



RAPPORT LNR 5143-2006

**U**treddninger Vansjø 2005

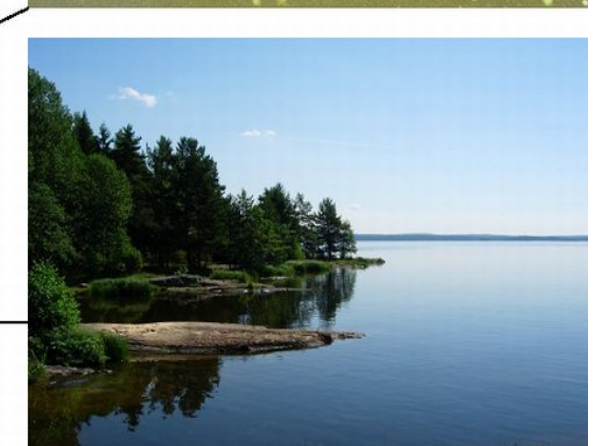
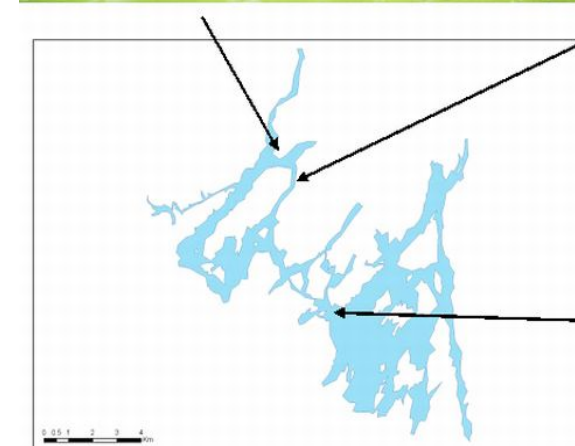


Kartlegging av vannkvaliteten



**B**iologisk  
**I**nstitutt og  
**L**FI

Delrapport 1



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

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

**Midt-Norge**

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

Tittel Utredninger Vansjø – Kartlegging av vannkvaliteten i 2005	Løpenr. (for bestilling) 5143-2006	Dato 27.01.2006
	Prosjektnr. Undemr. O-25207	Sider Pris 58
Forfatter(e) Knut Bjørndalen, Tom Andersen, Stig A. Borgvang, Anders Hobæk, Berit Kaasa, Thomas Rohrlack, Birger Skjelbred	Fagområde Eutrofi	Distribusjon Åpen
	Ferskvann	Trykket NIVA
	Geografisk område Østfold	

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn og Vannområdeutvalget Morsa	Oppdragsreferanse Helga Gunnarsdottir
---	--

**Sammenheng**

Vannområdeutvalget Morsa fikk i 2005 økonomisk støtte fra MD/SFT til å gjennomføre utredninger i Vansjø i 2005. Hovedmålsetningen var å få økt kunnskap om innsjøen og prosesser knyttet til omsetningen av næringsstoffer, som grunnlag for planlegging av videre hensiktsmessige tiltak. Denne delrapporten omhandler kartlegging av vannkvaliteten. Overvåkingen pågikk i perioden fra den 18.april til den 10.oktober 2005. Resultatene viser at mens vannkvaliteten i Storefjorden har blitt bedre de siste 5 årene, er en tilsvarende utvikling ikke synlig i Vanemfjorden. Det ble i Vanemfjorden og Grepperød påvist svært store algemengder også i 2005. Mens det var blågrønnalgene som dominerte planteplanktonsamfunnet i Vanemfjorden dominerte problemalgen *Gonyostomum semen* i Grepperødfjorden. I Storefjorden ble algegiften microcystin ikke påvist høyere enn 1 µg/l som er grensen for microcystinkonsentrasjonen i rentvann. Det ble ikke påvist microcystin i rentvannet fra Vansjø vannverk. I Vanemfjorden ble det påvist en konsentrasjon av microcystin opp mot 10 µg/l dvs. opp mot grensen for badevannskvalitet (på 10 µg/l). NIVA anbefalte i denne situasjonen de lokale helsemyndighetene å fraråde befolkningen å bade i denne delen av Vansjø. I juli ble 29 stasjoner i Vansjø besøkt i løpet av samme dag. De to hovedbassengene Storefjorden og Vanemfjorden framstår hver for seg som relativt homogene men tydelig forskjellige fra hverandre med hensyn på alle parametere.

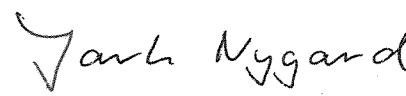
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overvåking</li> <li>2. Overgjødsling</li> <li>3. Algeoppblomstringer</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Monitoring</li> <li>2. Eutrophication</li> <li>3. Alga blooms</li> </ol>
--	---

  
Knut Bjørndalen

Prosjektleder

  
Stig A. Borgvang

Forskningsleder

  
Jarle Nygard

Fag- og markedsdirektør



# **Utredninger Vansjø 2005**

**Kartlegging av vannkvaliteten**



## Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra prosjektet *Utredninger Vansjø 2005*. Prosjektet ble igangsatt da Vannområdeutvalget Morsa i 2005 fikk økonomisk støtte fra Miljøverndepartementet (MD)/ Statens forurensningstilsyn (SFT) til å gjennomføre utredninger med det hovedmål å få økt kunnskap om innsjøen og prosesser knyttet til næringsstoffer som grunnlag for planlegging av videre hensiktsmessige tiltak.

Utredninger Vansjø ble etter en avsluttet anbudskonkurranse gjennomført av et konsortium bestående av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Universitet i Oslo (v. Biologisk Institutt og Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske (LFI)) og Jordforsk. NIVA har hatt prosjektledelsen og har vært ansvarlig overfor oppdragsgiver. NIVA har også hatt det overordnede ansvaret for kvalitetssikringen av prosjektet og dets leveranser. NIVA har samarbeidet med International Research Institute of Stavanger (IRIS) om arbeidsoppgaver som var av felles interesse for både Vansjø og Jærvassdragene.

Utredninger Vansjø har bestått av følgende delprosjekter med følgende hovedansvarlige:

- Kartlegging av variasjon av tilstand i Vansjø *Hovedansv. Knut Bjørndalen, NIVA*
- Undersøke mulig intern gjødsling i Vestre Vansjø *Hovedansv. Tom Andersen, UIO, med Åge Brabrand, UiO, som faglig ansvarlig for fiskens betydning*
- Utrede naturtilstanden i Vansjø ved sedimentundersøkelser *Hovedansv. Anne Lyche Solheim; NIVA*
- Forbedre tilførselsberegninger *Hovedansv. Johannes Deelstra, Jordforsk*
- Beregne tålegrenser vha hydrologisk/økologisk modellering. *Hovedansv. Tuomo Saloranta, NIVA*

I tillegg til hovedfinansieringen via MD/SFT har prosjektet blitt samordnet med og støttet av andre forskningsprogrammer for å øke kunnskapsutbyttet. Dette gjelder EU-programmene REBECCA, EUROHARP samt Intereg IIIB-programmet NOLIMP.

Prosjektet er samordnet med vannkvalitetsovervåkingen i regi av Fylkesmannen i Østfold. Prosjektet har også benyttet resultater fra Grimstadbukta som er finansiert av MOVAR IKS og fra prosjektet *Lokale fosfortilførsler til Vestre Vansjø* i regi av Jordforsk, finansiert av kommunene Moss, Rygge og Våler.

Prosjektleder for konsortiet har vært Knut Bjørndalen, NIVA, mens prosjektets kvalitetssikrer har vært Stig Borgvang, NIVA. Oppdragsgivers kontaktperson har vært daglig leder Helga Gunnarsdottir, Vannområdeutvalget Morsa.

Konsortiet vil takke Helga Gunnarsdottir som en aktiv og konstruktiv medspiller gjennom hele prosjekt- perioden. Konsortiet vil i tillegg takke leder av Vannområdeutvalget Morsa Kjell Løkke for reflekterende innspill og nyttige diskusjoner. Konsortiet vil også få takke representantene fra Morkommunene, Vansjø grunneierlag, fylkesmennene og fylkeskommunene i Akershus og Østfold for nyttige innspill på arbeidsseminaret på Kjærnes den 9. og 10. januar 2006. Konsortiet vil til slutt takke MOVAR IKS for samarbeidet under feltarbeidet.

NIVA, den 30. januar 2006



Knut Bjørndalen  
prosjektleder



# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
<b>2. Beskrivelse av undersøkelsesprogrammet</b>	<b>11</b>
2.1 Tidsvariasjon	11
2.2 Romlig variasjon	12
<b>3. Vansjøs nedbørfeltet</b>	<b>13</b>
3.1 Innsjøen Vansjø	14
3.2 Brukerinteresser	15
<b>4. Meteorologi, vannføring og vannstand</b>	<b>16</b>
<b>5. Resultater fysiske-kjemiske forhold</b>	<b>19</b>
5.1 Temperatur og oksygenforhold	19
5.2 Siktedyp	21
5.3 Suspendert stoff/Gløderest	23
5.4 Vannets farge	25
5.5 Totalt organisk karbon (TOC)	27
5.6 Fosfor	29
5.7 Nitrogen	33
5.8 Reaktivt silikat	36
<b>6. Resultater biologiske forhold</b>	<b>38</b>
6.1 Planteplankton	38
6.2 Microcystin	42
6.3 Klorofyll-a	44
6.4 Måling av klorofyll-a in situ med fluoroprobe	46
6.5 Dyreplankton	49
<b>7. Typifisering og klassifisering av Vansjø</b>	<b>53</b>
<b>8. Situasjonen i 2005 sammenlignet med tidligere år</b>	<b>54</b>
<b>9. Effektivitet og utsagnskraft i overvåkingsprogrammet</b>	<b>55</b>
<b>10. Romlig varibilitet i Vansjø</b>	<b>57</b>
<b>Vedlegg A. Metodikk</b>	<b>61</b>
<b>Vedlegg B. Referanser</b>	<b>62</b>





# Sammendrag

## Innledning

Vannområdeutvalget Morsa fikk i 2005 økonomisk støtte fra MD/SFT til å gjennomføre utredninger i Vansjø i 2005 mht. tilstandsvariasjoner, interngjødsling, naturtilstand, forbedring av tilførselsberegninger, samt beregning av fosforbudsjett og tålegrenser. Hovedmålsetningen var å få økt kunnskap om innsjøen og prosesser knyttet til omsetningen av næringsstoffer, som grunnlag for planlegging av videre hensiktsmessige tiltak. Denne delrapporten omhandler kartlegging av vannkvaliteten i 2005.

## Nedbørfeltet og selve innsjøen

Vansjø-Hobølvassdraget er et næringsrikt lavlandsvassdrag og størstedelen av nedbørfeltet ligger under den marine grense. Nedbørfeltet er på 690 km<sup>2</sup> og jordbruk drives på ca. 15% av arealene. Resten av arealene i nedbørfeltet er hovedsakelig skog. Det bor ca. 40.000 mennesker i nedbørfeltet.

Selve innsjøen er 36 km<sup>2</sup> og består av flere bassenger som er skilt fra hverandre av trange sund og grunne terskler. Vansjø blir ofte delt inn i 2 hovedbassenger; en østre del (Storefjorden) som er på 24 km<sup>2</sup> og den vestre delen (Vanemfjorden) som er på 12 km<sup>2</sup>. De største tilløpselvene munner ut i Storefjorden, mens utløpet er fra Vanemfjorden og ut via Mosseelva i Mossesundet (Oslofjorden).

## Brukerinteresser

Det er knyttet betydelige friluftinteresser til Vansjø. Vansjø er råvannskilde for ca. 60.000 mennesker i Mosseregionen (Vansjø vannverk). Vansjø vannverk har inntak i Storefjorden og er et fullrenseanlegg med aktivt kull som etterbehandling. Vansjø brukes i tillegg i stor grad til båtliv, kanopadling, bading og fiske. Innsjøen benyttes også til jordbruksvanning og som resipient for avløpsvann og avrenning fra jordbruk. Det er betydelige brukerkonflikter mellom de interessene som er avhengig av tilfredsstillende vannkvalitet og de som benytter Vansjø som resipient.

## Resultater tidsmessig variasjon

Overvåkingen pågikk i perioden fra den 18. april til den 10. oktober 2005. Det ble innhentet vannprøver 1 gang pr uke i denne perioden fra Storefjorden og Vanemfjorden, samt hver annen uke fra Grepperødfjorden. I Storefjorden og Vanemfjorden ble det hver uke målt temperatur og siktedyp, og det ble analysert på nøkkelparameterne totalfosfor, klorofyll-a, planteplankton og algetoksiner, mens det hver 2. uke ble analysert på hele det øvrige analysespekteret inkl. dyreplankton.

Vansjø er om sommeren i varierende grad sjiktet avhengig av temperatur- og vindforhold. Som følge av et stabilt høytrykk fra og med midten av juni 2005 fikk vi i denne perioden utviklet en temperatursjiktning i Vansjø. Dette medførte en reduksjon i oksygenkonsentrasjon i bunnvannet, særlig i Vanemfjorden der det ble påvist oksygenverdier under 0,2 mg/l. Under så lave konsentrasjoner kan det skje en frigivelse av fosfat fra sedimentene, men vannvolumet på dette dypet er så lite at det ikke får noen større betydning for vannmassenes totale fosforinnhold.

Tilført leirmateriale på våren påvirket de partikkel-relaterte parameterene som siktedyp, suspendert stoff og partikulært fosfor. Dette gjaldt spesielt i Storefjorden der alle de større tilløpselvene renner ut. På sommeren var disse parameterene i større grad påvirket av algemengden og de høyeste verdiene ble derfor påvist i Vanemfjorden og i Grepperødfjorden.

Totalt organisk karbon og vannets farge viser at Vansjø er humøs, spesielt gjelder dette Grepperødfjorden der det er store myrområder i det lokale nedbørfeltet.

Måling av pH *in-situ* viste at det var forhøyede verdier (pH=9.6) i Vanemfjorden i perioder med stor algeproduksjon. Dette kan medføre frigivelse av fosfat fra sedimentene (jmf. delprosjekt om interngjødsling)

Det ble påvist til dels svært høye algemengder i Vanemfjorden (opptil 3,9 mg våtvekt/l) og Grepperødfjorden (opptil 8,5 mg våtvekt/l). I Vanemfjorden var algene dominert (62%) av blågrønnalgene *Microcystis* og *Anabaena*, mens algesamfunnet i Grepperødfjorden var dominert (58%) av algen *Gonyostomum semen*. I Storefjorden var planktonsamfunnet dominert av kiselalger og cryptomonader.

I Storefjorden ble algegiften microcystin ikke påvist høyere enn 1 µg/l. Det ble heller ikke påvist microcystin i rentvannet fra Vansjø vannverk. I Vanemfjorden ble det påvist en konsentrasjon av microcystin opp mot 10 µg/l dvs. opp mot grensen for badevannskvalitet. NIVA anbefalte i denne situasjonen de lokale helsmyndighetene å fraråde befolkningen å bade i denne delen av Vansjø.

Det ble registrert stor forskjell i mengde dyreplankton mellom bassengene. Tettheten lå vesentlig høyere i Grepperødfjorden enn i Storefjorden og Vanemfjorden. I Storefjorden lå tettheten jevnt lavt, mens i Vanemfjorden og Grepperødfjorden var tettheten markert høyest om våren.

Ved å sammenligne konsentrasjonene av totalfosfor og klorofyll-a fra 2005 med resultatene fra de siste 5 år, viser dette at mens vannkvaliteten i Storefjorden har blitt bedre, er en tilsvarende utvikling ikke synlig i Vanemfjorden

### **Resultater romlig variasjon**

I juli ble 29 stasjoner i Vansjø besøkt i løpet av samme dag. Stasjonene ble valgt ut slik at alle fjordarmer og delbassenger av innsjøsystemet var inkludert, men det ble ikke gjort noe forsøk på å la alle stasjonene representere like arealer av innsjøen.

De forskjellige parametrene viser innbyrdes sammenhenger som forventet: Siktedyp avtar med økende turbiditet, total fosfor og klorofyll, mens disse parametrene har sterk positiv innbyrdes samvariasjon. Klorofyll målt på ekstrakter fra filter og ved *in vivo* fluorescens er sterkt korrelert, men de fluorescensbaserte verdiene er gjennomgående lavere. De to hovedbassengene Storefjorden og Vanemfjorden framstår som relativt homogene og tydelig forskjellige med hensyn på alle parametre. pH øker med klorofyllinnholdet slik at de høyeste verdiene (opp til 9,5) ble målt i Vanemfjorden. Grepperødfjorden atskiller seg fra de to hovedbassengene ved at det er høyere siktedyp og lavere pH i forhold til klorofyllinnholdet, noe som forklares av annen algesammensetning (dominans av *Gonyostomum*) og høyere humusinnhold enn i hovedbassengene.

Vurdering av hovedstasjonenes representativitet viser at ingen av hovedstasjonene framstår som avvikende i forhold til resten av bassenget. De hovedstasjonene som har vært brukt i overvåkingen er rimelig representative, og at en derfor av hensyn til kontinuiteten i dataseriene bør fortsette å bruke disse stasjonene.

### **Fiskens betydning**

Fiskens resirkulering av fosfor gjennom konsum av sediment er en del av de mekanismer som går under samlebegrepet interngjødsling fra sediment. Her inngår tilbakeføring av fosfor som skyldes effekt av vind, pH, oksygenvinn, bunndyr, og også fisk.

Det er gitt en beregning av fosforbidrag fra fisk i Vestre Vansjø. Beregning av fiskens bidrag er basert på:

- Beregning av total fiskebiomasse i ulike størrelsesgrupper av mort og arter tilhørende "brasmegruppen" (brasme, flire, hybrider mort/brasme) basert på garnfangster og kvantitativ hydroakustikk i Vestre Vansjø 2005, se Bjerkeng *et al.* 1991.
- Analyse av fiskens næringsvalg i Vestre Vansjø i august 2005.
- Fosfor ekskresjonsrater som funksjon av fiskens størrelse basert på litteraturverdier, se Brabrand *et al.* 1990.
- Korreksjon for de temperaturer som er målt i Vestre Vansjø 2005.

### Dybdefordeling, arter og biomasse

Det ble beregnet en tetthet på 7 400 fisk ha<sup>-1</sup> i områder av Vanemfjorden som i dybdesjiktet 2-8 m i august 2005. Basert på garnfangster var 37 % av dette mort og 38 % tilhørende "brasmegruppen". Dette ga en biomasse på 70 kg ha<sup>-1</sup> mort og 117 kg ha<sup>-1</sup> av "brasmegruppen" (korrigert til dybdesjiktet 2-9 m under vannoverflaten) for alle lengdegrupper, Biomassen av fisk større enn ca 10 cm er beregnet å være henholdsvis 66 kg mort og 107 kg i "brasmegruppen", og det er disse beregningene som er lagt til grunn for P fra fisk.

En beregnet biomasse i Vestre Vansjø av mort på 70 kg ha<sup>-1</sup> og av arter i "brasmegruppen" på 117 kg ha<sup>-1</sup> gir et samlet estimat på 187 kg ha<sup>-1</sup> karpefisk for dybdesjiktet 2-8 m. Dette må betegnes som rimelig ut fra forventningen basert på total artssammensetning og områdets eutrofe tilstand.

For både brasme og mort større enn ca 10 cm ble det konsumert betydelig mengder av typiske sedimentert materiale, vekselvis av både sand/mudder og preg av leire med mer eller mindre dødt organisk materiale (detritus). Det totalt dominerende næringsdyr var larver av fjærmygg. Disse er nedgravd i substratet, og vil følge med når fisker suger i seg bunnmaterialet mer eller mindre selektivt. For de grupper av fisk som er undersøkt utgjør sedimenter og detritus en andel på 80 %. Det er helt tydelig at næringsopptaket skjer ved et lite selektivt næringsøk ved opptak av bunnmateriale. For individer mindre enn ca 10 cm ble det konsumert hovedsakelig zooplankton, men enkelte også betydelige mengder påvekstlger.

Ved beregninger for Vansjø er det benyttet månedlig målt temperatur for epilimnion i Vanemfjorden for 2005 (mai = 13 °C, juni = 15 °C, juli = 19 °C, august = 18 °C, september = 10 °C, oktober = 5 °C). Basert på artssammensetningen på garnfangstene er det forutsatt at 74 % av fiskebiomassen beregnet ved hydroakustikk er karpefisk, og fosforekskresjon er basert på denne andelen karpefisk av totalt antall fisk. Av karpefisk vil mort, brasme og flire være typiske sedimentpisere. Disse artene utgjør den helt overveiende delen av biomassen karpefisk. Suter (nyetablert), laue og sørv consumerer også ikke-animalsk næring, men disse artene er mer utpregete detritus- og plantespisere. Med sin karakteristiske munnutforming er det også lite sannsynlig at sørv er en typisk sedimentpisere i nærvær av mort, brasme og flire. Sørv er derfor ikke inkludert i brasmegruppen i denne sammenheng. Suter har liten bestand, og inngikk ikke i fangstene i august 2005. En økning i denne artens forekomst i fremtiden kan ikke utelukkes, og vil med stor sannsynlighet tilhøre samme funksjonelle gruppe som "brasmegruppen".

Den fiskebiomassen som consumerer sedimenter bidrar med et internbidrag av P som skyldes ekskresjon. Den maksimale mengden ble beregnet til 0,68 og 0,6 mg m<sup>-2</sup> døgn<sup>-1</sup> i henholdsvis juli og august, noe som tilsvarer 0,20 kg SRP ha<sup>-1</sup> mnd<sup>-1</sup> i juli og august 0,18 kg SRP ha<sup>-1</sup> mnd<sup>-1</sup> i august.

Dette estimatet er basert på at ekkogrammene er representative, at garnfangster gir et korrekt bilde av artssammensetningen og at ekskresjon av fosfor fra fisk i Vestre Vansjø er den samme som i Gjersjøen for mort og brasme, og for sedimentpisende karpe (Lamarra 1975).

Når det gjelder ekskresjonsrater må det antas at disse er avhengig av P-innholdet i det som consumeres. Det er i 2005 funnet lavt innhold av fosfor i sedimenter over store områder i Vestre Vansjø (se kapittel: Sedimentenes betydning), og det er konkludert med at lekkasjen av fosfor fra sedimenter fra disse områdene er lavt. Dette resulterer i at det sannsynligvis er lavere ekskresjonsrater av fosfor fra fisk i Vansjø enn fra Gjersjøen, og at tilbakeføring av fosfor fra fisk som er beregnet for

Vestre Vansjø derved er for høyt, i beste fall maksimalverdier. Videre er det sannsynlig at det fosforet som fisk bringer opp i vannmassene er det samme fosforet som andre internkilder bidrar med, og at fiskens bidrag derved ikke kan betraktes som nytt fosfor som ellers ville vært unntatt resirkulasjon.

# 1. Innledning

Vannområdeutvalget Morsa fikk i 2005 økonomisk støtte fra MD/SFT til å gjennomføre utredninger i Vansjø i 2005 mht. tilstandsvariasjoner, interngjødsling, naturtilstand, forbedring av tilførselsberegninger, beregning av fosforbudsjett og tålegrenser. Målsetningen var å få økt kunnskap om innsjøen og prosesser knyttet til omsetningen av næringsstoffer, som grunnlag for planlegging av videre hensiktsmessige tiltak. Videre var det en målsetning at kunnskap en samler i prosjektgjennomføringen er av en slik karakter at den har størst mulig overføringsverdi til andre vassdrag.

Miljøtilstanden i Vansjø har ikke vist signifikant bedring i de senere år til tross for gjennomføring av betydelige tiltak for å begrense fosfortilførsler fra nedbørfeltet. Særlig i Vanemfjorden har store oppblomstringer av toksiske blågrønnalger de senere år medført betydelige brukerkonflikter. Det har blitt hevdet at en mulig årsak til den manglende responsen på de tiltakene som er gjennomført innen landbruk og på kloakksektoren er intern utlekking av fosfor fra innsjøsedimentene. For å kunne vurdere dette, ble sedimentsammensetningen og mekanismene for fosforutlekking undersøket nærmere. I sammenheng med vurdering av interngjødslingen ble også innvirkningen av karpefisk og båttrafikk belyst og vurdert (jmf. delrapport 2, lnr 5144-2006).

Mangelen på uberørte lokaliteter av samme vanntype som Vansjø (moderat kalkrike, humøse innsjøer i lavlandet), gjør det vanskelig å fastsette hva som er naturgitte bakgrunnsnivåer for næringsstoffer i innsjøen. Slik kunnskap er viktig både for å fastsette realistiske miljømål og å vurdere tålegrenser og avlastningsbehov. Det vil også være avgjørende i relasjon til EUs rammedirektiv for vann, der avvik fra naturtilstanden blir viktig å fastsette. En mulig måte å belyse dette på, er å kartlegge innsjøens historiske utvikling gjennom analyse av sedimentkjerner. Dette ble gjort i årets prosjekt og er rapportert i delspørsmål delrapport 3 (lnr 5145-2006). I tillegg til å skaffe informasjon om den opprinnelige tilstanden i innsjøene, har det også stor interesse å belyse innsjøens historie som igjen avspeiler når utviklingen i landbruket og i bosetningen fikk betydning for tilstanden i vassdragene.

Det er også knyttet store usikkerheter til eksisterende estimater av næringstilførsler til innsjøen og dens ulike bassenger. Utredningene omfatter derfor også en deloppgave på forbedring av tilførselsberegninger og en nærmere vurdering av fosforbudsjettet for innsjøen, se delrapport 4 (lnr. 5146-2006).

For å kunne få bedre sikkerhet i tilstandsvurderingen av innsjøen ble det også prioritert å utrede innsjøens romlige og tidsmessige variasjon i en rekke nøkkelparametere for bedømmelse av tilstand. Det var derfor behov for gjennomføring av et intensivt prøvetakingsprogram i 2005, for å få kvantifisert denne variasjonen. De innsamlede data gir et bedre grunnlag for miljømålfastsettelsen og for design av et faglig forsvarlig overvåkingsprogram i tråd med kravene i EUs Rammedirektiv for vann.

Tålegrensen dvs. det kvantitative miljømålet som ble foreslått i tiltaksanalysen i 2001 var basert på en meget enkel modell uten usikkerhetsanslag. For å få et sikrere grunnlag for vurdering av tiltak ble derfor My Lake modellen tatt i bruk i 2005 for å fastsette innsjøens tålegrense.

