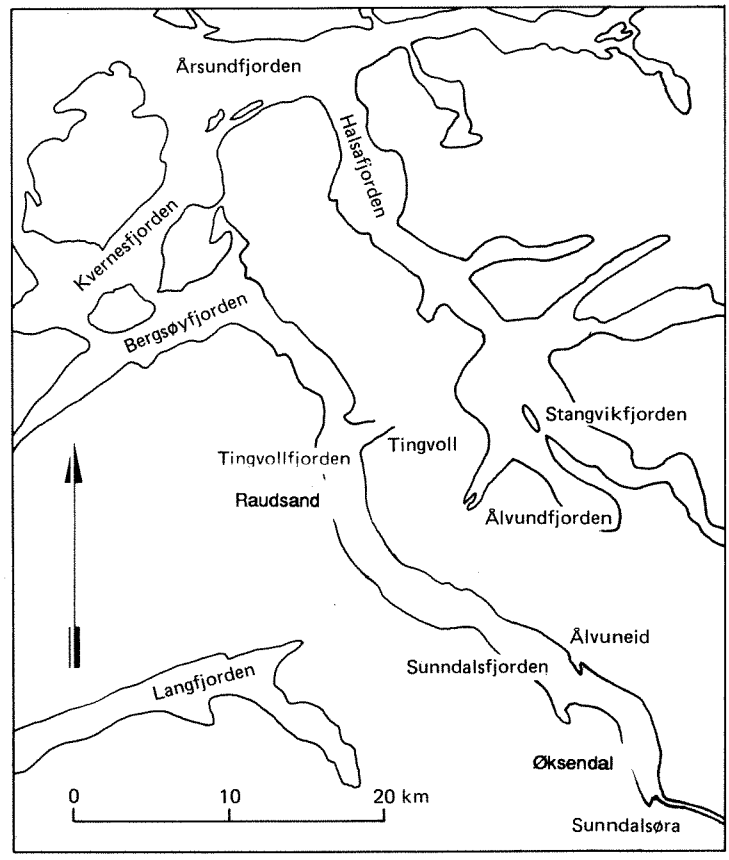
Statlig program for forurensningsovervåking

02-2406

Rapport 382|89

Oppdragsgiver	**Statens forurensningstilsyn**
Deltakende institusjon	**NIVA** **Hydro Aluminium, Sunndal Verk** **Sunndal kommune**

Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal



Delrapport 6
Vannutskiftning og vannkvalitet

Norsk institutt for vannforskning NIVA

Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo 1, tlf. 02 - 65 98 10.

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning NIVA

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen-Sandviken
Telefon (02) 23 52 80	Telefon (041) 43 033	Telefon (065) 76 752	Telefon (05) 95 17 00
Telefax (02) 39 41 89	Telefax (041) 43 033	Telefax (065) 78 402	Telefax (05) 25 78 90

Rapportnummer: 8000364

Undernummer:

Løpenummer: 2406

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:
Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden. Delrapport 6. Vannutskiftning og vannkvalitet. (Overvåkingsrapport nr. 382/89)

Dato: April 1990

Prosjektnummer: O-8000364

Forfatter(e):

Jarle Molvær

Faggruppe: Marin eutrofi

Geografisk område: Møre og Romsdal

Antall sider: 45

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)

Oppdragsg.ref.:

Ekstrakt:

Vannutskiftningen i fjordens overflatelag, intermediære vannlag og dypvann er god. Ved relativt stor vannføring i Driva opptrer en markert bakevje-effekt i overflatelaget utenfor Sunndalsøra, med innadrettet strøm på fjordens østside.
Vannmassene i hele fjordområdet viste bare liten eller moderat påvirkning av nåværende utslipp av næringssalter. Utenfor Sunndalsøra var konsentrasjonen av fosfor gjennomgående noe høyere enn lenger ute i fjorden, og årsaken er trolig utslipp av kommunal kloakk. Ellers var vannkvaliteten i overflatelaget i stor grad preget av ferskvannstilførselen.

Oksygenforholdene i dypvannet var gode.

4 emneord, norske:

1. Marin eutrofi
2. Sunndalsfjorden
3. Vannkvalitet
4. Vannutskiftning

4 emneord, engelske:

1. Marine eutrophication
2. Sunndalsfjord
3. Water quality
4. Water exchange

Prosjektleder:

Jarle Molvær

Jarle Molvær

For administrasjonen:

for Tor Bokn

ISBN 82-577-1721-5

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

O-8000364

TILTAKSORIENTERT OVERVÅKING AV SUNNDALSFJORDEN

MØRE OG ROMSDAL

DELRAPPORT 6

VANNUTSKIFTNING OG VANNKVALITET

Oslo, april 1990

Prosjektleder: Jarle Molvær
Medarbeider : Unni Efraimsen

FORORD

Foreliggende rapport er en del av den tiltaksorienterte overvåking i Sunndalsfjorden, som inngår i Statlig program for forurensings-overvåking, administrert av Statens forurensingstilsyn (SFT). Arbeidet er finansiert av Sunndal Verk A/S, Sunndal kommune og SFT.

Prosjektet startet høsten 1986. I tillegg til undersøkelser av vannutskiftning og vannkvalitet, omfatter arbeidet følgende deler:

- Sedimenter og bløtbunnsfauna (Næs og Rygg, 1988)
- Miljøgifter i organismer (Knutzen, 1989)
- Kartlegging av forurensingstilførsler (Holtan og Lingsten, 1989)
- Gruntvannssamfunn (Pedersen, 1989)
- Gruveforurensning utenfor Rausand (Rygg og Næs, 1989)
- Konklusjonsrapport (under utarbeidelse).

I konklusjonsrapporten blir gitt en sammenfattende vurdering av tilstanden i fjordområdet og anbefalinger om tiltak for de påviste forurensningsproblemene.

Gunnar Gjersvik, Sunndal Verk, Ingvar Bergheim, Sunndal kommune, og Bjørn Storvik (båtfører) har hatt hovedansvaret for det lokale feltarbeidet.

Ved NIVA har Unni Efraimsen og Frank Kjellberg hatt hovedansvar for gjennomgang av datapunching, punching og primær databearbeiding.

Oslo, april 1990

Jarle Molvær

INNHOLDSFORTEGNELSE **Side:**

FORORD 2

1. HOVEDKONKLUSJONER. 4

2. INNLEDNING. 5
2.1 Beskrivelse av området. 5
2.2 Bakgrunn for undersøkelsen. 6
2.3 Formål. 6

3. MATERIALE OG METODER. 8
3.1 Hydrografi og strømmålinger 8
3.2 Vannkjemiske målinger 8
3.3 Ferskvannstilførsel 11

4. UNDERSØKELSER AV VANNUTSKIFTNING I 0-50 M DYP. 13
4.1 Generell inndeling av vannmassene i fjorden. 13
4.2 Overflatelaget. 17
4.3 Intermediært lag. 21

5. UNDERSØKELSER AV VANNKVALITET I 0-20 M DYP OG I DYPVANNET. 27
5.1 Betingelser for algevekst. 27
5.2 Vannkvalitet i overflatelaget, 0-2 m dyp. 29
5.3 Vannkvalitet i 5 -20 m dyp. 35
5.4 Oksygenforhold i dypvannet. 39
5.5 Oppsummerende vurdering. 40

6. INNVIRKNING AV UTSLIPP PÅ KONSENTRASJONEN AV NÆRINGS-SALTER I VANNMASSENE. 41

7. LITTERATUR. 44

VEDLEGG.

1. HOVEDKONKLUSJONER.

Det er utført en bredt anlagt undersøkelse av vannutskiftning og vannkvalitet i Sunndalsfjorden i tidsrommet mai 1987-juli 1988. Undersøkelsen var spesielt rettet mot effekter av utslipp av næringssalter i fjordens overflatelag, og oksygenforhold i dypvannet.

1. Hovedkonklusjonen fra undersøkelsene av vannkvalitet er at fjordens vannmasser bare viste tegn til liten eller moderat påvirkning av de nåværende utslipp av næringssalter. Oksygenforholdene i dypvannet var gode.

2. I området utenfor Sunndalsøra styres vannutskiftningen i ca. 0-15 m dyp i stor grad av ferskvannstilførselen fra Driva og Litledalselva. På fjordens vestside medfører dette en i hovedsak utgående brakkvannsstrøm i overflatelaget, og en svakere inngående sjøvannsstrøm under dette. På fjordens østside er strømmene svakere og mer variable, og netto utskiftning er mindre.

   Dypere enn 15-20 m kan en anta at forskjeller i vannutskiftningen mellom fjordens øst og vestside jevnes ut, ved at tidevannsstrømmer, vindpåvirkning og effekter av tetthetsvariasjoner i det ytre fjordområdet dominerer.

3. I overflatelaget var vannkvaliteten i stor grad preget av ferskvannstilførselen, spesielt i fjordens indre del. Dette gjaldt både overflatelagets utseende (siktedypet), og konsentrasjonen av næringssalter.

   Utenfor Sunndalsøra var konsentrasjonen av fosfor gjennomgående noe høyere enn lenger ute i fjorden. Dette kan skyldes lokale utslipp. Algeveksten, målt som klorofyll a, i fjorden var ikke spesielt høy.

4. Konsentrasjonene av næringssalter og klorofyll a i 5 - 20 m dyp var moderate og viste ikke sikre tegn til forurensning. Undersøkelser av oksygenforholdene i fjordens dypeste parti, viste ikke tegn til problemer.

5. Teoretiske beregninger av den konsentrasjonsøking i overflatelag og i sjøvannslaget (5 - 20 m) som direkte utslipp av næringssalter kan bidra til, viser generell liten innvirkning. Lokalt vil utslippene øke næringssaltkonsentrasjonene i avgrensede deler av overflatelag og intermediært lag.

2. INNLEDNING.

2.1. Beskrivelse av området.

Hele fjordsystemet fra Sunndalsøra til sundet mellom Bergsøy og fastlandet er ca. 55 km langt, hvorav de hydrografiske og hydrokjemiske undersøkelsene omfattet de indre 30 km ut til Rausand (fig. 2.1).

Fjordsystemet har hele veien en bredde på 2-3 km. Fjordens bunnprofil framgår av fig. 2.2. Hovedterskelen på ca. 120 m dyp går mellom Bergsøy og fastlandet. Største dyp i bassenget innenfor er ca. 320 m. Vi merker oss at bunnvannet i bassenget er delt i to av et terskelområde med dyp ca. 200 m i Tingvollfjorden, like utenfor st. S7.

Tersklene er et vesentlig hinder for fornyelsen av det innenforliggende dypvannet.

Fjordens samlede ferskvannstilførsel er ikke kjent, men Driva som munner ut ved Sunndalsøra har ca. 68 m^3/s som årsmiddel (tidsrommet 1930-60, NVE (1987).

Fjordens midlere tilførsler fra land av næringssalter og organisk stoff er kartlagt av Holtan og Lingsten (1989):

Fosfor : 47 tonn/år
Nitrogen : 700-900 tonn/år
Organisk stoff: 850 tonn/år regnet som BOF_7

Avrenning fra landarealer og jordbruk dominerer. Det betyr betydelige variasjoner i belastningen over året.

2.2. Bakgrunn for undersøkelsen.

Bakgrunnen for undersøkelsen som her rapporteres er forvaltningsmyndighetenes behov for opplysninger om vannkvaliteten i fjordsystemet for å kunne vurdere nødvendigheten av tiltak mot utslipp av fosfor, nitrogen og organisk stoff.

I første rekke gjelder det utslipp av kommunalt avløpsvann, som er beregnet til ca. 22% av fosfortilførselen og ca. 8% av nitrogentilførselen fra land (Holtan og Lingsten, 1989). Avløpsvannet slippes ut i alt vesentlig urenset, men vanligvis på dypt vann.

2.3. Formål.

Hensikten med den samlede fjordundersøkelsen kan sammenfattes slik:

* Kartleggge tilstanden i fjorden.
* Gi anbefalinger om behov for tiltak for å redusere de forurensningsproblemer som undersøkelsen måtte avdekke.
* Framskaffe data som kan være grunnlag for eventuell senere overvåking av tilstanden i fjorden.

Konkret skal denne undersøkelsen av vannutskiftning og vannkvalitet gi følgende opplysninger (Molvær et al., 1987):

1. En generell beskrivelse av vannmasser og vannkvalitet i fjorden.
2. Opplysninger om oppholdstid for de forskjellige vannmassene, strømforhold, innlagring og fortynning av avløpsvann.
3. Grunnlag for oppstilling av stoffbudsjetter.

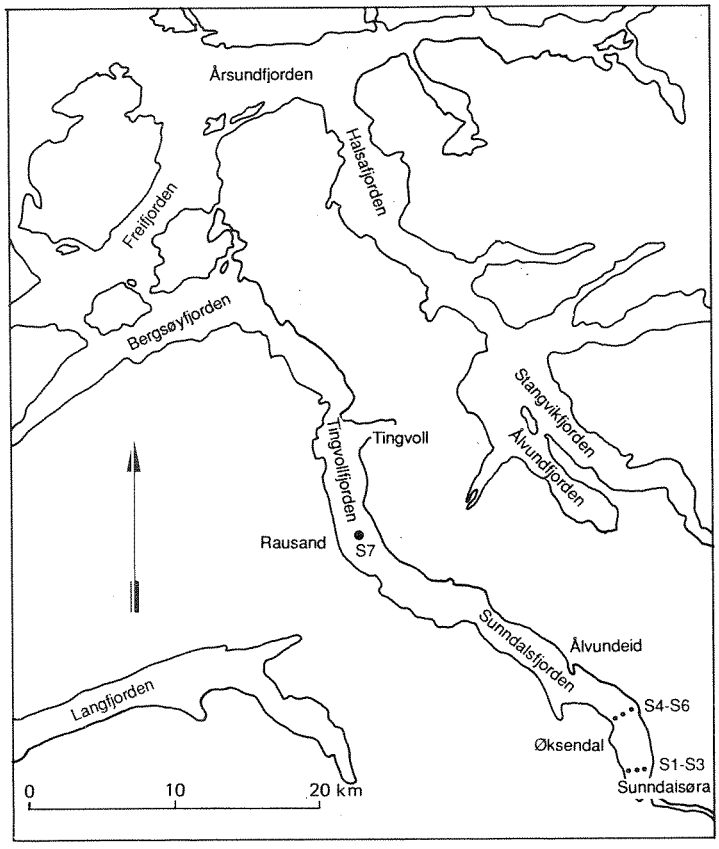


Fig. 2.1. Oversiktskart med hydrokjemistasjoner.

