



Rapport 474|91

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

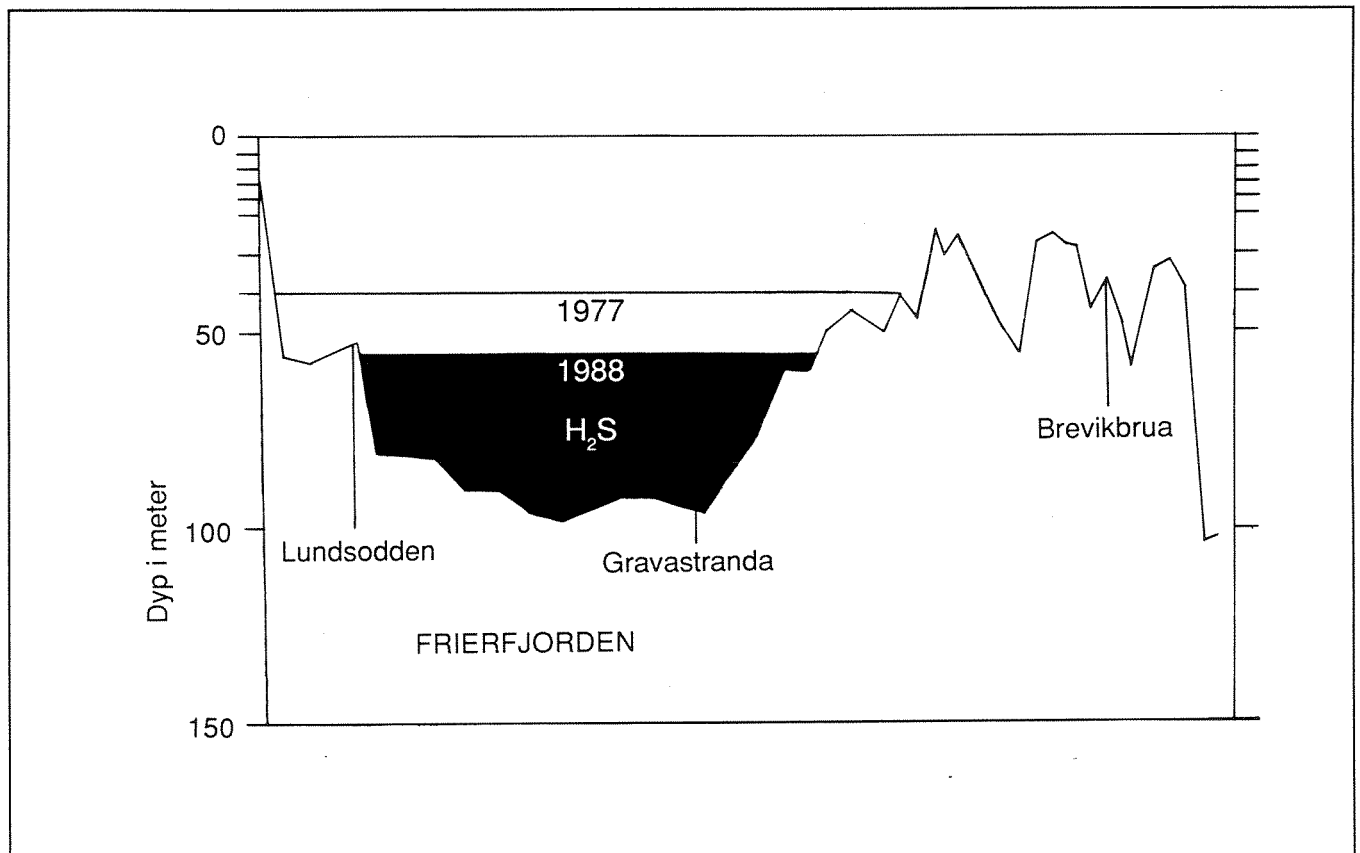
Utførende institusjoner

NIVA,
Ancylus

Undersøkelse av eutrofiering i **Grenlandsfjordene** 1988-89

Delrapport 9:

Konklusjoner



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-800370	Undernr.:
Løpenr.: 2697	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	--	--

Rapportens tittel: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988 - 89. Delrapport 9. Konklusjoner. (Overvåkingsrapp. nr. 474/91. TA 107/91).	Dato: 13/12-91 Trykket: NIVA 1992
Forfatter(e): Jarle Molvær	Faggruppe: Marinøkologi
	Geografisk område: Telemark
	Antall sider: 46 Opplag: 170

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT).	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: <p>Konklusjonene av en bredt anlagt undersøkelse av eutrofitilstanden i Grenlandsfjordene i 1988 - 89 er som følger: Store utslippsreduksjoner siden midten av 1970-tallet har gitt positive effekter på Frierfjordens siktedyp, oksygenforhold og algesamfunnene i strandsonen. Belastningen er imidlertid fortsatt stor, og klare effekter av overgjødning merkes i overflatelaget både innenfor og utenfor Brevik. Utslippene til fjorden er ytterligere redusert siden undersøkelsen ble gjennomført og flere utslippsreducerende tiltak utredet. De største miljøforbedringer vil oppnås ved reduksjon av tilførsler av fosfor og organisk stoff. Nytteverdien av reduksjoner av nitrogenutslippene er usikker, men belastningen er høy og bør reduseres. Avløpsvannet fra Knardalstrand renseanlegg og Hydro Porsgrunn bør innlagres i Frierfjordens intermedieære vannlag.</p>
--

4 emneord, norske

1. Grenlandsfjordene
2. Forurensning
3. Eutrofi
4. Vannkvalitetsmodell

4 emneord, engelske

1. Grenlandfjords
2. Pollution
3. Eutrophication
4. Water quality model

Prosjektleder

Jarle Molvær

For administrasjonen

Torgeir Bakke

ISBN 82-577 -2044-5

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

0-8000370

UNDERSØKELSE AV EUTROFIERING I GRENLANDSFJORDENE

1988-89

DELRAPPORT 9. KONKLUSJONER

Oslo, 13.12 1991

Prosjektleder: Jarle Molvær, NIVA

Medarbeidere: Rasmus Gulbrandsen, NIVA

Hans Olav Ibrek, NIVA

Jon Knutzen, NIVA

Torsten Källqvist, NIVA

Kristoffer Næs, NIVA

Brage Rygg, NIVA

Anders Stigebrandt, Ancyclus

Kai Sørensen, NIVA

FORORD

Foreliggende rapport sammenfatter resultatene av en undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene, som er en del av den tiltaksorienterte overvåking av dette fjordområdet. Overvåkingen inngår i Statlig program for forurensningsovervåking, som administreres av Statens forurensningstilsyn (SFT). Undersøkelsene finansieres av den lokale industrien (Hydro Porsgrunn, Hydro Rafnes, Elkem PEA A/S, Union A/S, Statoil) og SFT. Deler av eutrofiundersøkelsen er også finansiert av NIVAs egne forskningsmidler.

Prosjektet startet vinteren 1988 etter inngående drøftelser i Kontaktutvalget for overvåking av Grenlandsfjordene og Skienselva. Den ordinære prøveinnsamlingen ble avsluttet høsten 1989. I tillegg ble det i august 1990 gjort en spesialstudie av siktedyp og optiske størrelser i Skienselva.

Prosjektet er todelt, og omfatter både utvikling av en dose-respons modell, og feltundersøkelser som skal ajourføre kunnskapen om tilstanden i fjordområdet og gi datainput til modellen. Prosjektet har således omfattet undersøkelser av :

- Forurensningstilførsler : 1988*
- Vannutskifting i fjordene: 1988-89*
- Biomasse og suspendert stoff i overflatelaget: 1988-89*
- Næringssalter og begrensende faktorer for algevekst: 1988-89*
- Gruntvannssamfunn : 1988-89*
- Organisk belastning og oksygenforbruk i dypvannet: 1988-89*
- Bløtbunnsfauna i Håøyfjorden: 1987*
- Siktedyp og optiske størrelser i Skienselva: 1990*

Dertil kommer altså utvikling av en matematisk dose-responsmodell som omfatter Frierfjorden, Eidanger- og Langesundsfjorden, Ormefjorden og Håøyfjorden.

Resultatene er rapportert i form av delrapporter. En oversikt over disse finnes på omslagets 4 side. Den foreliggende rapport gir en kort sammenfatning av resultatene, med hovedvekt på å gi svar på de spørsmål som miljøvernmyndigheter og allmennhet har stilt seg om tilstand og aktuelle tiltak for å bedre denne. Vi nevner at resultatene fra undersøkelsen allerede er anvendt i forbindelse med Miljøpakke Grenland.

Ansvarlig for de enkelte delprosjektene har vært: Kjell Baalsrud (Forurensningstilførsler), Jon Knutzen (Undersøkelser av gruntvannssamfunn), Torsten Källqvist (Biomasse og suspendert stoff, Planteplankton og næringssalter i overflatevannet), Jarle Molvær (Vannutskifning i fjordene), Kristoffer Næs (Organisk belastning og oksygenforhold i dypvannet), Brage Rygg (Bløtbunnsfauna), Anders Stigebrandt (Matematiske modeller), Kai Sørensen (Siktedyp og optiske størrelser i Skienselva). Jarle Molvær har vært prosjektleder.

Daværende laboratorieleder Arne Kjellsen ved Miljølaboratoriet i Telemark, hadde det lokale ansvaret for feltarbeid og analyser. Bjørnar Kvalvik, Grenland Miljø- og Resipientservice, var båtfører under feltarbeidet. Begge takkes for god og verdifull hjelp. En spesiell takk rettes til Porsgrunn havnevesen v/havneassistent Leif Viken som foruten deltakelse i feltarbeid under denne undersøkelsen, har utført omtrent ukentlige målinger av siktedyp i Frierfjorden fra 1977, og siden 1987 også i Skienselva.

Fagassistentene Unni Efraimsen og Frank Kjellberg ved NIVA hadde ansvar for oppfølging av feltarbeid, primær databearbeidelse og datapunching.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	side:
FORORD	2
HOVEDKONKLUSJONER	5
1. BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN	7
1.1 Formål	7
1.2 Beskrivelse av området	7
2. ARBEIDSPROGRAMMET	13
3. HVILKE SPØRSMÅL HAR UNDERSØKELSEN GITT SVAR PÅ?	16
3.1 Hvor store var forurensningstilførslene i 1988-89?	16
3.2 Hvordan var eutrofitilstanden i fjordområdet i 1988-89?	18
3.2.1 Hva var begrensende faktor for planktonalgeveksten?	20
3.2.2 Hva bestemmer siktedypet i fjordområdet?	22
3.2.3 Hva bestemmer oksygenforholdene i dypvannet?	25
3.2.4 Hvordan var organismesamfunnene i strandsonen?	30
3.3 Har gjennomførte utslippsreduksjoner hatt virkning?	31
3.4 Hva er realistiske mål mht. tilstanden?	36
4. ANBEFALINGER OM TILTAK	39
4.1 Generelle vurderinger	39
4.2 Kommunalt avløpsvann	40
4.3 Industriutslipp	41
4.4 Videre overvåking av eutrofitilstanden.	42
5. LITTERATUR	44

HOVEDKONKLUSJONER

Det er gjennomført en bredt anlagt undersøkelse av eutrofitilstanden i Grenlandsfjordene, dels med sikte på en ajourføring av tilstanden, og dels med sikte på å gi grunnlag for å vurdere hvilke utslippsreduksjoner som er nødvendig for å forbedre forholdene. Hovedkonklusjonene er som følger:

1. Til tross for store reduksjoner i utslipp av næringssalter siden midten av 70-årene er belastningen ennå høy. Spesielt gjelder dette nitrogen, men også tilgangen på fosfor var så stor at fosformangel sjelden begrenset algeveksten. Utenfor Brevik var næringssaltkonsentrasjonene gjennomgående lavere enn i Frierfjorden, og fosforbegrensning inntraff der noe oftere.
2. I de frie vannmasser gjorde effekter av overgjødning seg sterkest gjeldende i overflatelaget i Volls fjorden og utenfor Brevik. I selve Frierfjorden medfører kort oppholdstid og lav saltholdighet dårligere vilkår for oppblomstring av planktonalger.
3. Organismesamfunnene i strandsonen viste i hovedsak bare moderate effekter av overgjødning, men var tildels markert preget av ferskvannspåvirkning, nedslamming og dårlige lysforhold.
4. Utslppsreduksjoner siden midten på 70-tallet har gitt klart positive effekter:
 - siktedypet i Frierfjorden er forbedret med omkring 1 meter.
 - markert lavere næringssaltkonsentrasjoner i overflatelag både innenfor og utenfor Brevik.
 - grensen for hydrogensulfid (råttent vann) i Frierfjorden ligger nå ca. 15 m dypere enn i 1974-76.
 - algesamfunnene i strandsonen er rikere på arter sammenlignet med 1974-76, men det har vært liten utvikling etter 1981.

Større forbedringer i tilstanden lot seg ikke påvise utenfor Brevik. Dette skyldes dels svakere sammenlikningsgrunnlag, og dels at tilførselen av næringssalter fra Frierfjorden fortsatt var høy.

5. Betydelige reduksjoner i utslipp av næringssalter og organisk stoff er gjennomført etter at undersøkelsen ble avsluttet. Størst åpenbar miljøgevinst ligger nå i reduksjoner i utslipp av organisk stoff og fosfor og det anbefales at slike tiltak gjennomføres.

Undersøkelsene gir ikke sikkert grunnlag for å bedømme den lokale nytteverdien av rensing av nitrogenutslippet fra Hydro Porsgrunn og fra kommunal kloakk. Årsaken er dels at nitrogen ikke inngikk i modellberegningene og dels at restbelastningen fra ferskvannet i Skienselva uansett vil være stor.

Det er imidlertid ikke tvil om at også nitrogentilførselen til fjordområdet bidrar til å opprettholde en høy algevekst i vannmassen, og det bør derfor være et generelt mål å redusere denne tilførselen. Det innebærer ikke minst reduksjon i nitrogentilførselen gjennom Skienselva og andre vassdrag (bl.a. avrenning fra landbruksarealer, skogområder, nedbør mm.).

Det skjer en betydelig transport av nitrogen fra fjordområdet til kystvannet. Uansett nytteverdien for fjordområdet kan det være et mål å redusere denne transporten.

