Statlig program for forurensningsovervåking
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden

Rapport: 951/2006
TA-nummer: 2174/2006
ISBN-nummer: 82-577-4950-8

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning

• Miljøforholdene i • Sørfjorden 2005

Rapport 951 2006

Delrapport 2. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005

Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Prosjektleder: Anders Ruus
Medarbeidere: Jarle Molvær
Merete Schøyen

Forord

NIVA har i 2005 gjennomført overvåking av oksygenforhold samt konsentrasjon av nitrogen i indre del av Sørfjorden innenfor Statlig program for forurensnings-overvåking, administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Kostnadene ble delt mellom Odda kommune (80%) og SFT (20%). I tillegg ble det gjort undersøkelser av total fosfor i vannmassen, betalt av Odda kommune.

Prosjektet ble utført i samarbeid med Hardanger Miljøsenter i Odda (Alex Stewart Environmental Services A/S), som har hatt ansvar for feltarbeidet og analysene. Vi takker spesielt Frode Høyland, Arild Moe og Synnøve Underdal for godt samarbeid.

Ved NIVA har forskningsassistent Merete Schøyen hatt ansvaret for tilrettelegging av de hydrofysiske og vannkjemiske dataene, mens Jarle Molvær har ledet undersøkelsene og har skrevet rapporten. Anders Ruus har vært prosjektleder.

Oslo, 8.6.2006

Anders Ruus

Innhold

1. Sammendrag 5
2. Summary 6
3. Innledning 7
3.1 Topografi 7
3.2 Tilførsler av ferskvann, nitrogen, fosfor, og oksygenforbrukende materiale 8
3.3 Formål med overvåkingen i 2005 10
4. Feltarbeid og metoder 11
5. Resultater og diskusjon 12
5.1 Temperatur og saltholdighet 12
5.3 Nitrogenkonsentrasjon i vannmassen 13
5.4 Oksygenforholdene 17
5.5 Fosforkonsentrasjon i vannmassen 21
6. Litteratur 22

Vedlegg A: Måle- og analysemetoder
Vedlegg B: Data

1. Sammendrag

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden i 2005 gir en beskrivelse av oksygenforhold og konsentrasjonen av nitrat og total fosfor i fjordens innerste del. Tidligere års undersøkelser har vist at utslippet av nitrogenholdig dicykalk fra Odda Smelteverk var hovedårsaken til oksygenproblemene i denne delen av fjorden. Utslippet stoppet høsten 2002 og overvåkingen i 2003, 2004 og 2005 har tatt sikte på å skaffe informasjon om utviklingen mht. oksygen og nitrat i vannmassene. I tillegg har Odda kommune ønsket oppdatert informasjon om konsentrasjonen av fosfor i vannmassene på strekningen Havnebassenget - Lindenes.

Resultatene fra 2005 leder til følgende konklusjoner:

1. Etter 2002 forbedret oksygenforholdene seg vesentlig, en forbedring som tilsvarer to vannkvalitetsklasser. Årsaken var mindre oksygenforbruk etter stopp i utslippet fra Odda Smelteverk.
2. Det har vært en positiv utvikling av oksygen og bedre levevilkår for fisk og andre marine organismer, men prøvene fra bunnvannet i havnebassenget tyder på at det fortsatt foregår en utlekking av nitrogen fra avsetningene av dicykalk på bunnen av havnebassenget. Tilstanden har derfor neppe stabilisert seg ennå.
3. Det er fortsatt et betydelig oksygenforbruk pga. utlekking av nitrogen fra sedimentene i havnebassenget, men forholdene bestemmes nå i stor grad av vannutskiftningen. Ulik vannutskiftning er sannsynligvis hovedgrunnen til noe ulike konsentrasjoner av nitrogen og oksygen i 2004 og 2005.
4. Vannprøver som ble analysert for total fosfor i 2004 viste uventet lave konsentrasjoner. Prøvene i 2005 bekreftet at dataene fra 2004 var upålitelige. Flere prøver tas i 2006 og det gjøres deretter en samlet vurdering av resultatene for 2005-2006.

Ved avslutning av 2006-undersøkelsen bør man vurdere om overvåkingsprogrammet kan forenkles.

2. Summary

The present report from monitoring of water quality in the Sørfjord during 2005 describes oxygen conditions and concentrations of nitrate and total phosphorus in the inner part of the fjord. Previous studies have shown that the discharge of dicy from Odda Smelteverk caused serious oxygen problems in this part of the fjord. The factory closed down in November 2002 and afterwards the monitoring has focussed on the development regarding oxygen and nitrate in the southern part of the fjord. In addition the Odda community needs updated information regarding concentrations of total phosphorus in the same area.

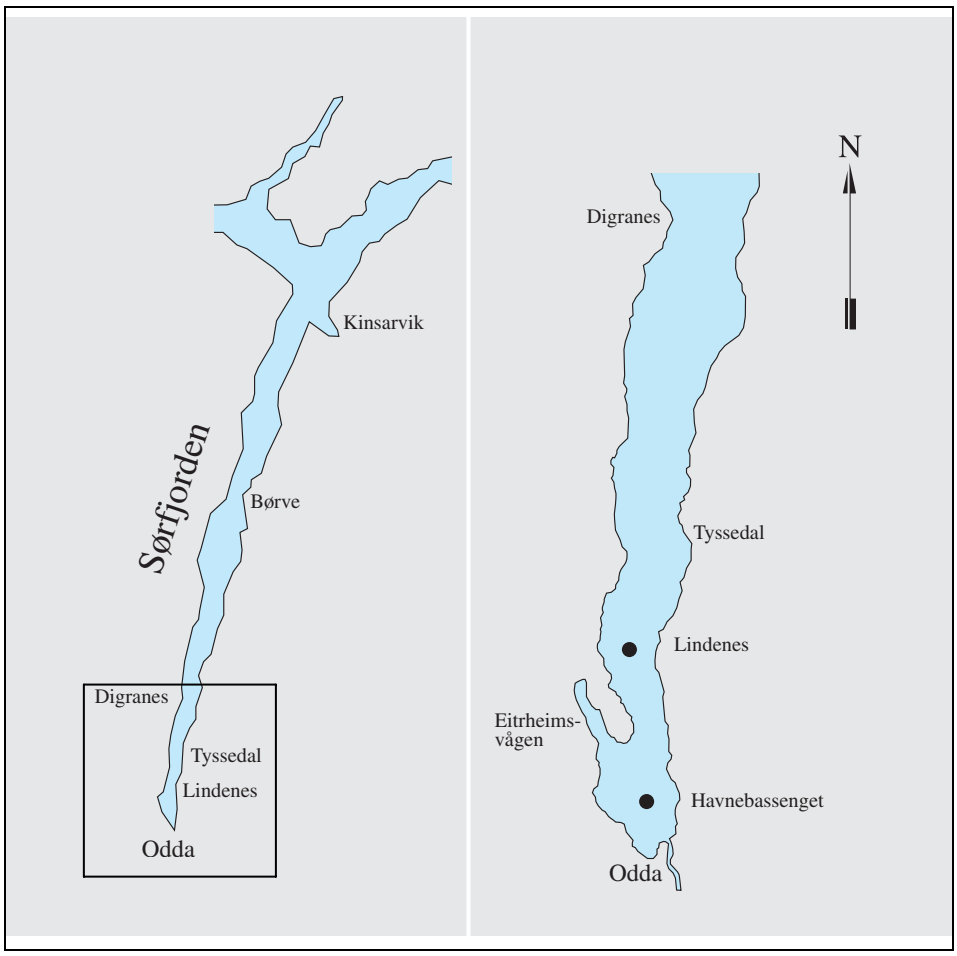
The main conclusions from monitoring in 2005 are:

- The improvement in oxygen concentrations that was found in 2003-2004 has persisted in 2005, an improvement of typically two water quality classes according to the Norwegian water classification system.
- Samples of oxygen and nitrate from waters near the bottom in the harbour basin and at the Lindenes station indicate that the sediments still contribute with significant amounts of nitrogen to the deep waters. The situation is yet not stabilized.
- In contrast to the period with extreme oxygen consumption before 2002 the oxygen conditions are now to at large extent determined by the water exchange with the main fjord.
- Analysis of total phosphorus confirmed that the data from 2004 were unreliable. More samples are collected in 2006, followed by a comprehensive evaluation of the 2005-2006 data.