Den foreliggende rapport omhandler kartlegging av tidsmessig og romlig variasjon av tilstanden i Vansjø 2005. De øvrige temene er rapportert i egne delrapporter.

## 2. Beskrivelse av undersøkelsesprogrammet

### 2.1 Tidsvariasjon

Beskrivelse av undersøkelsesprogrammet

#### Tidsrom og prøvetakingsfrekvens

Overvåkingen pågikk i perioden fra den 18.april til den 10.oktober 2005. Det ble innhentet vannprøver 1 gang pr uke i denne perioden fra Storefjorden og Vanemfjorden. Det ble innhentet vannprøver hver annen uke fra Grepperødfjorden. I Storefjorden og Vanemfjorden ble det hver uke målt temperatur og siktedyp, og det ble analysert på nøkkelparameterne totalfosfor, klorofyll-a, planteplankton og algetoksiner, mens det hver 2. uke analyseres det på hele det øvrige analysespekteret inkl. dyreplankton (se nedenfor).

#### Rapportering av felt- og analyseresultatene

Felt- og analyseresultatene ble fortløpende lagt ut på internett via NIVAs miljøovervåkingssystem AquaMonitor ([www.aquamonitor.no](http://www.aquamonitor.no))

#### Feltparametere (parametere som ble målt ukentlig er angitt med fete typer):

**Siktedyp**, lysmålinger, **temperaturprofil**, pH og oksygenprofil

**Klorofyllanalyser m/ Fluoroprobe** (kvantifisering av algeklasser ut fra pigmenter, herunder andel blågrønnalger)

#### Kjemiske analyser:

##### **Klorofyll-a**

**Total-P**, PO<sub>4</sub>, partikulært P og totalt løst P.

Total N og NO<sub>3</sub>

Suspendert materiale og gløderest (mål på totalt partikulært materiale og den uorganiske delen av dette)

Farge, TOC (mål på humus og totalt organisk materiale)

Totalt reaktivt silikat (et stoff som kiselalgene er avhengig av)

Kalsium og alkalitet (viktig for typefastsetting, samt er et mål på vannets bufferevne) (2 målinger)

#### Planteplankton:

Biovolum og artssammensetning ble talt hver annen uke.

#### Algetoksiner:

Microcystin ble analysert ukentlig fra og med begynnelsen av juni dvs. I perioden med blågrønnalgeoppblomstring.

#### Dyreplankton

Dyreplankton ble bestemt kvantitativt hver 2. uke. Prøvene ble tatt med en Limnos-henter nedover i vannsøylen. Det ble også tatt håvtrekk (250 µ) for å få tilstrekkelig materiale til lengdemålinger av større krepsdyr (grunnlag for biomasseberegninger). Artssammensetning og biomasse av dyreplankton gir informasjon om beitepresset på algene, samt graden av fiskepredasjon, og er viktig for å få informasjon om strukturen på næringsnettet i Vansjø og om innsjøens selvrensingsevne. Innsamling av *Mysis relicta* (pungreke) ble gjort samtidig ved håvtrekking. Det er viktig å få informasjon om dyreplankton før det settes igang evt. utfiskingstiltak. Dyreplankton er ikke undersøkt i Vansjø siden 1980 (Bjørndalen og Warendorph 1982).

## **Grepperødfjorden**

I henhold til tidligere undersøkelser er det dokumentert at både vannkvaliteten og planteplanktonsamfunnet i Grepperødfjorden er forskjellig fra de øvrige delene av Vansjø. Det ble derfor tatt vannprøver i Grepperødfjorden hver 14. dag, for en vurdering Vannkvalitet og biologiske parametre.

Det ble analysert på de samme biologiske parametrene som på st I (Storefjorden) og st.II (Vanemfjorden), samt feltmålinger som angitt ovenfor, mens kjemiske parametere ble begrenset til Tot-P, partikulært-P, orto-P, klorofyll a, TOC og farge.

## **2.2 Romlig variasjon**

### Beskrivelse av undersøkelseopplegget

Kartleggingen av romlig variasjon ble gjennomført den 14. juli da det ble tatt vannprøver fra 30 stasjoner. Det ble også gjennomført en regional undersøkelse den 9. august der det ble målt temperatur, siktedyp og oksygen, samt fosfat i bunnvannet.

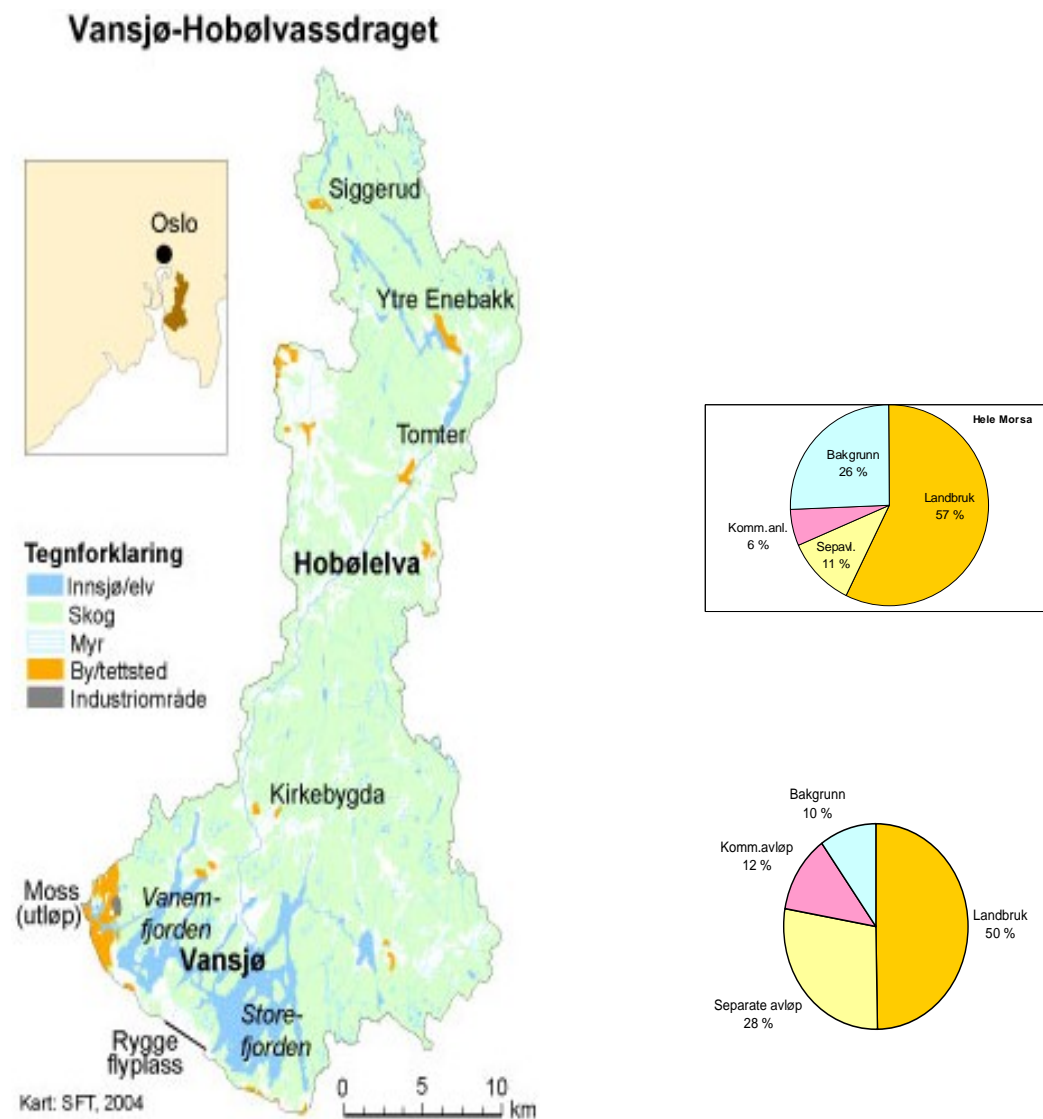
I feltperioden medio april – medio oktober var det ingen flomvannføring i tilløpselvene. Den regionale undersøkelsen som skulle omfatte flomperioden er derfor utsatt til våren 2006.

Ved den horisontale undersøkelsen i juli ble det målt temperaturprofil, pH, turbiditet, totalfosfor, partikulært fosfor, suspendert stoff og gløderest. Ved undersøkelsen i august ble det i tillegg målt oksygenprofiler og algesammensetning (algeklasser, herunder blågrønnalger) ved bruk av sonde (Fluoroprobe), samt microcystin.



### 3. Vansjøs nedbørfeltet

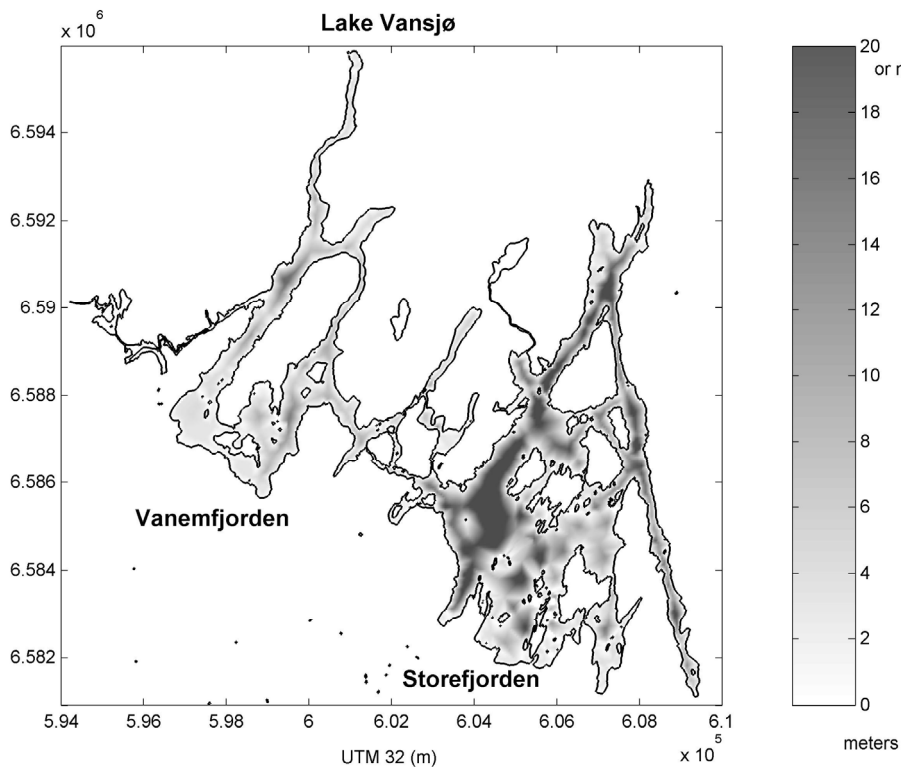
Vansjø-Hobølvassdraget er et næringsrikt lavlandsvassdrag og størstedelen av nedbørfeltet ligger under den marine grense. Nedbørfeltet er på 690km<sup>2</sup> og jordbruk drives på ca. 15% av arealene. Resten av arealene i nedbørfeltet er hovedsakelig skog (se figur 1). Det bor ca. 40.000 mennesker i nedbørfeltet.



**Figur 1.** Vansjøs nedbørfelt og fordeling av fosfortilførsler fra nedbørfeltet (øverst) og fordeling av biotilgjengelig fosfor (nederst). Tallene er fra Tiltaksanalysen for Morsa og er således beregnet før tiltakene i Morsa kom i gang. (Lyche-Solheim 2001)

### 3.1 Innsjøen Vansjø

Selve innsjøen er 36 km<sup>2</sup> og består av flere bassenger som er skilt fra hverandre av trange sund og grunne terskler (se figur 2). Vi deler ofte Vansjø inn i 2 hovedbassenger; en østre del (Storefjorden) som er på 24 km<sup>2</sup> og den vestre delen (Vanemfjorden) som er på 12 km<sup>2</sup>. De største tilløpselvene munner ut i Storefjorden, mens utløpet er fra Vanemfjorden via Mosseelva og ut i Mossesundet (Oslofjorden). Morfometriske data for innsjøen er vist i tabell 1.



**Figur 2.** Dybdekart over Vansjø

**Tabell 1.** Vansjø – Morfometriske data

Morfometri	Storefjorden	Vanemfjorden
Overflateareal (km <sup>2</sup> )	23,8	12
Middeldyp (m)	9,2	3,7
Største dyp (m)	41	17
Vannets teoretiske oppholdstid (år)	0,85	0,21

### 3.2 Brukerinteresser

Det er knyttet betydelige brukerinteresser til Vansjø. Vansjø er råvannskilde for ca.60.000 mennesker i Mosseregionen (Vansjø vannverk). Vansjø vannverk har inntak i Storefjorden og er et fullreanseanlegg med aktivt kull som etterbehandling.

Vansjø brukes i tillegg i stor grad til båtliv, kanopadling, bading og fiske (se figur 3). Innsjøen benyttes også til jordbruksvanning og som resipient for avløpsvann og mottar avrenning fra jordbruk. Det er betydelige brukerkonflikter mellom de interessene som er avhengig av tilfredsstillende vannkvalitet og de som benytter Vansjø som resipient.



**Figur 3.** Båtliv og kanopadling i Vansjø sommeren 2005 (Foto: Knut Bjørndalen)

## 4. Meteorologi, vannføring og vannstand

Meteorologiske data for Rygge er vist i figur 1. (Selve undersøkelsesperioden var fra medio april til medio oktober og det er denne perioden som er kommentert).

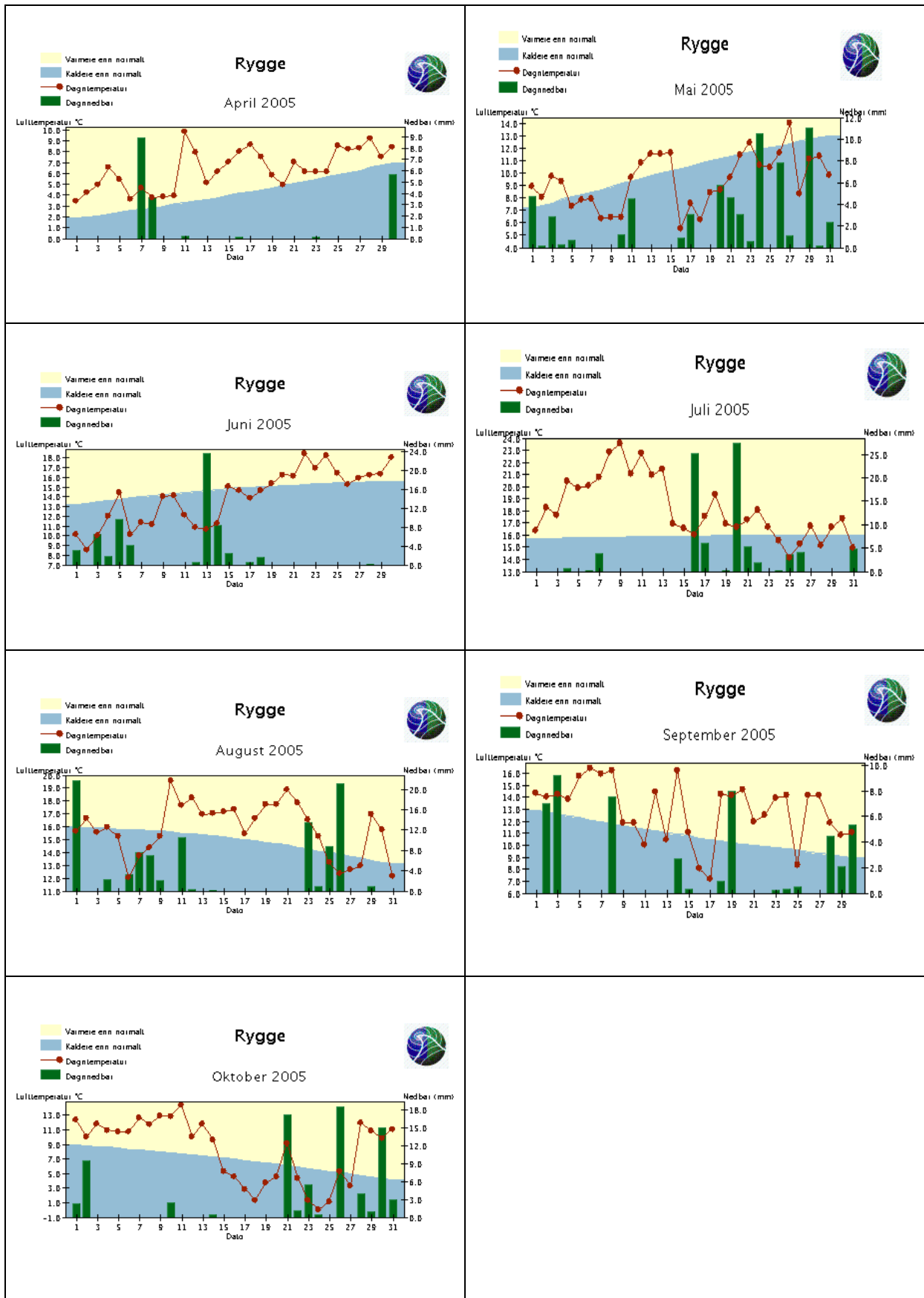
April måned hadde en månedstemperatur høyere enn normalt og en nedbørmengde på bare 43% av normalen. Dette medførte at en typisk ”vårflom” uteble. I mai og begynnelsen av juni var månedstemperaturen lavere enn normal med en nedbørmengde litt over normalen.

Fra midten av juni til midten av juli var det imidlertid en lang høytrykksperiode med stor solinnstråling, temperaturer over normalen og med lite nedbør. I denne perioden ble det dannet en markert temperatursjiktning i både Storefjorden og Vanemfjorden. Fra og med midten av juli ble det lavere temperaturer og mer nedbør.

I både august og september var månedstemperaturen over normalen. Nedbørmengden i august var litt over normalen, mens nedbøren i september var ca. halvparten av normalen. I første halvdel av oktober var temperaturen over normalt, og det var fortsatt lite nedbør. Dette medførte at det ikke ble registrert noen typisk høstflom i denne perioden.



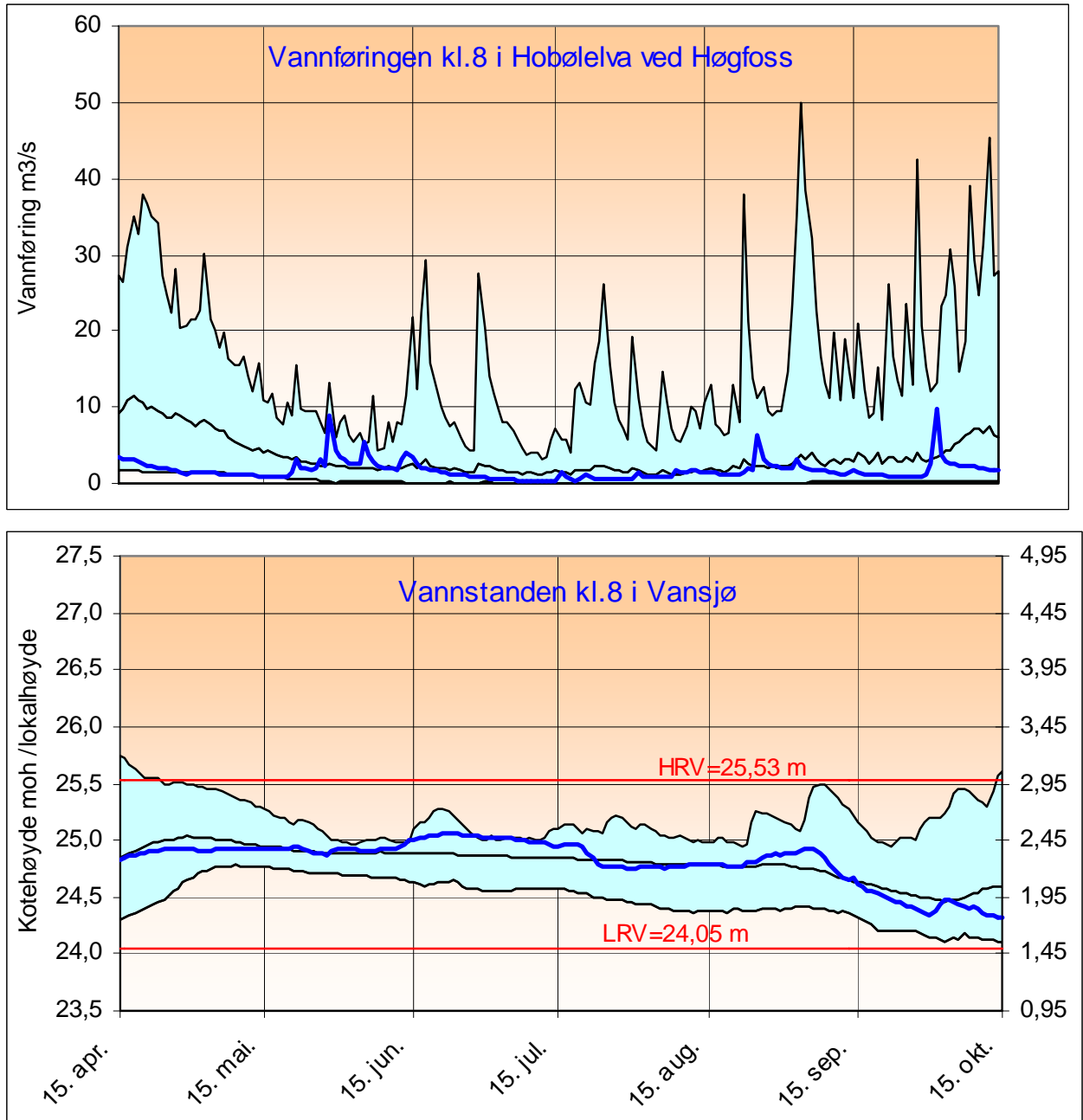
**Figur 4.** Hobølelva ved Kure (foto: Knut Bjørndalen)



Figur 5. Meteorologiske data fra Rygge kommune (kilde: Meteorologisk institutt, se <http://met.no>)

P.g.a. relativ lite nedbør i undersøkelsesperioden ble det generelt målt relativ lav vannføring i Høbølelva i denne perioden (jmf fig. 2a).

Vansjø er en regulert innsjø og ved lavt tilsig er vannstanden hovedsakelig styrt av manøvreringen av vannføringen i Mosseelva. I undersøkelsesperioden var vannføringen relativt lavt og følgelig var vannstanden i Vansjø hovedsakelig styrt av reguleringen av Mosseelva (jmf fig 2b).



**Figur 6.** Vannføring i Høbølelva v/Høgfoss og vannstand i Vansjø v/ Vanemfjorden nord. Blå kurve viser årets data. "Bakgrunnsteppet" er maksimum, middel og minimum for årrekken 1983-2004 (Kilde: Glommen og Laagens Brukseierforening, <http://www.glb.no>, se forøvrig <http://82.147.36.230/default/Public/MB/Mossevassdraget.htm> der oppdatert informasjon foreligger)

## 5. Resultater fysiske-kjemiske forhold

### 5.1 Temperatur og oksygenforhold

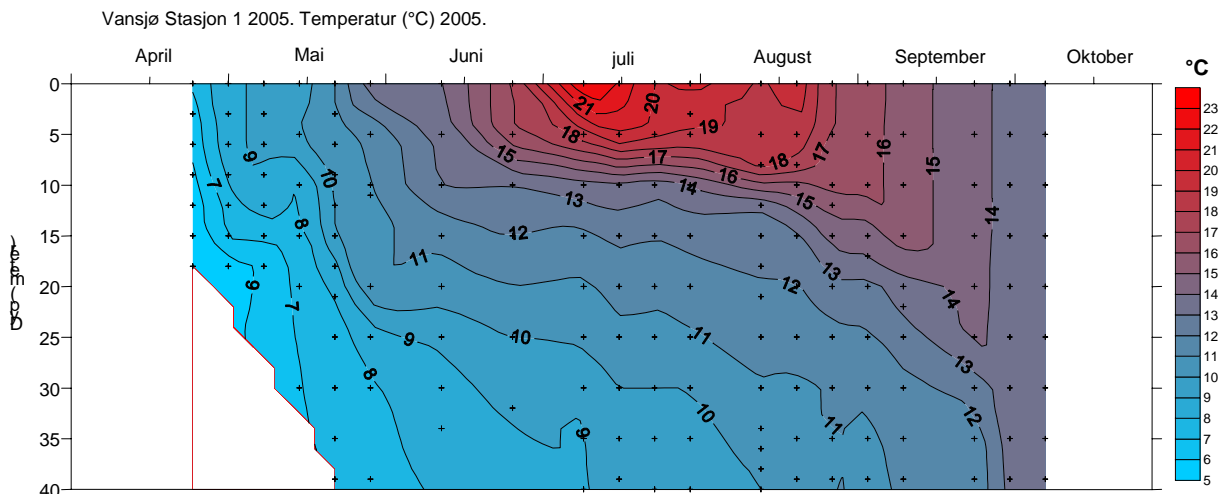
Temperaturforholdene er av overordnet betydning for mange av de fysiske-kjemiske prosesser som forekommer i vannmassene, og mellom vannmassene og sedimentene i en innsjø.