6. Dyputslipp for avløpsvann fra Knardalsstrand renseanlegg og fra Hydro Porsgrunn vil gi vesentlig mindre næringstilgang (både fosfor og nitrogen) i overflatelaget, og bør gjennomføres i tillegg til rensetiltak. Usikkerhet omkring utlekking av miljøgifter fra bunnsedimentene i fjordområdet gjør at utslippsdypet ikke bør være mer enn ca. 40 m.
7. For oksygen i dypvannet og biologiske forhold vil fjordområdet ha en responstid på anslagsvis 2-4 år på utslippsreduksjoner i tidsrommet 1990-93. Effekten av disse og eventuelt dyputslipp bør måles før flere tiltak iverksettes.

1. BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN

1.1 Formål

Et bredt anlagt undersøkelse av bl.a. eutrofitilstanden i Grenlandsfjordene ble utført i 1974-76 (Molvær et al. 1979). Deretter har utslippene av både næringssalter og organisk stoff avtatt mye, og senere undersøkelser har tydet på effektene av de store næringssaltutslippene er redusert (Knutzen et al., 1982).

Bakgrunnen for denne undersøkelsen er derfor miljøvernmyndighetenes behov for ajourført kunnskap om eutrofiforholdene i fjordområdet, og grunnlag for å avgjøre kost/nytte-verdien av ytterligere utslippsreduksjoner.

Hovedmål for undersøkelsen har dermed vært:

1. *Ajourføring av eutrofisituasjonen i Grenlandsfjordene.*
2. *Utvikling av dose - respons modell som:*
 - a. *For Frierfjorden beskriver sammenheng mellom næringssaltbelastning og klorofyll a, siktedyp og oksygenforhold.*
 - b. *For fjordområdene utenfor Brevik beskriver sammenheng mellom næringssaltutslipp til Frierfjorden og eutrofieringseffektene nevnt i pkt. a.*

1.2 Beskrivelse av området

Topografi og ferskvannstilførsel:

En oversikt over Skienselva og fjordområdet er vist på fig. 1.1. Skienselva på strekningen Skien - Frierfjorden er ca. 10 km lang. På elvestrekningen fins flere dype bassenger, med ca. 35 m dyp nord for Porsgrunn bybro som maksimum. Minste dyp i dypålen er ca. 7 m.

Vassdraget er sterkt regulert, med 270-300 m³/s som typisk årsgjennomsnitt.

Vannføringen er karakterisert av en vårflom i tidsrommet april-juni (normalt opptil 1000 m³/s), minimum på 50-100 m³/s i juli-august, og høstflom i september - oktober.

Fjordområdet preges av innsnevring (terskler) med dype bassenger innenfor. I disse bassengene er det liten utskiftning av dypvannet, og vanligvis oksygenproblemer.

Fig. 1.2 gir en oversikt over de topografiske forholdene i fjordområdet og illustrerer oppdelingen i bassenger.

Distansen fra Skienselvas munningsområde til Langesundsbukta er ca. 23 km.

Vannmasser og sirkulasjon:

Den store ferskvannstilførselen og tersklene gjør det naturlig å inndele vannmassene i tre: et brakkvannslag, et intermediært sjøvannslag som strekker seg ned til terskeldypet, og dypvannet (fig. 1.3). Overgangen fra brakkvannslag til sjøvannslaget er markert ved en sterk økning i saltholdighet, og omtales ofte som et sprangsjikt.

Tykkelsen av overflatelaget varierer mellom 2 m og 8 m, særlig avhengig av ferskvannstilførsel og vindforhold. Dette brakkvannslaget strømmer raskt ut gjennom fjordområdet.

Ettersom tersklene mot Langesundsbukta ligger dypere enn tersklene innenfor, vil det intermediære vannlaget i de enkelte bassengene ha fri forbindelse med kystvannet i Langesundsbukta. Vannutskiftningen i denne vannmassen styres av tidevann, mer langperiodiske tetthetsvariasjoner i kystvannet, den estuarine kompensasjonsstrømmen og lokal vind.

På grunn av tersklene har ikke dypvannet i de enkelte fjordbassengene fri forbindelse med kystvannet, og vannutskiftningen er derfor gjennomgående liten. To samvirkende mekanismer er dominerende: den vertikale diffusjonen medfører en blanding av intermediært vann inn i dypvannet - som dermed blir lettere. Når de hydrografiske

forholdene i kystvannet/Langesundsbukta ligger til rette for det, vil vann med høy egenvekt strømme inn over tersklene og kan helt eller delvis fornye dypvannet innenfor. Tabell 1.1 oppsummerer typiske oppholdstider for vannmassene i de forskjellige fjordområdene.

Tabell 1.1 Typiske oppholdstider for vannmassene i de forskjellige fjordområdene (etter Molvær og Stigebrandt, 1991).

Område	Overflate	Intermediært	Dypvann
Frierfjord	2-3 døgn*	2-4 uker	1-3 år
Eidangerfjord	3-5 døgn	1-2	5-8 måneder
Brevik- og Langesundsfjord	<1 døgn	1-2	5-8 måneder
Ormfjord	1-2 uker	1-3	1-3 år?
Håøyfjord	1-2 dager	1-2	1-3 år?

*) Oppholdstiden i den utgående brakkvannstrømmen er mye mindre - typisk 6-10 timer.

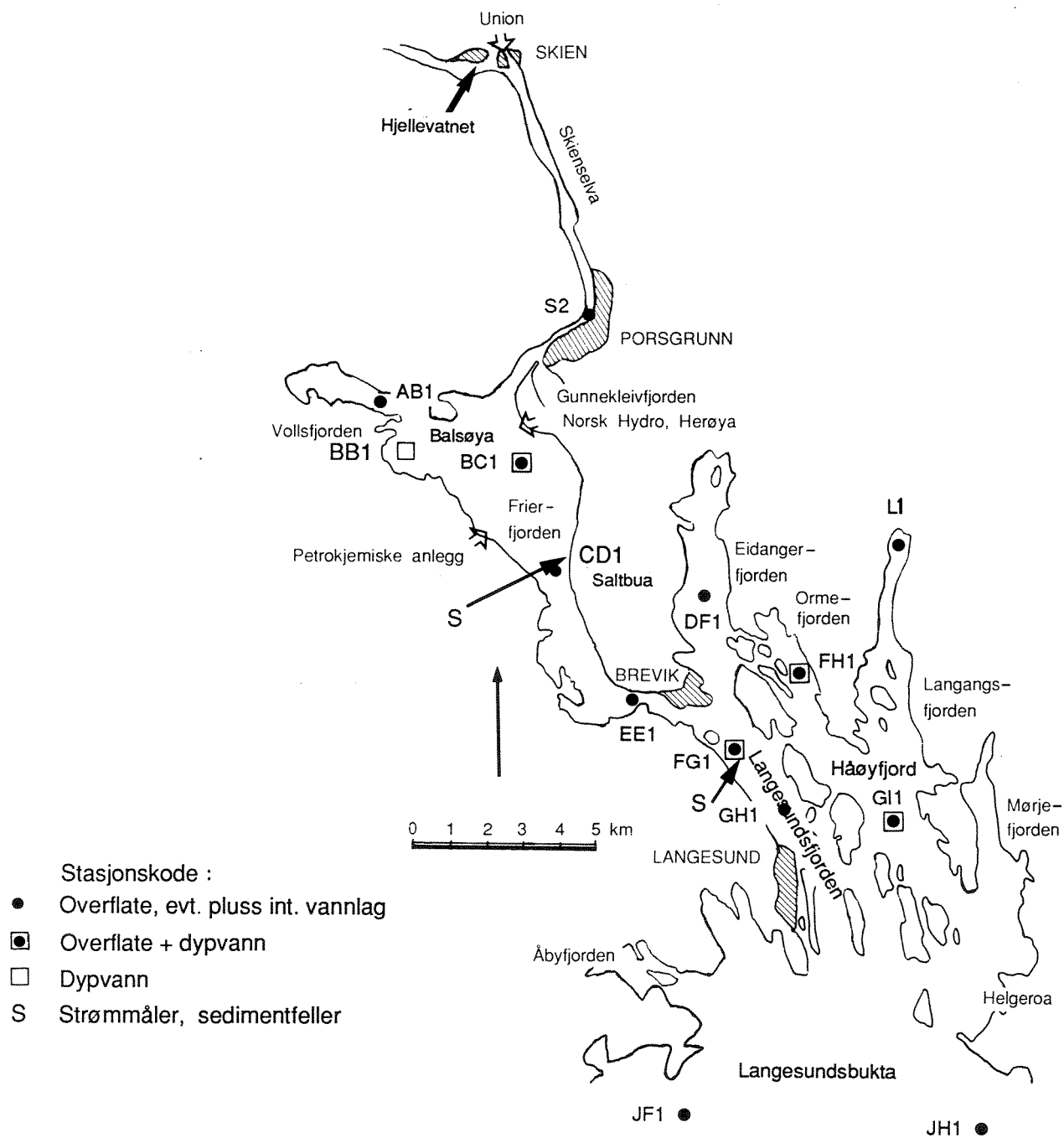


Fig. 1.1. Oversiktskart over Grenlandsfjordene. Stasjoner for det hydrokjemiske måleprogrammet er inntegnet.

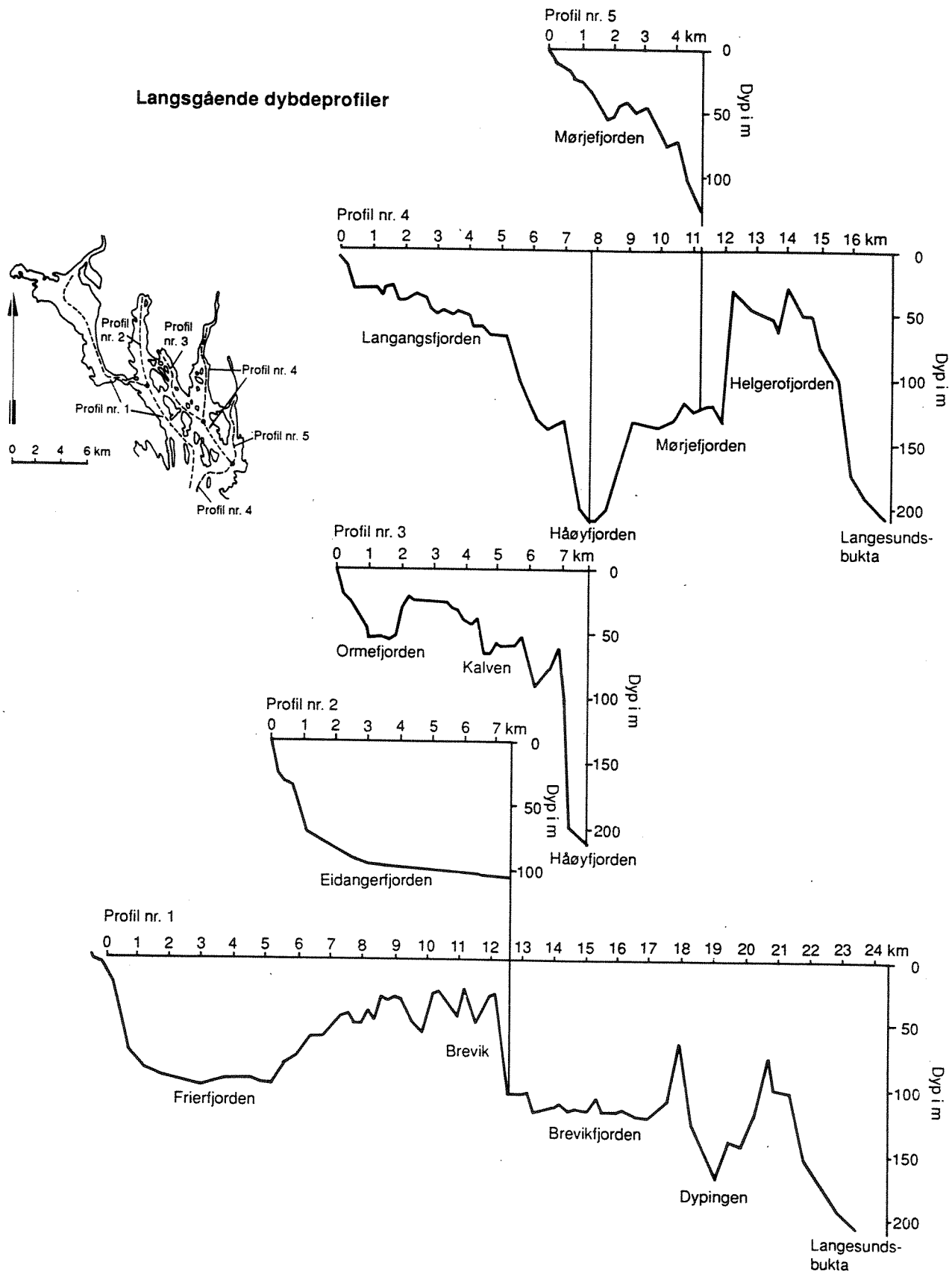


Fig. 1.2 Langsgående dybdeprofiler.

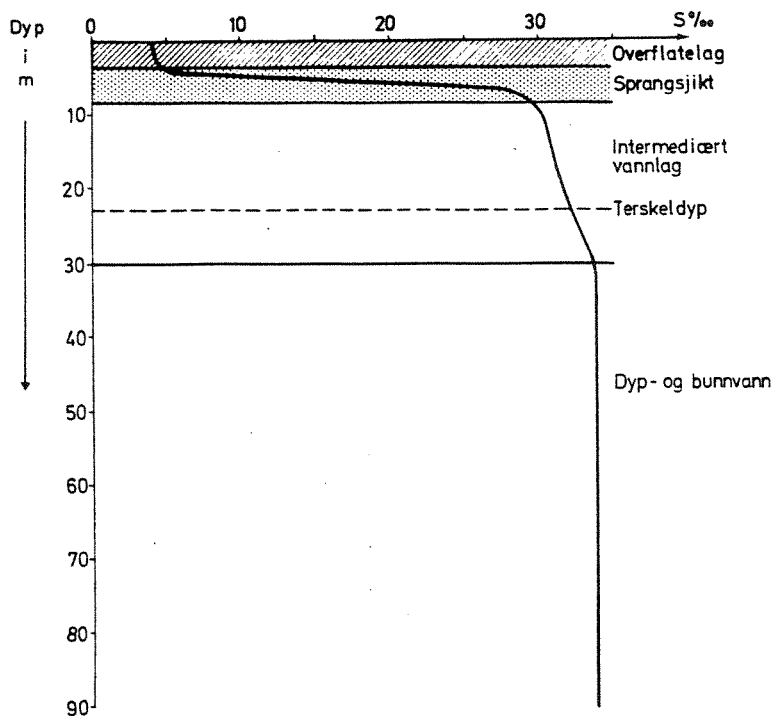


Fig. 1.3 Vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser.