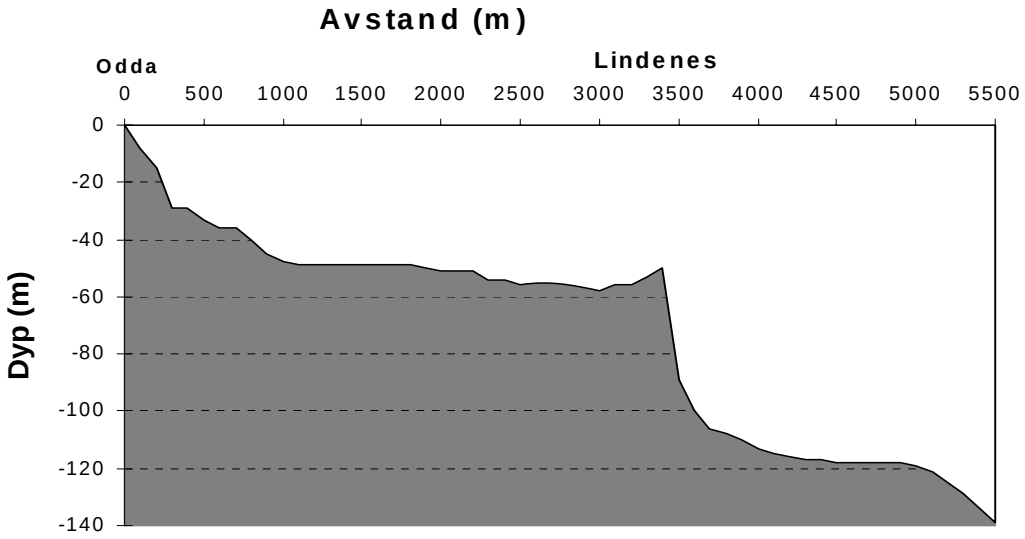
3. Innledning

3.1 Topografi

Sørfjorden er ca. 38 km lang, rett og relativt smal (Figur 1). Innenfor Lindenes er fjorden relativt grunn, med omkring 40-45 m dyp i havnebassenget og økende til omkring 60 m dyp ved Lindenes. Videre utover øker dypet raskt og når 200 m litt nord for Tyssedal **(**Figur 2) og 300 m dyp litt nord for Digraneset. Mellom Digraneset og Børve er et langstrakt område der fjorden har sitt største dyp på 385-387 m.



Figur 1. Stasjoner for hydrografisk og vannkjemisk prøvetaking i Havnebassenget og ved Lindenes i 2005.

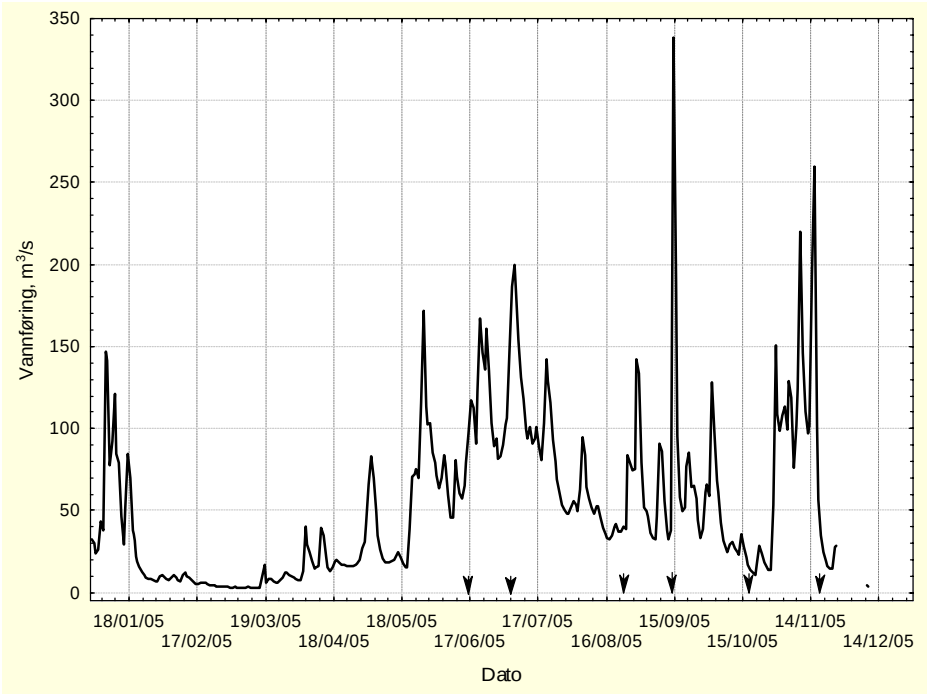


Figur 2. Langsgående bunnprofil fra Odda til Tyssedal. Indre del av Sørfjorden har ingen terskel av betydning som kan hindre vannutskiftningen.

3.2 Tilførsler av ferskvann, nitrogen, fosfor, og oksygenforbrukende materiale

Ferskvannstilførselen til den indre delen av Sørfjorden kommer i hovedsak fra Opo. Figur 3 viser døgnverdier for vannføringen i tidsrommet 1.1.-25.11.2005. Variasjonene er store og raske, gjerne med 338 m^3/s som høyeste, 2,8 m^3/s som laveste og ca. 53 m^3/s som gjennomsnittlig vannføring i dette tidsrommet.

.



Figur 3. Døgnverdier for vannføringen i Opo i tidsrommet 1.1.-25.11.2005 (kilde: NVE). Data for tidsrommet 26.11-31.12.2005 mangler. Tidspunkt for prøvetaking er markert med pil på tidsaksen.

Havnebassenget har direkte tilførsler av næringssalter og oksygenforbrukende materiale fra flere kilder:

- Kommunalt avløpsvann: I 1994 ble dette beregnet til 35 tonn nitrogen og 5,5 tonn fosfor (Molvær og Johnsen, 1997). Utslippene er nå i hovedsak flyttet ut til Lindenes og slippes ut i ca. 30 m dyp. Det fortynnede avløpsvannet innlagres vanligvis på 15-20 m dyp og når ikke opp til fjordens overflatelag. Restutslippet til havnebassenget kan være i størrelsesorden 0,5 tonn N/år.
- Opo: Den indre delen av Sørfjorden får i hovedsak sin tilførsel av ferskvann fra Opo og ferskvannstilførselen påvirker forholdene i fjordens overflatelag (saltholdighet, vannutskiftning, konsentrasjon av næringssalter mm.) og påvirker tilførselen av organisk materiale som nedbrytes ved forbruk av oksygen. Fram til 2003 var Opo med i det statlige RID-programmet (Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters) der transporten av næringssalter ble beregnet hvert år. Beregninger har vært gjort på grunnlag av svært få målinger av næringssaltkonsentrasjon og viser store variasjoner (Tabell 1). Beregninger fra mer omfattende måleprogram kan tyde på en typisk tilførsel på 400-500 tonn N/år (Molvær og Johnsen, 1997). Tabellen kan tyde på en typisk transport av fosfor i størrelsesorden 5-13 tonn/år. Næringssaltene følger med ferskvannet til overflatelaget i fjorden.
- Industriutslipp: Fram til høsten 2002 dominerte Odda Smelteverk med et typisk utslipp som tilsvarte ca. 950 tonn/år. I 2002 var utslippet 442 tonn og nedgangen skyldes hovedsakelig at produksjonen ved Smelteverket ble halvert i oktober og november og produksjonen opphørte 16.11.02. Smelteverket hadde sitt utslipp på ca. 20 m dyp i havnebassenget i form av en "slurry" av dicykalk, og det meste av nitrogenet sedimenterte på bunnen under utslippet. Dermed medførte utslippet både en direkte tilførsel av nitrogen til vannmassene mellom ca. 10 m dyp og bunnen på 40 m dyp, og en vedvarende utlekking av dicyandiamid (nitrogen) fra bunnsedimentene til bunnvannet. Dicyandiamid som blir tilført vannmassene direkte fra utslippet eller som lekker ut fra bunnsedimentene, omdannes til ammonium som deretter omdannes til nitrat. Denne kjemiske prosessen forbruker oksygen og bedriftens utslipp er regnet som hovedårsaken til de store oksygenproblemene i sjøvannslaget i Sørfjordens indre del (Schaanning, 1999)

Tabell 1. Årstransport av nitrogen og fosfor i Opo (Holtan et al. (1998, 1999) og Weideborg et al. (2001a, 2001b, 2002, 2003, 2004).

År	Total nitrogen, tonn	Total fosfor, tonn
1997	683	4,3
1998	1046	
1999	248	13,6
2000	348	8,3
2001	124	
2002	143	13,3
2003	132	2,2

I tillegg til tilførslene fra land og utlekking fra bunnen av havnebassenget får fjordområdet også tilført organisk stoff og næringssalter gjennom vannutvekslingen med den nordlige delen av Sørfjorden og selve Hardangerfjorden.

3.3 Formål med overvåkingen i 2005

Nedleggelsen av Odda Smelteverk høsten 2002 medførte at primærutslippene av oksygenforbrukende stoffer ble dramatisk redusert. Det gjenstår å se hvordan oksygenforholdene bedrer seg og i hvilken grad utlekking av dicyandiamid fra massene som er lagret på bunnen i havnebassenget fortsatt influerer på oksygenforbruket i dypvannet. Odda kommune er inne i en prosess hvor ulike grader av rensing for utslippet ved Holmen vurderes.

