



Statlig program for forurensningsovervåking

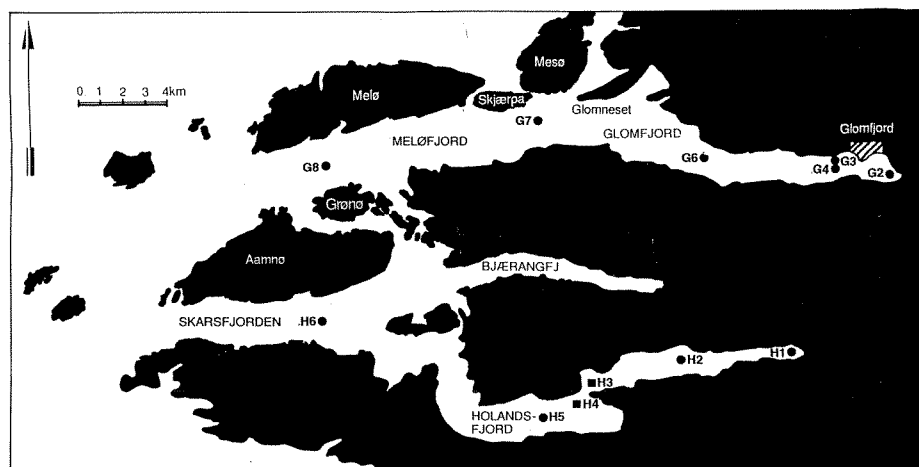
Rapport 573/94

Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn
Norsk Hydro Glomfjord fabrikk
Statkraft

Utførende institusjon NIVA

Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991-92

Sammendragsrapport



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-910300	Undernr.:
Løpenr.: 3082	Begr. distrib.:

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991 - 92. Sammendragsrapport.	Dato: 3/11-94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe: Marin økologi	
Forfatter(e): Jarle Molvær Børge Holte Torbjørn Johnsen Jon Knutzen	Kristoffer Næs Are Pedersen Anders Stigebrandt Mats Walday	Geografisk område: Nordland
	Antall sider: 35	Opplag:

Oppdragsgiver: Hydro Agri Glomfjord, Statkraft og Statens forurensningstilsyn (SFT). (Overvåkingsrapport nr. 573/94. TA-nr. 1103/1994).	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt:

I 1991 - 92 ble miljøforholdene i Glomfjord og Holandsfjord undersøkt for å dokumentere tilstanden før Svartisen kraftverk ble satt i drift og etter at utslippene av næringssalter til Glomfjord er blitt vesentlig redusert de siste 10 år. I Glomfjord var konsentrasjonene av næringssalter og algebiomasse betydelig lavere enn 10 år tidligere. På fjordens nordside er det fortsatt fravær av normale tangsamfunn og dominans av grønnalger i strandsonen. Dette kan være en "sen-effekt" av tidligere års næringssaltbelastning. Modellsimuleringer viste at mindre ferskvannstilførsel og eventuelt ytterligere reduksjoner i næringssaltutslippene i liten grad endrer tilstanden i fjorden. Hydro Glomfjords utslipp av næringssalter bør imidlertid plasseres dypere for å hindre påvirkning av overflatelag og av strandsonen. I Holandsfjord var det gjennomgående lave næringssaltkonsentrasjoner og lav algebiomasse. I indre del var sedimentasjonen av partikulært materiale meget stor, og dette preget organismesamfunnene både på hardbunn og på bløtbunn. Modellprognoser viser små endringer mht. algebiomasse i vannmassen og av siktedyp etter vassdragsreguleringen. Risikoen for isdannelse i fjordens ytre del øker.

4 emneord, norske

1. Glomfjord
2. Holandsfjord
3. Marin eutrofi
4. Vassdragsregulering
5. Marin modell

4 emneord, engelske

1. Glomfjord
2. Holandsfjord
3. Marine eutrophication
4. Hydropower regulation
5. Marine modelling

Prosjektleder



Jarle Molvær

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2558-7

Norsk institutt for vannforskning

Akvaplan-niva
Ancylus, Gøteborg

O-910300

**UNDERSØKELSER AV MILJØFORHOLD I GLOMFJORD
OG HOLANDSFJORD I 1991 - 92**

SAMMENDRAGSRAPPORT

Oslo,

3. november 1994

Prosjektleder:

Jarle Molvær

Medarbeidere:

Liv Berg, NIVA
Børge Holte, Akvaplan-niva
Torbjørn Johnsen, NIVA
Jon Knutzen, NIVA
Kristoffer Næs, NIVA
Are Pedersen, NIVA
Anders Stigebrandt, Ancylus
Mats Walday, NIVA

INNHold

Side

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING	6
1.1 Bakgrunn og formål	6
1.2 Topografisk og hydrografisk beskrivelse av Glomfjord	6
1.3 Tilførsler av næringssalter	10
2. ARBEIDSPROGRAMMET	12
3. HVORDAN VAR TILSTANDEN I DE TO FJORDOMRÅDENE I 1991 -92?	13
3.1 Næringssalter og algebiomasse i vannmassene	13
3.2 Organismesamfunnene i strandsonen	15
3.3 Oksygenforhold i dypvannet	19
3.4 Sedimentasjon i Holandsfjord	22
3.5 Bløtbunnsfauna i Holandsfjord	24
3.6 Har utslippsreduksjonene i næringssalter til Glomfjord hatt virkning?	25
4. HVORDAN VIL ENDRET TILFØRSEL AV FERSKVANN OG NÆRINGS- SALTER PÅVIRKE DE TO FJORDENE?	29
4.1 Virkninger av endret ferskvannstilførsel til Holandsfjord	29
4.2 Virkninger av endret tilførsel av ferskvann og næringssalter til Glomfjord	31
5. ANBEFALINGER	34
6. LITTERATUR	35

Forord

På oppdrag fra Hydro Agri Glomfjord i Glomfjord, Statkraft og Statens forurensningstilsyn (SFT), har NIVA, i samarbeid med Akvaplan-niva A/S, Tromsø og Nordland Distriktshøyskole, Bodø og Ancylus, Gøteborg, gjennomført undersøkelser av forurensningssituasjonen i Glomfjord og Holandsfjord. Glomfjord har tidligere blitt undersøkt (1981 - 82 og 1984 - 85), og resultatene derfra er rapportert av Molvær et al. (1984) og av Molvær (1986). Holandsfjord er tidligere ikke blitt undersøkt.

Feltarbeidet ble utført i 1991 - 92, og resultatene er rapportert i Johnsen et al. (1994a), Holte et al. (1994b), Stigebrandt og Molvær (1994a) og Stigebrandt og Molvær (1994b). Dertil er det laget to vedleggsrapporter som inneholder data. En oversikt over prosjektrapportene finnes i litteraturlisten og på omslagets side 4.

Denne rapporten gir et sammendrag av resultatene og vurderingene i de ovennevnte rapportene. Rapporten er et opptrykk av første utgave datert 7.6 1994, og det er gjort mindre korreksjoner av språklig og faglig art.

Kontaktpersoner hos oppdragsgiverne har vært Kristine Haukalid (Hydro Agri Glomfjord), Jens Petter Taasen (Statkraft) og Turid Winther-Larsen (SFT). De takkes for god støtte og samarbeid ved gjennomføringen av prosjektet.

Oslo, 3. november 1994.

Jarle Molvær

SAMMENDRAG

Bakgrunn for prosjektet

Den foreliggende rapport sammenfatter de viktigste resultatene fra en undersøkelse av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord, Nordland, i tidsrommet 1991 - 92. Undersøkelsen ble utført på oppdrag fra Statkraft, Hydro Agri Glomfjord og Statens forurensningstilsyn (SFT). Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo, har hatt det faglige og økonomiske ansvaret for gjennomføringen av undersøkelsene, som ble utført i samarbeid med Høgskolesenteret i Nordland, Bodø, Akvaplan-niva A/S, Tromsø og Ancylus, Gøteborg.

Undersøkelsene i de to fjordene hadde noe ulikt utgangspunkt. I Glomfjord ble det i 1981 - 82 påvist sterke og klassiske effekter av overgjødning i strandsonen og i fjordens overflatelag. Senere har Hydro Glomfjords utslipp av næringssalter blitt redusert med 70 - 75% (fosfor) og ca. 55% (nitrogen). På den annen side ville fjordens ferskvannstilførsel på årsbasis bli i redusert med opptil 80% når utslippet gjennom Glomfjord kraftstasjon i hovedsak overføres til Svartisen kraftverk ved Holandsfjord.

I **Holandsfjorden** var det tidligere ikke blitt gjennomført noen kartlegging av tilstanden. Ved byggingen av Svartisen kraftverk vil fjorden på årsbasis nær få tredoblet sin ferskvannstilførsel. Dertil kommer at den samles i fjordens indre del og endres over året. Hensikten med undersøkelsene i de to fjordene var å:

1. *Etablere status for hydrofysiske, vannkjemiske og biologiske forhold som kan tenkes å bli vesentlig påvirket av endret tilførsel av ferskvann og næringssalter (bare Glomfjord). Det velges metoder som gir mulighet for påvisning av eventuelle vesentlige endringer gjennom etterundersøkelser.*
2. *Utvikle en modell som beskriver sammenheng mellom næringssalttilførsel, ferskvannstilførsel og hydrofysiske, hydrokjemiske forhold og biologiske forhold. Modellen skal brukes til å prognostisere effekter av endret ferskvannstilførsel og gi økt forståelse av resultatene fra tilstandsbeskrivelsen.*

Prosjektet har således vært to-delt, med en beskrivelse av tilstanden og en miljømodell for hver fjord. Foruten denne Sammendragsrapporten er det utgitt fire delrapporter og to datarapporter (se litteraturlisten og rapportens bakside). I det etterfølgende gis de viktigste konklusjonene.

Glomfjord:

1. Som følge av reduserte utslipp fra Hydro Agri Glomfjord var planktonalgebiomassen og konsentrasjonene av næringssalter i de øvre 5 metrene av vannsøylen og betydelig lavere i 1991 - 92 enn i 1981 - 82. Påvirkningen var imidlertid fortsatt tydelig, men avtok med økende avstand fra bedriftens utslipp. De høyeste konsentrasjoner av planktoniske alger ble om sommeren vanligvis registrert i indre del av Glomfjord, hvor tilstanden gjennomsnittlig kan beskrives som mindre god (Tilstandsklasse II) i SFTs klassifiseringssystem for fjorder og kystfarvann.
2. Oksygenforholdene i fjordens dypvann var gode både i 1991 og 1992. Det er liten grunn til å tro at fjordens dypvann gjennomgår perioder med oksygenproblemer.
3. Reduksjonene i utslipp av næringssalter har ikke hatt synlige effekter på forholdene i strandsonen på fjordens nordside. Årsaken til dette er ikke helt avklart, men kan delvis

være en "sen-effekt" fra flere ti-års næringssaltbelastning og delvis et resultat av fortsatt relativt store utslipp.

Analyser av nitrogen og fosfor i blæretang og grisatang underbygget beskrivelsen av overgjødsling på grunt vann ved høye konsentrasjoner i fjordens indre del, og avtakende konsentrasjoner helt ut i Meløyfjorden muligens inntil 20 km fra Hydros utslipp..

4. Modellsimuleringer viser at redusert ferskvannsutslipp fra Glomfjord kraftstasjon vil ha forholdsvis liten effekt på utviklingen av planktonisk algebiomasse i indre Glomfjord og ingen betydning for oksygenforholdene i fjorden.

Beregningene samsvarer med observasjoner av redusert biomasse av planktonalger over tidsrommet 1981 - 92. Ytterligere utslippsreduksjoner kan redusere algebiomassen og forbedre siktedypet, men ikke i vesentlig grad.

5. Avløpsvannet fra Hydro Agri Glomfjord bør slippes ut på dypt vann, slik at det ikke når overflaten, men innlagres i f.eks. 10 -15 m dyp. Dette vil i vesentlig grad redusere virkningene av næringssaltene i de øverste 5 - 10 m, og spesielt i strandsonen på fjordens nordside.

Etter etablering av dyputslipp og evt. ytterligere utslippsreduksjoner, og når tilstanden med redusert ferskvannstilførsel har vedvart 3 - 4 år, kan tilstanden ajourføres. Man bør da prioritere undersøkelser av organismesamfunnene i strandsonen på fjordens nordside og biomasse av planktonalger i 0 - 20 m dyp.

Holandsfjord:

1. Målinger av næringssalter og algebiomasse viste gjennomgående lave konsentrasjoner. I SFTs klassifiseringssystem for marin eutrofi kommer fjorden i klasse 1 (God tilstand).
2. Oksygenforholdene i fjordens dypvann var gode, både i indre og ytre basseng.
3. I fjordens indre del var sedimentasjonen av partikulært materiale svært stor, 5 - 8 kg/m² pr. år. I fjordens ytre del var mengdene ca. 1/10 av dette. Materialet var i hovedsak uorganisk.
4. Høy sedimentasjon medførte at hardbunnsamfunnene var sterkt preget av nedslamming, men også av beiting fra kråkebolter. Mengdefordelingen mellom de tre algeklassene og innholdet av nitrogen og fosfor i tang samsvarer med lave/moderate tilførsler av næringssalter.
5. Bløtbunnsfaunaen innerst i fjordområdet var forholdsvis sterkt preget av ytre påvirkning, trolig som følge av nedslamming. Artsmangfoldet avtok, mens individantallet økte innover i fjordområdet. Resultatene tyder på økende miljøpåvirkning/stress innover fjordsystemet.
6. Modellprognoser viser at tykkelsen av brakkvannslaget vil øke betydelig etter at reguleringen er gjennomført, spesielt i fjordens indre del vinterstid. Risikoen for isdannelse og isskuring øker, spesielt i fjordens ytre del. Dette kan medføre redusert arts mangfold i strandsonen. Endringene mht. planktonbiomasse og siktedyp forventes å bli små. Oksygenforholdene i dypvannet vil ikke bli merkbart berørt.
7. Tilstanden i fjorden bør undersøkes når Svartisen kraftverk har vært i drift i 3 - 4 år.