Forurensningstilførsler:

Ved undersøkelser siden begynnelsen på 70-tallet er det vel dokumentert at utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann til Skienselva og Frierfjorden, belaster disse med store mengder næringssalter og organisk stoff. Utslippene går til elvas og fjordens overflatelag, der strømmen raskt bringer stoffene videre til fjordområdet utenfor Brevik. Situasjonen er dermed at disse utslippene forurensrer både innenfor Brevik og områdene utenfor.

Eutrofiprojektet omfattet en kartlegging og sammenstilling av tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff til de forskjellige deler av Grenlandsfjordene (Ibrekk og Gulbrandsen, 1989). En nærmere omtale av resultatene gis i kap. 3.

2. ARBEIDSPROGRAMMET

Arbeidsprogrammet besto av to hoveddeler:

- I. **ajourføring av eutrofisituasjonen i fjordområdet**
- II. **utarbeidelse av dose - responsmodeller for kvantifisering av sammenheng mellom belastning og miljøtilstand.**

Fra starten av ble undersøkelsen inndelt i en rekke delprosjekter som hver hadde sin spesifikke målsetting. Disse delprosjektene omtales helt kort nedenfor. For en fullstendig beskrivelse av arbeidsprogrammene henvises til de enkelte delrapportene (se litteraturliste eller rapportomslaget 4. side), eller til programmet for undersøkelsene (Molvær et al. 1988).

Kartlegging og kvantifisering av forurensningstilførsler:

Hovedvekten ble lagt på en kartlegging, kvantifisering og fordeling på hovedkilder av utslipp av fosfor, nitrogen og organisk stoff til Skienselva og de forskjellige fjordområdene i 1988-89. Utslippene av miljøgifter ble bare dekket i mindre grad.

Undersøkelser av vannskiftningen i fjordene:

Vannskiftningen i de forskjellige delene av Grenlandsfjordene ble undersøkt i tidsrommet februar 1988 til august 1989 ved tette hydrografiske måleserier og strømmålere i Frierfjordens søndre del og i Brevikfjorden (se fig. 1.1). Resultatene ble jevnført med tidligere målinger, og anvendt i modellutviklingen. Beregninger av typisk oppholdstid ble utført for overflatelag, intermediært lag og for dypvannet (jfr. tabell 1.1).

Biomasse og suspendert stoff i overflatelaget - Næringssalter og begrensende faktorer for algevekst:

Undersøkelsene omfattet tidsrommet februar 1988-september 1989. Stasjonene er vist på fig. 1.1. Prøvetakingsfrekvensen på hovedstasjonene (BC1, FG1, FH1 OG GI1) var ca. gang/uke i sommerperioden og 1-2 ganger/måned resten av året. På de øvrige

stasjonene ble det innsamlet prøver 1-2 ganger /måned. Prøvene ble tatt mellom overflaten og 20 m dyp, med hovedvekt på brakkvannslaget. De ble analysert mht. fosfor- og nitrogenforbindelser og klorofyll a. Begrensede næringssalter ble undersøkt eksperimentelt ved to anledninger i 1988 og en gang i 1989. Temperatur, saltholdighet og siktedyp ble målt ved alle tidspunkt.

Undersøkelser av gruntvannssamfunn:

Sammensetningen av algesamfunnene i strandsonen ble i august 1988 og 1989 undersøkt på 12 stasjoner fra Balsøya i Frierfjorden til Åbyfjorden mot Langesundsbukta. I tillegg ble det utført analyser av blæretang mht. innhold av nitrogen og fosfor. Resultatene ble sammenlignet med data fra tilsvarende undersøkelser i 1974-76 og i 1880-81.

Organisk belastning og oksygenforbruk i dypvannet:

Sedimentfeller ble i tidsrommet 17.2.88 - 13.10.89 utplassert i 20 m og 80 m dyp ved Saltbua i Frierfjordens søndre del og ved st. FG1 i Brevikfjorden. Sedimentfellene ble tømt med 4-8 ukers mellomrom. Formålet var å kvantifisere mengde og type av sedimenterende organisk materiale i Frier- og Brevikfjorden.

Bløtbunnsfauna i Håøyfjorden:

Arbeidet omfattet opparbeidelse av prøver innsamlet i Håøyfjordens dypbasseng høsten 1987, samt rapportering av resultatene.

Siktedyp og optiske størrelser i Skienselva:

For å skaffe bedre kunnskap om hvilke faktorer som er av betydning for siktedypet i Skienselva og i Frierfjorden, ble det i 7. august 1990 gjort en studie av dette.

Undersøkelsen omfattet hydrografiske og in situ optiske målinger samt analyser av innsamlede vannprøver på 13 stasjoner på strekningen Hjellevatnet - Volls fjorden.

Utarbeidelse av dose - respons modeller:

For kvantitativt å kunne vurdere effektene som reduserte utslipp av næringssalter vil ha på overflatevannets egenskaper (næringssaltkonsentrasjoner - algevekst - siktedyp), samt

på oksygenforhold i bassengvannet, ble det utarbeidet en matematisk modell. Modellen er bygget opp av matematiske beskrivelser av fjordområdet topografi, de viktigste fysiske, kjemiske og biologiske prosessene samt utveksling av materiale og energi gjennom grenseflatene mot omgivelsene. En grunnmodell ble først utviklet for Frierfjorden, og deretter ble en koblet modell utarbeidet for hele Grenlandsfjordområdet.

Foruten rapporten for Frierfjorden, er egne delrapporter utarbeidet for Eidangerfjorden - Langesundsfjorden, Ornefjorden og Håøyfjorden.

3. HVILKE SPØRSMÅL HAR UNDERSØKELSEN GITT SVAR PÅ?

3.1 Hvor store var forurensningstilførslene i 1988-89?

Tabell 3.1 og tabell 3.2 sammenstiller resultatene fra undersøkelsen av forurensningstilførsler i 1988-89 :

Tabell 3.1. Tilførsler av fosfor og nitrogen til Grenlandsfjordene i 1988 i tonn/år.
(Ibrekk og Gulbrandsen, 1989).

Delområde:	Tot-P	Tot-N	TOC
Delområde I - Volls fjorden	1,0	11	74
Delområde II - Frierfjorden	151,0	6655	5348 *
Delområde III- Eidangerfjord.	4,6	90	162
Delområde IV - Ormefjorden	0,3	6	16
Delområde V - Langesundsfj.	6,3	70	117
Delområde VI - Langangsfjord.	0,8	19	55
Delområde VII- Mørjefjorden	3,5	43	99
Sum tilførsler til Grenlandsfj.	167,5	6894	5871 *

* Eksklusivt bidrag fra Skienselva oppstrøms Klosterfossen og Leirkupvassdraget.

Tabell 3.2 Tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff til Grenlandsfjordene i 1988 fordelt på kilder (tonn/år og prosentvis, fra Ibrekk og Gulbrandsen, 1989).

Kilde	Fosfor		Nitrogen		Organisk stoff	
	Tot-P	%	Tot-N	%	TOC	%
Elver	51,8	31	3405	49	298*	
Kommunal kloakk	70,8	42	489	7	1073	
Industri	37,6	22	2745	40	3895	
Landbruk	1,6	1	59	1	114	
Skog-/naturområder	1,5	1	44	1	289	
Nedbør på sjø	1,9	1	71	1		
Andre kilder:	2,6	2	82	1	202	
SUM TILFØRSLER:	167,5	100	6894	100	5871	

* Mangler data for Skienselva oppstrøms Klosterfossen og Leirkupvassdraget

Kommunalt kloakk stod for mer enn 2/3 av fosfortilførselen. Vi minner om at dette inkluderer både husholdningskloakk og en del industrielt avløpsvann. For nitrogen er industrien den største utslippskilden, men transporten ned gjennom vassdraget utgjør hoveddelen av tilførslen.

Fig. 3.1 gjengir hvordan den antropogene tilførslen av nitrogen og fosfor til fjordområdet har endret seg siden forurensningstilstanden i Grenlandsfjordene første gang ble undersøkt i 1976-77.

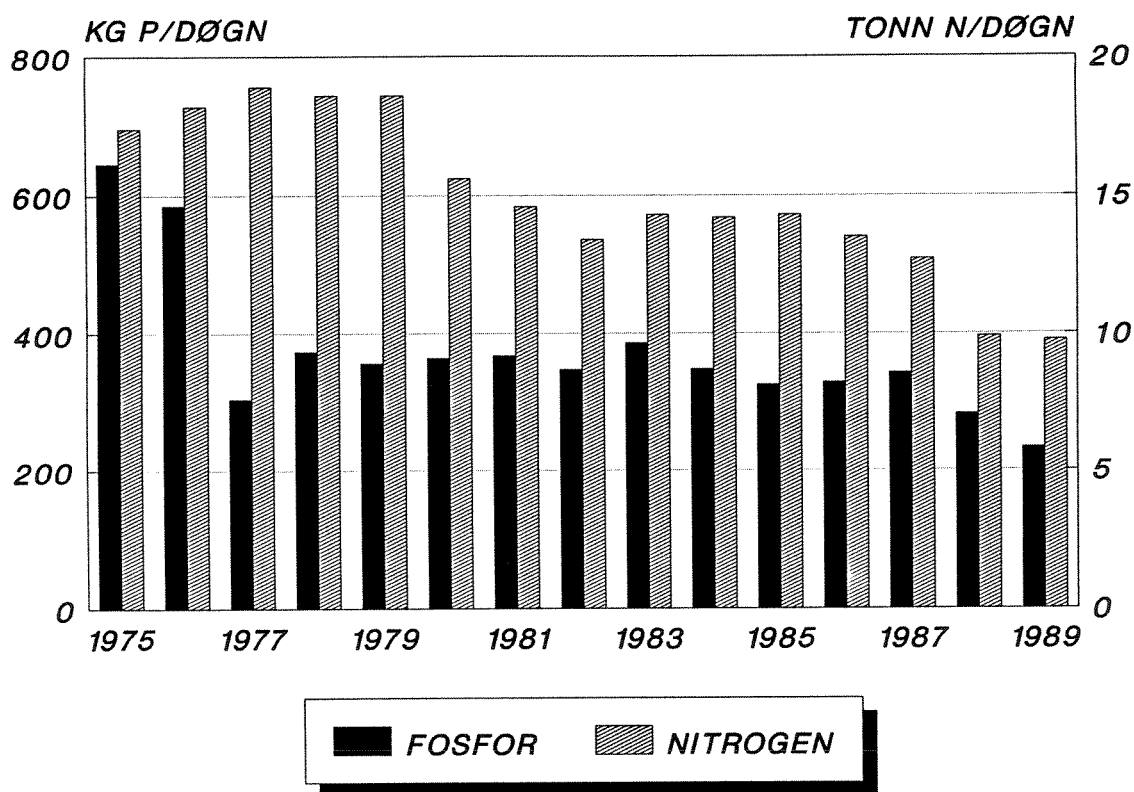


Fig. 3.1 Årsutslipp av fosfor og nitrogen til Skienselva og Frierfjorden i tidsrommet 1976-89 (kilde SFT).

Vi ser at utslippene har endret seg mye, i alt vesentlig som følge av reduserte utslipp fra industri. Nitrogenutslippene er redusert med ca. 45% og fosforutslippene med ca. 65%. Betydningen av ytterligere reduksjoner i 1990-91 blir behandlet senere i rapporten.

Fig. 3.2 viser modellberegninger av hvordan utslippet av 93.5 tonn fosfor til Frierfjorden i perioden 10. mars til 24. september 1988 ble transportert gjennom Grenlandsfjordene og til kystvannet. Det uorganiske fosforet (UP) ble i stor grad omdannet til brakkvannsplankton i Frierfjorden, men også i Langesundsfjorden - Eidangerfjorden. Uorganisk fosfor transporteres fra Frierfjorden via Langesundsfjorden til Ornefjorden og Håøyfjorden.

I samtlige fjorder utenfor Frierfjorden var det stor produksjon av marint plankton (MP). Eksporten til Langesundsbukta av uorganisk fosfor var i dette tidsrommet faktisk noe mindre enn eksporten av fosfor bundet i plankton. Eksporten ut av fjordene kan i en periode være større enn tilførselen hvis det i denne perioden skjer en utskiftning av dypvann med høyt innhold av uorganisk fosfor. Dette var tilfellet i Frierfjorden og Langesundsfjorden - Eidangerfjorden. Vi understreker at stoffbudsjettet i fig. 3.2 gjelder for et tidsrom med betydelig algevekst i vannmassene. I vinterhalvåret vil en mye større andel av fosforet være i uorganisk form.

3.2 Hvordan var eutrofitilstanden i fjordområdet i 1988-89?

For å kunne bedømme eutrofitilstanden i Grenlandsfjordene må man kjenne de naturgitte forholdene. I denne sammenheng er det naturlig å skjelne mellom områdene innenfor og utenfor Brevik. Innenfor Brevik er overflatelaget karakterisert av lav saltholdighet, kort oppholdstid og høy turbiditet (uklart vann). Dette er faktorer som gir et ugunstige forhold for algevekst i vannmassene og i strandsonen.

Utenfor Brevik er saltholdigheten betydelig høyere, oppholdstiden er gjennomgående lenger og turbiditeten lavere (lokale variasjoner). Dette gir bedre grunnlag for algevekst enn innenfor Brevik, unntatt i deler av enkelte sidefjorder når det gjelder fastsittende alger. Vi vil ellers minne om at utslippene av næringssalter har avtatt noe siden 1988-89, og at og at tilstanden dermed kan være litt forbedret i forhold til den følgende beskrivelsen.