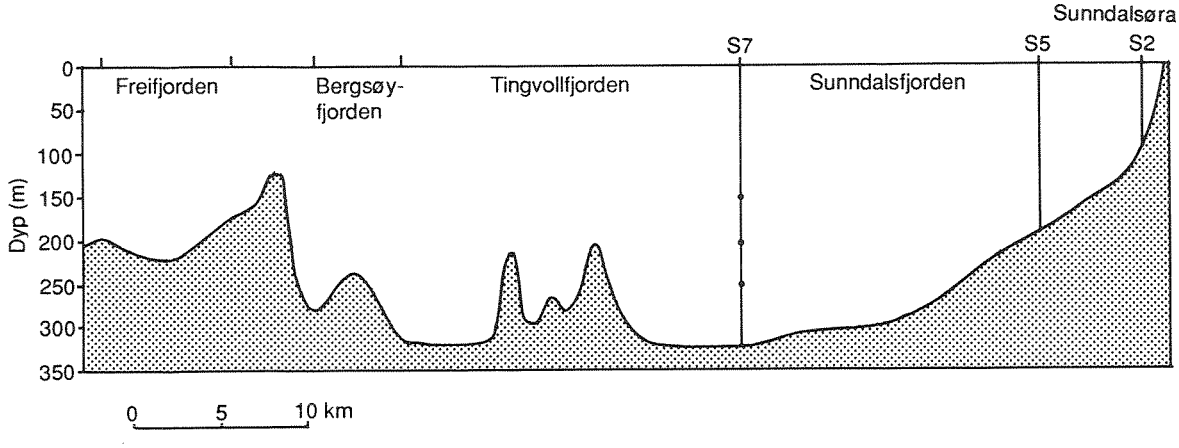


Fig. 2.2. Langsgående bunnprofil fra Bergsøysundet til Sunndalsøra. Måledyp i dypvannet på st. S7 er vist med prikker i vertikalen.

3. MATERIALE OG METODER.

3.1. Hydrografi og strømmålinger

For å kartlegge vannmasser og vannutskiftning i 0-50 m dyp og gi grunnlag for eventuelle beregninger av utslippsdyp og primærfortynning av avløpsvann, ble temperatur og saltholdighet oftest målt med ca. 2 ukers mellomrom på 6 stasjoner (st. S1-S6, fig. 2.3) - i alt 24 registreringer i tidsrommet 13.5.87 til 27.7.88.

På S2 ble det målt i faste dyp til 50 m, på de andre til 16 m.

For en mer detaljert undersøkelse av sirkulasjon og oppholdstid i fjordens innerste del, ble to selvregistrende strømmålere av type Aanderaa RCM4 den 14.5.87. utplassert i 2 m og 12 m dyp på henholdsvis st. SS1 og st. SS2 (fig. 2.3). Målerne registrerte strømretning, strømhastighet, temperatur og saltholdighet med 5-10 minutters mellomrom.

Den 21.6.87 ble målerne på st. SS1 påkjørt av et fartøy, og sank til bunns. To nye målere ble imidlertid utplassert av NHL, Trondheim, den 30.6.87, og registrerte fram til 18.8.87. På st. SS2 ble strømmålingene avsluttet den 2.9.87.

3.2. Vannkjemiske målinger.

Målingene av vannkvaliteten på de enkelte stasjonene er oppsummert i tabell 3.1. Alle vannprøver ble analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo, og metoder og presisjon framgår av Vedlegg 1.

På st. S1-S6 ble tatt prøver to ganger pr.måned i tidsrommet mai-september 1987, og en gang pr. måned vinterstid. Feil konservering av fosfor- og nitrogenprøver i tidsrommet 11.6-3.9.87 gjorde imidlertid at de fleste av prøvene måtte forkastes. For å kompensere for dette, ble prøveinnsamlingen derfor ikke avsluttet i mai 1988, men utvidet til å omfatte prøver i juni og juli 1988.

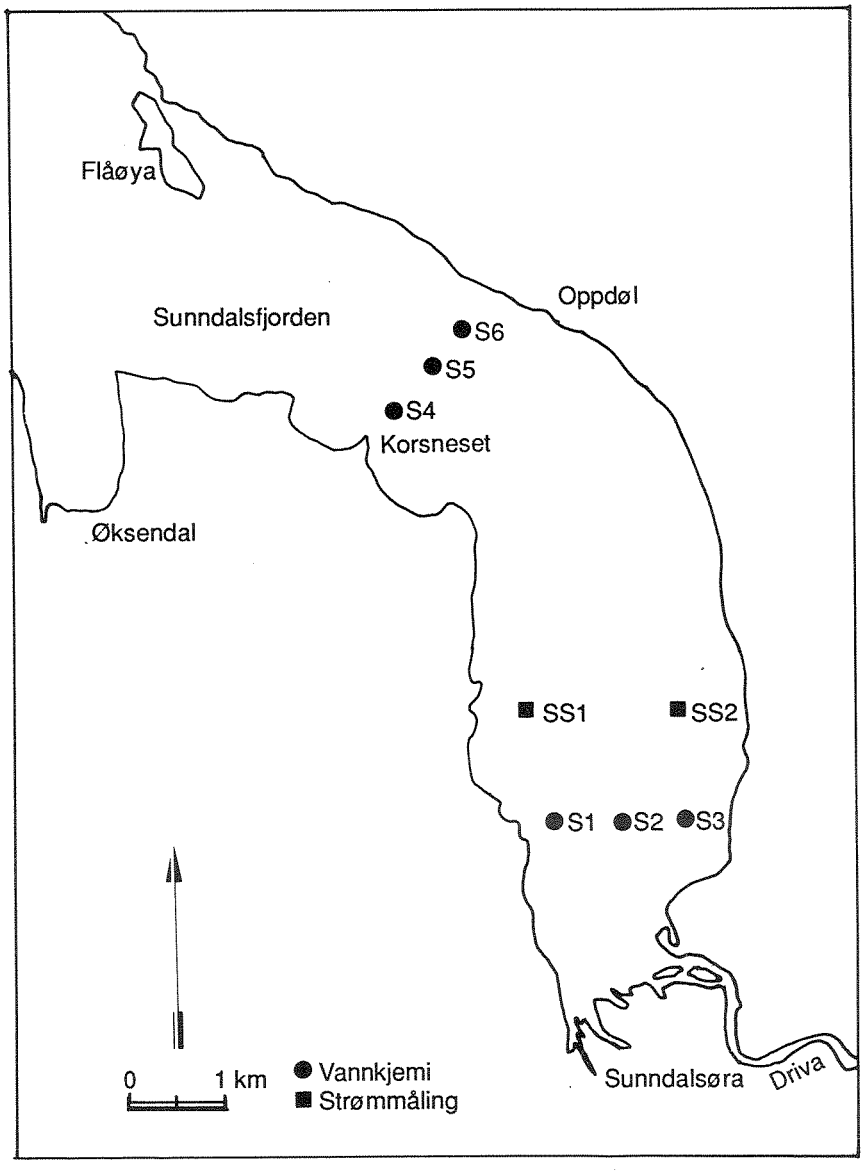


Fig. 2.3. Stasjoner for måling av vannutskiftning og vannkvalitet fjordområdets innerste del.

Tabell 3.1. Hovedtrekkene i det hydrokjemiske måleprogrammet.

Stasjon	Måledyp m	Parametre				
S1	0-2	Fosfat	Nitrat Ammonium		Temp.,Salt.	Siktedyp
S2	0-2, 10, 15, 20	TOTP Fosfat	TOTN Nitrat Ammonium	Klorofyll a	Temp.,Salt.	Siktedyp
S3	0-2	Fosfat	Nitrat Ammonium		Temp.,Salt.	Siktedyp
S4	0-2	Fosfat	Nitrat Ammonium		Temp.,Salt.	Siktedyp
S5	0-2	TOTP Fosfat	TOTN Nitrat Ammonium	Klorofyll a	Temp.,Salt.	Siktedyp
S6	0-2	Fosfat	Nitrat Ammonium		Temp.,Salt.	Siktedyp
S7	0-2	TOTP Fosfat	TOTN Nitrat Ammonium		Temp.,Salt.	Siktedyp
	150, 200 250, 320				Temp.,Salt. Oksygen	

På st. S7 var planen å ta prøver av overflatevann og dypvann hver annen måned i tidsrommet august-mars. Praktiske problemer med båten som ble brukt, og feil konservering av oksygenprøver medførte imidlertid av prøveantallet ble noe mindre enn forutsatt. Fra dypvannet ble det i alt tatt 3 prøveserier 13.5.87, 2.9.87 og 24.5.88. En mislykket prøveserie i begynnelsen av november 87 ble erstattet at data fra en prøveserie som Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt innsamlet 28.11.87.

3.3. Ferskvannstilførsel.

Opplysninger om vannføringen i Driva er innhentet hos NVE, Hydrologisk avdeling (NVE, 1987). Målingene er gjort ved Elverhøy vannmerke. Døgnmidler for tidsrommet mai 1987-juli 1988 er vist i fig. 3.1. Variasjonene er store, fra ca. 15 m^3/s til ca. 611 m^3/s. Sett på månedsbasis lå vannføringen rimelig nær opptil "normalen" for tidsrommet 1930-60 (fig. 3.2).

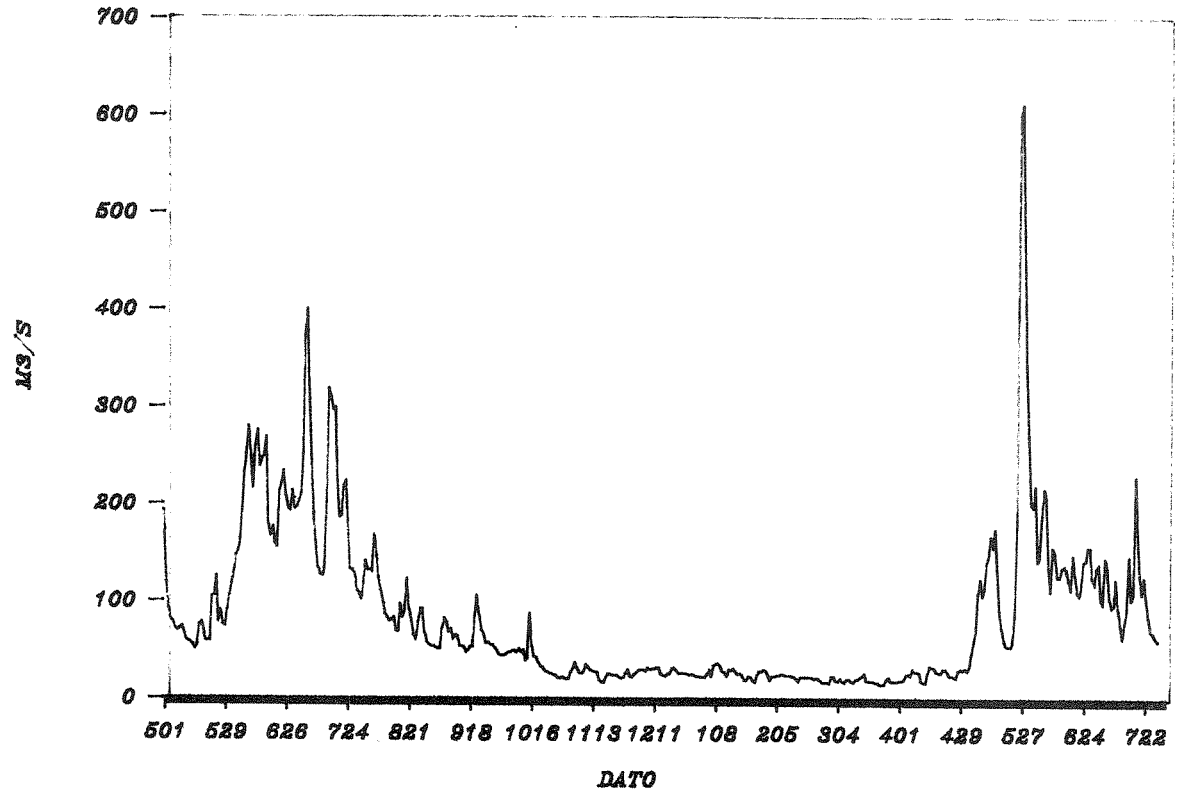


Fig. 3.1. Døgnmidler av vannføring i Driva mai 1987-juli 1988. Datoer angitt med måned og dag.

