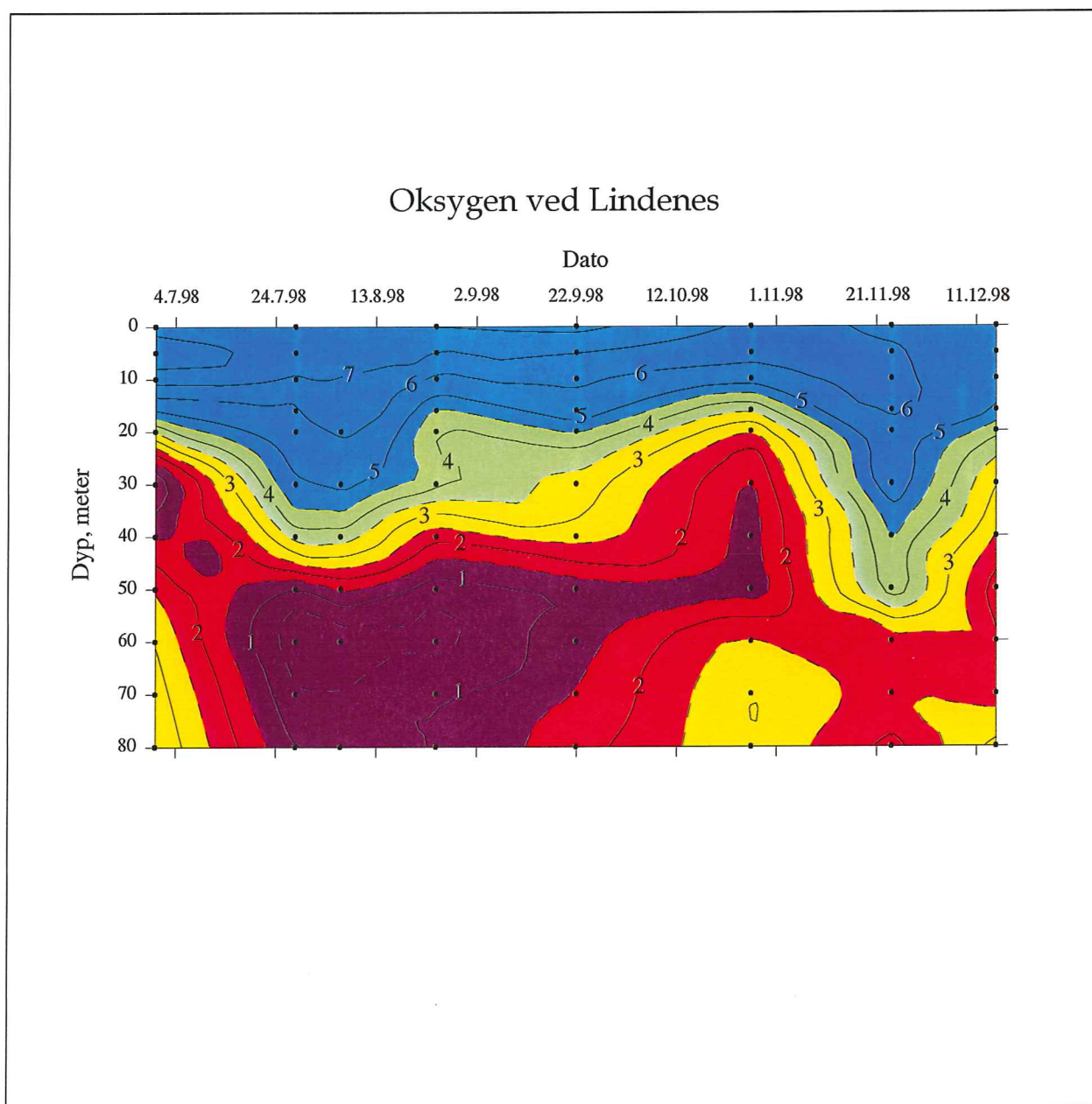


# Sørfjorden

Overvåking av oksygenforholdene juni - desember 1998



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-NIVA A/S**

9015 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Sørfjorden Overvåking av oksygenforholdene juni-desember 1998	Løpenr. (for bestilling) 4105-99	Dato 18.10 1998
	Prosjektnr. Undernr. 95011	Sider Pris 21
Forfatter(e) Jarle Molvær	Fagområde Oseanografi	Distribusjon
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Odda kommune, Teknisk etat. Odda	Oppdragsreferanse
--	-------------------

**Sammendrag**


Oksygenforholdene i indre del av Sørfjorden ble i 1998 overvåket i tidsrommet 30.juni-15.desember. I juli og august ble det i tillegg tatt prøver for analyse av bakterier for vurdering av badevannskvalitet i Havnebassenget og ved Lindenes.

Resultatene viser i hovedtrekk samme bildet som i 1997, med periodevis meget dårlige oksygenforhold i et 40-60 m tykt vannlag forbi Tyssedal og nesten ut til Digraneset. I alle fall ut til Tyssedal var oksygenkonsentrasjonen i blant så lav at man må anta at fisk vil trekke ut av denne vannmassen eller ut av området. Mindre mobile organismer vil kunne dø av oksygenmangel. Som i 1997 var det en klar sammenheng mellom lav oksygenkonsentrasjon og meget høy konsentrasjon av nitrogen. Dette nitrogenet kommer i hovedsak fra Odda Smelteverks utslipp av filterkake i Havnebassenget. Resultatene fra 1998 understøtter dermed konklusjonen fra 1997-undersøkelsen om at utslippet av filterkake sannsynligvis er hovedårsaken til oksygenproblemet i Sørfjordens indre del.

De vannhygieniske forholdene i Havnebassenget og ved Lindenes ble undersøkt bare ved to anledninger, og begge ganger var konsentrasjonen av termotolerante koliforme bakterier i 1 m dyp mindre enn 100 pr.100 ml, dvs. egnet vann for friluftsbad. Men det må understrekes at en reell klassifisering må bygge på 10 prøver eller mer.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Sørfjorden</li> <li>Overvåking</li> <li>Vannkvalitet</li> <li>Oksygen</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Sørfjord</li> <li>Monitoring</li> <li>Water quality</li> <li>Oxygen</li> </ol>
--	--

  
Prosjektleder

  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-3714-3

  
Forskningssjef

Sørfjorden

**Overvåking av oksygenforholdene**

i juni-deseember 1998

## Forord

På oppdrag for Odda kommune, Teknisk etat, har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) siden vinteren gjennomført en overvåking av miljøforholdene i Sørfjordens indre del. I rapportene for perioden fram til mars 1997 og for juli-desember 1997 ble det påvist perioder med meget dårlige oksygenforhold. Særlig alvorlig var situasjonen i november 1997. Oksygenproblemene omfattet deler av vannmassen til mellom Digraneset og Børve.