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn og formål

Bakgrunnen for undersøkelsene i **Glomfjord** var Hydro Agri Glomfjords behov for ajourførte opplysninger om tilstanden i fjorden etter at betydelige utslippsreduksjoner var gjennomført etter den første undersøkelsen i 1981 - 82 (jfr. Molvær *et al.*, 1984, Molvær, 1986).

Videre ønsket bedriften å få vurdert hvilke konsekvenser det får for tilstanden i fjorden hvis ferskvannsutslippet gjennom kraftstasjonen overføres til Svartisen kraftverk innerst i Holandsfjord. På årsbasis reduserer dette fjordens ferskvannstilførsel med ca. 80%.

Ved Stor-Glomfjordutbyggingen vil **Holandsfjord** på årsbasis nær tredoble sin ferskvannstilførsel. I fjordens indre del blir endringen størst. Nåværende tilstand i fjordsystemet er lite kjent. Reguleringen kan medføre endringer ved visse sider av de hydrofysiske og hydrokjemiske forholdene i fjordsystemet, bl.a.:

- * tykkere brakkvannslag med lavere saltholdighet og kortere oppholdstid.
- * endret tilførsel av breslam og sedimentasjon.

På forhånd var det ikke mulig å anslå graden av påvirkning og dermed mulighetene for effekter på primærproduksjonen eller høyere deler av næringskjeden. Endret tilførsel av breslam kan endre sedimentasjonen av partikulært materiale i fjorden og dermed forandre livsvilkårene for bunnfaunaen.

Formålet med undersøkelsene kan dermed oppsummeres i to punkter:

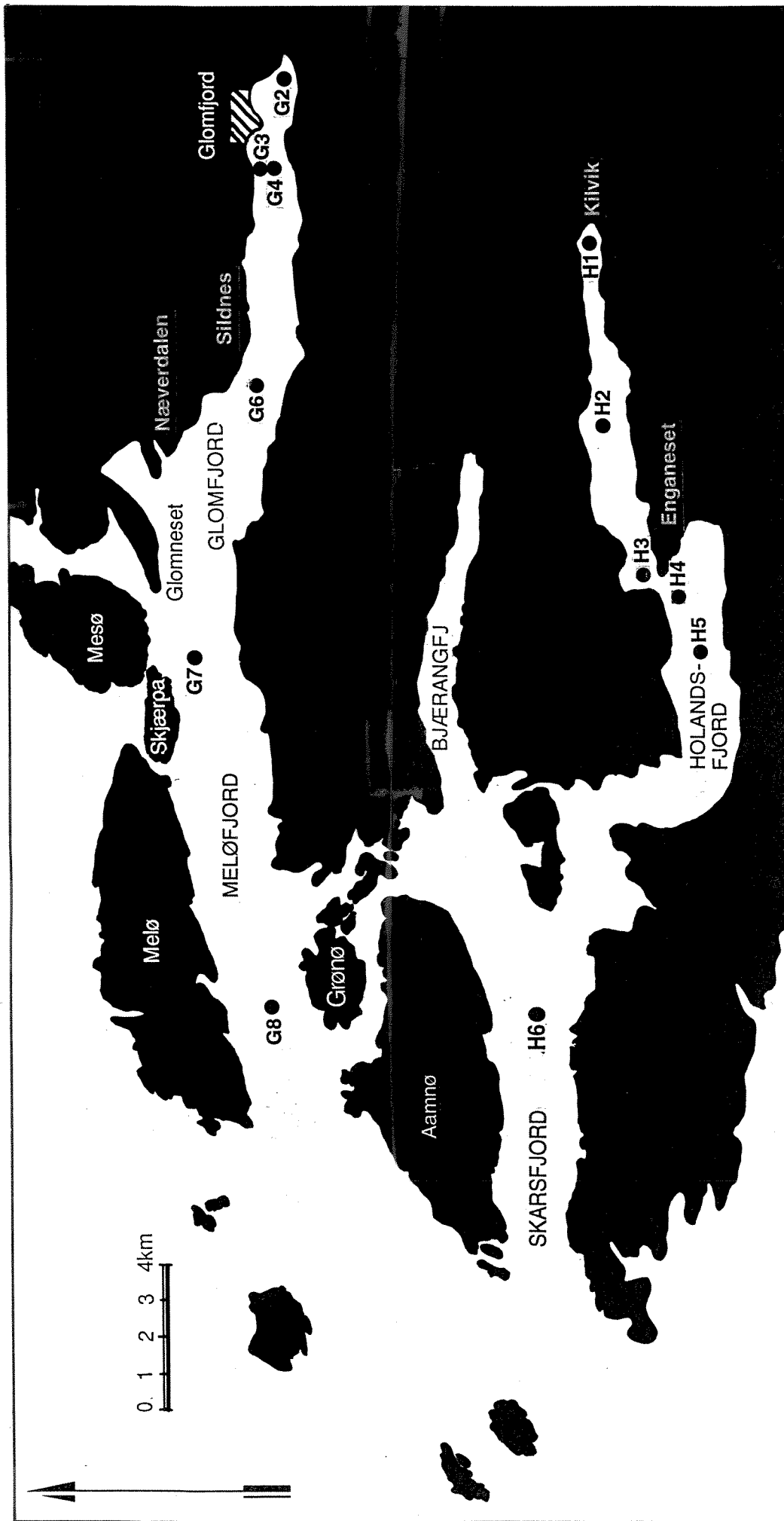
1. *Etablere status for hydrofysiske, vannkjemiske og biologiske forhold som kan tenkes å bli vesentlig påvirket av endret tilførsel av ferskvann og næringsalter (bare Glomfjord). Det velges metoder som gir mulighet for påvisning av eventuelle vesentlige endringer gjennom etterundersøkelser.*
2. *Utvikle en modell som beskriver sammenheng mellom næringssalttilførsel, ferskvannstilførsel og hydrofysiske, hydrokjemiske forhold og biologiske forhold. Modellen skal brukes til å prognostisere effekter av endret ferskvannstilførsel og gi økt forståelse av resultatene fra tilstandsbeskrivelsen.*

Hva modellutviklingen angår, er det en tilpasset versjon av "Glomfjordmodellen" som anvendes på Holandsfjord.

1.2. Topografisk og hydrografisk beskrivelse av Glomfjord og Holandsfjord

Topografi

Figur 1.1 gir en oversikt over de to fjordområdene. Innsnevringen ved Enganeset inndeler Holandsfjord i to basseng, hvorav det innerste er dypest. Tabell 1.1 viser de viktigste topografiske data for fjordene, inkludert delområdene som ble anvendt i modellene.



Figur 1.1. Fjordområder med hydrokjemistasjoner.

Tabell 1.1. Topografiske data for fjordområdene. Nummer på modellområdene i Glomfjord er vist i parentes. For modellutviklingen ble Holandsfjord delt i indre og ytre del ved Enganeset.

Område	Lengde	Bredde	Overflateareal
Indre Glomfjord (I)	5.5 km	0.8-1.7 km	6.5 km ²
Midtre Glomfjord (II)	7 km	1.7-2.5 km	13.3 km ²
Ytre Glomfjord (III)	10 km	2-3 km	26.2 km ²
Meløyfjord	15.5 km	2.5-3.5 km	60 km ²
Indre Holandsfjord	10 km	0.5-1 km	8.9 km ²
Ytre Holandsfjord	12 km	1-2 km	23.2 km ²

Figur 1.2 viser de to fjordenes bunnprofil målt langs dypålen. I Glomfjord er vannmassen mellom ca. 100 m og 370 m uten forbindelse med kystvannet. Tilsvarende har Holandsfjord en terskel på ca. 45 m i ytre del og største dyp på ca. 250 m i indre del. Ved Enganeset er bunn dypet ca. 100 m og deler fjorden i to basseng.

Ferskvannstilførsel

Mens undersøkelsen foregikk var ferskvannstilrenningen til Glomfjord helt dominert av vannutslippet (ca. 24 - 28 m³/s) fra kraftstasjonen innerst i fjorden. Statkraft har beregnet gjennomsnittlig avrenning fra det uregulerte nedbørsfeltet til ca. 2.3 m³/s. Dette betyr at fjordområdets ferskvannstilførsel utenom perioder med sterk nedbør eller snøsmelting var ca. 30 m³/s - i alt vesentlig til indre Glomfjord

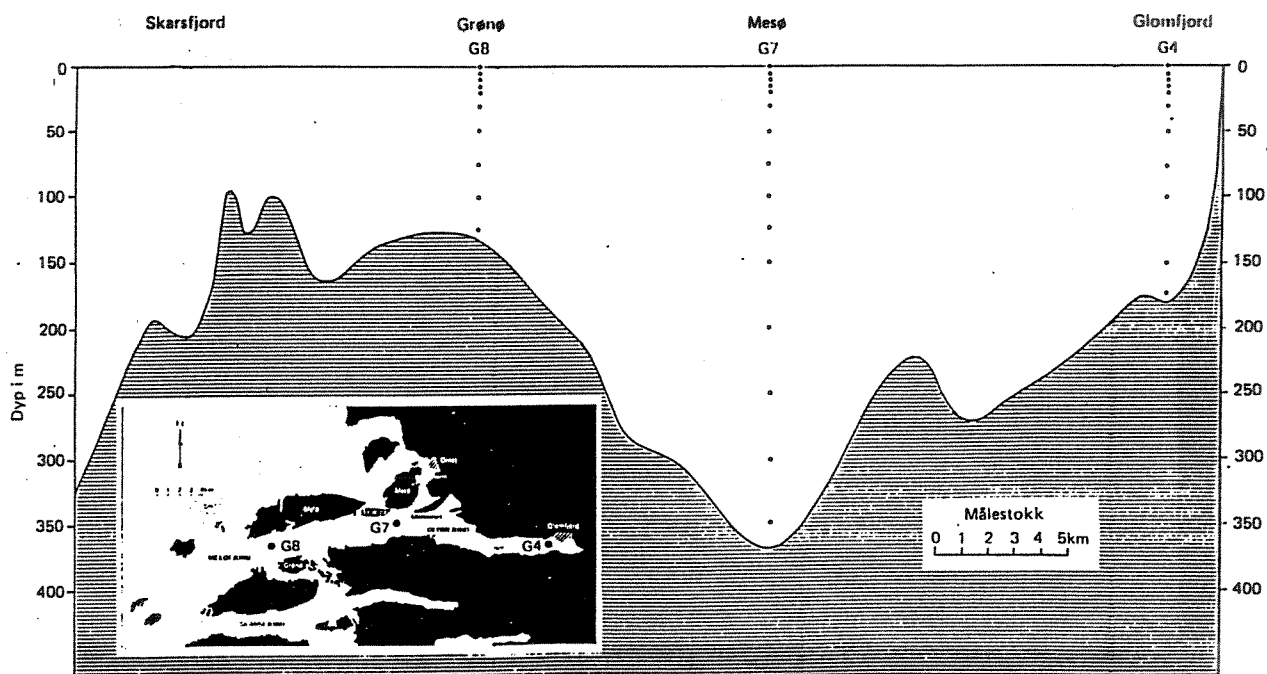
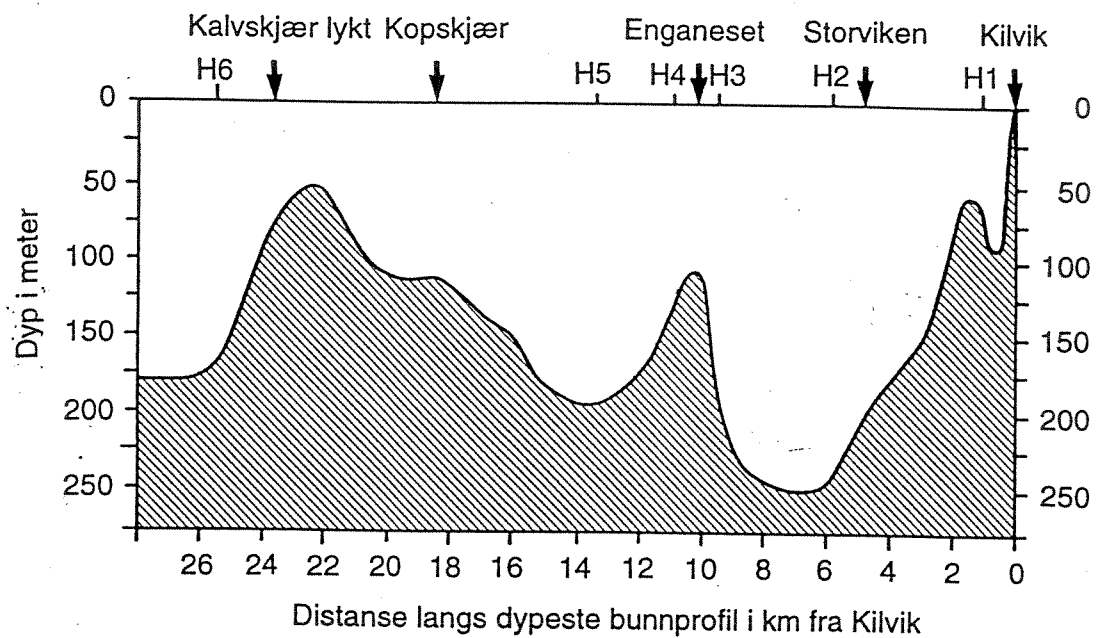
Ferskvannstilrenningen til Holandsfjord før reguleringen er beregnet av Statkraft (J.P. Magnell, 1993), og figur 1.3 viser ukemidler for indre del i 1991 - 92. Variasjonene med tiden er store. For fjorden samlet varierte ukemidlene mellom ca. 2 m³/s og 70 m³/s, med en liten overvekt til ytre del.