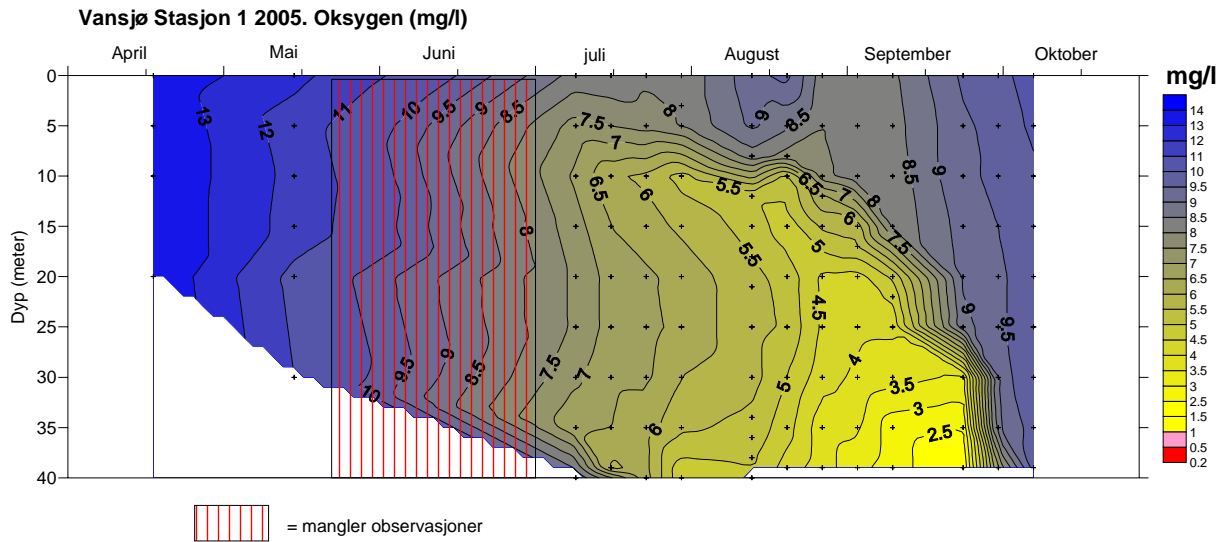
Temperaturforholdene vil i avgjørende grad være styrende for oksygenforholdene i Vansjø. Temperaturforholdene har også stor betydning for de biologiske forhold bl.a. mengde og sammensetning av planteplanktonet.

Vansjø er en vindpåvirket innsjø, og hvorvidt innsjøen danner en termisk sjiktning med varmt overflatevann og kaldere bunnvann om sommeren varierer fra år til år avhengig av vindforholdene. Spesielt gjelder dette Vanemfjorden som er relativt grunn.

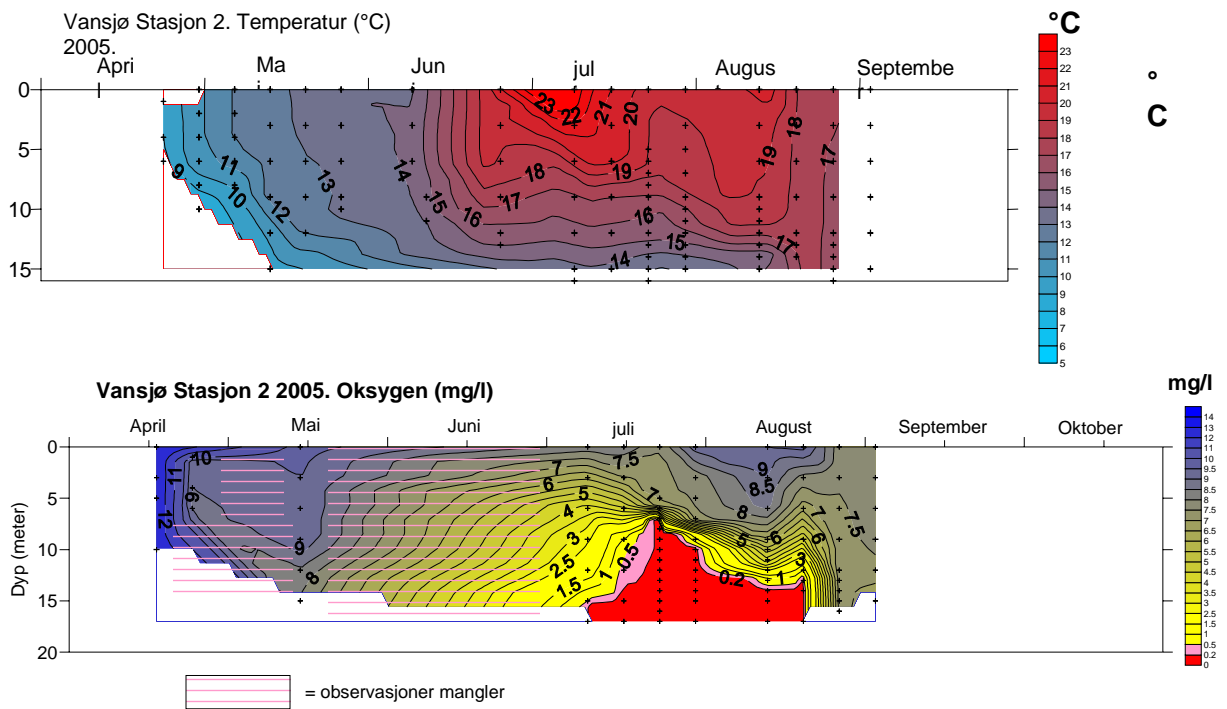
Som følge av et stabilt høytrykk fra midten av juni til midten av juli fikk vi i denne perioden utviklet en temperatursjiktning i Vansjø. Dette medførte en reduksjon i oksygenkonsentrasjonen mot bunnen da oksygenrikt overflatevann ikke ble blandet med vannmassene under sprangsjiktet. Det ble påvist oksygenverdier ned mot 2,5 mg/l i Storefjordens bunnvann (se figur 7), mens det i Vanemfjordens bunnvann ble påvist oksygenverdier under 0,2 mg/l (se figur 8). Den markerte lavere oksygenkonsentrasjonen i Vanemfjorden skyldes et høyere oksygenforbruk som følge av større planktonmengde og dermed en større oksygenforbruk under nedbryting av organisk materiale. Når oksygenmengden reduseres til under 0,5 mg/l kan det igangsettes prosesser med for eksempel frigivelse av fosfat fra sedimentene som resultat

I Vansjø er det bare i svært små vannvolumer vi påviser et slikt oksygenvinn, og dette har derfor minimal betydning for frigivelse av fosfor til vannmassene





**Figur 7.** Temperatur- og oksygenforhold i Storefjorden



**Figur 8.** Temperatur- og oksygenforhold i Vanemfjorden



## 5.2 Siktedyp

Siktedypet måles ved at en senker ned en hvit skive (Secchiskive) i vannet. Siktedyper er det dyp der en ikke lenger ser skiva eller der hvor skiva sees igjen når den trekkes opp igjen.. Siktedypet er avhengig av partikkelinnholdet i vannet (leirpartikler og alger) og humusinnhold (vannets farge, se også 3.4).

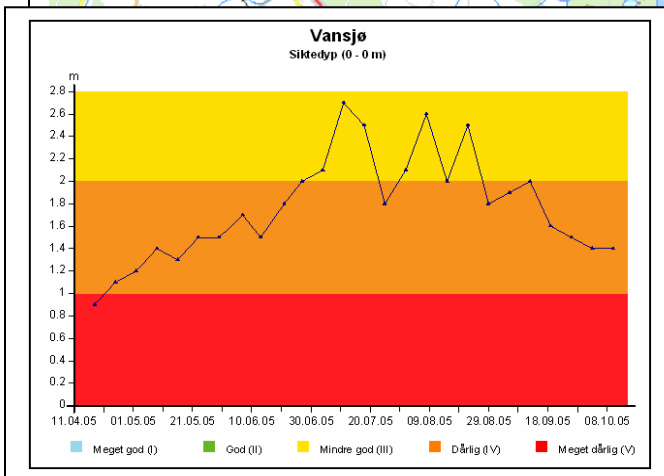
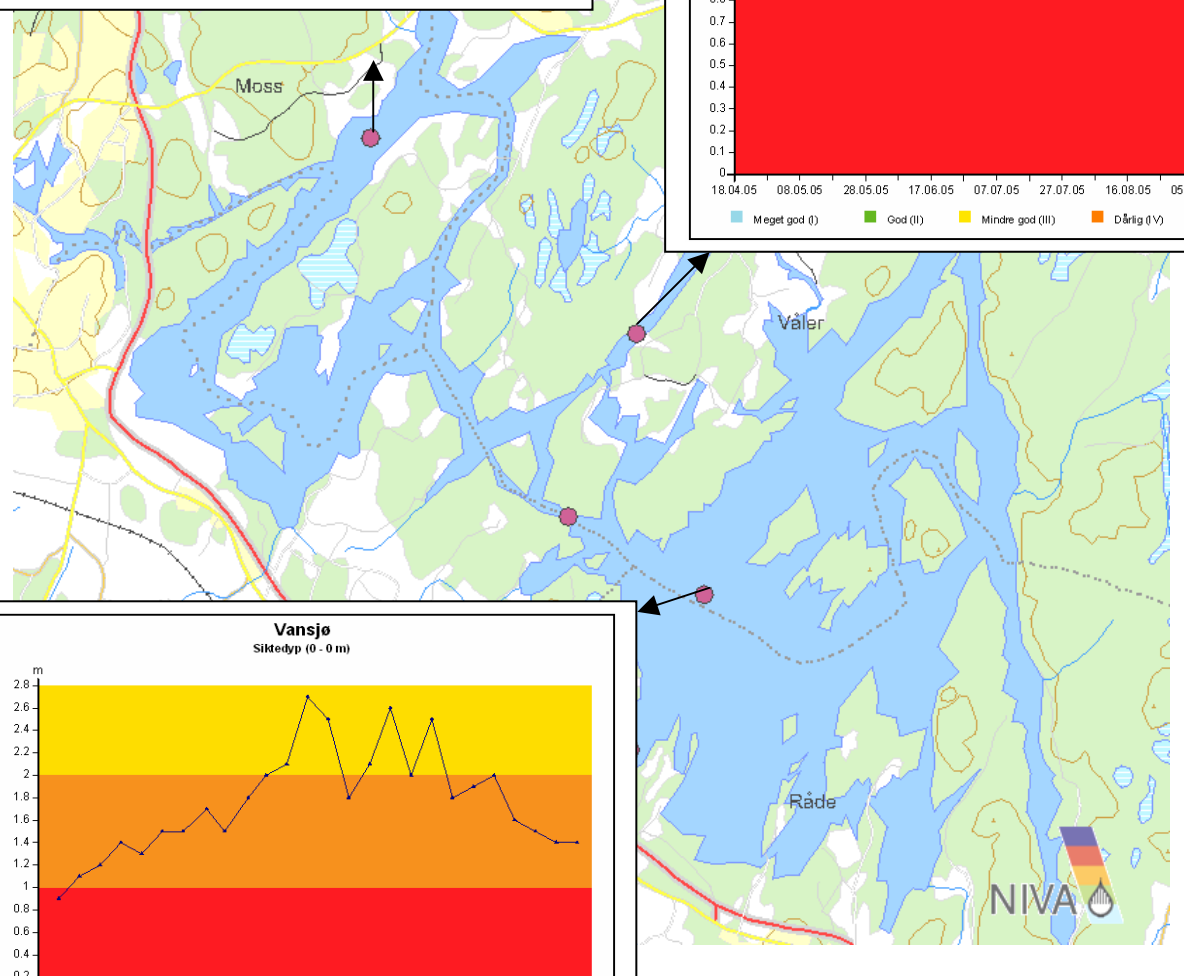
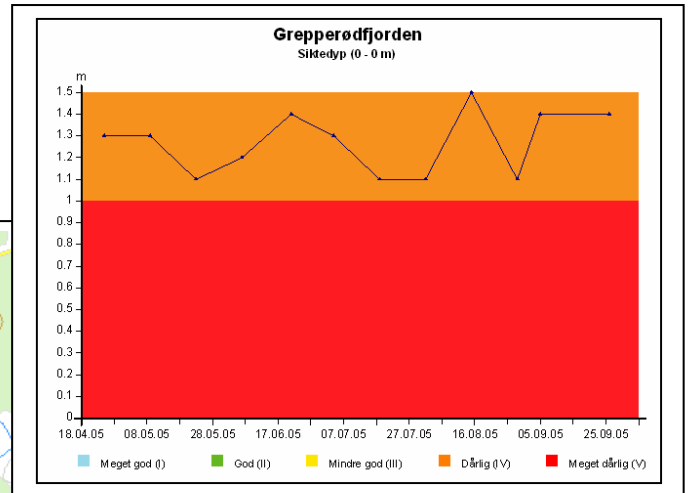
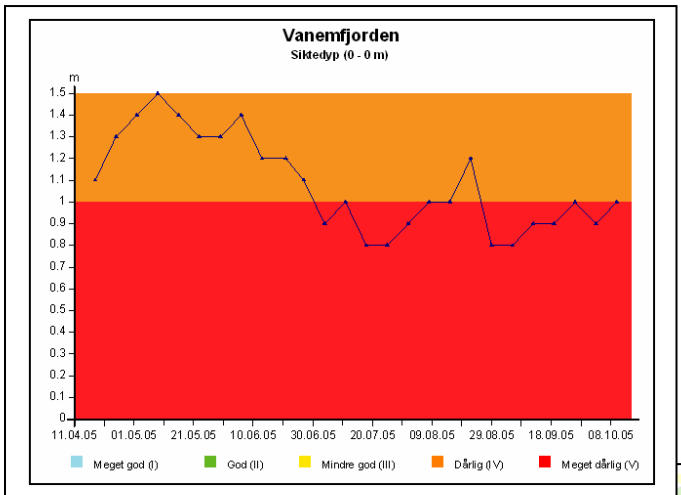
I Vansjø bestemmes siktedypet under flomperioden (vår og høst) stort sett av leirpartiklene i vannet, mens det på sommeren hovedsakelig bestemmes av algemengden.

### Resultater:

Siktedypet i Storefjorden var på våren bestemt av leirmateriale som transporteres med tilløpselvene. Utover sommeren avtok vannets innhold av leirpartikler og siktedypet var sannsynligvis i stor grad bestemt av algemengden. Da det i Storefjorden er kun moderate algemengder fikk vi på sommeren et siktedyp på nærmere 3 m.

I Vanemfjorden og Grepperødfjorden er siktedypet i mindre grad påvirket av leirmateriale fra tilløpselvene og siktedypet bestemmes derfor i større grad av algemengden – også i de perioder der en får tilført en del leirmateriale fra tilløpselvene (dette gjelder særlig i Grepperødfjorden). Pga. større algemengde i disse bassengene blir det ikke påvist så stort siktedyp på sommeren som i Storefjorden.

Det gjennomgående lave siktedypet i Vansjø sannsynliggjør at algene er lysbegrenset i deler av vekstsesongen. I Vansjø kan en anta at algeproduksjonen foregår ned til et dyp på ca. 1,5x siktedypet. Med en temperatursjiktning på 7-11 m medfører det at algene kan være lysbegrenset i deler av vekstsesongen. Dette gjelder spesielt i Vanemfjorden der en i vekstperioden har et svært lite siktedyp.



**Figur 10.** Variasjoner i siktedypet i Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden i 2005

### 5.3 Suspendert stoff/Gløderest

Suspendert stoff er et mål på partikulært materiale (uorganisk og organisk) i vannmassene. Suspendert materiale bestemmes ved at vannet filtreres gjennom et filter og veies. Ved bestemmelse av gløderest gløder man bort det organiske materialet. Gløderesten er et mål på det uorganiske materialet i vannmassene.

Vansjø nedbørfelt ligger hovedsakelig under den marine grense og innsjøen er i perioder med stor vannføring i tilløpselvene i stor grad påvirket av suspendert leirmateriale.

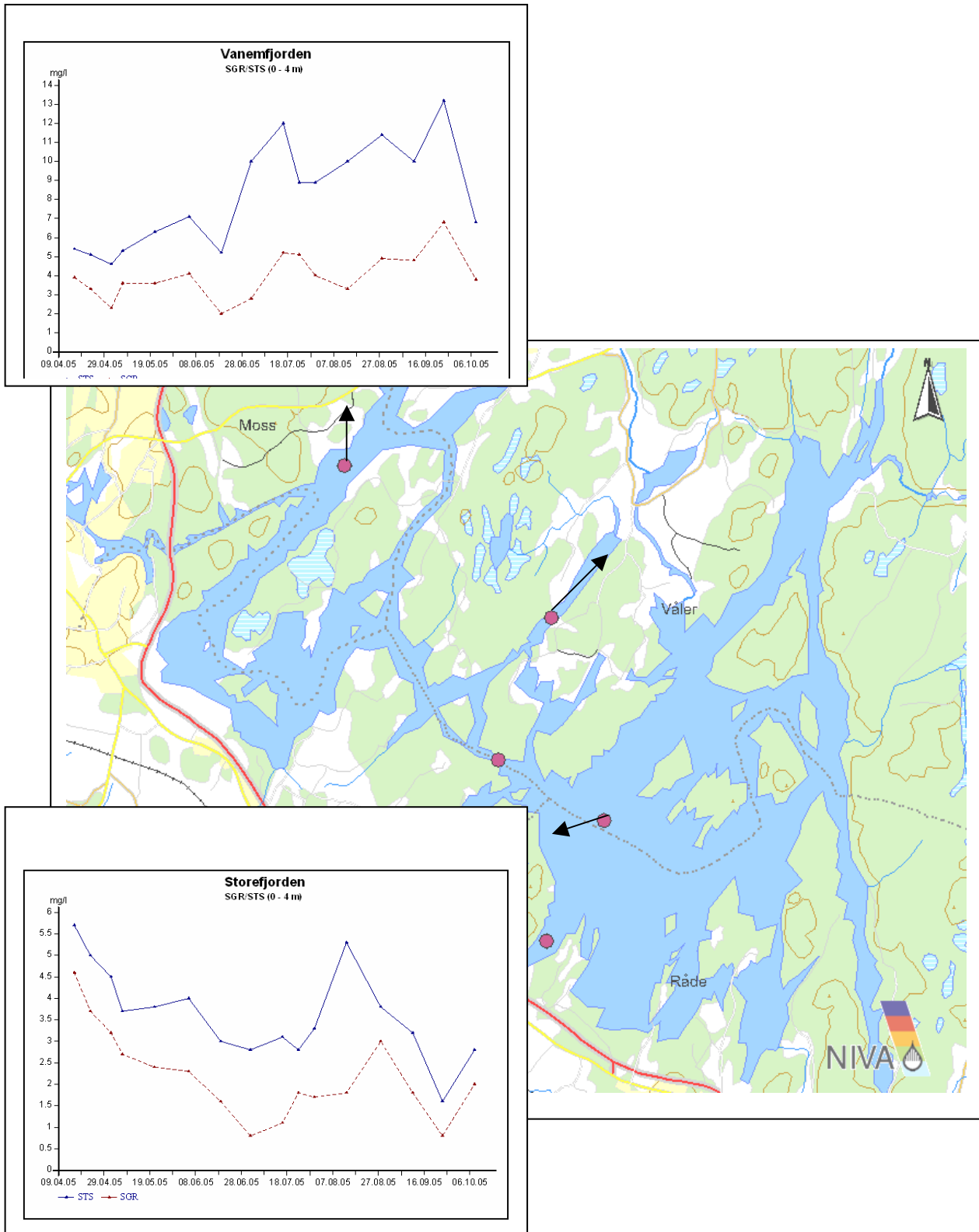
#### Resultater

I begge bassengene var konsentrasjonene av suspendert stoff relativt like i begynnelsen av feltperioden. Utover sommeren ble det påvist høyere verdier i Vanemfjorden enn i Storefjorden (se figur 10).

Det ble gjennomgående også registrert høyere verdier av uorganisk partikulært materiale i Vanemfjorden enn i Storefjorden. Mens det i Storefjorden ble registrert en gjennomsnittelig verdi på 2,2 mg/l, ble det i Vanemfjorden registrert en gjennomsnittelig verdi på 4,0 mg/l.

Forskjellene i organisk suspendert stoff skyldes hovedsakelig en større algemengde i Vanemfjorden enn i Storefjorden. En større mengde med partikulært organisk materiale kan også være med å forklare denne forskjellen.

At det påvises større grad av resuspensjon i Vanemfjorden har sammenheng med at dette bassenget har en forskjellig bassengmorfometri enn bassenget i Storefjorden. I Vanemfjorden er det et større forhold mellom det epilimnisk sedimentareal og epilimnions volum enn i Storefjorden. Dette vil medføre både en høyere primærproduksjon og algemengde, men også en større resuspensjon av uorganisk materiale (jmf. diskusjon i Bjørndalen, K. & Warendorh, H. 1982).



**Figur 11.** Variasjoner i suspendert stoff (STS) og gløderest (SGR) i Storefjorden og Vanemfjorden 2005.

## 5.4 Vannets farge

Vannets farge er et uttrykk for vannets innhold av løste organiske forbindelser. I overflatevannet er det stort sett vannets humusinnhold som er avgjørende for vannets farge og parameteren benyttes i praksis til å si noe om innsjøens innhold av humusstoffer.

Vansjøs nedbørfelt drenerer store skogområder og innsjøen har derfor et relativt høyt fargetall

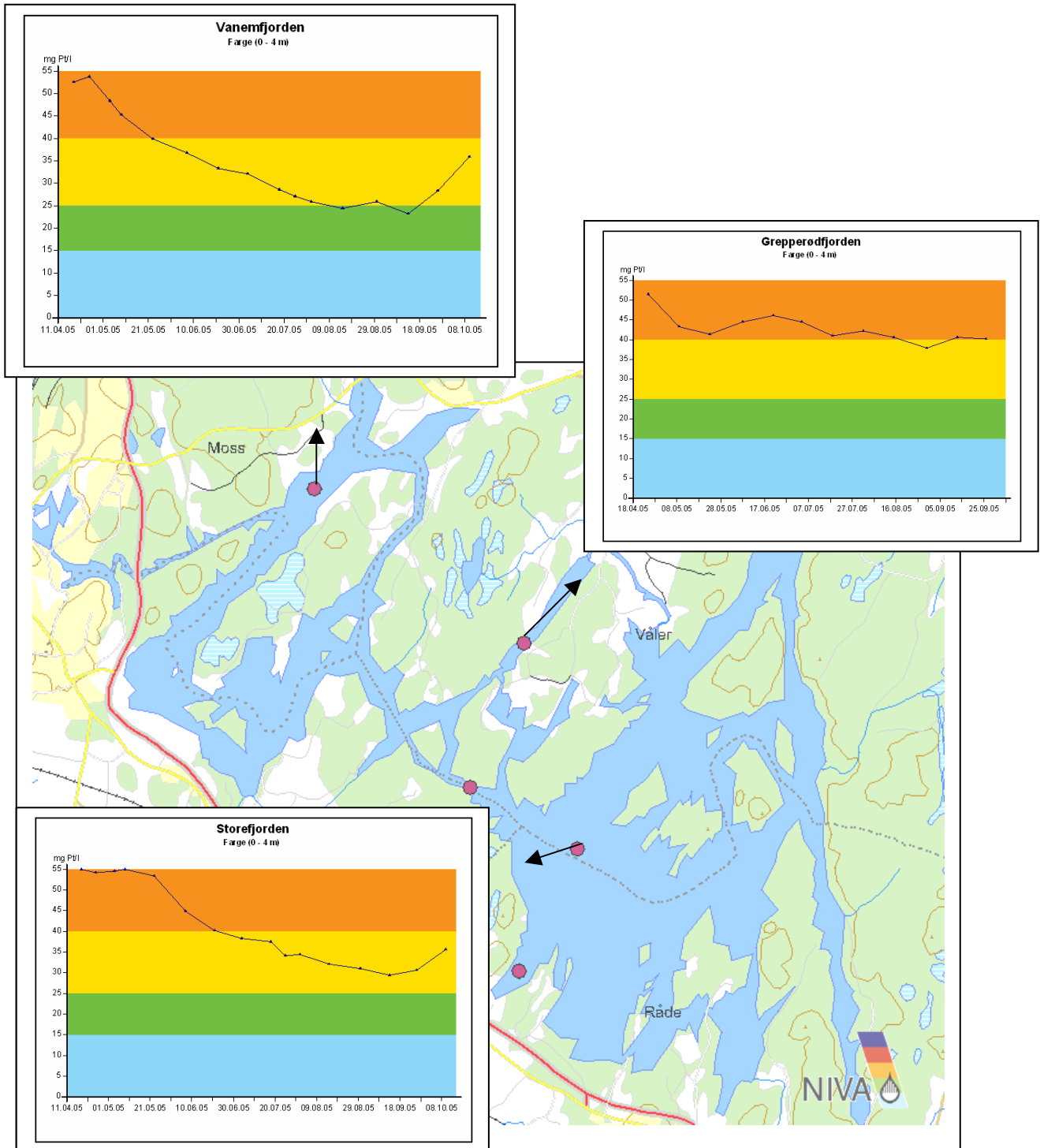
### Resultater

På våren ble det målt høye fargeverdier (opptil 55 mg Pt/l) i både Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden, se figur 13. Dette skyldes hovedsakelig store tilførsler av humus med tilløpselvene. Utover sommeren registrerer vi en reduksjon i fargeverdiene i Storefjorden og Vanemfjorden. Dette skyldes sannsynligvis fotokjemisk bleking av fargen i disse bassengene. Det er imidlertid mulig at leirpartiklene også kan interferere med målingene slik at de målte verdier er noe høyere enn en "ekte" fargeverdi basert på vannets innhold av løst organisk materiale.

I Grepperødfjorden holder fargetallene seg høyere også ut over sommeren, noe som skyldes at Grepperødfjordens lokale nedbørfelt drenerer større myrlendte områder, spesielt området rundt Brønnerødtjern der det tidligere er påvist svært høye fargeverdier. Denne tilførselen vil kompensere for den fotokjemiske blekingen som finner sted i dette bassenget.