Den foreliggende rapporten presenterer resultater fra tidsrommet juni-desember 1998. Alex Stewart Environmental Services A/S, Odda, gjennomførte feltarbeidet og vi takker spesielt Amund Måge og Arild Moe for godt samarbeid. Næringsmiddeltilsynet for Indre Hardanger har utført de vannhygieniske analysene. Torstein Backer-Owe ved Odda kommune, Teknisk etat, takkes for et meget konstruktivt samarbeid.

Ved NIVA har fagassistent Unni Efraimsen hatt ansvaret for tilrettelegging av de hydrofysiske og vannkjemiske dataene, mens Jarle Molvær har vært prosjektleder.

Oslo, 18.10 1999

*Jarle Molvær*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn for undersøkelsen	6
1.2 Formål	6
<b>2. Beskrivelse av feltarbeid og metoder</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>9</b>
3.1 Oksygenforholdene i 1998	9
3.2 Oksygen sett i forhold til nitrogenkonsentrasjoner	13
3.3 Badevannskvalitet	14
<b>4. Oppsummering og sammenfattende vurdering</b>	<b>14</b>
<b>5. Litteratur</b>	<b>15</b>
<b>Vedlegg A. Måle- og analysemetoder</b>	<b>16</b>
<b>Vedlegg B. Data fra overvåkingsundersøkelsene i 1998</b>	<b>17</b>

---

## Sammendrag

Oksygenforholdene i indre del av Sørfjorden ble i 1998 overvåket gjennom innsamling av 8 prøveserier i tidsrommet 30.juni-15.desember. I juli og august ble det i tillegg tatt prøver for analyse av bakterier.

Resultatene viser i hovedtrekk samme bildet som i 1997, med periodevis meget dårlige oksygenforhold i vannmassene fra Havnebassenget og nesten ut til Digraneset. Årsaken er at oksygenforbruket i Havnebassenget er så stort at det i perioder med noe redusert vannutskifting raskt oppstår meget lave oksygenkonsentrasjoner. Denne oksygenfattige vannmassen brer seg ut i et 40-50 m tykt vannlag nordover i fjorden, mens konsentrasjonen gradvis øker. I alle fall ut til Tyssedal var oksygenkonsentrasjonen i blant så lav av man må anta at fisk vil trekke ut av denne vannmassen eller ut av området. Mindre mobile organismer vil kunne dø av oksygenmangel. I Havnebassenget og ved Lindenes lå dette oksygenfattige laget i 1998 i alt vesentlig fra ca. 20 m dyp og ned til bunnen. Lenger ut i fjorden lå denne vannmassen noe dypere, og typisk mellom ca. 60 m og 100 m dyp med bedre forhold over og under.

Som i 1997 var det er klar sammenheng mellom lav oksygenkonsentrasjon og høy konsentrasjon av nitrogen. Dette nitrogenet kommer i hovedsak fra Odda Smelteverks utslipp av filterkake, og denne sammenhengen understøtter dermed konklusjonen fra 1997-undersøkelsen om at utslippet av filterkake sannsynligvis er hovedårsaken til det store oksygenforbruket innenfor Lindenes.

De vannhygieniske forholdene i Havnebassenget og ved Lindenes ble undersøkt bare ved to anledninger, og datamaterialet er for lite for noen generell konklusjon. Men ved begge anledninger var konsentrasjonen av termotolerante koliforme bakterier i 1 m dyp mindre enn 100 pr.100 ml, dvs. egnet vann for friluftsbad. Men det må understrekes at en reell klassifisering må bygge på 10 prøver eller mer.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn for undersøkelsen

Oksygenmålinger i Havnebassenget og ved Lindenes (Figur 1) ettersommer og høst i tidsrommet 1995-1997 har vist et meget stort oksygenforbruk og konsentrasjoner som tilsvarer klasse IV-V (Dårlig – Meget Dårlig) - etter SFTs miljøkvalitetskriterier (Molvær og Johnsen 1997, Molvær 1998). Dette er konsentrasjoner som vil gi negative biologiske effekter, i første rekke ved at fisk og andre mobile organismer trekker seg unna vannmasser med lave oksygenkonsentrasjoner. Indre del av Sørfjorden har ingen terskel av betydning som kan hindre vannutskiftningen (Figur 2), og for denne type fjorder er dette uvanlig lave konsentrasjoner.

I første rekke gjaldt dette området innenfor Lindenes-Tyssedal. Lenger ut i Sørfjorden ble oksygenforholdene gradvis bedre, og de lave konsentrasjonene var avgrenset til et 50-60 m tykt vannlag, med bedre forhold både høyere oppe og dypere nede i vannmassen. I 2. halvdel av november 1997 ble Dårlige forhold ( $<2.5 \text{ mlO}_2/\text{l}$ ) observert så langt ut som til Digranes.

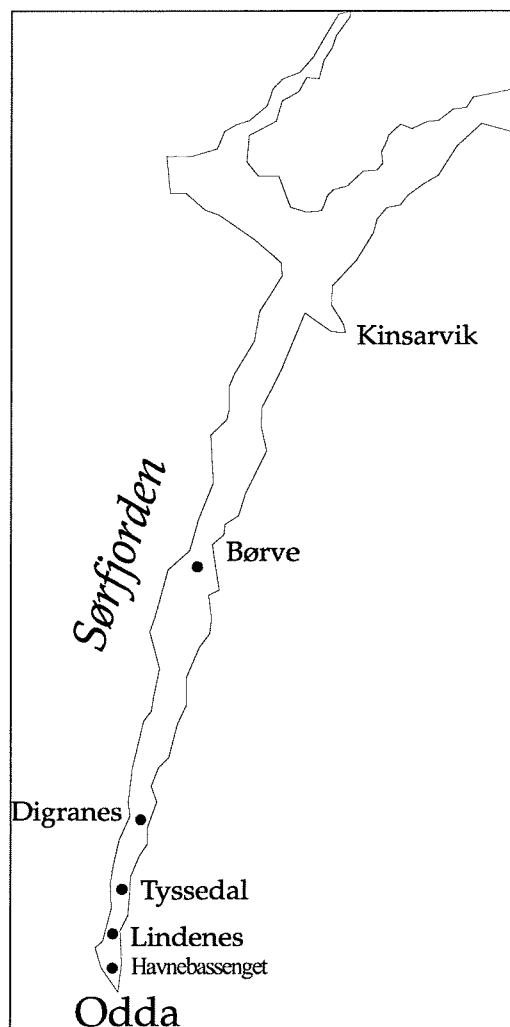
Etter samling og flytting av de kommunale utslippene til dypvannsutslipp ved Holmen vil man vente at de vannhygieniske forholdene innenfor Lindenes forbedrer seg. Overløp og lekkasjer fra ledninger kan imidlertid fortsatt skape problemer i brakkvannslaget.