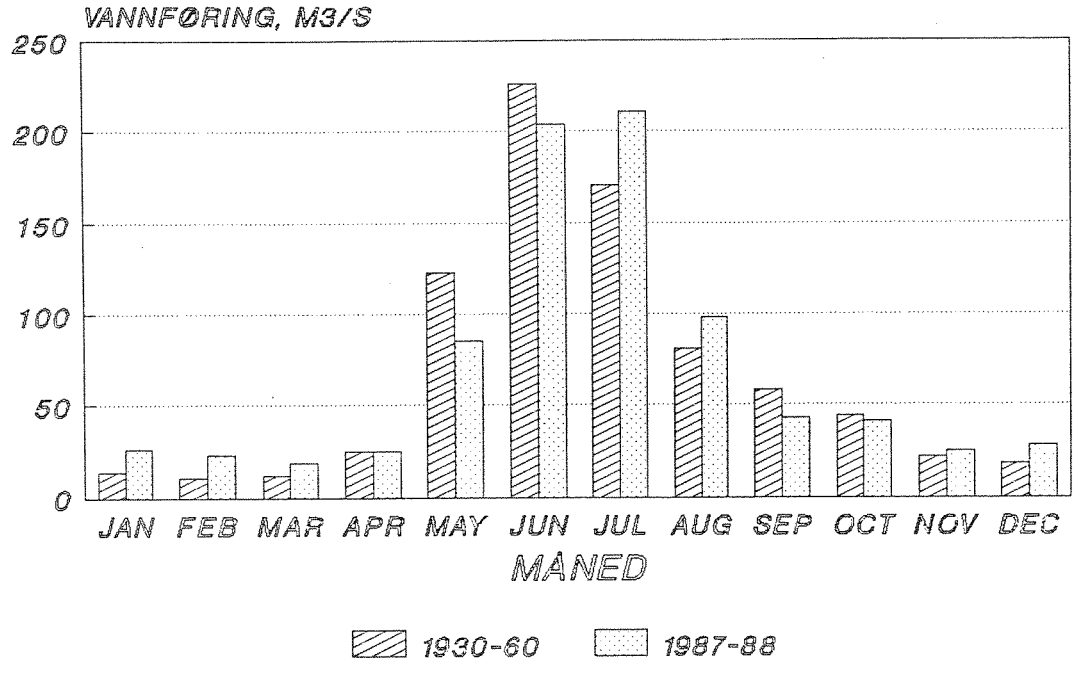


Fig. 3.2. Månedsmidler av vannføring i Driva 1987-88 jevnført med månedsmidler for 1930-60 (NVE, 1987).

4. UNDERSØKELSER AV VANNUTSKIFTNING I 0-50 M DYP.

Opplysninger om vannutskiftningen i fjordområdet skal gi støtte for senere vurderinger av vannkvaliteten og nytteverdien av belastningsendringer. Hovedvekten har blitt lagt på de øverste 50 m i fjordens indre del, og bassengvannet under terskeldyp.

4.1. Generell inndeling av vannmassene i fjorden.

Vannmassene i fjorden kan inndeles i et brakkvannslag (0 - max. 5 m dyp), intermediært sjøvannslag ned til ca. 120 m og bassengvann under 120 m dyp.

På grunn av ferskvannstilførselen fra Driva, Litledalselva og andre store og små vassdrag, er fjordområdet til vanlig preget av et 1-3 m tykt brakkvannslag, over et sjøvannslag.

Lagdelingen i fjorden kan illustreres ved saltholdigheten, og fig. 4.1 viser denne for de øverste 50 m i Sunndalsfjordens indre del. Høyeste saltholdighet i overflaten var ca. 31 o/oo, og laveste ca. 0.5 o/oo.

Fig. 4.2 illustrerer en nær sammenheng mellom saltholdighet i overflaten i fjordens indre del og ferskvannstilførselen, her gitt ved vannføringen i Driva. Ved vannføringer over ca. 75 m^3/s var saltholdigheten ca. 2- 5 o/oo, og 10-25 o/oo ved vintervannføringer omkring 20-40 m^3/s. En tilsvarende sammenheng mht. ferskvannstilførsel og brakkvannslagets tykkelse er vist i fig. 4.3.

Det er dermed grunnlag for å inndele fjordens vannmasser i tre vannlag:

* et brakkvannslag, tykkelse varierende fra ca. 0.5 m til max. 4-5 m.
* et intermediært sjøvannslag som omfatter vannmassen mellom brakkvannslaget og terskeldypet (120 m).
* bassengvannet under terskeldypet, uten fri forbindelse med kystvannet.

Vannutskiftningen i Sunndalsfjordens vannmasser i 0-50 m dyp vil i hovedsak være bestemt av fem mekanismer:

1. Ferskvannstilførselen setter opp en utgående brakkvannsstrøm, og en underliggende inngående sjøvannsstrøm. Dette strømsystemet vil være mest merkbart i brakkvannslaget og ned til 10-15 m dyp.

2. Det halvdaglige tidevannet setter opp periodiske strømmer ut og inn av fjorden. Tidevannsstrømmen vil være mest merkbar fra overflate og ned til terskeldyp. Fjordområdets overflateareal er ca. 143 km^2, og ifølge Tidevannstabeller for den norske kyst er midlere forskjell mellom høyvann og lavvann ved Kristiansund 1.34 m. Det betyr at en vannmasse på ca. 190 mill. m^3 transporteres inn i fjordsystemet to ganger i døgnet - og en tilsvarende vann-transport ut. Netto vannutskiftning vil imidlertid ikke være så stor fordi noe av vannet som strømmer inn er gammelt fjordvann. Netto utskiftning vil være mindre for indre deler av fjorden enn for ommrådene nærmest terskelen.

3. Lufttrykksvariasjoner vil skape mer langperiodiske vannstands-variasjoner som medfører transport av store vannmasser ut og inn av fjorden. Som en "tommelfingerregel" antar man at en lufttrykksendring på 1 millibar medfører en vannstandsendring på 1 cm. Ved f.eks. skifte fra høytrykk på 1025 mb til lavtrykk på 995 mb kan således vannstanden stige med ca. 0.3 m, som i Sunndalsfjorden tilsvarer innstrømning av ca. 43 mill. m^3. Det vanlige er at slike meteorologiske vannstandsvariasjoner foregår over flere døgn.

4. Vindens drag på vannoverflaten i fjorden vil skape strømsystemer som kan strekke seg helt ned til terskeldyp.

5. Variasjoner i vannmassenes egenvekt utenfor fjordsystemet vil generere raske og omfattende utskiftninger av fjordvannet innenfor.

Alle disse vannutskiftningsmekanismene varierer med forskjellige tidsskalaer, og vil i større og mindre grad virke samtidig. Det resulterende strømmønster og utskiftningsforhold vil derfor være svært komplekst og variabelt både i tid og rom.

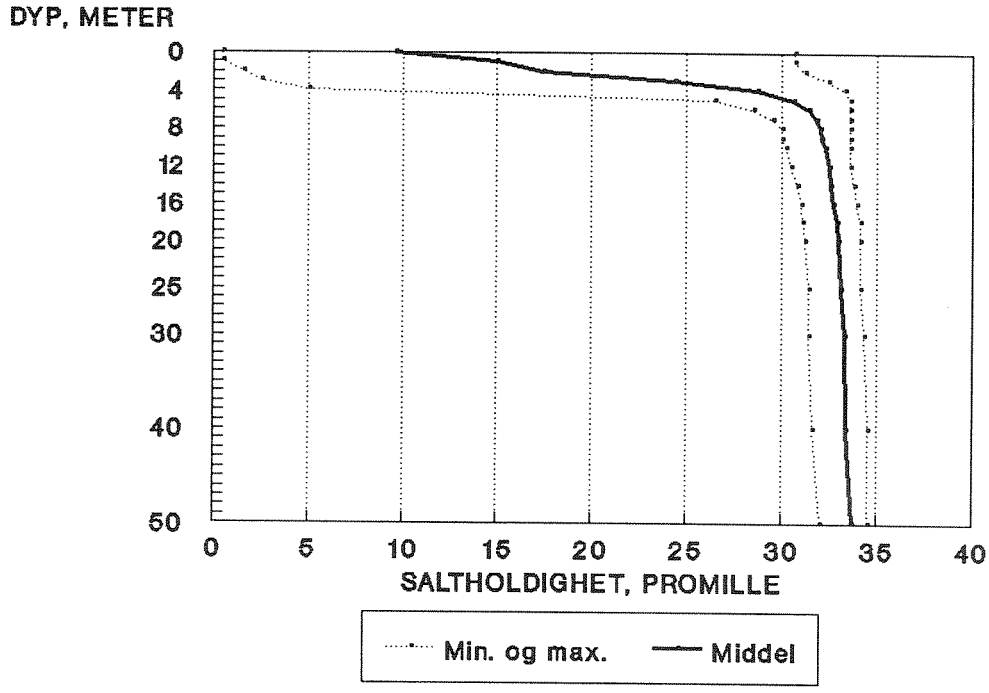


Fig. 4.1. Midlere vertikal saltholdighetsprofil på st. S2 (heltrukken linje). Minimum og maksimum er angitt med stiplede linjer.

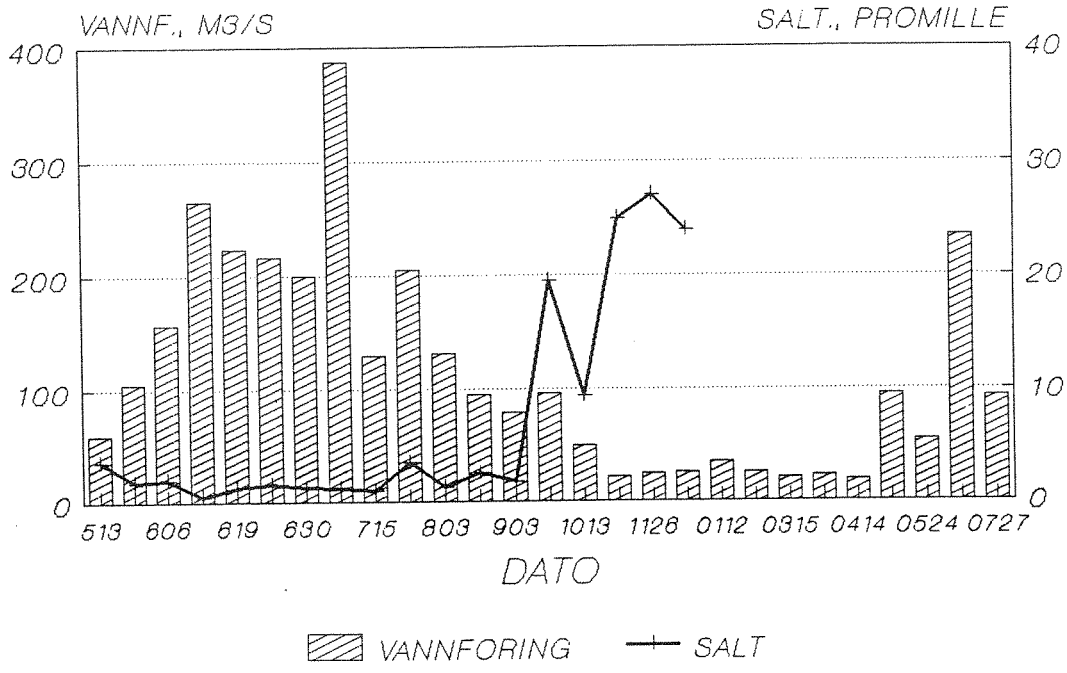


Fig. 4.2. Saltholdighet i overflatelaget på st. S2 og samtidig vannføring i Driva.

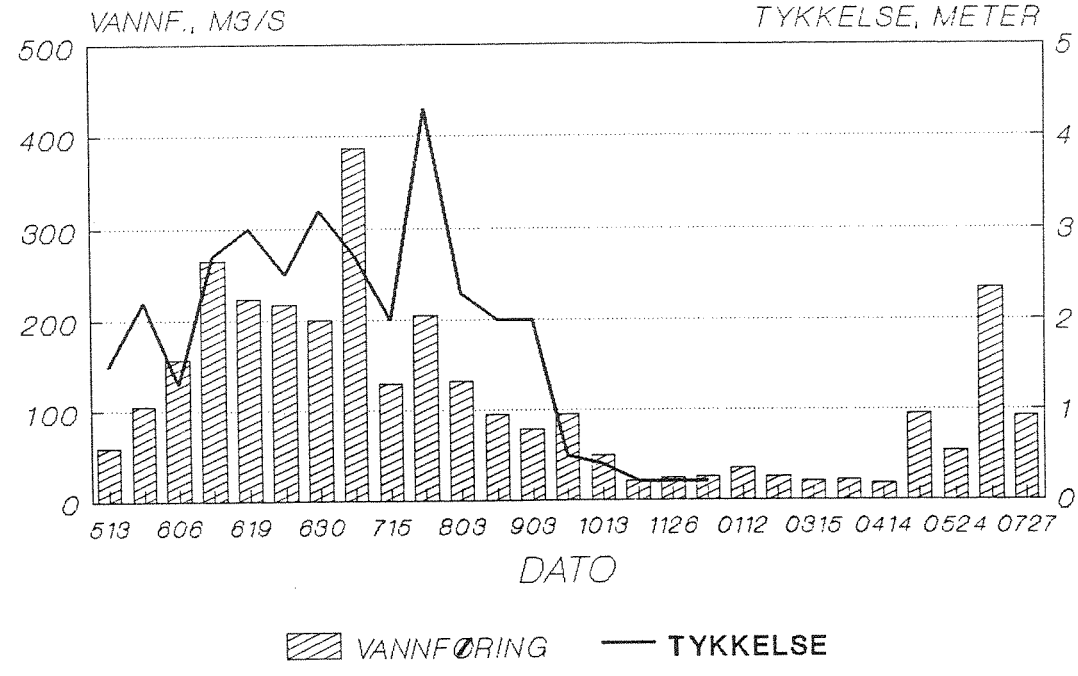


Fig. 4.3. Brakkvannslagets tykkelse i fjorden utenfor Sunndalsøra, og samtidig vannføring i Driva.