**Figur 12.** Sundet mellom Storefjorden og Vanemfjorden i april 2005 (Ved siden av høyt fargetall har vannet også et stort innhold av leirmateriale, foto: Knut Bjørndalen)



Figur 13. Variasjoner i vannets farge i Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden 2005

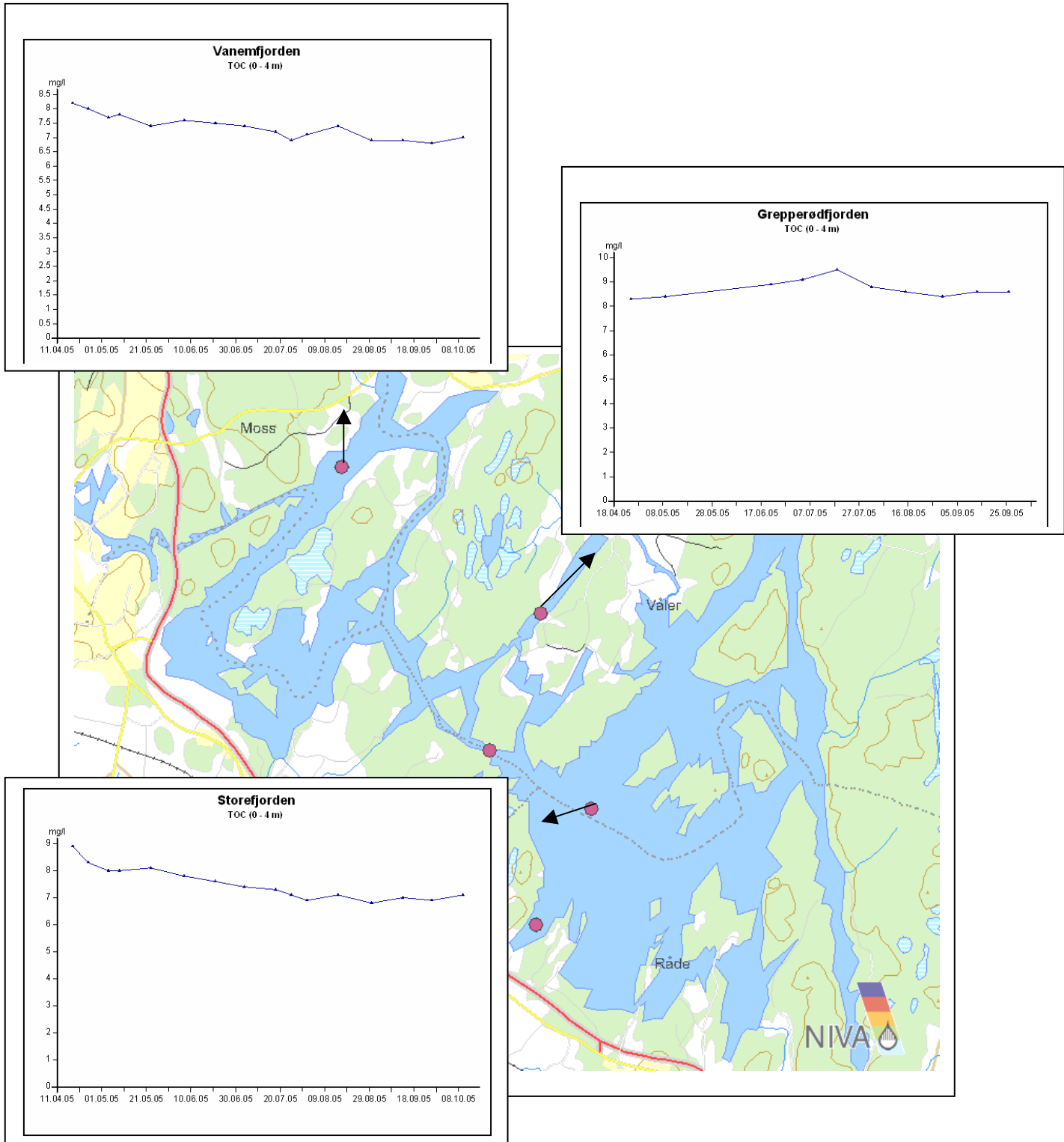
## 5.5 Totalt organisk karbon (TOC)

Parameteren totalt organisk karbon er et uttrykk for vannets innhold av partikulære og løste organiske forbindelser. I overflatevannet er det stort sett vannets humusinnhold og vannets innhold av alger og dødt organisk materiale som bestemmer konsentrasjonen av TOC.

Sammen med vannets farge vil TOC være nyttig for å vurdere den mengden av organisk materiale som skyldes humusstoffer og den mengden som skyldes annet organisk materiale (alger og lignende).

### Resultater

På våren ble det målt relativt høye verdier av TOC i både Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden (8-9 mg/l), se figur 14. I motsetning til vannets farge holder vannets innhold av TOC seg mer stabilt noe som skyldes den fotokjemiske blekingen av vannets farge. Det blir kun registrert en mindre reduksjon i TOC i Storefjorden og Vanemfjorden, noe som skyldes at hoveddelen av TOC skyldes vannets innhold av humus og andre løste organiske forbindelser. At det i Grepperødfjorden blir påvist en økning utover sommeren skyldes at Grepperødfjordens lokale nedbørfelt drenerer større myrlendte områder, spesielt området rundt Brønnerødtjern der det tidligere er påvist svært høye fargeverdier. I tillegg ble det påvist svært store algemengder i dette bassenget.



**Figur 14.** Variasjoner i totalt organisk karbon (TOC) i Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden



## 5.6 Fosfor

Totalfosfor (tot-P) omfatter alle fosforforbindelsene i vannmassene – både det som er bundet til partikler og det som finnes løst. Partikkelbundet fosfor er det fosforet som er bundet i biologisk materiale og til andre uorganiske partikler. Planteplanktonet har behov for en rekke andre næringsstoffer, men det er ofte fosfat det er minst av og som bestemmer veksten av planteplanktonet.

Det viktigste vekstbegrensende næringsstoff for planteplanktonet i Vansjø er fosfor. I perioder kan det være andre næringsstoffer og mangel på lys som begrenser algeveksten.

I Vansjø er det analysert på totalfosfor, partikulært fosfor og orto-fosfat.

Orto-fosfat (orto-P) er den fosfordelen som antas umiddelbart tilgjengelig for planteplanktonet.

## Resultater

Fosforinnholdet i Vansjø er i stor grad bestemt av fosfor adsorbent til leirmateriale og som er bundet til organisk materiale.

### Orto-fosfat

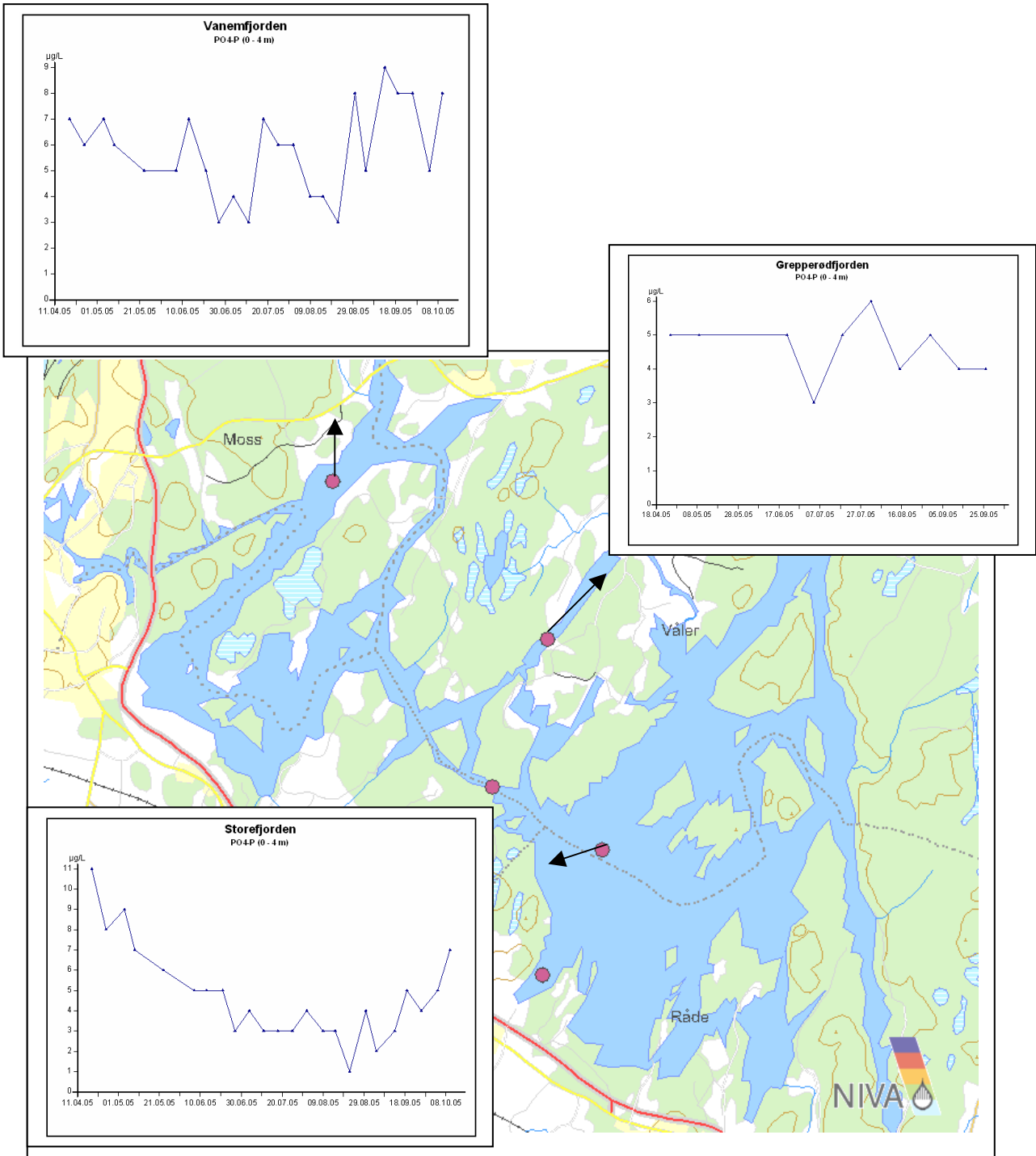
Vannmassenes innhold av orto-fosfat var relativt høyt i vekstsesongen, spesielt i Vanemfjorden og Grepperødfjorden (se figur 15). Dette kan tolkes dithen at planteplanktonet i disse bassengene tidvis er lysbegrenset eller nitrogenbegrenset. Det er imidlertid mange faktorer som her spiller inn, og en må utføre tilleggsundersøkelser for å kunne fastslå hva som begrenser algeveksten. I Storefjorden ble det imidlertid påvist lavere verdier av orto-p, og det er sannsynlig at planteplanktonet i dette bassenger er fosforbegrenset.

### Totalfosfor

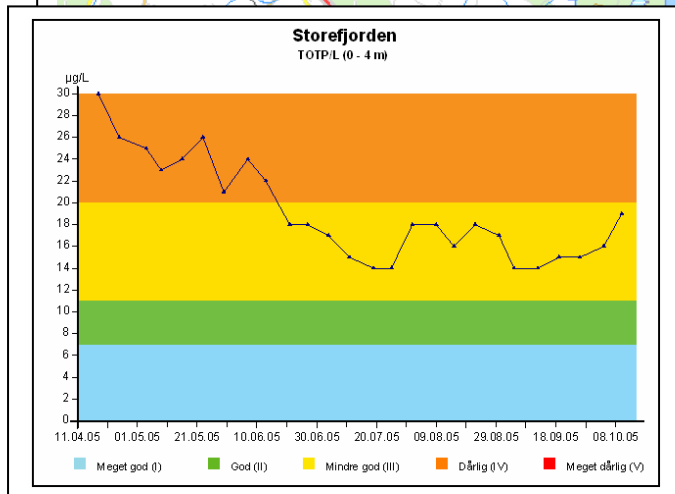
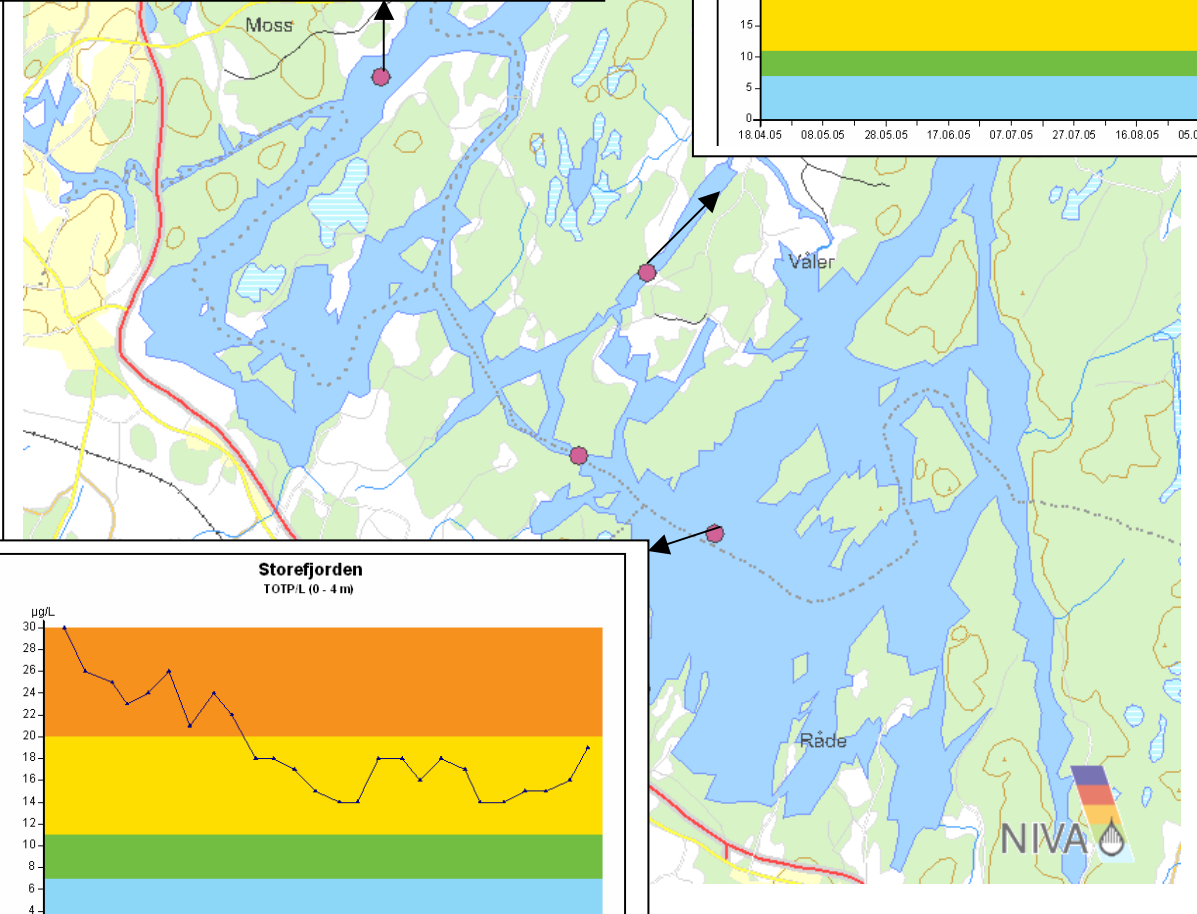
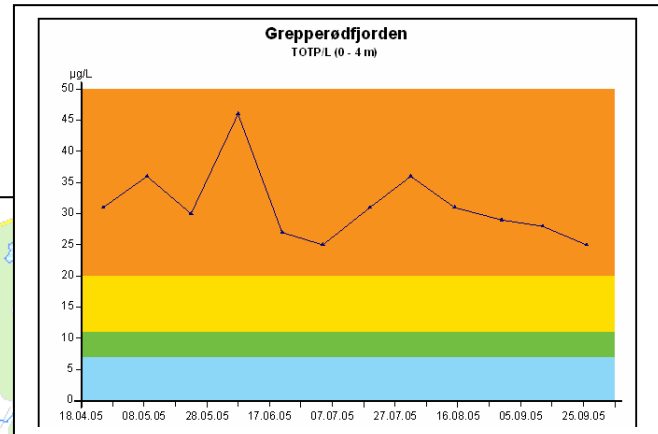
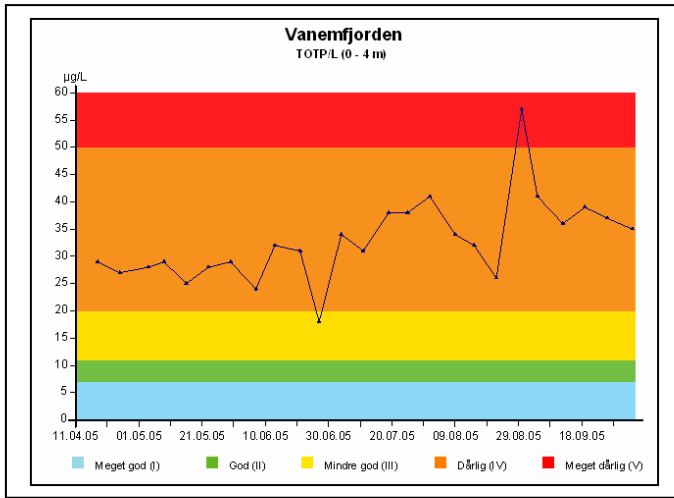
Utgangskonsentrasjonene av totalfosfor på våren var ganske lik i de tre bassengene (ca. 30 µg P/l) (se figur 16). I Storefjorden og til dels i Vanemfjorden var fosforkonsentrasjonen påvirket av leirmateriale fra tilløpselvene. Utover sommeren sedimenterte en del av leirmaterialet og vannmassenes innhold av totalfosfor ble mer avhengig av det som var bundet i organisk materiale. Pga relativt små mengder i Storefjorden ser vi en reduksjon i fosforinnholdet utover sommeren med verdier på 14-18 µg P/l. Da det er større mengder i Vanemfjorden og Grepperødfjorden ser vi her et mer stabilt nivå utover sommeren. Den påviste store konsentrasjonen (57 µg/l) i Vanemfjorden den 30. august kan bl.a. skyldes tilførsler fra lokale bekker pga store nedbørmengder noen dager før.

### Partikulært fosfor

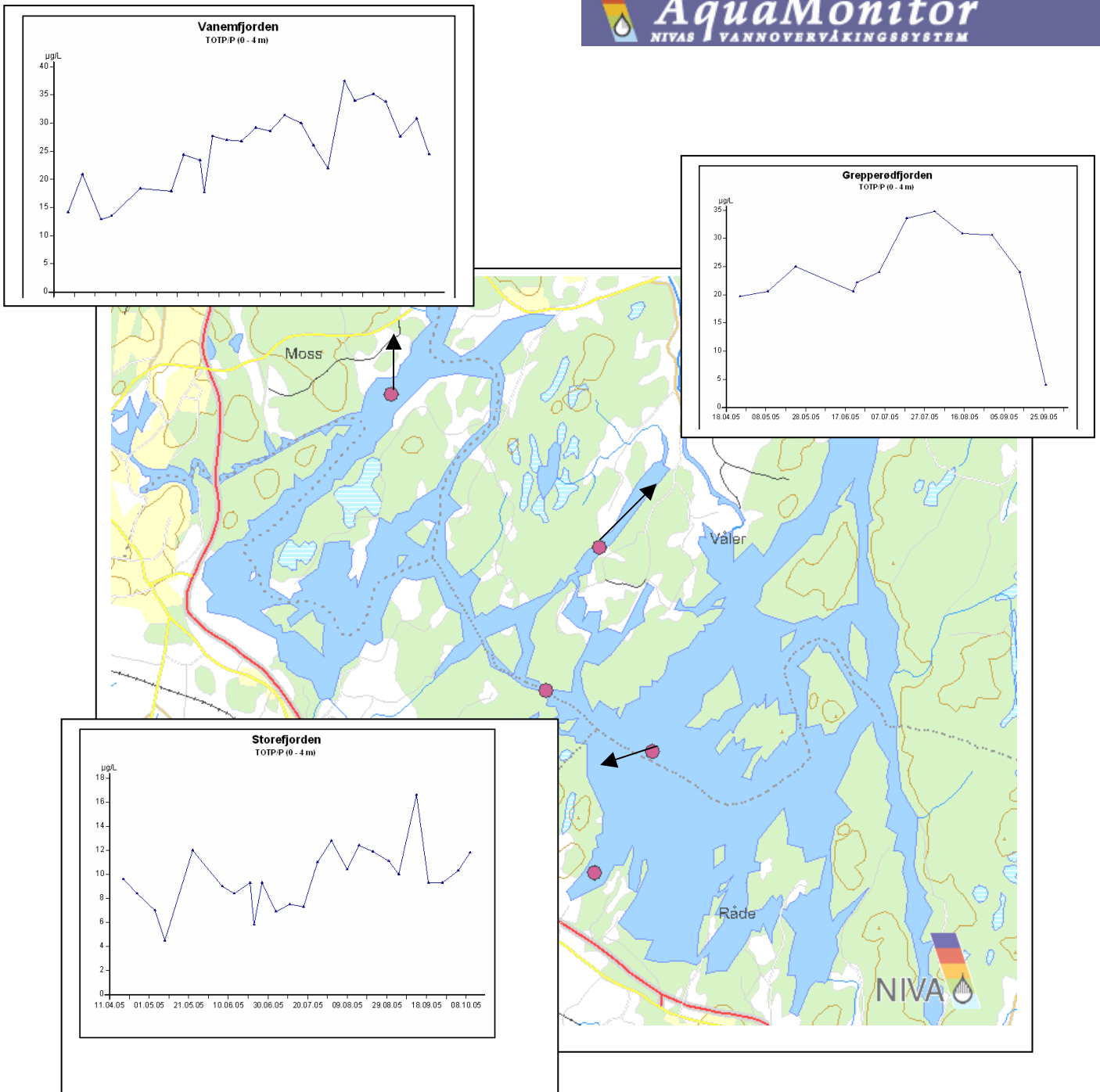
Det partikulære fosforet er bundet til partikulært materiale og variasjonene her vil i stor grad følge variasjonene i det partikulære uorganiske og organiske materiale (se figur 17).



Figur 15. Variasjoner i orto-fosfat i Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden



**Figur 16.** Variasjoner i totalfosfor i Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden 2005



**Figur 17.** Variasjoner i partikulært fosfor i Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden.

## 5.7 Nitrogen

Nitrogen er et viktig næringsstoff for alger i ferskvann. Selv om det er fosfor som oftest er vekstbegrensende for alger i ferskvann, er det ikke uvanlig at nitrogen er vekstbegrensende i deler av vekstsesongen. Totalnitrogen omfatter alle nitrogenforbindelser i vannmassene – både det som er bundet i plankton og organisk materiale og det som finnes løst i vannmassene.

I de tilfeller hvor nitrogen er vekstbegrensende næringsstoff kan dette medføre framvekst av nitrogenfikserende blågrønnalger, dvs. alger som kan ta opp atmosfærisk nitrogen.

I Vanemfjorden og Grepperødfjorden er det i flere undersøkelser registrert nitratverdier under deteksjonsgrensen dvs. alger som kan her være nitrogenbestemt. Dette er aldri påvist i Storefjorden.

Vansjø er spesielt utsatt for tilførsler av nitrogen fordi store deler av nedbørfeltet er jordbruksområder med stor anvendelse av kunstgjødsel. Nitrogen blir bare i ubetydelig grad adsorbent til leirmateriale slik at nitrogenkonsentrasjonen kan betraktes som en funksjon av den totale avrenningen

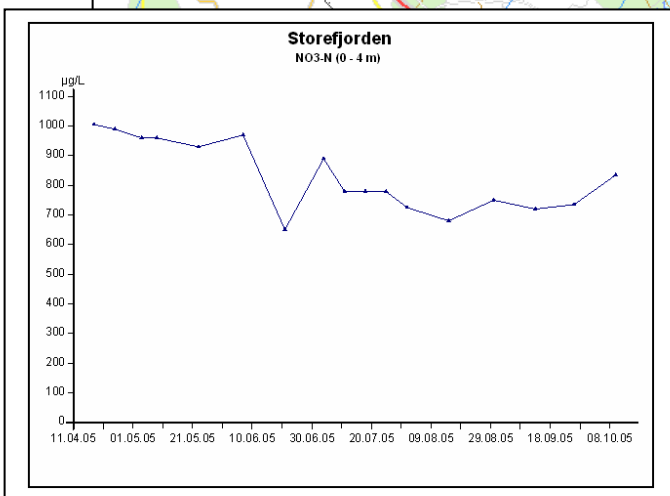
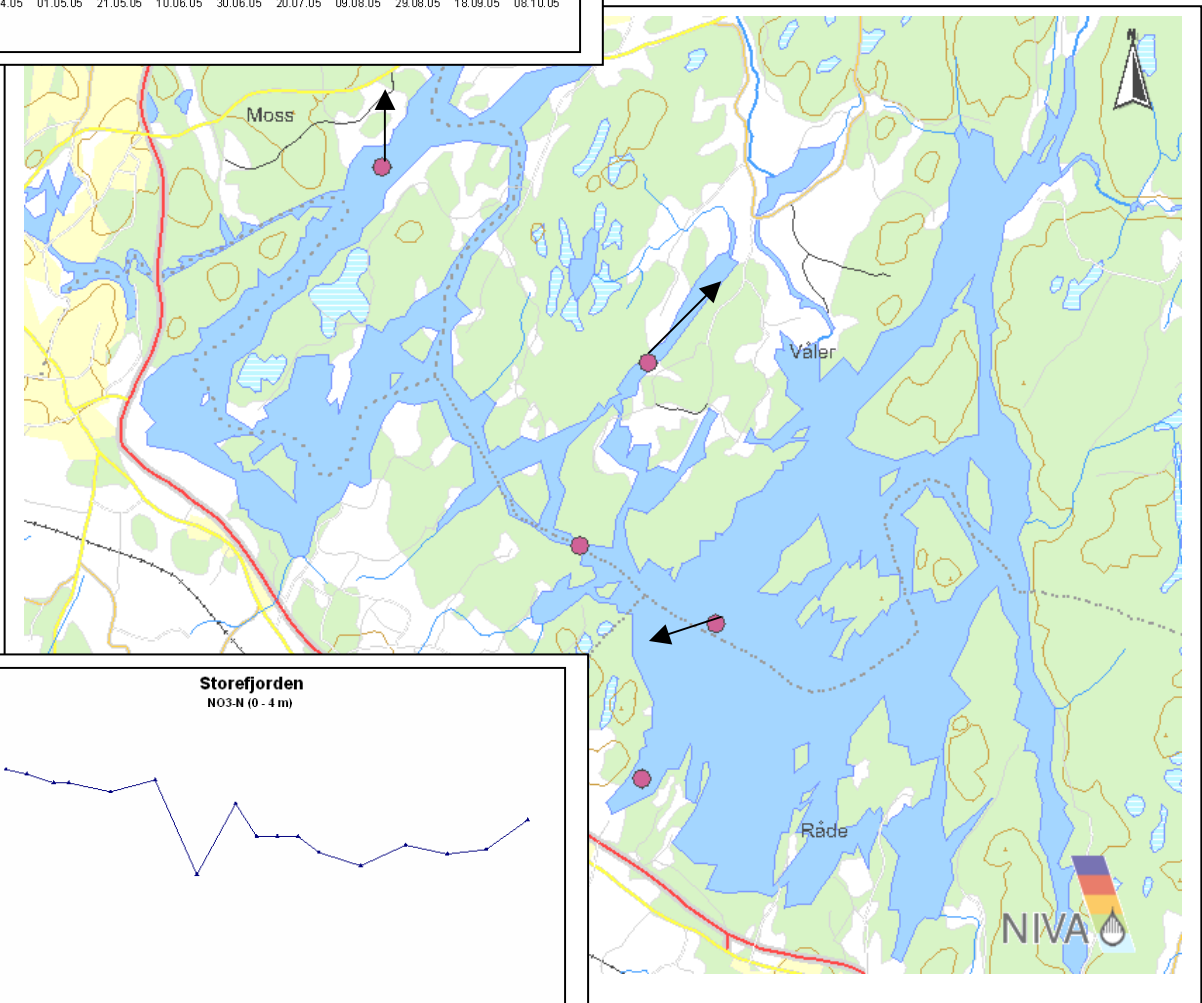
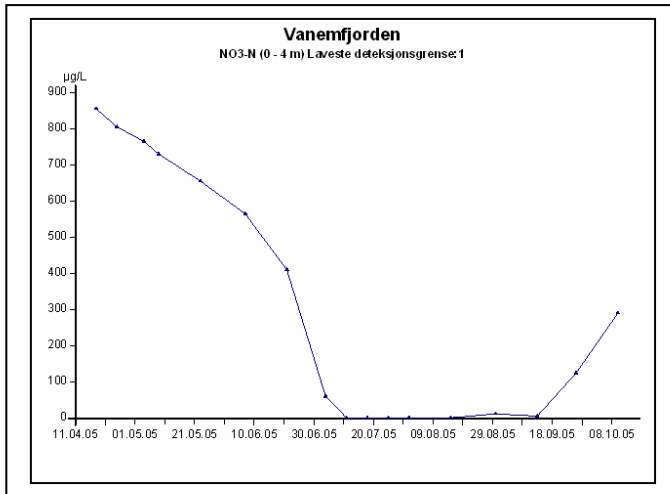
### Resultater:

På våren ble det påvist relativt høye nitratkonsentrasjoner (nesten 1 mg/l) i begge hovedbassengene. De høye nitratverdiene har sammenheng med høye tilførsler fra jordbruksområder i nedbørfeltet.