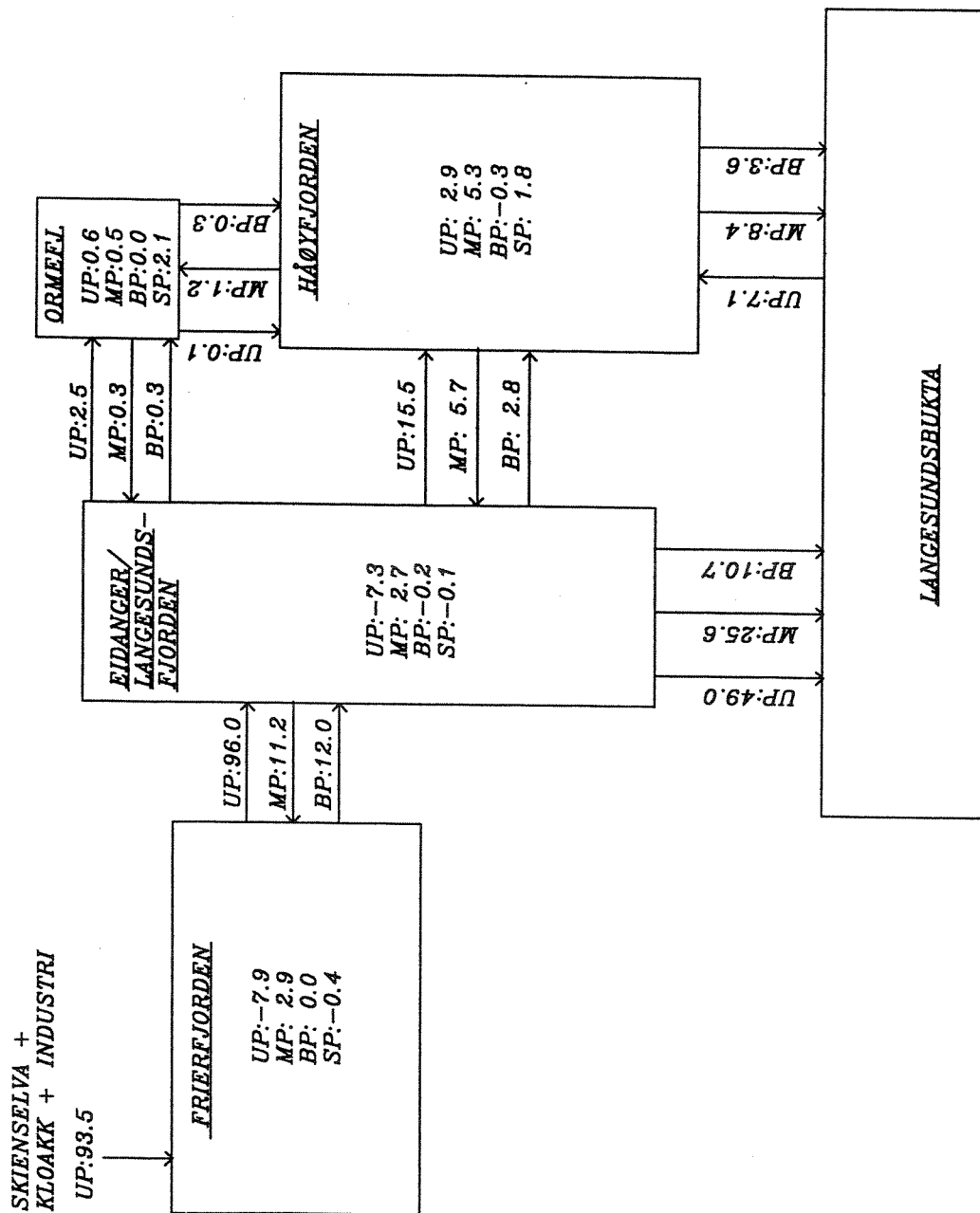


Fig. 3.2

Modellberegning av transporten av uorganisk fosfor (UP), fosfor i brakkvannplankton (BP) og fosfor i marint plankton (MP) mellom de ulike Grenlandsfjordene - og mellom disse og kystvannet (Langesundbukta). Beregningen gjelder tidsrommet 10.3 - 24.9 1988. Forandringer i mengden av fosfor i de tre nevnte formene samt fosfor i sediment (SP) er også gitt. Fosfor i trefiber vises ikke i figuren. Alle tall er i tonn.

3.2.1 Hva var begrensende faktor for planktonalgeveksten?

Analyser av planteplankton for påvisning av næringsbegrensning i 1988 og 1989 viste ingen tegn til nitrogenbegrensning, og bare i ett tilfelle klare indikasjoner på fosforbegrensning. Analyser av næringssalter i brakkvannslaget i sommerhalvåret viste enkelte tilfeller med fosfatkonsentrasjoner under deteksjonsgrensen på 0.5 µgP/l, og mange tilfeller med fosfatkonsentrasjon i intervallet 0.5-2 µgP/l. Slike situasjoner ble oftest påvist utenfor Brevik. Totalt tyder dette på at planktonproduksjonen i fjordområdet ved utslippsmengdene i 1988-89 sjelden var næringsbegrenset, men at underskudd på fosfor i enkelte situasjoner kunne være begrensende. At lave fosfatkonsentrasjoner var vanlig, tyder på at nytteverdien av ytterligere tiltak for å redusere fosforutslippene kan være stor.

I 1988-89 var det altså vanligvis ikke næringsmangel som regulerte algebestandene, og en kombinasjon av andre faktorer:

- * uklart vann: slipper lite lys ned gjennom vannsøylen, og gjør at algeveksten i stor grad konsentreres om brakkvannslaget. Denne effekten har mest betydning i Frierfjorden og Volls fjorden, men er også viktig i fjordområdet utenfor Brevik.
- * lav saltholdighet: er ugunstig for marint planteplankton, samtidig som at saltholdigheten er høy nok til også å virke veksthemmende for ferskvannsplankton som tilføres fjorden fra Skienselva. Størst betydning innenfor Brevik.
- * kort oppholdstid: gir planktonet liten tid til å formere seg og bygge opp større bestander. Størst betydning i Frierfjorden og i Brevik - Langesundsfjorden, der oppholdstiden er kortest.
- * dyreplanktonets beiting på planteplanktonbestandene: er ganske sikkert viktig, men man vet ikke hvilken betydning dette har i Grenlandsfjordene. Innenfor Brevik er det sannsynlig at betydningen av beiting er størst i Volls fjorden, der oppholdstiden er relativt lang.

Totalt sett tyder resultatene på at reduksjonen i næringssalttilførslene fram til 1988-89 har hatt forholdsvis liten virkning på forekomsten av planteplankton i overflatevannet i Grenlandsfjordene. Næringstilgangen var fortsatt gjennomgående god, spesielt i Frierfjorden. Størst effekt har reduserte utslipp av fosfor trolig hatt for å begrense de oppblomstringene av planteplankton i fjordområdet utenfor Brevik.

Utslippsreduksjonene kan imidlertid også ha bidratt til redusert algevekst i kystvannet, der man på begynnelsen av 80-tallet påviste at utslippene til Grenlandsfjordene medførte klart forhøyede nitrogenkonsentrasjoner sørover til Risør. Nytteverdien av ytterligere utslippsreduksjoner blir diskutert i kapittel 4.

3.2.2 Hva bestemmer siktedypet i fjordområdet?

Frierfjorden og Vollsfjorden:

Porsgrunn Havnevesen har målt siktedypet i Frierfjorden ukentlig siden 1977.

Variasjonene gjennom året har vært forholdsvis små. Vinterstid har gjennomsnittlig siktedyp vært mindre enn 4 m, og bare ca. 1 m større enn sommerstid. Dette viser at siktedypet i Frierfjorden i stor grad har blitt bestemt av tilførsler av partikulært og oppløst materiale som i hovedsak tilføres gjennom Skienselva hele året, og delvis som direkte utslipp til fjorden. Planteplankton er grunnen til at gjennomsnittlig siktedyp sommerstid ble redusert med ca. 1 m.

Resultatene av siktedypmålingene i 1988-89 er sammenfattet i fig. 3.3, der også SFTs kriterier badevann er lagt inn. Kriteriene framgår av nedenforstående tabell (SFT, 1990). Vi minner om at Helsedirektoratet setter minimum 2-3 m siktedyp som krav til godt badevann (Helsedirektoratet, 1976). Innenfor Brevik tilsvarte siktedypet vanligvis klasse 2.

Vannkvalitets-klasse	Siktedyp, meter
1: Godt egnet for bading	>5
2: Egnet for bading	3 - 5
3: Mindre egnet for bading	1 - 2.9
4: Ikke egnet for bading	<1

Årstidsvariasjonene er relativt små, og fig. 3.4 viser årsmidler for 1974-90. Etter en gradvis forverring etter 1977 fram til midten av 80-tallet, ble siktedypet vesentlig bedre i løpet av annet halvår 1989. Forbedringen ble opprettholdt i 1990 og i 1991. Resultatet skyldes uten tvil et samspill av flere faktorer, men reduserte utslipp av oppløst og partikulært materiale ansees som en hovedgrunn.

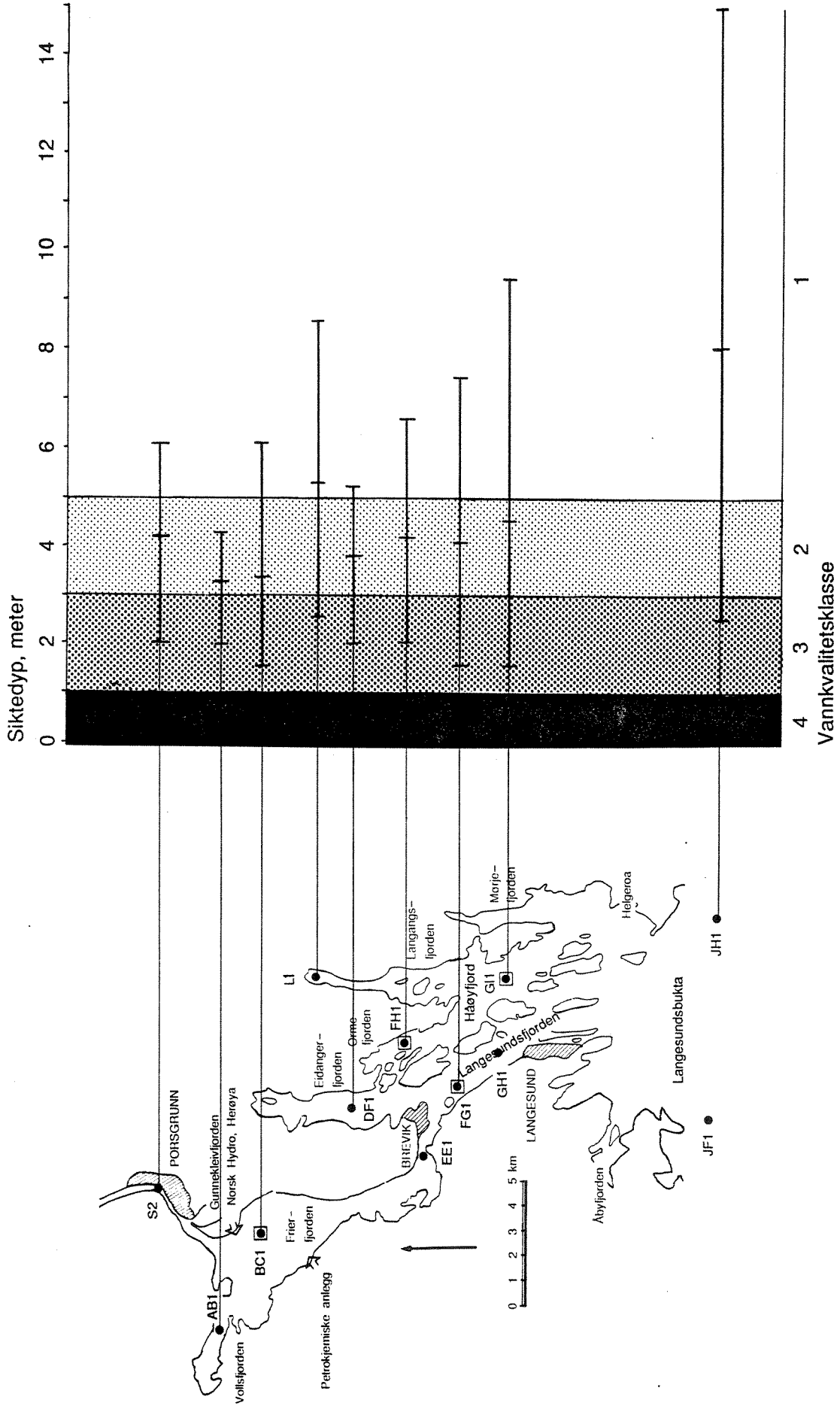


Fig. 3.3 Statistisk framstilling av siktedyp i Grenlandsfjordene mai-september i 1988 og 1989. For hver stasjon er vist: minimum, gjennomsnitt og maksimum.

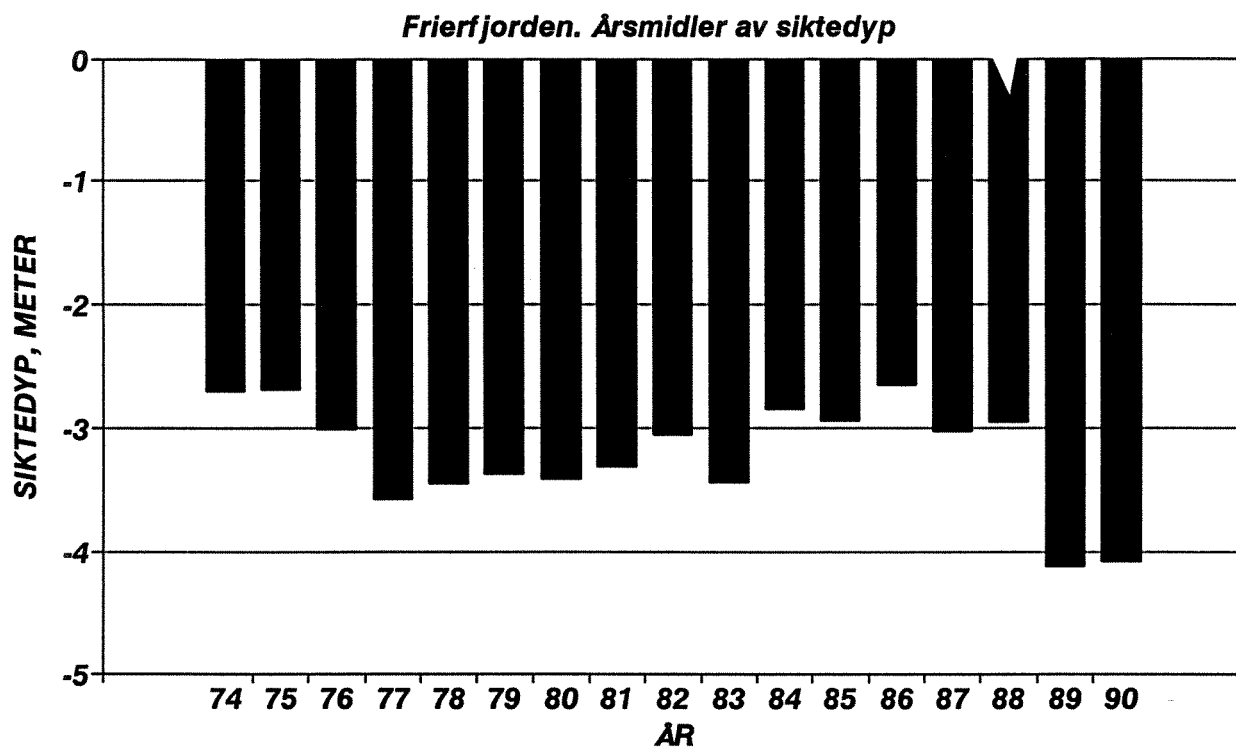


Fig. 3.4 Årsmidler av siktedypet i Frierfjorden for tidsrommet 1974-90. Markert forbedring i 1989-90.

