Statlig program for forurensningsovervåking
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden

Rapport: 923/2005
TA-nummer: 2081/2005
ISBN-nummer: 82-577-4696-7

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning

Miljøforholdene i Sørfjorden 2004

Rapport 923 2005

Rapport 1. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004

Rapport 1. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Prosjektleder: Anders Ruus
Medarbeidere: Jarle Molvær
Merete Schøyen

Forord

NIVA har i 2004 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, 22.2.2005

Anders Ruus

Innhold

1. Sammendrag 5
2. Summary 6
3. Innledning 7
3.1 Topografi 7
3.2 Tilførsler av nitrogen, fosfor, oksygenforbrukende materiale og ferskvann 8
3.3 Formål med overvåkingen i 2004 9
4. Feltarbeid og metoder 10
5. Resultater og diskusjon 11
5.1 Temperatur og saltholdighet 11
5.4 Oksygenforholdene 12
5.3 Nitrogenkonsentrasjon i vannmassen 16
5.5 Fosforkonsentrasjon i vannmassen 19
6. Litteratur 20

Vedlegg A: Måle- og analysemetoder
Vedlegg B: Data

1. Sammendrag

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden i 2004 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 og 2004 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 2004 leder til følgende konklusjoner:

1. Den forbedringen av oksygenforholdene som ble registrert i 2003 har vedvart. Jevnt over tilsvarer forbedringen to vannkvalitetsklasser. Det er indikasjoner på at tilstanden i 2004 er bedre enn i 2003, men konklusjonen er ikke sikker fordi ulik vannutskiftning kan ha spilt en rolle. Målinger av nitrat viser nedgang i konsentrasjon fra 2003 til 2004, en utvikling som samsvarer med at oksygenforbruket har avtatt. Selv om vannutskiftningen for de to årene kan være ulik, så tyder altså dataene på en fortsatt positiv utvikling av oksygen og bedre levevilkår 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. Tilstanden har derfor neppe stabilisert seg ennå og forholdene ventes å forbedre seg noe utover i 2005.
3. Vannprøver som er analysert for total fosfor viste lave konsentrasjoner både i overflatelag og i sjøvannslaget. Konsentrasjonene var betydelig lavere enn tilsvarende data fra 1995-97. Nedgangen var ventet pga. flytting av de kommunale utslippene bort fra havnebassenget og fordi vannmassene i 2004 inneholdt en større andel ferskvann enn tilfellet var i 1995-97, men forskjellen var uventet stor. Dette kan skyldes en kombinasjon av flytting av utslippet, stor avrenning med ferskvann i 2004, noe ulik analysemetodikk, og blir nærmere undersøkt i 2005.

2. Summary

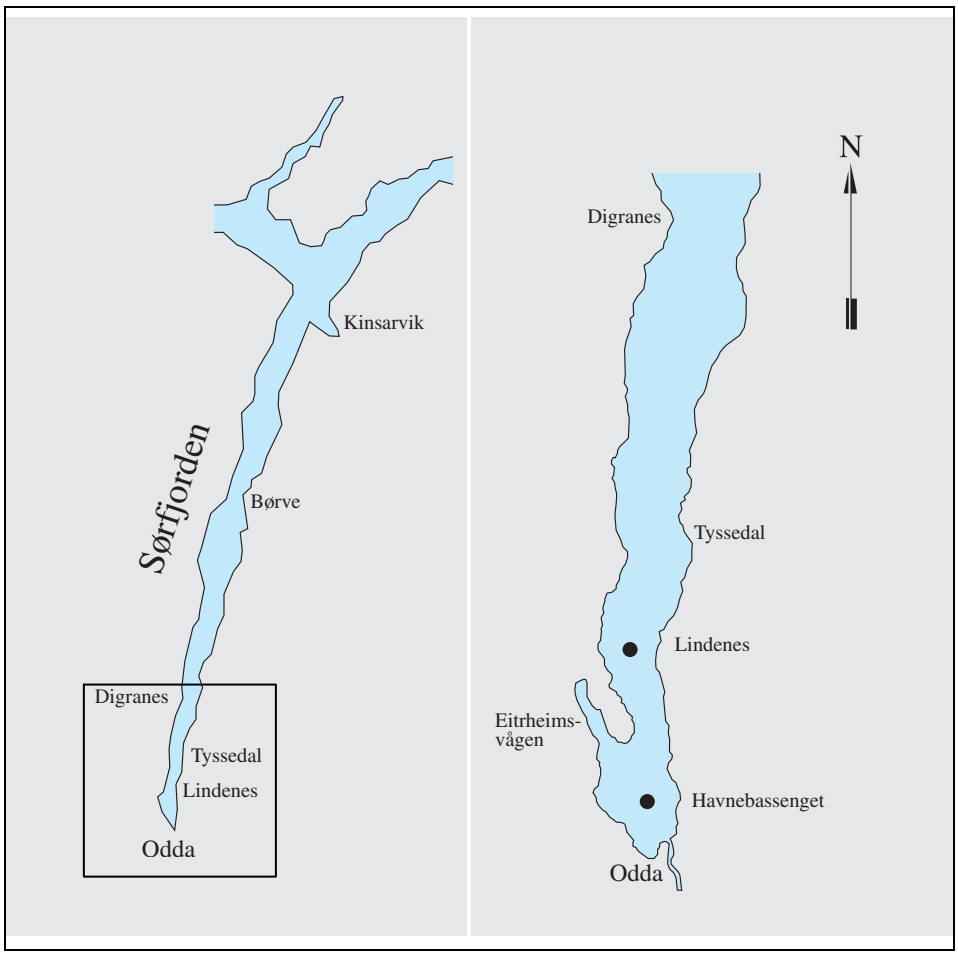
Since 1995 serious oxygen problems have been observed in the inner part of the Sørfjord. Previous studies have shown that the discharge of dicy from Odda Smelteverk was the main explanation of this unfortunate situation. Odda Smelteverk closed down in November 2002. The present report from the monitoring program in Sørfjorden in 2004 describes the development regarding oxygen and nitrate in the southern part of the fjord. In addition it contains updated information regarding concentrations of phosphorus in the same area.