Hovedformålet med overvåkingen i 2005 var dermed å

1. *registrere utviklingen av oksygenforholdene i Sørfjordens indre del etter stans i utslipp av nitrogen og dicykalk fra Odda Smelteverk. Det er ventet at utlekking av dicyandiamid fra sedimentene i Havnebassenget fortsatt vil medføre et betydelig oksygenforbruk og føre til perioder med lave oksygenkonsentrasjoner.*
2. *skaffe opplysninger om konsentrasjonen av fosfor i vannmassene i Sørfjordens indre del, til bruk i arbeidet med Odda kommunes avløpsplaner.*

4. Feltarbeid og metoder

Oksygenproblemene strekker seg 10-15 km utover i fjorden, men har sin opprinnelse i området Havnebassenget – Lindenes der også problemene er størst (jfr. Molvær, 2005). Overvåkingen er derfor konsentrert om strekningen Havnebassenget – Lindenes (Figur 1).

Stasjonene på Figur 1 er de samme som ble anvendt i tidsrommet 1995-2004.
I alt vesentlig var måleprogrammet som vist i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjoner, parametre og måledyp i 2005.

Stasjoner	**Parametre og måledyp**					
	Oksygen	**Nitrat**	**Total Fosfor**	**Temperatur og saltholdighet**	**Siktedyp**	**Vind, vær, bølgehøyde**
Havnebassenget	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	0.5, 10, 20 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	Måles hver gang	Observeres hver gang
Lindenes	10, 20, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80 m	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	0.5, 10, 20 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	Måles hver gang	Observeres hver gang

Temperatur og saltholdighet ble målt med en Electronic Switchgear sonde. I 40 m dyp ble en saltprøve tappet på en 250 ml flaske for senere presisjonsanalyse, og eventuell korrigering av de mindre nøyaktige sonde-målingene. Tidspunktene for prøvetaking er vist i Tabell 3. For en mer detaljert beskrivelse av metodikken henvises til Vedlegg A

Tabell 3. Tidspunkt for prøver i 2005.

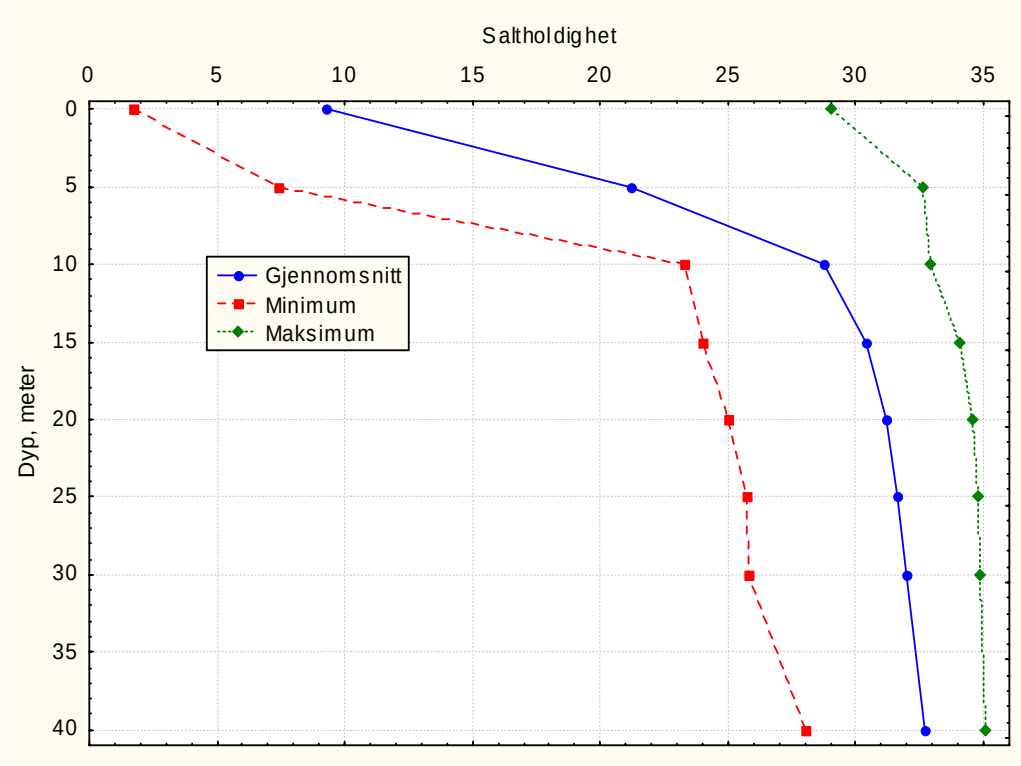
Dato	**Dato**
16.6	13.9
5.7	17.10
23.8	18.11

5. Resultater og diskusjon

5.1 Temperatur og saltholdighet

I havnebassenget kan vannmassene inndeles i 2 lag (Figur 3):

- Brakkvannslaget eller overflatelaget, som består av en blanding av ferskvann og sjøvann. Tykkelse og saltholdighet varierer mye, dels pga. store variasjoner i Opos vannføring og dels en varierende tilførsel av ferskvann til Hardangerfjorden utenfor Sørfjorden. Man kan skjelne mellom det brakkvannslaget som Opo skaper (tykkelsen oftest omkring 3 m og saltholdigheten 1-15) og det dypereliggende brakkvannet fra selve Hardangerfjorden (oftest ned til omkring 10 m dyp).
- Sjøvannslaget ligger under brakkvannslaget og helt til bunnen. Saltholdigheten øker med dypet og kan nå opp til ca. 35.

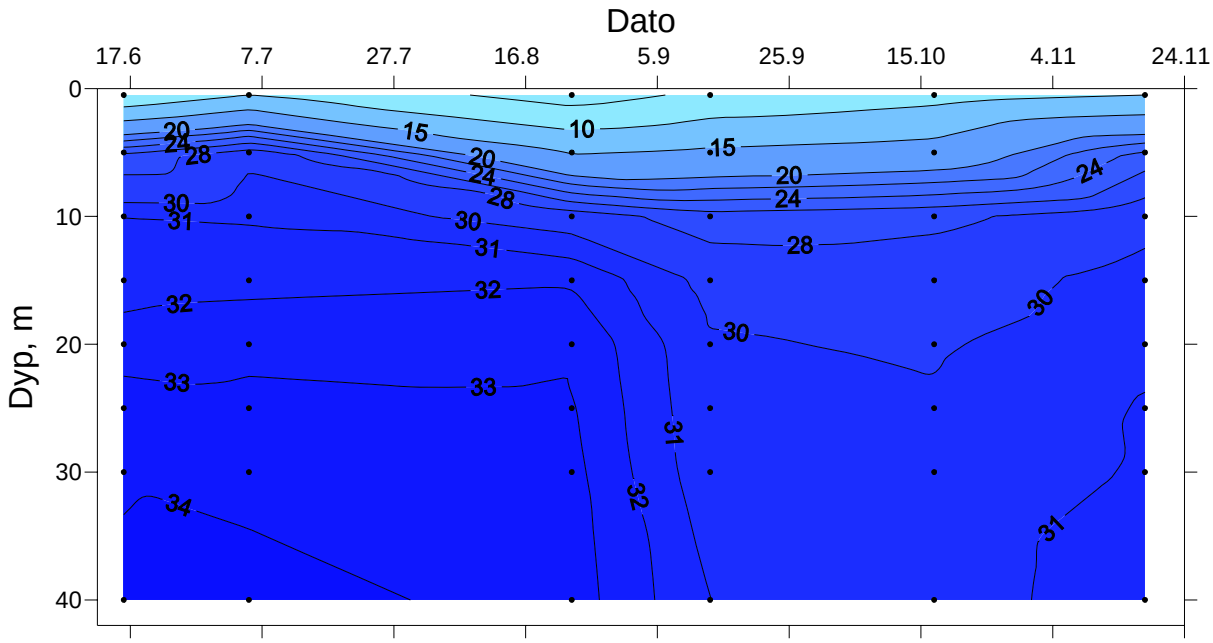


Figur 3. Statistikk for saltholdighet i havnebassenget i 2001-2005. For hvert måledyp vises gjennomsnitts-, maksimums- og minimumsverdier (26 måleserier).

Utskiftningen av de dypere vannmassene i Havnebassenget og ved Lindenes styres i stor grad av variasjonene i saltholdighet (og egenvekt) på tilsvarende dyp i selve Hardangerfjorden. Når egenvekten til vannmassene i Hardangerfjorden på forsommeren avtar pga. av økende ferskvannsinnblanding kan tyngre vann fra Sørfjorden strømme ut av fjorden, mens lettere "Hardangerfjordvann" strømmer inn. Om høsten blir dette strømmønsteret snudd. I tillegg til dette generelle mønsteret vil det til stadighet foregå mer kortvarige inn- og utstrømninger som følge av skiftende vindforhold i fjordområdet og på kysten.