Vannmasser

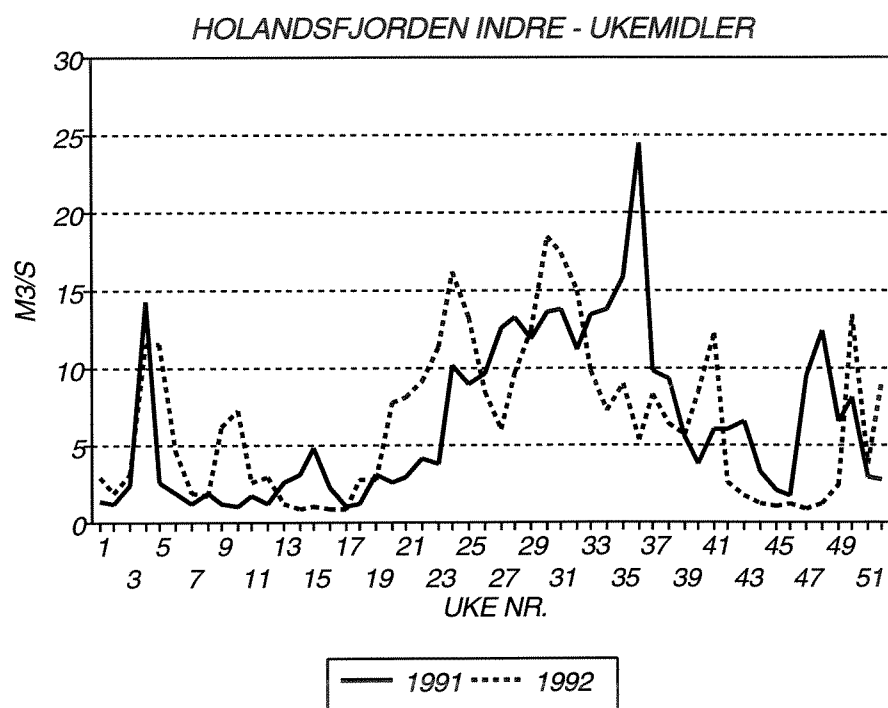
Fjordenes vannmasser over terskeldyp er godt beskrevet gjennom de målinger av temperatur og saltholdighet som Statkraft har gjennomført i varierende omfang i tidsrommet 1977 - 91 (upubliserte data), av den undersøkelsen som her rapporteres og fra NIVAs undersøkelser av Glomfjord i 1981 - 82. I begge fjorder kan vannmassene i prinsippet inndeles i tre vannlag:

- * overflatelaget.
- * mellomliggende lag: mellom brakkvannslagets nedre del og terskeldyp.
- * bassengvann: fra terskeldyp til bassengenes største dyp.

Utslipp av ferskvann og næringssalter går til overflatelaget, og undersøkelsene har derfor i stor grad konsentrert seg om vannmassene i ca. 0 - 20 m dyp.



Figur 1.2. Bunnprofil for Holandsfjord og Glomfjord.



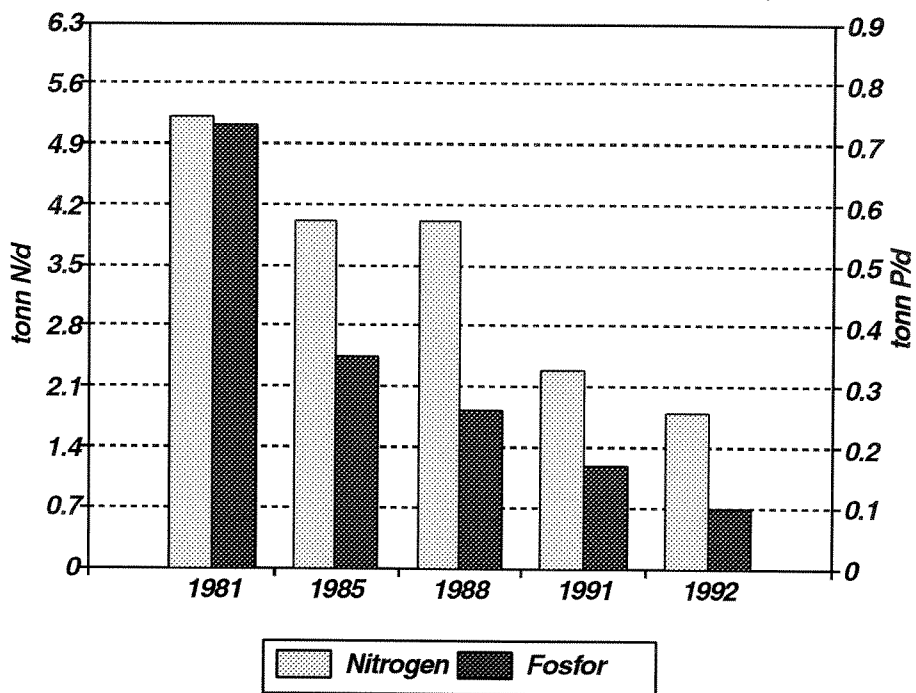
Figur 1.3. Ferskvannstilførsel til Holandsfjord innenfor Enganeset i 1991 - 92.

1.3. Tilførsler av næringsalter

Norsk Hydro Glomfjord Fabrikker står for 96 - 98% av næringssalttilførslene til Glomfjord. Figur 1.4 viser årsmidler av bedriftens utslipp for 1981 - 1992, og illustrerer to vesentlige forhold. For det første var næringssalttilførselen til Glomfjord i 1991 - 92 vesentlig mindre enn under forrige undersøkelse 10 år tidligere. Spesielt gjelder det fosfortilførselen. For det andre var gjennomsnittlig mengdeforhold mellom nitrogen og fosfor (målt som total nitrogen/total fosfor på vektbasis) endret fra ca. 7:1 i 1981 til ca. 14:1 i 1991. Regnet ut fra marine algers gjennomsnittlige behov (ca. 7:1) ble fjorden i 1991 tilført et overskudd av nitrogen i forhold til fosfor.

Utslippsdypene varierer mellom 0 m og 15 m, men fordi avløpsvannet (ferskvann) er lettere enn sjøvann, stiger det til overflaten. I praksis kan derfor alt regnes som utslipp til fjordens overflatelag. Mer vesentlig er imidlertid at størrelsen av utslippene kan variere mye over tid. Døgnutslippene av fosfor og nitrogen i 1991 kunne variere med henholdsvis en faktor på ca. 100 og ca. 6.

Tilførslene av fosfor og nitrogen til Holandsfjord i 1991 - 92 er ikke kjent. Forutsetter vi at ferskvannet som renner til fjorden har samme konsentrasjon av nitrogen og fosfor som vannet gjennom Glomfjord kraftstasjon og gjennomsnittlig avrenning på 17 m³/s, gir dette en årlig tilførsel av 60 - 70 tonn nitrogen og 2 - 3 tonn fosfor til fjordens overflatelag. Tilskuddet fra en liten lokalbefolkning og avrenning fra jordbruksarealer vil være en brøkdel av dette.



Figur 1.4. Midlere utslipp av nitrogen (N) og fosfor (P) fra Norsk Hydro Glomfjord Fabrikker i 1981, 1985, 1988, 1991 og 1992.

2. ARBEIDSPROGRAMMET

Den etterfølgende tabellen gir en summarisk oversikt over elementene som inngikk i undersøkelsene av Glomfjord og Holandsfjord. Vi nevner at **intensivundersøkelsen** sommeren 1991 ble utført for å samle inn data for utarbeidelse av matematiske modeller for de to fjordene. Sommeren 1992 ble det gjennomført en utvidet undersøkelse av næringssalter og algebiomasse i Glomfjord under en driftsstans ved Hydro Agri Glomfjord.

Nærmere detaljer om gjennomføring av arbeidsoppgavene er gitt i de enkelte delrapportene.

Tabell 2.1. Arbeidsoppgaver og tidsplan for undersøkelsene i Glomfjord og Holandsfjord.

År Kvartal	1991				1992			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Intensivundersøkelse i begge fjorder		x	x					
Undersøkelse under driftsstans ved Hydro Glomfjord							x	
Næringssalter og algevekst i vannmassen		x	x	x	x	x	x	
Oksygen i dypvannet		x	x	x	x	x	x	
Undersøkelser av gruntvannssamfunn				x			x	
Sesongundersøkelse av nitrogen og fosfor i tang				x	x	x	x	
Undersøkelser av sedimentasjon ¹⁾		x	x	x	x	x	x	x
Undersøkelser av bløtbunnsfauna ¹⁾		x				x		

¹⁾ Bare Holandsfjord.

3. HVORDAN VAR TILSTANDEN I DE TO FJORDOMRÅDENE I 1991 - 1992?

3.1. Næringsalter og algebiomasse i vannmassene

I det etterfølgende blir det kort redegjort for hovedtrekkene ved tilstanden i de to fjordområdene i 1991 - 92. For utdypende forklaringer og detaljer henviser vi til de fire delrapportene.

Holandsfjord

Målinger av næringssalter og algebiomasse viste gjennomgående lave konsentrasjoner i Holandsfjord før vassdragsreguleringen. I SFTs klassifiseringssystem for eutrofi kommer fjorden i klasse 1 (God).

Sommeren 1991 tydet målingene på et visst overskudd av nitrogen i forhold til fosfor i ca. 0 - 20 m dyp, sett i forhold til planteplanktons gjennomsnittlige behov. Hovedårsaken til dette var sannsynligvis innblanding av fosforfattig ferskvann. Konklusjonen støttes av N/P-forholdet i tang.

Glomfjord

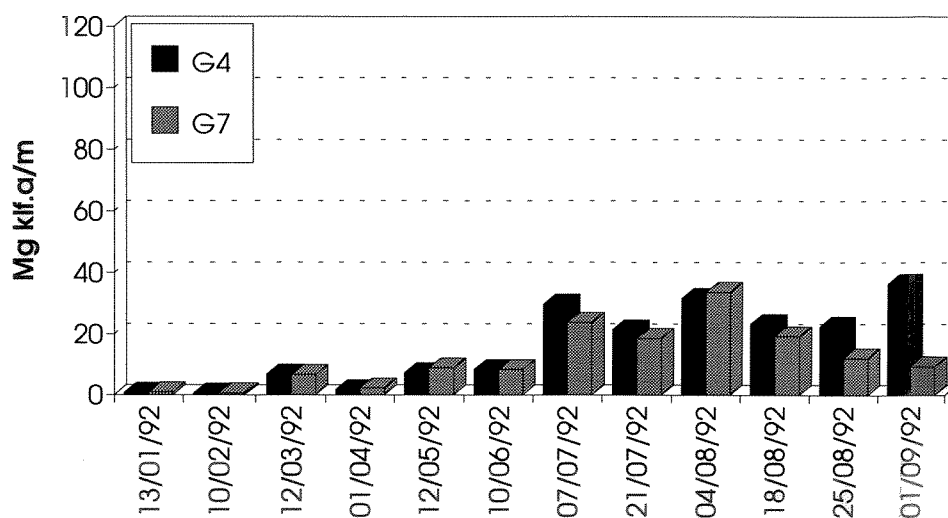
Utslippene fra Hydro Agri Glomfjord medfører økte konsentrasjoner av næringssalter i de øvre 5 metrene av vannsøylen, i første rekke vest for Hydro Agri Glomfjord. Påvirkningen avtok med økende avstand fra bedriftens utslipp. Som følge av utslippene var algebiomassen gjennomgående større i det indre fjordområdet enn i ytre del (figur 3.1).

Selv om næringstilførselen til Glomfjord medfører økt planteplanktonbiomasse, viser både målinger av algenes produksjonspotensiale, biotester og analyser av elementsammensetningen (C:N:P-forholdet) i partikulært materiale i 1992 at næringsinnholdet i fjordvannet langt fra gir optimale vekstbetingelser for de planktoniske algene. Dette bekreftes av de mikroskopiske analysene fra sommeren 1992 som viste kiselalger (diatomeer) i meget dårlig forfatning slik som vanligvis observeres når veksten er begrenset av mangel på næringssalter, vitaminer eller spormetaller.

En 5 ukers driftsstans hos Hydro Agri Glomfjord 20. juli - 23. august 1992 førte til at nærings-saltkonsentrasjonene i fjordens øvre vannlag sank betydelig. Særlig gjaldt dette nitrogen (figur 3.2). Som en følge av næringsbegrensning sank også algebiomassen i Glomfjord.

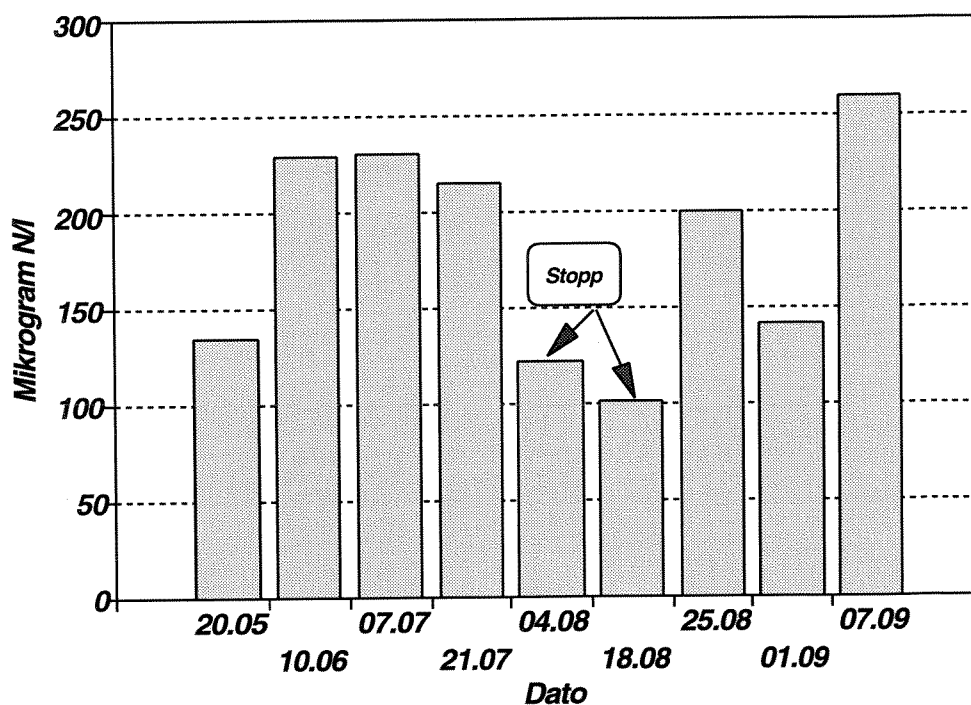
Mikroskopi-analyser viste alger i tildels meget dårlig forfatning, noe som kan skyldes at algene vokste under næringsbegrensning. Artsdiversiteten var imidlertid relativt høy.

