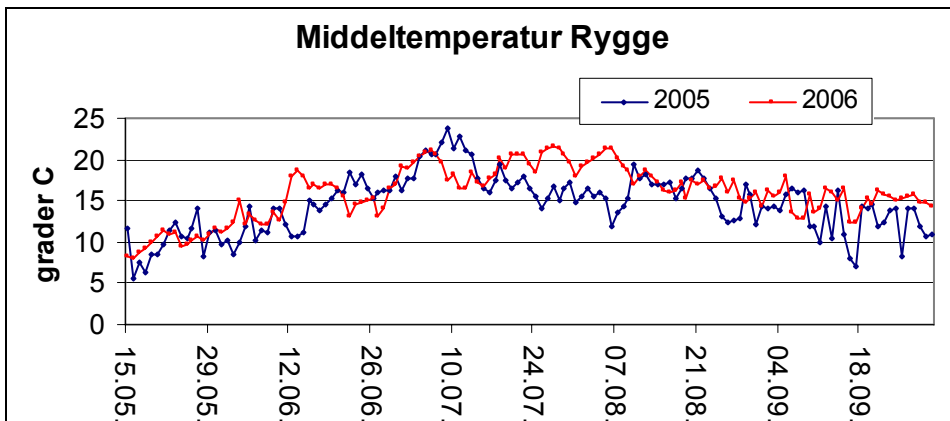
Tabell 8. Vindforhold ved Rygge stasjon under forsøkene fire første dager. Vindstyrke i m/s. Datakilde: met.no

Dato:	19 – 22. jul. 05		6 – 9. sep.05		8. – 11. aug.06		5. – 8. sep.06	
Vindtype:	Max vind	Middel vind	Max vind	Middel vind	Max vind	Middel vind	Max vind	Middel vind
Tappestart	4,8	2,5	6,2	3,6	NI	4,2	6,2	3,5
Dag 2	5,1	2,4	8,7	6,2	7,2	2,8	3,6	1,6
Dag 3	5,7	2,9	10,8	6,9	4,4	2,9	4,7	2
Dag 4	4,6	3,1	5,7	1,6	7	2,9	6,5	2,9
Snitt vind	5,1	2,7	7,9	4,6	6,2*	3,2	5,3	2,5

* basert på 3 verdier

Det var varmere i 2006 enn i 2005, som vist i figur 40 som sammenligner lufttemperatur ved Rygge somrene 2005 og 2006. I 2006 var det markert varmere i slutten av juli og begynnelsen av august; dessuten lå temperaturen i september 2006 jevnt over noe høyere enn i samme periode 2005.

Høy temperatur kan fremme algevekst, for eksempel har *Microcystis* optimale forhold ved temperaturer rundt 26-27 grader. *Anabaena* bruker mye energi ved nitrogenfikseringsprosessen og den vil derfor også ha en fordel av høy vanntemperatur.