Fjordområdet utenfor Brevik:

I dette området er variasjonene med tiden er langt større enn for Frierfjorden (se fig. 3.3). Dette viser at planteplankton spiller en betydelig større rolle enn tilfellet er i Frierfjorden. Gjennomsnittlig siktedyp sommerstid i 1988 og 1989 tilsvarte vannkvalitetsklasse 2.

Målinger viser ellers at det er en tydelig samvariasjon mellom siktedyp i Frierfjorden og i Brevikfjorden. Dette er ikke overraskende når man tenker på den store strømmen av brakkvann ut fra Frierfjorden til Brevikfjorden.

3.2.3 Hva bestemmer oksygenforholdene i dypvannet?

Oksygenforholdene i en fjords vannmasser er bestemt av forholdet mellom oksygentilførsel og oksygenforbruket. Begge faktorer varierer med tiden, og er forskjellige for de forskjellige vannmassene (overflatelag, intermediært lag, dypvann).

Tersklene i fjordområdet (jfr. fig. 1.2) gjør at fornyelsen av dypvannet innenfor disse er liten og foregår med ujevne mellomrom. Med andre ord er oksygentilførselen liten: naturgitte forhold gjør dypvannet sårbart for belastning med organisk materiale som forbruker oksygen når det nedbrytes. Spesielt gjelder dette dypvannet i Frierfjorden og Ormefjorden, som begge har to terskler mellom seg og kystvannet.

Frierfjorden og Volls fjorden:

Analyser av sedimentkjerner tatt i forbindelse med undersøkelsen i 1974-76 tydet på at oksygenvikten i Frierfjorden inntraff i tidsrommet 1860-80, dvs. i det tidsrommet da treforedlingsindustrien for alvor etablerte seg i nedre del av Skiensvassdraget (Molvær et al., 1979). Det første observasjoner av hydrogensulfid ble gjort i 1898 (Hjort og Dahl, 1900).

Målinger av sedimentasjon i 1988-89 viste at i Frierfjordens dypvann og på sedimentoverflaten årlig ble nedbrutt ca. 685 tonn organisk karbon. Av dette kom ca. 85 % fra utslipp og avrenning fra land, og resten fra produksjon av organisk materiale i fjordområdet. Nedbrytning av dette materialet krevde ca. 2000 tonn oksygen pr. år. Fig. 3.5 illustrerer den resulterende balansen mellom dette oksygenforbruket og oksygentilførselen gjennom vannutsiftninger. Fordi dypvannet ligger bak terskelen ved Brevik går det perioder på 1-3 år uten større fornyelser. Mot slutten av slike stagnasjonsperioder vil det være råttent vann (hydrogensulfid) opp til ca. 55-60 m dyp.

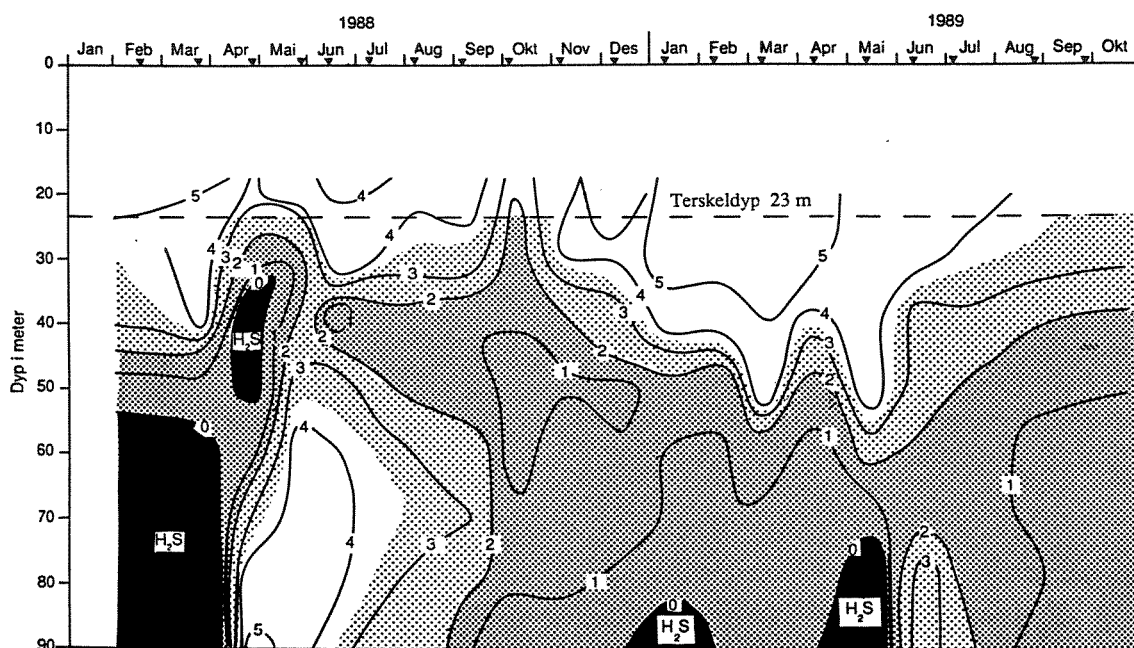


Fig. 3.5 Oksygenkonsentrasjoner i Frierfjordens dypvann februar 1988 - september 1989. Figuren viser en stor vannutskiftning i april 1988 og en mindre i april-mai 1989. Bedømmelseskriterier:

Vannkvalitetsklasser:	
Dårlig -	
Kritisk -	
H ₂ S -	

Fjordområdet utenfor Brevik:

Dypere enn 20 m og på sedimentoverflaten ble det i Brevikfjorden nedbrutt ca. 500 tonn organisk materiale pr. år i 1988-89. Halvparten var marint materiale, altså en langt større andel enn i Frierfjorden. Nedbrytning av det organiske materialet krevde ca. 1750 tonn oksygen årlig, dvs. noe mindre enn i Frierfjorden.

Oksygenforholdene i 1988-89 vises i fig. 3.6, og på samme måte som for Frierfjorden framgår vekslingene mellom fallende konsentrasjoner i perioder med liten vannutskiftning, og rask økning til 5-6 mlO₂/l etter større dypvannsfornyelser. Senhøstes er det vanlig at oksygenkonsentrasjonen nær bunn blir omkring 2-2.5 mlO₂/l. Som figuren viser ble det målt mindre enn 1.5 mlO₂/l i september 1988. Dette er det laveste som er registrert siden overvåkingsprogrammet begynte i 1974, men er uheldigvis også en måleserie som det hefter noe tvil ved (Molvær og Stigebrandt, 1991).

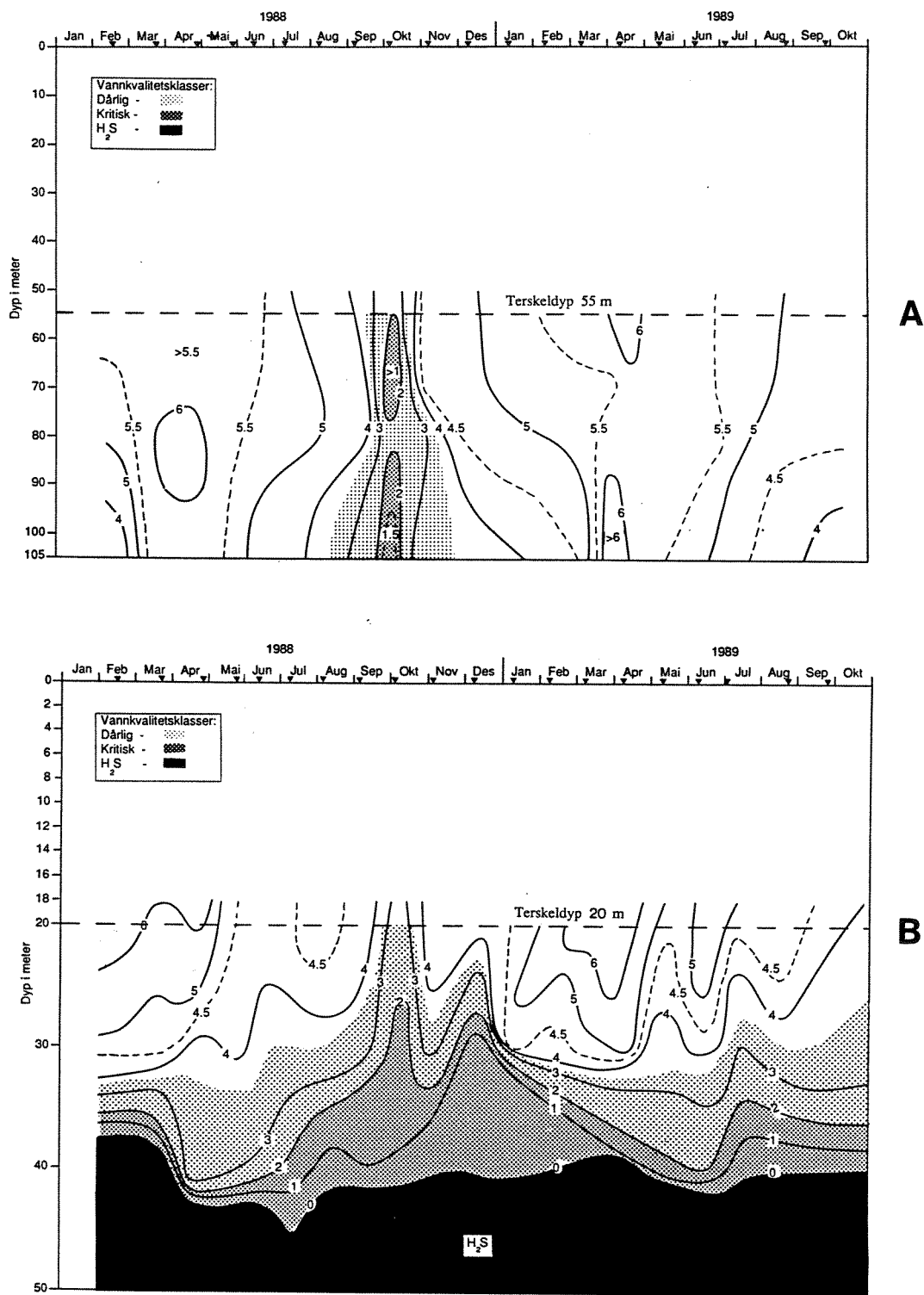


Fig. 3.6 Oksygenforhold i (A) Langesundsfjordens og (B) Ornefjordens dypvann.

> 3.5 mlO₂/l: gode forhold
 2-3.5 mlO₂/l: dårlige forhold
 0-2 mlO₂/l: kritiske forhold

Oksygenforholdene i Ornefjorden og i Håøyfjorden vises på fig. 3.6 og 3.7.

Dypvannet i begge fjordbasseng var i alt vesentlig stagnant i fra februar 1988 til september 1989, med dårlige til kritiske oksygenforhold. Storparten av tiden hadde Ornefjorden hydrogen sulfid mellom ca. 40 m dyp og bunn, og kritiske forhold opptrådte til ca. 30 m. Oksygenforholdene i Ornefjorden er ikke undersøkt før.

I Håøyfjorden ble ikke registrert hydrogen sulfid, men fra et biologisk synspunkt er det bekymringsfullt at hele vannmassen mellom ca. 40 m og 210 m dyp periodevis gjennomgår kritiske oksygenforhold. Tilstanden er ikke av ny dato. I mars 1974 ble det påvist kritiske forhold under ca. 70 m dyp, og $0.9 \text{ mlO}_2/\text{l}$ i 190 m (Nilsen et al. 1974).

Fig. 3.8 viser hvilke områder i fjordområdet som periodevis omfattes av kritiske og dårlige oksygenforhold.

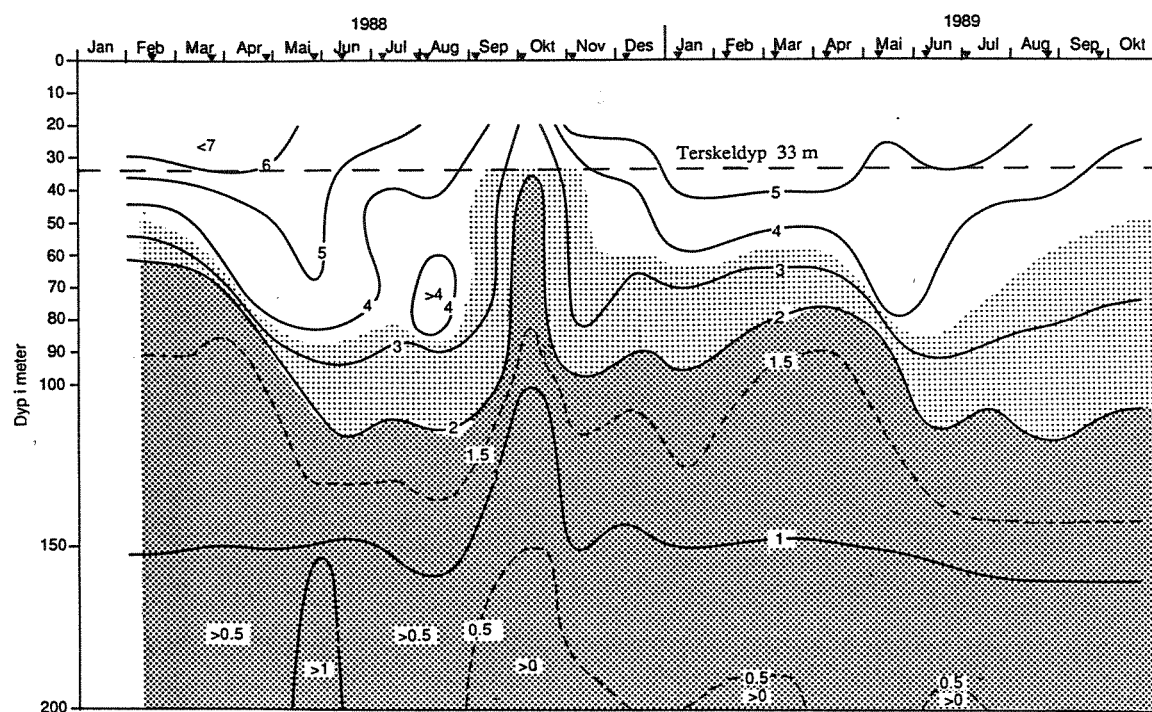


Fig. 3.7 Oksygenforhold i Håøyfjordens dypvann.