Integrert klorofyll a, 0-20 m, 1992



Figur 3.1. Integrert mengde klorofyll a på stasjon G4 og G7 i 1992.

Stasjon G4, sommeren 1992 Overflaten



Figur 3.2. Total nitrogen målt i overflaten på stasjon G4 i mai - september 1992.

3.2. Organismesamfunnene i strandsonen

Glomfjord

I alt ble 8 hardbunnsstasjoner undersøkt i Glomfjord i slutten av august og begynnelsen av september i 1991 og 1992 (fig. 3.3). Det er i hovedsak samfunnsanalyser av hardbunnsområdene som ligger til grunn for den biologiske vurderingen av fjorden. Det er lagt størst vekt på resultatene fra fjæreområdet. Metodikk og undersøkelsesområde er nærmere beskrevet i Johnsen *et al.* (1994). En sammenligning med resultatene fra 1981 - 82 års undersøkelser er gjort i kapittel 3.2.



Figur 3.3 Kart over Glomfjord og Holandsfjord med hardbunnsstasjonene avmerket.

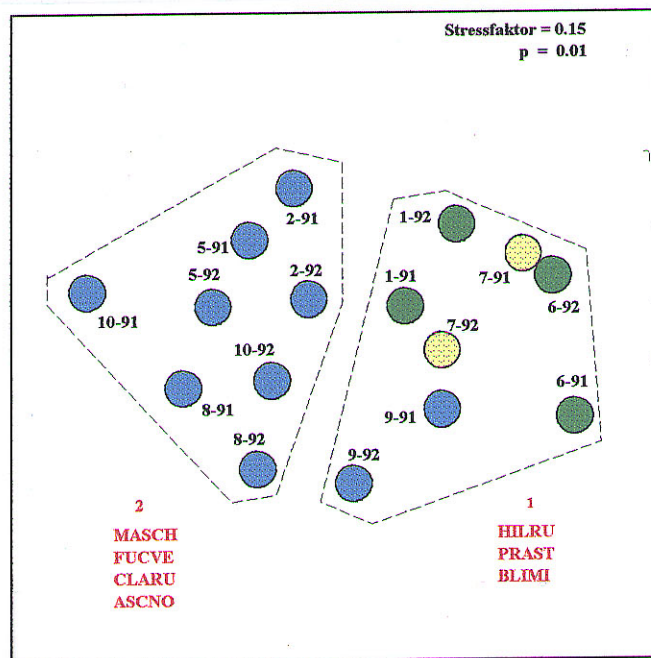
Hardbunnssamfunnene i Glomfjord var også i 1991 - 92 tydelig overbelastet av gjødselstoffer. Symptomene var imidlertid begrenset til overflatelaget og kunne tydeligst registreres i en gradient fra utslippsområdet og vestover.

I dybdeintervallet fra ca. 2 m og nedover til ca. 13 m var vegetasjonen i 1991 - 92 utsatt for betydelig nedbeiting fra kråkeboller. Dette ga sitt mest synlige utslag i det lokalt nesten totale fravær av oppreiste alger.

Stasjonene på nordsiden av fjorden var mer belastet enn på sørsiden. Fjærevegetasjonen på stasjonene 1, 6 og 7 utover forbi Sildnes (figur 1.1), var betydelig preget av overgjødning. I hele dette området var tangbeltet borte eller svært redusert, sannsynligvis utkonkurrert av rasktvoksende grønnalger og blågrønnalger.

Stasjonen innenfor fabrikken (st. 2) var meget artsrik, men øverst i fjæra bar den tydelig preg av overgjødning i form av et markert grønnalgebelt. Dette kan skyldes lufttransporterte næringsstoffer i tillegg til fjordutslippene fra fabrikken. Større grad av ferskvannspåvirkning på denne stasjonen kan også forsterke symptomene.

Analyser av algesamfunnen i overflatelaget 0 - 2 m, delte fjorden inn i to grupperinger, den ene bestående av de mest belastede stasjoner 1, 6 og 7, samt stasjon 9 (grunnet beiting) og den andre bestående av de andre tilnærmet "normale" stasjoner (2, 5, 8 og 10) (figur 3.4). Forskjellen mellom gruppene var signifikant.



Figur 3.4. Grafisk fremstilling av artsammensetningen av vanlig forekommende alger på alle stasjoner i Glomfjord fra 0 - 2m dyp. Grønne stasjoner er ansett som påvirket av utslipp til fjorden. Gul farge angir stasjon hvor det har skjedd en endring i tilstand fra 1981 - 82 til 1991 - 92. Blå farge angir stasjoner som anses som lite påvirket.

Undersøkelsene av dyresamfunn ga ikke den samme tydelige oppdeling av stasjonene i påvirkede og ikke påvirkede grupper som algeundersøkelsene gjorde.

Det mest markante trekket var den store forekomsten av kråkeboller i den øvre sublittoral (ned til

ca. 12 m dyp). Dette antas ikke å ha noen sammenheng med overgjødning.

Forekomsten av algeassosierte dyr i fjæra økte i en gradient utover i fjorden. Dette antas å være en indirekte følge av overgjødslingens negative effekter på samfunnsbærende tangarter.

De store forekomstene av rur og blåskjell på de indre stasjonene **kan** skyldes overgjødning.

Ut fra de foreliggende observasjoner av hardbunnssamfunn og næringssaltinnhold i tang, synes dermed hele Glomfjord og store deler av Meløyfjord å være påvirket av næringssalter ut til st. 8 og muligens lenger.

Holandsfjord

Det er i hovedsak samfunnsanalyser av hardbunnsområdene som ligger til grunn for den biologiske vurderingen av fjorden. I alt ble 7 stasjoner undersøkt i Holandsfjord (figur 3.3)..

De mest karakteristiske trekkene ved hardbunnssamfunnene i Holandsfjord var den kraftige nedbeitingen fra kråkeboller og den høye tilførselen av uorganisk materiale som medførte en kraftig nedslamming av bunnen. Nedslammingen er sannsynligvis et resultat av både naturlige og menneskeskapte forhold:

1. Holandsfjord er er resipient for brevnann fra Svartisen, og i dette transporteres betraktlige mengder med breslam. Dette slamm medvirker med største sannsynlighet til den observerte nedslamming.
2. Samtidig med at undersøkelsene i Holandsfjord ble foretatt, var det et omfattende anleggsarbeid i området. Dette har sannsynligvis medført en økt partikkeltransport til fjorden.

Høy partikkeltilførsel er en belastning for mange organismer, og man vet med sikkerhet at filtrerende dyr, - og da i særlig grad muslinger, svamp, sekkedyr og noen krepsdyrarter, tar skade av en økt partikkelbelastning (Moore, 1977).

Den prosentvise fordeling mellom rød-, brun- og grønnalger kan benyttes til å vurdere et områdes eutrofitilstand. Jaasund (1965) har i sin beskrivelse av algefloraen i Nord-Norge et forholdstall for marine ikke-eutrofe områder på 34:51:16 for henholdsvis rød-, brun- og grønnalger. Disse forholdstall er lik de som ble funnet i Holandsfjord (tabell 3.1). For de indre stasjonene er andelen rødalger gjennomsnittlig noe mindre og andelen grønnalger høyere. Denne forskjellen er med stor sannsynlighet forårsaket av den økte ferskvannspåvirkningen i fjordens indre del. Samfunnene i fjorden er ikke preget av næringssalt-belastning.

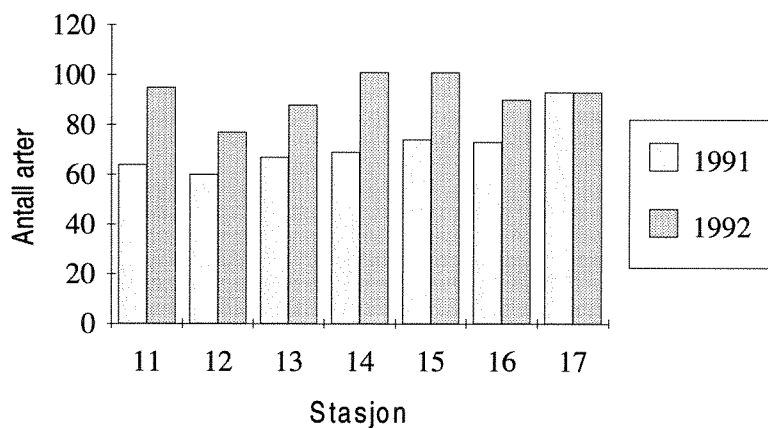
Antall registrerte arter ved transektanalysene viste en økende tendens fra 1991 til -92 for alle stasjoner unntatt st.17 som er den ytterste i fjorden (figur 3.5). Det var algene som bidrog med den største økningen. Også forekomstene av alger og dyr var høyere i -92 enn i -91, og forskjellene var klarere for de indre stasjonene ($p < 0,002$) enn for den ytre stasjon 17 ($p = 0,02$).

Hovedårsaken til denne forskjell mellom 1991 og -92 er sannsynligvis de dårlige siktforholdene i -91 som gjorde registreringen vanskelig.

Tabell 3.1. Prosentvis fordeling mellom algeklassene rød-, brun- og grønnalger i Holandsfjord, basert på transektanalyser i 1991 og 1992.

Stasjon	% Rødalger		% Brunalger		% Grønnalger	
	-91	-92	-91	-92	-91	-92
11	35	27	39	52	26	21
12	22	29	50	53	28	18
13	36	28	36	56	27	17
14	24	29	43	47	33	24
15	25	33	54	49	21	18
16	30	27	56	52	15	21
17	38	34	47	50	15	16
Gj.sn 11-16	28	29	46	52	25	20
Jaasund (1965)	34		51		16	

Antall registrerte algearter økte utover fjorden i begge årene, mens stasjonene var mer like med hensyn til antall dyrearter.



Figur 3.5. Totalt antall arter av alger og dyr som ble registrert ved transektanalysene i Holandsfjord 1991 og 1992.

Statistiske tester viste at det var en signifikant forskjell i stasjonenes hardbunnssamfunn mellom 1991 og 1992.

Den store forskjellen mellom årene er sannsynligvis ikke reell, men skyldes, - i hvert fall til dels, de dårlige registreringsforholdene som var i fjorden i 1991. For å være sikker på at dette var årsaken, burde det ha vært foretatt et tredje års undersøkelser, hvilket dessverre var umulig, siden omleggingen av ferskvannstilførselen til fjorden allerede var igang i 1993. En må derfor, av ovennevnte grunner, anta at undersøkelsene fra 1992 har gitt det mest korrekte bilde av de faktiske biologiske forhold i fjorden.

Midlere innhold av nitrogen og fosfor var lavere i Holandsfjord-tangen enn i algene fra Glomfjord. Også sammenlignet med andre data fra lite belastede deler av kysten (upubl.) er verdiene fra Holandsfjord relativt lave, spesielt for fosfors vedkommende. Det moderate innholdet av plantenæringsstoffer samsvarer med inntrykket fra registreringer av algevegetasjonen i fjærebeltet.

3.3. Oksygenforhold i dypvannet

Holandsfjord

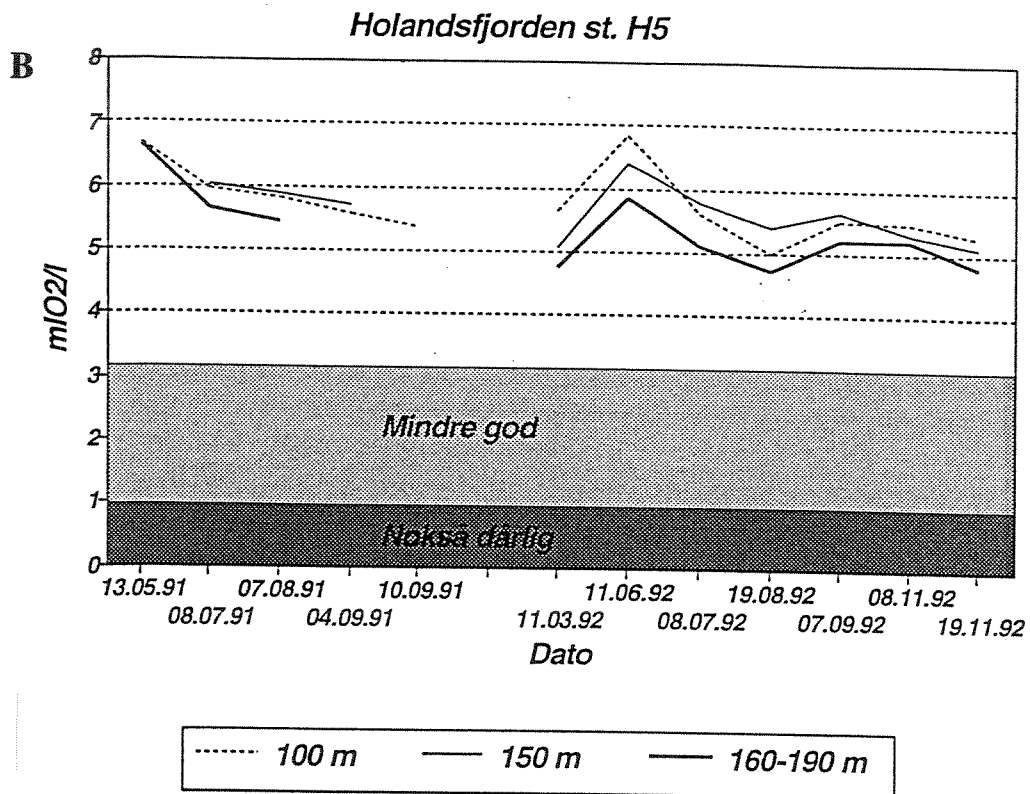
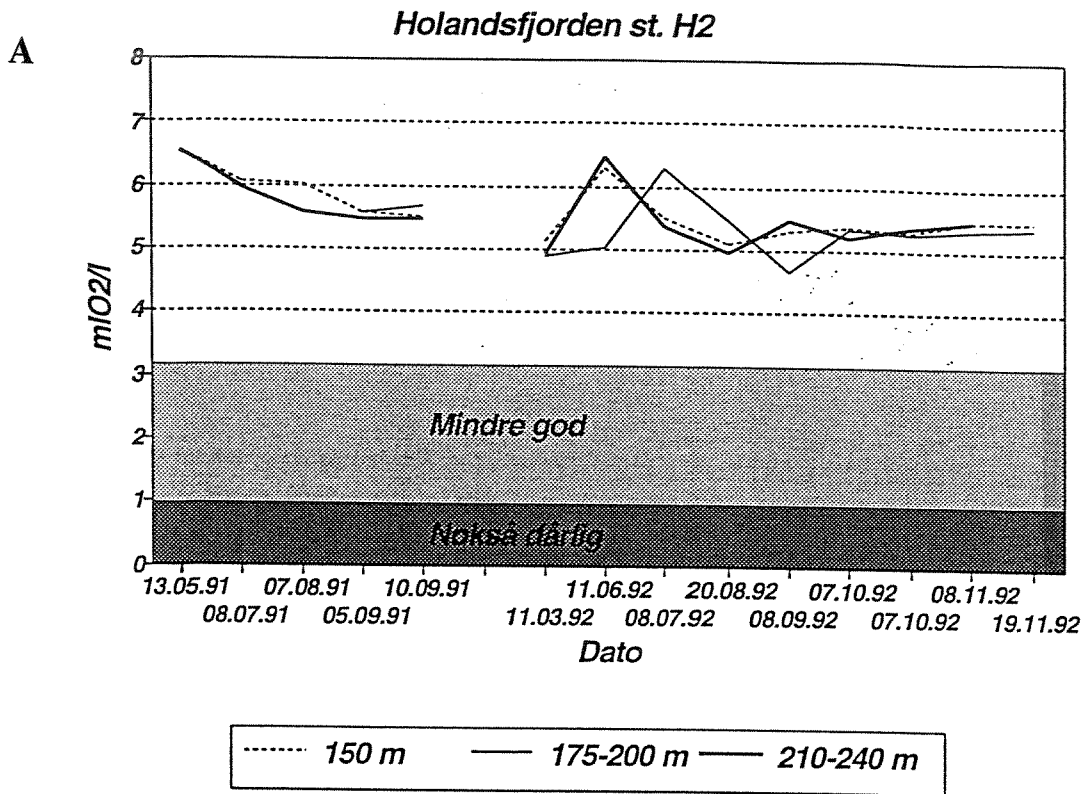
Figur 3.6 viser resultatene av oksygenmålingene i dypvannet i bassengene innenfor og utenfor Enganeset (jfr. figur 1.2). Innenfor Enganeset ble på det laveste (11.mars 1992) ble det målt 4.9 mlO₂/l (69% metning) i 240 m dyp. I det ytre bassenget var laveste konsentrasjon 4.46 mlO₂/l (68% metning) ved samme tidspunkt. Det er lite sannsynlig at oksygenkonsentrasjonen i noen av bassengene har vært vesentlig lavere enn dette.

