Statlig program for forurensningsovervåking
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden

Rapport: 997/2007
TA-nummer: 2308/2007
ISBN-nummer: 978-82-577-5222-4

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning

Miljøforholdene i Sørfjorden 2006

Rapport 997 2007

Delrapport 2. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2006

Delrapport 2. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Prosjektleder: Anders Ruus
Medarbeidere: Jarle Molvær
Merete Schøyen

Forord

NIVA har i 2006 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 (77 %) og SFT (23 %). 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, 2.10.2007

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 2006 10
4. Feltarbeid og metoder 11
5. Resultater og diskusjon 12
5.1 Temperatur og saltholdighet 12
5.3 Nitrogenkonsentrasjon 13
5.4 Oksygenforholdene 17
5.5 Fosforkonsentrasjon 20
6. Litteratur 23

Vedlegg A: Måle- og analysemetoder
Vedlegg B: Data

1. Sammendrag

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden i 2006 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 deretter har overvåkingen 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 2006 leder til følgende konklusjoner:

1. Etter 2002 har oksygenforholdene forbedret seg vesentlig, en forbedring som tilsvarer to vannkvalitetsklasser. Årsaken var mindre oksygenforbruk etter stopp i utslippet fra Odda Smelteverk. Verken i havnebassenget eller ved Lindenes ble det i 2006 målt konsentrasjoner så lave at de skulle skape vesentlige problemer for fisk og andre marine organismer.
2. Prøvene fra bunnvannet i havnebassenget tyder på at det fortsatt foregår en utlekking av nitrogen fra avsetningene av dicykalk på bunnen av havnebassenget og tilstanden har neppe stabilisert seg ennå. Imidlertid bestemmes oksygenforholdene nå i stor grad av vannutskiftningen.
3. Konsentrasjonen av total fosfor i10 m dyp i havnebassenget synes å ha avtatt siden 1995-97, mens nivåene ved Lindenes er uendret. I 20 m dyp er der en økning både i havnebassenget og ved Lindenes. Økningen er særlig tydelig om høsten. Datamaterialet gir ikke grunnlag for sikre konklusjoner, men en slik økning kan ha sammenheng med en stor økning i tilførselen av fosfor til selve Hardangerfjorden over de siste 10-15 årene.

2. Summary

The present report from monitoring of water quality in the Sørfjord during 2006 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.

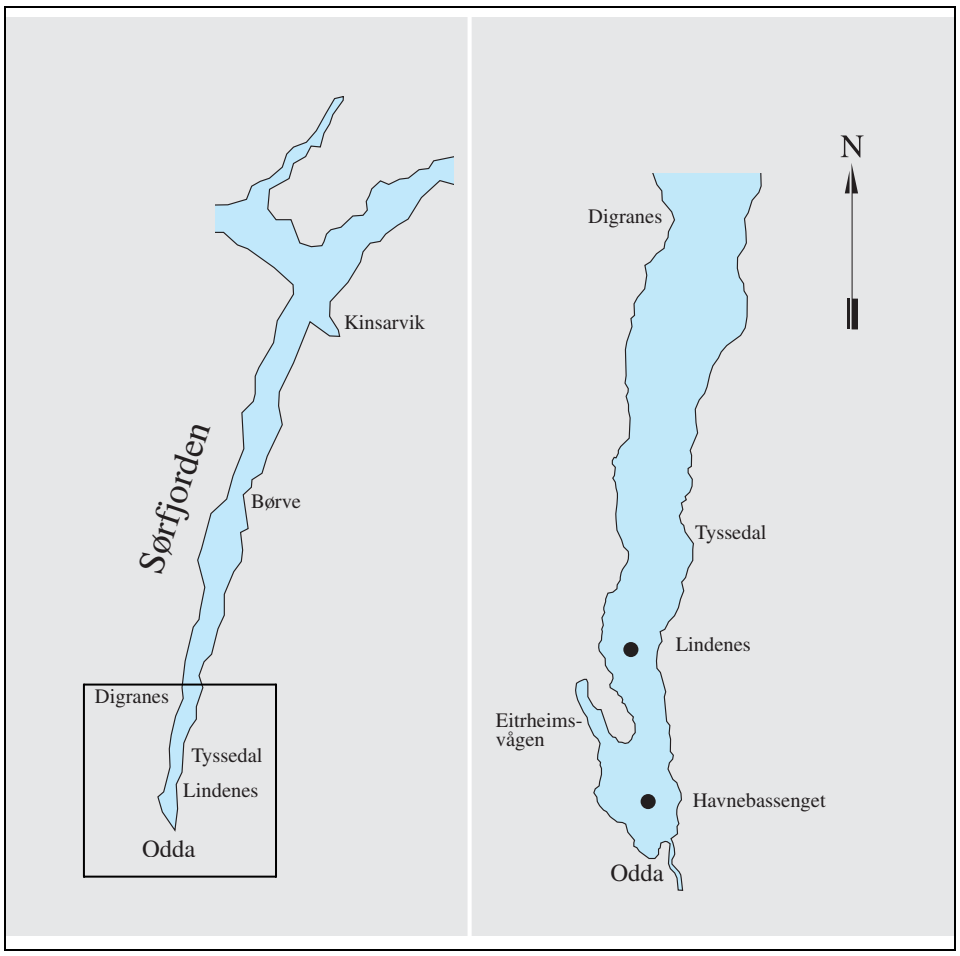
The main conclusions from the monitoring in 2006 are:

1. Since 2002 the oxygen conditions have improved by approximately two classes according to the Norwegian classification system. Neither in the Odda harbour nor at Lindenes was observed oxygen concentrations that could create significant problems for fish or other marine organisms.
2. Samples of oxygen and nitrate from the bottom water in the harbour basin and at Lindenes show that the sediments still contribute with significant amounts of nitrogen to the deep waters. The oxygen conditions are therefore expected to improve during the next years.
3. At 10 m depth in the harbour the concentration of total phosphorus may have been reduced since 1995-97, while the concentrations at Lindenes are unchanged. At 20 m depth the data indicate an increase at both stations, and especially in autumn. The observations are not sufficient for any definite conclusions, but increased concentrations may have a connection to the large increase in the phosphorus load to the main Hardangerfjord over the last 10-15 years.

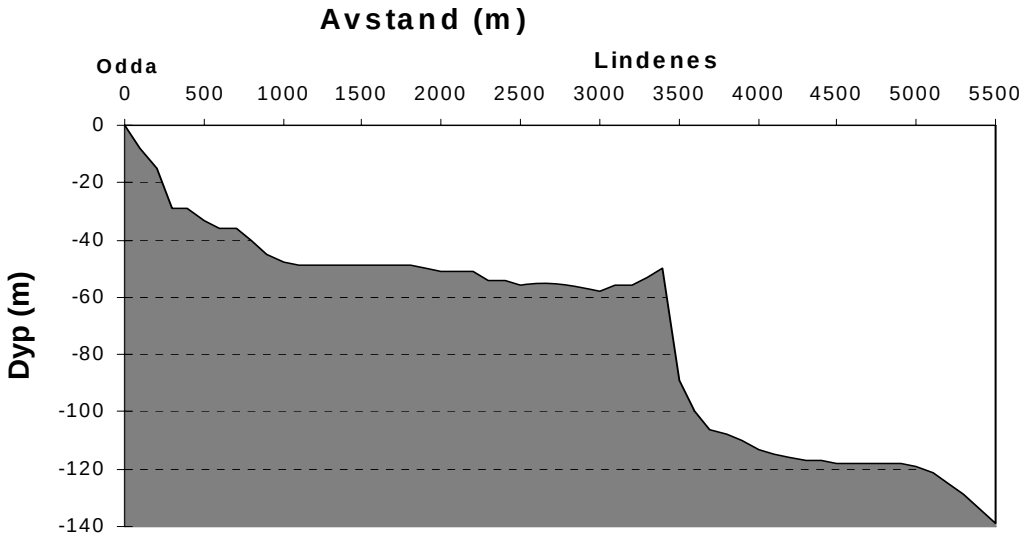
3. Innledning

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 2006.