Saltholdighetsmålingene i havnebassenget i 2005 er vist i Figur 4. Stor vannføring i Opo i juli-september skaper et tydelig brakkvannslag, men også ferskvannstilførselen til nordre del av Sørfjorden og selve Hardangerfjorden bidrar til sjiktningen. Under ca. 15-20 m dyp viser

den synkende saltholdighet og dermed innstrømning av sjøvann med lav saltholdighet i slutten av august. I annen halvdel av oktober begynner en gradvis innstrømning av vann med høyere saltholdighet. Vannet som strømmer inn i Sørfjorden kommer fra selve Hardangerfjorden. Tidsrommet mellom målingene er for stort til å gi et mer detaljert bilde av vannutskiftningen.



Figur 4. Havnebassenget. Måling av saltholdighet i 2005. Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Økning eller reduksjon i saltholdighet viser utskiftning av vann.

5.3 Nitrogenkonsentrasjon i vannmassen

Etter at utslippet fra Odda Smelteverk stoppet høsten 2002 har konsentrasjonen av nitrogen i Sørfjordens indre del avtatt til ca. 1/3-1/4 av de tidligere nivåene (Tabell 4). Figur 5 viser nitratkonsentrasjonen i Havnebassenget i 2002, 2004 og i 2005. Forskjellen mellom 2002 og de to siste årene er slående. Sammenlignes tilstanden i 2005 med variasjonen i saltholdighet i dypvannet (Figur 4) ser en at vannutskiftningen har svært stor betydning for nitratkonsentrasjonen.

Der er en sterk negativ korrelasjon mellom konsentrasjonen av oksygen og konsentrasjonen av nitrat (Figur 6 og Figur 7): høy konsentrasjon av nitrat indikerer høyt oksygenforbruk og dermed lav oksygenkonsentrasjon. Ser man på hele vannmassen mellom 10 m dyp og bunn i Havnebassenget (Figur 6, øverst) får vi korrelasjonskoeffisienten r^2=0,76 betyr at ca. 76 % av variasjonene i oksygenkonsentrasjon kan forklares av tilsvarende variasjoner i mengden av nitrat. Man forventer at oksygenforbruket er størst nær bunnen der gammel dicykalk fortsatt lekker ut nitrogen, og en tilsvarende analyse for vannmassen i 30-40 m dyp gir r^2=0,96, som betyr at nærmest all variasjon i oksygenkonsentrasjon har sammenheng med endret nitratkonsentrasjon. Det er en sterk indikasjon på at det fortsatt lekker ut betydelige mengder nitrat fra bunnsedimentene.

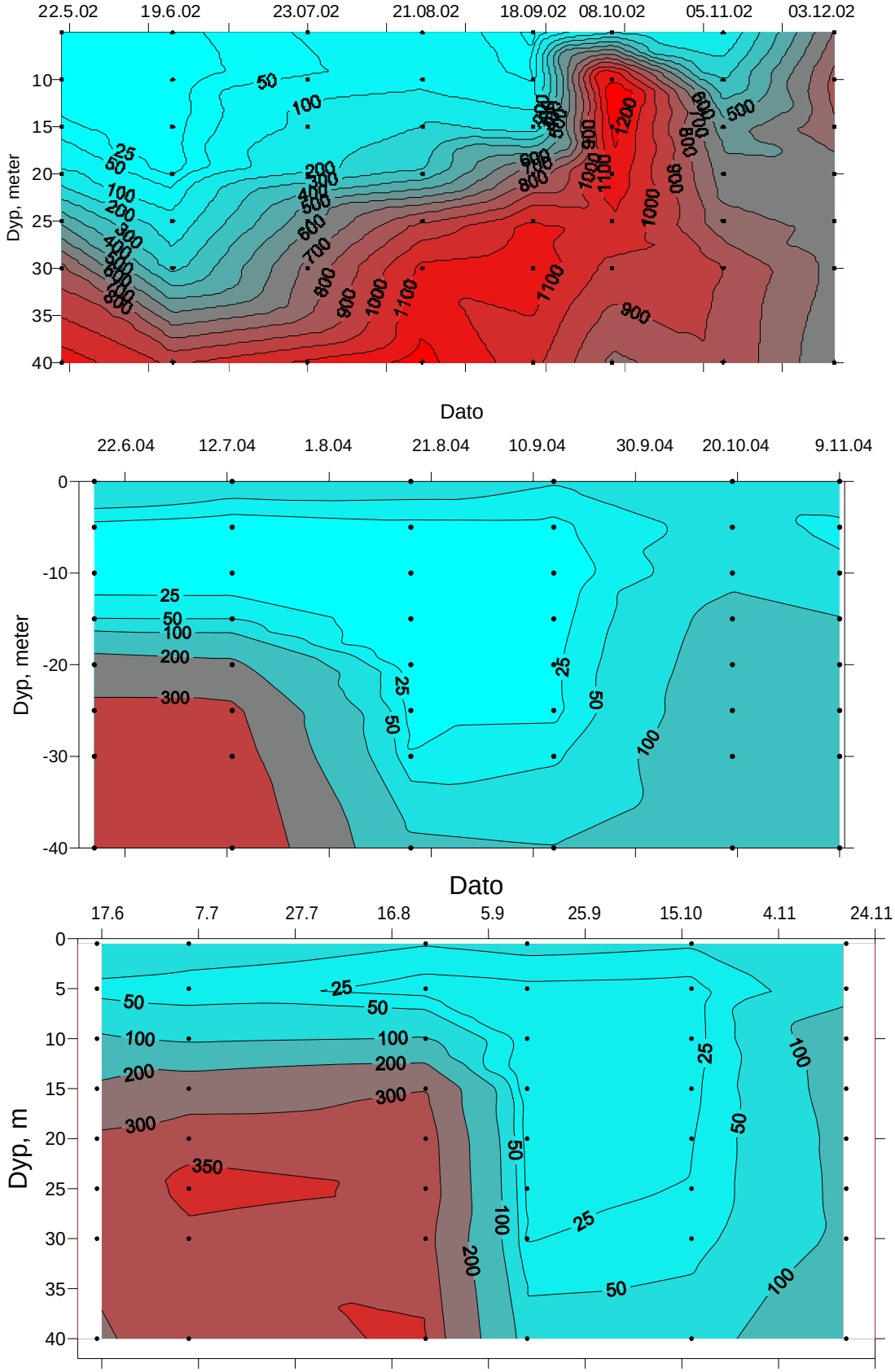
Situasjonen for Lindenes er vist i Figur 7 og med samme resultat som for Havnebassenget.

I 2005 var nitratkonsentrasjonen som gjennomsnitt høyere enn i 2004 (Tabell 4). Dette er uventet og årsaken sees i midtre og nedre del av Figur 5. Økningen skyldes sannsynligvis noe lavere vannutskiftning i 2005 enn i 2004, både ved at den store vannutskiftningen foregikk 4-5 uker senere og at nitratkonsentrasjonen var høyere (særlig mellom ca. 10 m og 25 m dyp). Det sistnevnte peker klart i retning av ulik vannutskiftning.