- The improvement in oxygen concentrations that was found in 2003 has persisted in 2004, a improvement of typically two water quality classes according to the Norwegian water classification system. Measurements of nitrate showed a corresponding decrease, with a maximum concentration of 388 µgN/l in 2004 compared to a maximum of 1329 µgN/l in 2002.
- 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 oxygen conditions are therefore expected to improve during 2005.
- The concentration of total phosphorus were low both in the brackish surface layer and in the seawater, and significantly lower than observed in 1995-97. A decrease in concentration was expected due to reduced discharges of municipal wastewater to the area and a relatively low salinity (high share of freshwater) in the fjord in 2004, but the decrease was still unexpected large. This will be looked into during the monitoring in 2005.

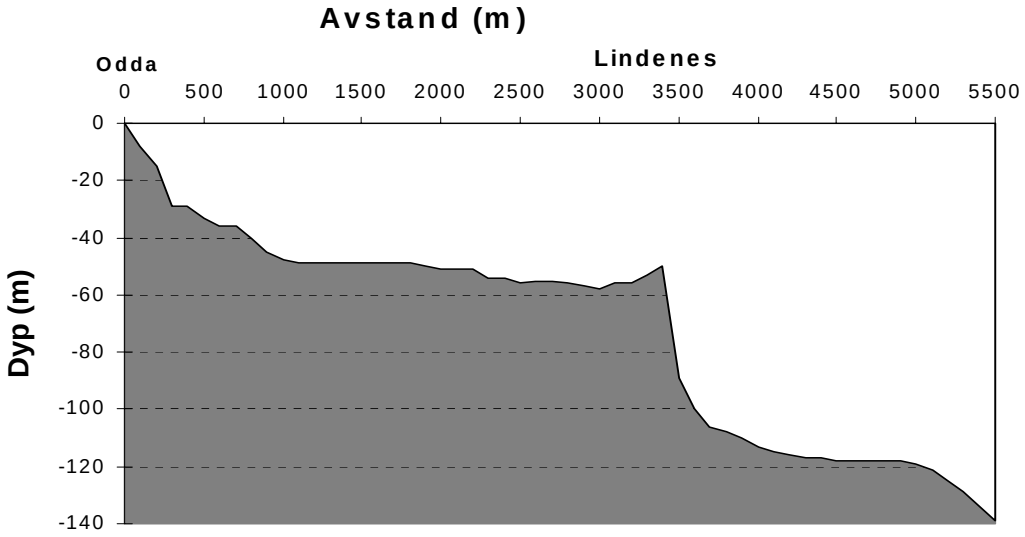
3. Innledning

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 2004.



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 nitrogen, fosfor, oksygenforbrukende materiale og ferskvann

Havnebassenget har direkte tilførsler 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 15-20 m dyp og når ikke opp til fjordens overflatelag. Restutslippet til havnebassenget kan være i størrelsesorden 0,5-1 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. Tall for ferskvannstilførselen i 2004 foreligger ikke ennå. Tidligere års målinger har vist at variasjonene er store og raske, gjerne med 200-400 m^3/s som høyeste, 5-10 m^3/s som laveste og ca. 40 m^3/s som gjennomsnittlig vannføring.
  Beregninger av transporten av næringssalter for tidligere år 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 8-13 tonn/år. Næringssaltene følger med ferskvannet til overflatelaget i fjorden.
- Industriutslipp: Odda Smelteverk har lenge dominert, med et typisk utslipp på ca. 950 tonn/år fram til og med 2001. I 2002 var utslippet 442 tonn. 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 ble tilført vannmassene direkte fra utslippet eller som lekket ut fra bunnsedimentene, ble omdannet til ammonium som i sin tur ble omdannet til nitrat. Denne kjemiske prosessen forbruker oksygen og bedriftens utslipp har vært 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).

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

3.3 Formål med overvåkingen i 2004

Nedleggelsen av Odda Smelteverk høsten 2002 medførte at primærutslippene av oksygenforbrukende stoffer ble dramatisk redusert. Det gjenstår å se i hvilken grad utlekking av dicyandiamid fra massene som er lagret på bunnen i havnebassenget fortsatt influerer på oksygenforbruket i dypvannet.

Hovedformålet med overvåkingen i 2004 var å

1. *registrere utviklingen av oksygenforholdene i Sørfjordens indre del etter stans i utslipp av nitrogen og dicykalk fra Odda Smelteverk. I 2003 ble det påvist en stor forbedring, men det er ventet at utlekking at 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

Overvåkingen fram til 2002 har vist at oksygenproblemene strekker seg 10-15 km utover i fjorden, men har sin opprinnelse i området Havnebassenget – Lindenes der også problemene er størst. Som i 2003 ble undersøkelsene i 2004 derfor konsentrert om strekningen Havnebassenget – Lindenes (Figur 1).

Stasjonene på Figur 1 er de samme som ble anvendt i tidsrommet 1995-2003.
I alt vesentlig var måleprogrammet som vist i Tabell 2. Sammenlignet med de foregående årene er programmet utvidet med prøver av total fosfor

Tabell 2. Stasjoner, parametre og måledyp i 2004.

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

For en detaljert beskrivelse av metodikken henvises til Vedlegg A. Temperatur og saltholdighet ble målt med 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 (se også Vedlegg A). Tidspunktene for prøvetaking er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Tidspunkt for prøver i 2004.

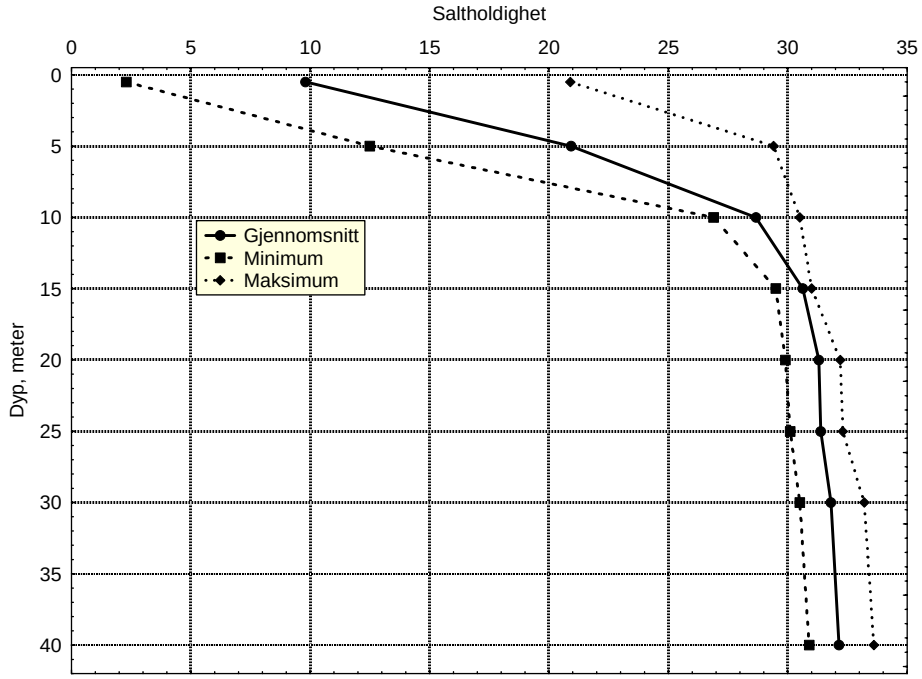
Dato	**Dato**
16.6	14.9
13.7	19.10
17.8	9.11