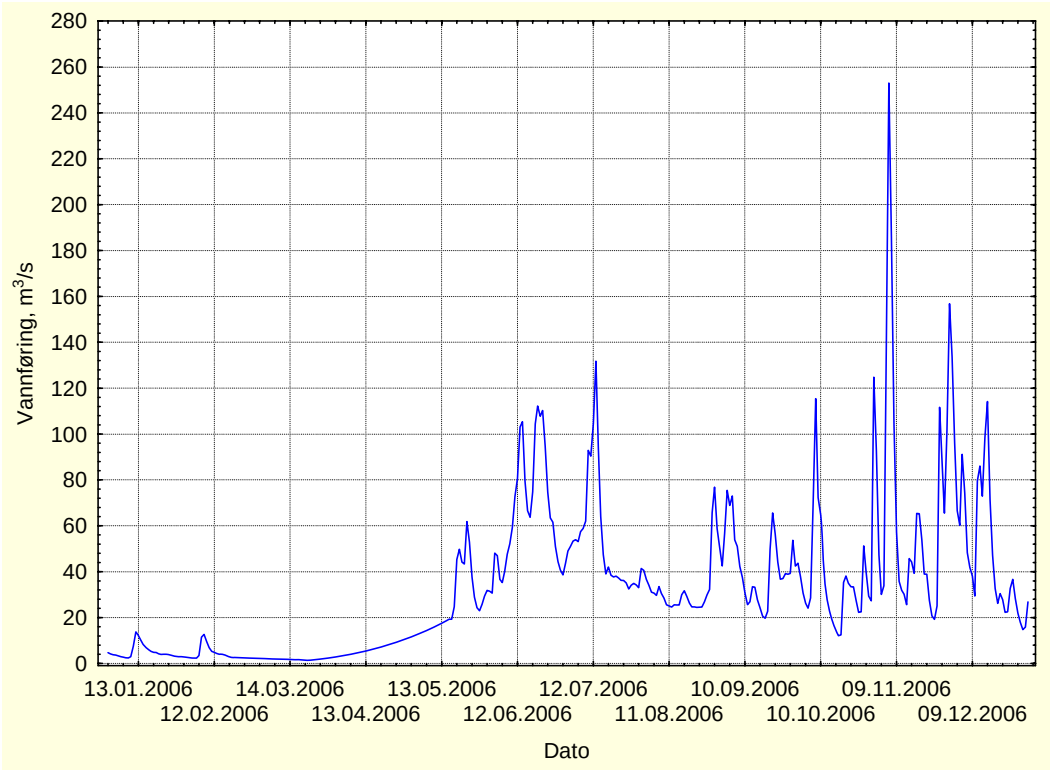


Figur 2. Langsgående bunnprofil fra Odda til Tyssedal. Indre del av Sørfjorden har ingen terskel av betydning som kan hindre vannutskiftningen.

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.-31.12.2006. Variasjonene er store og raske, gjerne med 253 m^3/s som høyeste og ca. 33 m^3/s som gjennomsnittlig vannføring i dette tidsrommet.

.



Figur 3. Døgnverdier for vannføringen i Opo i tidsrommet 1.1.-31.12.06 (kilde: NVE).

Sørfjordens innerste del 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 som utslipp til havnebassenget (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. Opo er 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. Odda kommune utfører nå målinger i Opo og oppdaterte tilførselstall vil foreligge i neste overvåkingsrapport.
- Industriutslipp: Fram til november 2002 dominerte Odda Smelteverk med et utslipp som tilsvarte ca. 950 tonn nitrogen/år. I 2002 var utslippet 442 tonn nitrogen 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 ble 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) og Borgvang et al. (2007).

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
2004		
2005	435	16

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 2006

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 2006 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 1995-2005.
I alt vesentlig var måleprogrammet som vist i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjoner, parametre og måledyp i 2006.

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 2006.

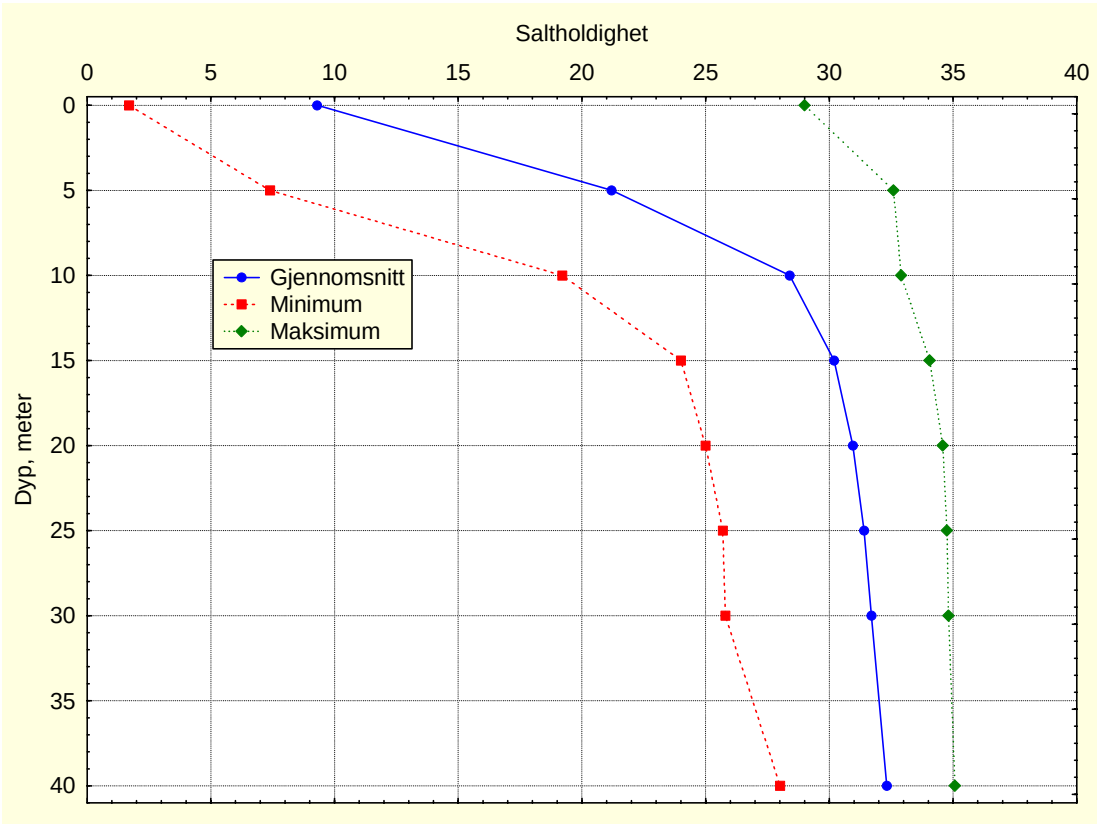
Dato	**Dato**
14.6	19.9
11.7	10.10
17.8	14.11

