



Rapport

391|90

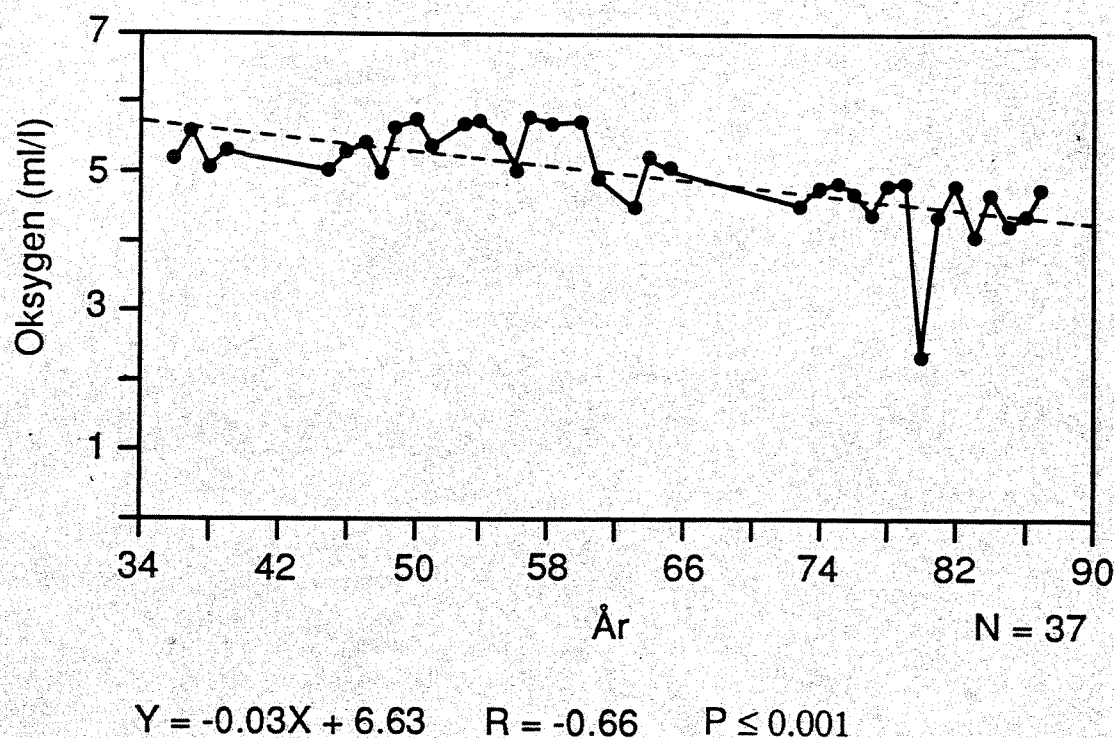
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner

NIVA

Eutrofitilstand for norske fjorder og kystfarvann med tilgrensende havområder



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:
0-88179
Undernummer:
Løpenummer:
2370
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Eutrofitilstand for norske fjorder og kystfarvann med tilgrensende havområder (Overvåkingsrapport nr. 391/90)	Dato: 28/2 1990
	Prosjektnummer:
Forfatter (e): Svein Rune Erga Eivind Oug Jon Knutzen Jan Magnusson	Faggruppe: Mar. Økol.
	Geografisk område: Norskekysten, Nordsjøen
	Antall sider (inkl. bilag): 131

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

Ekstrakt Økt tilførsel av N og P over lengre tid til sørlige Nordsjøen og Kattegat har ført til voksende eutrofi-problemer. Disse er: hyppige masseoppblomstringer av planktonalger, oksygenvinn i bunnvannet, endring i bunnfauna artssammensetning og biomasse samt endringer i strandsone-samfunnet. Langs norskekysten er det først og fremst Oslofjorden som er eutrofiert, men også Grenlandsfjordene, Grisefjorden ved Flekkefjord, indre Gandsfjord, Hafrsfjord, Nordåsvannet ved Bergen, Trondheimsfjorden ved Trondheim og indre Glomfjord skiller seg ut ved en relativt høy eutrofieringsgrad. For kystfarvannet og Skagerrak gjør manglende langtidsserier av nødvendige parametre det vanskelig å si noe om utviklingen

4 emneord, norske:

- 1 Marin eutrofi
- 2 Norskekysten
- 3 Nordsjøen-Skagerrak
- 4 Kattegat
5. Belastning
6. Endringer
7. Årsak

Prosjektleder

Svein Rune Erga

Svein Rune Erga

4 emneord, engelske:

- 1 Marine eutrophication
- 2 Norwegian coast
- 3 North Sea-Skagerrak
- 4 Kattegat
5. Load
6. Changes
7. Causal connection

For administrasjonen:

Bjørn Olav Rosseland

Bjørn Olav Rosseland

Vilhelm Bjerknes
Vilhelm Bjerknes

ISBN 82-577-1655-3

O - 88179

**Eutrofitilstand for norske
fjorder og kystfarvann
med tilgrensende havområder**

Oslo, 28. februar 1990

Svein Rune Erga
Eivind Oug
Jon Knutzen
Jan Magnusson

FORORD

Denne statusrapporten for eutrofitilstanden for norske fjorder og kystfarvann med tilgrensende havområder er utarbeidet for Statens forurensningstilsyn (SFT) (brev av 9. nov. 88 og 28. nov. 88). Rapporten skal tjene dels som grunnlag for oversiktsovervåking og dels som underlag for et eventuelt forskningsprogram på marin eutrofi i Norge. Statusrapporten prøver å belyse belastningssituasjonen for næringssalter, eutrofivirkninger på ulike deler av økosystemet, mulige årsakssammenhenger og eventuelle endringer over tid.

Rapporten pretenderer ikke å være noe fullstendig oppslagsverk for forskningsfeltet marin eutrofi i Norge. Imidlertid er de fleste hovedkilder forsøkt tatt med.

Prosjektleder har vært cand. real. Svein Rune Erga (NIVAs Vestlandsavdeling). Hovedmedarbeider har vært cand. real. Eivind Oug (NIVAs Sørlandsavdeling). De to øvrige medarbeidere har vært cand. real. Jon Knutzen og fil. kand. Jan Magnusson fra NIVAs hovedkontor i Oslo.