4.2. Overflatelaget.

I fjordens indre del anslås midlere oppholdstid i sommerhalvåret til ca. 17-20 timer på vestsiden og betydelig lenger på østsiden. For hele området anslås midlere oppholdstid til å variere i intervallet 1-3 døgn.

Vi vil forsøke å beregne overflatelagets oppholdstid for indre fjordområde, dvs. fra Sunndalsøra og ut til Oppdøl (jfr. fig. 2.3). Arealet av dette området er ca. 15 km^2.

Oppholdstiden vil variere mye med ferskvannstilførselen. Med bakgrunn i problemstillingen omkring hvilken betydning utslipp av næringssalter har for algeveksten i fjorden, vil vi konsentrere oss om sommerhalvåret.

Med utgangspunkt i fig. 4.3 definerer vi overflatelaget som vannmassen i 0-2.5 m dyp. For vurdering av oppholdstiden vil vi benytte resultatene av strømmålingene i 2 m dyp på st. SS1 og SS2 (fig. 2.3).

Resultatene av målingene er oppsummert i fig. 4.4-4.5, der antall registreringer i retning, midlere strømstyrke og fluks er beregnet for 15 grader intervaller.

Overflatestrømmen på fjordens vestside (st. SS1, fig. 2.3) - utenfor munningen av Driva og Litledalselva var i hovedsak rettet ut fjorden. Midlere hastighet var høy, typisk 10-20 cm/s.

På fjordens østside (st. SS2, fig. 2.3) var strømmen langt svakere (middel 5-10 cm/s) og retningen mer variabel. Men hovedtransporten var rettet mot sørvest, dvs. i retning munningen av Driva og Litledalselva.

Dette strømmønsteret viser dermed at en bakevje opptrer på fjordens østside ved relativ stor ferskvannstilførsel.

Strømhastighetene gir grunnlag for beregning av midlere oppholdstid for overflatelaget i indre del. Fra Sunndalsøra til Oppdøl er avstanden ca. 6 km, eller 6000 m. Ut fra strømmålingene i 2 m dyp vil vi anta at overflatelaget på fjordens vestside sommerstid ved relativ høy vannføring i Driva og Litledalselva har en middelhastighet på 0.08-0.1 m/s på denne strekningen. Midlere oppholdstid blir da ca. 17-20 timer.

På fjordens østside var strømhastigheten lavere, og i middel rettet innover. En "vannpakke" ved st. SS2 vil således ha lenger distanse å bevege seg før den når Oppdøl enn en tilsvarende vannpakke ved st. SS1 (først innover, og så utover). Og på fjordens østside var middelhastigheten typisk halvparten av den som ble funnet for vestsiden.

Totalt sett vil vi dermed anslå midlere oppholdstid for overflatelaget innenfor Oppdøl sommerstid til å ligge i intervallet 1-3 døgn. Med en overflate på 15 km^2 og tykkelse på ca. 2.5 m, tilsvarer dette en midlere vannutskiftning av 12-40 mill. m^3/døgn.

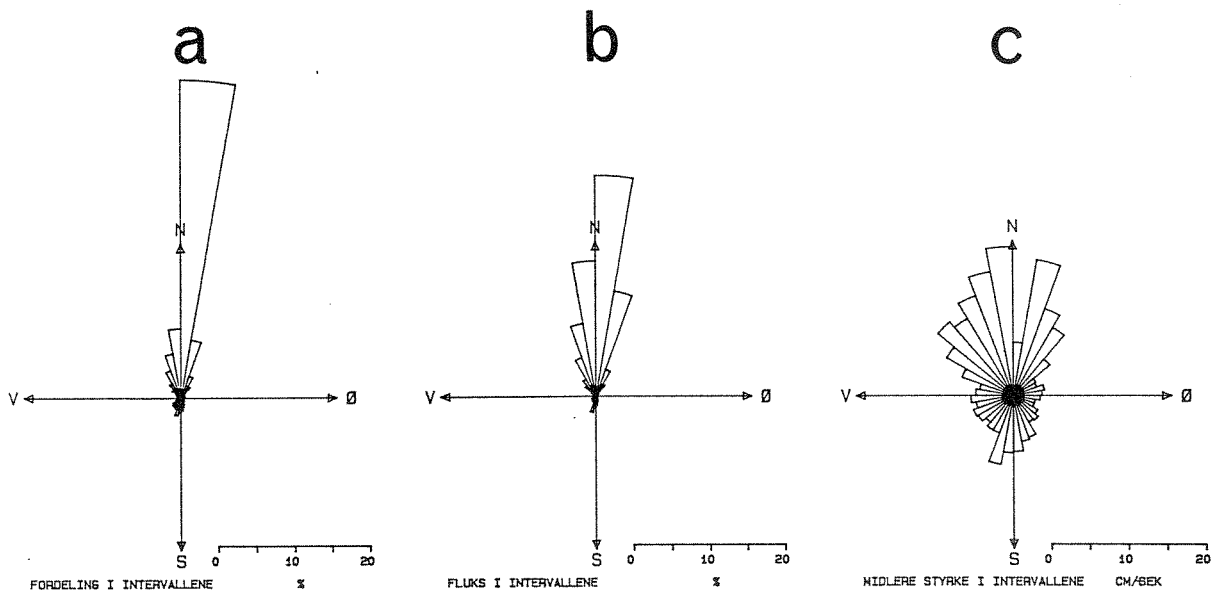


Fig. 4.4. Oppsummerende statistikk for strømmålingene i 2 m dyp på st. SS1 i tidsrommet 14.mai- 21.juni 1987.
Fjordens ferskvannstilførsel var stor (jfr. fig. 3.1).
Reatene viser nordgående overflatestrøm.
a: Registrering av strømretning fordelt på 15 graders intervaller.
b: Fluks (volumtransport) fordel på 15 graders intervaller.
c: Midlere strømstyrke i 15 graders intervaller.

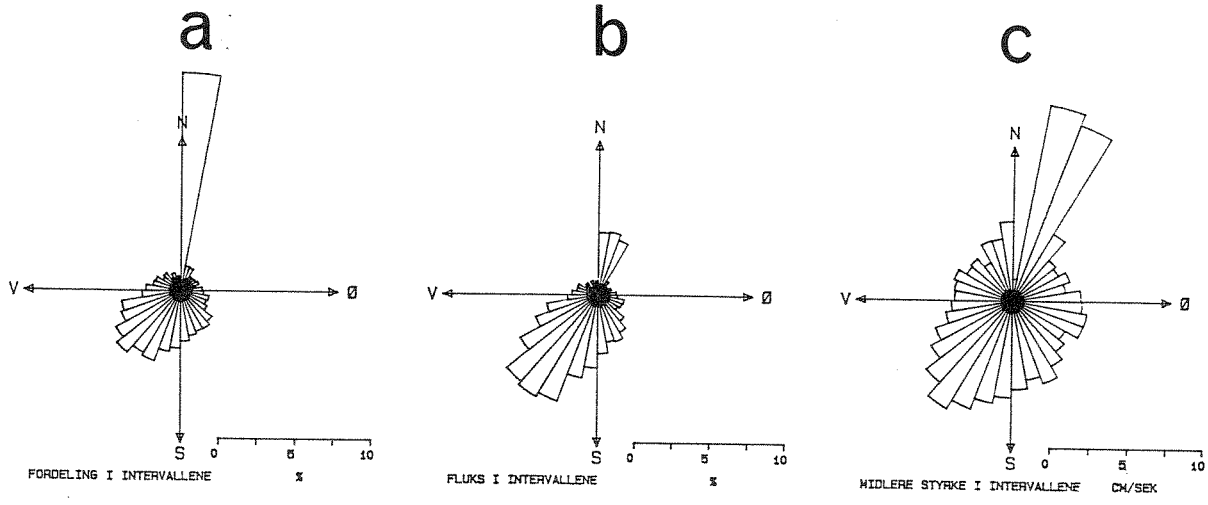


Fig. 4.5. Oppsummerende statistikk for strømmålingene i 2 m dyp på st. SS2 i tidsrommet 13.juli-20.august 1987. Ferskvannstilførselen var varierende, men gjennomgående stor (jfig. 3.1). Resultatene viser varierende, men i hovedsak sørgående overflatestrøm.

a: Registrering av strømretning fordelt på 15 graders intervaller.

b: Fluks (volumtransport) fordelt på 15 graders intervaller.

c: Midlere strømstyrke i 15 graders intervaller.

4.3. Intermediært lag

Midlere oppholdstid innenfor Oppdøl anslås til ca. 1 uke. Kortere på fjordens vestside og lengre på østsiden.

Som intermediært vannlag vil vi i denne sammenheng omtale vannmassen mellom 10 m og 50 m dyp. For en karakterisering av vannutskiftningen vil vi bruke strømmålinger i 10-12 m dyp på st. SS1 og SS2, samt målinger av saltholdighet ned til 50 m dyp på st. S2.

Strømmålingene i 12 m dyp gir holdepunkt for å beregne oppholdstid i øvre del av det intermediære vannlaget. Fig. 4.6-4.8 oppsummerer resultatene. Ved høy ferskvannstilførsel er strømmen i 12 m dyp på st. SS1 (fjordens vestside) i alt vesentlig rettet innover (fig. 4.6). Dette er en kompensasjonsstrøm som erstatter det sjøvann som innblandes i det utstrømmende brakkvannslaget, og er en velkjent situasjon i fjorder med stor ferskvannstilførsel. Typisk midlere strømhastighet er 7-10 cm/s, dvs. omkring halvparten av brakkvannsstrømmens hastighet.

På fjordens østside (st. SS2, fig. 4.7 og fig. 4.8) er som ventet strømhastigheten lavere, og retningen mye mer variabel. Årsaken er svakere direkte påvirkning av ferskvannstilførselen fra Driva og Litledalselva. Strømforholdene domineres da av tidevann og påvirkning

fra vind som i stor grad driver vannet fram og tilbake med liten netto utskiftning. Typiske midlere hastigheter er 2-4 cm/s.

På samme måte som brakkvannslaget, har således den øvre delen av det intermediære vannlag forskjellige sirkulasjonsmønstre på vestsiden og østsiden av fjorden.

Fig. 4.9. viser resultat av saltholdighetmålinger på st. S2 i 10-50 m dyp. Målingene er utført med 2-4 ukers mellomrom, og kan derfor gi opplysninger om vannutskiftningen på den tidsskalaen.

Vi merker oss to forhold. For det første følger variasjonene i alle dyp i hovedtrekk samme mønsteret, dvs. at vannutskiftningen i dette dypintervall drives av samme mekanismer og altså får noenlunde samme tidsvariasjon. At variasjonene i saltholdighet i 50 m dyp er mindre enn i 10 m, er ellers naturlig og skyldes svakere vertikale gradienter på større dyp.

I det marine miljø kan saltholdighet oppfattes som en konservativ

parameter. For det andre tyder registreringene dermed på omfattende innblanding av nytt vann med annen saltholdighet mellom hver måleserie. Spesielt i annet halvår 1987 og fram til våren 1988.

Ved en samlet vurdering av strømforhold og variasjoner i saltholdigheten, vil vi da gi følgende anslag over midlere oppholdstider i det intermediære vannlag i området innenfor Oppdøl:

Dyp	Vestsiden	Østsiden
5-15 m	2-4 dager	2-6 dager
15-50 m	1-2 uker	1-2 uker

For hele området kan en midlere oppholdstid anslås til ca. 1 uke.

Vi understreker at periodevis vil oppholdstiden både være kortere og lenger enn dette.

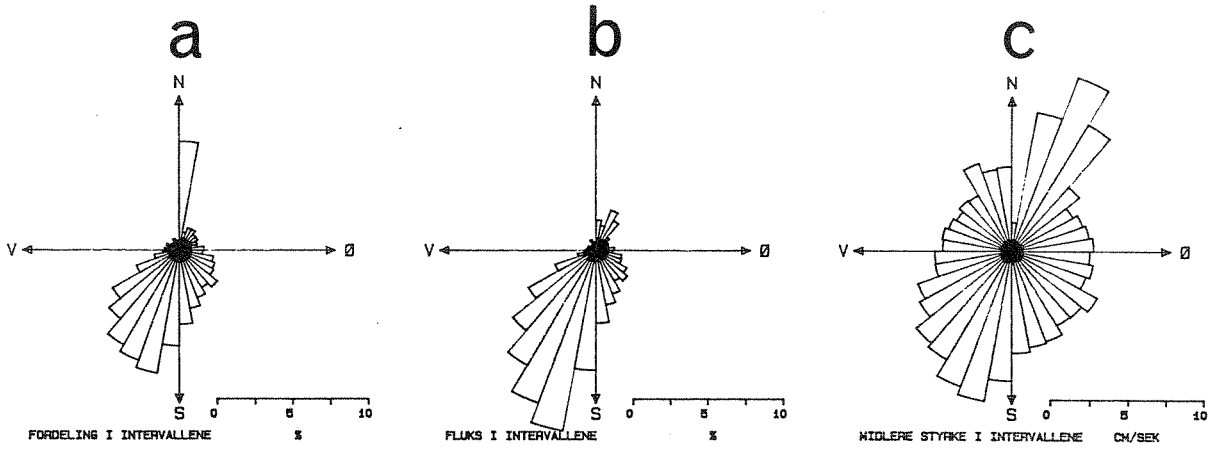


Fig. 4.6. Oppsummerende statistikk for strømmålingene i 12 m dyp på st. SS1 i tidsrommet 14. mai- 21.juli 1987. Fjordens ferskvannstilførsel var stor (jfr. fig.3.1). Resultatene viser sørgående strøm.

a: Registrering av strømretning fordelt på 15 graders intervaller.

b: Fluks (volumtransport) fordelt på 15 graders intervaller.

c: Midlere strømstyrke i 15 graders intervaller.