Glomfjord

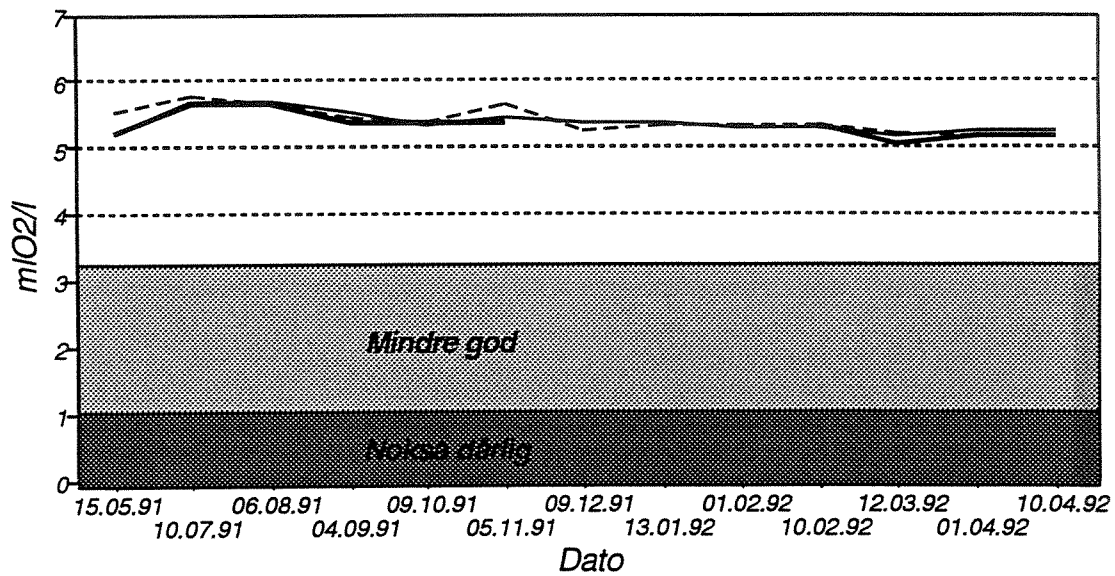
Ved undersøkelsen i 1981-82 fant man sommeren 1981 et brått og stort fall i oksygenkonsentrasjonen i dypvannet på st. G7 og ytterst i fjordsystemet. I diskusjonen av resultatene ble det reist tvil om representativiteten av disse målingene (Molvær *et al.* 1984a,b). Senere målinger sommeren 1984 og 1985 viste gode oksygenforhold (Molvær, 1984, 1986).

Figur 3.7 viser resultat av målingene i 200 - 370 m dyp på st. G7 i ytre del av Glomfjord - fjordens dypeste parti (jfr. figur 1.2). Det er to hovedtrekk: I hele tidsrommet var det gode oksygenforhold, uten tegn til oksygensvikt i noe dyp. Laveste konsentrasjon var 5 mlO₂/l (73% metning) i 370 m dyp i mars 1992. Videre var forholdene nokså ensartet i alle dyp, dvs. ikke spesielt stort oksygenforbruk nær bunnen.

Konsentrasjonene ligger i alt vesentlig i intervallet 5 - 6 mlO₂/l, dvs. på samme nivå som i 1984 - 85. Enkle modellberegninger peker også på at typisk minimumskonsentrasjon skal være omkring 5 mlO₂/l (Stigebrandt og Molvær, 1994b).



Figur 3.6. Oksygen i utvalgte dyp i Holandsfjords dypvann. Ikke tegn til oksygensvikt. Klassifisering av tilstand etter Rygg og Thélin (1993). A: Indre del. B: Ytre del.



--- 200 m — 300 m — 350 m

Figur 3.7. Oksygen i utvalgte dyp i Glomfjords dypvann i 1991 - 92. Ikke tegn til oksygenvikt. Klassifisering av tilstand etter Rygg og Thélin (1993).

Sammenligning med resultater fra 1981-82 er vanskelig fordi dette datamaterialet egenlig beskriver tre situasjoner: tidsrommet juli - sept. 1981 og tidsrommene før og etter dette. Man må konkludere at de dårlige oksygenforholdene i midtre og ytre del av Glomfjord i juli - september 1981 fortsatt er "enestående", mens forholdene like før og etter stemmer overens med det som er registrert i 1984 - 85 og 1991 - 92.

Målinger og modellberegninger viser at næringssaltutslippene til Glomfjord ikke påvirker oksygenforholdene i dypvannet i nevneverdig grad - og dermed har naturlig nok heller ikke reduksjonen i utslippene gjort det. I så tilfelle er grunnen kombinasjonen av store vannvolum (mye tilgjengelig oksygen) og dyptliggende terskel (stor nedbrytning av organisk materiale før dette rekker å synke ned i dypvannet).

3.4. Sedimentasjon i Holandsfjord

Man kan vente at vassdragsutbyggingen i betydelig grad endrer tilførsel av partikler fra land, noe som igjen endrer sedimentasjonen i fjorden. Dette kan innvirke på dyrelivet på fjordbunnen. Hvordan sedimentasjonen endres, f.eks. ved minskning i ytre del og eventuell økning i indre del, vet man ikke på forhånd. For å beskrive forholdene før utbyggingen, ble sedimentasjonen derfor målt månedlig ved bruk av sedimentfeller i 20 dyp og 10 - 20 m over bunnen på to stasjoner i Holandsfjord fra mai 1991 til november 1992. Stasjonsplasseringen fremgår av figur 1.1 (stasjon H1 og H2).

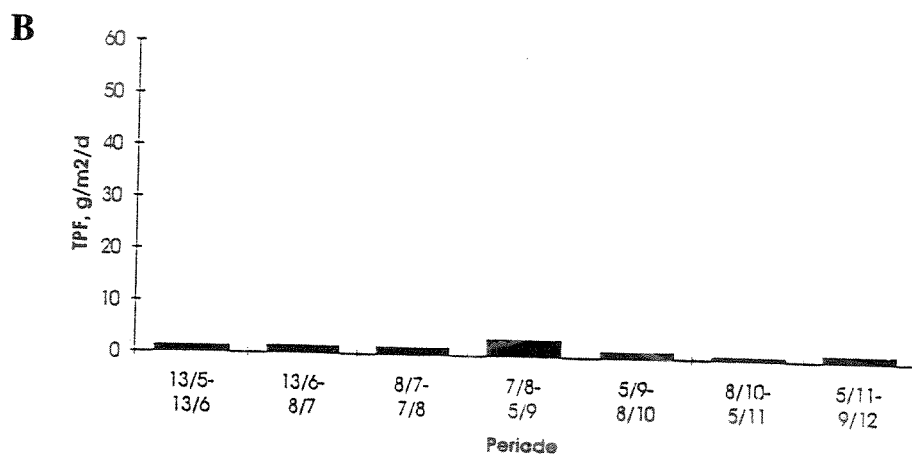
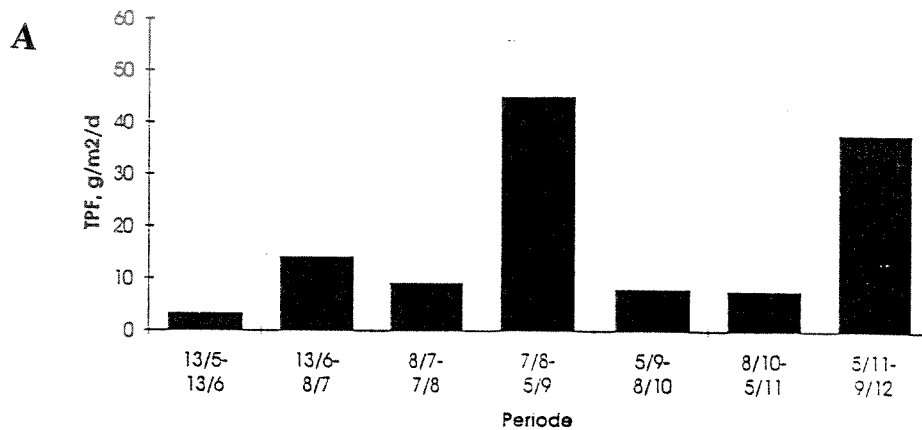
Det var stor variasjon over tid, noe som i stor grad skyldes varierende nedbør. De stedsmessige forskjellene viste at det tilførte materialet sedimenterte raskt og gav en årlig sedimenteringsrate så høy som 5 - 8 kg/m² innerst i fjorden. Lenger ute i fjorden var mengden ca. 1/10 av dette (tabell 3.2 og figur 3.8).

Det sedimenterte materialet var i hovedsak uorganisk. Periodevis inneholdt det imidlertid opptil 47% organisk karbon, som trolig har sammenheng med våroppblomstring av planteplankton i fjorden.

Tabell 3.2. Årlig total fluks av partikulært materiale som tidsveid middel i kg/m²/år.

Stasjon og dyp	År	
	1991	1992
H1, 20 m	6.6	5.1
H1, 70 m	8.4	4.6
H2, 20 m	0.6	0.4*
H2, 220 m	1.0	1.0*

*) Beregnet på grunnlag av 5 måleperioder



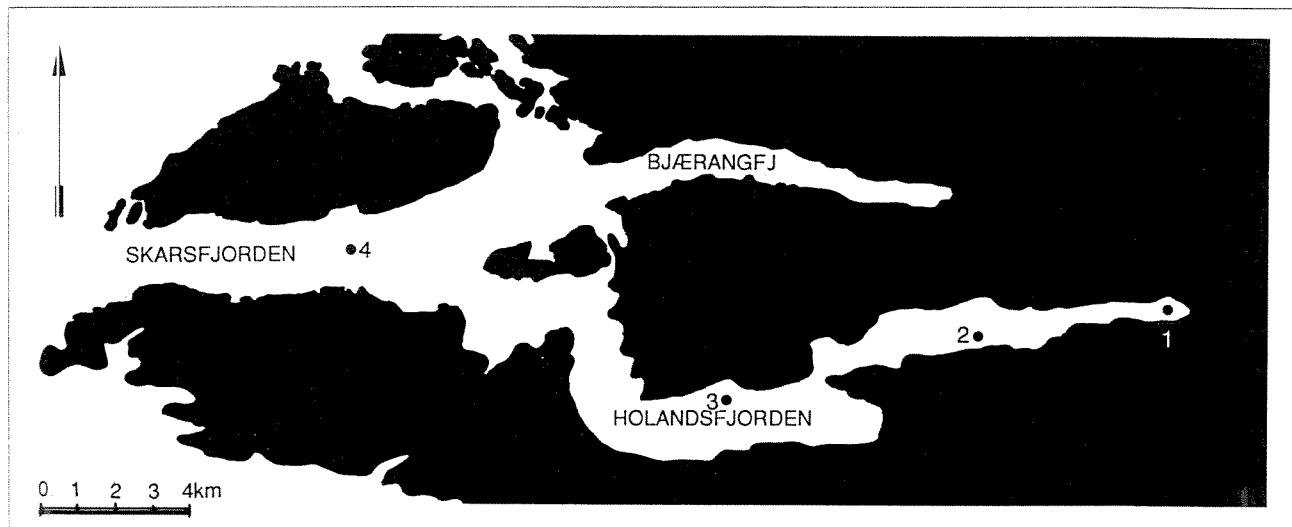
Figur 3.8. Total fluks av partikulært materiale gjennom 20 m nivået på to stasjoner innenfor Enganeset i 1991.