På denne bakgrunn er det gjennomført en overvåking av oksygen og vannkjemiske forhold sommer-høst 1998, samt en orienterende undersøkelse av vannhygieniske forhold i overflatelaget i Havnebassenget og ved Lindenes.

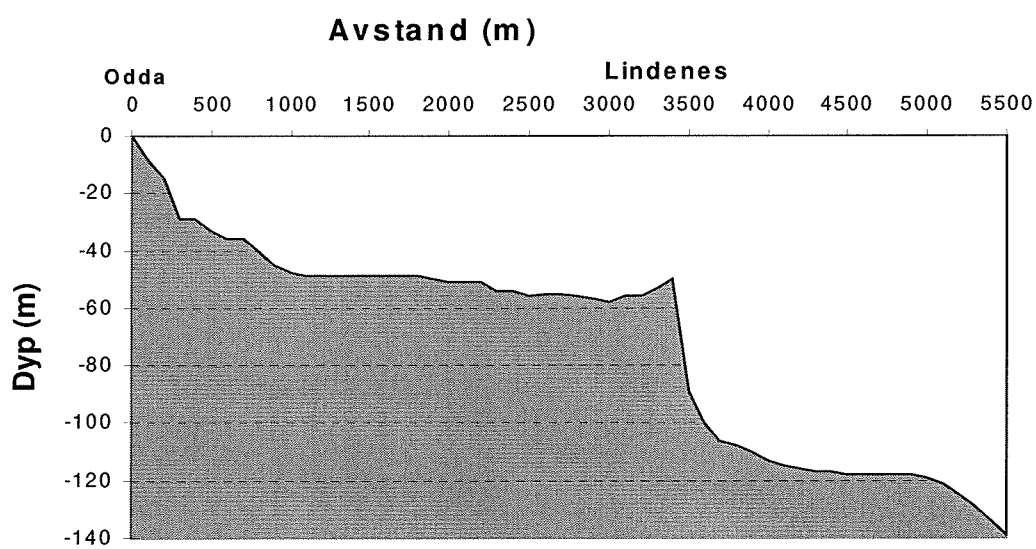
## 1.2 Formål

Formålet med undersøkelsene sommer-høst 1998 var å:

- *Gi sikrere opplysninger om minimumskonsentrasjoner av oksygen i Havnebassenget og ved Lindenes.*
- *Gi opplysninger om oksygenforholdene nordover i fjorden, med sikte på en beskrivelse av hvor stor del av Sørfjorden som periodevis omfattes av oksygenproblemer.*
- *Gi opplysninger om de vannhygieniske forholdene i fjordens overflatelag innenfor Lindenes.*



Figur 1. Sør fjorden med stasjoner for vannkjemiske prøver i 1998.



Figur 2. Langsgående bunnprofil innenfor Tyssedal



## 2. Beskrivelse av feltarbeid og metoder

### *Parametre*

Hovedparameterne er oksygen, temperatur og saltholdighet. Videre ble det tatt prøver for analyse av termotolerante koliforme bakterier. I tillegg målte man siktedyp og gjorde de vanlige observasjonene av vind og vær. Når man ut fra fargen på oksygenprøvene kunne se at konsentrasjonene trolig var lave, ble det også tatt prøve for eventuell analyse på total nitrogen. Oksygenanalysene ble gjort av Alex Stewart Environmental Services A/S, Odda, mens nitrogenanalysene ble gjort ved NIVAs laboratorium i Oslo. For en mer detaljert beskrivelse av metodikken henvises til Vedlegg A.

### *Stasjoner*

I utgangspunktet ble prøvene innsamlet i Havnebassenget og ved Lindenes. Når dårlige oksygenforhold ble registrert på disse to stasjonene ble det tatt prøver fra flere stasjoner utover i fjorden. Dermed ble prøver i varierende utstrekning tatt fra følgende 5 stasjoner (se også Figur 1):

- Havnebassenget
- Lindenes
- Utenfor Tyssedal kraftstasjon
- Digraneset
- Børve

Havnebassenget og Lindenes var hovedstasjonene, mens de tre andre ble inkludert i august som en kartlegging av oksygenforholdene nordover i fjorden. Stasjonen ved Tyssedal ble beholdt da programmet igjen ble redusert fra og med september. Termotolerante koliforme bakterier ble målt i overflatelaget i Havnebassenget og ved Lindenes.

### *Måledyp*

Man benyttet i hovedsak metodikken som ble innarbeidet under overvåkingen i tidsrommet februar 1995-november 1997. Ved Lindenes og Havnebassenget benyttet man de vanlige måledypene (0, 5, 10, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m). Ved Tyssedal, Digraneset og Børve ble oksygenprøver innsamlet i 20, 30, 40, 60, 80 og 100 m dyp. Temperatur og saltholdighet ble målt med sonde i samme dyp som ved Lindenes. I 100 m ble temperaturen avlest med vendetermometer og en saltprøve tappet på en 250 ml flaske for senere presisjonsanalyse, og eventuell korrigerings av de mindre nøyaktige sonde-målingene (se også Vedlegg A). Termotolerante koliforme bakterier ble målt i 1 m dyp.

### *Varighet av programmet*

Tabell 1 viser datoene for prøveseriene, med noen kommentarer.