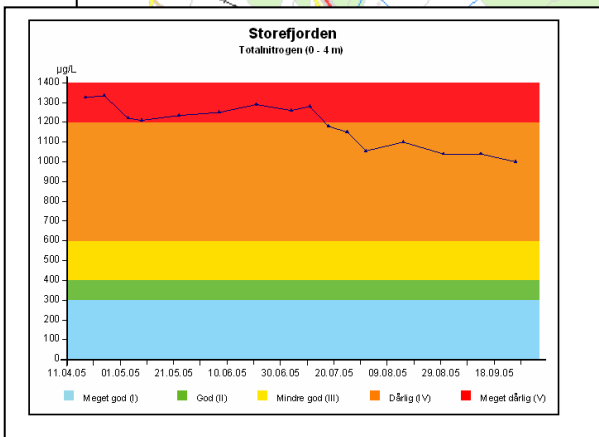
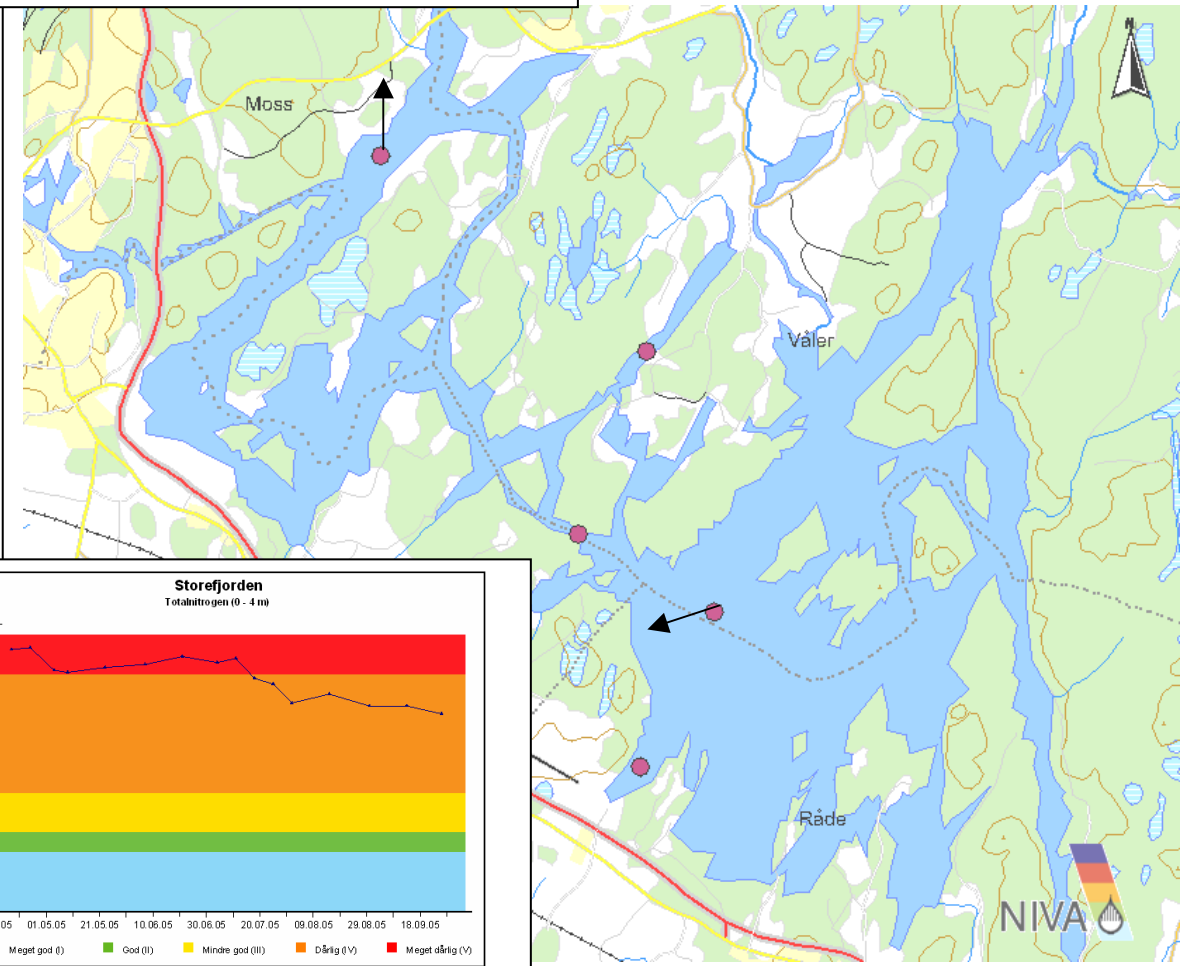
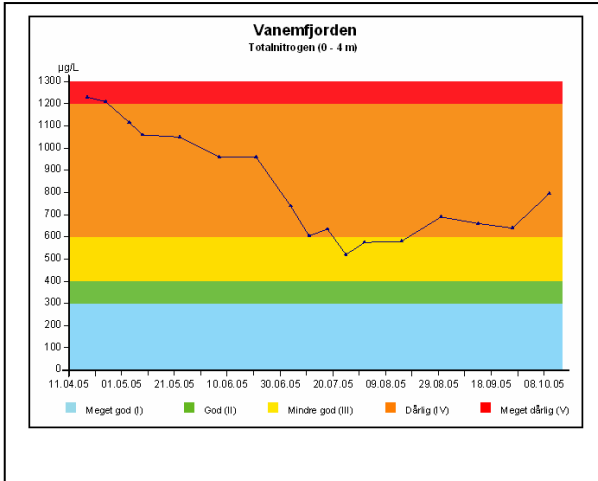
Utover sommeren ble det påvist en reduksjon i begge bassengene, men spesielt i Vanemfjorden der det ble påvist nitratverdier under deteksjonsgrensen fra og med juli måned og fram til begynnelsen av september. Den markerte nedgangen av nitrat i Vanemfjorden skyldes høyt biologisk forbruk som følge av stor algevekst. Dette kan ha medført at alger i denne perioden ble nitratbegrenset.

Økningen av nitrat utover høsten skyldes mindre algevekst og noe tilførsler fra tilløpselvene.

Konsentrasjonen av totalnitrogen følger et mønster påvirket av den markerte reduksjonen av nitrat i Vanemfjorden. At det skjer en samtidig reduksjon i totalnitrogen skyldes hovedsakelig at det stadig sedimenteres biologisk bundet nitrogen uten nevneverdige eksterne tilførsler



**Figur 18.** Variasjoner i nitratkonsentrasjon i Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden 2005



Figur 19. Variasjoner i totalnitrogen i Storefjorden, Vanemfjorden og Grepperødfjorden 2005

## 5.8 Reaktivt silikat

Silikat er et næringsstoff som kun brukes av kiselalgene for å bygge opp kiselshallet til disse algene. Hvis kiselalgene bruker opp næringsstoffet silikat vil disse algene reduseres og kunne medføre at andre problemalger som for eksempel blågrønnalger blir mer dominerende i vannmassene.

Silikat kan bli vekstbegrensende for kiselalgene ved konsentrasjoner under 0,1mg SiO<sub>2</sub>/l.

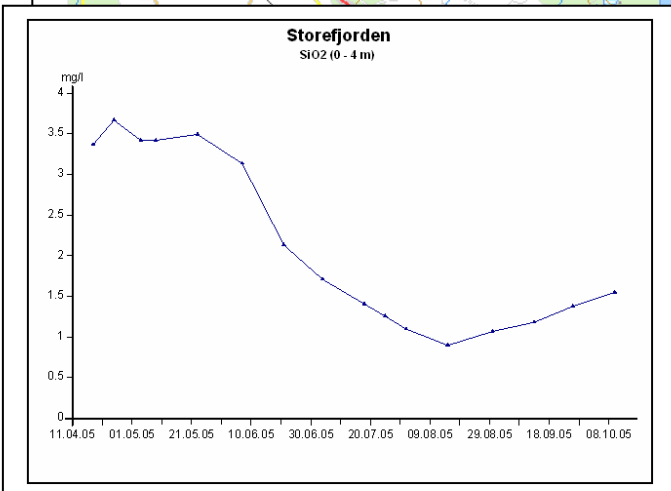
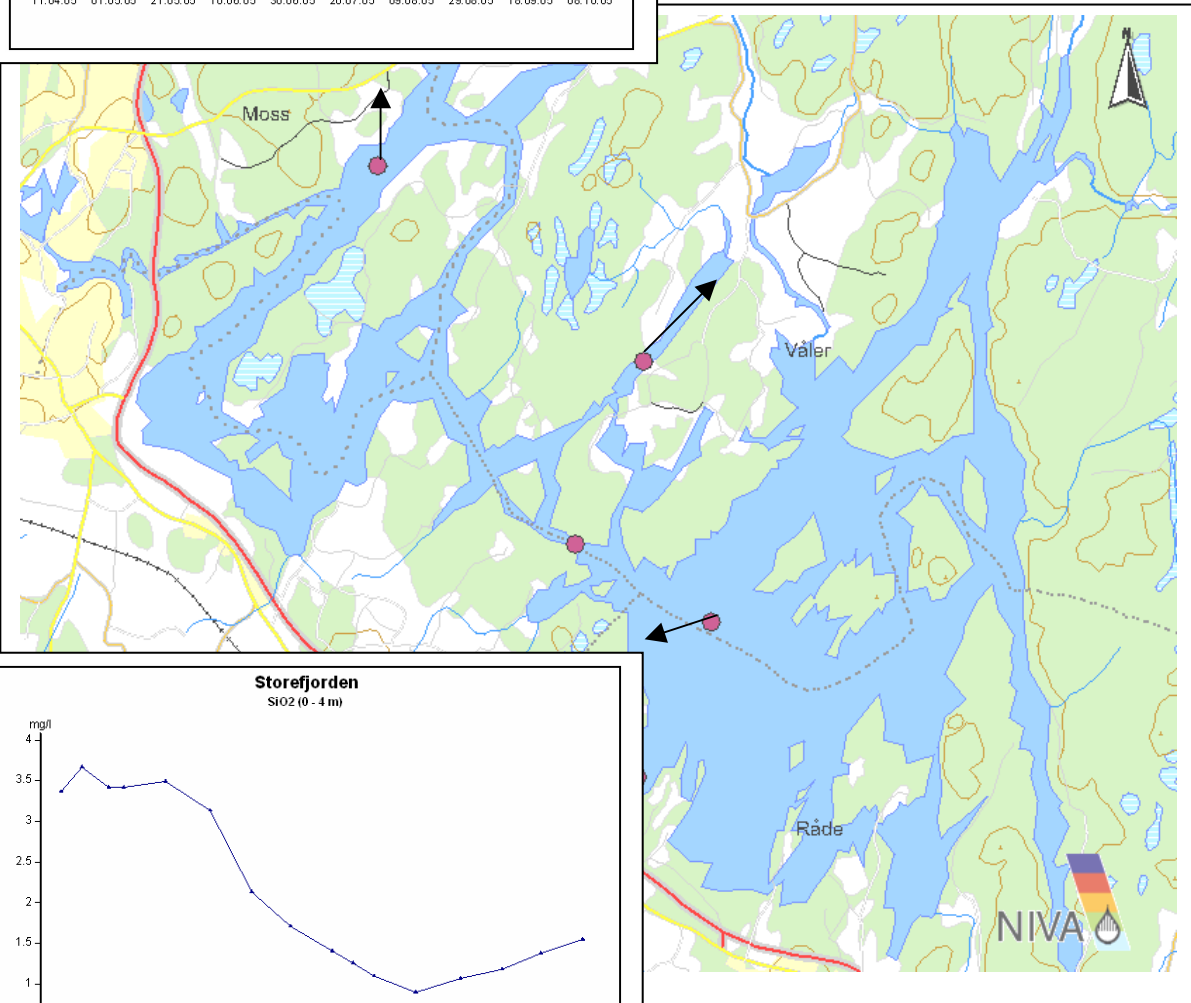
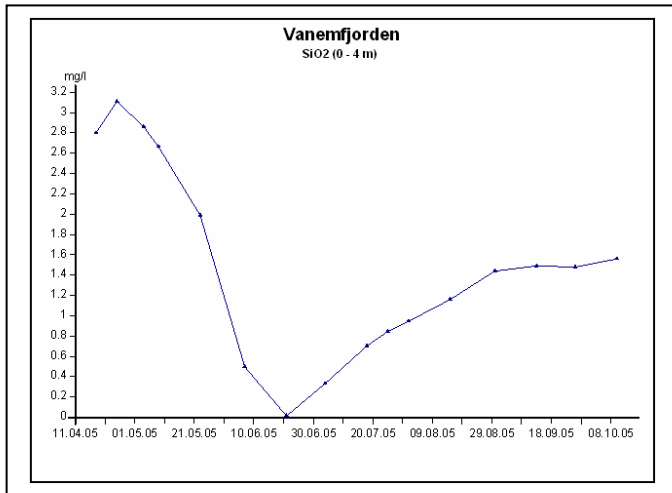
Kilden til silikat er berggrunnen og dette næringsstoffet skiller seg derfor fra fosfor og nitrogen som også har menneskeskapt kilder

### Resultater

På våren ble det påvist høye silikatverdier (ca 3 mg SiO<sub>2</sub>/l). Utover sommeren ble det registrert en reduksjon i silikat i begge bassengene, særlig i Vanemfjorden. Den markerte nedgangen av silikat i dette bassenget skyldes høyt forbruk av silikat som følge av store mengder med kiselalger uten nevneverdige nye tilførsler.

I slutten av juni ble det i Vanemfjorden påvist så lave konsentrasjoner av silikat (0,014 SiO<sub>2</sub>/l) at det kan ha vært vekstbegrensende for kiselalgene. I samme tidsperiode ble det registrert en nedgang i mengde med kiselalger og en økning i mengden blågrønnalger. I Storefjorden ble det ikke påvist så lave silikatverdier at en antar at silikat har noe å si for algesuksesjonen.





Figur 21. Variasjoner i totalt reaktivt silikat i Storefjorden og Vanemfjorden 2005

## 6. Resultater biologiske forhold

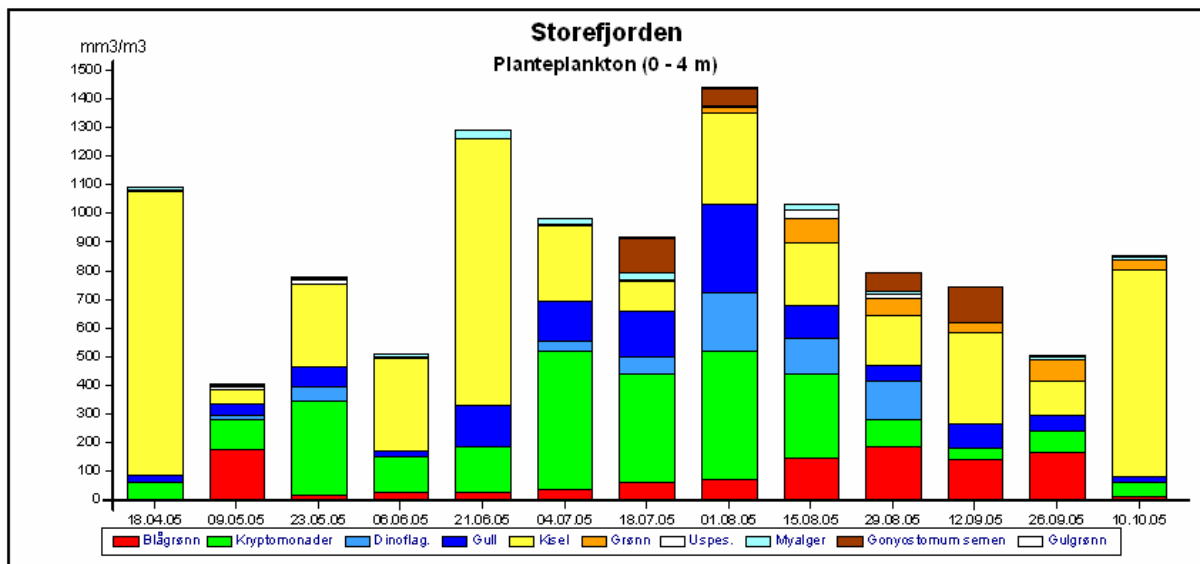
### 6.1 Planteplankton

Det var den store algemengden i Vansjø som var den viktigste årsaken til at fokuset ble satt på Vansjø utover i 70-årene. I denne perioden ble det registrert en økende mengde med alger i Vansjø vestre deler. I 1979 ble det påvist en oppblomstring av blågrønnalger i Storefjorden, men dette er ikke påvist senere. På den annen side ble det utover i 80-årene stadig registrert større algemengder i de vestre deler og planteplanktonet ble i større grad dominert av blågrønnalger. De siste 10-12 år har det vært årvisse oppblomstringer av blågrønnalger i Vanemfjorden. I de siste 7-8 år er det påvist en betydelig økning av blågrønnalgen *Microcystis* som er vanlig i svært eutrofe innsjøer.

De store algemengdene skaper en rekke problemer knyttet til bruken av vannet. Vannet i Vansjø framstår til tider som lite tiltalende med brun-grønn farge og lavt siktedyp. I perioder flyter store algemengder opp til overflaten i de vestre deler av Vansjø. I perioder med stort innhold av blågrønnalger er det også påvist giftstoffer i vannet som blågrønnalgene produserer. Dette har medført at NIVA har frarådet at det bades i de vestre deler av Vansjø.

I Storefjorden er det registrert mer moderate algemengder og andel av blågrønnalger er relativt liten.

#### Planteplankton Storefjorden



Figur 22. Variasjon i planteplanktonets mengde- og sammensetning i Storefjorden 2005

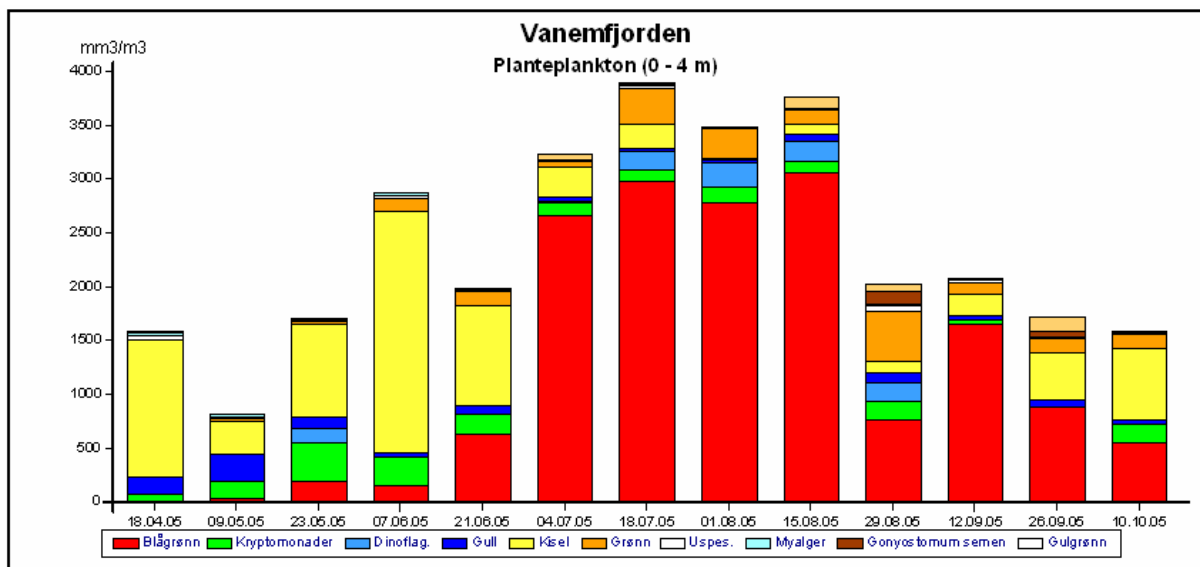
## Resultater

Den gjennomsnittlige algemengden i Storefjorden var 0,9 mg/l. Den største algemengden ble påvist den 1. august (1,4 mg/l).

Planteplanktonet var i april dominert av kiselalger med *Aulocoseira* som viktigste slekt. Kiselalgene var mer eller mindre framtreddende i planktonet gjennom hele undersøkelsesperioden. En annen viktig algeklasse var kryptomonadene (*Cryptomonas* spp.).

Blågrønnalgene var som regel til stede hele tiden, men ble kun påvist i mindre mengder (< 0,19 mg/l). De vanligste påviste artene innen blågrønnalgene var innen slektene *Anabaena*, *Microcystis*, *Planktothrix* og *Woronichinia*.

## Planteplankton Vanemfjorden

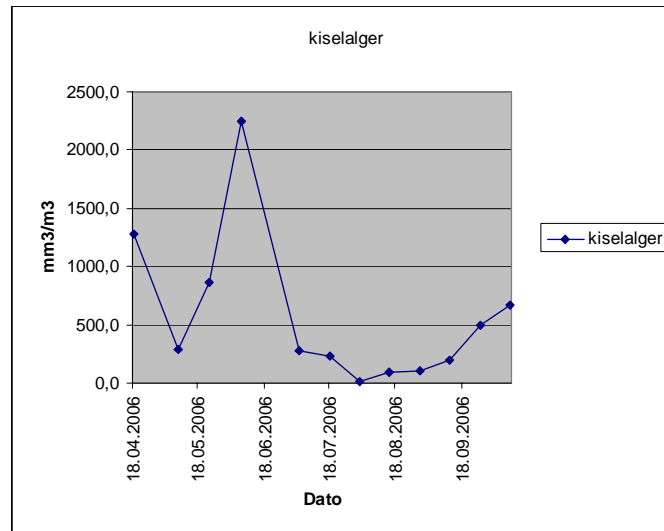


Figur 23. Variasjoner i planteplanktonets mengde- og sammensetning i Vanemfjorden 2005

## Resultater

Den gjennomsnittlige algemengden i Vanemfjorden var 2,2 mg/l. Den største algemengden ble påvist den 18. juli (3,9 mg/l).

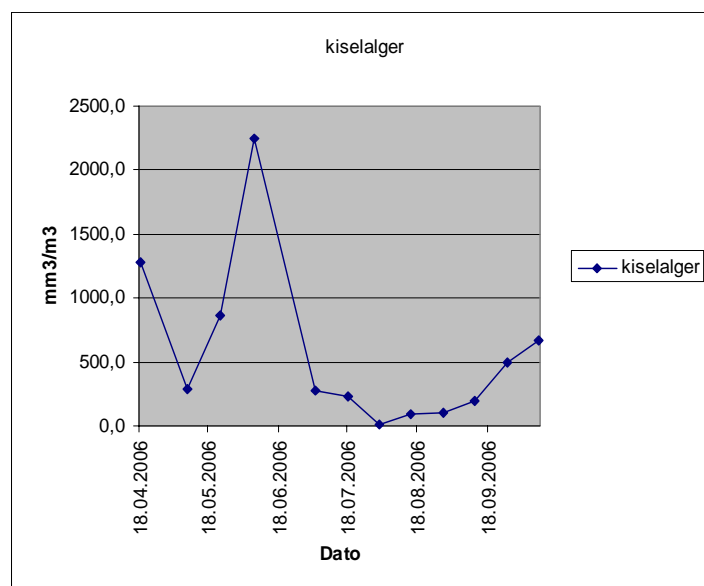
Planteplanktonet var på våren og forsommeren dominert av kiselalger, men i månedsskiftet juni/juli ble det påvist en oppblomstring av blågrønnalger. Før dette skjedde ble det påvist så lave silikatkonsentrasjoner i Vanemfjorden at det er mulig at kiselalgene ble silikatbegrenset.



**Figur 24.** Variasjoner i mengden kiselalger i Vanemfjorden 2005

De lave silikatkonsentrasjonene kan ha medvirket til at blågrønnalgene begynte å dominere planteplanktonet på dette tidspunkt. I juli ble det også påvist så lave nitratkonsentrasjoner at algene i Vanemfjorden kan ha vært nitratbegrenset. I denne perioden ble det påvist store mengder av *Anabaena* – en blågrønnalge som klarer å nyttiggjøre seg molekylært nitrogen. En må imidlertid utføre andre tilleggsundersøkelser for å fastslå hva som begrenset algeveksten på denne tiden.