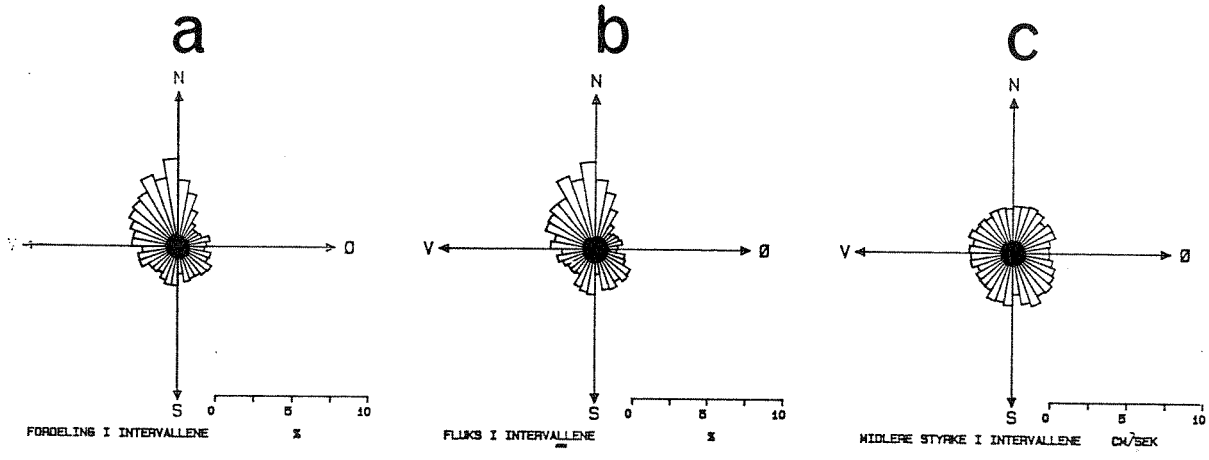


Fig. 4.7. Oppsummerende statistikk for strømmålingene i 12 m dyp på st. SS2 i tidsrommet 14. mai-23. juni 1987. Fjordens ferskvannstilførsel var stor (jfr. fig.3.1). Resultatene viser varierende, og svake strømmer.
a: Registrering av strømretning fordelt på 15 graders intervaller.
b: Fluks (volumtransport) fordelt på 15 graders intervaller.
c: Midlere strømstyrke i 15 graders intervaller.

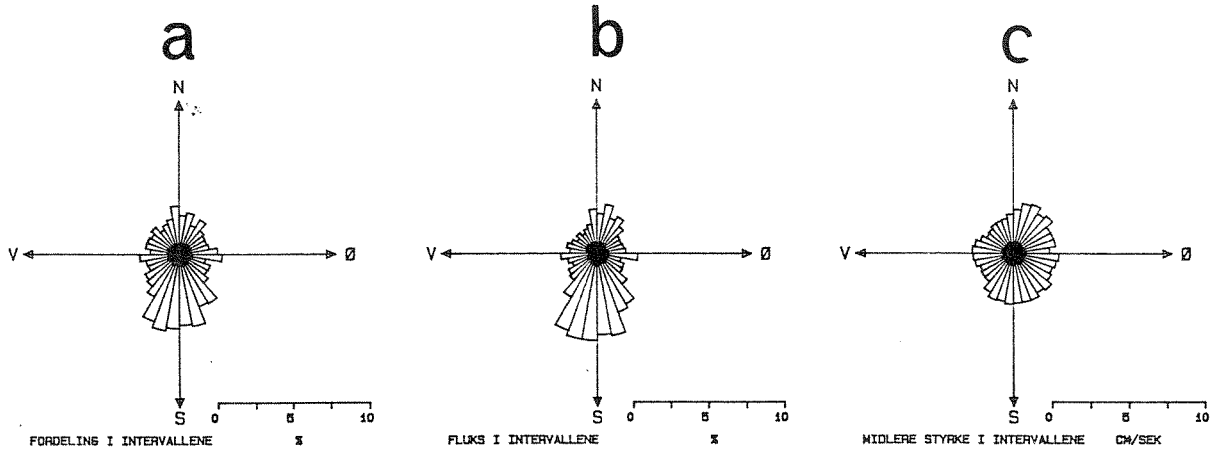


Fig. 4.8 Oppsummerende statistikk for strømmålingene i 12 m dyp på st. SS2 i tidsrommet 13. juli-2. september 1987. Fjordens ferskvannstilførsel var moderat (jfr. fig. 3.1). Resultatene viser varierende, og svake strømmer.
a: Registrering av strømretning fordelt på 15 graders intervaller.
b: Fluks (volumtransport) fordelt på 15 graders intervaller.
c: Midlere strømstyrke i 15 graders intervaller.

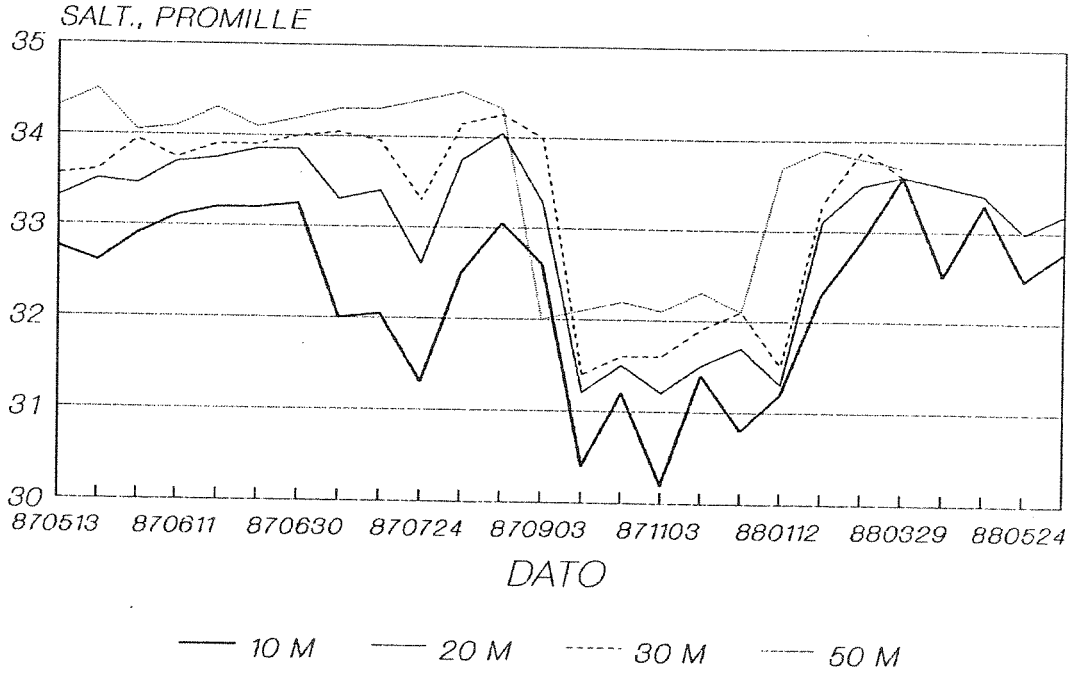


Fig. 4.9. Målinger av saltholdighet i 10-50 m dyp på st. S2.
Store variasjoner viser stor vannutskiftning.

5. UNDERSØKELSER AV VANNKVALITET I 0-20 M DYP OG I DYPVANNET.

Formålet med de vannkjemiske målingene er å gi en generell tilstandsbeskrivelse av vannkvaliteten i overflatelag, intermediært lag og dypvannet. Hovedvekt legges på innhold av plantenæringsstoffene fosfor og nitrogen, samt klorofyll a og oksygen. I dette kapitlet skal vi innledningsvis omtale noen forhold som er viktige for forståelsen av resultatene.

5.1. Betingelser for algevekst.

Av næringssalter er både fosfor- og nitrogenforbindelser generelt viktige for algeveksten.

Tilgang på næringssalter er en nødvendig forutsetning for opprettholdelse av de aller fleste former for marint liv. Blir tilførselen av næringssalter til et område tilstrekkelig stor, vil økosystemet gjennomgå kvantitative eller kvalitative endringer. Vi omtaler dette som eutrofiering. De mest aktuelle næringssaltene i denne sammenheng er fosfor- og nitrogenforbindelser (fosfat, nitritt, nitrat og ammonium).

De klassiske effektene av for stor tilførsel av næringssalter er økt produksjon av planteplankton, som gir misfarging og tilgrumsing av overflatevannet, dominans av grønnalger eller hurtigvoksende ettårige arter i strandsonen, og utarming av bløtbunnsfaunaen i dypet pga. oksygenmangel og overbelastning med organisk materiale.

For at alger skal trives og vokse, må det være tilstrekkelig mengder av alle vekstnødvendige forbindelser samt lys. Lysmangel begrenser veksten om vinteren. I sommerhalvåret regner man at det oftest er tilgangen på uorganiske fosfor- og nitrogenforbindelser som bestemmer algeveksten.

Hvis forbruket av nitrogen eller fosfor er større enn tilførslen, vil mangel på næring etterhvert begrense algeveksten. Det har lenge vært vanlig å anta at tilgangen på nitrogen oftest er vekstbegrensende for alger i marine områder. Undersøkelser i de senere år har imidlertid vist at algenes næringsopptak er mer komplekst enn antatt, og at det er høyst situasjonsbetinget hvorvidt algeveksten er nitrogen- eller fosforbegrenset (Paasche et al., 1989). En "tommelfingerregel" sier imidlertid at sannsynligheten for fosforbegrensing øker ved lavere saltholdighet (økt innblanding av ferskvann med lavt fosforinnhold). På den annen side vil sannsynligheten for nitrogenbegrensning øke ved

utslipp av store mengder kommunalt avløpsvann, ettersom avløpsvannet inneholder relativt mye fosfor i forhold til nitrogen.

I den sammenheng må man imidlertid være oppmerksom på at ulike arter av planteplankton kan ha ulikt optimalt N:P-forhold. Teoretisk kan derfor resultatet av en moderat reduksjon av utslipp av nitrogen eller fosfor til en gitt vannforekomst bli endringer i den vanlige arts-sammensetningen av plankton, og ikke redusert biomasse.

Et gitt fjord- eller kystområde tilføres næringssalter fra en rekke kilder, og et komplett stoffbudsjett vil oftest måtte inneholde minst seks bidrag:

* kommunalt avløpsvann
* industri
* jordbruk
* nedbør
* avrenning fra utmark
* bidrag gjennom vannutskiftning med nærliggende vannmasser

Som tidligere nevnt er næringssalttilførslene fra land kvantifisert av Holtan og Lingsten (1989). Man har erfaring for at dess lenger man kommer ut mot kysten, desto større blir bidraget fra vann-utskiftningen.

5.2. Vannkvalitet i overflatelaget, 0-2 m dyp.

Sikten i overflatelaget bestemmes av stofftransporten fra Driva og av algevekst i vannmassene. Algeveksten er moderat. Fosforkonsentrasjonene tyder på en viss lokal påvirkning utenfor Sunndalsøra.

For å bedømme tilstanden vil vi se på konsentrasjoner, samt forskjeller mellom stasjoner.

Siktedypet i fjorden vil i hovedsak være bestemt av innhold av partikulært materiale og oppløst organisk stoff i de øverste 5-10 m av vannsøylen. Fig. 5.1-5.2 viser siktedypet og konsentrasjonen av klorofyll a på st. S2 og st. S5.

Statistiske tester på forskjell i middelverdi (t-test) og i median (Mann-Whitney) gir ingen signifikante forskjeller verken mht. siktedyp eller klorofyll a. Korrelasjonskoeffisienten mht. siktedyp for de to stasjonene er 0.99, og for klorofyll a er den 0.81. Dette viser at tilstanden varierer "i takt" i hele indre fjordområde.

Man kan regne med Driva og Litledalselva tilfører fjordens overflatelag mye partikulært materiale og farget, oppløst organisk stoff (humus). Korrelasjon av siktedyp mot vannføring og algevekst (klorofyll a) i 0-5 m dyp viser at begge forhold er viktige for overflatelagets utseende og siktedypet i Sunndalsfjorden (jfr. tab. 5.1). Bidraget fra elvevannet er viktigst.

Tabell 5.1 Korrelasjon mellom vannføring i Driva og siktedyp og klorofyll a på st. S2 og st. S5.

	Vannføring	Klorofyll a
Sikt S2	r=-0.59	r=-0.29
Sikt S5	r=-0.56	r=-0.43

Dette forklarer at tidsvariasjonene er store. I mai-juli 1987 var siktedypet så lavt som 2 m. Vannføringen i Driva var da opptil 400 m^3/s, og i mai-juni 1988 var den for det meste 200-600 m^3/s (fig. 3.1). Dertil kommer effekten på siktedypet fra en varierende planktonbestand i fjorden.

Til sammenligning er Helsedirektoratets krav til godt badevann i friluftsbad at siktedypet skal være minst 2-3 m (SIFF, 1976).