5. Resultater og diskusjon

5.1 Temperatur og saltholdighet

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

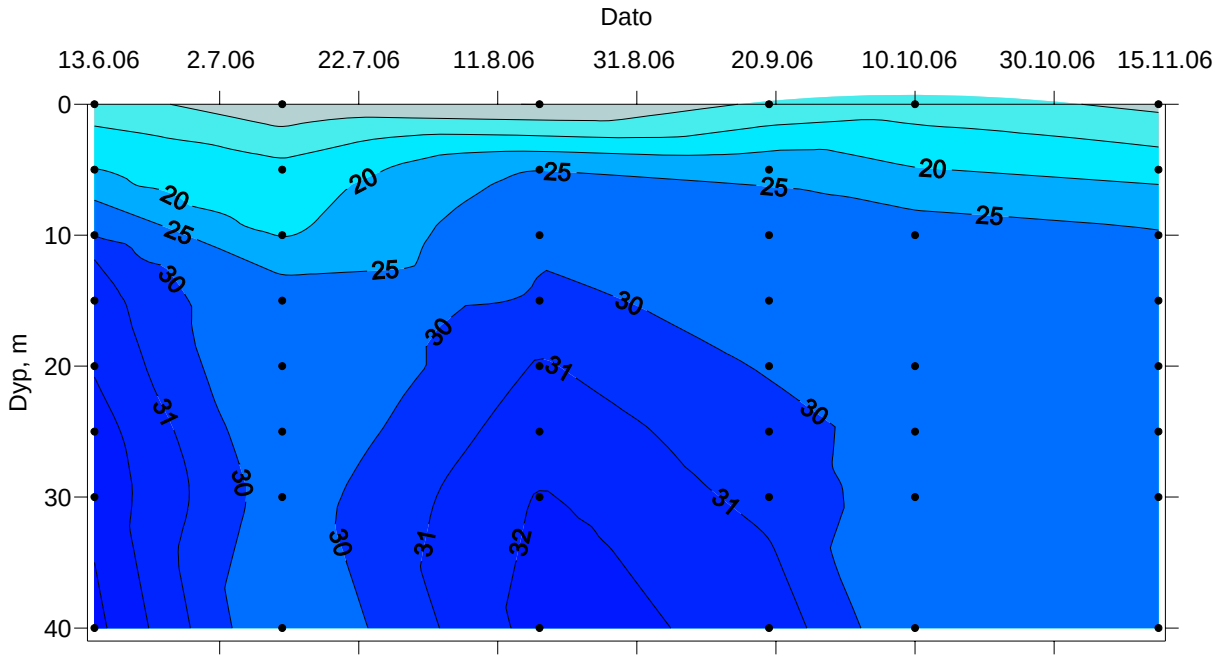
- Brakkvannslaget eller overflatelaget, som består av en blanding av ferskvann og sjøvann. Tykkelse og saltholdighet varierer mye, dels pga. store variasjoner i Opos vannføring og dels en varierende tilførsel av ferskvann til Hardangerfjorden utenfor Sørfjorden. Man kan skjelne mellom det brakkvannslaget 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 2001-2006. For hvert måledyp vises gjennomsnitts-, maksimums- og minimumsverdier (32-53 data i hvert dyp).

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 2006 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 til midten av juli. Da begynte en gradvis innstrømning av vann med høyere saltholdighet. Innstrømningen varte omkring en måned og deretter ble det dette vannet gradvis erstattet av vann med lavere saltholdighet. Dataene gir inntrykk av et halvår med relativ god vannutskiftning, men tidsrommet mellom målingene er for stort til å gi et mer detaljert bilde av tidsforløpet. Vannet som strømmer inn i Sørfjorden kommer fra selve Hardangerfjorden.



Figur 4. Havnebassenget. Måling av saltholdighet i 2006. Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Økning eller reduksjon i saltholdighet viser utskiftning av vann.

5.3 Nitrogenkonsentrasjon

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), og i 2006 var nitratkonsentrasjonen som gjennomsnitt den laveste siden 2000 både i Havnebassenget og ved Lindenes. Dette viser at den positive utviklingen med avtakende utlekking av nitrogen fra sedimentene fortsetter. Nitratkonsentrasjonen varierer mye med tiden og dette er i alt vesentlig et resultat av varierende vannutskiftning.

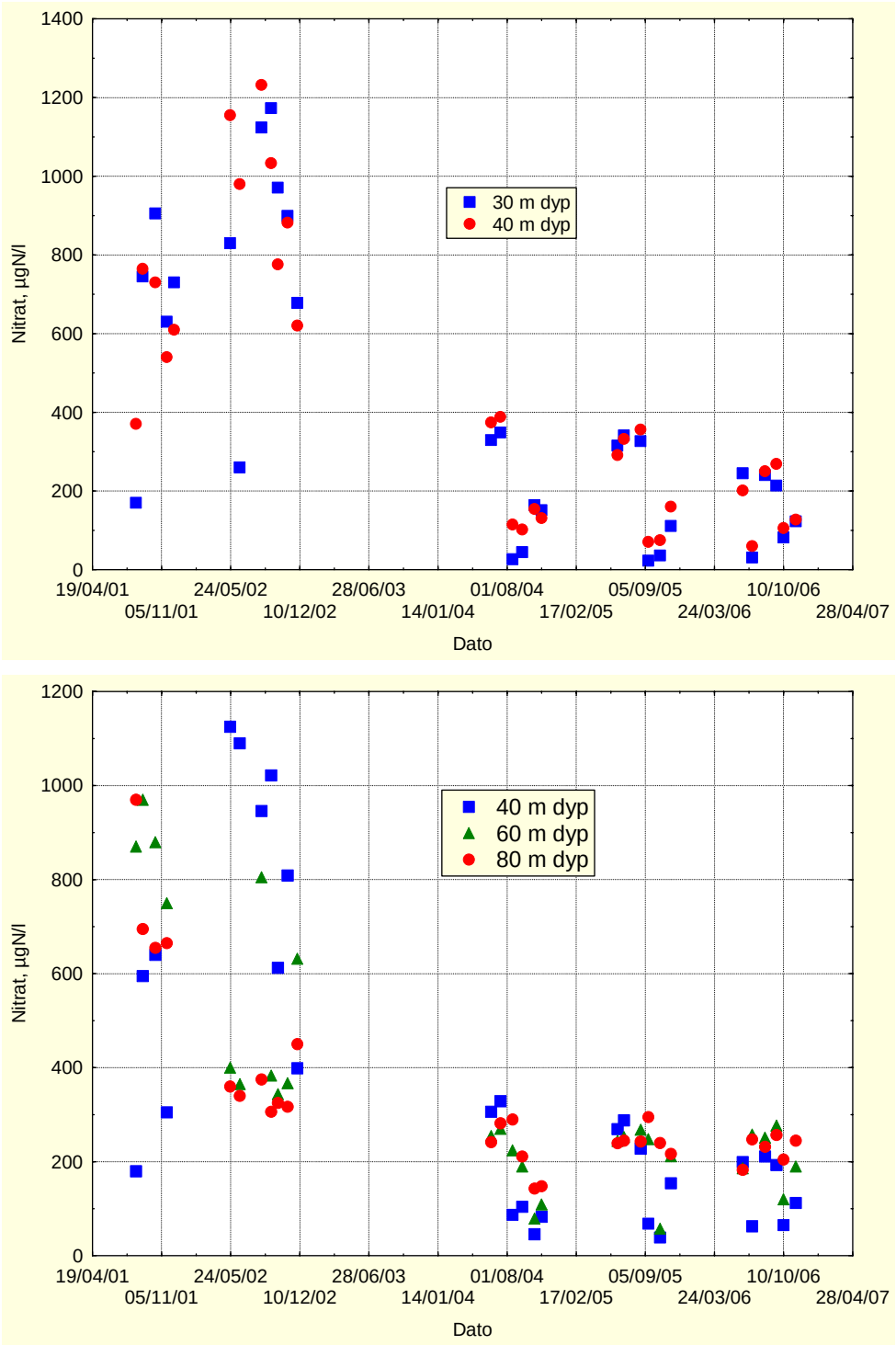
Der er en sterk negativ korrelasjon mellom konsentrasjonen av oksygen og konsentrasjonen av nitrat (Figur 6): høy konsentrasjon av nitrat indikerer høyt oksygenforbruk og dermed lav oksygenkonsentrasjon. Ser man på hele vannmassen mellom 10 m dyp og bunn i Havnebassenget (Figur 6, øverst) får vi korrelasjonskoeffisienten r^2=0,86 betyr at ca. 86 % av variasjonene i oksygenkonsentrasjon kan forklares av tilsvarende variasjoner i mengden av nitrat. Utlekkingen av nitrat fra dicy-kalk på bunnen fører fortsatt til økt oksygenforbruk i vannmassene.