Oslo, 28. februar 1990

Tor Bokn

INNHOLD

1.	KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG	3
2.	INNLEDNING	5
2.1.	<u>Historikk</u>	5
2.2.	<u>Formål</u>	6
2.3.	<u>Begreper</u>	8
2.4.	<u>Tidligere oversikter</u>	9
2.5.	<u>Tiltak</u>	10
3.	KILDER OG BEGRENSENDE NÆRINGSSALT	11
3.1.	<u>Kilder</u>	11
3.2.	<u>Generelle virkninger</u>	11
3.3.	<u>Begrensende næringssalter</u>	13
3.4.	<u>Faktorer som påvirker eutrofi-effektene</u>	15
4.	BEREGNINGSGRUNNLAG OG SAMLEDE TILFØRSLER	17
4.1.	<u>Beregning av utslipp</u>	17
4.1.1.	Kloakk	17
4.1.2.	Landbruk	18
4.1.3.	Fiskeoppdrett	18
4.1.4.	Andre kilder	19
4.2.	<u>Samlede utslipp</u>	20
4.2.1.	Landbruk og fiskeoppdrett	21
5.	NORSKE FJORDER OG KYSTFARVANN	22
5.1.	<u>Områdeinndeling</u>	22
5.2.	<u>Kysten Svenskegrensen - Jomfruland</u>	22
5.2.1.	Iddefjorden	23
5.2.2.	Hvaler/Singlefjorden	27
5.2.3.	Indre Oslofjord	29
5.2.4.	Drammensfjorden	31
5.2.5.	Områder langs ytre Oslofjord	33
5.2.6.	Sentrale deler av ytre Oslofjord (Drøbak-Ferder)	37
5.2.7.	Grenlandsfjordene.	40
5.3.	<u>Kysten Jomfruland - Åna Sira</u>	42
5.3.1.	Østlige områder.	44
5.3.2.	Tvedestrandsfjorden.	46
5.3.3.	Arendalsområdet.	48
5.3.4.	Grimstad og Lillesand.	49
5.3.5.	Kristiansandsfjorden.	50
5.3.6.	Strekningen Mandal - Farsund.	52
5.3.7.	Flekkfjord.	54
5.3.8.	Andre undersøkelser.	55
5.4.	<u>Kysten Åna Sira - Stadt</u>	56
5.4.1.	Egersund-området.	57
5.4.2.	Fjordene ved Stavanger	58
5.4.3.	Andre områder i Rogaland	61
5.4.4.	Sørfjorden i Hardanger	62
5.4.5.	Fjordene rundt Bergen	64
5.4.6.	Andre undersøkte områder i Hordaland	68
5.4.7.	Sogn og Fjordane	69

5.5.	<u>Kysten Stadt - Rørvik</u>	69
5.5.1.	Fjordområdet mellom Gurskøy og Hareidlandet.	73
5.5.2.	Borgundfjorden.	74
5.5.3.	Molde-/Fannefjorden.	76
5.5.4.	Trondheimsfjorden med delfjorder.	76
5.5.5.	Områder i Nord-Trøndelag	79
5.6.	<u>Kysten Rørvik - grense Jakobselv</u>	82
5.6.1.	Vefsn og Rana	83
5.6.2.	Glomfjord	84
5.6.3.	Sørfold i Salten.	85
5.6.4.	Andre undersøkelser i Nordland	86
5.6.5.	Harstadorrådet.	87
5.6.6.	Tromsøysund	88
5.6.7.	Andre undersøkelser i Troms	90
5.6.8.	Fiskerihavner i Finnmark	92
6.	EUTROFISITUASJONEN I SJØMRÅDENE OMKRING SØR-NORGE	94
6.1.	<u>Nordsjøen</u>	94
6.2.	<u>Kattegat og Skagerrak</u>	100
7.	FORSKNING OG UTREDNINGSBEHOV (FOU)	111
	REFERANSER	113

APPENDIKSTABELL 1

1. KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

Vannmasser med et forhøyd innhold av næringssalter (nitrogen, fosfor) betegnes som eutrofe. Økt eutrofiering kan gi seg utslag i masseoppblomstringer av planktonalger, høyt oksygenforbruk i dypvann samt endringer i organismesamfunn i strandsonen og på bløtbunn. De viktigste lokale kildene til økte næringssalttilførsler er kommunal kloakk, industri og landbruk. I Sør-Norge tilføres også betydelige mengder nitrogen med forurenset nedbør. De største tilførslene kommer imidlertid sørfra med den Norske Kyststrømmen.

I mange områder, spesielt der det er dårlig vannutskifting, er det vanskelig å skille mellom effekter av naturlige næringssalttilførsler og eutrofiering. Det er også svært få steder hvor det finnes løpende målinger som kan dokumentere utviklingstendenser.

Langs norskekysten er det strekningen fra svenskegrensen til Telemark som representerer de største lokale tilførslene av næringssalter. Områdene ved Oslofjorden er i større eller mindre grad preget av eutrofiering. Flere steder er det også store utslipp av miljøgifter som fører til sammensatte og kompliserte forurensvirkinger. I Indre Oslofjord er eutrofiproblemene store, men forholdene er noe bedret etter omfattende rensetiltak. I Drammensfjorden og Hvaler/Singlefjorden er effektene i overflatelaget mindre tydelige, og det synes som mye av næringssaltene transporteres i brakkvannsstrømmen til Ytre Oslofjord. I Iddefjorden er planteveksten hemmet av industriutslipp.

I Ytre Oslofjord er det tegn til økende eutrofiering, vist ved at oksygenverdiene i dypvannet er fallende og biomassen av bunnfauna har økt. I Grenlandsfjorden er eutrofi-effektene tydelige, men reduksjoner i utslippene har gitt bedre forhold. Det er overkonsentrasjoner av nitrogen i overflatevannet som kan spores nedover kysten av Telemark.

I Agder og Rogaland er påviste eutrofiproblemer av lokal karakter. Fjordene ved Flekkefjord er sterkt eutrofierte av industriutslipp. I flere fjorder med lave terskeldyp er det tegn til forverring av forholdene sammenlignet med eldre undersøkelser. I Stavangerområdet er Indre Byfjord, Gandsfjord og Hafrsfjord tydelig preget av eutrofiering.