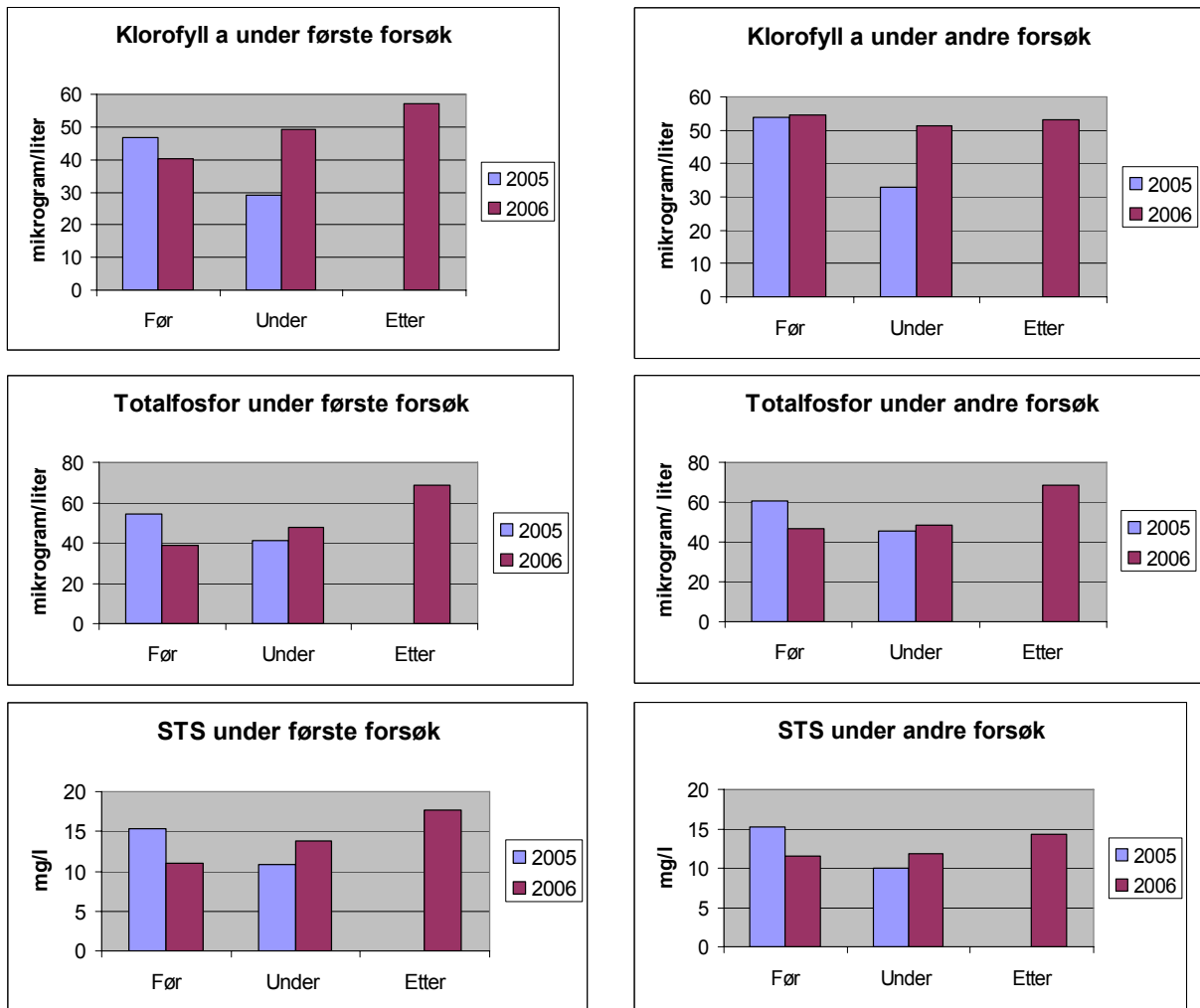
Figur 40. Sammenligning av døgnlig middeltemperatur i luft 2005 og 2006. Datakilde: met.no

5.2 Vannkvalitetsforskjeller 2005 – 2006 i Mosseelva

Som tidligere nevnt viste vannprøvene fra Mosseelva i 2005 at vannkvaliteten bedret seg under tapping. I 2006 viste vannprøvene det motsatte. En sammenligning av konsentrasjonene til parametrene klorofyll a, suspendert tørrstoff og totalfosfor (figur 41) viser at utgangsverdiene ved tapping var noe forskjellige, men det er ikke større forskjell enn den man ser i Vanemfjorden i løpet av sommeren (jf. figur 24 og 25). Det kan derfor være nærliggende å anta at de variasjonene som sees under tappingen uansett ikke er større enn de variasjonene som ellers forekommer i Mosseelva i løpet av sommeren. Som nevnt tidligere kan slike variasjoner skyldes en hel rekke faktorer, som temperatur, lystilgang, tilførsler av næringsstoffer fra kilder på land, samt vindpåvirkning og strøm. Videre kan selvsagt vannprøvens representativitet for gjennomsnittskonsentrasjonen i vannmassene være en feilkilde: Det er ikke uten videre lett å ta representative vannprøver fra en innsjø med så store algemengder.