A: innerste stasjon.

B: fjordens midtre del.

3.5. Bløtbunnsfauna i Holandsfjord

Formålet med denne undersøkelsen var, v.h.a. bunndyrsamfunnets sammensetning å dokumentere miljøtilstanden i årene 1991 og 1992. Fire stasjoner ble etablert langs dyp-ålen i fjordsystemet Holandsfjord / indre del av Skarsfjord (figur 3.9).



Figur 3.9. Kart over Holandsfjord og tilgrensende fjordområder. Viser bløtbunnsstasjonenes plassering.

Artsmangfoldet (Shannon-Wiener indeks) var relativt likt på de tre innerste stasjonene (1, 2 og 3). Verdiene lå her mellom 3.2 og 3.7, mens Hurlberts ES_{100} var mellom 15 og 17. Det største arts mangfoldet ble registrert på den ytterste stasjonen (4) der indeksene var henholdsvis 4.0 - 4.2 og 23 - 30. Rygg (1984) fant at ES_{100} verdiene vanligvis ligger mellom 20 og 30 på lokaliteter som ikke er utsatt for vesentlig miljøpåvirkning.

Likhetsanalyser av datamaterialet viser at faunasamfunnet inne i fjordsystemet (stasjonene 1, 2 og 3) var noe avvikende i forhold til området utenfor (stasjon 4). To grupper av stasjoner synes altså å fremtre, én bestående av stasjon 4 for begge innsamlingsårene, og én gruppe bestående av de øvrige stasjonene. Det er omlag 35% likhet mellom disse to gruppene. Den største forskjellen i fauna-sammensetning for hele undersøkelsesområdet syntes å foreligge mellom stasjon 4, som ligger ytterst i fjordsystemet, og stasjon 1, som ligger innerst i fjordsystemet.

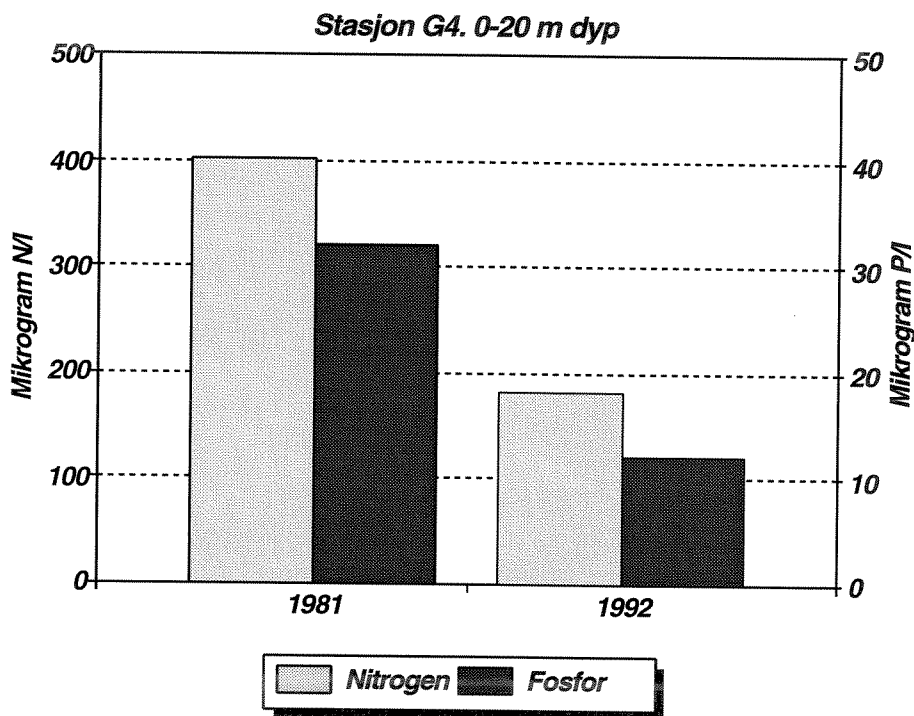
Resultatene tyder på økende miljøpåvirkning innover i fjordsystemet. Faunasamfunnet på den innerste stasjonen syntes å være forholdsvis sterkt påvirket av ytre miljøfaktorer, - trolig slamavsetning, mens samfunnet på den ytterste stasjonen syntes upåvirket.

3.6. Har utslippsreduksjonene av næringsalter til Glomfjord hatt virkning?

Som figur 1.4 viste har næringsaltilførselen til Glomfjord blitt vesentlig redusert i tidsrommet 1981 - 92. Spørsmålet er i hvilken grad dette har redusert eutrofi-effektene i fjorden.

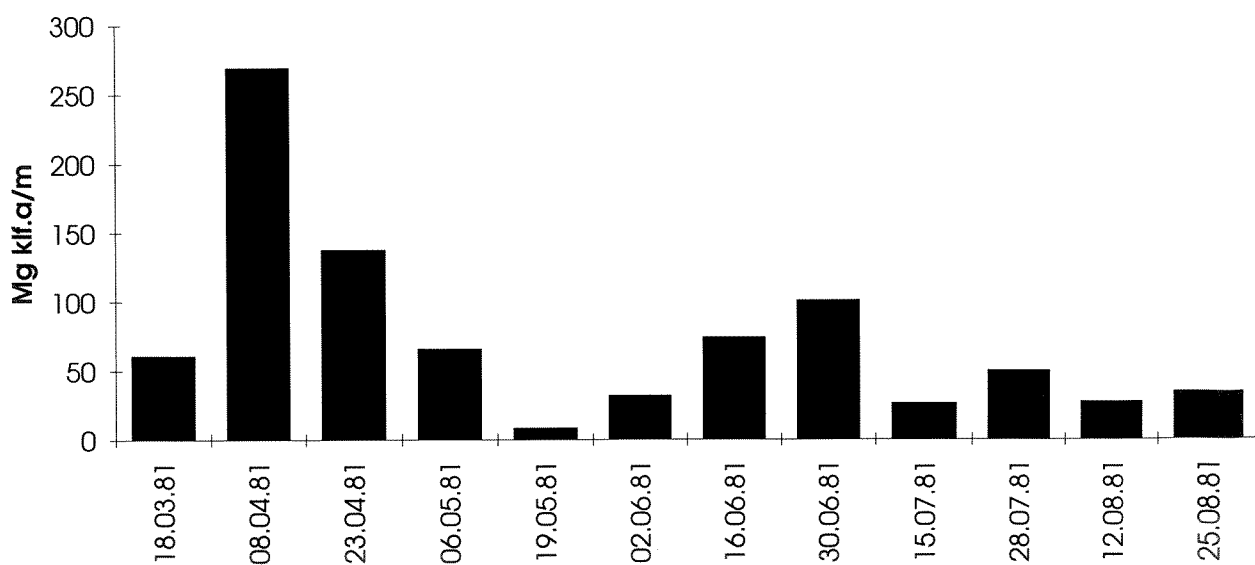
Undersøkelsen viste at konsentrasjonen av fosfor og nitrogen i fjordens øvre vannlag i gjennomsnitt var 40 - 50% lavere i 1992 enn i 1981 (figur 3.10). Videre viser figur 3.11 a,b at algebiomassen (målt som klorofyll *a*) også var markert mindre i 1992 enn 11 år tidligere.

En slik nedgang er i samsvar med modellberegningene, men det må tilføyes at de naturlige variasjonene kan være store fra år til år. Regnet som årsgjennomsnitt var klorofyllmengden i 1981, 1991 og 1992 henholdsvis 74 mg klfa/m², 44 mg klfa/m² og 19 mg klfa/m². Slike gjennomsnittstall må imidlertid brukes med forsiktighet fordi de er regnet ut fra noe ulike datasett.

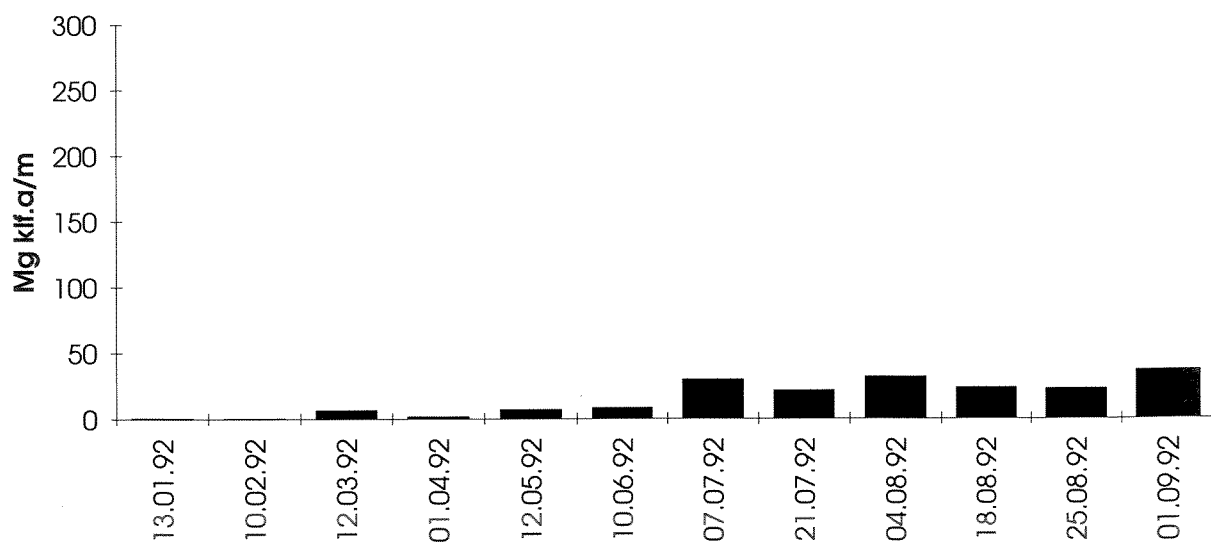


Figur 3.10. Gjennomsnittlig konsentrasjon av næringsalter på st. G4 i Glomfjords indre del i 1981 og 1992 (korrigert for driftstans hos Hydro Glomfjord).

Integrert klf.a, 0-20 m, 1981



Integrert klf.a, 0-20 m, 1992

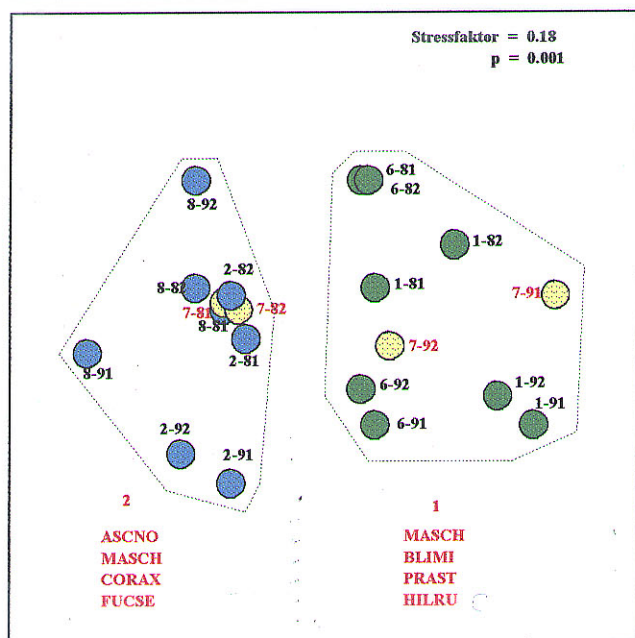


Figur 3.11. Integrert klorofyll *a* for 0 - 20 m dyp på st. G4 i Glomfjord i 1981 og 1992.

Ved undersøkelsene i 1981 - 82 ble det registrert klassiske effekter av næringssaltbelastning på algesamfunnene i fjæra langs den nordlige delen av Glomfjord. 10 år senere kunne en fortsatt registrere de samme effekter, og det berørte området var nå blitt *noe utvidet* vestover.

Det tydelig påvirkede området strekker seg fra ca. 300 m øst for fabrikkens og ut til Næverdalsbukta (figur 3.3), hvilket er i overensstemmelse med hovedstrømmingene i overflatevannet. Effektene avtar med økende avstand til utslippet.

Forskjellen i samfunnsstruktur mellom observasjonene i 1981 - 82 og 1991 - 92 var påvisbar, men ikke signifikant. Ett unntak er forholdene på stasjon 7 som ble funnet å ha endret seg i negativ retning. Sammenstilte analyser av materialet for begge periodene viste at stasjon 7 grupperte seg sammen med de "normale" stasjonene i 1981 - 82, mens den i 1991 - 92 hadde flyttet seg til den belastede gruppen (figur 3.12).



Figur 3.12. Grafisk fremstilling av artssammensetningen av vanlig forekommende algearter funnet på tilnærmet sammenfallende stasjoner i Glomfjord i perioden 1981 - 82 og 1991 - 92 og i dybdeintervallet 0 - 2 m. Grønne stasjoner er ansett som påvirket av utslipp til fjorden. Gul farge angir stasjon hvor det har skjedd en endring i tilstand fra 1981 - 82 til 1991 - 92. Blå farge angir stasjoner som anses som lite påvirket.

Beregninger av en forurensingsindeks (se Molvær *et al.*, 1984 og Johnsen *et al.*, 1994) for algene i fjæra påviste også en forverring på lokalitetene nærmest fabrikkens (tabell 3.1).

Tabell 3.3. Forurensningsindeks basert på et utvalgt sett av algearter (Molvær *et al.*, 1984) med forekomster i fjæra for stasjonene i Glomfjord. Høye verdier angir stor belastning. Lave eller negative verdier indikerer ingen eller ubetydelig influens av overgjødning. 1981 - 82-indeksene er noe forskjellig fra de tidligere rapporterte fordi forekomstene i 1981 - 82 er justert for å tilpasses forekomstregisteringene i 1991 - 92.

STASJON	2	1	5	6	7	8	9	10
F (1991/92)	1.2	4.8	0.2	5.5	2.5	0.1	0.7	0.2
F (1981/82)	0.8	2.1	0.3	1.9	0.7	0.2	0.4	

Belastningen gir seg primært utslag i fravær av normale tangsamfunn, men også i store forekomster av hurtigvoksende grønnalger. De få tangplanter som ble funnet var gamle og i en dårlig forfatning.