I fjordene ved Bergen er de innestengte fjordområdene som Arnavågen, Nordåsvannet og Dolviken tydelig preget av eutrofiering. I Sogn og Fjordane er det ikke påvist noen eutrofieringstendenser, men det er foretatt få undersøkelser i fylket.

I Møre og Romsdal og Trøndelagsfylkene er der kun påvist eutrofieringstendenser av høyst lokal karakter. Spesielt må nevnes fjordområdet mellom Gurskøy og Hareidlandet, Borgundfjorden og Trondheims nærområder.

I Nord-Norge er eutrofivirkningene generelt små, men det er sterke lokale effekter i mange fiskerihavner hvor det dumpes fiskeavfall. I Glomfjord er det sterk plantevekst som følge utslipp av næringssalter fra industri.

I sjøområdene omkring Norge er det store eutrofiproblemer i sydlige Nordsjøen (Tyskebukten) og Kattegat. Problemene i Kattegat er økende, særlig på grunn av tiltagende oksygensvinn i bunnvannet.

2. INNLEDNING

2.1. Historikk.

Eutrofiering er et begrep som i utgangspunktet er brukt om forholdene i ferskvann. Følgene av utslipp av kloakk og organisk avfall er lett observerbare. I sin ytterste konsekvens fører utslippene til gjengrodde bekker og innsjøer og forgiftning av drikkevannskilder. I enkelte tilfeller er de negative følgene av økt plante-/alge-vekst blitt snudd til det positive ved at nyttige sekundærproducenter har kunnet høste av den forhøyete primærproduksjonen. Kineserne lærte seg således tidlig at gjengrodde kanaler kunne renskes ved å sette ut plantespisende karper.

Lignende problemer har etterhvert også vist seg i marine områder. Ofte har dette skjedd via ferskvannssystemene slik at utslagene først har vært merkbare i estuarier og nære kystområder. I de senere år er det stadig flere forhold som tyder på at også større sjøområder er i forandring. Fra ulike deler av verden er det rapportert om økning av giftige planktonalger. Dette settes i sammenheng med økende/ubalanserte tilførsler av næringssalter.

I nord-Europa er det først og fremst Østersjøen, Kattegat og sydlige Nordsjøen som viser symptomene på eutrofiering. Det er pekt på at planktonsamfunnene har fått et sterkere innslag av små hurtigvoksende flagellater på bekostning av de "normale" kiselalgene. Oksygensvikt i dypvannet og fiskedød i tidligere produktive områder opptrer i geografisk stadig større områder.

Også langs norskekysten er det tegn til forandringer. I løpet at de senere årene har det vært flere uvanlige algeoppblomstringer. Blåskjell er i økende grad forgiftet på Sørlandskysten og oppover langs deler av Vestlandet. I mange fjorder er det tegn til økende oksygenforbruk. Som en

følge av dette har det blitt betydelig oppmerksomhet omkring forurensningssituasjonen i kystvannet og årsaker til eutrofiering. Spesielt i forbindelse med oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis på forsommeren 1988 ble fokus satt på utslippene av næringssalter. Etterhvert som det har blitt klarlagt at denne hendelsen hadde sammenheng med begivenheter i Kattegat, den sørlige Nordsjøen og Østersjøen, har det blitt tydeligere enn før at norske kystfarvann ikke kan betraktes isolert fra Nordsjøområdet forøvrig.

2.2. Formål.

Formålet med denne rapporten er å gi en samlet oversikt over eutrofitilstanden i norske fjorder og kystfarvann. Det er også gitt en kort omtale av forholdene i havområdene som grenser til det sørlige Norge med hovedvekt på Tyskebukten, Skagerrak og Kattegat.

Arbeidet bygger i det alt vesentlige på forsknings- og overvåkingsrapporter, men også utredninger, vitenskapelige artikler og annet skriftlig kildemateriale har vært benyttet. Svært mange lokale undersøkelser omtaler forurensning generelt uten å skille mellom utslipp av næringssalter og giftig/ikke giftig organisk og uorganisk stoff. Det har da vært nødvendig å trekke ut hvilke forhold som indikerer eutrofiering. I den grad det har vært mulig å angi graden av eutrofiering, er dette grovt og svært ofte basert på skjønn.

Under presentasjonen vil kysten bli inndelt i følgende soner (Figur 1):

- Svenskegrensen - Jomfruland
- Jomfruland - Åna Sira
- Åna Sira - Stadt
- Stadt - Rørvik
- Rørvik - Grense Jakobselv.