Konsentrasjonene av klorofyll a gir en indikasjon på størrelsen av algeveksten i vannmassen. Utenom våroppblomstringen mars 1988 er konsentrasjonen typisk 0.5-1.5 mg/l. Det er ikke spesielt høyt, og ligger på samme nivå som har blitt registrert i ytre del av Borgundfjorden (Molvær og Bakke 1982).

Resultatene av målingene av totalfosfor og fosfat i 0-2 m dyp på st. S2 og S5 er vist på fig.5.3 og 5.4, og oppsummert i tabell 5.2. Konsentrasjonene viser et normalt forløp, varierende med fjordens ferskvannstilførsel (ferskvann har lavt innhold av fosfor), innblanding av mer fosforrikt sjøvann fra dypere vannlag, og forbruk av fosfor ved algeoppblomstringer.

Som også tabell 5.2 illustrerer, var fosforkonsentrasjonene på st. S2 gjennomgående noe høyere enn på st. S5. Dette gjelder både sommer og vinter. Resultatene gir ikke noen entydig forklaring, men det er rimelig å anta at årsaken er utslipp av fosforholdig avløpsvann i fjordens indre del (kommunal kloakk).

Tilsvarende målinger av nitrogen (total nitrogen, nitrat og ammonium) er vist i fig. 5.5-5.6, samt sammenfattet i tabell 5.2.

Ferskvann innholder mye nitrogen, spesielt som total nitrogen og nitrat. For fjordens brakkvannslag avspeiler resultatene dette. Det er ingen signifikante forskjeller mellom st. S2 og st. S5.

En interessant forskjell mellom stasjonene er imidlertid at muligheten for næringsbegrenset algevekst i overflatelaget (fosformangel og/eller nitrogenmangel) synes større på st. S5 enn st. S2. Dette samsvarer med at st. S2 ligger nærmest utslippene til fjorden. Målingene kan imidlertid ikke bekrefte at algeveksten på noe tidspunkt var begrenset av mangel på næring. I perioder med stor ferskvannstilførsel kan sannsynligvis høyt partikkelinnhold redusere gjennomskinneligheten av overflatelaget så mye at lys blir begrensende for algeveksten.

Tabell 5.2. Oppsummering av hydrokjemiske målinger i 0-2 m dyp i fjorden. N: antall målinger. Int.: høyeste og laveste verdi. Mid.: aritmetisk middelverdi. Enhet: mikrogram/liter.

Stasjon og år	Total fosfor N	Int.	Mid.	Fosfat N	Int.	Mid.	Tot. nitrog. N	Int.	Mid.	Nitrat N	Int.	Mid.	Ammonium N	Int.	Mid.
S1 1987				7	1-12.5	5.8				7	5-89	49	7	<5-35	14
1988				9	2-14	7.4				9	12-111	68	9	3-10	6
S2 1987	7	6-20	11.3	7	1.5-13	5.5	7	164-227	193	7	23-89	54	7	<5-30	13.8
1988	9	6-20	13	9	2-13.5	7.0	9	120-237	179	9	12-112	64	9	<1-8	4.7
S3 1987				7	1.5-8	5.1				7	18-86	48	7	<5-30	12.3
1988				9	0.5-13.5	5.4				9	11-111	56	9	1-19	5.3
S5 1987	7	5-13	9.3	7	1.5-9	4.9	7	144-221	183	7	18-78	38	7	4-25	10.5
1988	9	5.5-29	12.8	9	0.5-13.5	5.6	9	108-224	167	9	3-106	48	9	1-11	4.2
S7 1987	2	5-9		2	2-4.5		2	167-179		2	12-32		2	<5	
1988	5	6-20	12.5	5	<0.5-10	3.4	5	122-212	165	5	16-91	38	5	2-8	5.2

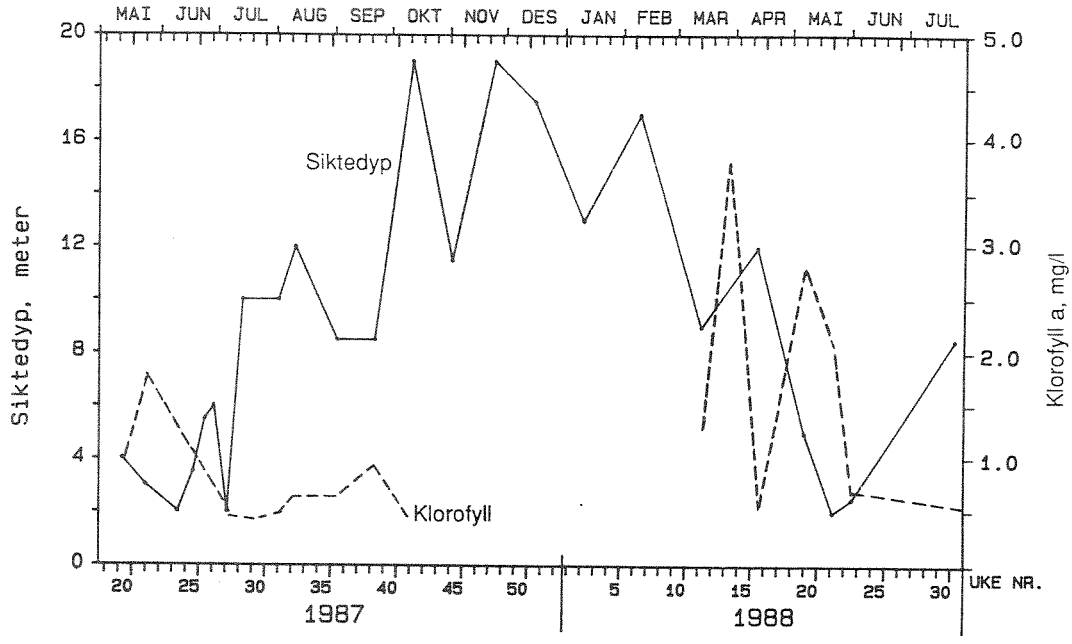


Fig. 5.1. Klorofyll a i overflatelaget og siktedyp på st. S2.

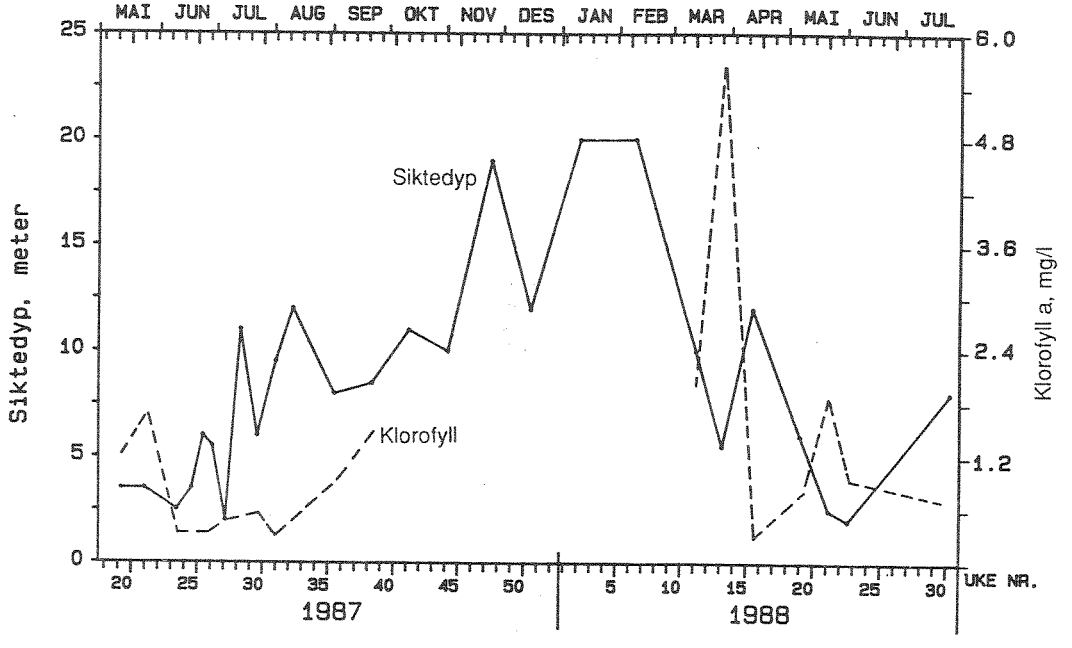


Fig. 5.2. Klorofyll a i overflatelaget og siktedyp på st. S5.

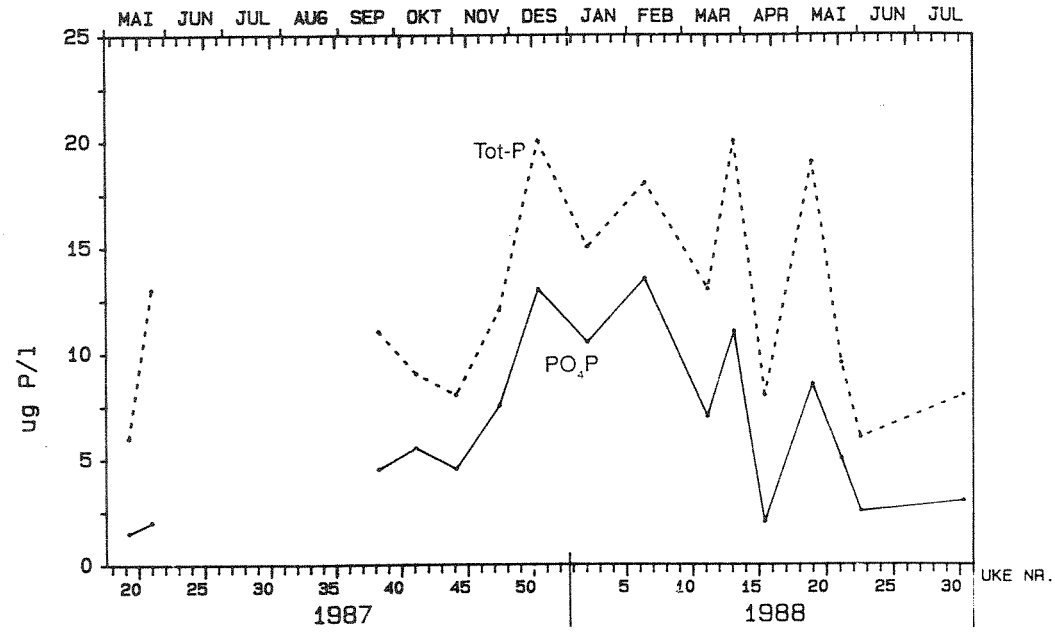


Fig. 5.3 Totalfosfor og fosfat i 0-2 m dyp på st. S2

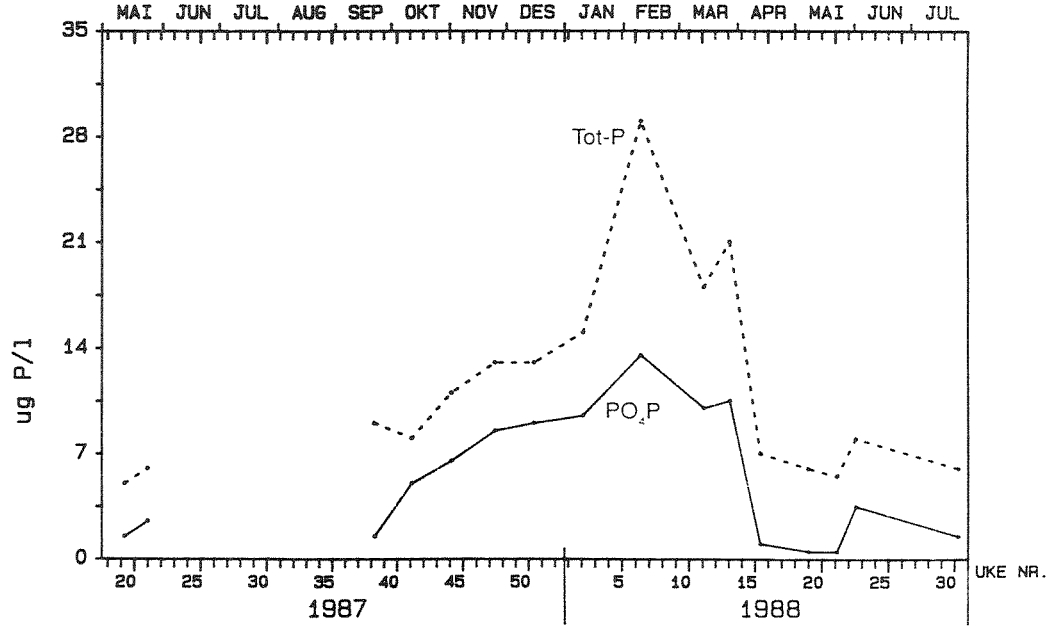


Fig. 5.4 Totalfosfor og fosfat i 0-2 m dyp på st. S5

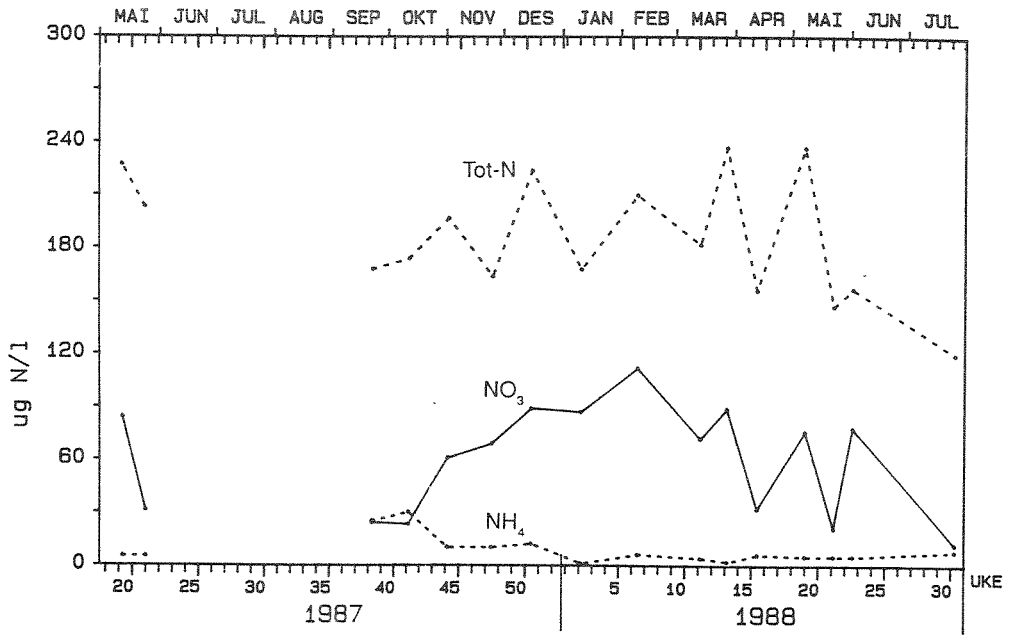


Fig. 5.5 Totalnitrogen, nitrat og ammonium i 0-2 m dyp på st.S2.