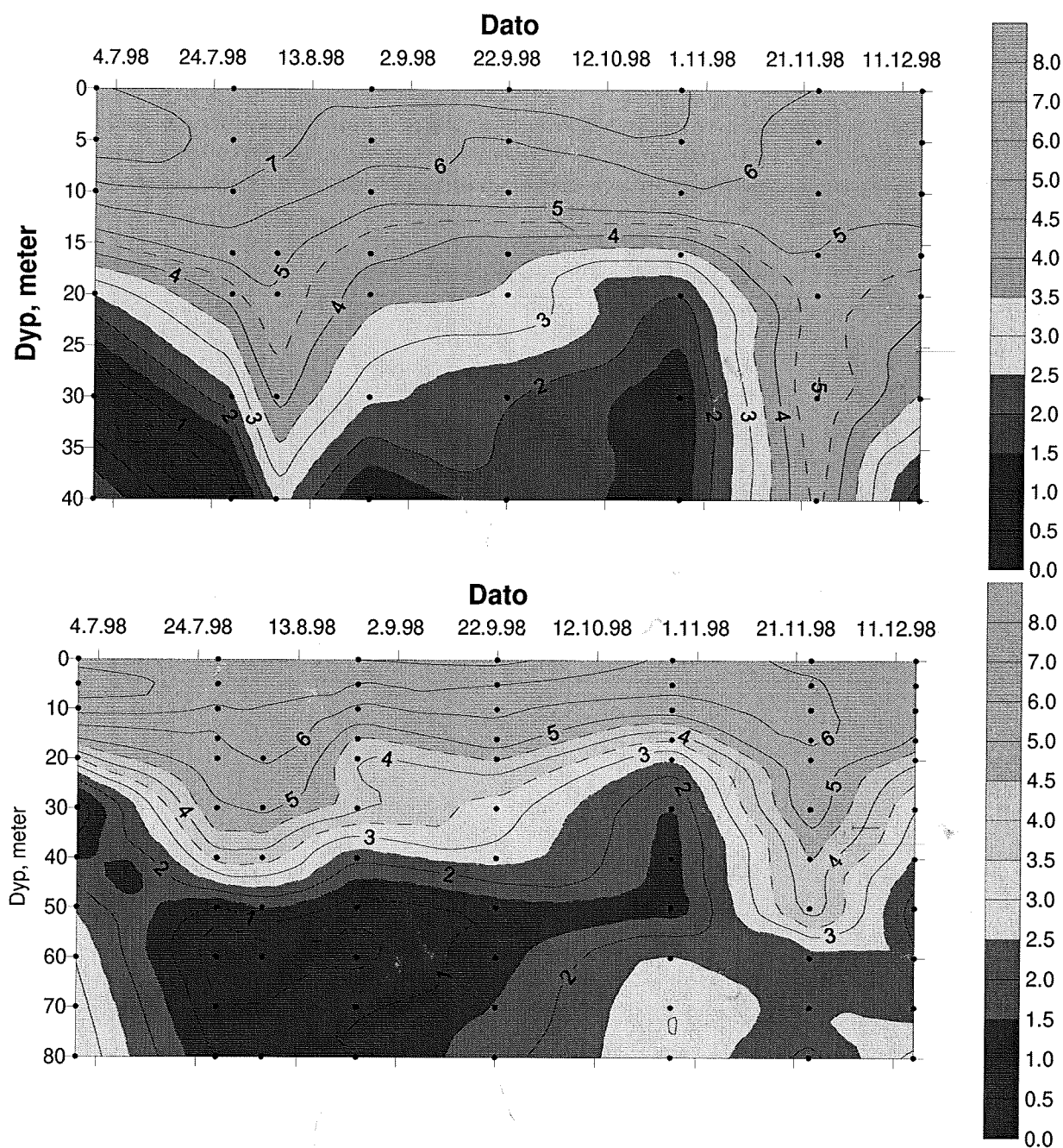
Tabell 1. Tidspunkt for prøver sommer - høst 1998.

Dato	Stasjoner	Kommentar
30.6	Havnebasseng, Lindenes	Vanlig tokt, men med nitrogenprøver
28.7	Havnebasseng, Lindenes	Vanlig tokt, men med nitrogenprøver og bakterier
6.8	Havnebasseng, Lindenes, Tyssedal, Digranes, Børve	Sterkt utvidet tokt pga. svært dårlige forhold i fjordens indre del.
25.8	Havnebasseng, Lindenes, Tyssedal, Digranes	Sterkt utvidet tokt pga. svært dårlige forhold i fjordens indre del. Nitrogenprøver og bakterier
22.9	Havnebasseng, Lindenes, Tyssedal	Utvidet tokt, med Tyssedal.
27.10	Havnebasseng, Lindenes, Tyssedal	Utvidet tokt, med Tyssedal.
24.11	Havnebasseng, Lindenes, Tyssedal	Utvidet tokt, med Tyssedal.
15.12	Havnebasseng, Lindenes, Tyssedal	Utvidet tokt, med Tyssedal.

**Tabell 2.** Tilstandsklassifisering for oksygen (fra Molvær et al., 1997).

Parametre	Tilstandsklasser				
	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Oksygen (ml O <sub>2</sub> /l)	>4.5	4.5-3.5	3.5-2.5	2.5-1.5	<1.5

Figur 4 viser oksygenforholdene i Havnebassenget og ved Lindenes i 1998.



Figur 4. Oksygenforhold i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst) i tidsrommet juni-desember 1998. Målinger er vist med svart prikk, og intervallene for miljøkvalitetskriterier med farge (se også Tabell 2).

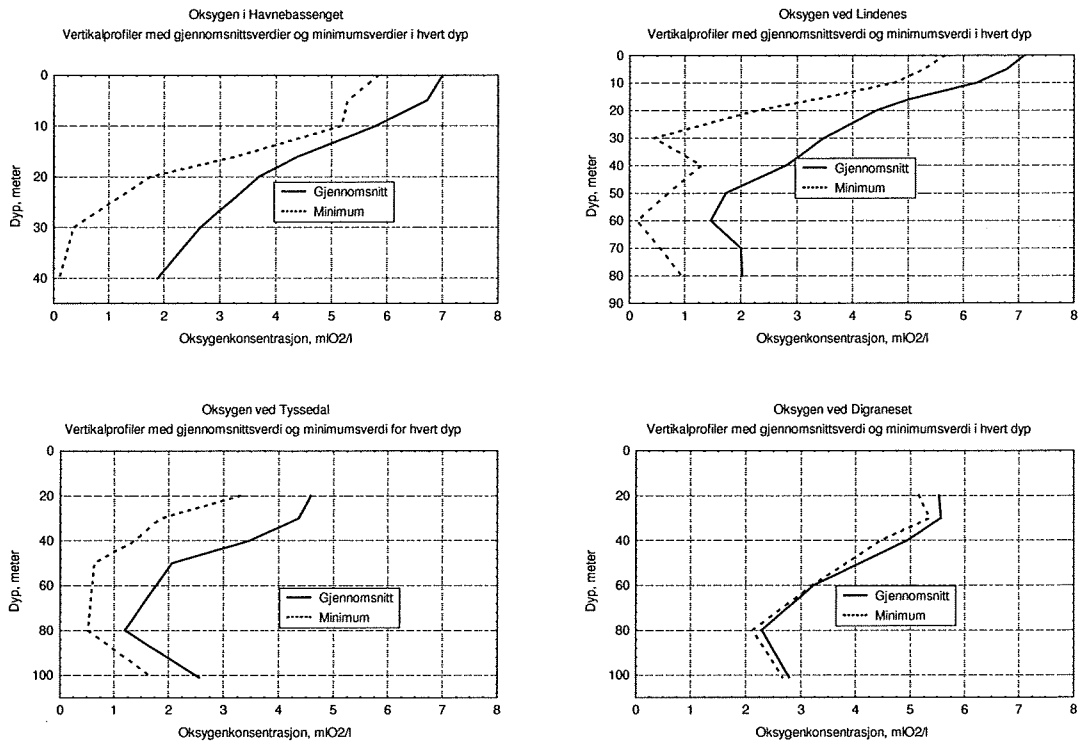
I hovedtrekk viser målingene i 1998 samme bilde som i 1997, med meget dårlige oksygenforhold tidlig på høsten og deretter mer vekslende forhold. Konsentrasjonene var periodevis så lave at man må forvente at fisk så vidt mulig vil trekke ut av området, mens mange mindre mobile organismer vil dø av oksygenmangel. Målingene er gjort med relativt lange mellomrom og det er derfor ikke mulig å gi noen helt sikker forklaring på hvorfor perioder med dårlige forhold etterfølges av bedre forhold – og omvendt. Bortsett fra en mulighet for at utslipp av oksygenforbrukende materiale har variert, er hovedforklaringen sannsynligvis at vannutskiftningen i varierende grad tilfører området nytt oksygen. I perioder med liten vannutskiftning dominerer oksygenforbruket og konsentrasjonen avtar da raskt mot lave nivåer.