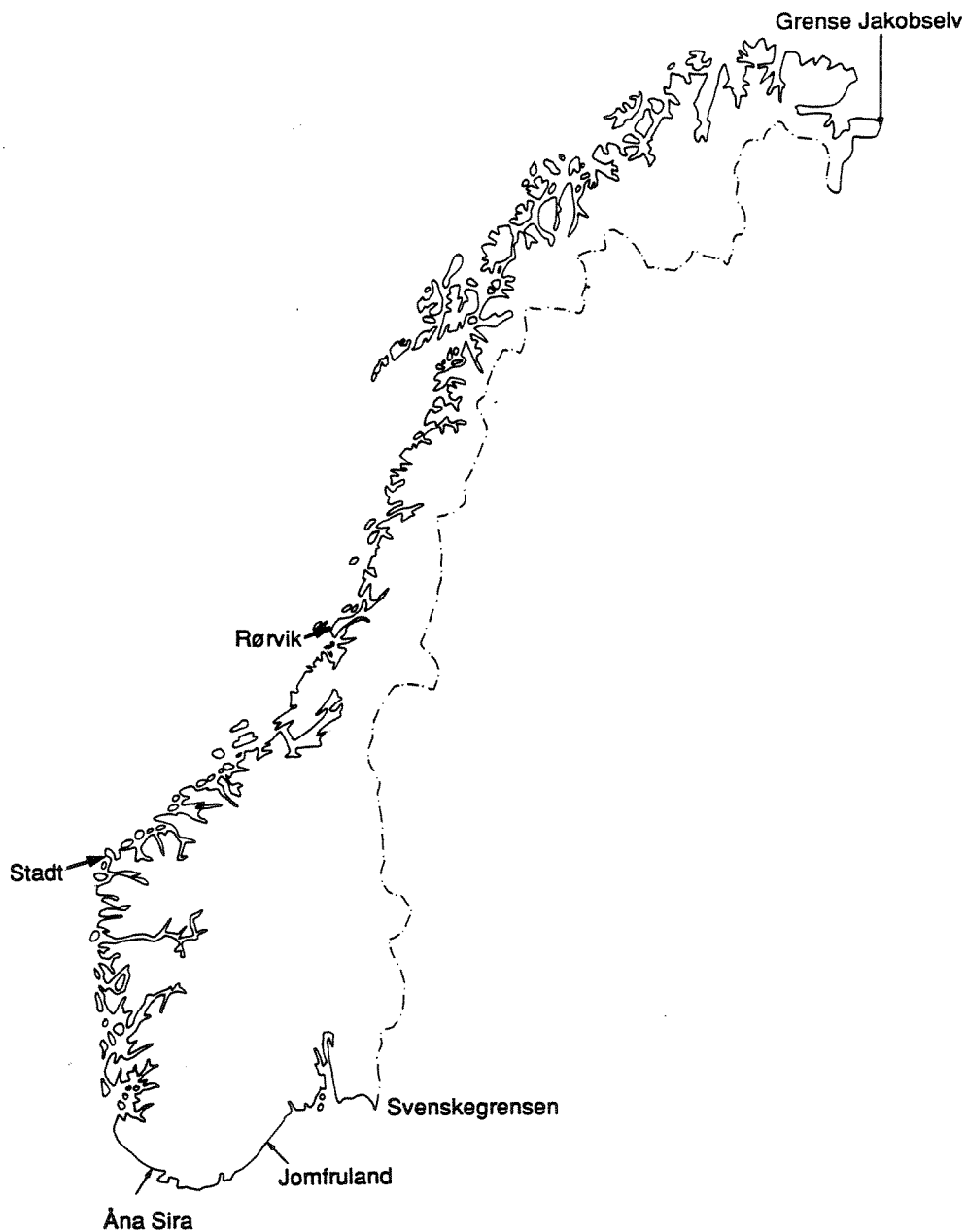


Fig. 1. Kart over Norge som viser de omtalte kyststrekninger.

For de mest belastede områdene er omtalen delt opp i fire punkter:

- 1) belastningssituasjonen/tilførsler av næringsalter,
- 2) eutrofivirkninger/tilstand på ulike deler av økosystemet,
- 3) endringer over tid og
- 4) årsakssammenhenger.

Det er noe skjønnsmessig hvor omfattende omtale de enkelte områder har fått. Dette har først og fremst sammenheng med hvor godt eutrofiproblemene er undersøkt og beskrevet. En del små områder er gitt relativt utførlig omtale fordi det finnes gode data og tidsutviklingen er beskrevet, eller når undersøkelsen fokuserer på særlige årsaksforhold (f.eks. fiskeoppdrett). Lokale effekter kan også være signal om en begynnende trend i en region.

I tillegg blir forsknings- og utredningsbehov (FoU) vedrørende marin eutrofi omtalt der materialet klargjør slike behov.

2.3. Begreper

Det skilles mellom begrepene eutrofiering, hypertrofiering og saprobiering.

Vannmasser som er karakterisert av et forhøyet næringsinnhold, blir ofte omtalt som eutrofe. Med eutrofiering menes en utvikling mot et miljø rikt på næringsalter og med stor planteproduksjon. I utgangspunktet vil følgene av næringssalttilførslene være en økning i den biologiske produksjonen, men ulempene ved høy produksjon vil også forsterkes. En tilstand hvor skadevirkningene dominerer, blir ofte omtalt som hypertrof (Dybern 1987).

Nær knyttet til eutrofiering er begrepet saprobiering som betegner en utvikling mot et miljø med rik tilgang på

organisk stoff og stort forbruk av oksygen ved forråtnelse. Ved eutrofiering forsterkes saprobiesystemene som følge av den økte produksjonen. Dessuten er det svært ofte tilførsler av både organisk stoff (sammen med tilførslene av) og næringssalter i eutrofierte vannmasser. Ved forråtnelsen frigjøres næringssalter som gir grunnlag for ny produksjon.

2.4. Tidligere oversikter

Det foreligger to kortfattede oversikter av eutrofisituasjonen i norske kystområder. I "Vårt felles miljø" (SFT 1984) er det avmerket på kart graden av overgjødning. I bilag til Stortingsmelding om vann- og luftforurensninger og kommunalt avfall er det gitt en fylkesvis oversikt på kart (St.melding nr. 51: 1984-85). Opplysningene er også gjengitt i tabells form i Olsen & Jensen (1989). Ingen av disse oversiktene gir noen nærmere beskrivelse av tilstanden i områdene.

Det finnes sammenfattende oversikter av tilførsler av næringssalter og eutrofisituasjonen i ytre Oslofjord og tilgrensende kystområder (Ibrekk & Holtan 1988, Magnusson & Rygg 1988). Som en del av LENKA-prosjektet er det nylig laget en fylkesvis oversikt på tilførsler av næringssalter til sjøområder i Norge (Ibrekk 1989). Det arbeides også med å få bedre data for tilførsler fra landbruk og arealavrenning. En oversikt over samlede tilførsler av fosfor og nitrogen til Nordsjøen, Kattegat og Skagerrak er gitt av Faafeng og Ibrekk (1989).

NTNF har nylig utgitt en serie rapporter som summerer opp status for NTNF's program for eutrofieringsforskning. I denne serien er marin eutrofi behandlet av Olsen & Jensen (1989). Problemene omkring eutrofiering ble også tatt opp på nordisk basis på det 22. nordiska symposiet om vattenforskning i 1986 (Nordforsk 1987).

Fra Østersjøen og Kattegat foreligger det en rekke utredninger og publikasjoner om eutrofisituasjonen (Rosenberg & al. 1986, Pihl Baden 1986, Bernes 1988). Også forholdene i Nordsjøen, først og fremst i syd, er behandlet i en rekke arbeider (se f.eks. Gerlach 1988).