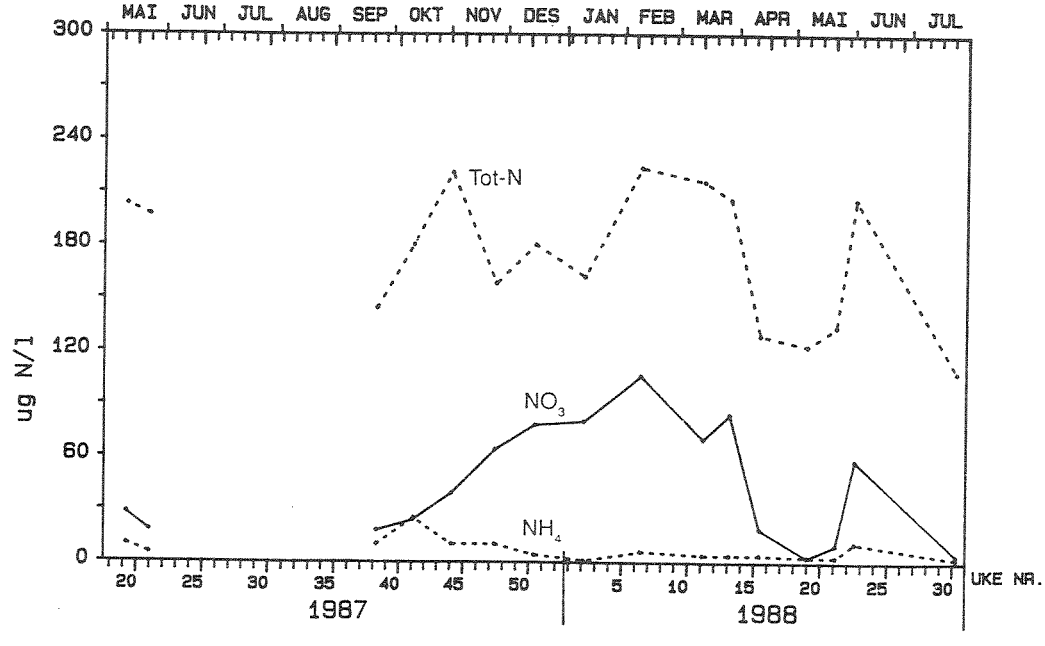


Fig. 5.6 Totalnitrogen, nitrat og ammonium i 0-2 m dyp på st.S5.

5.3. Vannkvalitet i 5 - 20 m dyp.

Konsentrasjonene av fosfor, nitrogen og klorofyll a varierte mye, men viste ingen klare tegn til påvirkning fra utslipp.

Vi skal også kort redegjøre for den vertikale fordelingen av fosfor, nitrogen og klorofyll a ned til 20 m dyp. Konsentrasjoner og variasjoner i 0-2 m dyp er allerede gjennomgått, og vi konsentrerer derfor diskusjonen om 5-20 m dyp. Vi velger st. S2 som typisk for fjordens indre område.

Fig. 5.7 viser konsentrasjonene av total fosfor og fosfat for 13 tidspunkt i tidsrommet september 1987-juni 1988. Det framgår hvordan konsentrasjonene var relativt lave etter høstens algeoppblomstringer, men så økte gjennom vinteren med minimal algevekst i vannmassene. Under våroppblomstringen 1988 ble mye av fosfatet oppbrukt (konsentrasjon <4 mikrogram/l), men det var ikke tegn til fosforunderskudd.

Målingene av total nitrogen, nitrat og ammonium preges av samme tidsutvikling (fig. 5.8-5.9a). Konsentrasjonene av nitrat var relativt lav som følge av algevekst om høsten og våren. Mht. ammonium var konsentrasjonen om høsten relativt høy som følge av nedbrytning av alger. Utover vinteren gikk konsentrasjonen ned fordi ammonium omdannes til nitrat. Under algeoppblomstringen om våren ble konsentrasjonen igjen lav pga. opptak i planteplankton.

Både konsentrasjonene av fosfor og nitrogen lå i et intervall som må ansees som normalt for upåvirket eller lite påvirket fjordvann.

Fig. 5.9b viser konsentrasjoner av klorofyll a. En oppblomstring om våren 1987, en mindre høstoppblomstring og en ny oppblomstring våren 1988 framgår. Konsentrasjonene var relativt lave, og sjelden over 2 mikrogram/l.

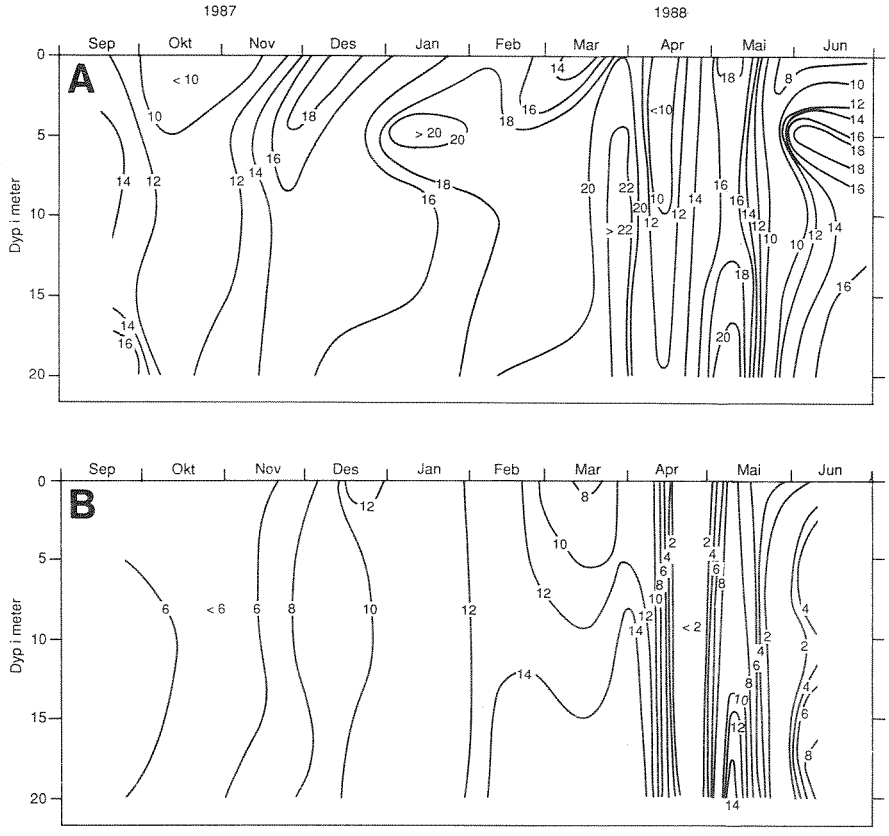


Fig. 5.7 St. S2. Totalfosfor og fosfat (µgP/l) i 0-20 m dyp.
A: Totalfosfor
B: Fosfat

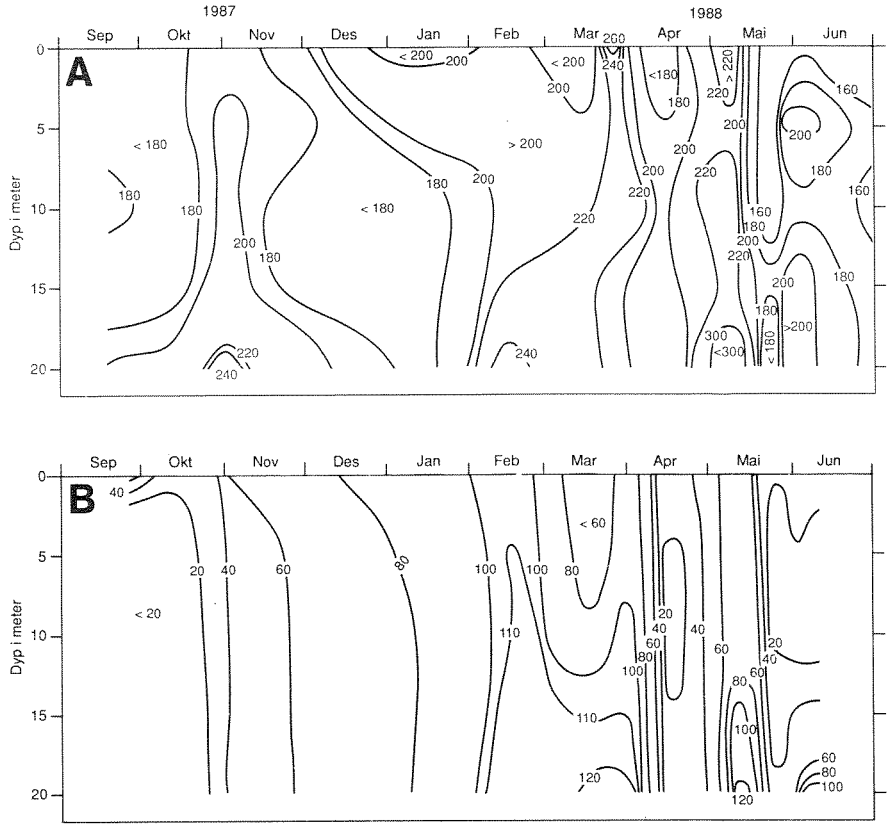


Fig. 5.8 St. S2. Totalnitrogen og nitrat (µgN/l) i 0-20 m dyp
A: Totalnitrogen
B: Nitrat

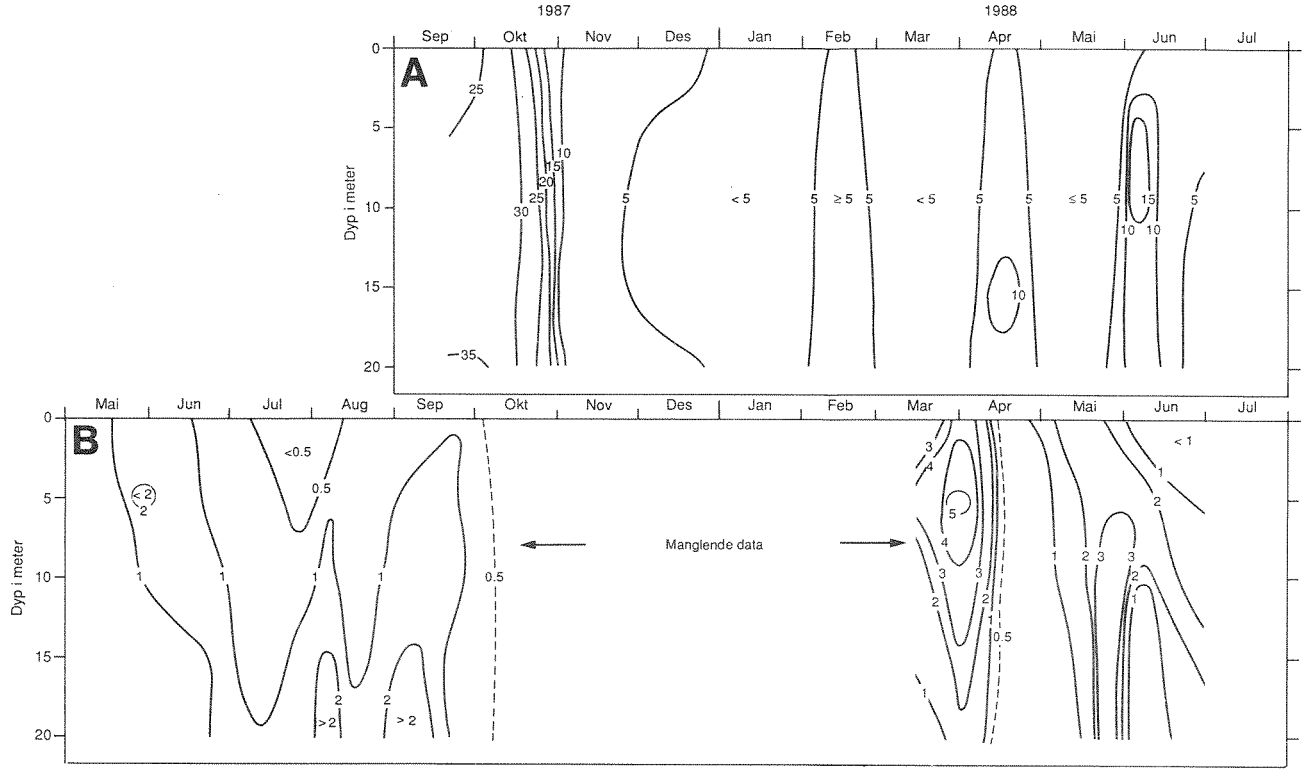


Fig. 5.9. St. S2. Ammonium (µgN/l) og klorofyll a (µg/l) i 0-20 m dyp.
A: Ammonium
B: Klorofyll a

5.4. Oksygenforhold i dypvannet.

Oksygenforholdene i dypvannet er gode.