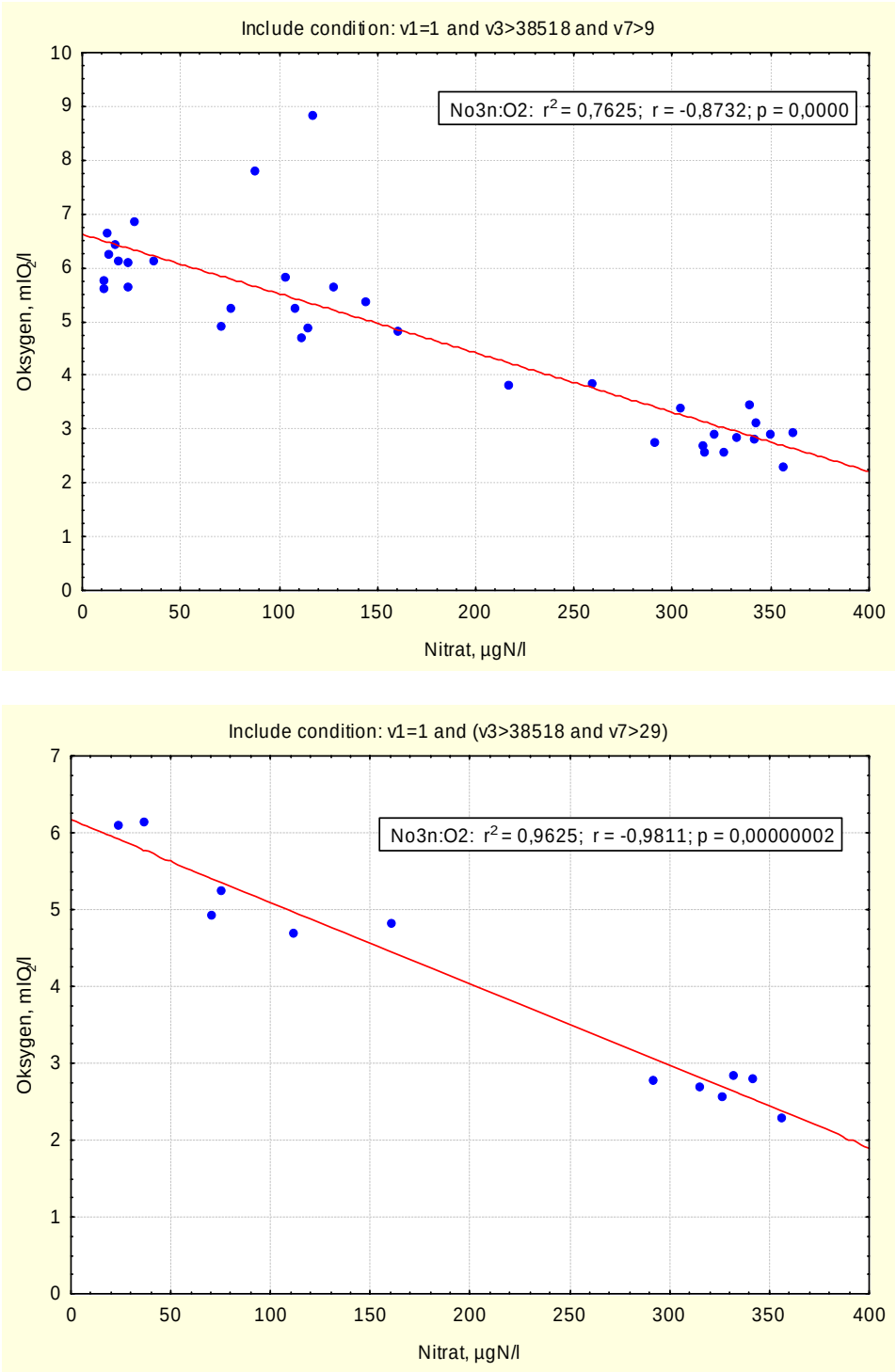
Ved de nitrat-nivåene som man nå måler på vil betydningen av en varierende vannfornyelse i økende grad komme til å prege bildet (nytt vann medfører vanligvis økt oksygenkonsentrasjon og redusert nitratkonsentrasjon). Altså en gradvis overgang til den naturlige situasjonen for et fjordbasseng. Overvåkingen i 2006 vil gi mer informasjon om dette, og være grunnlag for å vurdere om utviklingen da har kommet på et nivå som gjør at overvåkingen kan forenkles.

Tabell 4. Havnebassenget og Lindenes. Statistikk for konsentrasjonen av nitrat i sjøvannslaget (10 m og dypere) i 2001-2005 (33-56 målinger hvert år). Målingene i 2002 inkluderer tidsrommet med nedkjøring og stopp av utslippet fra Odda Smelteverk i løpet av høsten.

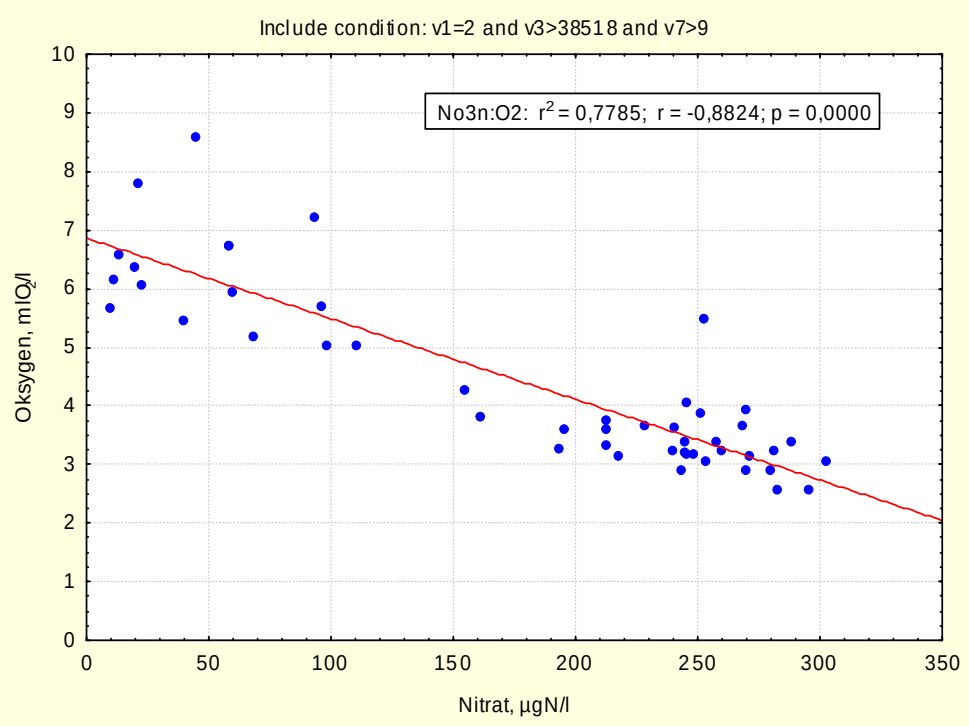
	Havnebassenget			**Lindenes**		
År	**Gjennomsnitt**	**Maksimum**	**Median**	**Gjennomsnitt**	**Maksimum**	**Median**
2001	564	1330	610	584	1255	640
2002	641	1329	707	529	1319	445
2004	137	388	108	155	329	130
2005	171	361	122	179	302	222



Figur 5. Nitrat (µgN/l) i havnebassenget mai-desember 2002 (øverst) og i juni-november 2004 (midten) og juni-november 2005 (nederst). Maksimum konsentrasjoner i 2002 var 3-4 ganger høyere enn i 2004 og 2005.



Figur 6. *Oksygen og nitrat i hhv. 10-40 m dyp (øverst) og i bunnvannet (30-40 m dyp) (nederst) i Havnebassenget i 2005. En korrelasjon med ca. r^2=0,76 forteller at ca. 76% av endringene av oksygenkonsentrasjon kan forklares med tilsvarende endringer i konsentrasjonen av nitrat (høy N-konsentrasjon gir lav O_2-konsentrasjon, og omvendt). Sammenhengen mellom lav oksygenkonsentrasjon og høy nitratkonsentrasjon er langt sterkere nær bunnen (r^2=0,96). Dette viser at utlekkingen av nitrat fra dicy-kalk på bunnen fortsatt fører til økt oksygenforbruk i vannmassene.*



Figur 7. *Oksygen og nitrat i 10-80 m dyp ved Lindenes i 2005. En korrelasjon med ca. r^2=0,78 forteller at ca. 78 % av endringene av oksygenkonsentrasjon kan forklares med tilsvarende endringer i konsentrasjonen av nitrat (høy N-konsentrasjon gir lav O_2-konsentrasjon, og omvendt).*

5.4 Oksygenforholdene

Oksygenkonsentrasjonen i dypere vannlag er et resultat av balansen mellom:

1. *Oksygentilførsel:* i hovedsak gjennom tilførsel av oksygenrikt sjøvann fra Sørfjordens nordre deler.
2. *Oksygenforbruk:* i hovedsak fra nedbrytning av organisk materiale tilført via direkte utslipp og ved nedsynkende planteplankton, samt kjemisk oksygenforbruk av utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene i Havnebassenget (se etterfølgende kapittel).

Denne balansen vil variere over tid. Typisk for mange norske fjorder er relativt dårlige oksygenforhold i en periode i løpet av sommer-høst som følge av stort oksygenforbruk pga. nedbrytning av organisk materiale, liten vannutskiftning og dermed relativt liten oksygentilførsel. Sent på høsten og i løpet av vinterhalvåret bedres forholdene pga. større vannutskiftning og lavere oksygenforbruk. Det spesielle ved Sørfjordens indre del er et stort oksygenforbruk pga. utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene.

Som grunnlag for bedømmelse av oksygenforholdene, viser Tabell 5 klassifiseringsgrunnlaget i SFTs veiledning i klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Tabell 5. Tilstandsklassifisering for oksygen (fra Molvær et al., 1997).

Tilstandsklasser	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Oksygen, ml/l	>4.5	4.5-3.5	3.5-2.5	2.5-1.5	<1.5

Figurene 8-9 viser oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i 2002, 2003, 2004 og 2005 som isopleter, der fargekoder er brukt for å vise forskjellige tilstandsklasser.