Konsentrasjonsøkningen under tappingen i 2006 kan eventuelt forklares med at tappingen har ført til omrøring av vannmassene og dermed resuspensjon av partikler og algetilgjengelig fosfor fra bunnsedimentet. Det kan også være at prosesser beskrevet i den teoretiske utredningen (Skarbøvik m.fl. 2005) har blitt gjeldende, dvs. at det ved en tapping spyles ut både dyre- og planteplankton, men at planteplanktonet reproducerer seg raskere og at det derfor blir mindre beiting på planteplanktonet rett etter tapping. Dette vil imidlertid være spekulasjoner, og som nevnt over kan konsentrasjonsøkningen like gjerne være et resultat av tilfeldige, naturlige variasjoner.

I 2005 var det ikke satt ut noen automatisk sensor. Målingene fra sensoren i 2006 bekrefter imidlertid antakelsen av at de variasjoner som er påvist i vannkvaliteten (som målt ved vannprøver og vanlig analyse) kun er naturlige svingninger og/eller betinget av vannprøvens representativitet. De store utslagene i vannkvalitet som målt ved sensor inntrådte på tappestartdagen og den påfølgende dagen, deretter gikk verdiene for klorofyll (ved fluorescens) tilbake til utgangspunktet.



Figur 41. Sammenligning av konsentrasjoner av klorofyll a, totalfosfor og suspendert tørrstoff i 2005 og 2006, under første (til venstre) og andre (til høyre) forsøk.

6. Konklusjoner og anbefalinger

6.1 Konklusjoner

To år med forsøk med kraftige uttappinger har i sum ikke vist signifikante bedringer av vannkvaliteten verken i Vanemfjorden eller i Mosseelva. I 2005 ble det påvist en bedring *under tapping* i Mosseelva, mens datagrunnlaget ikke viste noen bedring i Vanemfjorden. I 2006 ble derfor undersøkelsene i Mosseelva trappet opp, for å vurdere hvor lenge en evt bedring under tapping varte. I motsetning til i 2005 ble det i 2006 imidlertid ikke påvist noen bedring i Mosseelva, som målt ved analyse av vanlige vannprøver tatt i overflaten i viker og sund. Imidlertid viste den automatiske sonden at klorofyllnivået som målt ved fluoroscens, samt pH, temperatur og ledningsevne sank tildels kraftig ved tappestart. Deler av denne effekten antas å skyldes omrøring av vannmassene, slik at bunnvann fra djuphøler i Mosseelva har rent forbi sensoren. Mens klorofyllnivået raskt gikk tilbake til utgangspunktet forble imidlertid vanntemperatur og pH noe lavere under tappeperiodene. Særlig positivt var det at pH ble redusert fra ca. 9-10 og ned til ca. 7. Ved en høy pH er faren for at fosfor løses fra bunnsedimentet stor.

Når det gjelder grunnvannsforsøkene, viste forsøkene at grunnvannet på de lavtliggende jordbruksarealene står i relativt god sammenheng med vannstanden i Vansjø. Nedtapping på ca 25-50 cm ser ut til å føre til en senking av grunnvannet på ca 20 cm i løpet av et par uker. Vannkvaliteten i det grunnvannet som siver ut i strandsonen under nedtapping er relativt bra dersom det ikke har kommet mye nedbør i perioden før tappingen. Dersom grunnvannet er tilført vann fra plogsjiktet blir konsentrasjonene mye høyere, f.eks. opp til 0,2-0,5 mg løst tot-P pr. liter ifølge resultatene fra 2005.