Sammenhengen litt/ubetydelig svakere ved Lindenes (r^2=0,82) og viser at det fortsatt skjer en utstrømming av nitrogenrikt/oksygenfattig vann fra Havnebassenget og videre nordover i Sørfjord. Men i langt mindre grad enn før 2002.

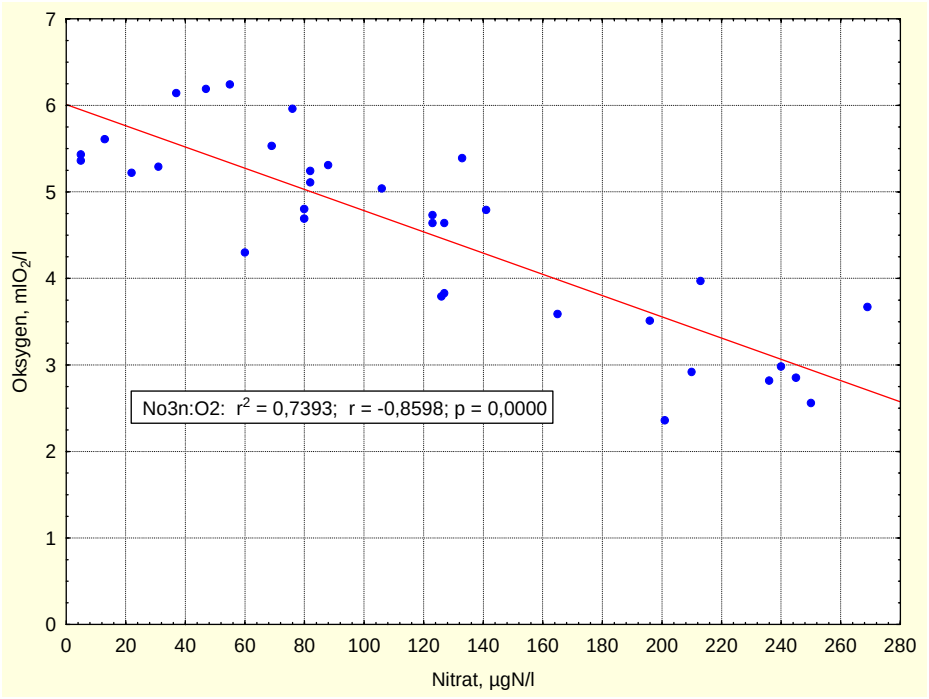
Tabell 4. Havnebassenget og Lindenes. Statistikk for konsentrasjonen av nitrat i sjøvannslaget (10 m og dypere) i 2001-2006 (33-56 målinger hvert år). Målingene i 2002 inkluderer tidsrommet med nedkjøring og stopp av utslippet fra Odda Smelteverk i løpet av høsten.

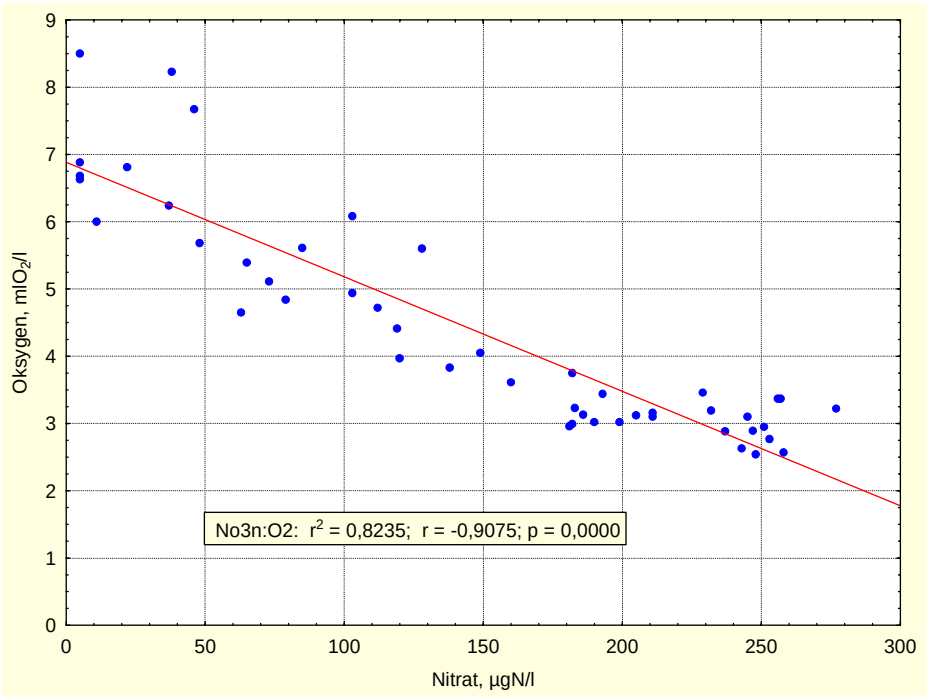
	Havnebassenget			**Lindenes**		
År	**Gjennomsnitt**	**Maksimum**	**Median**	**Gjennomsnitt**	**Maksimum**	**Median**
2001	564	1330	610	584	1255	640
2002	641	1329	707	529	1319	445
2004	137	388	108	155	329	130
2005	171	361	122	179	302	222
2006	116	269	106	147	277	170

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.



Figur 5. Nitrat (µgN/l) i 30-40 m dyp havnebassenget i tidsrommet høst 2001-høst 2006 (øverst) og tilsvarende for 40-60-80 m dyp ved Lindenes (nederst). Nedgangen etter at Odda Smelteverk stoppet produksjon i november 2002 er tydelig, og maksimum konsentrasjoner høsten 2002 var 3-4 ganger høyere enn i 2005-2006.