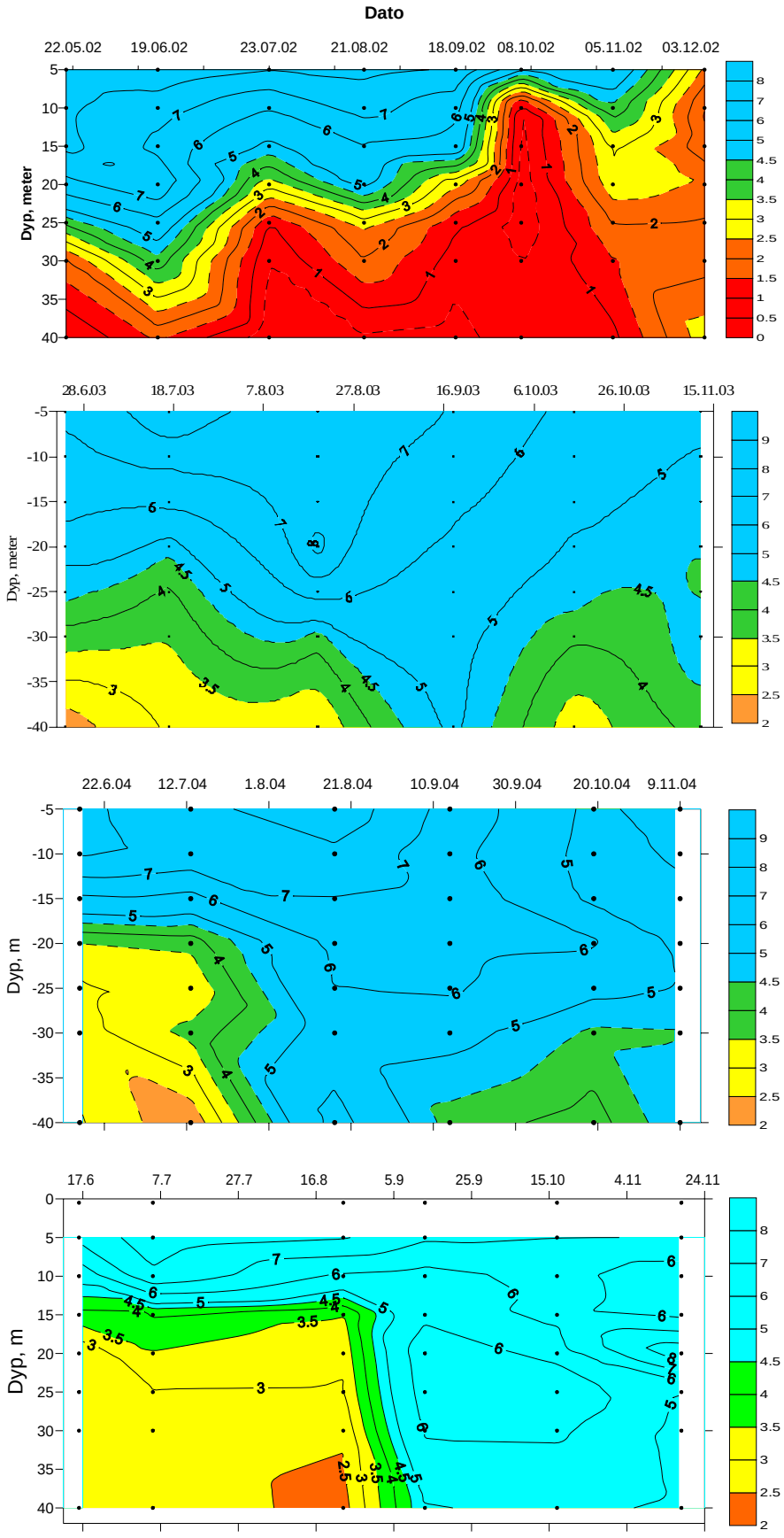
For Havnebassenget viste målingene i 2002 i store trekk et bilde som var kjent fra tidligere år med utvikling mot svært dårlige oksygenforhold utover høsten. Oksygenforbruket i Havnebassenget var så ekstremt stort at vannfornyelsen gjennom tidevannet ikke var tilstrekkelig for å opprettholde gode oksygenforhold.

Målingene fra 2003-2005 viser en helt annen tilstand. Storparten av vannmassene har hele tiden en oksygenkonsentrasjon større enn 3,5 ml/l, dvs. en tilstandsklassifisering som **God-Meget God.** Nær bunnen opptrer fortsatt relativt korte perioder da oksygenkonsentrasjonen er lavere enn 2,5 mlO_2/l (Mindre God), og periodevis hadde vannmassen opp til 20 m dyp konsentrasjoner under 3,5 mlO_2/l. Enkelt sagt har tilstanden forbedret seg med to vannkvalitetsklasser fra 2002 til 2004-2005.

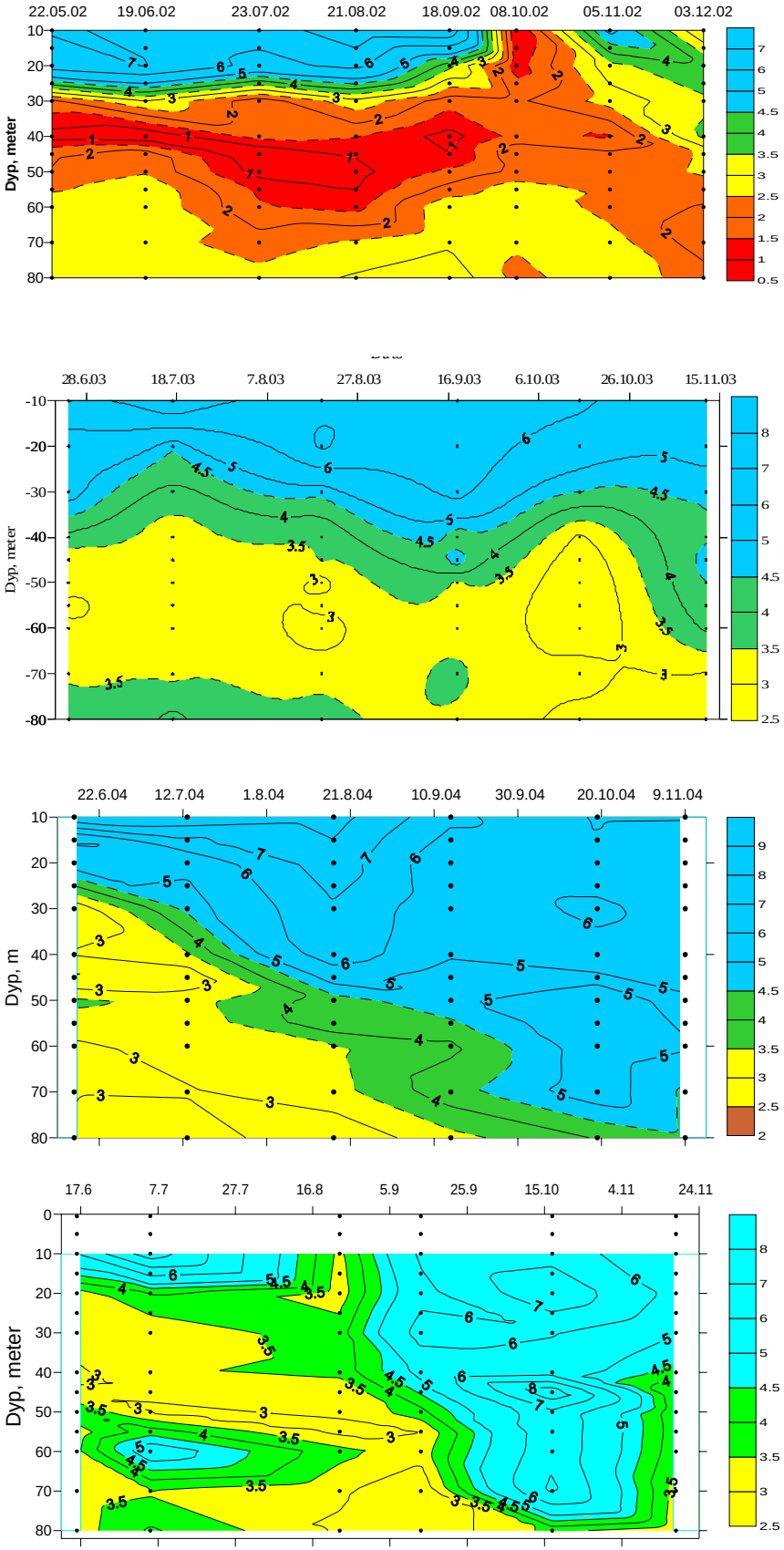
For Havnebassenget er inntrykket at forholdene i 2005 var noe dårligere enn i 2004. Som nevnt i foregående kapittel medførte dårlig vannutskiftning høy nitratkonsentrasjon på forsommer – og kanskje vår. Der er en nær sammenheng mellom høy konsentrasjon av nitrat og lav konsentrasjon av oksygen, og hovedårsaken til de dårlige oksygenforholdene på forsommeren 2005 er da sannsynligvis liten oksygentilførsel pga. lite vannfornyelse Vannutskiftningen i annen halvdel av august førte til en fullstendig forbedring av situasjonen.