Vannkvalitetsklasser:	
Dårlig	- [stippled pattern]
Kritisk	- [cross-hatched pattern]
H ₂ S	- [solid black pattern]

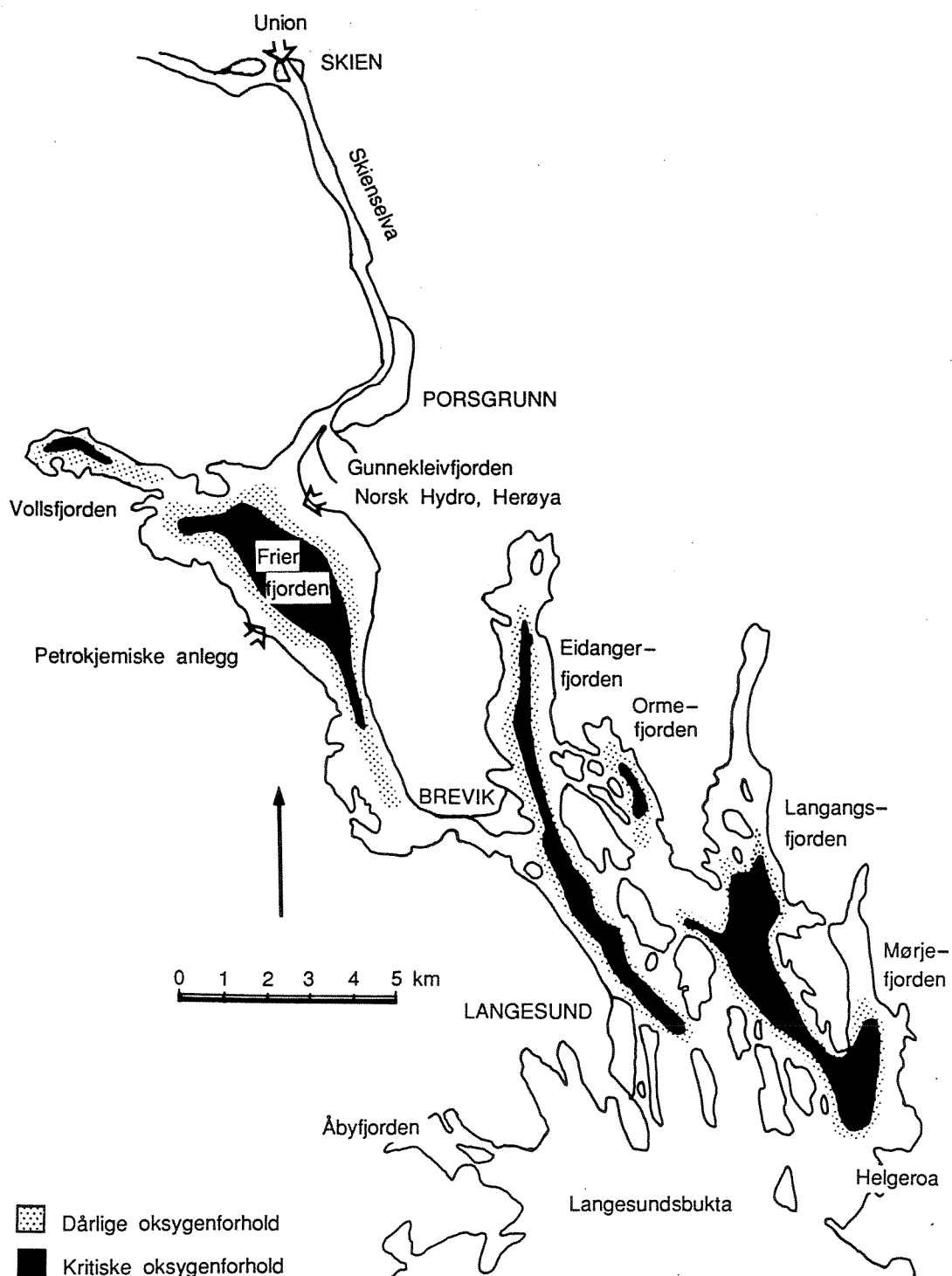


Fig. 3.8 Områder som mot slutten av stagnasjonsperioder har hydrogensulfid-kritiske (mørk raster) eller dårlige (lysere raster) oksygenforhold.

3.2.4 Hvordan var organismesamfunnene i strandsonen?

Organismesamfunnene i strandsonen avspeiler et samlet resultat av en rekke miljøfaktorer, hvorav næringstilgang, ferskvannspåvirkning, partikkelmengde i vannet (nedslamming, lysforhold) og bunnssubstrat er de viktigste. I bedømmelsen av resultatene fra undersøkelsene av gruntvannssamfunnene er brukt flere metoder. En metode er å bedømme fordelingen mellom gruppene brunalger, rødalger og grønnalger (fig. 3.9). Frierfjordstasjonene (A13, A15, A16 og A17) skiller seg ut ved bare et fåtall arter, og for tre av stasjonene bare grønnalger. Dette må primært tilskrives den sterke ferskvannspåvirkningen, som gjør de øverste 4 m generelt uegnet for marine organismer.

Utenfor Brevik er algesamfunnene artsrikere, med jevnere fordeling mellom algegruppene. Dette er i samsvar med avtakende ferskvannspåvirkning. Den generelle konklusjonen er gruntvannssamfunnene i stor grad preges av ferskvannspåvirkning og bare i moderat grad av overgjødning. I varierende grad sees også effekter av liten vannutskifting og nedslamming, f.eks. på st. A5 i Mørjefjorden.

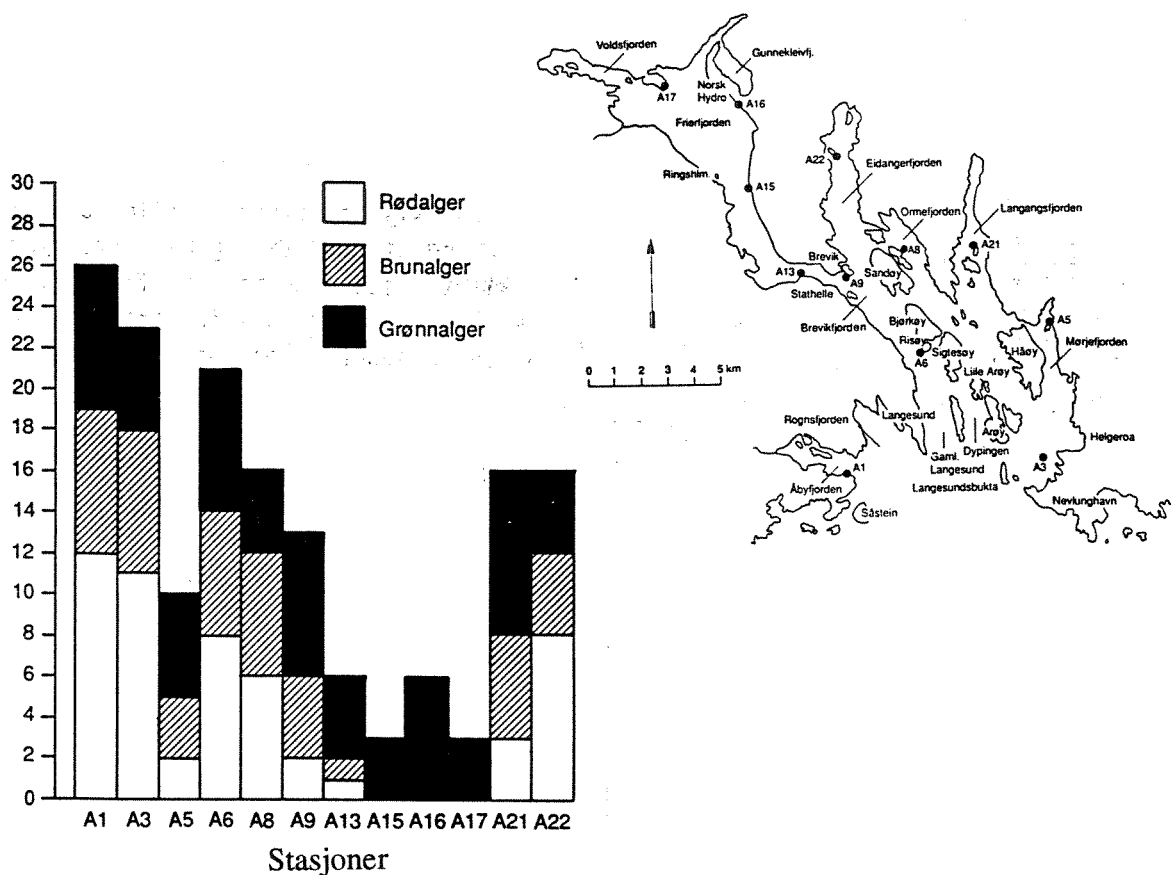


Fig. 3.9 Antall arter av brunalger, rødalger og grønnalger i 0-2 m dyp i Grenlandsfjordene i 1988-89. Bare grønnalger i selve Frierfjorden.

3.3 Har gjennomførte utslippsreduksjoner hatt virkning?

Det er ikke tvil om at utslippsreduksjonene har forbedret forholdene i fjordområdet. I første rekke er dette dokumentert for Frierfjorden:

Lavere næringssaltkonsentrasjoner i overflatelaget:

I Volls fjorden og Frierfjorden var typiske konsentrasjoner av nitrogen og fosfor i 1988-89 henholdsvis ca. 40% og 20-30% lavere enn på 70-tallet (fig. 3.10). Utenfor Brevik var endringene mindre og vanskeligere på påvise med statistisk sikkerhet, delvis pga. mindre datamateriale, men lavere konsentrasjoner i Brevikfjorden (st. FG1) framgår klart. Dette viser også at transporten av næringssalter fra Frierfjorden til det utenforliggende fjordområdet har avtatt.

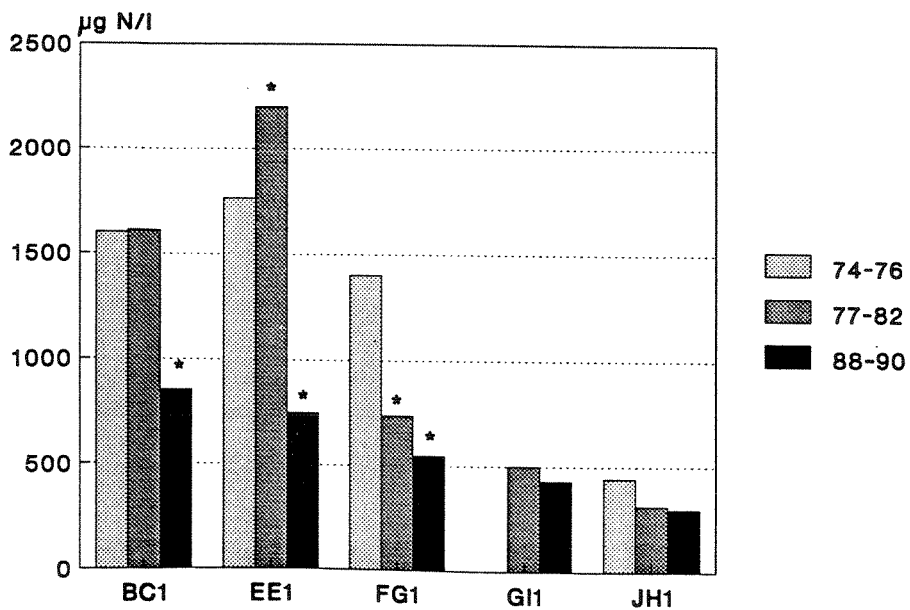
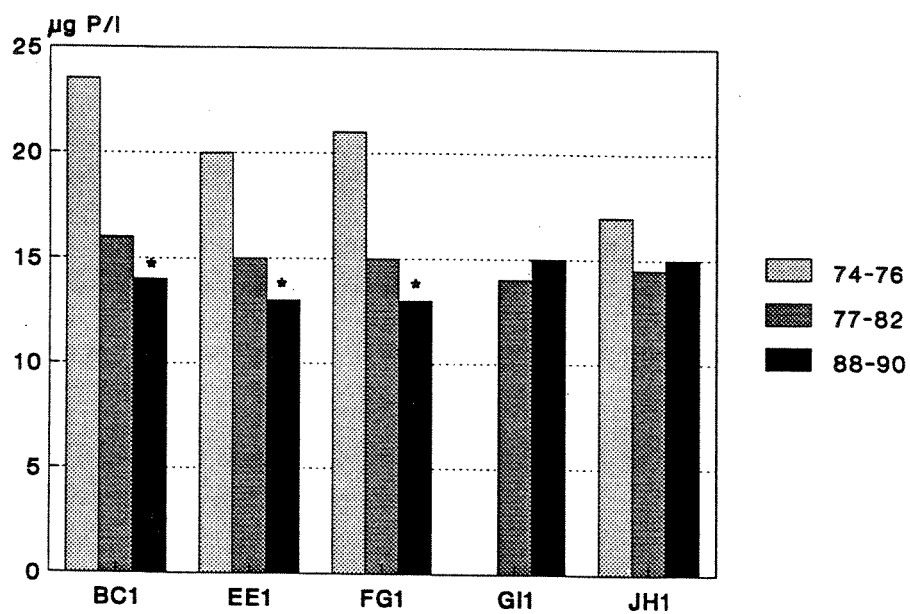


Fig. 3.10 Medianer for næringssaltkonsentrasjon i overflatelaget for tidsrommene 1974-76, 1977-82 og 1988-90. Statistisk signifikante endringer etter 1974-76 er markert med *.

A: Total fosfor

B: Total nitrogen

Forbedret siktedyp i Frierfjordens overflatelag:

Fig. 3.4 viste at siktedypet i Frierfjorden var i gjennomsnitt forbedret med mer enn 1 m i løpet av 1989. Det er ikke helt avklart hvilken rolle utslippsreduksjoner har spilt i denne sammenheng. Det er imidlertid neppe tvil om at reduserte utslipp av oppløst og partikulært materiale har spilt en stor rolle.

Tabell 3.3 oppsummerer resultat av siktedypmålinger i Frierfjorden sommerstid i 1989-91. Både som gjennomsnitt og i forhold til minimumsverdier oppfylte siktedypet vannkvalitetsklasse 2: egnet til bading (jfr. kap. 3.2.2).

Tabell 3.3. Statistikk for siktedyp i Frierfjorden sommerstid 1989-91.