Figur 6. *Oksygen og nitrat i hhv. 10-40 m dyp i Havnebassenget (øverst) og i 10-80 m dyp ved Lindenes (nederst) i 2006. Korrelasjoner på ca. r^2=0,86 ca. r^2=0,82 forteller at mer enn 80 % av endringene i oksygenkonsentrasjon kan forklares med tilsvarende endringer i konsentrasjonen av nitrat (høy N-konsentrasjon gir lav O_2-konsentrasjon, og omvendt). Dette kan regnes som en sterk sammenheng. Utlekkingen av nitrat fra dicy-kalk på bunnen fører fortsatt til økt oksygenforbruk i vannmassene.*

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 foregående 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. 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

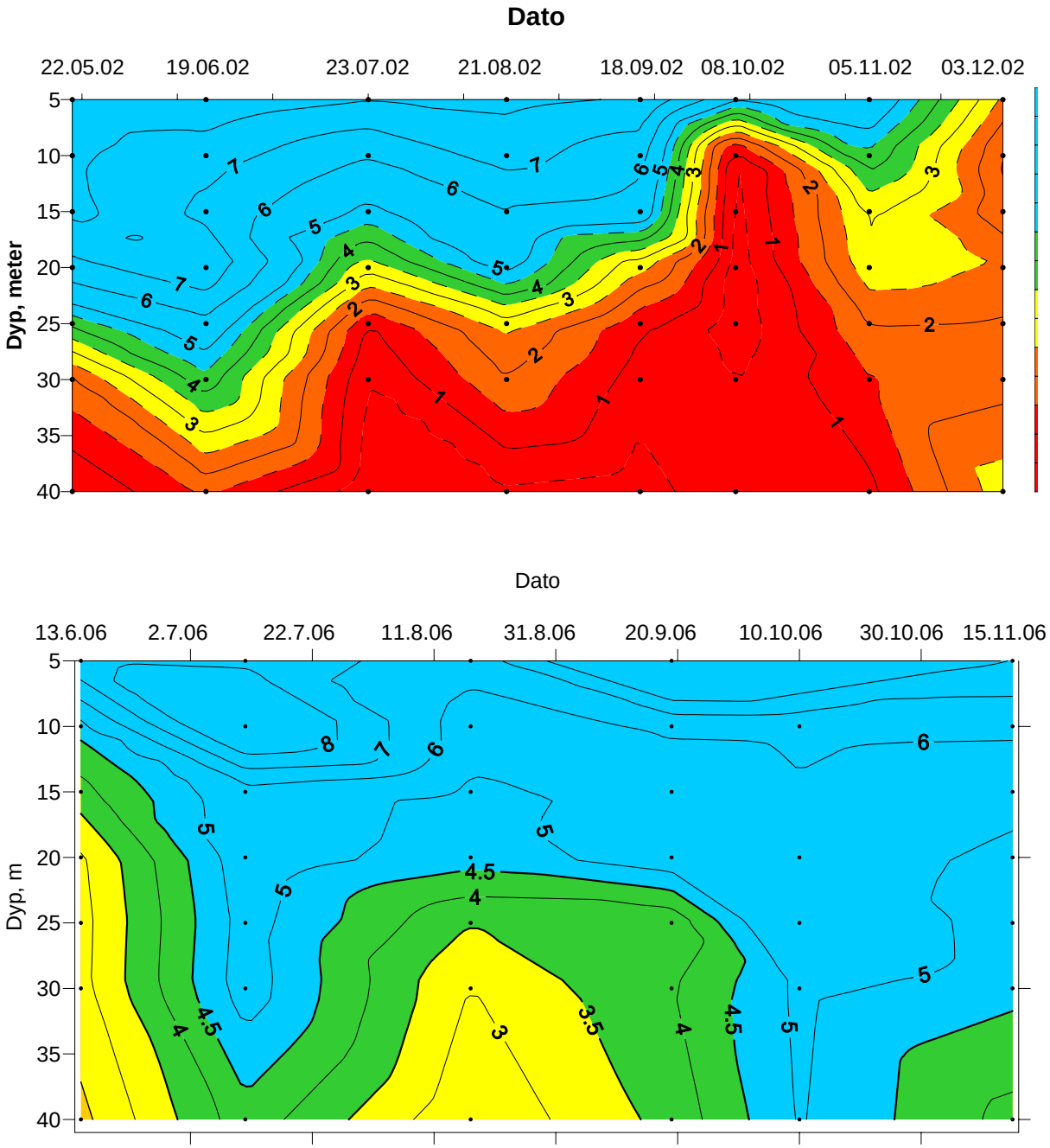
Figurene 7-8 viser oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i 2002 og 2006 som isopleter, der fargekoder er brukt for å vise forskjellige tilstandsklasser.

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 tilførsel av oksygen gjennom den naturlige vannfornyelsen ikke var tilstrekkelig for å opprettholde gode oksygenforhold.

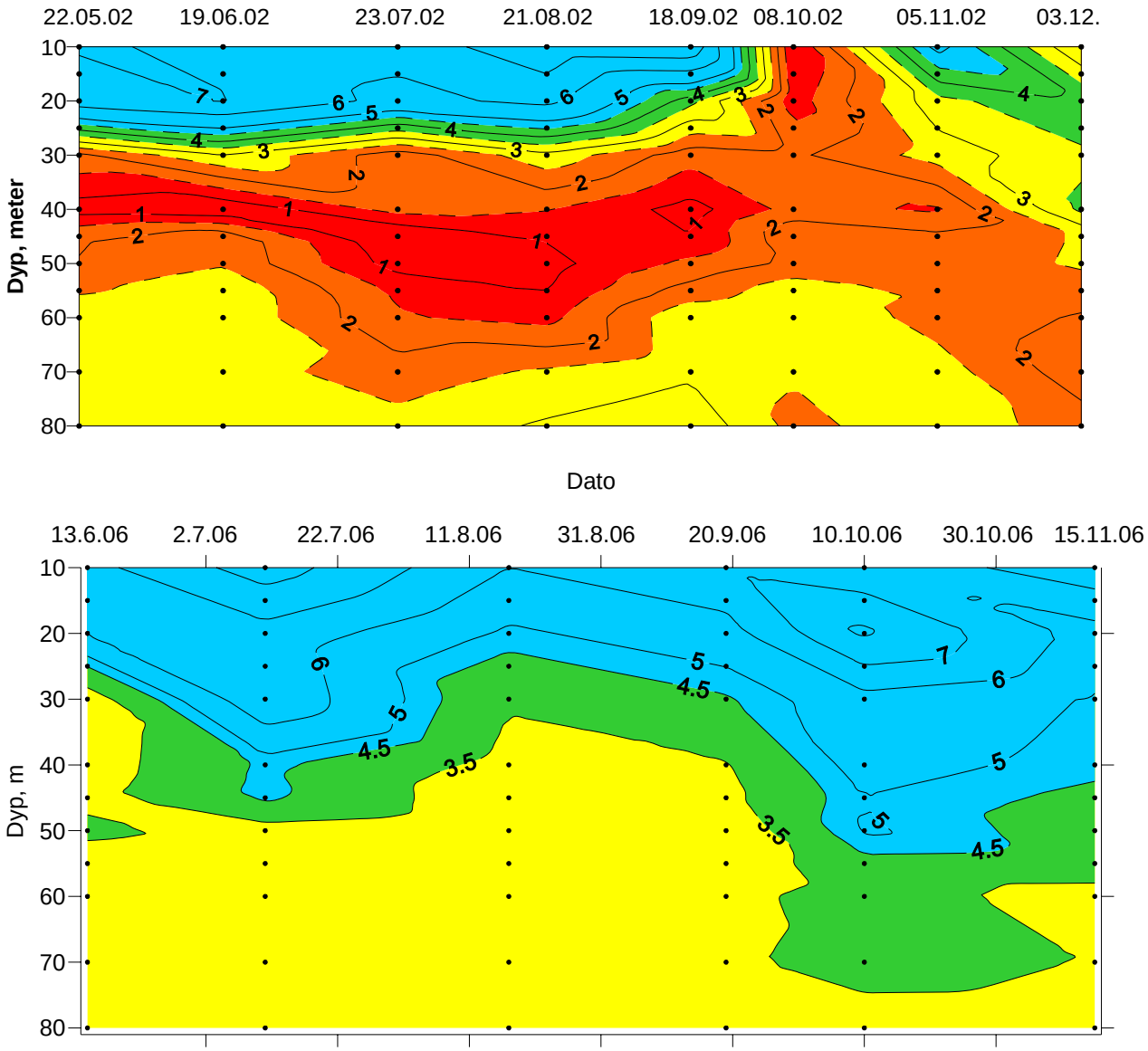
Målingene fra 2006 viser en helt annen tilstand. Storparten av vannmassene har hele tiden en oksygenkonsentrasjon større enn 3,5 ml/l, dvs. en tilstandsklassifisering som *God-Meget God***.** Nær bunnen opptrer fortsatt relativt korte perioder med oksygenkonsentrasjon lavere enn 2,5 mlO_2/l (2,36 mlO_2/l, *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.