5. Resultater og diskusjon

5.1 Temperatur og saltholdighet

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

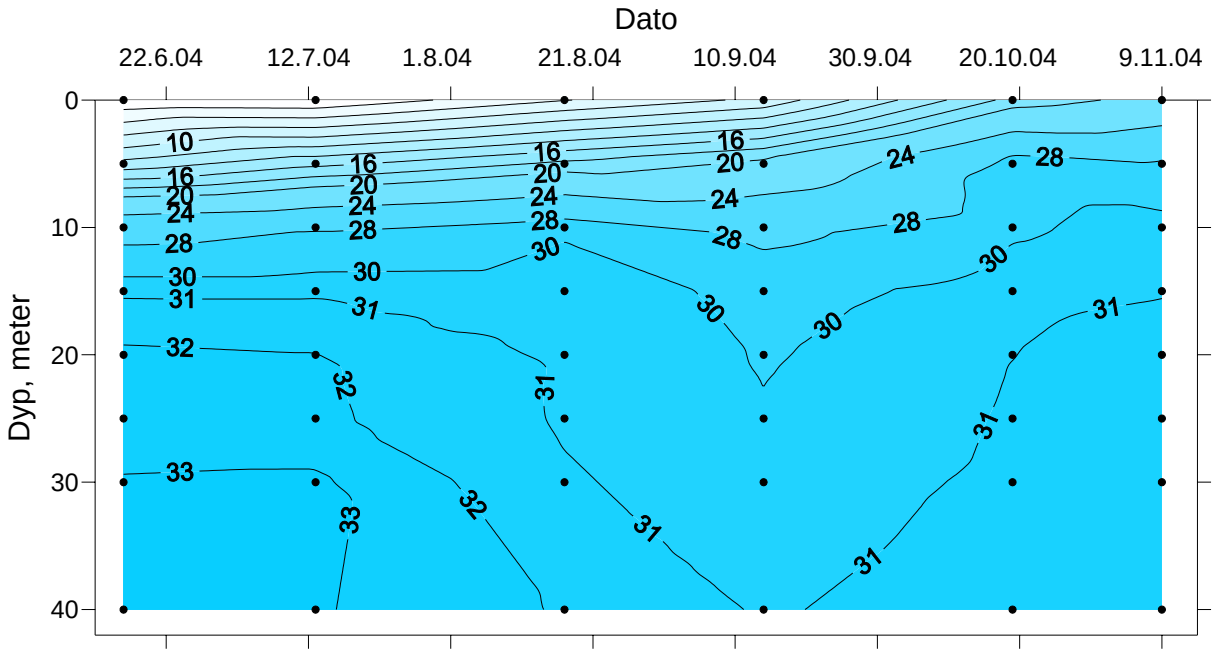
- Brakkvannslaget eller overflatelaget, som består av en blanding av ferskvann og sjøvann. Tykkelse og saltholdighet varierer mye, dels pga. store variasjoner i Opos vannføring og dels en varierende tilførsel av ferskvann til Hardangerfjorden utenfor Sørfjorden. Man kan skjelne mellom det brakkvannslaget 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 34-35.



Figur 3. Vertikalprofil for saltholdighet i havnebassenget i 2004. For hvert måledyp vises gjennomsnitts-, maksimums- og minimumsverdier (NB. 6 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 2004 er vist i Figur 4. Under ca. 15-20 m dyp viser den innstrømning av sjøvann med lav saltholdighet i august- slutten av september, og deretter gradvis tilførsel 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 2004. Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Økning eller reduksjon i saltholdighet viser utskiftning av vann.

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 (særlig fra dicykalk, 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.

Som grunnlag for bedømmelse av oksygenforholdene, viser Tabell 4 klassifiseringsgrunnlaget i SFTs veiledning i klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Tabell 4. 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 5-6 viser oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i 2002, 2003 og 2004 som isopleter, der fargekoder er brukt for å vise forskjellige tilstandsklasser.