Det kan være spørsmål om utslippet av kommunalt avløpsvann på omkring 35 m dyp bidrar til de dårlige oksygenforholdene ved Lindenes. Utslipet består av ferskvann som vanligvis vil stige opp til omkring 20 m dyp før det innlagres. Sammenlignes øvre halvpart av Figur 4 (Havnebassenget) med den delen av nedre figur (Lindenes) som viser tilstanden i 0-40 m dyp, så ser vi at tilstanden ved Lindenes i dette vannlaget hovedsakelig følger utviklingen i Havnebassenget. Og at hovedproblemet ved Lindenes oppstår dypere enn der hvor det kommunale avløpsvannet innlagres. Konklusjonen blir da at selv om kommunalt avløpsvann gir et visst oksygenforbruk i vannmassen som det slippes ut i, viser dataene fra Lindenes og Havnebassenget at oksygenproblemene ved Lindenes i alt vesentlig skyldes det store oksygenforbruket i Havnebassenget.

I 1997 fant man at oksygenproblemene i perioder strakk seg helt ut til Digraneset (Molvær 1998). I 1998 ble undersøkelsen derfor utvidet med prøver ved Tyssedal og iblant Digraneset og Børve ved de anledningene man kunne mistenke at det var problemer utover i fjorden (se Tabell 1). I Figur 5 er resultatene for Tyssedal og Digraneset sammenfattet i form av minimumsverdier og gjennomsnittsverdier i hvert dyp. Minimumsverdiene er viktigst, og de viser at også i 1998 ble det registrert dårlige oksygenforhold helt ut til Digraneset. Men vi understreker at dette er en statistikk som i hovedsak bygger på data for situasjoner med dårlige oksygenforhold, og gjennomsnittsverdien er derfor neppe representativ for hele året.

Ved Børve ble vannprøver bare tatt den 6. august og laveste konsentrasjon var 3.6 mlO<sub>2</sub>/l i 80 m dyp, som er i nederste delen av intervallet for gode oksygenforhold (se Tabell 2). Ved Digraneset ble det på samme dato målt 2.1 mlO<sub>2</sub>/l i 80 m dyp. Dette illustrerer hvordan problemene avtar utover i fjorden.

Utenfor Lindenes opptrer oksygenproblemene i et vannlag som hovedsakelig fordeler seg mellom ca. 50 m og 100 m dyp mens konsentrasjonen øker utover i fjorden. Det ser altså ut som om dette er en vannmasse som siger ut fra Havnebassenget og transporteres utover i fjorden mens oksygenkonsentrasjonen øker pga. innblanding av omkringliggende sjøvann.



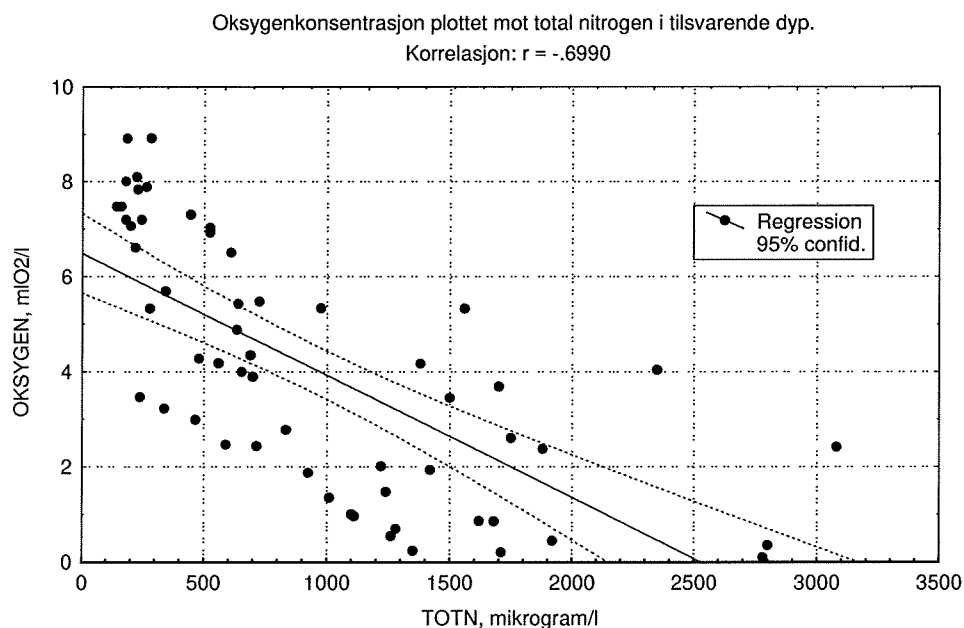
Figur 5. Vertikalprofiler som viser gjennomsnittsverdi og minimumsverdi for oksygen i hvert måledyp i Havnebassenget, ved Lindenes, Tyssedal og Digraneset i 1998. For Havnebassenget og Lindenes viser dette statistikk for relativt mange prøver (se Figur 4). Ved Tyssedal og Digraneset ble det bare tatt prøver da man forventet å finne oksygenproblemer. Som i 1997 ble oksygenproblemene (Dårlige forhold) registrert helt ut til Digraneset.

### 3.2 Oksygen sett i forhold til nitrogenkonsentrasjoner

Man har tidligere registrert en nær sammenheng mellom lave oksygenkonsentrasjoner og høye nitrogenkonsentrasjoner. Dette har ført til at man mener at det store oksygenforbruket og de dårlige oksygenforholdene i Sørfjordens indre del i betydelig grad skyldes oksydasjon av nitrogenet som tilføres Havnebassenget gjennom Odda Smelteverk sitt utslipp av filterkake (se Aure et al. 1997, Molvær 1998 og Schaanning 1999).