Måned	Gjennomsnitt (meter)	Minimum (meter)
Mai	4.1	3.7
Juni	3.4	2.1
Juli	3.7	2.6
August	4.3	3.6

Man har ikke tilsvarende datagrunnlag for å bedømme endringer i siktedyp utenfor Brevik, og sammenligning av målinger fra tidsrommene 1974-82 og 1988-89 har ikke vist statistisk signifikante forskjeller. Når man imidlertid vet at siktedypet utenfor Brevik påvirkes av utstrømmende brakkvann fra Frierfjorden, er det rimelig å anta at det fra sommeren 1989 ble noe klarere vann også utenfor Brevik. Men fordi planktonmengden i vannet her spiller en større rolle, vil forbedringen ikke være så merkbar som innenfor Brevik.

Betydelig forbedrede oksygenforhold i Frierfjorden:

På midten av 70-tallet var det hydrogen sulfid (råttent vann) opp til ca. 40 m dyp på slutten av lange perioder med liten vannutsiftingning. Nå er denne grensen flyttet ca. 15 m dypere (fig. 3.11). Det innebærer at bunnarealet hvor hydrogen sulfid ikke regelmessig opptrer i vannsøylen over har økt med ca. 2.5 km², eller ca. 30%. Volumet av vannmassen uten utvikling av hydrogen sulfid har økt med ca. 15%.

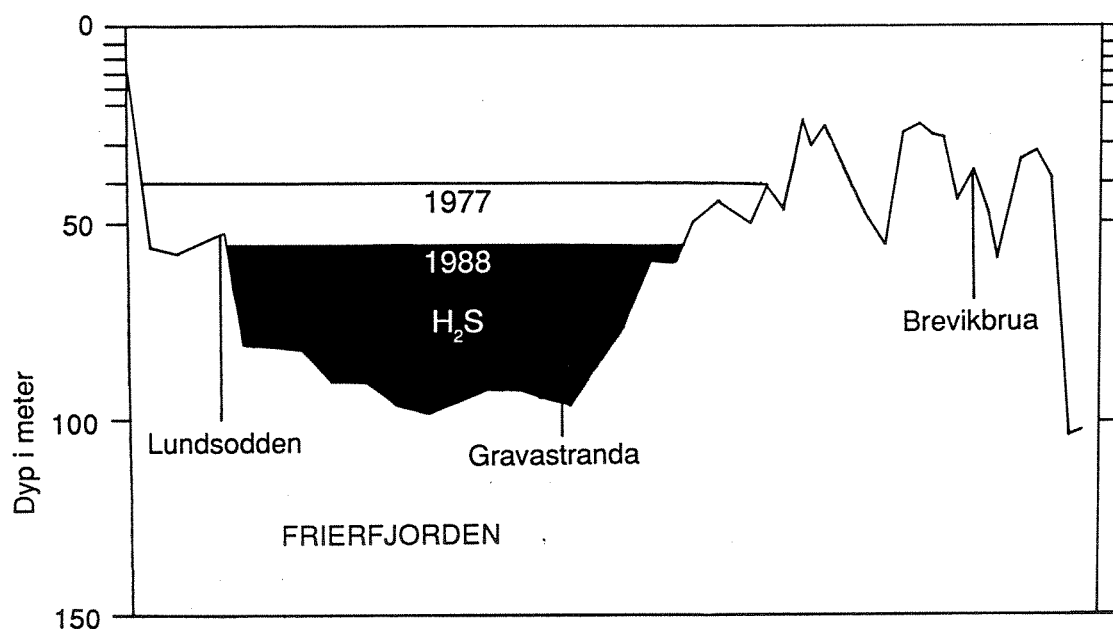


Fig. 3.11 Langsgående bunnprofil i Frierfjorden, med illustrasjon av hvor høyt opp man mot slutten av langvarig stagnasjon i dypvannet registrerte råttent vann omkring midten av 70-tallet og på slutten av 80-tallet.

I fjordområdet utenfor Brevik er det ikke mulig å påvise noen endring i oksygenforholdene siden begynnelsen av 70-tallet. Minimum-konsentrasjoner er vanligvis 2-2.5 mlO₂/l nær bunnen av Brevikfjorden i oktober-desember. For Ornefjorden er det ikke data før 1988, og fra Håøyfjorden finnes det heller ikke tilstrekkelig data fra tidligere til at man kunne vente å påvise annet enn svært store endringer. Slike endringer ble altså ikke påvist.

Betydelige forbedringer i gruntvannssamfunn:

Ved undersøkelsene i 1974-76 ble det funnet markerte til sterke effekter av overgjødning i hele fjordområdet. Undersøkelser i 1980-81 viste tydelig forbedring,

både ved høyere artsantall, mindre dominans av grønnalger i forhold til rød- og brunalger, og at nedre grense for algevekst var økt.

Undersøkelsene i 1988-89 viste imidlertid bare små og usikre endringer i forhold til 1980-81, men muligens har mengden grønnalger i Frierfjorden fortsatt å avta.

Fig. 3.12 illustrerer utvikling/tilstand i form av en forurensningsindeks for hver av stasjonene. De høyeste tallene (mest påvirkede samfunn) opptrer i Frierfjorden. De laveste verdiene er beregnet for de mest fjerntliggende stasjonene i Helgerofjorden og Åbyfjorden. Til forurensningsindeksen er knyttet sterke forbehold, og mindre utslag kan ikke tillegges vekt.

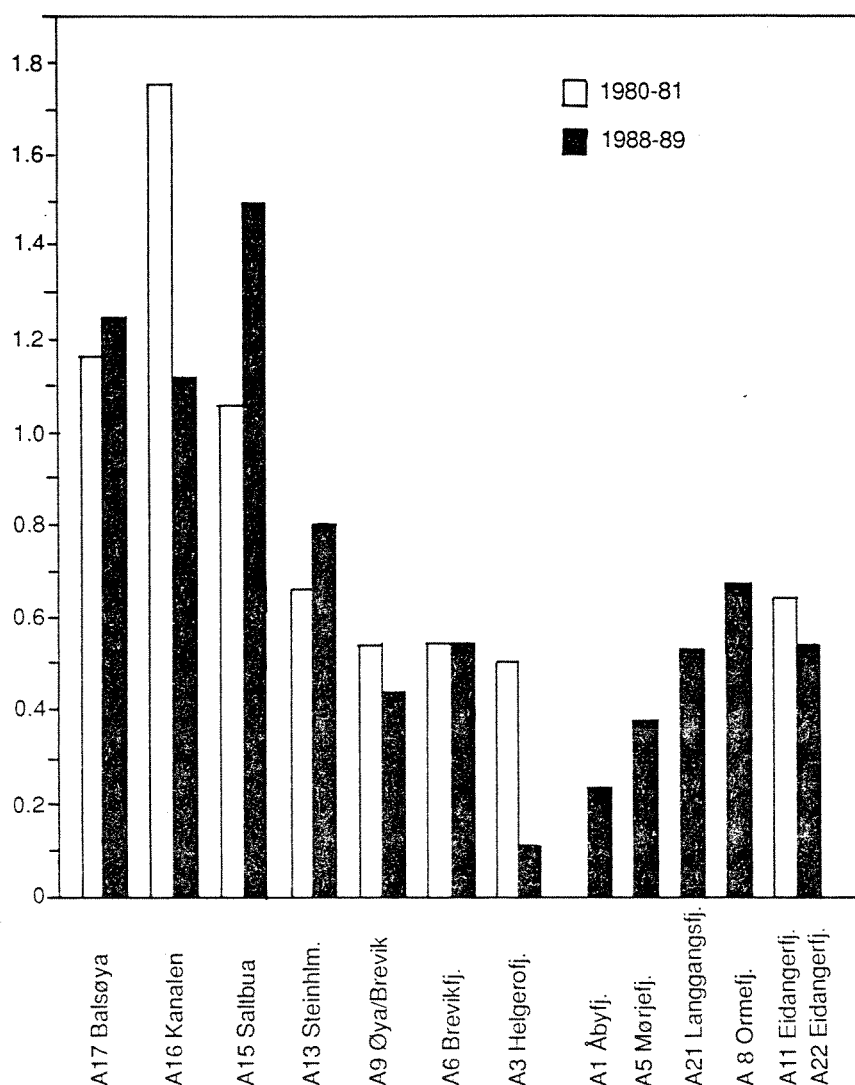


Fig. 3.12 Forurensningsindeks basert på stasjonenes algesamfunn (0-2 m) i 1980-81 og 1988-89.

3.4 Hva er realistiske mål mht. tilstanden?

I en vurdering av realistiske mål vil vi støtte oss til beskrivelse av hvordan eutrofitilstanden var i 1988-89 med daværende belastning, modellberegninger samt opplysninger om utvikling i belastning og siktedyp i 1990-91 (jfr. kap. 3.2.4). Forslag til tiltak behandles i kap. 4.

Frierfjorden og Volls fjorden:

Siktedypet i Frierfjorden sommerstid var ca. 3-5 m i 1990-91, noe mindre i Volls fjorden (Johannessen 1991 og Tabell 3.3). Modellberegninger viser at dette med stor sannsynlighet skyldes reduserte utslipp av partikulært og oppløst organisk stoff, og i mindre grad redusert algevekst. Målinger av siktedypet i Frierfjorden under en delvis driftsstans hos Union Bruk i august 1991, viste en ca. 0.5 m økning (Johannessen 1991). På det meste var utslippene av suspendert og oppløst organisk stoff redusert til omkring en 1/3 av normalutslippet.

Ut fra dette er vår vurdering at typisk siktedyp i Frierfjorden sommerstid bør kunne bli omkring 4-6 m, hvis utslippene fra Union i framtiden reduseres og fjorden overflatelag (gjennom rens tiltak og dyp utslipp) avlastes for næringssalter. På det dårligste vil siktedypet være som nå, ca. 2.5-3 m.

Oksygenforbruket i dypvannet vil på den ene siden avta som følge av reduserte utslipp av partikulært og oppløst organisk materiale, samt næringssalter fra kommunalt og industrielt avløpsvann. På den annen side vil noe av effekten bli motvirket ved at bedre siktedyp gir grunnlag for større algevekst under brakkvannslaget, som medfører økt tilførsel av marint organisk materiale til dypvannet. Modellberegninger viser således at en halvering av fosforutslippene i forhold til 1988-belastningen samt fjerning av farget oppløst organisk stoff vil øke oksygenforbruket. En videre forbedring av oksygenforholdene forutsetter dermed sterkt reduserte utslipp av organisk stoff fra kommunal kloakk (gjennomføres de nærmeste 1-2 år på Knardalstrand renseanlegg) og fra industriutslipp, og dyp utslipp både av industrielt og kommunalt avløpsvann etter rensing.

Hvor fort tilstanden vil bedres som følge av utslippsreduksjonene er imidlertid usikkert. I de frie vannmassene der oppholdstiden er dager-uker, vil vannkvaliteten bedres i løpet av uker. I dypvannet er situasjonen annerledes, med vesentlig lenger oppholdstid og med påvirkning fra organisk stoff og næringssalter som ligger lagret i sedimentene. Etter betydelige utslippsreduksjoner bør en forbedring i oksygenforholdene kunne registreres etter 2-3 år, mens det kan ta vesentlig lenger tid før tiltakene gir full effekt. Man kan imidlertid neppe regne med at aktuelle tiltak vil eliminere oksygenproblemene i Frierfjorden (gode oksygenforhold til enhver tid). Men grensen for hydrogen sulfid (jfr. fig. 3.11) vil bli ytterligere senket, og man får enda lengre perioder med gode forhold etter en dypvannsfornyelse.

Organismesamfunnene i strandsonen kan ventes å vise noe bedring (mindre grønnalger) ved redusert belastning av næringssalter, men ellers neppe vesentlige endringer pga. fortsatt brakkvannspreg og nedslamming.

Fjordområdet utenfor Brevik:

Tilstanden i dette området domineres av påvirkningen gjennom utstrømming av forurenset brakkvann fra Frierfjorden, men lokale utslipp er ikke helt uten betydning.

For siktedypet viser modellberegninger at man som gjennomsnitt kan vente små forbedringer av siktedypet ved en halvering av fosforutslippene til Frierfjorden. Man kan imidlertid vente at store oppblomstringer av planteplankton ikke vil redusere siktedypet så mye som før, fordi fosfor vil bli vektstbegrensende for algene.

Ser man reduserte fosforutslipp i sammenheng med en viss reduksjon av oppløst og partikulært materiale, kan man vente en gjennomsnittlig forbedring av 0.5-1 m for siktedypet i Ormefjorden og Håøyfjorden. Den største effekten vil imidlertid være sterkt redusert planktonkonsentrasjon under oppblomstringer, og dermed betydelig bedre siktedyp i slike situasjoner - der siktedypet nå kan bli så lite som 1-1.5 m.

Oksygenforholdene i Ormefjordens og Håøyfjordens dypvann må ventes i alt vesentlig å forbli som nå. Modellberegninger viser at reduserte utslipp av organisk materiale og mindre algevekst i selve brakkvannet sannsynligvis vil bli motvirket av noe økt algevekst i det underliggende sjøvannslaget pga. klarere brakkvannslag (bedre siktedyp). Ormefjordens dypvann vil derfor fortsatt være preget av hydrogensulfid (råttent vann). I Håøyfjorden vil dypvannet fortsatt gjennomgå lange perioder med kritiske oksygenforhold.

Gruntvannssamfunnene viste i 1988-89 moderate overgjødslingssymptomer, og ellers preg av ferskvannspåvirkning og områdevis stor tilførsel av partikler (nedslamming). Effekten av reduserte tilførsler av næringssalter alene er vanskelig å bedømme, men vil neppe gi vesentlige endringer i samfunnene. I den grad tilførsler av partikulært materiale kan begrenses vil også det ha en positiv virkning.

4. ANBEFALINGER OM TILTAK

4.1 Generelle vurderinger

I denne undersøkelsen framsto Grenlandsfjordene som et område hvor det fortsatt er høy belastning med næringssalter og organisk stoff. Av næringssalter gjelder det i første rekke nitrogen og i mindre grad fosfor. Forurensningseffektene gjør seg gjeldende i overflatelaget (næringssalter og organisk stoff) og i dypvannet (organisk stoff).

Ser man bort fra overføring av utslipp til andre fjordområder, kan belastningen på overflatelaget reduseres ved to metoder: rensing av avløpsvannet eller ved dyputslipp med innlagring av avløpsvannet i fjordens intermediære vannlag. I praksis blir oftest begge metoder benyttet i kombinasjon.