2.5. Tiltak.

Til nå har det meste av tilførslene av næringssalter til sjø i Norge passert ut uten noen form for rensing eller begrensning av utslippene. Tiltak har i hovedsak vært rettet mot lokale problemer, hvor det først og fremst har vært stilt krav om rensing på kommunale utslipp - i tillegg til større industriutslipp. Renseteknisk er det enklest å fjerne fosfor, men det pågår en sterk diskusjon om å rense mht. nitrogen.

Nylig har norske myndigheter stilt krav om reduksjon i samlede utslipp på grunnlag av internasjonale avtaler. Ministerdeklarasjonen fra Nordsjøkonferansen i november 1987 vedtok å redusere tilførslene av næringssalter og miljøgifter med i størrelsesorden 50% innen 1995. Norske myndigheter legger også stor vekt på arbeidet i internasjonale fora som Det internasjonale havforskningsråd (ICES) og Oslo- og Paris-kommisjonen for overvåke havområdene og redusere tilførslene.

For strekningen Østfold - Rogaland regner en at målsettingen om 50 % reduksjon vil være oppnådd innen 1992 for miljøgifter og 1995 for nitrogen og fosfor (Grønbech 1988).

3. KILDER OG BEGRENSENDE NÆRINGSSALT

3.1. Kilder.

Følgende kilder kan bidra til eutrofiering i sjøområder:

1. Kommunal kloakk - rensset/urensset.
2. Landbruk - gjødsel, silosaft.
3. Arealavrenning - delvis pH-regulert.
4. Nedbør - mest N-forbindelser.
5. Industri - treforedlingavfall, rene N- og P-utslipp, fiskeavfall, prosessvann fra fiskeforedling, slakteavfall, olje etc.
6. Fiskeoppdrett - fôrspill, faeces, etc.
7. Vassdragsreguleringer - endring i den estuarine sirkulasjon fører til endret næringssalttilførsel til den eufotiske sone.
8. Tilførsel via elver; oftest mest N-forbindelser.
9. Tilførsel via havstrømmer.

Det vil alltid være tilførsler fra flere kilder samtidig. I områder med høy befolkningstetthet kan det f.eks. være utslipp av kommunal kloakk, industri og landbruksforurensning til samme resipient.

3.2. Generelle virkninger

Konsekvensen av eutrofiering, i første rekke økt primærproduksjon, økt begroing, økt sedimentering samt anoksisk bunnvann.

I marine områder er økning i planteplanktonproduksjonen den viktigste konsekvensen av eutrofiering. I moderat grad vil økningen stimulere veksten av de naturlig forekommende artene, men ved større tilførsler kan nye og fremmede arter innta økosystemet. Ofte er dette former som har høy veksthastighet og dermed umiddelbart kan dra nytte av økt

næringstilgang. I eutrofierte områder synes det generelt å være en forandring fra "normalt" planteplankton (kiselalger, dinoflagellater) mot små flagellater. Det synes også å være en økning i forekomsten av giftige planktonalger.

En klart negativ virkning av algeveksten er dårligere lysgjennomgang i vannet og redusert siktedyp. Dette vil nedsette det dybdeområdet hvor algevekst kan finne sted.

Eutrofieringseffektene er kanskje mest iøynefallende i littoralsonen og på grunt vann, der trådformete grønnalger erstatter de store brune tang- og tareartene (Bokn 1978). Samtidig tiltar veksten av mikroskopiske former som danner sleipe belegg på underlaget. Begroing på fiskemerder, tauverk og faste installasjoner i sjøen tiltar. Også veksten av fastsittende dyr som rur og blåskjell kan være meget sterk.

Etterhvert vil økningen i algeproduksjonen føre til sterkere sedimentering av organisk materiale til bunnen. Dette gir et reelt næringstilskudd til bunnfaunaen og kan i utgangspunktet ha positive virkninger. Tegn på begynnende eutrofiering er gjerne at biomassen øker, ofte også artsrikheten. Ved langt framskreden eutrofiering inntreer det betydelige artsforandringer med overgang til dominans av små arter med kort generasjonstid. Den økte sedimenteringen vil imidlertid også føre til økt oksygenforbruk i dypvannet. I områder hvor vannfornyningen er svak, kan alt oksygenet forbrukes og giftig hydrogensulfid dannes. Hvis hydrogensulfid dannes, er resultatet ofte massedød av fisk og bunnorganismer, ikke bare på større dyp, men også på grunnere områder dersom hydrogensulfidholdig dypvann føres opp dit. Dette kan skje ved fornying av dypvann i terskelfjorder.

Stimulert vekst av alger og dyr gir grunnlag for øket produksjonen også oppover i næringskjedene. En ville derfor vente en øket produksjon av fisk og andre kommersielt

utnyttbare arter. Dette har sjeldent latt seg dokumentere. Det synes tvertimot som de skadelige effektene ved eutrofiering som oksygensvikt og oppvekst av giftige alger, gjør seg gjeldende før det blir noen målbar vekst i fiskebestandene (Rosenberg et al. 1986). Dette kan igjen skyldes en skjev mengde-balanse mellom de næringssalter som tilføres resipienten/havområdet.

3.3. Begrensende næringssalter.

I fjorder og kystnære områder er det vanligvis snakk om systemisk næringsbegrensning. Både N og P begrensning kan forekomme.

Alle algearter behøver bl.a. nitrogen og fosfor samt en rekke sporstoffer for å kunne vokse. Når en av næringskomponentene kommer i underskudd, stopper veksten selv om de andre er tilstede i overskudd. Eutrofieringsproblemet er derfor knyttet til balansen mellom næringssaltene og ikke bare til økte tilførsler i seg selv.

I ferskvann er fosfor (P) normalt i underskudd og derved begrensende næringssalt for algevekst. På tilsvarende måte har det blitt hevdet at nitrogen (N) er vekstbegrensende for alger i sjøvann. Dette gjøres med utgangspunkt i Liebig's minimumslov praktiske undersøkelser med grunnlag i terskelverdimodellen (Sakshaug 1988). Betydningen av N og P som vekstbegrensende næringssalt i sjøvann er imidlertid omstridt. At tilgangen på N og P i rent sjøvann er nær balanse i forhold til algenes krav, betyr at endringer i N/P-forholdet kan være avgjørende for konkurranseforholdet mellom alger med ulike N/P-behov. Dette kan slå ut til fordel for en art som da vil være dominerende ved en eventuell oppblomstring. Ofte er det her snakk om giftige alger.