Med tanke på de omfattende utslippsreduksjoner som er iverksatt av Hydro Agri Glomfjord, er denne utviklingen uventet. Det er mulig at "tregheten i systemet" gjør at tangsamfunnene trenger mye lengre tid enn antatt for å reetablere et normalt samfunn.

Det er også mulig at reduksjonene ikke har vært tilstrekkelige for å forbedre forholdene på grunt vann, og at den observerte utvidelse av området kan skyldes naturlige svingninger. Det siste må imidlertid anses som mindre sannsynlig.

Den mest sannsynlige forklaring er imidlertid at de store grønnalgeforekomstene hele tiden har vanskeliggjort rekrutteringen av tang, og at det meste av den tangen som ble funnet i 1981 - 82 var gamle individer som nå er døde. Det kan i denne sammenheng nevnes at Lüning (1990) oppgir en gjennomsnittsalder på ca. 11 år for fucoider, og at det er funnet opp til 35 år gamle individer av grisetang (gjennomsnittsalder 20 år).

Luft-utslippene fra fabrikkene kan ha en større betydning for samfunnene i fjæra enn det en først antok. De store forekomstene av måsegrønnske (*Prasiola* spp.) kan tyde på dette. Måsegrønnske er en grønnalge som vokser over fjærebeltet i områder med stor tilgang på næringsalter, f.eks. fra fugleekskremitter eller nedfall fra luft.

Data om tangens næringsstatus fra 1981 - 82 og 1991 - 92 er ikke fullt sammenlignbare, men det er registrert en signifikant/nær signifikant økning i N:P forholdet i de to artene. Dette overensstemmer med at utslippsreduksjonene har vært forholdsmessig størst for fosfor.

4. HVORDAN VIL ENDRET TILFØRSEL AV FERSKVANN OG NÆRINGSSALTER PÅVIRKE DE TO FJORDENE?

4.1. Virkninger av endret ferskvannstilførsel til Holandsfjord

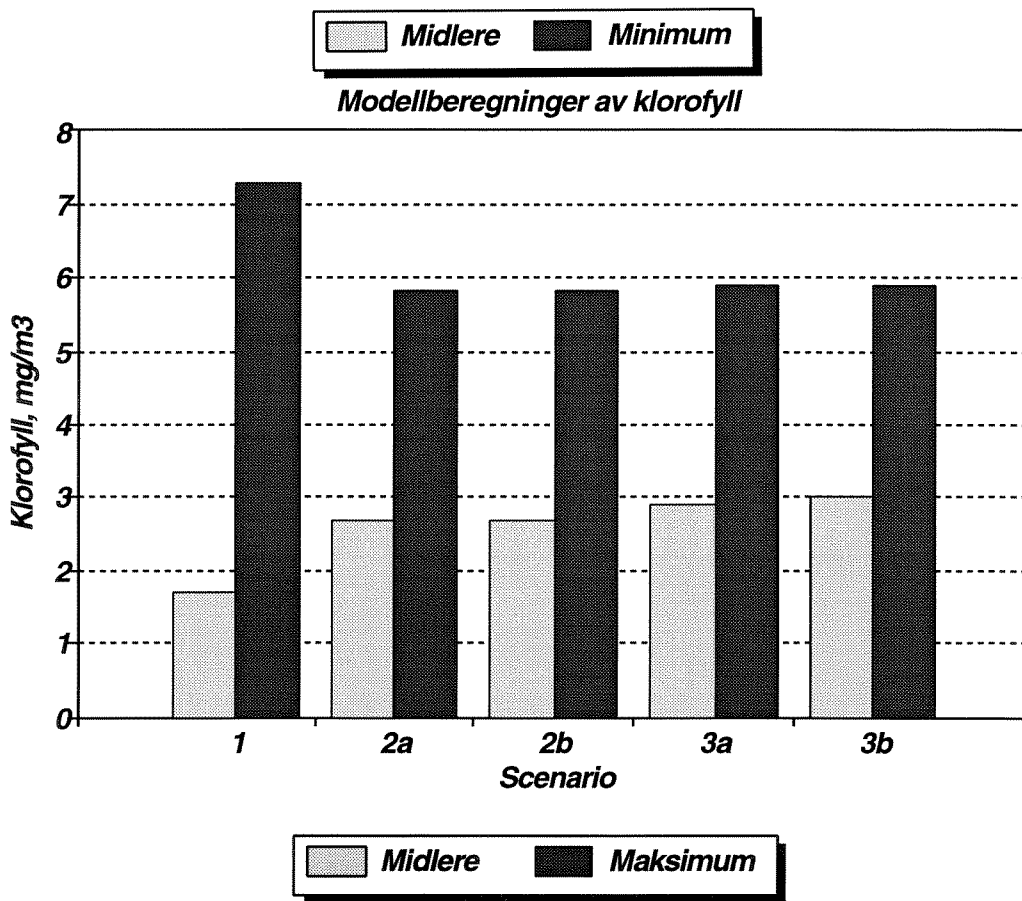
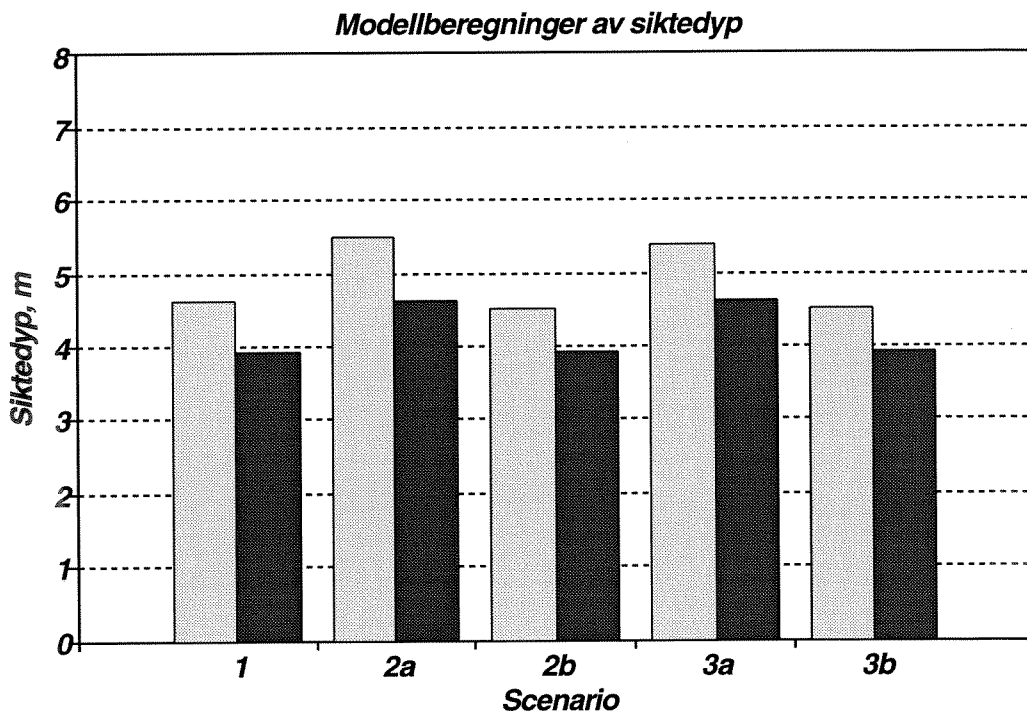
For å beregne effektene på planktonkonsentrasjoner og siktedyp i fjorden som følge av ferskvannsreguleringen har en matematisk modell blitt utviklet for Holandsfjord. I modellen er fjorden inndelt i to områder, indre og ytre Holandsfjord. Modellen ble testet mot ukentlige målinger og hydrofysiske, hydrokjemiske og hydrobiologiske variable i Holandsfjord sommeren 1991. Deretter ble modellen brukt for å studere effekter av fem kombinasjoner av tilførsler av ferskvann og breslam (tabell 4.1).

Tabell 4.1. Scenarier for modellkjøringene.

Scenario nr.	Ferskvannstilførsel	Tilførsel av partikler
1	Som sommeren 1991	Som sommeren 1991
2a	60 m ³ /s	70% av mengden sommeren 1991
2b	60 m ³ /s	Som sommeren 1991
3a	120 m ³ /s	70% av mengden sommeren 1991
3b	120 m ³ /s	Som sommeren 1991

Etter ferskvannsreguleringen vil brakkvannslaget i Nordfjord, dvs. innenfor Enganeset, hele året ha en tykkelse på 3 - 5 m og i ytre Holandsfjord en tykkelse på 2 - 3 m. Særlig vinterstid blir overflatelaget mye tykkere enn tidligere. Fjordens overflatevann blir kaldere enn tidligere, spesielt i indre Nordfjord, og risikoen for isdannelse øker i hele fjordområdet. Dette kan bety at den mekaniske forstyrrelsen (isskuring) vil øke i fjærområdet og at en derfor får et redusert artsmangfold i dette området. Et tykkere overflatelag vil også medføre en favorisering av brakkvannstolerante arter i et større dybdeintervall.

Ved økt ferskvannstilførsel og tykkere brakkvannslag vil konsentrasjonen av plankton øke noe i brakkvannet (fig. 4.1). Hvis tilførselen av breslam avtar etter reguleringen vil siktedypet øke, og dermed blir det også noe høyere konsentrasjoner av plankton under brakkvannslaget. Nedslamming preget i stor grad bløt- og hardbunnssamfunnene, og en redusert tilførsel av breslam vil sannsynligvis bedre forholdene for organismene i disse samfunnene. Grunnet fjordens gode vannutveksling i kombinasjon med relativt bred og dyp terskel (45 m) vil effekten på oksygenforholdene i dypvannet være ubetydelig.



Figur 4.1. Modellberegning av siktedyp og klorofyll *a* i overflatelaget for indre Holandsfjord.

4.2. Virkninger av endret tilførsel av ferskvann og næringsalter til Glomfjord

For å gi svar på spørsmål om effekter på fjordens hydrofysiske, hydrokjemiske og biologiske forhold av endret ferskvannstilførsel og endret utslipp av næringsalter, har en matematisk modell blitt utviklet for Glomfjord. Modellen er inndelt i tre områder svarende mot indre, midtre og ytre Glomfjord. Modellen ble testet mot ukentlige målinger tatt i Glomfjord sommeren 1991. Modeller ble deretter brukt for å studere effekter av seks kombinasjoner av tilførsler av ferskvann og næringsalter (tabell 4.2).

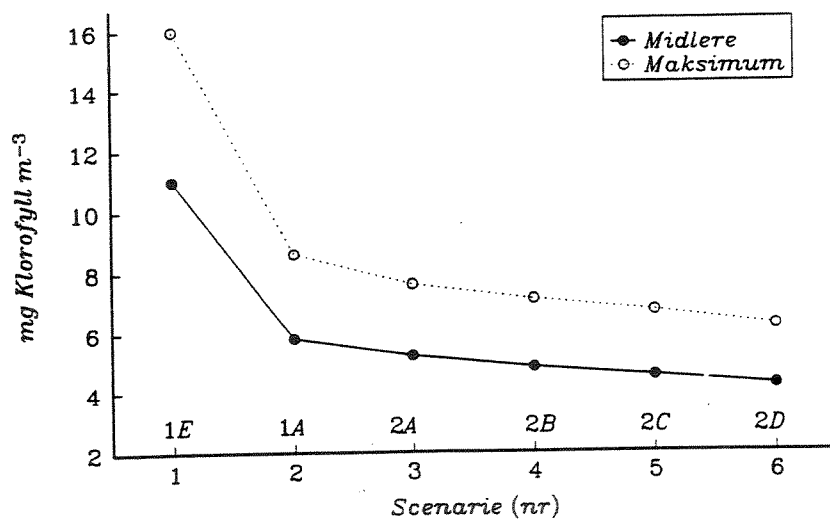
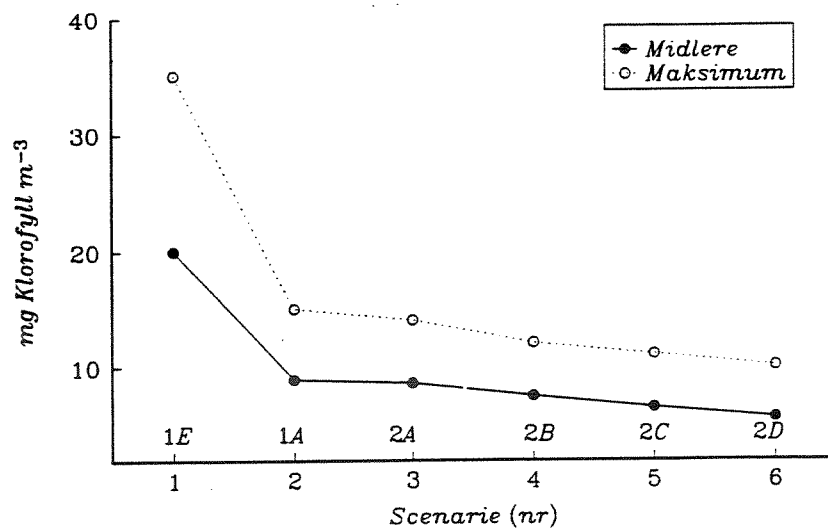
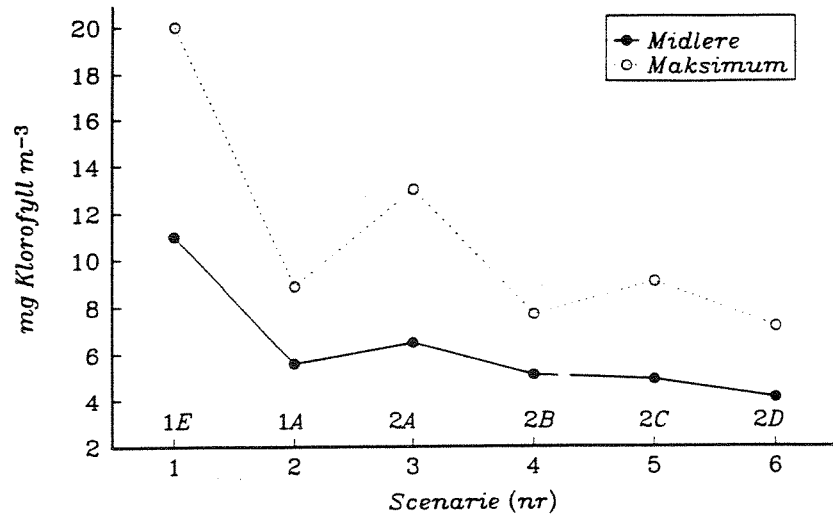
Tabell 4.2. Scenarier for modellberegningene.