I 1998 ble det tatt nitrogenprøver i hele vannsøylen i de tilfeller man observerte eller forventet å finne lave oksygenkonsentrasjoner, og i Figur 6 er oksygen plottet mot nitrogen. Konsentrasjoner på 1000-3000  $\mu\text{gN/l}$  er ekstremt høyt for de frie vannmassene i en fjord, og kan bare forklares gjennom direkte utslipp av nitrogen. Som påvist i rapporten fra overvåkingen i 1997 og som det framgår av dataene i Vedlegg B, tilføres nitrogenet Havnebassengets dypere vannlag.

Det er en statistisk signifikant sammenheng ( $p < 0.05$ ) mellom lav oksygenkonsentrasjon og høy nitrogenkonsentrasjon, men sammenhengen (korrelasjonskoeffisienten  $r = 0.699$ ) er ikke så tydelig som den man fant da forholdene var på det verste i november 1997 ( $r = 0.85-0.95$ ). Grunnen kan være at vi for 1998 har brukt data fra langt flere prøveserier (åtte) med varierende forhold gjennom hele vannsøylen, noe som gir et mer representativt bilde men trolig en svakere sammenheng.



Figur 6. Oksygenkonsentrasjoner i Havnebassenget, Lindenes, Tyssedal og Digraneset plottet mot konsentrasjon av total nitrogen (TOTN) i samme dyp. Det er en tydelig sammenheng mellom lav oksygenkonsentrasjon og høy nitrogenkonsentrasjon.

### 3.3 Badevannskvalitet

Statens Helsetilsyn (1994) har utgitt vannkvalitetsnormer for friluftsbad, og et utdrag av disse er gjengitt i Tabell 3. Tabellen viser klassifisering etter 90-persentiler for antall termotolerante koliforme bakterier pr. 100 ml sjøvann. Det betyr at 90% av tallene innen prøvetakingsperioden skal ligge *under* de angitte konsentrasjonene for øvre grenser. De øvrige 10% skal ligge innenfor den neste tilstandsklassen.

**Tabell 3.** Vurderingsgrunnlag for vannkvaliteten ved friluftsbad (etter Statens Helsetilsyn, 1994).

Parametre	Egnet (god)	Mindre egnet (mindre god)	Ikke egnet (ikke akseptabel)
Termotolerante koliforme bakterier (TKB/100ml)	<100	100-1000	>1000

Konsentrasjonen av termotolerante bakterier ble i 1998 målt to ganger (28.7.99 og 25.8.99) i 1 m dyp i Havnebassenget og ved Lindenes (Tabell 4).

**Tabell 4.** Konsentrasjoner av termotolerante koliforme bakterier (TKB/100ml) i 1 m dyp i Havnebassenget og ved Lindenes i 1998.

Stasjon:	28.7 1999	25.8 1999
Havnebassenget	25	95
Lindenes	51	33

Datamaterialet er lite og gir ikke grunnlag for vidtrekkende konklusjoner. Men på de to tidspunktene var konsentrasjonen <100 TKB/100 ml, som jevnført med Statens Helsetilsyns kriterier for friluftsbad tyder på egnet vann for friluftsbad. Grunnen til at konklusjonen er såpass "svak" er at prøvantallet er så lite.

Dataene er for få til en sammenligning med målingene i tidsrommet 1995-97.

## 4. Oppsummering og sammenfattende vurdering

Oksygenforholdene i indre del av Sørfjorden ble i 1998 overvåket gjennom innsamling av 8 prøveserier i tidsrommet 30. juni-15. desember. I juli og august ble det i tillegg tatt prøver for analyse av bakterier.

Resultatene viser i hovedtrekk samme bildet som i 1997, med periodevis meget dårlige oksygenforhold i vannmassene forbi Tyssedal og nesten ut til Digraneset. Årsaken er at oksygenforbruket i Havnebassenget er så stort at det i perioder med liten vannutskiftning raskt oppstår meget lave oksygenkonsentrasjoner. Denne oksygenfattede vannmassen brer seg ut i et 40-50 m tykt vannlag nordover i fjorden, mens konsentrasjonen gradvis øker. I alle fall ut til Tyssedal var oksygenkonsentrasjonen i blant så lav av man må anta at fisk vil trekke ut av denne vannmassen eller ut av området. Mindre mobile organismer vil kunne dø av oksygenmangel.

Som i 1997 var det er klar sammenheng mellom lav oksygenkonsentrasjon og høy konsentrasjon av nitrogen. Dette nitrogenet kommer i hovedsak fra Odda Smelteverks utslipp av filterkake. Denne sammenheng under støtter dermed konklusjonen fra 1997-undersøkelsen (Molvær 1998) samt senere analyser og tester av oksygenforbruket fra bunnsedimentene i Havnebassenget (Schaanning 1999) om at utslippet av filterkake sannsynligvis er hovedårsaken til det store oksygenforbruket innenfor Lindenes.

De vannhygieniske forholdene i Havnebassenget og ved Lindenes ble undersøkt bare ved to anledninger, og datamaterialet er for lite for noen generell konklusjon. Men ved begge anledninger var konsentrasjonen av termotolerante koliforme bakterier mindre enn 100 pr.100 ml, dvs. egnet vann for friluftsbad. Men det må understrekes at en reell klassifisering må bygge på 10 prøver eller mer.

## 5. Litteratur

Aure, J., Føyn, L. og Pettersen, R., 1997. Miljøundersøkelser i norske fjorder 1975-96. Sørfjorden - Hardanger (1991-96). Fisken og Havet nr. 12 -1997. 24 sider.

Molvær, J., 1998. Sørfjorden. Overvåking av oksygenforholdene i juli-desember 1997. NIVA-rapport nr. 3775-98. Oslo. 32 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. og Johnsen, T.M., 1997. Indre Sørfjord. Overvåking februar 1995-mars 1997. NIVA-rapport nr. 3694-97. 38 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.

Statens Helsetilsyn, 1994. Vannkvalitetsnormer for friluftsbad. Friluftsbad - badevann. Rundskriv IK-21/94 med vedlegg.

## Vedlegg A. Måle- og analysemetoder

### *Siktedyp:*

Siktedypet er målt som det dyp hvor en hvit 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  $\pm 0.1$  °C.

### *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  $\pm 0.1$ . 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  $\pm 0.002$ ), og resultatene er brukt til korrigeringsmålingene.

### *Oksygen:*

Modifisert Winkler-metode.