Det ble påvist svært store mengder med blågrønnalger fram til midten av august; blågrønnalgene dominerte fullstendig algesamfunnet på denne tiden. De viktigste artene var innen slektene *Microcystis* og *Anabaena*, men også *Planktothrix* var en dominerende blågrønnalge. I slutten av august og til oktober utgjorde også blågrønnalgene en betydelig andel av algemengden, men den totale algemengden var da på et mer moderat nivå.

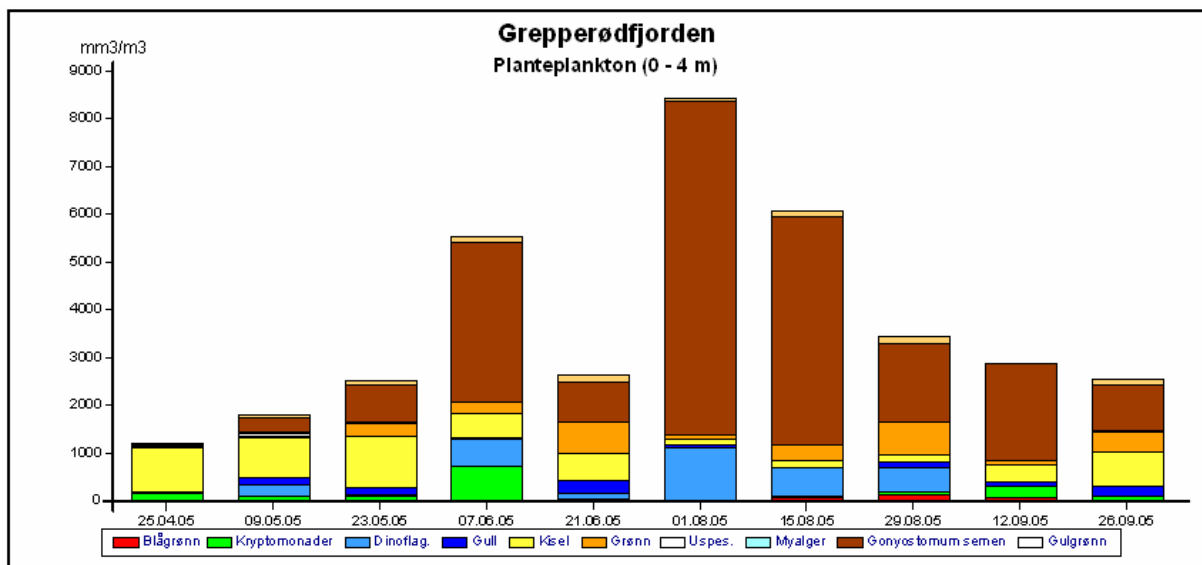


**Figur 25.** Variasjoner i mengden av *Anabaena* i Vanemfjorden 2005



**Figur 26.** Algeblomst av blågrønnalger i Vanemfjorden i juli 2005 (Foto: Knut Bjørndalen)

### Plantep plankton Grepperødfjorden



**Figur 27.** Variasjoner i plantep planktonets mengde og sammensetning i Grepperødfjorden 2005

Den gjennomsnittlige algemengden i Grepperødfjorden var 3,4 mg/l. Den største algemengden ble påvist den 1. august og var da på hele 8,5 mg/l.

Plantep planktonet i Grepperødfjorden er stort sett dominert av problemalgen *Gonyostomum semen*, se figur 23. *Gonyostomum* er spesielt problematisk for badende personer og kan medføre hudirritasjoner og kløe. *Gonyostomum* er en alge som trives i næringsrike humøse innsjøer og er blitt veldig vanlig i den typen innsjøer i Østfold og Akershus. Grepperødfjorden drenerer lokale myrområder som medfører et høyt humusinnhold i denne delen av Vansjø (jmf 3.4).

## 6.2 Microcystin

Levertoksinet microcystin har fått navn etter cyanobakterien *Microcystis*, fordi det først ble isolert fra denne algen. Det er siden vist at microcystin produseres av flere vanlige blågrønnalger som *Anabaenae* og *Planktothrix*.

Det finnes ikke nasjonale grenseverdier for microcystin i vann, men Verdens helseorganisasjon fraråder å drikke vann som inneholder mer enn 1 µg microcystin/l. Organisasjonen fraråder også å bade i vann der konsentrasjonen overskrider 10 µg microcystin/l.

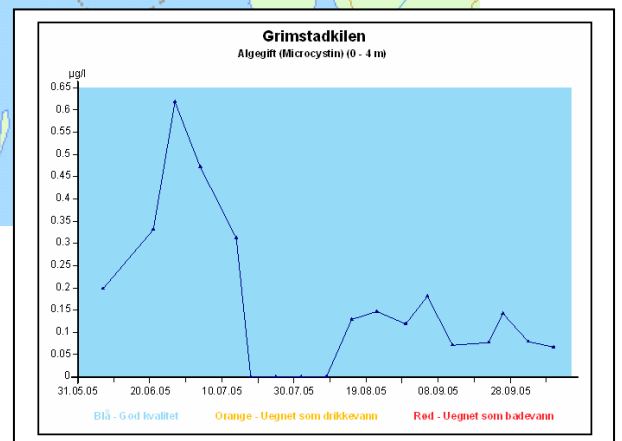
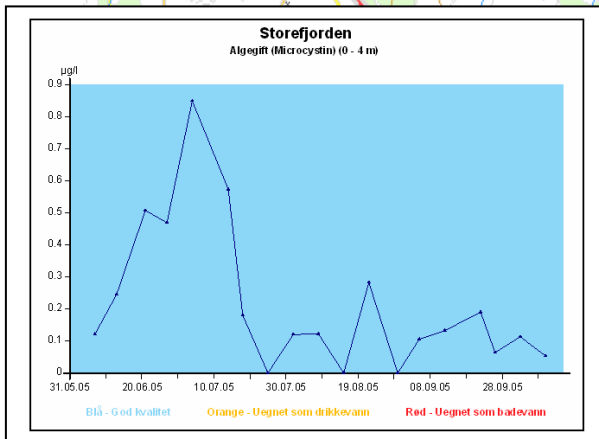
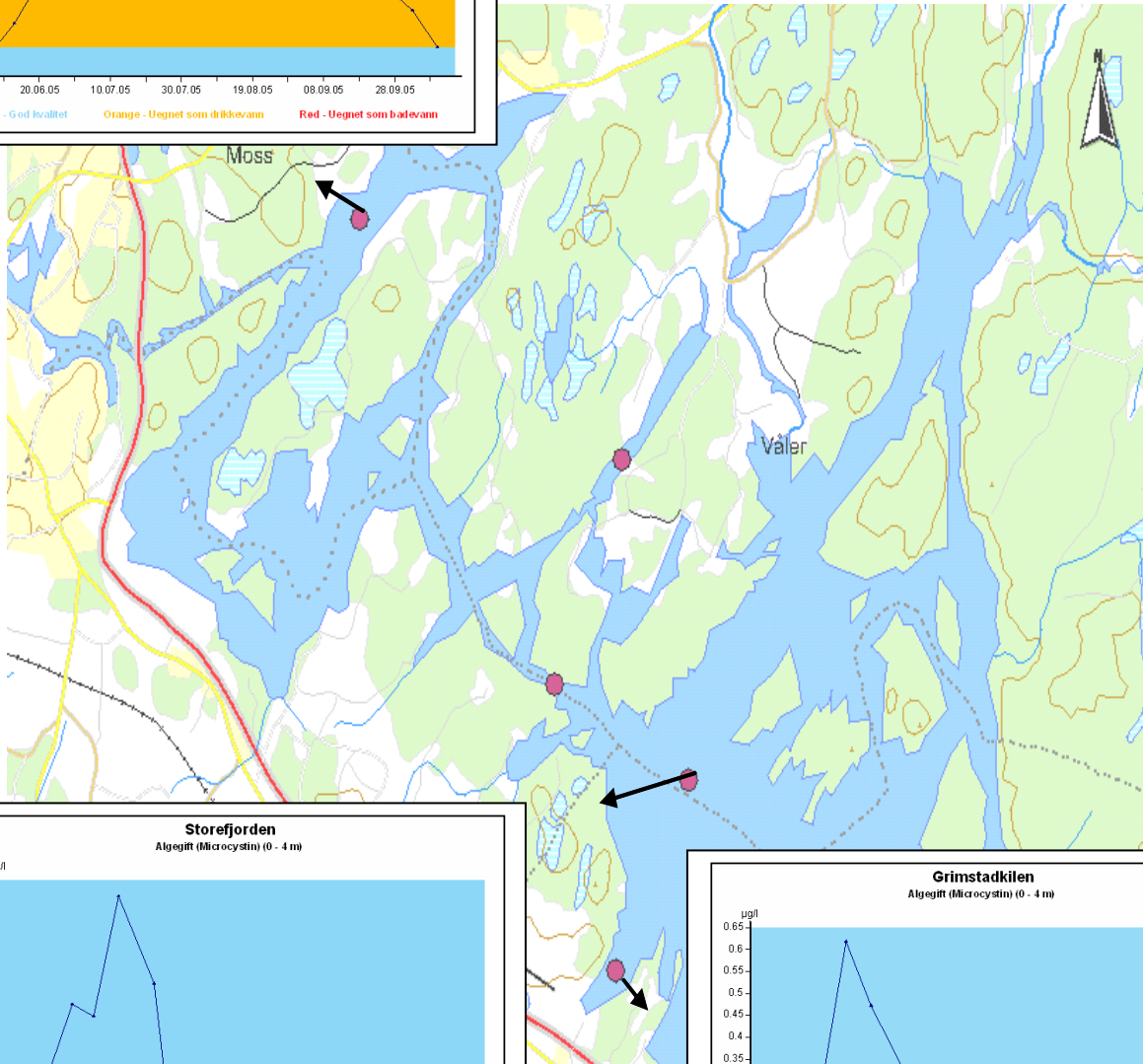
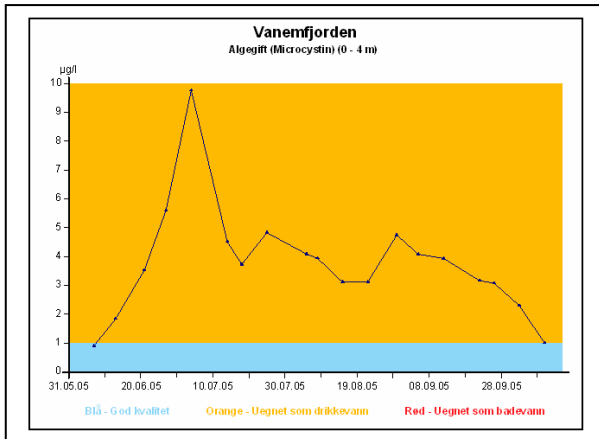
### Resultater:

Analyse av microcystin startet i begynnelsen av juni. Det ble raskt registrert en økning i begge bassengene. I begynnelsen av juli ble det i Storefjorden påvist en microcystinkonsentrasjon på nesten 0,9 µg/l. Det ble imidlertid ikke påvist microcystin i rentvannet fra Vansjø vannverk.

I Vanemfjorden ble det påvist en konsentrasjon opp mot 10 µg/l dvs. opp mot grensen for badevannskvalitet. NIVA anbefalte i denne situasjonen de lokale helsemyndigheter å fraråde befolkningen å bade i denne delen av Vansjø.



**Figur 28.** *Microcystis aeruginosa* i Vanemfjorden juli 2005 (foto: Knut Bjørndalen)



**Figur 29.** Variasjoner i microcystin i Storefjorden, Vanemfjorden og Grimstadkilen 2005

### 6.3 Klorofyll-a

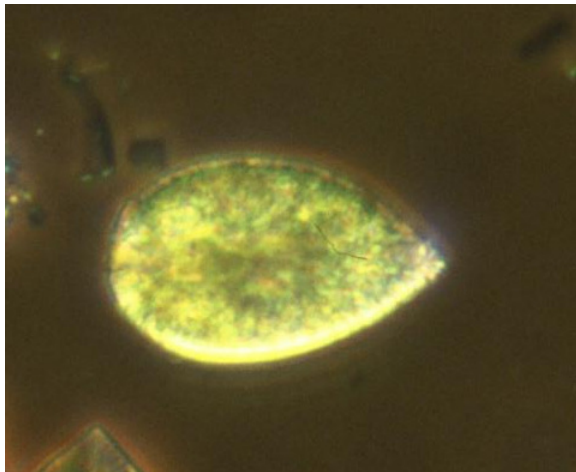
Klorofyll-a er et pigment som er spesifikt for fotosyntetiserende organismer og i innsjøens vannmasser benyttes dette som et mål på fytoplanktonbiomassen.

Variasjonene i klorofyll-a følger i stor grad variasjonene i algevolumberegningene. Begge parameterene er et mål for planteplanktonets mengde, men de nærmer seg det dette målet på to svært ulike måter. Det vil derfor være en viss variasjon avhengig av hvilke arter som dominerer planktonsamfunnet og av andre ytre forhold som for eksempel lystilgang.

Den gjennomsnittelige klorofyll-a konsentrasjonen i Storefjorden var 6,3 µg/l. Den høyeste verdien ble målt den 1. august og var på 9,7 µg/l.

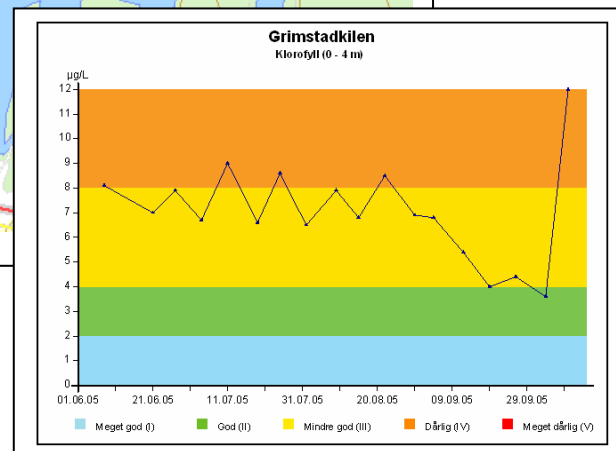
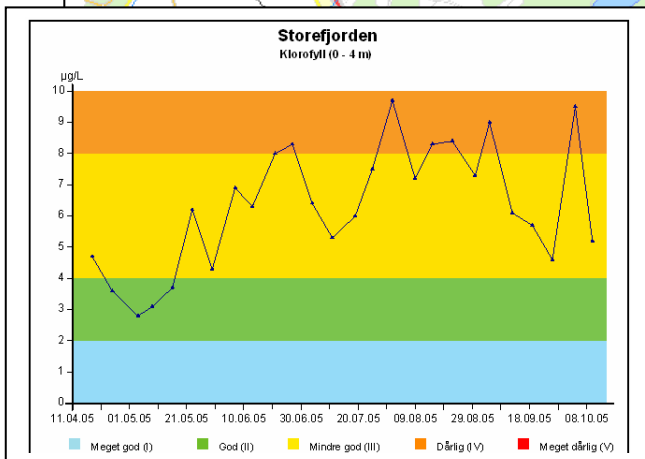
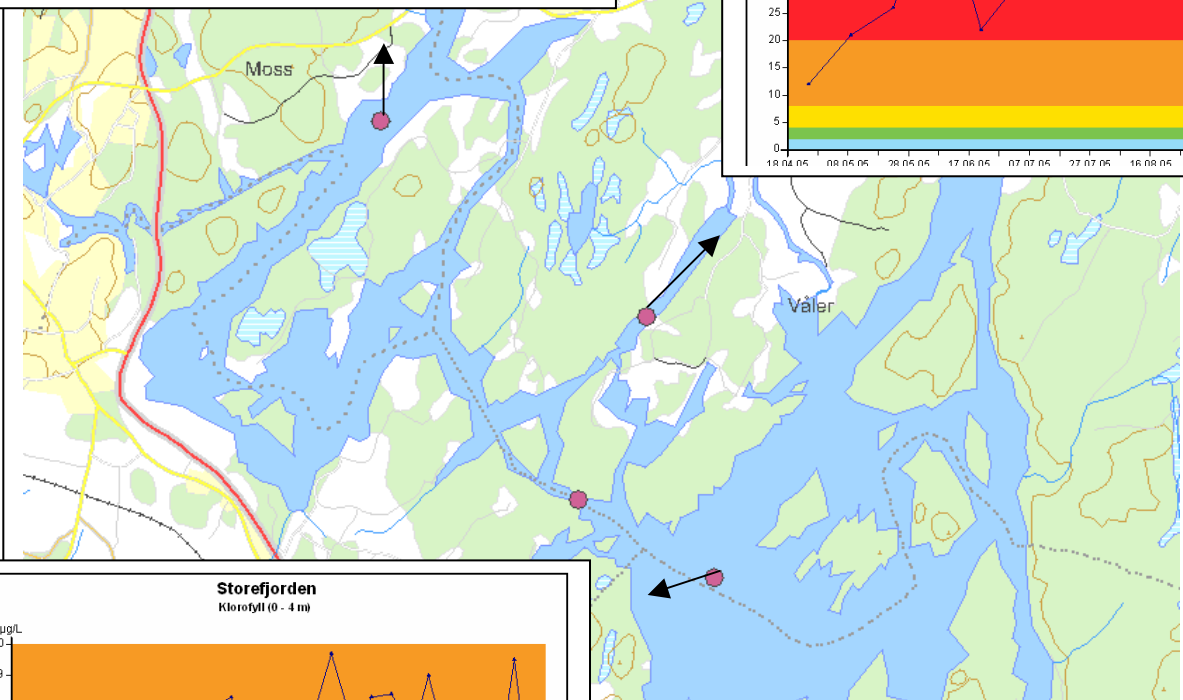
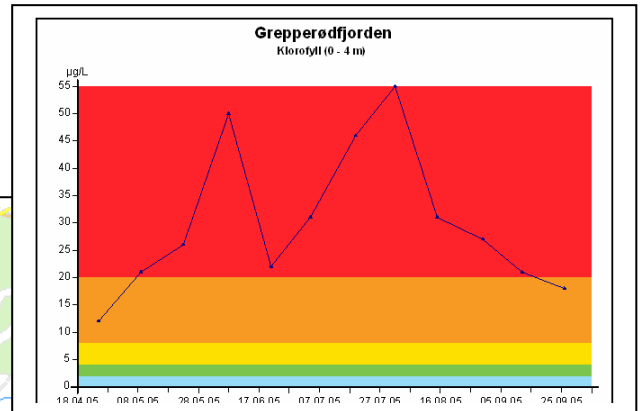
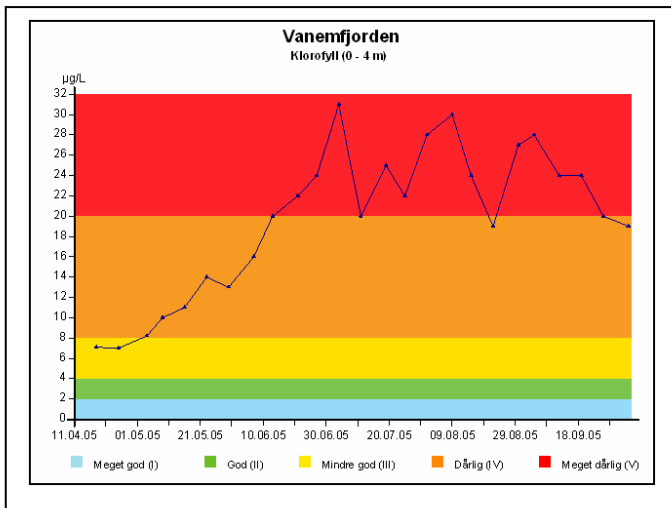
Den gjennomsnittelige konsentrasjonen i Vanemfjorden var 19,7 µg/l. Den høyeste verdien ble målt den 4. juli og var på 31 µg/l. Dette var under oppblomstring av blågrønnalger i Vanemfjorden.

Den gjennomsnittelige klorofyll-konsentrasjonen i Grepperødfjorden var 30 µg/l. Den høyeste verdien ble målt den 1. august og var på 55 µg/l. Denne høye verdien skyldes masseforekomst av problemalgen *Gonyostomum semen*.



**Figur 30.** Algen *Gonyostomum semen* i Grepperødfjorden (foto: Knut Bjørndalen)





**Figur 31.** Variasjoner i klorofyll-a i Storefjorden, Vanemfjorden, Grepperødfjorden og Grimstadkilen 2005

## 6.4 Måling av klorofyll-a in situ med fluoroprobe

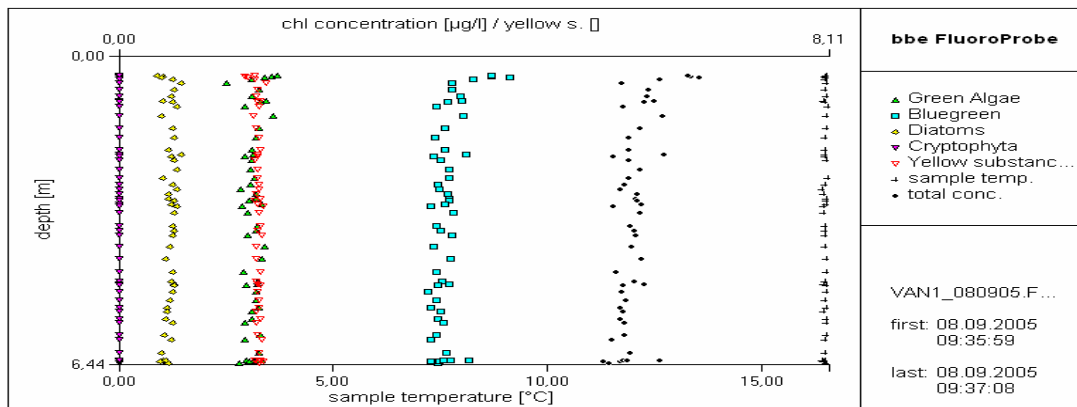
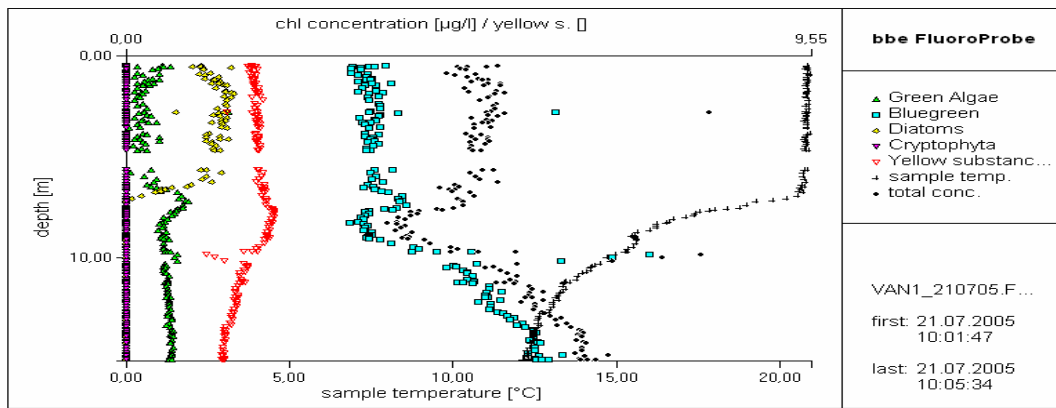
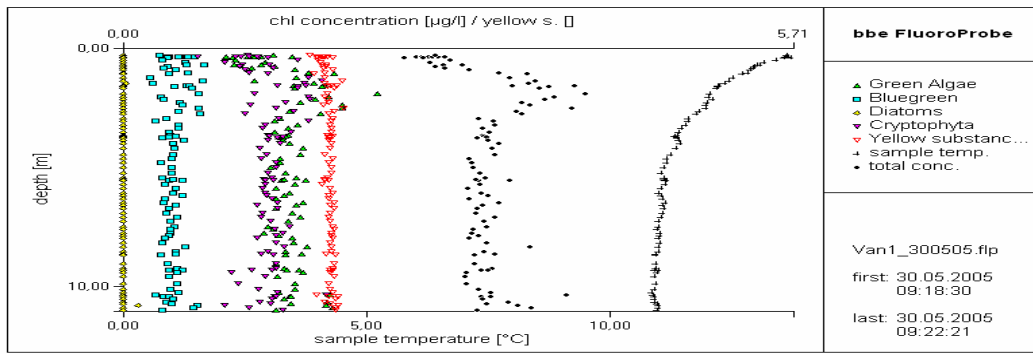
Måling av kl-a med fluoroprobe baseres seg på fluorescens, og er dermed ikke direkte sammenlignbar med de øvrige klorofyll-verdiene. Målingene med fluoroprobe sammenlignet med de øvrige klorofyll-a analysene viste varierende grad av samvariasjon. For å kunne nyttiggjøre seg et slikt instrument i større grad håper NIVA å kunne arbeide videre med en metodisk utprøving av fluoroprobe i lokaliteter med forskjellig algesammensetning, Vansjø-materialet vil bli benyttet i denne sammenheng. (Mer informasjon om fluoroproben finnes på <http://www.bbe.moldaenke.de>).

Fluoroprobemålingene er allikevel allerede nå nyttige for å få et inntrykk av vertikalvariasjonene av planteplanktonet gjennom sesongen..