Scenario nr.	Utslippsalternativ	Ferskvannstilførsel	Utslipp av næringsalter
1	1e	Før reguleringen	Utslipp sommeren 1981
2	1a	Før reguleringen	Utslipp sommeren 1991
3	2a	Etter reguleringen	Utslipp som sommeren 1991
4	2b	Etter reguleringen	2/3 av utslippet sommeren 1991
5	2c	Etter reguleringen	1/3 av utslippet sommeren 1991
6	2d	Etter reguleringen	100 kg N/døgn og 10 kg P/døgn

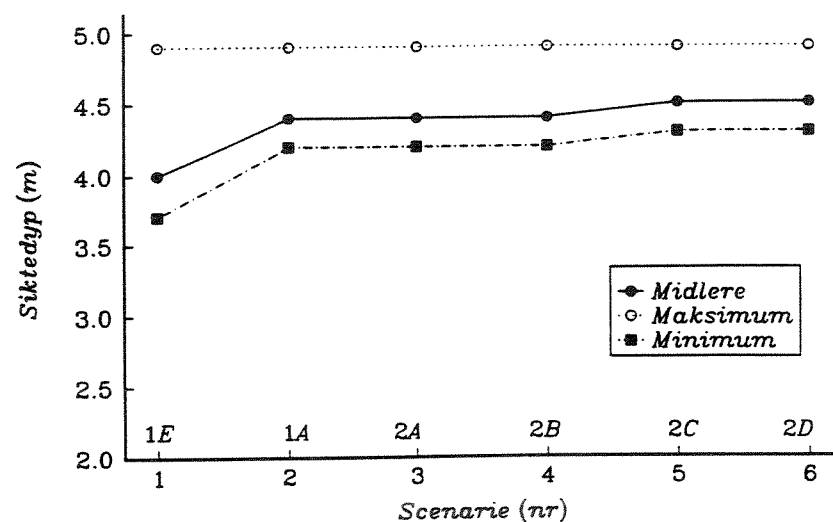
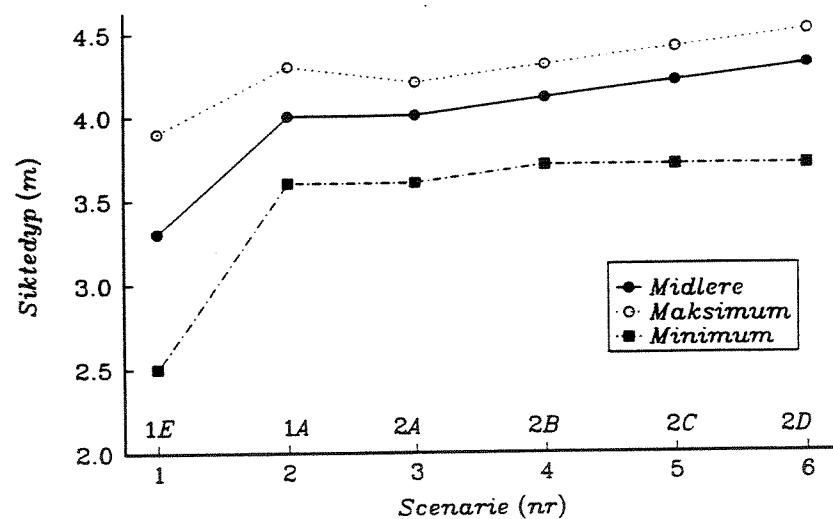
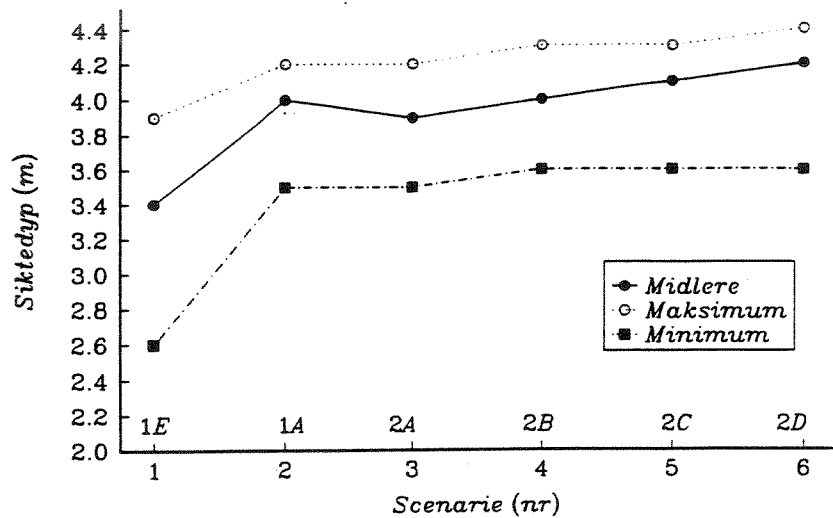
Den gjennomførte ferskvannsreguleringen vil ifølge modellen medføre små effekter. Overflatetemperaturen vil bli noe forhøyet. Det blir noe forhøyet planktonkonsentrasjon i overflatelaget i fjordens indre del, mens konsentrasjonen synker noe i midtre og ytre deler (fig. 4.2). Siktedypet blir noe lavere i fjordens indre del (fig. 4.3).

Planktonkonsentrasjonene under overflatelaget vil øke marginalt. Dette vil ikke ha betydning for oksygenforbruket i fjordens dypvann.

Fremtidig reduksjon av utslippene av næringsalter vil gi ytterligere reduksjon av planktonkonsentrasjonen i overflatelaget og øking av siktedypet, spesielt i indre og midtre områder av fjorden. Endringene blir imidlertid ikke store (jfr. figur 4.3). Største øking av midlere siktedyp, med opp til ca. 0.2 m, kan oppnås i indre og midtre områder av fjorden.



Figur 4.2. Midlere og maksimum klorofyllkonsentrasjon i ulike modellområder for de ulike utslipps scenariene. A: indre, B: midtre, C) ytre Glomfjord.



Figur 4.3. Midlere, maksimum og minimum siktedyp for de ulike utslippsscenarioene. A: indre, B: midtre og C: ytre Glomfjord.

5. ANBEFALINGER

Dyputslipp med innlagring av avløpsvannet fra Hydro Agri Glomfjord

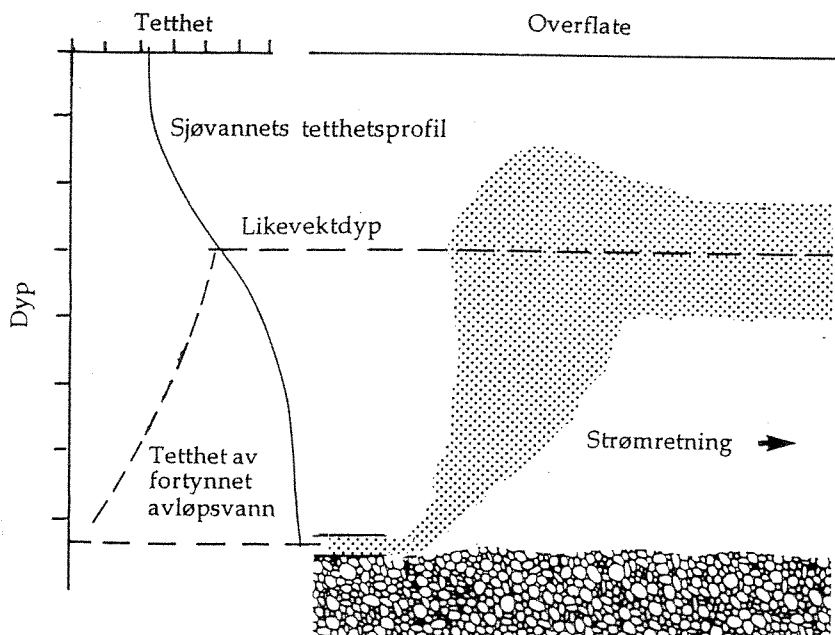
Virkningene av næringssaltutslippet fra bedriften er konsentrert til de øverste 5 m og spesielt på fjordens nordside. Særlig er det sterke effekter på gruntvannssamfunnene. Ved å slippe ut avløpsvannet på dypt vann, slik at dette med sitt næringssaltinnhold ikke når overflaten, men innlagres i f.eks. 10 - 15 m dyp, vil disse negative effektene kunne reduseres vesentlig. Innledende beregninger som NIVA har utført for bedriften, viser at slik innlagring vil være mulig. Figur 5.1 viser en prinsippskisse av hvordan et slikt dyputslipp kan fungere.

Overføringen av ferskvannsutslipp fra Glomfjord til Svartisen kraftverk kan ha redusert den vertikale lagdelingen i fjordens vannmasser og dermed redusert muligheten for innlagring. Dette kan i så fall ha betydning for hvor dypt utslippet bør legges og for hvordan enden av ledningen bør utformes (utslipp gjennom ett eller flere hull). Eventuelle beregninger av innlagringsdyp og fortynning må derfor inkludere data innhentet siden overføringen ble iverksatt.

Oppfølgende undersøkelser

For Holandsfjord anbefales at oppfølgende undersøkelser gjennomføres når Svartisen kraftverk har vært i drift 3 - 4 år. Det gir organismesamfunnene i fjorden tid til å tilpasse seg endrede miljøforhold.

I Glomfjord anbefales at man prioriterer videre overvåking av utviklingen for organismesamfunnene i strandsonen på fjordens nordside og biomasse av planktonalger i 0 - 20 m dyp.



Figur 5.1. Prinsippskisse av dyputslipp med innlagring av avløpsvann (ferskvann) i sjiktet resipient.

6. LITTERATUR

- Bokn, T. 1978. Klasser av fastsittende alger brukt som indikatorer på eutrofiering i estuarine marine vannmasser. Norsk Institutt for vannforskning, Årbok. s.53-59.
- Carlson, L., 1991. Seasonal variation in growth, reproduction and nitrogen content of *Fucus vesiculosus* in the Öresund, Southern Sweden. Bot. Marina 34: 447-453.
- Holte, B., Johnsen, T., Molvær, J., Næs, K., Pedersen, A. og Walday, M., 1994: Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991-92. Delrapport 1. Vannkjemiske, biologiske og sedimentkjemiske forhold i Holandsfjord. NIVA-rapport nr.3058. Oslo.
- Jaasund, E. 1965. Aspects of the marine algal vegetation in North Norway. Bot. gotoburg. 4:1-174.
- Johnsen, T., Molvær, J., Pedersen A. og Walday, M., 1994. Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991 - 92. Delrapport 3. Næringssalter, algebiomasse, oksygenforhold og gruntvannssamfunn i Glomfjord. NIVA-rapport nr. 3061. Oslo.
- Lüning,, K., 1990. Seaweeds. Their environment, Biogeography and Ecophysiology. John Wiley & Sons Inc. New York, 527 s.
- Molvær, J., 1986. Overvåking av miljøforhold i Glomfjord 1985. NIVA-rapport nr. 1805. Oslo.
- Molvær, J., Holte, B., Knutzen, J., Næs, K., Skreslet, S. og Stigebrandt, A., 1991: Program for resipientundersøkelse av Glomfjord og Nordfjord - Holandsfjord. 8s.+ to vedlegg. NIVA 12.2 1991. Oslo.
- Molvær, J., Knutzen, J., Rygg, B. og Skei, J., 1984. Basisundersøkelse i Glomfjord 1981 - 82. Sammendragsrapport. NIVA-rapport nr. 1614.
- Molvær, J., Knutzen, J., Rygg, B. og Skei, J. 1984. Basisundersøkelse i Glomfjord 1981-82. Sammendragsrapport. NIVA-rapport 1614. 41 s.
- Moore, P.G. 1977. Inorganic particulate suspensions in the sea and their effects on marine animals. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 15, 225-363.
- Rygg, B. 1984. Bløtbunnsfauna som indikatorsystem på miljøkvalitet i fjorder. Bruk av diversitetskurver til å beskrive faunasamfunn og anslå forurensningspåvirkning. NIVA rapport nr. OF-80612 I.
- Rygg, B. og Thélin, I., 1993: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Virkninger av næringssalter. SFT-veiledning nr. 93:04. Oslo.
- Stigebrandt, A. og J. Molvær, 1994a: Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991 - 92. Delrapport 2. Modellsimulering av effekter av endret ferskvannstilførsel til Holandsfjord. NIVA-rapport nr. 3060. Oslo.
- Stigebrandt, A. og J. Molvær, 1994b: Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991 - 92. Delrapport 4. Modellsimulering av effekter av endret ferskvann og næringssalter til Glomfjord. NIVA-rapport nr. 3063. Oslo.

Følgende 7 rapporter er utarbeidet under prosjektet O-910300 - "Undersøkelser av miljøforhold i Glomfjord og Holandsfjord i 1991 - 1992":

DELRAPPORT 1: "Vannkjemi, biologi og sedimentasjon i Holandsfjord", NIVAs løpenr. 3058.

DELRAPPORT 2: "Modellsimulering av effekter av endret ferskvannstilførsel til Holandsfjord", NIVAs løpenr. 3060.

DELRAPPORT 3: "Næringsalter, algebiomasse, oksygenforhold og gruntvannssamfunn i Glomfjord", NIVAs løpenr. 3061.

DELRAPPORT 4, "Modellsimulering av effekter av endret tilførsel av ferskvann og næringsalter til Glomfjord", NIVAs løpenr. 3063.

Vedlegg til delrapport 1, NIVAs løpenr. 3059.

Vedlegg til delrapport 3, NIVAs løpenr. 3062.

SAMMENDRAGSRAPPORT, NIVAs løpenr. 3082.



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2558-7