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

Ved Lindenes ser vi i store trekk det samme bildet som i Havnebassenget, der oksygenforholdene fra 2002 til 2006 har forbedret seg med to vannkvalitetsklasser. Igjen er årsaken at utslippet fra Odda Smelteverk har opphørt og at utstrømmingen av oksygenfattig og nitrogenrikt vann fra Havnebassenget er langt mindre enn før.



Figur 7. Oksygenmålinger (mlO_2/l) i Havnebassenget i 2002 (øverst) og 2006 (nederst). Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Fargene henviser til SFTs tilstandsklasser (jfr. Tabell 5).



Figur 8. Oksygenmålinger (mlO_2/l) ved Lindenes i 2002(øverst) og 2006 (nederst). Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Det er slutt på den store utstrømmingen av oksygenfatting vann fra havnebassenget. Fargene henviser til SFTs tilstandsklasser (jfr. Tabell 5).

5.5 Fosforkonsentrasjon

Ved 6 tidspunkt 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 tidsrommet juni-november/desember 1995-97 og for juni-november 2005-2006 er sammenfattet i Tabell 6 og Tabell 7 og vist i mer detalj i Figur 9.
Verdiene har den "profilen" som man vil forvente:

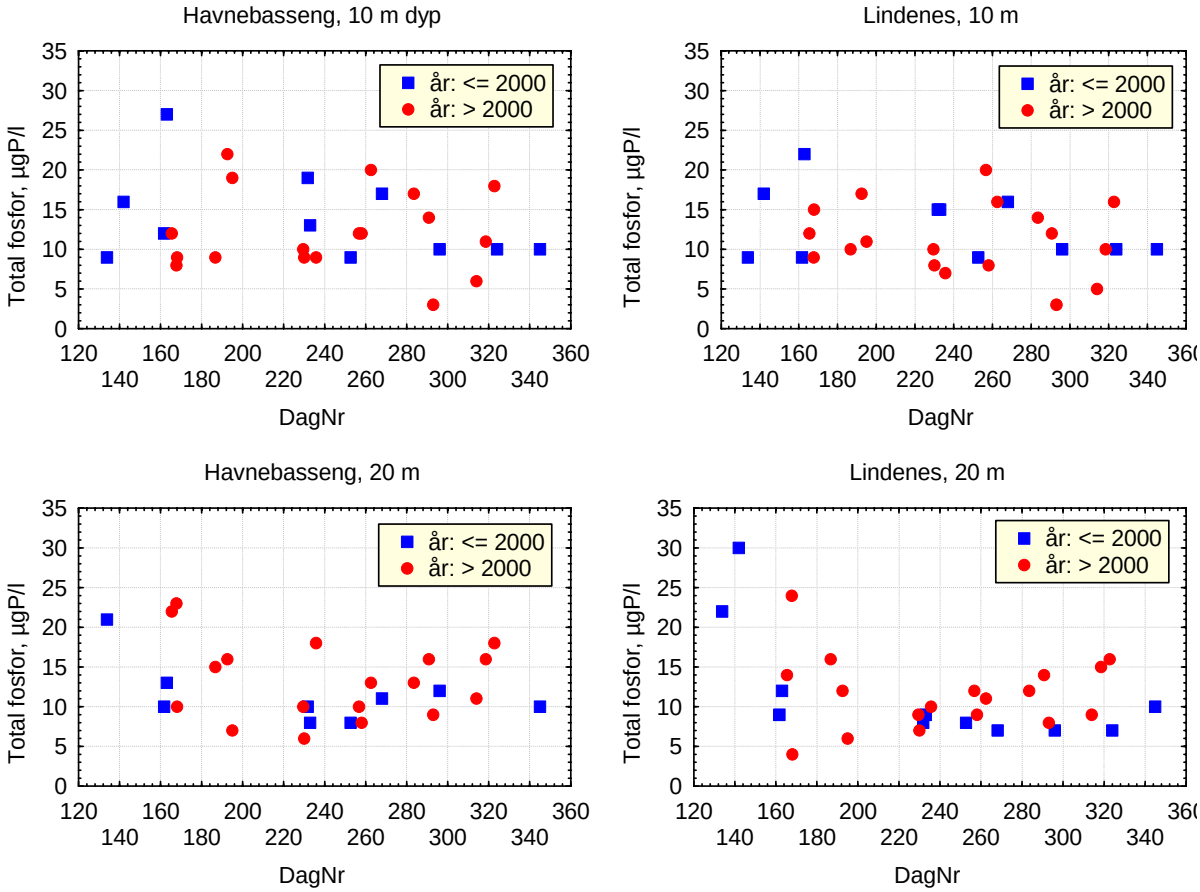
- Relativt lav fosforkonsentrasjon i brakkvannslaget
- Vesentlig høyere konsentrasjon i sjøvannslaget

Tabell 6. Havnebassenget. Statistikk for konsentrasjonen av total fosfor (µgP/l) i juni-november/desember 1995-1997og juni-desember 2005-2006.

	1995-1997			2005-2006		
Dyp, m	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**
0	9	8,3	5	12	7,2	6
10	9	14,1	12	11	12,7	12
20	8	10,3	10	12	15,8	16

Tabell 7. Lindenes. Statistikk for konsentrasjonen av total fosfor (µgP/l) i juni-november/desember 1995-1997og juni-desember 2005-2006.

	1995-1997			2005-2006		
Dyp, m	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**
0	9	6,6	6	12	6,5	6
10	9	12,9	10	12	12,8	12
20	9	8,6	8	12	13,8	13



Figur 9. Konsentrasjon av total fosfor I Havnebassenget og ved Lindenes, i hhv. 10 m og 20 m dyp. Blå firkant: målinger i 1995-1997. Rød utfylt sirkel: målinger i 2005-2006

Det er i hovedsak tilførsel fra tre kilder som vil bestemme fosforkonsentrasjonen i vannmassene som det her er målt på:

1. Avrenning fra land, og da i første rekke med Opo: denne tilførselen har vi ikke tall for og den vil i første rekke påvirke konsentrasjonen i overflatelaget. I denne sammenhengen vurderes den ikke.