### *Total nitrogen:*

Intern metode, basert på Norsk Standard 4743

### *Termotolerante koliforme bakterier:*

Analysert etter Norsk Standard 4792



## Vedlegg B.

### Data fra overvåkingsundersøkelsene i 1998

Stasjon	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	O2 mlO <sub>2</sub> /l	TotN µgN/l	TKB pr.100 ml
1	30.06.98	0	10.33	4.58	8.1	225	
1	30.06.98	1	10.37	4.57			
1	30.06.98	2	10.61	6.74			
1	30.06.98	3	12.03	15.44			
1	30.06.98	4	12.72	21.07			
1	30.06.98	5	11.77	25.11	8.92	285	
1	30.06.98	6	10.91	27.7			
1	30.06.98	8	10.01	29.95			
1	30.06.98	10	9.65	30.43	6.51	610	
1	30.06.98	12	9.32	30.98			
1	30.06.98	14	9.11	31.25			
1	30.06.98	16	8.92	31.66			
1	30.06.98	18	8.74	31.98			
1	30.06.98	20	8.63	32.41	2.42	3080	
1	30.06.98	25	8.46	33.12			
1	30.06.98	30	8.29	33.64	0.36	2800	
1	30.06.98	35	8.04	34			
1	30.06.98	40	7.85	34.21	1.94	1420	
1	28.07.98	0	12	3.4	7.2	180	
1	28.07.98	1	12.4	6.6			25
1	28.07.98	2	14.4	13.6			
1	28.07.98	3	14.5	14.7			
1	28.07.98	4	14.5	16.1			
1	28.07.98	5	14.4	17.1	7.89	265	
1	28.07.98	6	14.2	17.9			
1	28.07.98	8	12.4	24.4			
1	28.07.98	10	10.4	29.5	6.93	525	
1	28.07.98	12	9.8	30.6			
1	28.07.98	14	9.4	31			
1	28.07.98	16	9.3	31.1	5.34	975	
1	28.07.98	18	9.1	31.3			
1	28.07.98	20	9	31.5	4.17	1380	
1	28.07.98	25	8.7	31.9			
1	28.07.98	30	8.6	32.1	2.38	1880	
1	28.07.98	35	8.6	32.95			
1	28.07.98	40	8.7	33.85	0.1	2780	
1	06.08.98	16	9.6	33.15	5.04		
1	06.08.98	20	9.4	30.8	5.04		
1	06.08.98	30	9	31.3	4.24		
1	06.08.98	40	8.8	31.8	2.74		
1	25.08.98	0	12.8	5.1	7.2	245	
1	25.08.98	1					95
1	25.08.98	5	14.8	19.6	6.61	220	
1	25.08.98	10	10.4	29.8	5.33	1560	
1	25.08.98	16	9.8	30.3	4.04	2350	
1	25.08.98	20	9.4	30.7	3.69	1700	
1	25.08.98	30	9.2	31.2	2.61	1750	

1	25.08.98	40	9	31.8	0.87	1620	
1	22.09.98	0	8.9	12.6	7.85		
1	22.09.98	5	13	24.4	5.72		
1	22.09.98	10	11.2	29.1	5.48		
1	22.09.98	16	10.4	30	3.45		
1	22.09.98	20	10	30.4	3.59		
1	22.09.98	30	9.8	30.5	1.99		
1	22.09.98	40	10.2	30.5	1.88		
1	27.10.98	0	8.2	8.4	7.06		
1	27.10.98	5	10.8	24.6	7.03		
1	27.10.98	10	11.6	27.2	5.8		
1	27.10.98	16	10.3	30.4	3.29		
1	27.10.98	20	9.6	30.7	1.75		
1	27.10.98	30	9	31.4	1.08		
1	27.10.98	40	8.4	32.5	1.22		
1	24.11.98	0	8	23.6	5.94		
1	24.11.98	5	9.4	29.6	5.28		
1	24.11.98	10	9.4	30	5.17		
1	24.11.98	16	9.6	30.1	5		
1	24.11.98	20	9.6	30.4	4.82		
1	24.11.98	30	9.8	30.5	5.07		
1	24.11.98	40	9.8	31	4.65		
1	15.12.98	0	9.1	21.4	5.84		
1	15.12.98	5	9.3	29.8	5.59		
1	15.12.98	10	9.6	30.1	5.35		
1	15.12.98	16	9.7	30.4	4.68		
1	15.12.98	20	9.7	30.5	4.16		
1	15.12.98	30	9.6	31	3.5		
1	15.12.98	40	9	31.4	1.64		
2	30.06.98	0	10.43	2.75	7.84	230	
2	30.06.98	1	10.4	5.42			
2	30.06.98	2	10.46	6.14			
2	30.06.98	3	11.09	7.79			
2	30.06.98	4	12.69	15.95			
2	30.06.98	5	12.58	23.1	8.91	185	
2	30.06.98	6	12.26	23.25			
2	30.06.98	8	10.25	29.61			
2	30.06.98	10	10.06	29.69	7.31	445	
2	30.06.98	12	9.43	30.7			
2	30.06.98	14	8.8	31.66			
2	30.06.98	16	8.55	32.75			
2	30.06.98	18	8.38	33.41			
2	30.06.98	20	8.16	33.89	3.45	1500	
2	30.06.98	25	8.22	33.79			
2	30.06.98	30	8.02	34.05	0.45	1920	
2	30.06.98	35	7.86	34.16			
2	30.06.98	40	7.74	34.3	1.48	1240	
2	30.06.98	50	7.53	34.51	2.44	715	
2	30.06.98	60	7.44	34.59	2.99	465	
2	30.06.98	70	7.38	34.66	3.23	340	
2	30.06.98	80	7.37	34.67	3.47	240	
2	28.07.98	0	12.2	4.3	7.48	160	
2	28.07.98	1	12.5	5			
2	28.07.98	2	14.2	11.6			
2	28.07.98	3	14.8	14.1			
2	28.07.98	4	14.8	15.4			
2	28.07.98	5	14.6	15.5	7.48	141	
2	28.07.98	6	14.3	17.1			