Det er grunn til å minne om at dette er den utviklingen som var ventet etter at utslippet fra Odda Smelteverk stoppet. Avløpet var plassert i ca. 20 m dyp og man ventet at oksygenforholdene ned til 30-35 m dyp umiddelbart skulle vise stor forbedring. Nærmere bunnen kan fortsatt utlekking av dicyandiamid fra store hauger av dicykalk medføre et forhøyet oksygenforbruk og lavere oksygenkonsentrasjon over relativt lang tid.

Ved Lindenes ser vi i store trekk det samme bildet som i Havnebassenget, der oksygenforholdene fra 2002 til 2004-2005 har forbedret seg med to vannkvalitetsklasser. Igjen er årsaken at utslippet fra Odda Smelteverk har opphørt. Som tidligere omtalt for Havnebassenget inntraff en vannutskiftning og forbedring av vannkvaliteten i annen halvdel av august. I forhold til Havnebassenget gir imidlertid dataene et mer uryddig bilde, og særlig framstår den forholdsvis lave konsentrasjonen i ca. 10-20 m dyp i august og tilsvarende høy konsentrasjon i 50-60 m dyp i juli som uvanlig. Men som for tidligere år ser vi relativt oksygenfattig vann (dog i 2004-2005 vannkvalitetsklasse II-III mot tidligere klasse IV-V) flyte ut fra den dypeste delen av Havnebassenget og fordele seg fra 40 m dyp og dypere ved Lindenes og videre utover i fjorden. Dette samsvarer med et betydelig oksygenforbruk i Havnebassenget.



Figur 8. Oksygenmålinger (mlO_2/l) i Havnebassenget i 2002 (øverst), 2003 og 2004 i midten og 2005 (nederst). Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Fargene henviser til SFTs tilstandsklasser (jfr. Tabell 5).



Figur 9. Oksygenmålinger (mlO_2/l) ved Lindenes i 2002(øverst), 2003 og 2004 i midten og 2005 (nederst). Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Fargene henviser til SFTs tilstandsklasser (jfr. Tabell 5).

5.5 Fosforkonsentrasjon i vannmassen

Ved 6 anledninger ble konsentrasjonen av total fosfor målt i 0,5 m, 10 m og 20 m dyp i Havnebassenget og ved Lindenes. Dypene for prøvetaking ble valgt slik for å få et mål på konsentrasjonen i brakkvannslaget og i sjøvannslaget. I sjøvannslaget ble det målt i to dyp fordi dette er vannmassen hvor utslippet av kommunalt avløpsvann blir innlagret – oftest i 15-20 m dyp.

Resultatene for 2005 og for tidsrommet 1995-97 er sammenfattet i Tabell 6 og Tabell 7. I 2004 var fosforkonsentrasjonen betydelig lavere enn 7-9 år tidligere og det var tvil om en så stor nedgang kunne være riktig (Molvær, 2005). I tabellene er 2004-verdiene satt i parentes. Verdiene fra 2005 har den "profilen" som man vil forvente:

- Relativt lav fosforkonsentrasjon i brakkvannslaget
- Vesentlig høyere konsentrasjon i sjøvannslaget, og en økning mot dypet
- En profil som i store trekk samsvarer med 1995-97 resultatene.

Analyseresultatene fra 2004 avvek fra dette og vi konkluderer med at de ikke bør brukes i vurderingene av vannkvaliteten i Sørfjorden.

Seks vannprøver fra 2005 er for lite grunnlag til en brukbar karakterisering av fosforkonsentrasjonen, og en statistisk sammenligning med dataene fra 1995-97. Det bør derfor vente til resultatene fra 2006 foreligger. Det høyst foreløpige inntrykket er at de to datasettene er temmelig like, men med mulighet for en viss nedgang i fosforkonsentrasjon i brakkvannslaget og i 10 m dyp. Tilsvarende er der indikasjon på en viss økning i 20 m dyp.

Tabell 6. Havnebassenget. Statistikk for konsentrasjonen av total fosfor (µgP/l) i 2005 og i 1995-1997. Tall for 2004 et satt i parentes.

	2005			1995-1997		
Dyp, m	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**
0	6	5,8 (5,5)	5,5 (4)	20	8,8	7
10	6	11,7 (9,7)	10,5 (9)	20	15,1	14
20	6	16,7 (8,5)	17 (8,5)	14	14,7	12,5

Tabell 7. Lindenes. Statistikk for konsentrasjonen av total fosfor (µgP/l) i 2004 og i 1995-1997. Tall for 2004 et satt i parentes.

	2005			1995-1997		
Dyp, m	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**
0	6	6 (3,7)	6 (3,5)	19	7,4	6
10	6	12,3 (8,3)	11 (8)	19	12,7	14
20	6	15,3 (7,1)	15 (7,5)	19	14,9	13

6. Litteratur

Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og Hopen, T., 1998. Oslo and Paris Commissions (OSPAR). Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1997. A. Principles, results and discussions. B. Data Report. SFT report TA 750/98. Oslo.

Holtan, G., Berge, D., og Hopen, T., 1999. Oslo and Paris Commissions (OSPAR). Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1998. A. Principles, results and discussions. B. Data Report. SFT report TA 780/99. Oslo.

Molvær, J., 2005. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene. SFT-rapport TA-2081/2005. NIVA-rapport nr. 4998-2005. 26 sider.

Molvær, J. og Johnsen, T.M. 1997. Indre Sørfjord. Overvåking februar 1995-mars 1997. NIVA-rapport nr. 3694-97. Oslo. 38 sider.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 sider.

Schaanning, M.T., 1999. Oksygenforbruk i tilknytning til utslipp av filterkake fra Odda Smelteverk AS. Fase 1 – nitrogenforbindelser i sedimenter og porevann. NIVA-rapport nr. 3999-99. Oslo. 22 sider.

Weideborg, M., Vik, E.A., Thoresen, H., Stang, P., Kelley, A. og Nedland, K.T., 2001a. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 1999. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1793/2001. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., Stang, P. og Storhaug, R., 2001b. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2000. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1852/2001. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., Stang, P. og Lyngstad, E., 2002. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2001. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1914/2003. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., og Lyngstad, E., 2003. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2002. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-1998/2004. Oslo.

Weideborg, M., Vik, E.A., og Lyngstad, E., 2004. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2002. OSPAR Commission. A: Principles, results and discussions. SFT report TA-2069/2004. Oslo.

Vedlegg A. Måle- og analysemetoder

Siktedyp:
Siktedypet er målt som det dyp hvor en hvit skive (secchi-skive) med ca. 25 cm diameter forsvinner av syne fra overflaten. Vannkikkert er ikke brukt.

Temperatur:
Er målt ved bruk av en Electronic Switchgear sonde, som ved regelmessig kalibrering og kontroll av data forventes å gi en nøyaktighet på ± 0,1 ºC.

Saltholdighet:
Er i hovedsak målt ved bruk av en Electronic Switchgear sonde, som ved regelmessig kalibrering og kontroll av data forventes å gi en nøyaktighet på ±0,1. Til kalibrering og kontroll av målingene ble for hver prøveserie tatt vannprøver fra 0 m og 20 m dyp. For disse ble saltholdigheten bestemt med laboratoriesalinometer (nøyaktighet ± 0,002), og resultatene er brukt til korrigering av sonde-målingene.

Oksygen:
Modifisert Winkler-metode.

Nitrat:
Analyseres ved hjelp av Autoanalysator ved NIVAs laboratorium i Oslo. Nedre grense er 1 µgN/l.

Total fosfor:
Analyseres ved hjelp av Autoanalysator ved NIVAs laboratorium i Oslo. Nedre grense er 1 µgP/l.