De mest kost-effektive tiltak er å redusere fosforutslippet til overflatelaget for å begrense algeveksten i vannmassene, og generell reduksjon av utslippene av organisk stoff til hele fjordområdet. Hva nitrogen angår er det gjennomført betydelige utslippsreduksjoner etter at undersøkelsen ble avsluttet, og flere er under gjennomføring (tabell 4.1 og 4.2). Disse vil sammen redusere de direkte antropogene utslipp til Frierfjorden med ca. 1500 tonn N/år, eller ca. 46% i forhold til 1988. I tillegg kommer tiltak på landbrukssiden som dels vil redusere direkte utslipp og dels redusere bidraget gjennom elvevannet (jfr. tabell 3.1-3.2). Samlet restbelastning i 1995 er usikker, men kan anslås til 4500-5000 tonn N/år. Av dette bidrar industriutslipp og kommunal kloakk med ca. 1600 tonn, tilsvarende ca. 360.000 personekvivalenter.

Dette utgjør en høy nitrogenbelastning på fjordområdet, samtidig som det skjer en betydelig transport til kystvannet. Modellutviklingen innen eutrofiprosjektet inkluderte imidlertid ikke nitrogen. Selv om fosfor er - og framover i enda større grad vil bli - viktigste begrensende stoff for algeveksten i vannmassene, er det neppe tvil om at høy nitrogentilførsel også bidrar til å opprettholde algeveksten i fjordområdet.

Man bør derfor ta sikte på reduksjon av nitrogentilførselen til fjordområdet og kystvannet. I den sammenheng må man imidlertid være oppmerksom på at det største nitrogentilskuddet vil komme gjennom Skienselva og andre vassdrag (arealavrenning fra landbruksarealer, skog, via nedbør mm.)

På bakgrunn av disse generelle vurderingene gis i det etterfølgende anbefalinger vedr. utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann.

4.2 Kommunalt avløpsvann

Renseanlegget på Knardalstrand tar i økende grad hånd om det kommunale avløpsvannet fra Skien og Porsgrunn. Utenfor Brevik bygges nytt renseanlegg for Langanen og enkeltutslipp samles og tilføres eksisterende renseanlegg ved Heistad og Salen. I løpet av få år vil det vesentlige av avløpsvannet være renset før utslipp til fjordområdet. Spesielt gjelder dette utslipp av fosfor og organisk stoff. En mindre del av avløpsvannet vil imidlertid i perioder fortsatt gå urenset ut fra overløp i ledningsnettene. På årsbasis vil overløpet utgjøre ca. 2% av råkloakken, mens andelen sommerstid vil være 3-4%. Overløpet vil særlig ha betydning for den hygieniske vannkvaliteten og er vurdert av Gulbrandsen et al.(1991).

Renseeffekten mht. nitrogen kan anslås til ca. 25%, som gir et restutslipp på ca. 210 tonn N/år fra Knardalstrand renseanlegg. Flytting av dette utslippet fra elva til Frierfjorden, med innlagring i det intermediære vannlag (f.eks. 15-25 m dyp) vil gi en vesentlig avlastning på fjordområdets overflatelag både mht. næringssalter og bakterier/virus. Det fortynnede avløpsvannet innlagres da i et dyp der algeveksten pga. lysbegrensning er liten og hvor næringssaltene dermed ikke vil gi opphav til større algevekst i overflatelaget eller i strandsonen. Samtidig er dette et dyp hvor forbindelsen med utenforliggende vannmasser og følgelig også oksygentilførselen er god. Dyputslipp vil altså være en betydelig fordel for vannkvaliteten i Frierfjorden og områdene utenfor.

Som nevnt ovenfor gir ikke undersøkelsene grunnlag for å konkret bedømme den lokale nytteverdien av nitrogenrensing i tillegg til dyputslipp. Som et bidrag til å redusere den

totale nitrogenbelastningen til fjordområdet bør imidlertid nitrogenrensing vurderes.

Hvis utslippsdypet alene kunne velges ut fra ønsket om maksimal avlastning av overflatelag og forbedring av oksygenforhold i dypvannet, ville utslipp i 60-70 m dyp være gunstig. Man regner imidlertid med at det er en viss risiko for dette kan frigjøre miljøgifter, og så lenge den muligheten foreligger vil vi anbefale utslipp i ca. 40 m dyp. Endelig utslippsdyp må imidlertid sees i sammenheng med utformingen av diffusoren som avløpsvannet i så fall slippes ut gjennom.

4.3 Industriutslipp

Denne undersøkelsen har omfattet effekter av næringssalter og organisk stoff, og av industribedrifter er det Hydro Porsgrunn og Union A/S som står for de dominerende utslippene. Begge bedriftene har redusert sine utslipp vesentlig siden 1988 (se tabell 4.1 og 4.2).

Hva næringssalter angår vil ytterligere reduksjon av fosforutslippene gi en klar nytteeffekt i form av mindre algevekst i vannmassene og bedre siktedyp. Dette gjelder særlig for områdene utenfor Brevik. For nitrogen er som foran nevnt belastningen på fjordområdet høy, og det bør være et generelt mål å redusere den både av hensyn til fjordområdet og av hensyn til kystvannet utenfor Telemark. Modellarbeidet innen dette prosjektet har imidlertid ikke inneholdt vurderinger av effekter av nitrogen, og nytteverdien av utslippsreduksjoner kan ikke kvantifiseres.

Tabell 4.1 Utslipp av fosfor, nitrogen og organisk stoff fra Hydro Porsgrunn.

	1988	1991
Nitrogen, tonn	2726	ca. 1350
Fosfor, tonn	26.5	ca. 9
Organisk stoff, tonn BOF ₇	575	ca. 290

Tabell 4.2. Utslipp av nitrogen, fosfor og organisk stoff fra Union A/S (kilde SFT).

	1988	1991
Nitrogen, tonn	16.8*	30-50*
Fosfor, tonn	10.3	ca. 5.5
Partikulært materiale, tonn	5300	ca. 1700
Organisk stoff, tonn KOF	27200	17200
Organisk stoff, tonn BOF ₇	4234	ca. 2850

* Usikre verdier

Uansett om videre rensing gjennomføres eller ei, anbefales at Hydro Porsgrunns utslipp av næringssalter flyttes fra overflaten og innlagres i det intermediære vannlaget. Begrunnelsen er den samme som for utslippet fra Knardalstrand: reduksjon av tilførsel av fosfor og nitrogen til den vannmassen der algeveksten foregår.

Utslippene av organisk materiale (partikulært og løst) bør reduseres. Spesielt vil reduksjon av Unions utslipp av oppløst og partikulært organisk stoff vil gi klart gunstige effekter på siktedypet i fjordområdet - i første rekke Frierfjorden og i Skienselva, men også utenfor Brevik. Redusert belastning med organisk materiale vil også bidra til en forbedring av oksygenforholdene, spesielt i Frierfjorden.

4.4 Videre overvåking av eutrofitilstanden.

Nedenfor skisseres helt kort hvilke element som er aktuelle i en videre rutinemessig overvåking av eutrofitilstanden i Grenlandsfjordene. Selv om det på enkelte områder kan være behov for det, er mer dyptpløyende studier utelatt.

Situasjonen er nå at belastningen mht. næringssalter, oppløst og partikulært organisk stoff er redusert siden denne undersøkelsen startet. Ytterligere utslippsreduksjoner vil komme, bl.a. som følge av økt overføring av kommunalt avløpsvann til rensenanlegget

på Knardalsstrand. En ytterligere avlastning av fjordområdet overflatelag skjer hvis de nåværende overflateutslipp fra Knardalsstrand renseanlegg og Hydro Porsgrunn innlagres i Frierfjordens intermediære vannlag. Når de forskjellige elementene i overvåkingen skal starte må sees i lys av endringer i belastningen.

Vannkvalitet:

- * **fortsatt oppfølging av siktedyp:** dette gjelder både i Frierfjorden og spesielt utenfor Brevik, hvor datagrunnlaget for å kunne påvise forbedringer som følge av utslippsreduksjoner er relativt dårlig.
- * **Konsentrasjoner av næringssalter i overflatelaget:** bør måles etter eventuelle senere større belastningsendringer.
- * **oksygen i dypvannet:** for Frierfjorden er forholdene godt beskrevet, men det er sannsynlig at tilstanden fortsatt vil forbedre seg ettersom belastningen mht. organisk stoff og næringssalter avtar.

Biologi:

- * **gruntvannssamfunn:** framtidig overvåking bør også omfatte dykkerundersøkelser ned til 15-20 m dyp. Undersøkelsene kan gjennomføres med lange mellomrom, etter vurdering av hvordan belastningen har endret seg i mellomtiden. Eventuelt kan disse suppleres ved mer jevnligte observasjoner av lokalt interesserte.
- * **bløtbunnsfauna:** kan utføres med lange mellomrom, etter vurdering av utslippsreduksjoner og kjennskap til oksygenforhold.

5. LITTERATUR

- Golmen, L. og Molvær, J., 1990: Resipientovervåking i Volls fjorden i Telemark. Oppfølgende undersøkelser i 1989. NIVA-rapport nr. 2390. Bergen/Oslo.
- Gulbrandsen, R., Molvær, J., Knutzen, J. og Stigebrandt, A., 1991: Tiltaksanalyse for Grenlandsfjordene. Rapport 4. Vurdering av tiltak. NIVA-rapport nr. 2598. Oslo.
- Helsedirektoratet, 1976: Kvalitetskrav til vann. Drikkevann - Vann for omsetning - Badevann. Revidert utgave nov. 1976. Oslo
- Hjort, J. og Dahl, K., 1900: Fishing experiments in Norwegian fjords. Rep. Norw. Fish. Mar. Invest. 1(1): 1-214. Plansjer I-III.
- Ibrekk, H.O. og Gulbrandsen, R., 1989: Overvåking av Grenlandsfjordene. Delprosjekt: Forurensningstilførsler. Overvåkingsrapport nr. 356/89. NIVA-rapport nr. 2253. Oslo.
- Knutzen, J., Molvær, J., Norheim, G. og Skei, J., 1982: Grenlandsfjordene og Skienselva 1981. Overvåkingsrapport nr. 52/82. NIVA-rapport nr. 1422. Oslo.
- Knutzen, J., 1990: Overvåking av gruntvannssamfunn i Grenlandsfjordene 1988-89. Overvåkingsrapport nr. 435/90. NIVA-rapport nr. 2516. Oslo.
- Källqvist, T., 1991: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 5. Planteplankton og næringssalter i overflatevannet. Overvåkingsrapport nr. 461/91. NIVA-rapport nr. 2618. Oslo.
- Molvær, J., Bohn, T., Kirkerud, L., Kvalvågnes, K., Nilsen, G., Rygg, B. og Skei, J., 1979: Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 8. Sluttrapport. NIVA-rapport nr. 1103. Oslo. Oslo.

- Molvær, J. og Stigebrandt, A., 1991: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 3. Vannutskiftning i fjordene. Overvåkingsrapport nr. 450/91. NIVA-rapport nr. 2588. Oslo/Gøteborg.
- Nilsen, G., Andreassen, E., Bjerkeng, B., Christie, H., Haugen, I., Knutzen, J., Kvalvågnes, K., Kallqvist, T., Laake, M., Magnusson, J., Molvær, J., Rygg, B. og Skulberg, O., 1974: Undersøkelser av vann- og forurensningsproblemer ved kjernekraftverk. Resultater fra Oslofjordområdet for perioden 1973-74. NIVA-rapport O-177/70, O-109/73, O-184-73. 266 sider. Oslo.
- Næs, K., 1991: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 4. Sedimentasjon av organisk materiale og oksygenforbruk i dypvannet i Frier- og Brevikfjorden. Overvåkingsrapport nr. 464/91. NIVA-rapport nr. 2629. Grimstad.
- Rygg, B., 1989: Bløtbunnfaunaundersøkelser i Grenlandsfjordene 1987. Overvåkingsrapport 361/89. NIVA-rapport nr. 2271. Oslo.
- SFT, 1990: Vannkvalitetskriterier for ferskvann. Rapport TA-630. Oslo.
- Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1990: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 2. Modell for miljøeffekter fra utslipp av næringssalter, oppløst og partikulært materiale. Overvåkingsrapport nr. 428/90. NIVA-rapport nr. 2534. Gøteborg/Oslo.
- Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1991: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 6. Modellberegninger av miljøeffekter i Eidangerfjorden - Langesundsfjorden. Overvåkingsrapport nr. 476/91. NIVA-rapport nr. 2692. Gøteborg/Oslo.
- Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1991: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 7. Modellberegninger av miljøeffekter i Ormefjorden. Overvåkingsrapport nr. 477/91. NIVA-rapport nr. 2691. Gøteborg/Oslo.

Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1991: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene 1988-89. Delrapport 8. Modellberegninger av miljøeffekter i Håøyfjorden. Overvåkingsrapport nr. 478/91. NIVA-rapport nr. 2693. Gøteborg/Oslo.

Sørensen, K., 1991: Undersøkelse av eutrofiering i Grenlandsfjordene
Notat. Spesialundersøkelse av siktedyp og optiske størrelser i Skienselva august 1990. NIVA. Oslo.

RAPPORTER FRA UNDERSØKELSENE AV EUTROFIERING I GRENLANDSFJORDENE 1988-89

Ibrekk, H.O. og Gulbrandsen, R., 1989: Delprosjekt: Forurensningstilførsler.

Rygg, B., 1989: Bløtbunnfaunaundersøkelser i Grenlandsfjordene 1987.

Knutzen, J., 1990: Overvåking av gruntvannssamfunn i Grenlandsfjordene 1988-89.

Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1990: Delrapport 2. Modell for miljøeffekter fra utslipp av næringssalter, oppløst og partikulært materiale.

Molvær, J. og Stigebrandt, A., 1991: Delrapport 3. Vannutskiftning i fjordene.

Næs, K., 1991: Delrapport 4. Sedimentasjon av organisk materiale og oksygenforbruk i dypvannet i Frier- og Brevikfjorden.

Källqvist, T., 1991: Delrapport 5. Planteplankton og næringssalter i overflatevannet.

Sørensen, K., 1991: Notat. Spesialundersøkelse av siktedyp og optiske størrelser i Skienselva august 1990.

Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1991: Delrapport 6. Modellberegninger av miljøeffekter i Eidangerfjorden - Langesundsfjorden.

Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1991: Delrapport 7. Modellberegninger av miljøeffekter i Ornefjorden.

Stigebrandt, A. og Molvær, J., 1991: Delrapport 8. Modellberegninger av miljøeffekter i Håøyfjorden.

Molvær, J. og Stigebrandt, A., 1991: Delrapport 9. Konklusjoner.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2044-5