Når man skal ta stilling til om et marint økosystem er N- eller P-begrenset, er det viktig å skille mellom begrepene

systemisk begrensning dvs. at mengden næringsstoff i omløp i systemet setter en grense for den samlede planteplankton biomasse som kan være tilstede, og fysiologisk begrensning dvs. at akutt næringsmangel fører til hemmet vekst for den enkelte alge (Paasche og Erga 1987). Det er den systemiske begrensning som er av interesse med tanke på overvåking av norske fjorder og kystfarvann og tiltak mot eutrofiering.

Forholdet mellom nitrat - N (evt. ammonium - N) og fosfat-P står sentralt når man skal vurdere om et system er N- eller P-begrenset. For uforurenset havvann svinger gjerne forholdet rundt 16 (atom/atom). Skandinavisk ferskvann er svært fattig på fosfor og rikt på nitrogen, noe som resulterer i et svært høyt N/P forhold, ofte over 100 (atom/atom) (Sakshaug, 1988). Kloakkvann derimot har et lavt N/P forhold, gjerne rundt 8-9 (atom/atom) eller lavere (Sakshaug, 1988). Følgelig kan det bli nærmest hvilket som helst N/P forhold når saltvann, ferskvann og kloakk blandes.

Algenes optimale N/P forhold varierer fra art til art, ofte mellom 8 og 20 (atom/atom) (Sakshaug, 1988). Ensidig nitrogenbegrensning er bare påvist i sterkt eutrofe marine områder, bl.a. deler av Nordsjøen. Sannsynligheten for P-begrensning vil øke med tilførsler av ferskvann, mens tilblending av kloakk vil øke sjansen for N-begrensning (Sakshaug, 1988).

I tillegg til N og P som er nødvendig for vekst av alle alger, trenger kiselalgene og silicoflagellatene også silikat (Si). Tilstedeværelsen av Si er derfor en nødvendig, men ikke tilstrekkelig betingelse for at kiselalgene skal blomstre. Mange arter innen denne gruppen inngår som viktige komponenter i det marine og limniske økosystem, i det de er viktige som fôr til dyreplankton. Til nå har masseoppblomstringer av kiselalger som følge av økt eutrofiering vært regnet som harmløse, men fra vestkysten av Canada er det nylig rapportert om fiskedød på

grunn av dette. I et tilfelle var det Chaetoceros convolutus som forårsaket problemene, ikke ved å være giftige, men ved å skade gjelleepitelet på fisken (Olsen, 1988). I et annet tilfelle er det beskrevet en giftig variant av Nitzschia pungens (Subba Rao *et al.* 1988).

3.4. Faktorer som påvirker eutrofieffektene

I littoralsonen er det en rekke forhold som har betydning for begroingen. Dette kompliserer tolkningen av mulige eutrofieffekter. Knutzen (1987) nevner i denne forbindelse:

Lys

Ferskvannspåvirkning

Temperatur

Vannbevegelsesforandring (vassdragsregulering, vei, bro)

Isskuring

Innhold av leire og annet partikkelmateriale

Beiting

Oksygen.

Ved vassdragsreguleringer kan det oppstå eutrofieffekter som følge av at utstrømmende brakkvann driver en oppstrømming av næringsrikt vann fra dypere vannlag (medrivningseffekt). Dette er beskrevet for indre del av Sørfold i Nordland, der grønnalgevekst på strandflatene i området ble et forurensingsproblem (Mohus og Haakstad 1980). Den store tidevannsvekslingen spiller her også en betydelig rolle fordi nytt vann stadig bringes inn over grunnområdene ved flo sjø.

Enda et forstyrrende element er at utslippene fra større byer og industriområder kan inneholde veksthemmende stoffer (dvs. med motsatt virkning av gjødselstoffene) (Knutzen, 1986). Et eksempel på dette er Iddefjorden. Senere forsøk har vist at også oljesøl kan ha eutrofilignende effekter på tangbeltet i littoralsonen.

I avstengte fjorder og poller med grunn terskel og stagnerende bunnvann kan det naturlig opptre oksygensvikt i dypvannet. I slike områder er det vanskelig å skille mellom effekter av naturlige/antropogene tilførsler og eutrofiering. Ved nedbryting av sedimentert organisk materiale frigjøres det dessuten næringssalter. Fjorder som under dagens situasjon ikke viser synlige tegn på eutrofiering, kan lett overbelastes ved økte tilførsler.

4. BEREGNINGSGRUNNLAG OG SAMLEDE TILFØRSLER

4.1. Beregning av utslipp

Det finnes gode data eller normtall for utslipp fra enkelte kilder, f.eks. kommunal kloakk, fiskeoppdrett og industri. Dette er i alminnelighet punktutslipp som kan ha en lokal sterk effekt i utslippets nærområde. Diffuse tilførsler, slik som i arelavrenning og nedbør, kan det derimot være svært vanskelig å fastsette tall for. Beregninger over belastning kan derfor variere fra gode til svært usikre. Ofte vil en resipient motta tilførsler fra flere kilder. F.eks. vil elvene transportere store mengder N- og P-forbindelser som stammer fra lokal kloakk, industri og jordbruk. Dette gjør det særlig vanskelig å lage gode beregninger, men med sikte på å sette i verk tiltak mot forurensningene, er det nødvendig å kvantifisere kildene og vurdere betydningen av dem mot hverandre.

4.1.1. Kloakk

Utslipp av husholdningskloakk beregnes i personekvivalenter som gir gjennomsnittsverdier for hva en person bidrar med i en dag. Tradisjonelle norske tall (1 p.e.) er 2.5 g P (tot-P), 12.0 g N (tot-N) og 75 g BOF₇ organisk stoff (Vennerød 1984). Nyere undersøkelser viser at tallene for fosfor og organisk stoff er lavere enn tidligere antatt. Det er derfor foreslått, og tildels tatt i bruk, nye tall som er 2.0 g P, 12.0 g N og 46 g BOF₇ (Vråle 1987). De norske tallene er svært nær de svenske, mens andre land kan ha andre verdier, varierende etter levestandard og livsform.