2. Direkte utslipp av avløpsvann til havnebassenget og ved Lindenes: her har fordelingen endret seg fra 1995-1997 til 2005-2006 ved at utslippene av kommunalt avløpsvann til havnebassenget er fjernet. Avløpsvannet føres til mekanisk anlegg ved Lindenes og slippes ut i ca. 30 m dyp, og med innlagring oftest i 15-20 m dyp.
3. Tilførsel av fosfor til selve Hardangerfjorden: det er nylig utført beregninger av tilført menneskeskapt fosfor til Hardangerfjorden som viser at mengden har doblet seg de siste 10 år (gjennomsnitt 1997-2000 var 211 tonn/år mot 401 tonn/år som gjennomsnitt for 2004-2005, Molvær et al., 2007). Økningen skyldes ekspansjonen innen oppdrettsnæringen og tilførselen av fosfor vil derfor være størst om høsten. På den annen side må understrekes at oppdrettsanleggene i Hardangerfjorden i alt vesentlig ligger vest for Sørfjorden.

Resultatene for 10 m og 20 m dyp vurderes mot denne bakgrunnen. I 1995-97 var fosforkonsentrasjonen i Havnebassenget som gjennomsnitt noe høyere enn ved Lindenes både i 10 m dyp og i 20 m dyp.

Sammenlignet med 2005-2006 har imidlertid utviklingen vært ulik i de to måledypene. I havnebassengets 10 m dyp har konsentrasjonen avtatt noe mens nivået ved Lindenes har vært uendret. Det er ikke usannsynlig av nedgangen i havnebassenget skyldes fjerning av utslipp der avløpsvannet ofte innlagret seg omkring 10 m dyp. Ved Lindenes innlagres avløpsvannet oftest betydelig dypere enn 10 m og evt. virkninger av utslippet sees derfor ikke i dette dypet.

I 20 m dyp sees imidlertid en økning i fosforkonsentrasjon på begge stasjonene og tendensen med økning om høsten er påfallende. Som nevnt ovenfor har tilførselen av fosfor til selve Hardangerfjorden økt sterkt og det er også kjent at utslipp fra oppdrettsanlegg er størst om høsten. Sjøvannet i Sørfjorden har åpen forbindelse mot selve Hardangerfjorden. På den annen side ligger oppdrettsanleggene i alt vesentlig lenger vest i Hardangerfjorden. Vi kjenner ikke til målinger av fosfor i Hardangerfjorden som kan sammenlignes med dataene fra Sørfjordens indre del. Konklusjonen blir da at fosforkonsentrasjonen i 20 m dyp i Sørfjordens indre del viser en økning og at denne kan ha sammenheng med en stor økning i den menneskeskapte fosfortilførselen til selve Hardangerfjorden over de siste 10-15 årene. På den annen side ville man da forventet å se en viss økning i fosforkonsentrasjon også i 10 m dyp.

6. Litteratur

Borgvang, S.A., Stålnacke, P., Johansen, S.W., Skarbøvik, E., Beldring, S., Selvik, J.R., Tjomsland, T. og Harsten, S., 2007. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters – 2005. SFT-rapport TA-2245/2007. NIVA-rapport 5380-2007. 152 sider.

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.

Molvær, J., Eikrem, W., Magnusson, J., Pedersen, A. og Tjomsland, T., 2007. The OSPAR Comprehensive Procedure for the Norwegian West Coast – Eutrophication Status. SFT-rapport TA-2289/2007. NIVA-rapport nr. 5474-2007. 86 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 2006

Stasjon	Dato	Dyp	Siktedyp	Temperatur	Saltholdighet	O2	Nitrat	TOTP
		m	m	°C		mlO_2/l	µgN/l	µgP/l
Havnebasseng	14.06.2006	0,5	4,5	10,1	12,5		67	6
Havnebasseng	14.06.2006	5		10	20	7,96	29	
Havnebasseng	14.06.2006	10		8,2	30,7	4,69	80	12
Havnebasseng	14.06.2006	15		8,9	31,5	3,79	126	
Havnebasseng	14.06.2006	20		8,6	31,9	2,92	210	22
Havnebasseng	14.06.2006	25		8,8	32,5	2,82	236	
Havnebasseng	14.06.2006	30		8,6	32,7	2,85	245	
Havnebasseng	14.06.2006	40		8,3	33,3	2,36	201	
Havnebasseng	11.07.2006	0,5	2,5	13,5	6,3		49	10
Havnebasseng	11.07.2006	5		15,8	16,7	7,76	<10	
Havnebasseng	11.07.2006	10		14,1	19,2	9,94	<10	22
Havnebasseng	11.07.2006	15		9,7	28,6	5,43	<10	
Havnebasseng	11.07.2006	20		9,6	28,6	5,36	<10	16
Havnebasseng	11.07.2006	25		8,9	19,4	5,22	22	
Havnebasseng	11.07.2006	30		9	29,4	5,29	31	
Havnebasseng	11.07.2006	40		8,6	28,8	4,3	60	
Havnebasseng	17.08.2006	0,5	5	15,3	4,9		52	6
Havnebasseng	17.08.2006	5		13,7	25,9	6,28	<10	
Havnebasseng	17.08.2006	10		11,5	29,5	5,61	13	10
Havnebasseng	17.08.2006	15		9,8	30,5	4,8	80	
Havnebasseng	17.08.2006	20		9,4	31,1	4,73	123	10
Havnebasseng	17.08.2006	25		9,6	31,6	3,51	196	
Havnebasseng	17.08.2006	30		9,6	32,1	2,98	240	
Havnebasseng	17.08.2006	40		9,9	32,4	2,56	250	
Havnebasseng	19.09.2006	0,5	4,5	14	10,8		37	15
Havnebasseng	19.09.2006	5		15,7	23,7	10,85	<10	
Havnebasseng	19.09.2006	10		13,3	28,6	6,14	37	20
Havnebasseng	19.09.2006	15		11,8	29,2	5,24	82	
Havnebasseng	19.09.2006	20		10,5	29,9	5,39	133	13
Havnebasseng	19.09.2006	25		9,9	30,4	3,59	165	
Havnebasseng	19.09.2006	30		9,4	30,7	3,97	213	
Havnebasseng	19.09.2006	40		9,2	31,7	3,67	269	
Havnebasseng	10.10.2006	0,5	7	11,4	12,6		52	8
Havnebasseng	10.10.2006	10		13,8	27,9	6,24	55	17
Havnebasseng	10.10.2006	20		12	29,4	5,53	69	13
Havnebasseng	10.10.2006	25		11,5	29,6	5,96	76	
Havnebasseng	10.10.2006	30		11,2	29,4	5,11	82	
Havnebasseng	10.10.2006	40		10,4	29	5,04	106	
Havnebasseng	14.11.2006	0,5	4,5	8	8,8		117	6
Havnebasseng	14.11.2006	5		9,2	18,3	7,96	63	
Havnebasseng	14.11.2006	10		11,7	25,8	6,19	47	11
Havnebasseng	14.11.2006	15		12,1	27,5	5,31	88	
Havnebasseng	14.11.2006	20		10,9	28,6	4,79	141	16
Havnebasseng	14.11.2006	25		10,3	29	4,64	127	