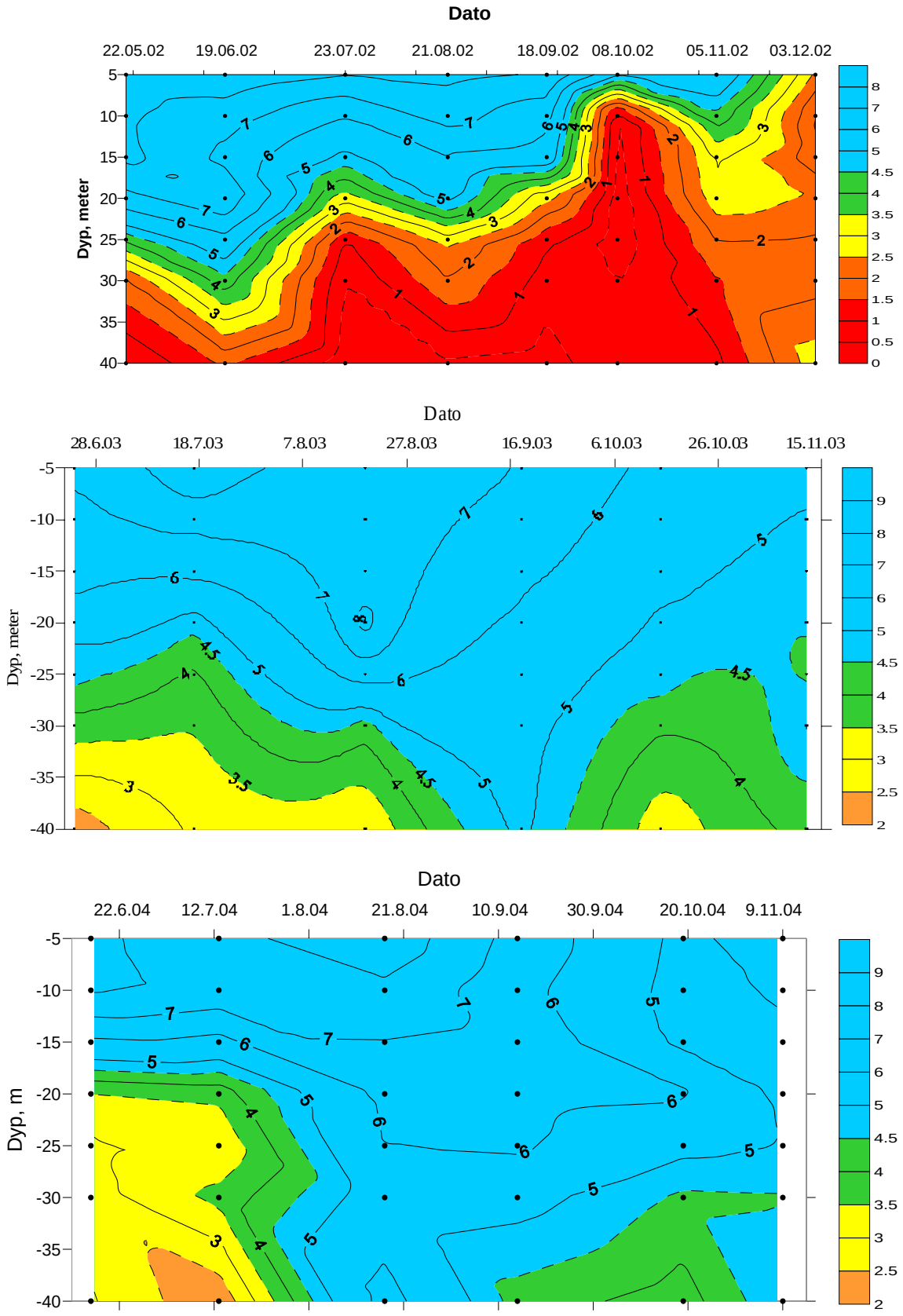
For Havnebassenget viste målingene i 2002 i store trekk et bilde som var kjent fra tidligere år med utvikling mot svært dårlige oksygenforhold utover høsten. Oksygenforbruket i Havnebassenget var så ekstremt stort at vannfornyelsen gjennom tidevannet ikke var tilstrekkelig for å opprettholde gode oksygenforhold.

Målingene fra 2003 og 2004 viste 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 2003-2004.

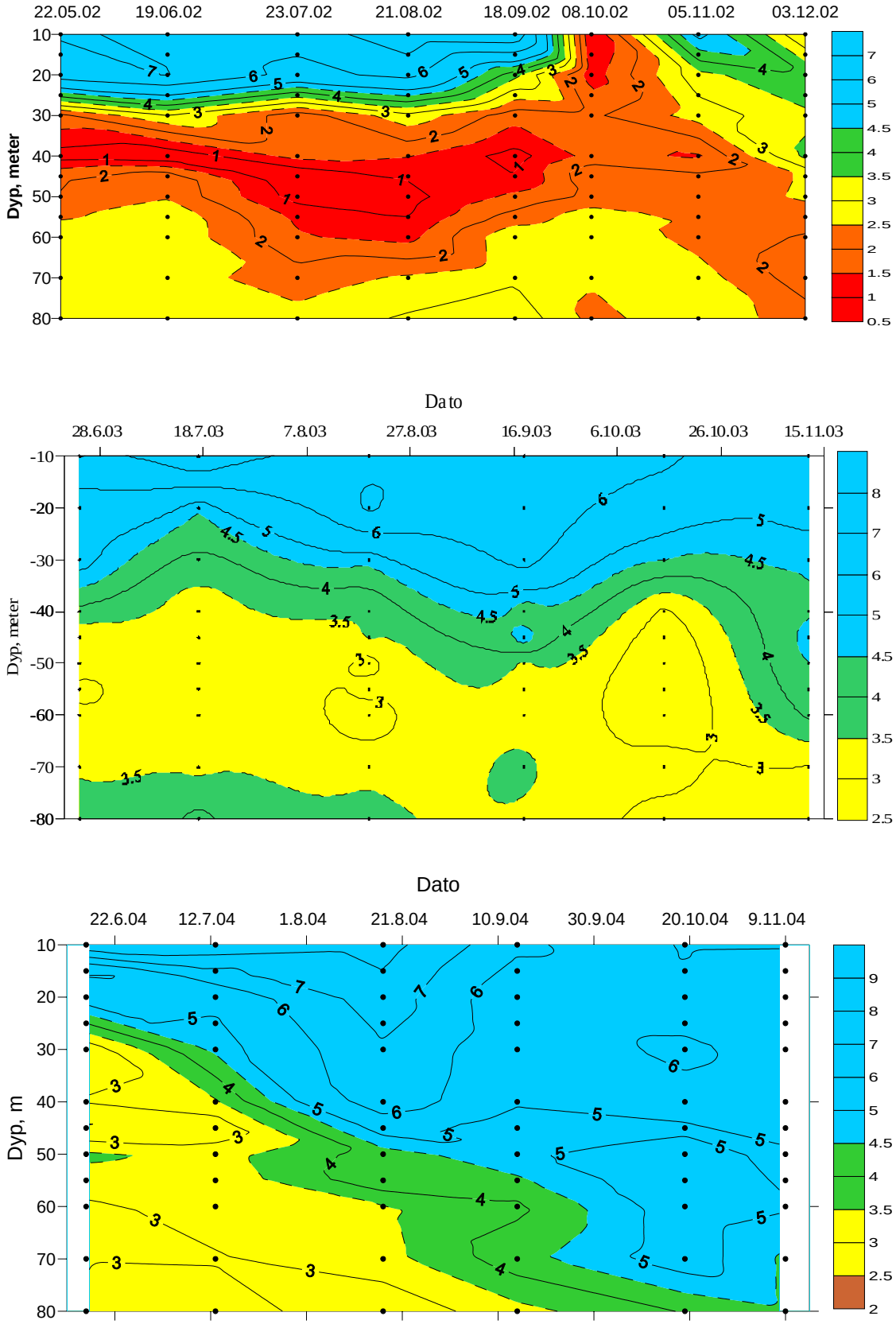
For Havnebassenget er inntrykket at forholdene i 2004 jevnt over var noe bedre enn i 2003. Det er imidlertid ikke mulig å avgjøre om dette skyldes at oksygenforbruket i 2004 var lavere enn i 2003, eller om dette delvis eller helt skyldes bedre vannfornyelse. Typisk oppholdstid for sjøvannet i Havnebassenger er omkring en uke, og målinger med ca. 1 måneds mellomrom gir ikke grunnlag for å bestemme størrelsen av vannutskiftningen mellom hver prøveserie.