Utslipp fra befolkningen er den klart største fosfor-kilden med ca. 40% (Ibrekk 1989).

4.1.2. Landbruk

Forurensning fra landbruk kan beregnes som utslipp fra punktkilder og arealavrenning. Vennerød (1984) gir tall for silo, halmluting, ulike husdyr og kunstgjødsel som sammen med oppgaver over avrenning fra ugjødslet oppdyrket areal kan gi grunnlag for å beregne totale tilførsler. Beregninger som er gjort for avrenning varierer imidlertid mye, for totalfosfor 1 - 1000 kg/km²/år og for totalnitrogen 40 - 12.600 kg/km²/år. Variasjonene er store både mellom landsdeler og innen samme landsdel. Dessuten vil avrenningen variere over året og fra år til år (Vennerød 1984).

Nyere beregnede fylkesvise avrenningskoeffisienter er gitt av Ibrekk (1989). Tallene varierer fra 100 til 300 kg/km²/år (Finnmark/Rogaland) for fosfor og 3000 til 6000 kg/km²/år (Finnmark/Rogaland) for nitrogen. Det arbeides med å fremskaffe nye og forhåpentligvis bedre koeffisienter. Jordbruket representerer den klart største nitrogen kilden med 36% (Ibrekk 1989).

4.1.3. Fiskeoppdrett

Det har i den senere tid vært omfattende diskusjoner om hvor mye oppdrettsvirksomheten forurenser sjøområdene. På bakgrunn av dette er det gjort flere beregninger av utslippene av næringssalter og organisk stoff. LENKA-prosjektet har kommet fram til utslipp pr tonn produsert fisk på 10.5 kg P, 90.5 kg N og 500 kg BOF₇ (Ervik 1988). SFT har utarbeidet oppgaver som ligger noe høyere for P og organisk materiale. I et nyere arbeid har Vethe (1989) beregnet verdiene for næringssalter til 18 kg P og 115 kg N. Disse tallene ligger svært nær britiske beregninger (Gowan & Bradbury, 1987). Det er også utviklet en modell hvor utslippene kan beregnes med utgangspunkt i ulike fôrtyper, fiskestørrelser, temperatur etc. (Stigebrandt 1986).

Noe av forskjellen mellom beregningene ligger i usikkerhet omkring forforbuket. Den såkalte fôrfaktoren (tørrvekt fôr/fiskevekt produsert) har falt jevnt over flere år, et forhold som indikerer at fôret etterhvert utnyttes bedre og mindre går til spille. Ervik (1988) viser til oppgaver hvor den i 1987 ble beregnet til 1.5, mens Vethe (1989) gir 1.8 som et rimelig estimat over de siste årene.

I mange sammenhenger har utslippene fra fiskeoppdrett blitt sammenlignet med ekvivalente mengder organisk stoff og næringssalter i kloakkvann. Et normalt anlegg med årsproduksjon på 100-150 tonn fisk utgjør da en belastning tilsvarende 2000-3000 personer. En rekke undersøkelser har imidlertid vist at virkningene i gode resipienter er lokale (Olsgard, 1984; Frogh *et al.*, 1985; Aure *et al.*, 1988) og ikke så omfattende som for kloakkutslipp med samme beregnede belastning (Johannessen & Kryvi, 1985). Økte næringssaltkonsentrasjoner har man bare kunnet påvise i anleggenes umiddelbare nærhet (Aure *et al.* 1988, Gowan & Bradbury 1987). Det synes ikke som dette fører til noen lokal vekstøkning av planteplankton. I følge Ibrek (1989) vil fiskeoppdrett med den økningen som er ventet i 1989-90, bidra med en større andel av fosfortilførslene enn jordbruket i løpet av 1990.

4.1.4. Andre kilder

Vennerød (1984) gir normtall for skog-, fjell- og myr-arealer, avfallsplasser og enkelte typer industri. Også Ibrek (1989) gir fylkesvise avrenningskoeffisienter for skog og fjell. Disse tallene varierer fra 5-7 kg/km²/år for fosfor og 150-200 kg/km²/år for nitrogen.

Tallene kan brukes for teoretiske beregninger av tilførsler, men vil aldri kunne erstatte faktiske målinger. I mange situasjoner, spesielt ved diffus avrenning, er dette svært innsatskrevende.

4.2. Samlede utslipp

Ibrekk (1989) gir en samlet beregning over utslipp av næringssalter til sjø fra Norge. Tallene er gjengitt i tabell 1 (fosfor) og tabell 2 (nitrogen). Beregningene omfatter bare landbaserte kilder samt fiskeoppdrett og må brukes med forsiktighet da det knytter seg betydelige usikkerheter til anslagene.

Tabell 1. Oversikt over utslipp av fosfor til sjøområder i tonn pr. år. Landsoversikt (Ibrekk 1989).

Fylke/område	Fiskeopp tonn %	Dyrket tonn %	Annet tonn %	Befolkn. tonn %	Indust. tonn %	SUM tonn
Ytre Oslofjord		399 24	142 8	858 51	282 17	1681
Telemark		36 19	38 20	69 36	50 26	193
Aust-Agder	5	25 21	20 17	70 58	5 4	120
Vest-Agder		31 17	53 28	101 54	9 1	186
Rogaland	65 14	222 47	39 8	132 28	11 2	468
Hordaland	225 35	72 11	38 6	288 45	11 2	634
Sogn og Fjordane	119 39	68 22	41 13	73 24	8 2	309
Møre og Romsdal	154 33	92 19	50 11	162 34	14 3	472
Sør-Trøndelag	57 12	134 27	88 18	189 39	20 4	488
Nord-Trøndelag	43 13	106 32	92 28	79 24	11 3	331
Nordland	128 20	79 12	169 26	178 27	100 15	653
Troms	29 14	25 12	60 29	102 49	3 2	209
Finnmark	16 11	9 6	60 43	53 38	1 1	140
Sum i tonn:	836	1307	890	2354	525	5912
%-fordeling	14	22	15	40	9	100

For kysten Østfold - Rogaland har SFT tidligere laget en fylkesvis oversikt over utslippene i forbindelse med tiltaksplan for å redusere utslippene til Nordsjøen. Tallene avviker ikke vesentlig fra Ibrekk (1989), men er jevnt over noe lavere for nitrogen.