Vedlegg B. Data

Temperatur, saltholdighet, oksygen, nitrat og fosfor i indre del av Sørfjorden i 2005

St_kode	Dato	Siktedyp m	Prøvedyp m	Temperatur ºC	Saltholdighet	O2 $ml O_2/l$	NO3N µgN/l	TOTP µgP/l
1	16.06.2005	5,2	0	8,5	5,7		92	4
1	16.06.2005		5	8,9	26,4	7,29	37	
1	16.06.2005		10	8,4	31	5,27	108	8
1	16.06.2005		15	8,8	31,6	3,82	216	
1	16.06.2005		20	9,1	32,4	2,57	316	23
1	16.06.2005		25	8,8	33,6	2,91	321	
1	16.06.2005		30	8,7	33,9	2,71	315	
1	16.06.2005		40	8,6	34,2	2,78	291	
1	05.07.2005	5,9	0	9,8	10		78	6
1	05.07.2005		5	8,7	29,6	8,53	31	
1	05.07.2005		10	8,7	30,9	7,81	87	9
1	05.07.2005		15	8,9	31,7	3,87	259	
1	05.07.2005		20	9,2	32,7	3,48	339	15
1	05.07.2005		25	9,5	33,3	2,95	361	
1	05.07.2005		30	9,1	33,6	2,82	341	
1	05.07.2005		40	9,3	34,5	2,85	332	
1	23.08.2005	6,5	0	13,2	2,7		52	3
1	23.08.2005		5	11,9	14,7	8,08	12	
1	23.08.2005		10	9,6	29,3	5,85	103	9
1	23.08.2005		15	9,1	31,9	3,41	304	
1	23.08.2005		20	9,1	32,9	3,14	342	18
1	23.08.2005		25	9,3	33,1	2,93	349	
1	23.08.2005		30	9,5	32,9	2,58	326	
1	23.08.2005		40	9	33,5	2,3	356	
1	13.09.2005	4	0	11,4	6,1		62	5
1	13.09.2005		5	12,7	15,8	7,15	17	
1	13.09.2005		10	11,7	26,8	5,63	11	12
1	13.09.2005		15	10,8	29,7	5,77	11	
1	13.09.2005		20	10,4	30,1	6,67	12	10
1	13.09.2005		25	10	30,2	6,46	16	
1	13.09.2005		30	9,5	30,3	6,11	23	
1	13.09.2005		40	9	31	4,93	70	
1	17.10.2005	4,5	0	9,2	8,4		54	9
1	17.10.2005		5	11,4	17,1	7,01	14	
1	17.10.2005		10	11,9	27,5	6,27	13	14
1	17.10.2005		15	11,6	29,3	6,14	18	
1	17.10.2005		20	11,3	29,9	5,67	23	16
1	17.10.2005		25	11	30,1	6,88	26	
1	17.10.2005		30	10,9	30,3	6,14	36	
1	17.10.2005		40	9,8	30,4	5,26	75	
1	18.11.2005	9,5	0	7,1	10		99	8
1	18.11.2005		5	10,9	24,6	6,99	77	
1	18.11.2005		10	11,5	29,4	5,37	144	18

St_kode	Dato	Siktedyp m	Prøvedyp m	Temperatur ºC	Saltholdighet	O2 mlO_2/l	NO3N µgN/l	TOTP µgP/l
1	18.11.2005		15	11	30,6	5,64	127	
1	18.11.2005		20	10,2	30,7	8,84	117	18
1	18.11.2005		25	9,7	31,1	4,9	114	
1	18.11.2005		30	9,3	31,1	4,7	111	
1	18.11.2005		40	8	31,7	4,84	160	
2	16.06.2005	6	0	8,7	6,2		88	5
2	16.06.2005		5	8,3	28,1			
2	16.06.2005		10	8,4	30,4	5,97	59	9
2	16.06.2005		15	8,4	32,3			
2	16.06.2005		20	9,2	32,6	3,26	281	24
2	16.06.2005		25	9	34,2			
2	16.06.2005		30	8,8	34,1	3,26	259	
2	16.06.2005		40	8,9	34,4	2,91	269	
2	16.06.2005		45			3,05		
2	16.06.2005		50	8,7	34,3	3,89	251	
2	16.06.2005		55			3,26		
2	16.06.2005		60	8,4	34,5	3,4	244	
2	16.06.2005		70	8,1	34,7	3,19	245	
2	16.06.2005		80	8,2	34,6	3,26	239	
2	05.07.2005	5,4	0	10	10,9		89	7
2	05.07.2005		5	9,6	26			
2	05.07.2005		10	8,7	30,8	8,6	44	10
2	05.07.2005		15	8,4	31,5			
2	05.07.2005		20	9,2	32,5	3,94	269	16
2	05.07.2005		25	9,6	33			
2	05.07.2005		30	9,6	33,5	3,15	271	
2	05.07.2005		40	9,1	34	3,41	288	
2	05.07.2005		45			3,08		
2	05.07.2005		50	8,7	34	2,92	279	
2	05.07.2005		55			4,27		
2	05.07.2005		60	8,8	34,5	5,51	252	
2	05.07.2005		70	9,4	33,9	3,41	257	
2	05.07.2005		80	9,4	34,4	4,07	245	
2	23.08.2005	6,6	0	14,5	3,8		37	3
2	23.08.2005		5	11,2	20			
2	23.08.2005		10	9,3	32	3,35	212	7
2	23.08.2005		15	9	33,1			
2	23.08.2005		20	9,1	33,5	3,21	244	10
2	23.08.2005		25	9	33,5			
2	23.08.2005		30	9,1	33,8	3,76	212	
2	23.08.2005		40	9,2	34,1	3,69	228	
2	23.08.2005		45			3		
2	23.08.2005		50	9,2	34	3,07	302	
2	23.08.2005		55			2,86		
2	23.08.2005		60	9	33,9	3,69	268	
2	23.08.2005		70	8,7	34,2	3,07	253	
2	23.08.2005		80	8,6	34,2	2,93	243	
2	13.09.2005	4	0	11,2	6,2		47	5
2	13.09.2005		5	13,2	17,2			
2	13.09.2005		10	11,7	27	6,18	11	20
2	13.09.2005		15	10,9	30			

St_kode	Dato	Siktedyp m	Prøvedyp m	Temperatur ºC	Saltholdighet	O2 mlO_2/l	NO3N µgN/l	TOTP µgP/l
2	13.09.2005		20	10,7	30,3	5,7	9	12
2	13.09.2005		25	10	30,5			
2	13.09.2005		30	9,3	30,9	6,39	19	
2	13.09.2005		40	8,8	31,3	5,21	68	
2	13.09.2005		45			4,58		
2	13.09.2005		50	8,7	32	3,82	161	
2	13.09.2005		55			2,99		
2	13.09.2005		60	8,6	32,7	3,2	248	
2	13.09.2005		70	8,6	33,7	2,57	282	
2	13.09.2005		80	8,6	33,8	2,57	295	
2	17.10.2005	4,75	0	9,6	10,2		53	8
2	17.10.2005		5	11,7	18,4			
2	17.10.2005		10	12,7	27,2	6,61	13	12
2	17.10.2005		15	12,5	29,1			
2	17.10.2005		20	12,2	30,2	7,82	21	14
2	17.10.2005		25	11,7	30,4			
2	17.10.2005		30	11,3	30,8	6,07	22	
2	17.10.2005		40	11	30,6	5,46	39	
2	17.10.2005		45			8,77		
2	17.10.2005		50	10,1	30,7	6,75	58	
2	17.10.2005		55			6,75		
2	17.10.2005		60	10,2	30,7	6,75	58	
2	17.10.2005		70	9,5	31,2	7,22	93	
2	17.10.2005		80	8,2	32,5	3,64	240	
2	18.11.2005	10	0	6,4	12,2		82	8
2	18.11.2005		5	10,9	24,5			
2	18.11.2005		10	11,8	29,5	5,04	110	16
2	18.11.2005		15	11,5	30,4			
2	18.11.2005		20	10,2	30,9	5,71	96	16
2	18.11.2005		25	10,1	31,1			
2	18.11.2005		30	8,9	31,6	5,04	98	
2	18.11.2005		40	8,4	32,3	4,3	154	
2	18.11.2005		45			3,43		
2	18.11.2005		50	8,3	33	3,63	195	
2	18.11.2005		55			3,69		
2	18.11.2005		60	8,1	33,3	3,63	212	
2	18.11.2005		70	8,2	33,4	3,29	193	
2	18.11.2005		80	7,6	33	3,16	217	

Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksradresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning	Kontaktperson SFT Bjørn A. Christensen	ISBN-nummer 82-577-4950-8

	Avdeling i SFT Næringslivsavdelingen		TA-nummer 2174/2006
Oppdragstakers prosjektansvarlig Anders Ruus	År 2006	Sidetall 27	SFTs kontraktnummer 4005103

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5227-2006	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn Odda kommune

Forfatter
Jarle Molvær

Tittel
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005.
Delrapport 2. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2005.
Report no. 2. Oxygen, nitrogen and phosphorus in the water masses

Sammendrag
Rapporten presenterer resultatene fra overvåkingen av oksygenforhold, nitrat og fosfor i Sørfjordens indre del i 2005. I forhold til 2002 er oksygenforholdene i havnebassenget og ved Lindenes forbedret med jevnt over to vannkvalitetsklasser. Årsaken er at oksygenforbruket i vannmassene er vesentlig redusert etter at utslippet av dicykalk fra Odda Smelteverk stoppet høsten 2002. Resultatene tyder imidlertid på at det fortsatt foregår en betydelig utlekking av nitrogen fra avsetningene av dicykalk på bunnen av havnebassenget. Tilstanden har derfor neppe stabilisert seg ennå, men oksygenforholdene bestemmes i økende grad av graden av vannfornyelsen. Vannprøver som er analysert for total fosfor bekreftet at resultatene i 2004 var upålitelige. Det tas flere prøver i 2006 og deretter gjøres en samlet vurdering for tidsrommet 2005-2006.

4 emneord: Overvåking Sørfjorden Oksygen Næringssalter	4 subject words: Monitoring Sørfjord Oxygen Nutrients