Stasjon	Dato	Dyp m	Siktedyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	O2 mlO_2/l	Nitrat µgN/l	TOTP µgP/l
Havnebasseng	14.11.2006	30		9,6	28,8	4,64	123	
Havnebasseng	14.11.2006	40		8,8	28,8	3,83	127	
Lindenes	14.06.2006	0,5	5	10,5	12,6		58	5
Lindenes	14.06.2006	5		11,2	21,5			
Lindenes	14.06.2006	10		9,5	28,7	6,68	<10	12
Lindenes	14.06.2006	15		8,2	31,7			
Lindenes	14.06.2006	20		9,2	31,9	6,08	103	14
Lindenes	14.06.2006	25		9	33			
Lindenes	14.06.2006	30		9,3	33,1	2,96	181	
Lindenes	14.06.2006	40		9	33,9	3,02	199	
Lindenes	14.06.2006	45				3,23		
Lindenes	14.06.2006	50		9	33,6	3,75	182	
Lindenes	14.06.2006	55				2,92		
Lindenes	14.06.2006	60		8,2	33,7	3,13	186	
Lindenes	14.06.2006	70		8,1	3,4	2,99	182	
Lindenes	14.06.2006	80		8	33,6	3,23	183	
Lindenes	11.07.2006	0,5	3	13,9	7,1		41	9
Lindenes	11.07.2006	5		16,2	16,7			
Lindenes	11.07.2006	10		12,9	23	8,5	<10	17
Lindenes	11.07.2006	15		10	28,5			
Lindenes	11.07.2006	20		8,1	29,9	6,63	<10	12
Lindenes	11.07.2006	25		8,6	30,4			
Lindenes	11.07.2006	30		8,5	30,5	6,88	<10	
Lindenes	11.07.2006	40		8,5	31	4,65	63	
Lindenes	11.07.2006	45				4,72		
Lindenes	11.07.2006	50		9,2	31,6	3,1	211	
Lindenes	11.07.2006	55				2,68		
Lindenes	11.07.2006	60		8,7	32,7	2,57	258	
Lindenes	11.07.2006	70		8,5	32,7	2,54	248	
Lindenes	11.07.2006	80		8,1	32,5	2,89	247	
Lindenes	17.08.2006	0,5	5	14,7	5,1		49	5
Lindenes	17.08.2006	5		14,6	24,5			
Lindenes	17.08.2006	10		11,8	29,5	6	11	10
Lindenes	17.08.2006	15		10,4	30,8			
Lindenes	17.08.2006	20		10,4	31,2	4,84	79	9
Lindenes	17.08.2006	25		9,7	32			
Lindenes	17.08.2006	30		9,6	32,3	3,61	160	
Lindenes	17.08.2006	40		10	33,4	3,16	211	
Lindenes	17.08.2006	45				2,74		
Lindenes	17.08.2006	50		9,9	33,7	2,63	243	
Lindenes	17.08.2006	55				2,74		
Lindenes	17.08.2006	60		9,3	33,6	2,95	251	
Lindenes	17.08.2006	70		8,7	34	2,88	237	
Lindenes	17.08.2006	80		8,8	33,8	3,19	232	
Lindenes	19.09.2006	0,5	5,5	14,1	11,7			11
Lindenes	19.09.2006	5		16,9	23,5			
Lindenes	19.09.2006	10		14,1	28,2	6,81	22	16
Lindenes	19.09.2006	15		12,3	29,8			
Lindenes	19.09.2006	20		18,8	30,3	5,61	85	11
Lindenes	19.09.2006	25		9,9	30,8			
Lindenes	19.09.2006	30		9,8	31,3	4,41	119	
Lindenes	19.09.2006	40		9,4	32,4	3,44	193	

Stasjon	Dato	Dyp m	Siktedyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	O2 mlO_2/l	Nitrat µgN/l	TOTP µgP/l
Lindenes	19.09.2006	45				3,22		
Lindenes	19.09.2006	50		9,1	33,3	2,77	253	
Lindenes	19.09.2006	55				2,77		
Lindenes	19.09.2006	60		8,9	33,5	3,22	277	
Lindenes	19.09.2006	70		8,8	33,7	3,37	256	
Lindenes	19.09.2006	80		8,9	33,6	3,37	257	
Lindenes	10.10.2006	0,5	7,5	12,5	12,4		57	6
Lindenes	10.10.2006	5		14,7	23,2			
Lindenes	10.10.2006	10		13,7	28,1	6,24	37	14
Lindenes	10.10.2006	15		12,7	29,2			
Lindenes	10.10.2006	20		12,5	29,9	8,23	38	12
Lindenes	10.10.2006	25		12,2	30,3			
Lindenes	10.10.2006	30		11,8	29,9	5,68	48	
Lindenes	10.10.2006	40		10,4	30,3	5,39	65	
Lindenes	10.10.2006	45				4,97		
Lindenes	10.10.2006	50		10	30,3	5,11	73	
Lindenes	10.10.2006	55					4,26	
Lindenes	10.10.2006	60		9,1	30,5	3,97	120	
Lindenes	10.10.2006	70		9	30,7	3,83	138	
Lindenes	10.10.2006	80		8,8	31	3,12	205	
Lindenes	14.11.2006	0,5	3,5	6,7	11,6		95	6
Lindenes	14.11.2006	5		10	21,6			
Lindenes	14.11.2006	10		11,4	26,5	7,67	46	10
Lindenes	14.11.2006	15		12,2	27,6			
Lindenes	14.11.2006	20		11,3	29	5,6	128	15
Lindenes	14.11.2006	25		10,9	28,9			
Lindenes	14.11.2006	30		8,9	30,1	4,94	103	
Lindenes	14.11.2006	40		8,3	29,7	4,72	112	
Lindenes	14.11.2006	45				4,28		
Lindenes	14.11.2006	50		8,3	30,1	4,05	149	
Lindenes	14.11.2006	55				4,2		
Lindenes	14.11.2006	60		8,1	30,9	3,02	190	
Lindenes	14.11.2006	70		8,3	30,9	3,46	229	
Lindenes	14.11.2006	80		7,8	30,7	3,1	245	

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 978-82-577-5222-4

	Avdeling i SFT Næringslivsavdelingen		TA-nummer 2308/2007
Oppdragstakers prosjektansvarlig Anders Ruus	År 2007	Sidetall 29	SFTs kontraktnummer 4005103

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5487-2007	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn Odda kommune

Forfatter
Jarle Molvær

Tittel
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2006.
Delrapport 2. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2006.
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 2006. I forhold til 2002 er oksygenforholdene i Havnebassenget og ved Lindenes forbedret med jevnt over to vannkvalitetsklasser og nivåene i 2006 var så høye at det ikke lenger ville skape vesentlige problemer for fisk og andre marine organismer. Det foregår fortsatt en betydelig utlekking av nitrogen fra avsetningene av dicykalk på bunnen av Havnebassenget og tilstanden har derfor ikke stabilisert seg ennå.
I Havnebassenget synes fosforkonsentrasjonen i 10 m dyp å ha avtatt siden 1995-97, mens den i 20 m dyp har økt både i Havnebassenget og ved Lindenes. Årsaken er ukjent, men dette kan ha sammenheng med en stor økning av fosfortilførselen til selve Hardangerfjorden over de siste 10-15 årene.

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