6.2 Vurdering av alternative tiltak i 2007 og anbefalinger

Siden kraftige tappinger har vist seg å ikke gi noen virkning på vannkvaliteten verken i Vanemfjorden eller Mosseelva, anbefales det ikke å fortsette med denne tappestrategien.

Alternativet er da slik vi ser det enten å gå tilbake til inneværende manøvreringsreglement (fra 1983), eller å forsøke med en mindre, jevn vannføring ved Moss dam i løpet av sommeren. En slik jevn ”tapping” kan antas å gi følgende effekter:

- Lavere temperatur på vannet i Mosseelva pga tilførsel av vann fra Vanemfjorden, noe som kan gi mindre algevekst (microcystis har f.eks. maksimal voksehastighet ved ca 26-27 °C).
- Lavere pH, sannsynligvis også pga tilførsel av vann fra Vanemfjorden, og kanskje også pga mindre algevekst. Dette vil gjøre faren for utlekking av fosfor fra sedimentene i nedre Vansjø mindre (ved en pH på 10, som ble registrert i Mosseelva i sommer er det stor fare for utlekking av fosfor fra sedimentene).
- Bedre sirkulasjon, noe som dessverre kan gi økt algevekst, da algene foretrekker habitater med en viss sirkulasjon, men som også kan hindre at algematter blir liggende i overflata av det stillestående vannet.
- Tilførsel av nitratrikt vann fra Storefjorden til Vanemfjorden, noe som kan forlenge levetiden til microcystis i Vanemfjorden. Ved at det tappes kun en lav vannføring antas det at denne effekten blir størst i nærheten av Storefjorden (dvs ved Sundet), og at algene bruker opp nitrattet før det når videre inn i Vanemfjorden. Dette er imidlertid usikkert.

Hovedbegrunnelsen for det nåværende reglementet er at det er en fordel med størst mulig vannmasse i innsjøen for å fortynne næringsstoff og alger. Denne ”fortynningstanken” er kanskje mer tilpasset en

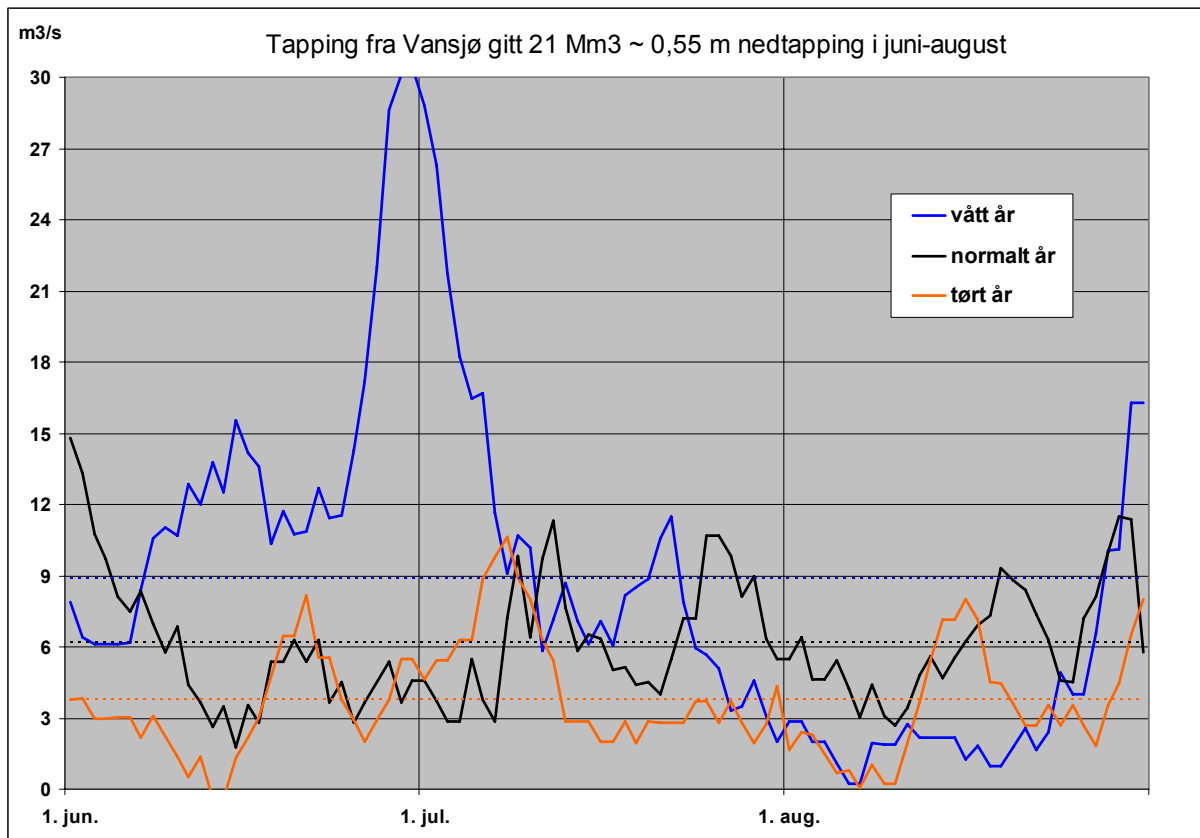
innsjø enn Mosseelva, som med dagens reglement blir en serie av små, stillestående bassenger med økende temperatur og pH utover sommeren. En gjennomstrømning av vannet i denne delen av Vansjø antas derfor å være en fordel. Utviklingen i enkelte av parametrene kan nå måles kontinuerlig ved å benytte en automatisk sensor, slik som i 2006-forsøkene.