Resultatene av målingene i dypvannet på st. S7 er sammenfattet i tabell 5.3.

Tabell 5.3. Oksygenmålinger (ml O/l) og oksygenmetning i dypvannet på st. S7.

Dyp	13.5.87		2.9.87		28.11.87		25.5.88	
150 m	6.2	*	6.0	89%	5.74	84%	5.8	85%
200 m	5.8	84%	6.0	*	6.10	89%	5.4	79%
250 m	5.1	76%	6.0	88%	6.12	90%	5.6	83%
300 m	4.5	66%	5.9	87%	5.98	88%	5.3	78%

*: metning ikke beregnet pga. manglende temperaturregistrering.

Man anser vanligvis oksygenforholdene som tilfredsstillende når konsentrasjonen er over 3.5 ml/l, og forholdene som dårlige konsentrasjoner i intervallet 2-3.5 ml/l. På denne bakgrunn må man konkludere at oksygenforholdene i Sunndalsfjordens dypvann var tilfredstillende i 1987-88.

Spørsmålet er videre om tilstanden i dette tidsrommet var representativt. Siden 1972 har Havforskningsinstituttet hver høst i november-desember utført fiskeribiologiske registreringer i fjord-området - inkludert måling av oksygenforhold i dypvannet. Ingen av disse målingene viste verdier under 5 ml/l, som er i samsvar med nivået i 1987. Vi kan derfor konkludere med at målingene i 1987-88 var representative for tilstanden i Sunndalsfjorden.

5.5. Oppsummerende vurdering.

Diskusjonen av vannkvalitet kan oppsummeres som følger:

* I overflatelaget preges vannkvaliteten i stor grad av ferskvannstilførselen, spesielt i fjordens indre del. Dette gjelder både overflatelagets utseende (siktedypet), og konsentrasjonen av næringssalter.

  Utenfor Sunndalsøra var imidlertid konsentrasjonen av fosfor gjennomgående noe høyere enn lenger ute i fjorden. Dette må man anta skyldes utslipp, i første rekke kommunalt avløpsvann.

  Algeveksten, målt som klorofyll a, i fjorden var ikke spesielt høy.

* Det intermediære vannlaget ble undersøkt ned til 20 m dyp, som for de fleste tilfeller vil være en nedre grense for algeveksten. Algeveksten i denne vannmassen var moderat.

* Undersøkelser av oksygenforholdene i fjordens dypeste parti, viste ikke tegn til problemer.

* Hovedkonklusjonen fra undersøkelsene av vannkvalitet blir derfor at fjordens vannmasser bare viser tegn til liten eller moderat påvirkning av de nåværende utslipp av næringssalter.

6. INNVIRKNING AV UTSLIPP PÅ KONSENTRASJONEN AV NÆRINGSSALTER I VANNMASSENE.

Punktutslippene til overflaten har liten betydning for vannkvaliteten. Utslipp til dypvannet fortynnes mye, men kan likevel lokalt påvirke vannkvaliteten.

Undersøkelsen av vannkvalitet i overflatelag og intermediært vannlag har altså vist liten påvirkning fra utslipp av fosfor og nitrogen. For å se om dette stemmer med størrelsen av utslippene, er det interessant å teoretisk beregne hvilke økninger i konsentrasjonene utslippene kan medføre.

De vannkjemiske undersøkelsene har vært konsentrert om de indre 5-6 km av fjordområdet, dvs. et areal på ca. 15 km^2.

I beregningene vil vi skjelne mellom overflatelaget, som vi for sommerhalvåret har anslått til å være typisk 2.5 m tykt, og vannmassen i intervallet 5-20 m.

Tilførslene av næringssalter går dels direkte til overflatelaget i form av avrenning (i alt vesentlig gjennom Driva) og punktutslipp, dels til intermediært vannlag i form av punktutslipp. Med punktutslipp menes utslipp av kommunal kloakk og industrielt avløpsvann. Sunndal kommune har sitt utslipp på 23 m dyp. Data fra Holtan og Lingsten (1989) viser at for det aktuelle fjordområdet fordeler tilførslene seg i hovedsak som følger:

	Punktutslipp tonn/år		Avrenning tonn/år	
	N	P	N	P
Til overflatelag	1.5	0.5	530	27
Til 5 - 25 m dyp	35	5.2		

For sommerhalvåret er midlere oppholdstid for overflatelaget i dette området anslått til 1-2 døgn. Anvender vi 2 døgn, areal 15 km^2 og vanndyp 2.5 m, gir dette en midlere utskiftning av ca. 18 mill. m^3/d.

Fra punktutslipp tilføres denne vannmassen i størrelsesorden 0.5 tonn fosfor og 1.5 tonn nitrogen pr.år. Forutsetter vi at dette også gjelder for sommerhalvåret, og tenker en jevn fordeling av dette i overflatelaget, vil midlere konsentrasjonsøkning bli:

Fosfor: 0.1 mikrogram/l
Nitrogen: 0.3 "

Dette viser at punktutslippene til fjordens overflatelag i dette området generelt betyr lite for konsentrasjonene av næringssalter. Det er avrenningen som bestemmer konsentrasjonene.

Omkring selve utslippspunktene vil selvsagt påvirkningen være større.

På tilsvarende måte kan effekten av punktutslipp til fjorden intermediære vannlag vurderes. Den vertikale utstrekningen av vannmassen som vi vurderer er 5-20 m. Gjennomsnittsareal anslår vi til 13 km^2, og volumet blir dermed 195 mill. m^3.

Midlere oppholdstid er vurdert i kap. 4, og i utgangspunkt velger vi 1 uke som typisk oppholdstid. Midlere vannutskiftning blir dermed ca. 28 mill. m^3/d.

Fra punktutslipp tilføres denne vannmassen daglig ca. 14 kg fosfor og ca. 100 kg nitrogen. Som middel for hele vannmassen vil dette gi en konsentrasjonsøkning på:

Fosfor: 0.5 mikrogram/l
Nitrogen: 4 "

Jevnfører vi med konsentrasjonene vist i fig. 5.11-5.14, ser vi at nitrogenbidraget er lite (2 - 5% som totalnitrogen), mens fosforbidraget er relativt større - spesielt i tidsrommet etter en algeoppblomstring da konsentrasjonene generelt er lave.

Den foranstående beregninger kan imidlertid være villedende fordi midlere forhold sjelden opptrer i et fjordområde der tidsvariasjonene er store. Videre er det klart at utslippene ikke fordeler seg jevnt verken i overflatelaget, eller (i særdeleshet) omkring punktutslipp til intermediært vannlag. Avløpsvannet er lettere enn sjøvann, men får raskt innblandet store mengder sjøvann. Det vil derfor stige til et nivå hvor det har samme egenvekt som det omkringliggende sjøvannet, og innlagres som en "sky" i det nivået. En skisse av et slikt dyputslipp er vist i fig. 6.1. Hvor høyt opp avløpsvannet vil stige før det innlagres, og fortynningen, vil variere mye med vannmengde og sjiktningen i sjøvannet mellom utslippsdyp og innlagringsdyp.

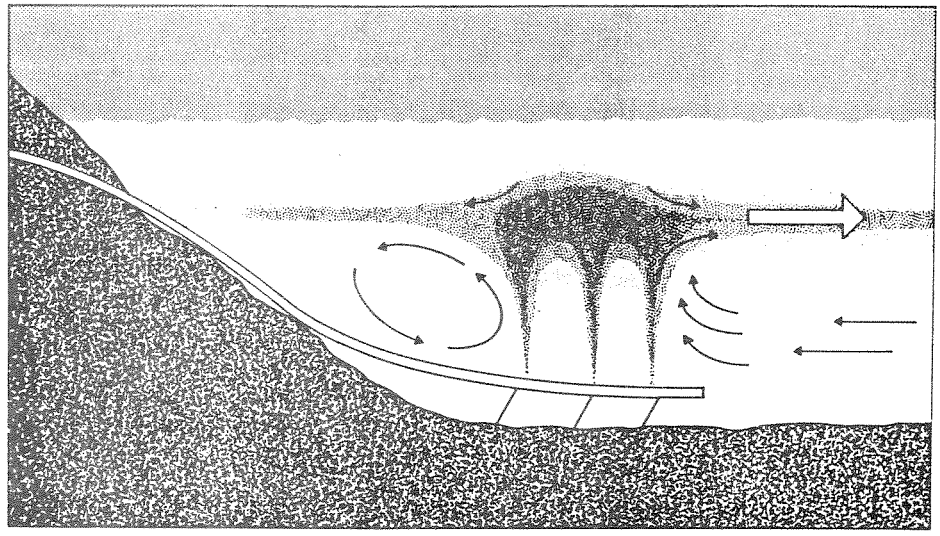


Fig. 6.1. Skjematisk bilde av et dyputslipp av avløpsvann i en lagdelt resipient. I dette tilfelle tre utslippshull.

Ved utslipp av kommunalt avløpsvann gjennom en ledning med ett hull på 23 m dyp, er det sannsynlig at avløpsvannet etter mange gangers fortynning med sjøvann (anslagsvis 40-80 ganger) oftest blir innlagret som 2-3 m tykk "sky" et sted mellom 10 m og overflaten. Innlagringsdyp og fortynning kan som nevnt variere mye pga. variasjoner i den vertikale tetthetsprofilen.

Dette betyr at man i avgrensede deler av overflatelaget og det intermediære vannlaget vil ha konsentrasjonsøkninger 5-10 ganger større enn det som foran er beregnet. Resultatet stemmer med at konsentrasjonene av fosfor i overflatelaget viser en viss påvirkning utenfor Sunndalsøra.

7. LITTERATUR.

Holtan, G. og Lingsten, L., 1989: Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 3. Kartlegging og kvantifisering av forurensningstilførsler. Overvåkingsrapport nr. 348/89. NIVA-rapport nr. 2368. Oslo

Knutzen, J., 1989: Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer 1987. Overvåkingsrapport nr. 347/89. NIVA-rapport nr. 2273. Oslo

Molvær, J. og Bakke, T., 1982: Rutineovervåking Borgundfjorden 1981. Overvåkingsrapport nr. 42/82. NIVA-rapport nr.1403. Oslo.

Molvær, J., Knutzen, J., Lingsten, L., Næs, K., Pedersen, A. og Rygg, B., 1987: Program for tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. NIVA-notat. O-80000360. Oslo.

NVE. 1987: Avrenningskart over Norge: Blad 2.

Næs, K. og Rygg, B., 1988: Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnsfauna 1986. Overvåkingsrapport nr. 306/88. NIVA-rapport nr. 2093. Oslo

Pedersen, A., 1989: Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 5. Gruntvannssamfunn - Algevegetasjon i 1987 og 1988. Overvåkingsrapport nr. 380/89. NIVA-rapport nr. 2372. Oslo

Paasche, E., Erga, S.R., Schartau, A.K.L. og Brubak, S., 1989: Begrensende næringssalter i fjorder. Prosjektrapport 8688. Norges Teknisk-naturvitenskapelige forskningsråd. Oslo.

Rygg. B, og Næs, K., 1989: Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 4. Gruveforurensning av fjordbunnen ved Rausand. Undersøkelser i 1988. Overvåkingsrapport nr. 349/89. NIVA-rapport nr. 2266. Oslo

SIFF, 1976: Kvalitetskrav til vann. Drikkevann - Vann for omsetning - Badevann. Revidert utgave nov. 1976.

VEDLEGG 1

ANALYSEMETODER OG DETEKSJONSGRENSER FOR HYDROKJEMISKE ANALYSER

Parameter	Analysemetode	Presisjon	Deteksjonsgrense
Temperatur (TEMP)	Vendetermometer avlest med lupe In situ måling med termistor (salinoterm)	±0,01°C ±0,1°C	-
Saltholdighet (SAL)	Konduktivitetsmålinger ved laboratoriesalinometer (Industrial Man.) In situ måling av konduktivitet (salinoterm)	±0,003°/oo ±0,1°/oo	-
Oksygen hydrogensulfid (O_2/H_2S)	Jodometrisk titrering Modifisert Winkler-metode	±2-4%	-
Ortofosfat (PO_4-P)	Autoanalysator Molybdenblått-metoden	±1µg/l	0,5 µg/l
Totalfosfor (Tot-P)	UV-oksydasjon. Bestemmelse som ortofosfat	±1 "	1,0 "
Nitrat+nitritt (NO_3-N)	Autoanalysator. Red. (Cd/Cu) til og best. som nitritt	±5 "	10 "
Ammonium (NH_4-N)	Autoanalysator. Indofenolblått-metoden	±5 "	5 "
Totalnitrogen (Tot-N)	UV-oksydasjon. Bestemmelse som nitrat/nitritt	±10 "	10 "
Klorofyll a (Klfa)	Spektrofotometrisk	±0,2 "	0,5 "
Susp. tørrstoff	Veiing	-	-