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 det samme bildet, der oksygenforholdene fra 2002 til 2004 har forbedret seg med to vannkvalitetsklasser. Igjen er årsaken at utslippet fra Odda Smelteverk har opphørt. Men som for tidligere år ser vi relativt oksygenfattig vann (dog i 2004 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 kan tyde på at der fortsatt er et betydelig oksygenforbruk nær bunnen i Havnebassenget.



Figur 5. *Oksygenmålinger (mlO_2/l) i Havnebassenget i 2002 (øverst), 2003 i midten og 2004 (nederst). Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Fargene henviser til SFTs tilstandsklasser (jfr. Tabell 4).*



Figur 6. Oksygenmålinger (mlO_2/l) ved Lindenes i 2002(øverst), 2003 i midten og 2004 (nederst). Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Fargene henviser til SFTs tilstandsklasser (jfr. Tabell 4).

5.3 Nitrogenkonsentrasjon i vannmassen

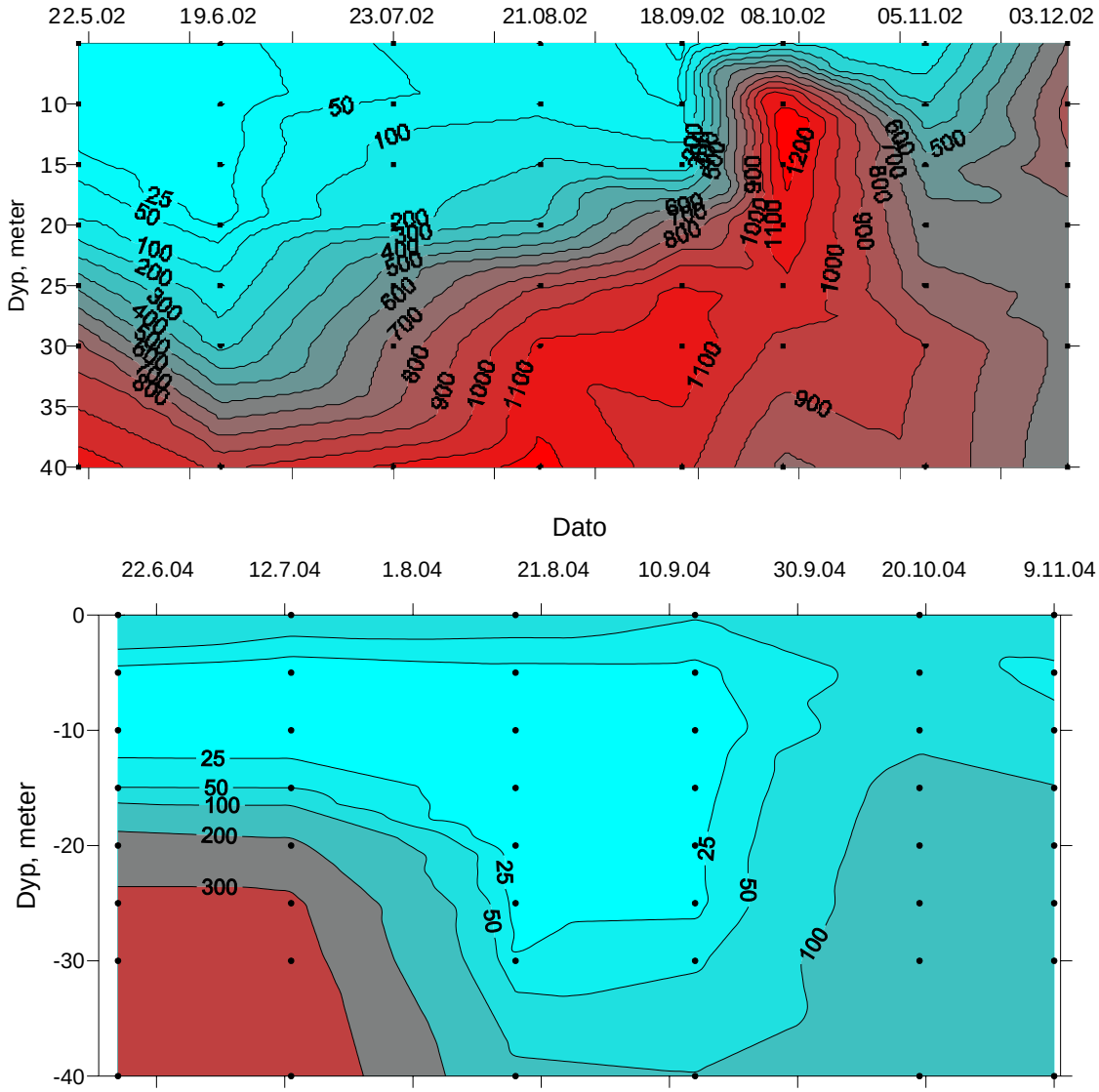
Etter at utslippet fra Odda Smelteverk stoppet høsten 2002 har konsentrasjonen av nitrogen i Sørfjordens indre del avtatt til ca. 1/3-1/4 av de tidligere nivåene (Tabell 5). Figur 7 viser nitratkonsentrasjonen i Havnebassenget i 2002 og i 2004. Forskjellen mellom de to årene er slående.