6.3 Mulig tappeforløp

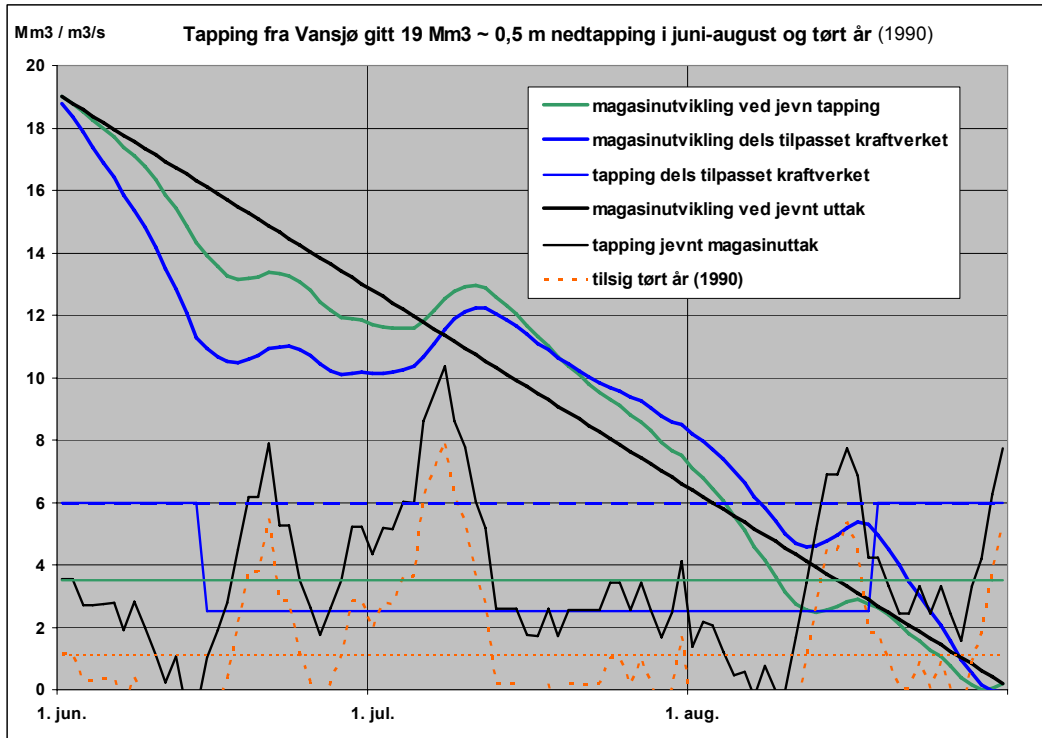
En mulig manøvrering i løpet av sommeren kan skisseres som følger:

Hvis det tas utgangspunkt i 0,55 m nedtapping (f.eks. fra 2,70 til 2,15 m, noe som tilsvarer et volum på ca. 21 Mm³) i løpet av juni, juli og august, vil dette utgjøre en gjennomsnittsvannføring ved Moss dam på 2,7 m³/s. Dette er utenom det tilsiget som kommer fra elver og bekker. Avhengig av hvor mye nedbør som kommer i løpet av sommeren vil gjennomsnittsvannføring ut av Vansjø kunne spenne fra 3,8 m³/s i et tørt år, 6,2 m³/s i et normalt år, og 8,2 m³/s i et typisk vått år. Figur 42 illustrerer forholdene under tre år med ulik nedbørmengde mens figur 43 illustrerer mulige tappeforløp i et tørrår.

For at kraftverket skal kunne opereres, bør det gå over 4-5 m³/s. I tørrår bør det derfor vurderes fortløpende om det skal opprettholdes en jevn vannføring eller om man i perioder kan magasinere opp større mengder vann slik at kraftverket kan kjøres. Dette må igjen sees i sammenheng med andre brukerinteresser i området, inkludert oppgang av ål om våren, landbruksinteresser, båtinteresser, samt faren for å tappe innsjøen for lavt ned i et varmt år, noe som *kan* gi økt risiko for økt algevekst.



Figur 42. Tre tentative tappekurver (m³/s) for et vått, et normalt og et tørt år.



Figur 43. Tre tentative kurver for volumendring ved ulike typer tappinger ved et tørt år (1990). Sort kurve viser hvordan tappesforløpet må være for å få en jevn minkning i magasinvolümet. Grønn kurve viser hvordan magasinet endres ved at det tappes jevnt ved Moss, mens blå kurve viser magasinendring ved en tapping som delvis er tilpasset kraftverket.

7. Referanser

Lyche Solheim, A., Stålnacke, P.G., Beckmann, M., Brabrand, Å., Bjørndalen, K., Beldring, S., Andersen, T., Søndergaard, M., Annadotter, H. 2004. Restaurering av Vanemfjorden. Rapport fra workshop i juni 2004. NIVA-Rapport 4894-2004. 33 s.

Lyche Solheim, A., Vagstad, N. Kraft, P., Løvstad, Ø. Skoglund, S., Turtumøygard, S. og Selvik, J.R. 2001. Tiltaksanalyse for Morsa (Vansjø-Hobøl-vassdraget) – Sluttrapport. NIVA-rapport 4377-2001. 104 s.

Skarbøvik, E., Andersen, T., Pettersson, L.-E., Eggestad, H.O., Brabrand, Å. 2005 Kan vannkvaliteten i Vansjø bli bedre ved å endre manøvreringsreglementet? Teoretisk utredning og forslag til program for praktisk uttesting. NIVA-Rapport 4951-2005. 32 sider.

Skarbøvik, E., Eggestad, H.O., Bjørndalen, K., Fjelstad, K. og Tingvold, J.K. 2006. Utprøving av endret manøvrerings-reglement i Vansjø. Resultater fra første forsøksperiode, sommer/høst 2005. NIVA-Rapport 5141-2006, 55 s.

Stålnacke, P.G., Lyche Solheim A. og Bechmann, M. 2005. Utvikling av vannkvaliteten i Vansjø og Hobølelva. En foreløpig analyse av tidsserier. NIVA Rapport 4937-2005. 30 s.