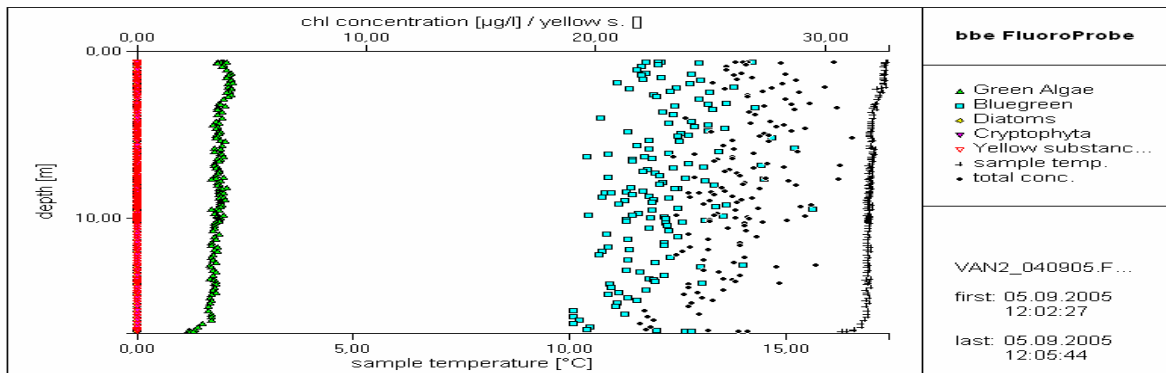
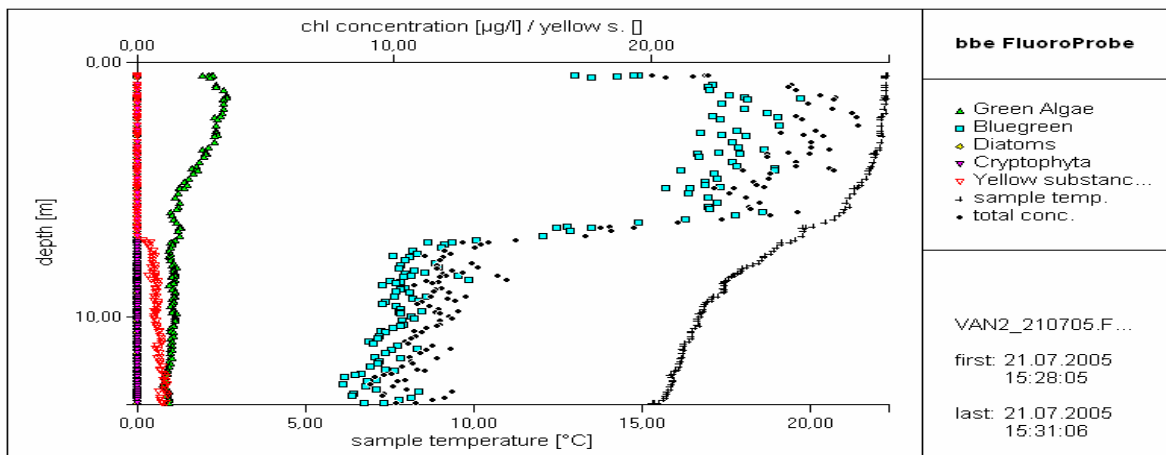
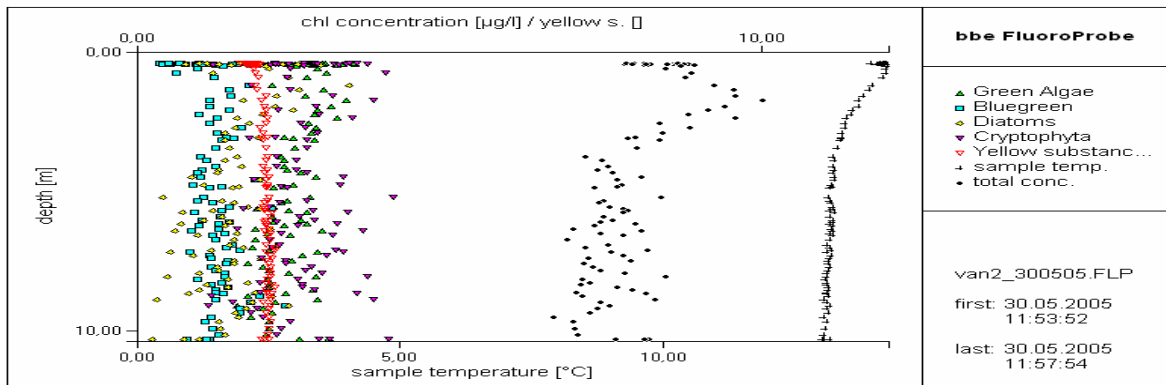
Figur 27 viser eksempler på vertikalvariasjonene til planteplanktonet på våren, om sommeren og på høsten. Når vannmassene ikke har utviklet en tydelig temperatursjiktning (vår og høst) er algemengden stort sett likt fordelt gjennom vannmassene. Når det forelå en markert temperatursjiktning ble det påvist en økning av algemengden i området rundt og under sprangsjiktet. Fluoroprobemålingene viste at det var blågrønnalgene (bl.a. *Planktothrix*) som var årsaken til denne økningen i sprangsjiktet. En økning i sprangsjiktet skyldes at blågrønnalgene (her *Planktothrix*) tilpasser seg et dyp som er optimalt mht ulike vekstfaktorer som lys- og næringstilgang. *Planktothrix* er en alge som klarer seg med lite lys og vil kunne leve på et dyp hvis næringstilgangen er god.

Figur 27 viser algesituasjonen i Vanemfjorden på samme tid. I Vanemfjorden ble den største planktonmengdene påvist i overflaten. Dette skyldes at de dominerende blågrønnalgene *Microcystis* og *Anabaene* er avhengig av mye lys, samtidig som lystilgangen i Vanemfjorden på denne tiden er svært begrenset pga stor algemengde og uorganiske partikler i vannet.

Målingene med fluoroprobe i Grepperødfjorden var metodisk mer problematisk enn i Storefjorden og Vanemfjorden. Planktonsamfunnet i Grepperødfjorden er dominert av problemalgen *Gonyostomum semen*. Fluoroprobemålingen klarte bare i liten grad å registrere denne algen.



**Figur 32.** Planteplanktonets vertikalfordeling i Storefjorden den 30.mai, 21.juli og den 8.sept 2005.



Figur 33. Planteplanktonets vertikalfordeling i Vanemfjorden den 30. mai, 21. juli og den 5. sept. 2005

## 6.5 Dyreplankton

Dyreplankton er en viktig parameter i innsjøer som Vansjø for forståelse av innsjøen som økosystem og for en vurdering av innsjøens utvikling. Planteplanktonet er hovednæringen til dyreplanktonet og variasjoner i dyreplanktonet vil derfor i stor grad følge mengden planteplankton. På den annen siden spiser flere fiskearter dyreplankton slik at fiskesamfunnet også vil kunne påvirke dyreplanktonsamfunnet i stor grad.

Dyreplanktonet domineres av tre hovedgrupper; vannlopper, hoppekreps og hjuldyr. Analyse av dyreplankton er spesielt nyttig hvis en skal utprøve fiskebiologiske tiltak for å begrense algemengden.

### Resultater

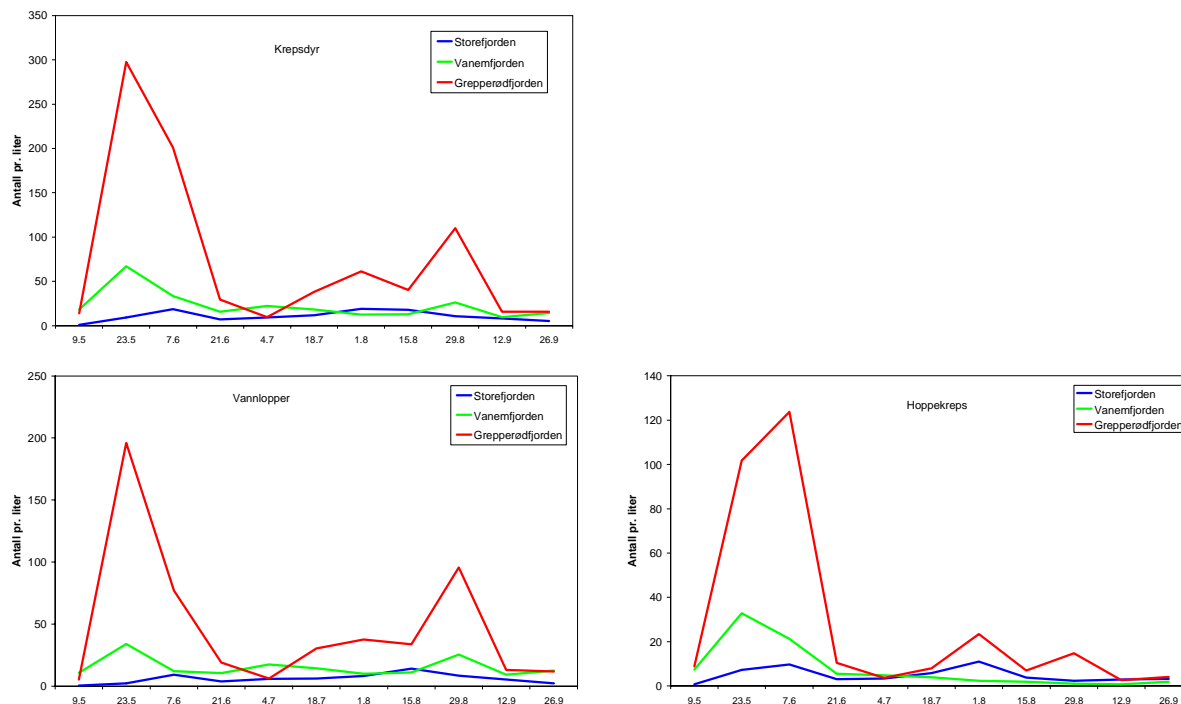
Det var stor forskjell i tetthet av zooplankton mellom bassengene. Tettheten lå vesentlig høyere i Grepperødfjorden enn i de to andre bassengene (Figur 34). I Storefjorden lå tettheten forholdsvis jevnt lavt, mens i de to nedre bassengene var tettheten markert høyest om våren (mai-juni). Også i august fikk vi en topp i total tetthet, spesielt i Grepperødfjorden. Både vannlopper og hoppekreps bidro til disse sesongsvingningene (Figur 34).

Middel tetthet og standard avvik (SD, et uttrykk for variasjon mellom prøver) er vist for tre stasjoner i Tabell 2. Siden det er stor forskjell i SD mellom seriene fra ulike stasjoner er det også vist medianverdier. Tettheten øker langs gradienten de tre stasjonene representerer.

**Tabell 2.** Tetthet av krepsdyrplankton (dyr/liter) i Vansjø 2005.

Stasjon	Median	Aritm. middel	Standard avvik
Storefjorden	9,3	10,8	5,8
Vanemfjorden	18,3	22,9	16,1
Grepperødfjorden	38,4	75,8	92,9

Resultatene fra 2005 avviker noe fra tilsvarende resultater i 1979-80 (Bjørndalen & Warendorph 1982). Også i 1979-80 var det Grepperødfjorden som hadde høyest tetthet. Her lå tettheten på omtrent samme nivå i 2005 som tidligere, men perioden med høy tetthet fra juni varte mye kortere i 2005. Både i Storefjorden og Vanemfjorden lå tetthetene i 1979-80 høyere enn i 2005. Forskjellene mellom bassengene synes å ha økt. Vannloppen *Limnospira frontosa* forekommer nå regelmessig, og synes å være en ny art i forhold til 1979-80. Denne arten synes å være i ekspansjon på Østlandet generelt.



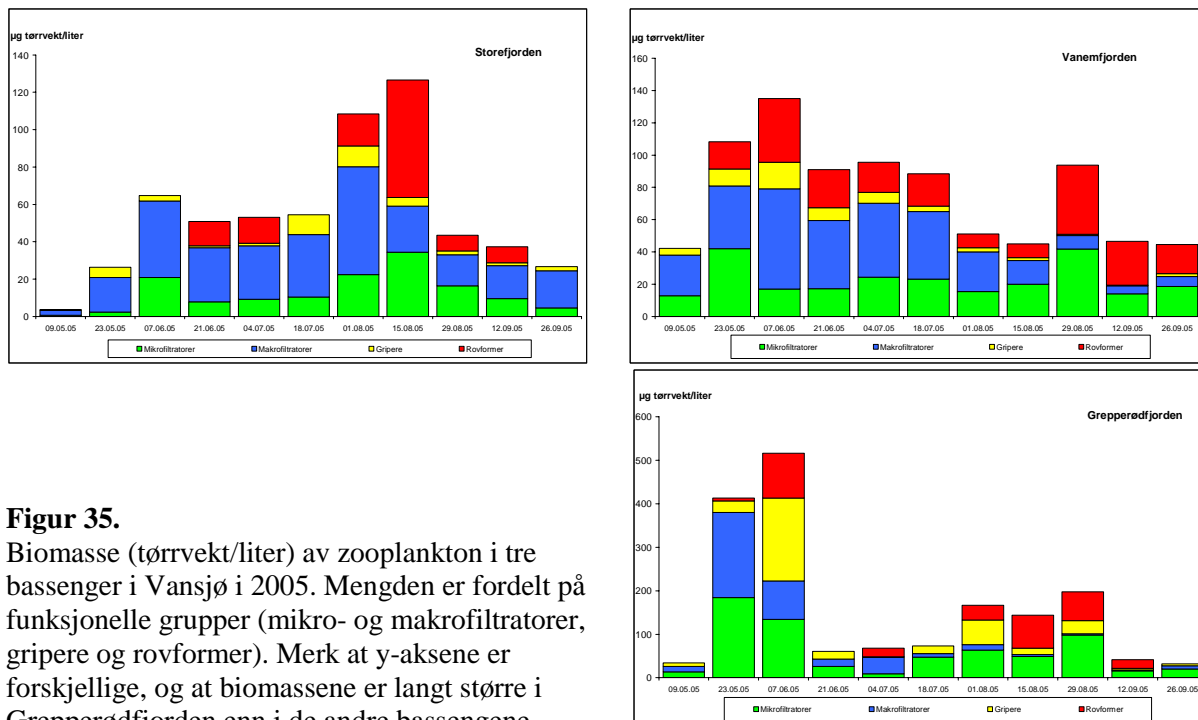
**Figur 34.** Tetthet av zooplankton i tre bassenger i Vansjø 2005. De tre panelene viser totalt antall krepsdyr, og de to hovedgruppene vannlopper og hoppekreps separat. Merk at y-aksene er forskjellige.

Nivået av zooplankton biomasse lå høyt i Grepperødfjorden, lavere i Vanemfjorden og lavest i Storefjorden (**Tabell 3**). Middelveien for Grepperødfjorden var høy sammenlignet med norske innsjøer (Faafeng m.fl. 1990). Merk at biomassen er systematisk underestimert i denne prøveserien, siden grov filtrering slapp små krepsdyrlarver og de fleste hjuldyr gjennom.

**Tabell 3.** Biomasse av krepsdyrplankton ( $\mu\text{g}$  tørrvekt/liter) i Vansjø 2005.

Stasjon	Median	Aritm. middel	Standard avvik
Storefjorden	50,9	54,1	35,7
Vanemfjorden	90,3	77,8	31,6
Grepperødfjorden	74,5,	159,2	162,8

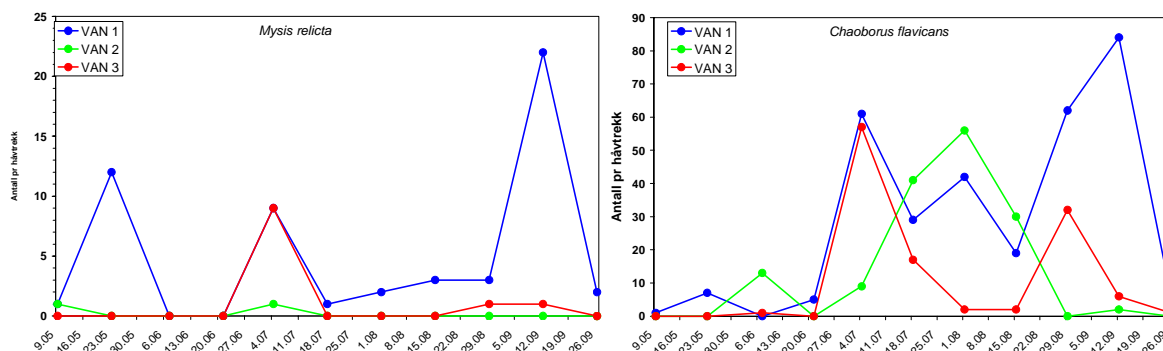
Utviklingen biomasse er vist i **Figur 35**. Her er zooplanktonet delt inn i funksjonelle grupper etter næringsopptak. I denne sammenheng er gruppen mikro- og makrofiltratorer av spesiell interesse, siden de beiter på planteplankton (og andre partikler). Filtratorene omfatter vannlopper og noen calanoide hoppekreps, mens griperne utgjøres først og fremst av cyclopoide hoppekreps. Blant rovformene inngår enkelte store arter blant både vannlopper og hoppekreps.



**Figur 35.** Biomasse (tørrvekt/liter) av zooplankton i tre bassenger i Vansjø i 2005. Mengden er fordelt på funksjonelle grupper (mikro- og makrofiltorerer, gripere og rovformer). Merk at y-aksene er forskjellige, og at biomassene er langt større i Grepperødfjorden enn i de andre bassengene.

Det var først og fremst svært høy biomasse i mai-juni som skiller Grepperødfjorden fra de andre bassengene. Mellom 7. og 21. juni kollapset tetthet og biomasse for de fleste artene, og dermed også totalestimatet. I 1979 og 1980 opprettholdt zooplanktonet høy biomasse til ut i august (Bjørndalen & Warendorph 1982). Det tidlige sammenbruddet i populasjonen i 2005 kan tyde på at beitetrykket fra pelagisk fisk har økt.

I alle tre bassengene domineres planktonsamfunnet av små arter. Dette gjelder spesielt for mikro- og makrofiltorerene. De viktigste av disse er to arter av *Daphnia* (*D. cristata* og *D. cucullata*). Selv store individer av disse var stort sett < 1,2 mm lange. Disse artenes beite-effektivitet henger sammen med kroppsstørrelsen. Planktonsamfunnet forteller om et hardt press fra pelagisk beitende fisk, og dets evne til å kontrollere algemengdene må forventes å øke dersom man får desimert fiskebestandene.



**Figur 36.** Forekomst av *Mysis relicta* og *Chaoborus flavicans* i håvtrekk i tre bassenger i Vansjø 2005.

I prøver tatt med vertikale håvtrekk forekom det to store arter som ikke var representert i de kvantitative prøvene. Dette er pungreken *Mysis relicta* og larver av svevemyggen *Chaoborus flavicans*. Begge disse er rovdyr. *Mysis* beiter først og frest mindre krepsdyrplankton, mens *Chaoborus* tar både mindre krepsdyr og store hjuldyr. Siden de er store er de også selv sterkt utsatt for predasjon fra fisk. Derfor oppholder de seg gjerne i dypet av innsjøene når det er dagslys. *Chaoborus* kan også grave seg ned i bunnsedimentet, og tåler oksygenmangel godt. Forekomsten av disse artene er vist i Figur 36.

*Mysis* forekom nokså regelmessig i prøvene fra Storefjorden, og sporadisk i de to andre bassengene. *Chaoborus* forekom i større tetthet, og hadde markerte perioder med forekomst i alle tre bassenger. Her skilte Vanemfjorden seg noe ut fra de andre med en markert topp tidlig i august. I de to andre bassengene var det to topper i juli og september. Disse to toppene synes å representere dyr som skal forpuppe seg og bli til mygg i juli (en del pupper er med i antallet), og en ny generasjon små larver i september.



## 7. Typifisering og klassifisering av Vansjø

På bakgrunn av overvåkingsresultatene i 2005 er Vansjø typifisert etter den reviderte typologien for norske innsjøer. Med bakgrunn i høyde over havet, middeldyp, størrelse, alkalitet og farge tilhører Vansjø type L-N8. Typifiseringen av norske innsjøer er nødvendig for å kunne sammenligne innsjøer med hverandre bl.a. i forbindelse med fastsettelse av naturtilstanden.

**Tabell 4.** Typifisering av Vansjø i forbindelse med revidert typologi for norske innsjøer

	Storefjorden	Vanemfj	Grepperødfj	Typebeskrivelse
Høyde o.h. (m)	25	25	25	Lavlandsinnsjø
Middeldyp (m)	9,2	3,7		Grunn innsjø
Størrelse (km <sup>2</sup> )	23,8	12		Middels/stor
Alkalitet (meq/l)	0,26	0,32	0,36	Moderat alkalitet
Farge (mg Pt/l)	41	35	43	Humøs
Innsjøtype				<b>L-N8</b>

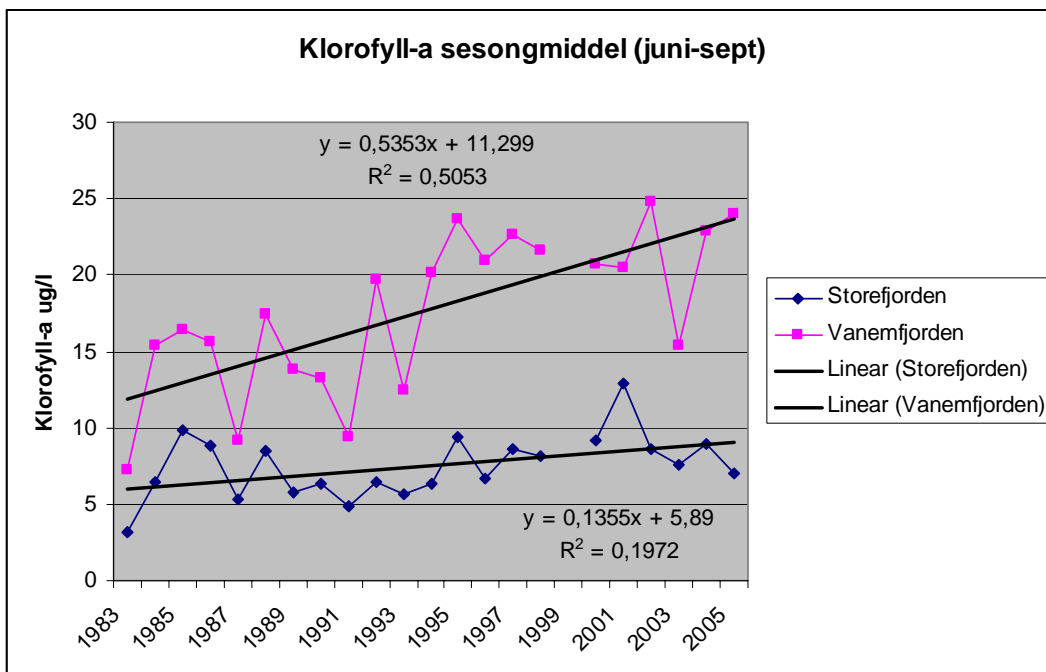
Med bakgrunn i overvåkingsresultatene for 2005 er Vansjø også klassifisert iht SFT tilstandskriterier. De oppgitte tall er gjennomsnittsverdier for perioden april-oktober, tallene er derfor ikke direkte sammenlignbare med tidligere overvåkingsresultater som gjelder perioden juni til september. Vansjø er også klassifisert etter andel problemalger som vil være en "ny" parameter i forbindelse til nytt biologisk klassifiseringssystem i forbindelse med implementering av vanddirektivet. Som det framgår av figuren er Storefjorden klassifisert i området "mindre god" og "dårlig." Vanemfjorden er klassifisert som "dårlig," mens Grepperødfjorden er klassifisert som "dårlig" og "meget dårlig" mht gjennomsnittelig mengde.

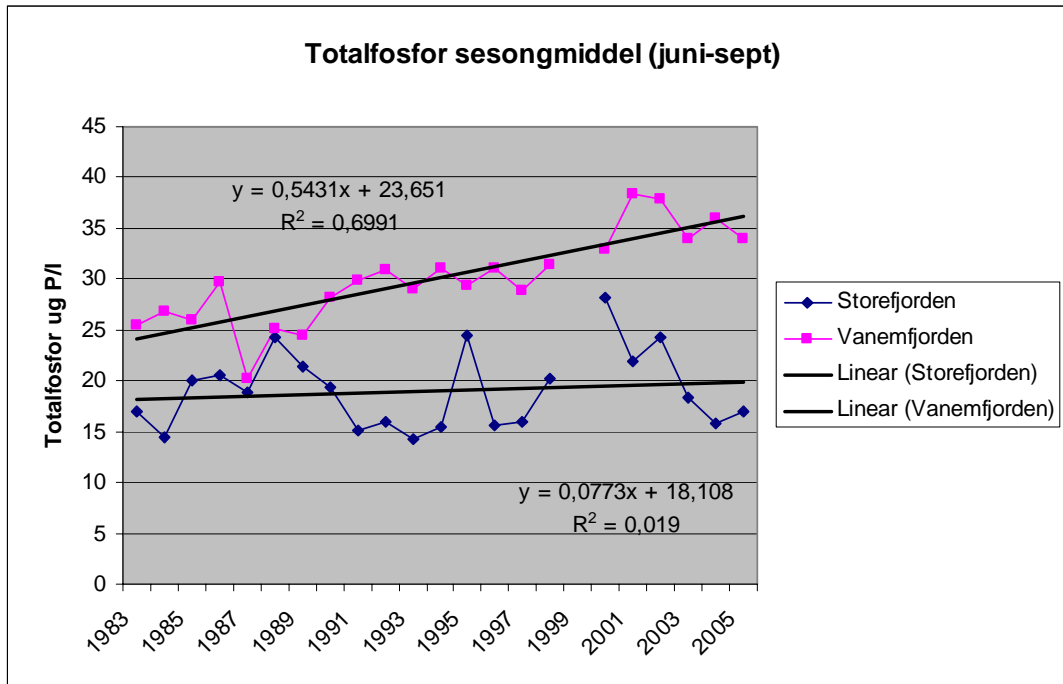
**Tabell 5.** Klassifisering av Vansjø iht SFTs klassifisering av tiltand. Fargen gul tilsvarer tilstandsklasse III "mindre god", fargen oransje tilsvarer tilstandsklasse IV "dårlig", og fargen rød tilsvarer tilstandsklasse 5 "meget dårlig" Andel blågrønnalger og andel blågrønnalger er grensen mellom god og moderat økologisk status i forslag til klassifisering av innsjøer basert på biologiske parametere.

	Storefjorden	Vanemfjorden	Grepperødfj
Totalfosfor (ug/l)	19,1	32,9	31,3
Klorofyll-a (ug/l)	6,3	19,2	30,0
Siktedyp (m)	1,8	1,1	1,3
TOC (mg C/l)	7,5	7,4	8,7
Farge (mg Pt/l)	4,1	35,1	4,3
Suspendert stoff (mg/l)	3,4	8,1	-
Andel blågrønnalger (%)	9	62	1
Andel problemalger (%)	9	62	58

## 8. Situasjonen i 2005 sammenlignet med tidligere år

Nedenfor er dataene for 2005 satt sammen med historiske data for klorofyll-a og totalfosfor. For å si noe om trendutviklingen må dataene behandles ved hjelp av statistiske metoder, noe som ikke er gjort i denne rapporten. Med bakgrunn i figurene kan en allikevel se en fallende trend i Storefjorden for klorofyll-a og fosfor de siste 5 årene, se figur 36. En tilsvarende trend kan ikke påvises i Vanemfjorden, se figur 36.