Som for tidligere år var der i 2004 en stram negativ sammenheng mellom konsentrasjonene av oksygen og nitrat (Figur 8). En korrelasjon med r^2=0,73 betyr at ca. 73 % av variasjonene i oksygenkonsentrasjon kan forklares av tilsvarende variasjoner i mengden av nitrat. Sammenhengen mellom høy konsentrasjon av nitrat og lav konsentrasjon av oksygen er sterkere for vannmassen under ca. 20 m dyp enn om en tar med hele sjøvannslaget (i dette tilfellet vannmassen mellom 5 m og 80 m dyp. Det er sannsynligvis en indikasjon på at det fortsatt lekker ut betydelige mengder nitrat fra bunnsedimentene.

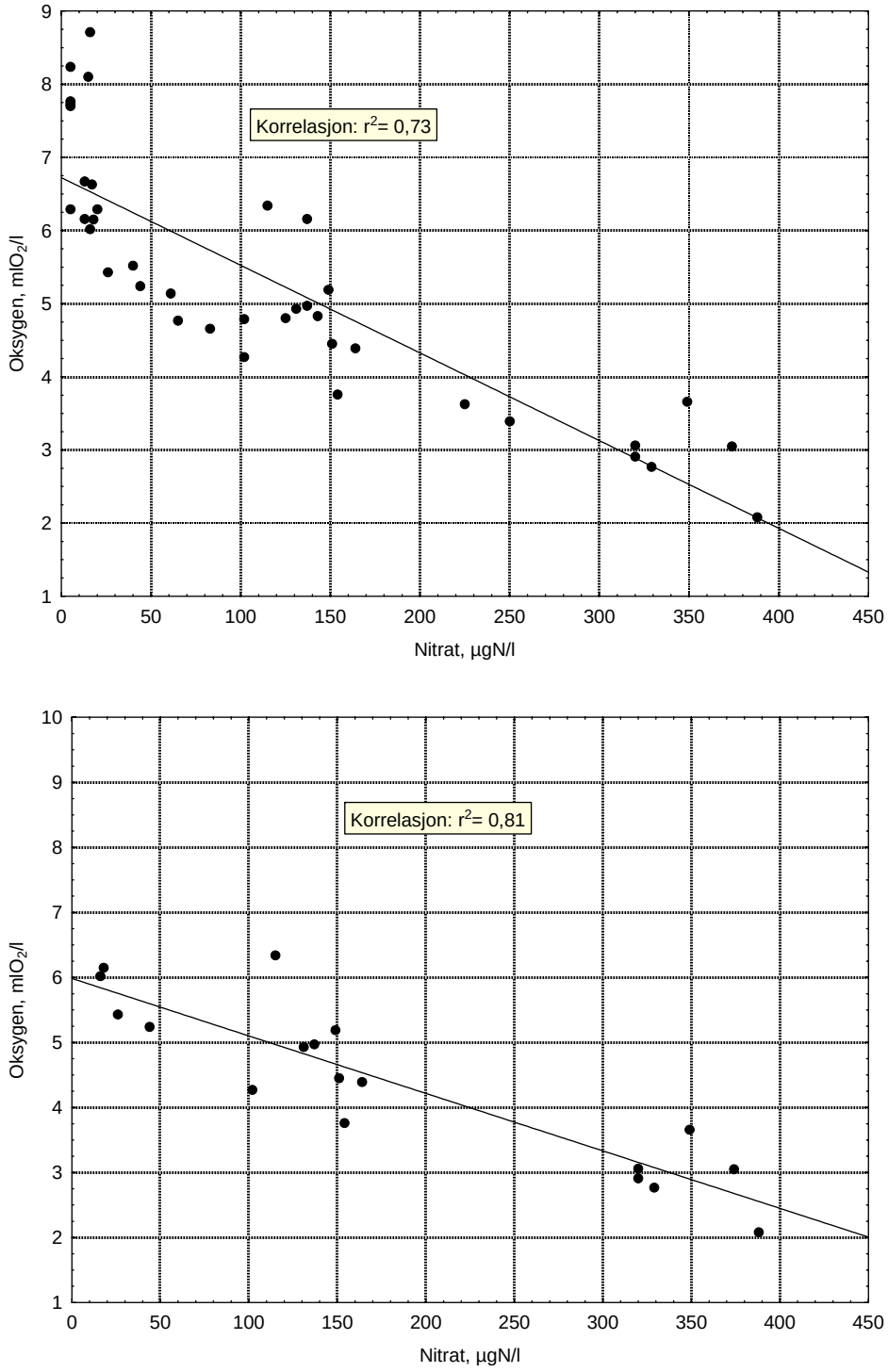
I 2003 var sammenhengen mellom lav oksygenkonsentrasjon og høy konsentrasjon av nitrat litt sterkere enn i 2004, med hhv. r^2=0,84 mot r^2=0,81 for vannmassen mellom 20 m og 80 m dyp. Dette kan være en indikasjon på at utlekkingen av nitrat fra sedimentene gradvis avtar – som igjen betyr gradvis bedre oksygenforhold – eller skyldes ulik vannutskiftning de to årene. For 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.

Tabell 5. Havnebassenget og Lindenes. Statistikk for konsentrasjonen av nitrat i sjøvannslaget i 2002-2004 (42-56 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**
2002	572	1329	643	529	1319	445
2003	145	336	128	201	321	244
2004	124	388	101	155	329	130



Figur 7. Nitrat (µgN/l) i havnebassenget mai-desember 2002 (øverst) og i juni-november 2004 (nederst). Maksimum konsentrasjoner i 2002 var 3-4 ganger høyere enn i 2004.



Figur 8. *Oksygen og nitrat i hhv. 5-40 m dyp (øverst) og i bunnvannet (30-40 m dyp) (nederst) i Havnebassenget i 2004. En korrelasjon med r^2=0,73 forteller at ca. 73% av endringene av oksygenkonsentrasjon kan forklares med tilsvarende endringer i konsentrasjonen av nitrat (høy N-konsentrasjon gir lav O2-konsentrasjon, og omvendt). Sammenhengen mellom lav oksygenkonsentrasjon og høy nitratkonsentrasjon er sterkest nær bunnen. Dette viser at utlekkingen av nitrat fra dicy-kalk på bunnen fortsatt fører til økt oksygenforbruk i vannmassene.*

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 sistnevnte 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 2004 og for tidsrommet 1995-97 er sammenfattet i Tabell 6 og Tabell 7. I 2004 var fosforkonsentrasjonen betydelig lavere enn 7-9 år tidligere. Dette gjelder for begge stasjoner og alle tre dyp. En statistisk test (Mann Whitney test på forskjell i median) viser at forskjellen er statistisk signifikant ($p<0,05$).