51

2	28.07.98	8	12.6	24			
2	28.07.98	10	10.2	29.9	7.03	525	
2	28.07.98	12	9.7	30.9			
2	28.07.98	14	9.6	31			
2	28.07.98	16	9.3	31.1	5.69	345	
2	28.07.98	18	9.1	31.4			
2	28.07.98	20	8.9	31.5	5.48	725	
2	28.07.98	25	8.6	31.9			
2	28.07.98	30	8.5	32	4.89	635	
2	28.07.98	35	8.5	32.2			
2	28.07.98	40	8.4	32.4	4	655	
2	28.07.98	50	8.6	33.15	0.86	1680	
2	28.07.98	60	8.2	33.82	0.21	1710	
2	28.07.98	70	8.1	34.25	0.55	1260	
2	28.07.98	80	8.1	35.15	1	1100	
2	06.08.98	20	9.9	30.8	6.15		
2	06.08.98	30	9.2	31.3	5.17		
2	06.08.98	40	8.8	31.5	3.92		
2	06.08.98	50	8.6	31.9	1.49		
2	06.08.98	60	8.6	32.3	0.14		
2	06.08.98	80	8.4	33.5	0.94		
2	25.08.98	0	12	2.9	8.01	180	
2	25.08.98	1					
2	25.08.98	5	14.8	19	7.07	200	
2	25.08.98	10	10.6	30	5.43	640	
2	25.08.98	16	9.6	30.6	4.35	690	
2	25.08.98	20	9.4	30.8	3.9	700	
2	25.08.98	30	9	31.2	4.18	560	
2	25.08.98	40	8.8	32.4	2.02	1220	
2	25.08.98	50	8.8	32.75	0.7	1280	
2	25.08.98	60	8.8	33.05	0.24	1350	
2	25.08.98	70	8.7	33.4	0.97	1110	
2	25.08.98	80	8.6	33.7	1.01	1100	
2	22.09.98	0	13	9.5	8.3		
2	22.09.98	5	13.2	25.5	6.56		
2	22.09.98	10	11.8	29.4	6.52		
2	22.09.98	16	10.6	30	5.44		
2	22.09.98	20	10.2	30.1	4.43		
2	22.09.98	30	9.5	30.5	3.31		
2	22.09.98	40	9	31.4	2.86		
2	22.09.98	50	8.8	32.3	1.08		
2	22.09.98	60	9	32.8	1.26		
2	22.09.98	70	9	33.35	1.53		
2	22.09.98	80	10	33.85	1.78		
2	27.10.98	0	8.8	10	6.78		
2	27.10.98	5	10.4	24	6.01		
2	27.10.98	10	11.9	27.6	5.84		
2	27.10.98	16	10.5	30.1	3.32		
2	27.10.98	20	9.8	30.6	2.27		
2	27.10.98	30	9	31.5	1.36		
2	27.10.98	40	8.4	32.5	1.29		
2	27.10.98	50	8.2	33.1	1.29		
2	27.10.98	60	7.8	33.7	2.62		
2	27.10.98	70	7.6	33.9	3.08		
2	27.10.98	80	7.6	33.95	2.97		
2	24.11.98	0	8.4	28.5	5.66		
2	24.11.98	5	8.8	28.5	6.08		
2	24.11.98	10	9	29.1	6.71		

33

2	24.11.98	16	9	30	6.08		
2	24.11.98	20	9.2	30	5.63		
2	24.11.98	30	9.6	30.4	5.45		
2	24.11.98	40	9.6	30.5	4.41		
2	24.11.98	50	9.8	31	4.3		
2	24.11.98	60	8.6	31	2.13		
2	24.11.98	70	8.5	31.5	2.38		
2	24.11.98	80	8.6	32	1.85		
2	15.12.98	0	8	26.5	5.7		
2	15.12.98	5	9.2	29.9	5.28		
2	15.12.98	10	9.4	30.1	4.75		
2	15.12.98	16	9.8	30.5	5.14		
2	15.12.98	20	9.6	30.9	4.09		
2	15.12.98	30	9.6	30.4	3.01		
2	15.12.98	40	8.8	31.9	2.52		
2	15.12.98	50	8.6	32.1	1.71		
2	15.12.98	60	8.9	31.7	2.1		
2	15.12.98	70	9.6	31.5	2.24		
2	15.12.98	80	8.1	33	3.15		
Børve	06.08.98	20	10.8	31.2	6.32		
Børve	06.08.98	30	10	31.7	6.22		
Børve	06.08.98	40	9.7	31.9	6.56		
Børve	06.08.98	60	8.3	32.4	4.58		
Børve	06.08.98	80	8.1	33.8	3.61		
Børve	06.08.98	100	9.6		3.86		
Digra	06.08.98	20	10.2	31.7	5.9		
Digra	06.08.98	30	9.4	31.3	5.97		
Digra	06.08.98	40	8.8	31.7	5.42		
Digra	06.08.98	60	8	32.6	3.2		
Digra	06.08.98	80	8.3	33.6	2.12		
Digra	06.08.98	100	9.8		2.67		
Digra	25.08.98	20			5.15	215	
Digra	25.08.98	30			5.36	180	
Digra	25.08.98	40			4.46	355	
Digra	25.08.98	60			3.27	660	
Digra	25.08.98	80			2.47	690	
Digra	25.08.98	100			2.92	535	
Tysse	06.08.98	20	10.2	31.3	6.18		
Tysse	06.08.98	30	9.6	31.2	5.59		
Tysse	06.08.98	40	9	31.3	4.83		
Tysse	06.08.98	60	8.4	32.5	0.63		
Tysse	06.08.98	80	8.4	33.8	0.52		
Tysse	06.08.98	100	9.4		1.7		
Tysse	25.08.98	20	9.6	30.7	4.28	480	
Tysse	25.08.98	30	9	31.2	5.33	280	
Tysse	25.08.98	40	8.8	31.6	2.78	835	
Tysse	25.08.98	60	8.7	32.6	1.36	1010	
Tysse	25.08.98	80	8.7	33.5	1.88	925	
Tysse	25.08.98	100	8.8	34.2	2.47	590	
Tysse	22.09.98	20	10.5	30.3	5.06		
Tysse	22.09.98	30	9.8	30.8	4.33		
Tysse	22.09.98	40	9.2	31	3.56		
Tysse	22.09.98	60	8.8	32.8	1.81		
Tysse	22.09.98	80	8.8	33.6	2.34		
Tysse	22.09.98	100	11	32	3.17		
Tysse	27.10.98	20	10.2	30.6	3.29		
Tysse	27.10.98	30	8.8	31.5	1.85		
Tysse	27.10.98	40	8.4	32.45	1.38		

---

Tysse	27.10.98	60	8	33.6	2.73		
Tysse	27.10.98	80	7.6	33.95	3.11		
Tysse	27.10.98	100	7.6	34.25	3.5		
Tysse	24.11.98	20	9.4	30	5.38		
Tysse	24.11.98	30	9.6	30.5	6.05		
Tysse	24.11.98	40	9.4	30.6	4.58		
Tysse	24.11.98	60	9.2	31.5	3.53		
Tysse	24.11.98	80	8.6	32	2.9		
Tysse	24.11.98	100	7	32	1.71		
Tysse	15.12.98	20	9.8	31	3.29		
Tysse	15.12.98	30	9.4	31.5	3.01		
Tysse	15.12.98	40	8.9	32	3.64		
Tysse	15.12.98	60	8.6	32.4	2.31		
Tysse	15.12.98	80	8.1	32.65	2.38		
Tysse	15.12.98	100	7.2	32.85	2.83		