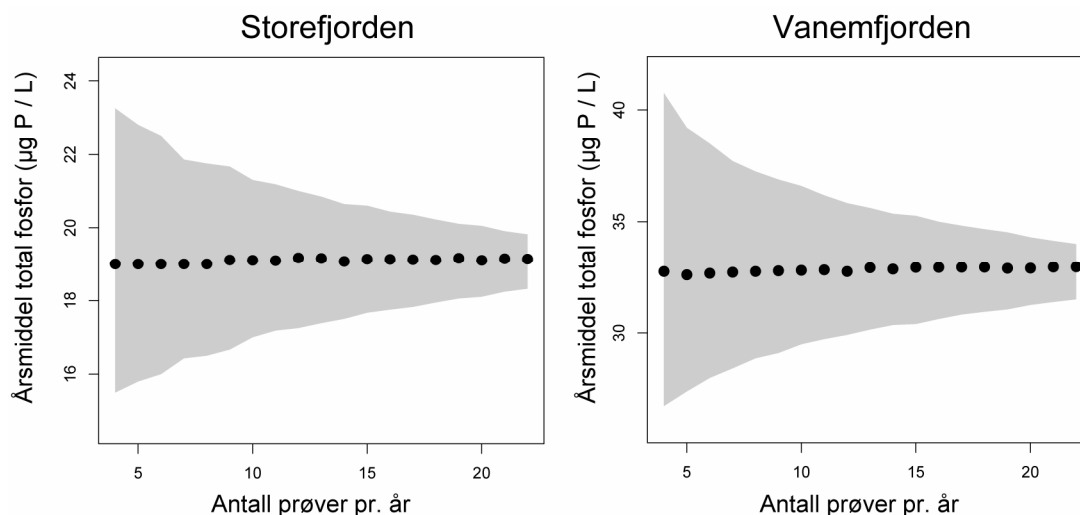


Figur 37..Historiske data for klorofyll-a og totalfosfor 1983-2005

## 9. Effektivitet og utsagnskraft i overvåkingsprogrammet

Hensikten med å overvåke innsjøer er å påvise forandringer i vannkvalitetsparametere, dels for å oppdage uheldige endringer og dels for å påvise forbedringer som følge av tiltak. Alle målinger er beheftet med usikkerheter, dels fra prøvetaking og -behandling, dels fra selve målemetoden og dels fra tilfeldige variasjoner i innsjøen. Dette medfører at man i de aller fleste tilfeller ikke kan påvise en endring ut fra enkeltmålinger. Man må alltid ha flere målinger for å kunne si om en forskjell er større enn variasjoner som skyldes måleusikkerhet og naturlige fluktuasjoner.

I årets overvåkingsprogram i Vansjø er det gjort ukentlige målinger på hovedstasjonene, noe som er hyppigere enn det som har vært vanlig så langt. Dette gir oss en mulighet til å vurdere hvor mye presisjon en vinner ved hyppigere prøvetaking. Denne typen informasjon kan brukes til å gjøre framtidige overvåkingsprogrammer mer kostnadseffektive. Vi har valgt å fokusere på total fosfor i denne analysen, selv om metoden som brukes er helt generell og kan lett brukes for andre parametere. Dels fordi total P er en semikonservativ parameter med lavere sesongvariabilitet en biologiske parametere som for eksempel klorofyll a, og dels fordi mange av miljømålene for Morsa vassdraget er uttrykt i nettopp total fosfor.



**Figur 39.**

Bootstrap-analyse uten tilbakelegging på middelverdien av tilfeldige utvalg av total fosforprøver fra Vansjø 2005. Svarte prikker er medianen av middelverdiene mens grå skravering indikerer et 95 % konfidensintervall for middelverdien.

Det foreligger i alt 26 målinger av total fosfor fra hovedstasjonene i Storefjorden og Vanemfjorden. Vi kan regne ut en middelverdi for hvert av disse settene av målinger. Disse middelverdiene vil typisk brukes til å vurdere om for eksempel total fosfor har avtatt i forhold til i fjor eller ikke. La oss tenke oss at vi velger ut tilfeldig 13 av de 26 målingene og regner middelverdien av dem. Dette vil tilsvare et overvåkningsprogram med prøvetaking hver 14. dag i vekstsesongen. Nå er det veldig mange måter å velge ut 13 av 26 mulige (10400600 for å være eksakt), så vi velger bare ut f.eks. 1000 av disse og regner middelverdien av hvert utvalg. Dette gir oss et utvalg av 1000 akkurat like sannsynlige middelverdier basert på 13 målinger. Vi uttrykker spredningen i dette utvalget som et 95 % konfidensintervall; - dvs. en nedre og øvre verdi som er slik at 95 % av utvalget ligger mellom dem. Da kan vi si at den sanne middelverdien av et utvalg på 13 prøver med 95 % sannsynlighet ligger innenfor konfidensintervallet. Denne prosedyren kalles gjerne bootstrapping ("å heise seg selv opp etter bukseselene" blir vel den nærmeste oversettelsen). Hvis vi gjentar bootstrappingen for andre utvalgsstørrelser får vi kurver (figur 38) som beskriver hvordan konfidensintervallet for årsmiddelverdien krymper når vi øker antall prøvetakinger. Vi ser at med 10 prøver pr. vekstsesong er 95 % konfidensintervallene fra 17 til 21,3  $\mu\text{g P / L}$  i Storefjorden og 29,4 til 36,4  $\mu\text{g P / L}$  i Vanemfjorden. Hvis vi dobler antall prøver til 20 reduseres konfidensintervallene til 18 – 20  $\mu\text{g P / L}$  i Storefjorden og 31,2 – 34,4  $\mu\text{g P / L}$  i Vanemfjorden. Det vil si at usikkerheten i middelverdien av total fosfor reduseres med i overkant av 50 % i begge bassenger ved å gå opp fra 10 til 20 prøvetakinger pr. år.

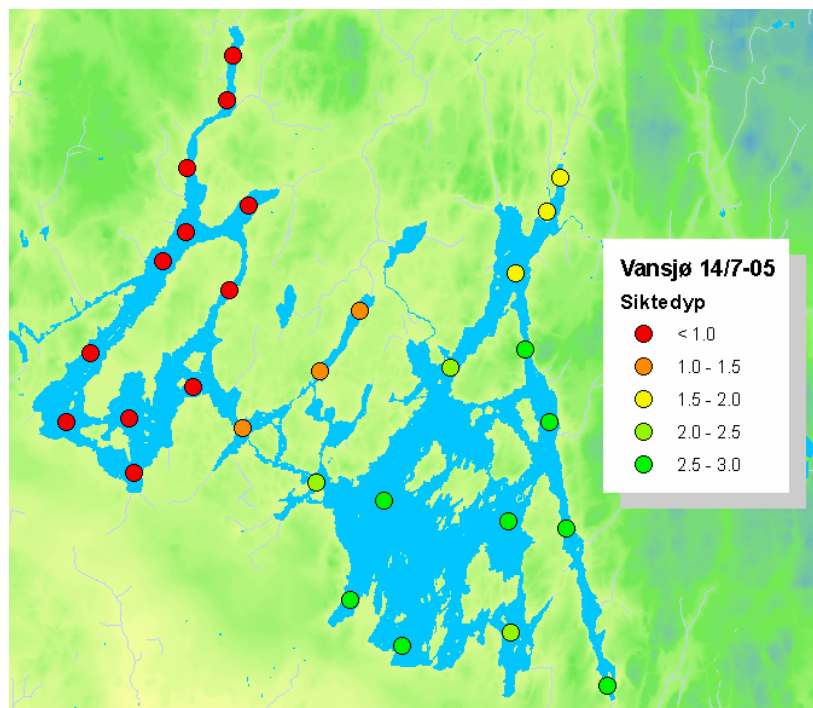
Årsmiddelverdier for total fosfor i Vanemfjorden har variert fra 29 til 38  $\mu\text{g P / L}$  i perioden fra 1995 til 2005 (Stålnacke et al. 2005). Vi ser av figur 7.1 at hvis vi har 5 prøvetakinger per år så vil årsmiddelverdien variere innenfor dette intervallet med 95 % sannsynlighet, selv om det ikke var noen endring. Med 10 prøvetakinger per år vil hopp på over 6  $\mu\text{g P / L}$  mellom to år (slik som måledata fra Vanemfjorden i 2000 og 2001 indikerer) kunne skje ved ren tilfeldighet i 5 % av tilfellene (1 av 20 ganger). Økningen i total fosfor i Vanemfjorden har gjennomsnittlig vært på ca 0,5  $\mu\text{g P / L}$  per år i perioden 1985 til 2005 (Stålnacke et al. 2005). Figur 7.1 viser at et program med 20 prøvetakinger i verste fall bare vil være i stand til å avdekke en endring i middelverdi på 3,2  $\mu\text{g P / L}$  fra ett år til det neste. En vil altså måtte flerdoble innsatsen hvis målet var å kunne påvise en endring i sesongmiddelverdi av total P på 0,5  $\mu\text{g P / L}$  med statistisk sikkerhet. Det er imidlertid tvilsomt om en slik økning i innsatsen ville være regningssvarende fordi år-til-år-variasjonene også inneholder en klimatisk komponent som en ikke kan justere for ved alene å øke prøvetakingsfrekvensen. En temmelig robust hovedkonklusjon som kan trekkes av denne analysen er at utsagnskraften til over-

våkningsresultatene forbedres jevnt med økende prøvefrekvens, og at det ikke er noen kritisk grense hvor konfidensintervallet avtar brått og hvor utsagnskraften øker ikke-proporsjonalt med innsatsen.

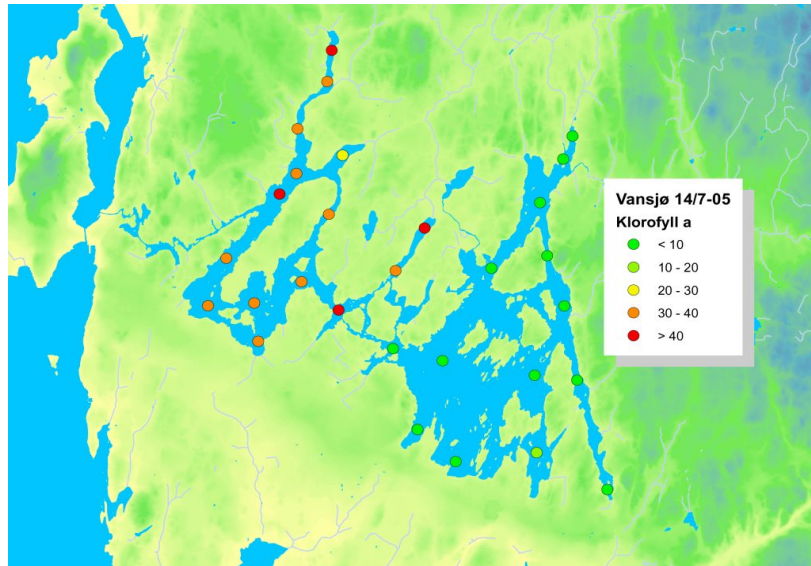
## 10. Romlig varibilitet i Vansjø

Romlig varibilitetraktiske og økonomiske rammer setter alltid begrensninger for hvor mange stasjoner som kan overvåkes rutinemessig i en innsjø. Det vil derfor alltid knytte seg usikkerhet til representativiteten av de stasjonene som er valgt og til hvor mange stasjoner en ideelt sett burde overvåket for å få et riktig bilde av situasjonen.. I et komplekst innsjøsystem som Vansjø er det spesielt viktig å finne ut hvor stor den romlige variasjonen er, og hvorvidt de stasjonene en velger å overvåke virkelig gir et representativt bilde av hele systemet. Det vil også være et spørsmål om hvorvidt forskjellige parametere har forskjellig varibilitet, og i hvilken grad dette bør innvirke på valg av overvåkingsparametere.

I denne undersøkelsen ble 29 stasjoner i Vansjø besøkt i løpet av samme dag (14. juli 2005). Stasjonene ble søkt valgt ut slik at alle fjordarmer og delbassenger av innsjøsystemet var inkludert, men det ble ikke gjort noe forsøk på å la alle stasjonene representere like arealer av innsjøen. På hver stasjon ble det tatt prøver til analyse av turbiditet, pH, TOC, totalt og partikulært fosfor og klorofyll. I tillegg ble det målt siktedyp, lys (TriOS Ramses multispektrale lysmålere) og fluorescens (BBE Fluoroprobe) på hver stasjon. Alle stasjoner ble posisjonsbestemt med GPS.

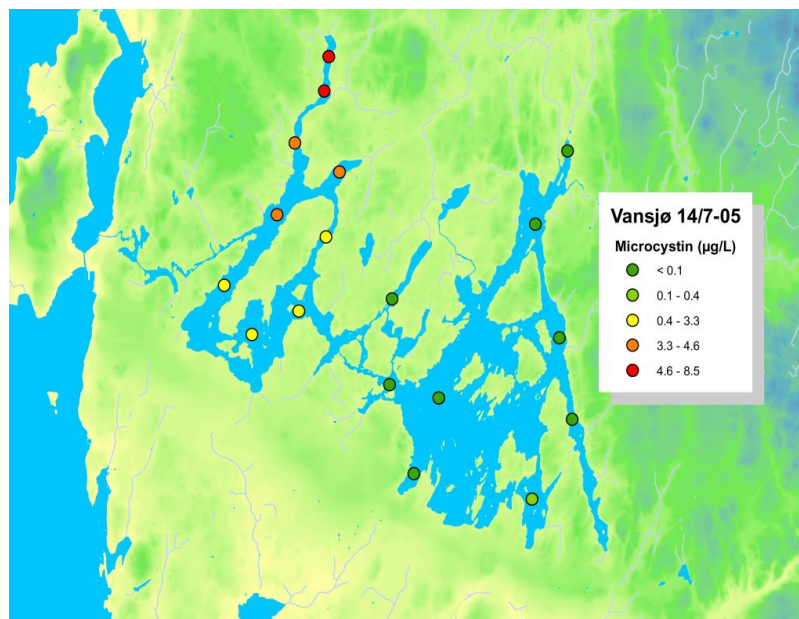


**Figur 40.** Siktedyp (m) på 29 stasjoner i Vansjø 14. juli 2005

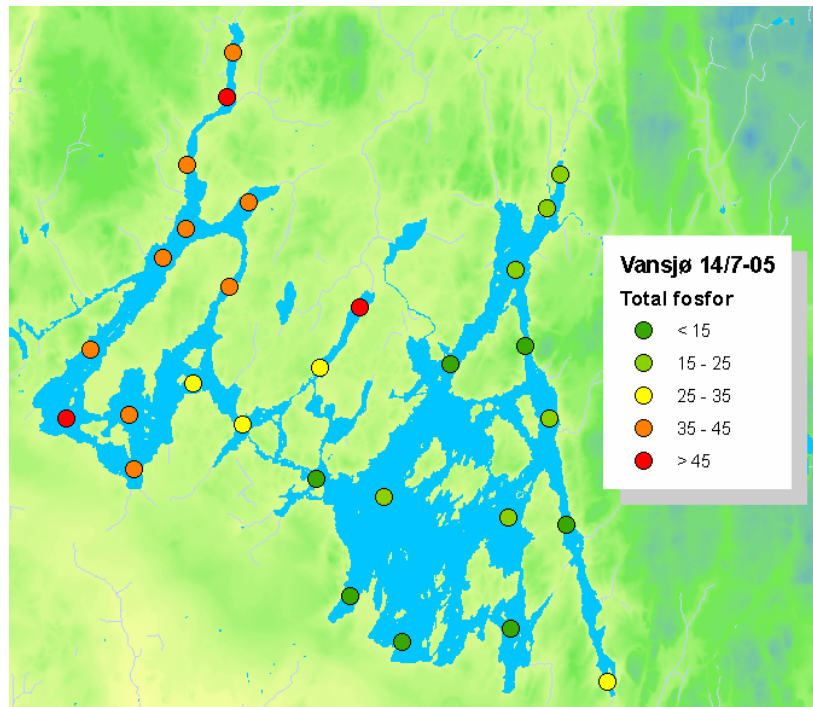


**Figur 41.** Klorofyll-a (ug/l) på 29 stasjoner i Vansjø 14.juli 2005

De forskjellige parametrene viser innbyrdes sammenhenger som forventet: Siktedyp avtar med økende turbiditet, total fosfor og klorofyll, mens disse parametrene har sterk positiv innbyrdes samvariasjon. Klorofyll målt på ekstrakter fra filter og ved *in vivo* fluorescens er sterkt korrelert, men de fluorescensbaserte verdiene er gjennomgående lavere. De to hovedbassengene Storefjorden og Vanemfjorden framstår som relativt homogene og distinkt forskjellige med hensyn på alle parametere (figurene 6.1 og 6.2 viser eksempler på dette for siktedyp og klorofyll). pH øker med klorofyllinnholdet slik at de høyeste verdiene (opp til 9,5) ble målt i Vanemfjorden. Grepperødfjorden atskiller seg fra de to hovedbassengene ved at det er høyere siktedyp og lavere pH i forhold til klorofyllinnholdet, noe som forklares av annen algesammensetning (dominans av *Gonyostomum*) og høyere humusinnhold enn i hovedbassengene.



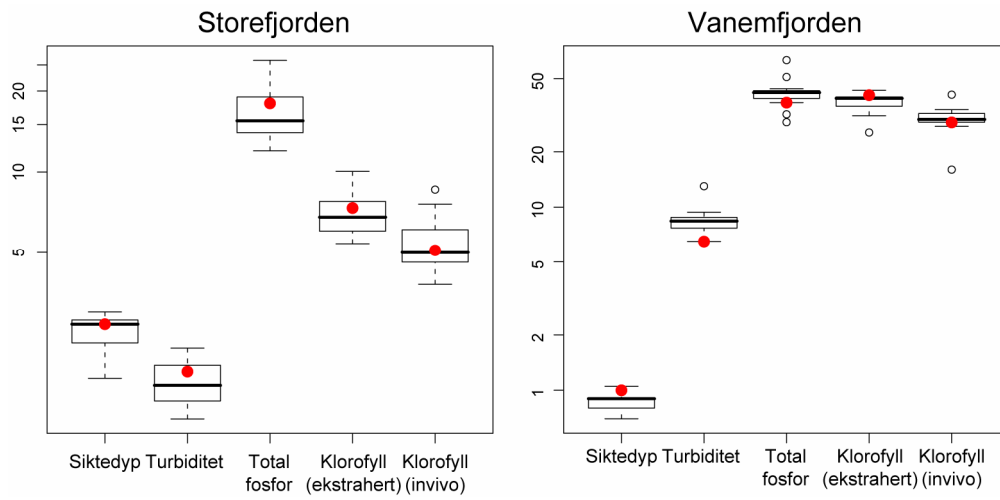
**Figur 42.** Microcystin (ug/l) på 29 stasjoner i Vansjø 14.juli 2005



**Figur 43.** Total fosfor ( $\mu\text{g P/L}$ ) på 29 stasjoner i Vansjø 14. juli 2005

Spørsmålet om representativiteten til hovedstasjonene må vurderes i forhold til den totale variasjonen innenfor hvert av bassengene. Figur 6.3 viser såkalte boksplokk av 5 aktuelle vannkvalitetsparametere (siktedyp, turbiditet, total fosfor og klorofyll (ekstrahert og *in vivo*)) for hvert av de to hovedbassengene. Et boksplokk viser medianen og de sentrale 50 % av fordelingen som en boks med en tykkere tverrstrekk, og forventet variasjonsbredde som vertikale streker ("whiskers"). Punkter som ligger utenfor den forventede variasjonsbredden er mulige avvikere ("outliers") som markeres med enkeltpunkter.

Hovedkonklusjonen fra figur 6.3 er at ingen av hovedstasjonene framstår som avvikende i forhold til resten av bassenget. I Storefjorden ligger alle verdiene fra hovedstasjonen innenfor de sentrale 50 % av målingene. Spredningen mellom stasjonene er større i Vanemfjorden, slik at det blir flere verdier som markeres som mulige avvikere. Men hovedstasjonen markeres aldri som mulig avvikere i Vanemfjorden, selv om flere av målingene fra denne stasjonen ligger utenfor de sentrale 50 % av verdiene. Det virker altså som at de hovedstasjonene som har vært brukt i overvåkingen er rimelig representative, og at en derfor av hensyn til kontinuiteten i dataseriene bør fortsette å bruke disse stasjonene. Det kan diskuteres hvorvidt den større variabiliteten i Vanemfjorden gir grunnlag for å øke antallet stasjoner som overvåkes rutinemessig i dette bassenget, men den eksisterende hovedstasjonen bør ligge fast.



**Figur 44.** Boksplott av 5 vannkvalitetsparametere i hovedbassengene i Vansjø 14. juli 2005. Verdier for hovedstasjonene er markert med røde punkter. Skalaen er logaritmisk for å kunne vise parametere med stor forskjell i tallverdi samtidig.



## Vedlegg A. Metodikk

### Feltmetodikk

Vannprøvene til kjemisk analyse og planteplankton ble hentet med en Ramberg-henter fra 0-4m dyp. Ved den regionale undersøkelsen i juli ble prøvene tatt fra overflaten. Bunnvannsprøvene ble hentet med en Ruttner-henter.

Siktedyp ble målt med secchi-skive som ble senket ned i vannet.

pH ble målt in-situ med standard pH glasselektrode.

Oksygen ble målt med YSI oksygenmåler med elektrode.

Klorofyll-a ved fluorescense ble målt med en FluoroProbe2 fra bbe Moldaenke GmbH og måler klorofyll-a fluorescensen (Eim: 685 nm) etter en eksitasjon av 5 pigmentgrupper (Ex: 450, 525, 570, 590 og 610 nm) i algene. Fluorescence-signalene tolkes av et software-program som regner om til mengde klorofyll-a ( $\mu\text{g/L}$ ) fordelt på de vanligste algegrupper i en innsjø.

Temperatur ble også målt med fluoroproben

### Analysemetodikk kjemiske analyser

Parameter	Metodikk
Suspendert stoff - gløderest	NS 4733
Vannets farge	Intern NIVA-metode
TOC	NS-ISO-8245
Orto-P	4724
Totalfosfor	4725
Totalnitrogen	NS 4743
Nitrat	NS 4745
Klorofyll-a	NS 4767
Klorofyll-a (regional undersøkelse)	Fluorometri
Silikat	Intern NIVA-metode
Microcystin	Elisa test (Biosense)

### Analysemetodikk biologiske analyser

#### Planteplankton

Planteplanktonet ble analysert i omvendt mikroskop etter metode av Willén (1976).

#### Dyreplankton

De kvantitative prøver ble tatt med en 3L vannhenter (Limnos-henter). Prøve fra ulike dyp ble slått sammen til en blandprøve for hver stasjon. Blandprøvene ble filtrert gjennom 250  $\mu\text{m}$  planktonduk, vasket ned på prøveflaske og konserverert med Lugols løsning. I tillegg til kvantitative prøver ble det tatt vertikale håvtrekk (håvens diameter 30 cm, maskevidde 250  $\mu\text{m}$ ) på hver stasjon. Disse ble tatt fra overflate til 1 m over bunn og opp igjen (f. eks. 0-35-0 m på stasjon VAN1).

**Tabell 6.** Oversikt over prøvetaking av zooplankton i Vansjø mai –september 2005

Stasjon	Kode	Dyp (m)	Volum (l)	Dyp håvtrekk (m)
Storefjorden	VAN1	0, 3, 6, 9, 12, 15, 18	21	35
Vanemfjorden	VAN2	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12	21	12
Grepperødfjorden	VAN3	0, 1, 2, 3, 4, 5	18	5

Prøvene ble opparbeidet under stereolupe med 60-400 X forstørrelse. Prøven ble overført til en enkel tellesleide, og alle identifiserbare grupper og arter ble talt. Dette omfatter alle krepsdyr, men bare en art av hjuldyrene (*Asplanchna priodonta*) var stor nok til å bli holdt igjen i filtreringen. Prøvene ble normalt talt opp i sin helhet. I to tilfeller (St. VAN3 23.05 og 7.06) var antallet dyr så høyt at prøven ble subsamlet. Dette besto i å ta ut fire delprøver vha. en pipette mens prøven ble blandet godt. Antallet i delprøvene ble så midlet og ganget opp til prøvevolumet. Deretter ble hele prøven undersøkt for arter med lav forekomst, og disse ble talt i hele prøven.

Krepsdyrene ble også lengdemålt vha. et okularmikrometer for omregning til biomasse. Denne er uttrykt som  $\mu\text{g}$  tørrvekt pr individ. For konvertering fra lengde til biomasse ble det benyttet et formelverk sammenstilt for prosjektet "Landsomfattende undersøkelse av trofi-tilstanden i 355 innsjøer i Norge" (Faafeng m.fl. 1990).

På grunnlag av antall, biomasse og volumet som prøvene representerte ble tetthet og biomasse av de enkelte arter beregnet.

## Vedlegg B. Referanser

- Bjørndalen, K. & H. Warendorph. 1982. Vansjø. Hydrografi og plankton i en innsjø med kompleks bassengform. Hovedoppgave i limnologi. Inst. For marinbiologi og limnologi, UiO.
- Faafeng, B, P. Brettum & D. Hessen. 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofi-tilstanden i 355 innsjøer i Norge. Statlig program for forurensningsovervåking Rapport 389/90. NIVA-rapport Lnr. 2355.
- Lyche-Solheim, Vagstad, N., Kraft, P., Løvstad, Ø., Skoglund, S., Turtumøygard, S. & Selvik, J.R. 2001. Tiltaksanalyse for Morsa (Vansjø-Hobøl-vassdraget). Sluttrapport. NIVA-report 4377: 104 s.
- Willén, E. 1976. Metodikk vid växtplanktonundersökningar. Naturvårdsverkets limnologiska undersökning. 45s.
- Stålnacke, Per, A.L.Solheim, M. Bechmann 2005. Utvikling av vannkvaliteten I Vansjø og Hobølelva. En foreløpig analyse av tidsserier. NIVA-rapport 4937. 30s.