Der er tre åpenbare årsaker til nedgangen i fosforkonsentrasjon – alene eller i kombinasjon:

1. Flytting av utslippene av kommunalt avløpsvann til Holmen. Dette har medført at avløpsvannet er fjernet fra Havnebassenget - og at det som dyputslipp med innlagring er fjernet fra fjordens overflatelag og er sterkt fortynnet i sjøvannslaget. Med prøvetaking i 10 m intervall og 6 prøveserier kan det tenkes at man ikke har kommet i kontakt med skyen med fortynnet avløpsvann.
2. Klimatiske forhold har medført stor avrenning av ferskvann til Hardangerfjorden/Sørfjorden, noe som normalt vil bidra til lavere fosforkonsentrasjon ned til 15-20 m dyp. Vi finner at i 2004 var saltholdigheten i 0-10-20 m dyp betydelig lavere (for 0-10 m dyp 2-5 enheter lavere) enn i tidsrommet 1995-97 som vi sammenligner med.
3. Ulikhet i analysemetodikk. På 1990-tallet ble analysene utført av NIVA, mens de i 2004 ble utført av Hardanger Miljøsenter, Odda.

Faktorene 1-2 har utvilsomt ført til lavere fosforkonsentrasjon, men nedgangen i konsentrasjon er større enn det man skulle forvente. Prøvetakingen fortsetter i 2005 og man vil da undersøke nærmere betydningen av faktor 3.

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

	2004			1995-1997		
Dyp	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**
0	6	5,5	4	20	8,8	7
10	6	9,7	9	20	15,1	14
20	6	8,5	8,5	14	14,7	12,5

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

	2004			1995-1997		
Dyp	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**	**Antall**	**Gjennomsnitt**	**Median**
0	6	3,7	3,5	19	7,4	6
10	6	8,3	8	19	12,7	14
20	6	7,1	7,5	19	14,9	13

6. Litteratur

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., Helland, A. og Schøyen, M., 2002. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Metaller, oksygen, nitrogen og vannutskiftning i 2001. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 853/02. NIVA-rapport nr. 4562-02. 51 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.

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.

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.

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 med Skalar Autoanalysator ved NIVAs laboratorium. Nitrat reduseres av kobberbelagt kadmium til nitritt i en bufret løsning der pH = 8,0 - 8,5. Nitritt reagerer i sur løsning (pH = 1,5 - 2) med sulfanilamid til en diazoforbindelse, som kobles med N-(1-naftyl)-etylendiamin til et azofargestoff. Absorbansen til dette måles spektrofotometrisk ved bølgelengden 540 nm.

Total fosfor
Er analysert ved Hardanger Miljøsenter AS etter Norsk Standard 4724. Nedre rapporteringsgrense er 1 µgP/l. Analysene er ikke akkrediterte.

Vedlegg B. Data

Temperatur, saltholdighet, oksygen og nitrat i indre del av Sørfjorden i 2004

St_kode	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	Oksygen mlO2/l	Nitrat µgN/l	Total Fosfor µgP/l
1	16.06.2004	0,5	9,6	2,5		101	6
1	16.06.2004	5	12,4	12,5	8,1	15	
1	16.06.2004	10	10,1	26,9	8,24	<10	9
1	16.06.2004	15	8,4	30,9		47	
1	16.06.2004	20	8,1	32,2	3,39	250	10
1	16.06.2004	25	8,1	32,3	2,91	320	
1	16.06.2004	30	8,3	33,1	2,77	329	
1	16.06.2004	40	8,4	33,6	3,05	374	
1	13.07.2004	0,5	12,8	2,3		76	4
1	13.07.2004	5	14,5	15,5	7,7	<10	
1	13.07.2004	10	11,2	27,9	7,73	<10	19
1	13.07.2004	15	9,5	30,9		46	
1	13.07.2004	20	8,9	32,1	3,63	225	7
1	13.07.2004	25	8,5	32,2	3,06	320	
1	13.07.2004	30	9,1	33,2	3,66	349	
1	13.07.2004	40	10,2	33,1	2,08	388	
1	17.08.2004	0,5	14,2	5,9		72	4
1	17.08.2004	5	15	18,6	8,71	16	
1	17.08.2004	10	11,7	29,7	7,77	<10	9
1	17.08.2004	15	10,9	31		11	
1	17.08.2004	20	10,5	30,9	6,16	13	6
1	17.08.2004	25	10,5	30,9	6,02	16	
1	17.08.2004	30	10,1	31,1	5,43	26	
1	17.08.2004	40	9,6	31,9	6,34	115	
1	14.09.2004	0,5	11,3	8,5		53	12
1	14.09.2004	5	14,2	21	6,63	17	
1	14.09.2004	10	14,3	27,2	6,29	<10	12
1	14.09.2004	15	13,1	29,5	6,67	13	
1	14.09.2004	20	12,1	29,9	6,29	20	8
1	14.09.2004	25	12,5	30,1	6,15	18	
1	14.09.2004	30	11	30,5	5,24	44	
1	14.09.2004	40	10,2	30,9	4,27	102	
1	19.10.2004	0,5	11,6	18,7		64	4
1	19.10.2004	5	13	29,4	4,77	65	
1	19.10.2004	10	12,7	29,8	4,66	83	3

St_kode	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	Oksygen mlO2/l	Nitrat µgN/l	Total Fosfor µgP/l
1	19.10.2004	15	11,6	30,6	4,8	125	
1	19.10.2004	20	11,2	31	6,16	137	9
1	19.10.2004	25	10,6	31,1	5,19	149	
1	19.10.2004	30	10,3	31,2	4,39	164	
1	19.10.2004	40	10	31,5	3,76	154	
1	09.11.2004	0,5	10,2	20,9		88	3
1	09.11.2004	5	11,7	28,6	5,52	40	
1	09.11.2004	10	12,1	30,5	5,14	61	6
1	09.11.2004	15	12	30,9	4,79	102	
1	09.11.2004	20	10,7	31,7	4,83	143	11
1	09.11.2004	25	10,3	31,7	4,97	137	
1	09.11.2004	30	10	31,8	4,45	151	
1	09.11.2004	40	9,8	31,9	4,93	131	
2	16.06.2004	0,5	10,3	4,6		87	1
2	16.06.2004	5	11,6	7,2			
2	16.06.2004	10	14,4	19,3	8,86	<10	15
2	16.06.2004	15	13,1	21,7	4,88		
2	16.06.2004	20	8,4	31,3	5,4	53	4
2	16.06.2004	25	8,3	32,8			
2	16.06.2004	30	8,5	33,5	2,6	321	
2	16.06.2004	40	8,3	34,2	3,05	306	
2	16.06.2004	45			2,39		
2	16.06.2004	50	8,2	34	3,63	259	
2	16.06.2004	55			3,25		
2	16.06.2004	60	8	34,3	2,91	255	
2	16.06.2004	70	7,9	34,4	2,98	245	
2	16.06.2004	80	8	33,8	3,05	242	
2	13.07.2004	0,5	13,6	4,6		61	3
2	13.07.2004	5	14,4	16,9			
2	13.07.2004	10	10,9	28,8	8,74	<10	11
2	13.07.2004	15	9,5	30,9	6,82		
2	13.07.2004	20	9	32,1	5,21	140	6
2	13.07.2004	25	8,8	32,5			
2	13.07.2004	30	9,1	32,9	4,61	246	
2	13.07.2004	40	9,1	33,6	3,43	329	
2	13.07.2004	45			2,62		
2	13.07.2004	50	9,2	33,7	3,29	286	
2	13.07.2004	55			3,13		
2	13.07.2004	60	9,1	34,1	3,19	270	
2	13.07.2004	70	8,6	35,3	2,96	299	

St_kode	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	Oksygen mlO2/l	Nitrat µgN/l	Total Fosfor µgP/l
2	13.07.2004	80	8,7	34,3	3,26	282	
2	17.08.2004	0,5	14,6	7,2		62	4
2	17.08.2004	5	17	22,8			
2	17.08.2004	10	13,4	28,2	8,39	<10	8
2	17.08.2004	15	11,6	30,5			
2	17.08.2004	20	11,7	31,1	7,59	<10	7
2	17.08.2004	25	11	31,4			
2	17.08.2004	30	9,8	31,9	6,86	19	
2	17.08.2004	40	9,5	32,2	6,62	87	
2	17.08.2004	45			5,29		
2	17.08.2004	50	9	32,8	4,25	167	
2	17.08.2004	55			4,39		
2	17.08.2004	60	8,7	33,4	3,41	224	
2	17.08.2004	70	9,3	33,9	3,31	248	
2	17.08.2004	80	9,3	34,2	2,61	290	
2	14.09.2004	0,5	12,1	11,3		50	7
2	14.09.2004	5	14,8	21,1			
2	14.09.2004	10	14,4	27,4	6,25	<10	8
2	14.09.2004	15	13,6	29,3			
2	14.09.2004	20	12,8	30,1	5,17	15	9
2	14.09.2004	25	12,4	30,4			
2	14.09.2004	30	11,2	30,8	5,24	33	
2	14.09.2004	40	10	31,3	5,14	104	
2	14.09.2004	45			4,45		
2	14.09.2004	50	9,4	31,4	4,9	139	
2	14.09.2004	55			4,41		
2	14.09.2004	60	8,9	32	3,89	190	
2	14.09.2004	70	8,7	32,2	4,31	200	
2	14.09.2004	80	8,9	32,5	3,33	211	
2	19.10.2004	0,5	10,3	13,2		83	3
2	19.10.2004	5	13,5	28,7			
2	19.10.2004	10	12,9	30,4	4,91	70	3
2	19.10.2004	15	12,3	30,6			
2	19.10.2004	20	11,2	31,2	5,15	102	8
2	19.10.2004	25	11,1	31,3			
2	19.10.2004	30	10,7	31,4	6,3	67	
2	19.10.2004	40	10,4	31,7	5,57	46	
2	19.10.2004	45			4,84		
2	19.10.2004	50	10,1	31,9	5,36	73	
2	19.10.2004	55			5,53		

St_kode	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	Oksygen mlO2/l	Nitrat µgN/l	Total Fosfor µgP/l
2	19.10.2004	60	9,8	31,9	5,36	79	
2	19.10.2004	70	9,4	32	5,36	110	
2	19.10.2004	80	9,2	32,1	4,04	143	
2	09.11.2004	0,5	8,2	11,9		93	4
2	09.11.2004	5	11,7	29,1			
2	09.11.2004	10	11,8	30,4	4,93	38	5
2	09.11.2004	15	12,1	30,5			
2	09.11.2004	20	11,1	31,3	5,87	121	9
2	09.11.2004	25	10,7	31,5			
2	09.11.2004	30	10,3	31,8	5,45	81	
2	09.11.2004	40	10	32	5,17	83	
2	09.11.2004	45			5,49		
2	09.11.2004	50	9,5	31,8	4,76	90	
2	09.11.2004	55			4,9		
2	09.11.2004	60	9	32,4	5,07	109	
2	09.11.2004	70	8,5	32,8	4,41	151	
2	09.11.2004	80	8,5	32,9	4,41	148	

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	Kontaktperson SFT	ISBN-nummer
Norsk institutt for vannforskning	Bjørn A. Christensen	82-577-4696-7

	Avdeling i SFT		TA-nummer
	Næringslivsavdelingen		2081/2005
Oppdragstakers prosjektansvarlig	År	Sidetall	SFTs kontraktnummer
Anders Ruus	2005	26	4004105

Utgiver	Prosjektet er finansiert av
Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 4998-2005	Statens forurensningstilsyn Odda kommune

Forfatter
Jarle Molvær

Tittel
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004.
Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene

Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2004.
Oxygen, nitrogen and phosphorus in the water masses

Sammendrag
Rapporten presenterer resultatene fra overvåkingen av oksygenforhold og nitrat Sørfjordens indre del i 2004. I forhold til 2002 var 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.
Vannprøver som er analysert for total fosfor viste lave konsentrasjoner både i overflatelag og i sjøvannslaget. Konsentrasjonene var betydelig lavere enn tilsvarende data fra 1995-97. Denne forskjellen kan skyldes en kombinasjon av flytting av utslippet, stor avrenning med ferskvann i 2004, noe ulik analysemetodikk, og blir nærmere undersøkt i 2005.

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