Tabell 2. Oversikt over utslipp av nitrogen til sjøområder i tonn pr. år. Landsoversikt (Ibrekk 1989).

Fylke/område	Fiskeopp		Dyrket		Annet		Befolkn.		Indust.		SUM
	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn
Ytre Oslofjord			11168	38	4364	15	7388	25	6085	21	29005
Telemark			1237	14	322	4	2609	31	3764	44	8532
Aust-Agder	42		600	31	867	44	460	23	30	2	1957
Vest-Agder			930	29	1641	50	615	19	67	2	3253
Rogaland	557	8	4431	65	998	15	822	12	52	1	6859
Hordaland	1949	28	2154	31	1016	15	1755	25	39	0	6913
Sogn og Fjordane	1024	22	2029	44	1090	24	450	10	28	1	4621
Møre og Romsdal	1323	20	2774	43	1331	21	1008	16	47	1	6483
Sør-Trøndelag	492	6	3577	47	2233	29	1202	16	95	1	7599
Nord-Trøndelag	372	6	2827	47	2315	38	488	8	40	1	6042
Nordland	1105	12	1843	19	4250	44	1087	11	1279	13	9564
Troms	251	8	753	23	1589	49	626	19	11	0	3230
Finmark	135	6	283	12	1556	67	331	14	5	0	2310
Sum i tonn:	5927		34606		23572		19291		11542		94938
%-fordeling	6		36		25		20		12		100

4.2.1. Landbruk og fiskeoppdrett

Soldal (1988) har gitt en beregning over utslippene fra landbruk til Skagerrak som viser tilsammen 1000 tonn P og 16 000 tonn N pr. år. Tallene er i samme størrelsesorden som de Ibrekk (1989) gir.

For fiskeoppdrett foreligger det beregninger av fylkesvise årlige utslipp i perioden 1985-88 (Ervik 1988). Disse viser for 1988 et samlet utslipp på 840 tonn P og 7240 tonn N. Tallene øker for hvert år ettersom næringen ekspanderer.

5. NORSKE FJORDER OG KYSTFARVANN

Det er i første rekke Indre og Ytre Oslofjord og Grenlandsfjordene som bærer preg av eutrofiproblemene.

5.1. Områdeinndeling.

Langs norskekysten kan man grovt skjelne mellom åpent hav, kyststrømmen, kystvann (skjærgården) og fjorder. Kyststrømmen består i utgangspunktet av vann av Baltisk opprinnelse tilført vann fra sørlige Nordsjøen som etterhvert blandes opp med hav-, kyst- og fjordvann. Kystvannet betraktes som lite forurenset, men utenfor tungt belastede fjorder kan effekter spores også ut forbi skjærgården. Slike områder finnes bl.a. i Ytre Oslofjord og utenfor Grenlandsfjordene. Generelt er kystvannmassene lite undersøkt med hensyn på eutrofiering, i fortsettelsen vil det derfor bli lagt mest vekt på tilstanden i fjordene og kystnære områder.

5.2. Kysten Svenskegrensen - Jomfruland

Oslofjorden (Fig. 2) med tilgrensende sidefjorder utgjør det viktigste topografiske trekk i området. Ytre Oslofjord har dyp til 460 m og er avgrenset av et platå på ca. 160 m syd for Torbjørnsskjær. Flere av sidefjordene har grunne terskler som avgrenser til hovedfjorden, de viktigste av disse er Iddefjorden, Drammensfjorden og Indre Oslofjord. I Østfold, Vestfold og Telemark er det fjordområder som er avgrenset fra åpent hav med øyer og smale sund.

Områdene omkring Oslofjorden er tett befolket. Det er mye industri og omfattende landbruksvirksomhet i tilstøtende landdistrikter. Flere av landets største vassdrag (Glomma, Drammenselva, Numedalslågen) munner ut i området. Industri og tett befolkning preger også Frierfjord/Grenlandsområdet i nedre Telemark.

I flere av fjordene er miljøproblemene betydelige. I Iddefjorden, Indre Oslofjord og Frierfjorden har det derfor pågått undersøkelser av forurensningssituasjonen over mange år. Mindre undersøkelser over kortere tidsrom har vært gjennomført en rekke andre steder. Etterhvert er også virksomheten i ytre Oslofjord og grensefarvannene mot Sverige trappet opp. Samlet gir disse et grunnlag for å kartlegge den generelle tilstanden og utviklingstendenser i området.

Det finnes også en rekke eldre undersøkelser tildels tilbake til forrige århundre fra Oslofjorden. Stort sett er dette rene forskningsarbeider eller fiskeriundersøkelser, men de gir grunnlag for sammenligning til dagens tilstand. De fleste eldre data er innsamlet av Universitetet i Oslo, Statens biologiske stasjon Flødevigen og Havforskningsinstituttet i Bergen.

Eutrofiering er kanskje det viktigste miljøproblem i området sett under ett. Nylig er det for ytre Oslofjord laget en sammenstilling av tidligere undersøkelser som ledd i en intensivundersøkelse av hele fjordområdet (Magnusson & Rygg 1988). Beregninger over samlede tilførsler er gjort av Ibrenk & Holtan (1988). I enkelte områder er det også store utslipp av organisk stoff og miljøgifter med svært sammensatte og kompliserte miljøproblemer som resultat.

5.2.1. Iddefjorden

Hovedkilde: Knutzen (1986).

Iddefjorden (Fig. 2) har vært undersøkt innen Statlig program for forurensningsovervåking 1977-1983. Senere er tilstanden fulgt ved enklere undersøkelser utført av Miljøvern avdelingen hos fylkesmannen i Østfold og Byveterinæren i Halden. Viktige bidrag til forståelsen av fjordens forurensningsbiologi er kommet fra Tjärnö Marinbiologiska

Laboratorium i form av rapporter og data fra student-
ekskursjoner.

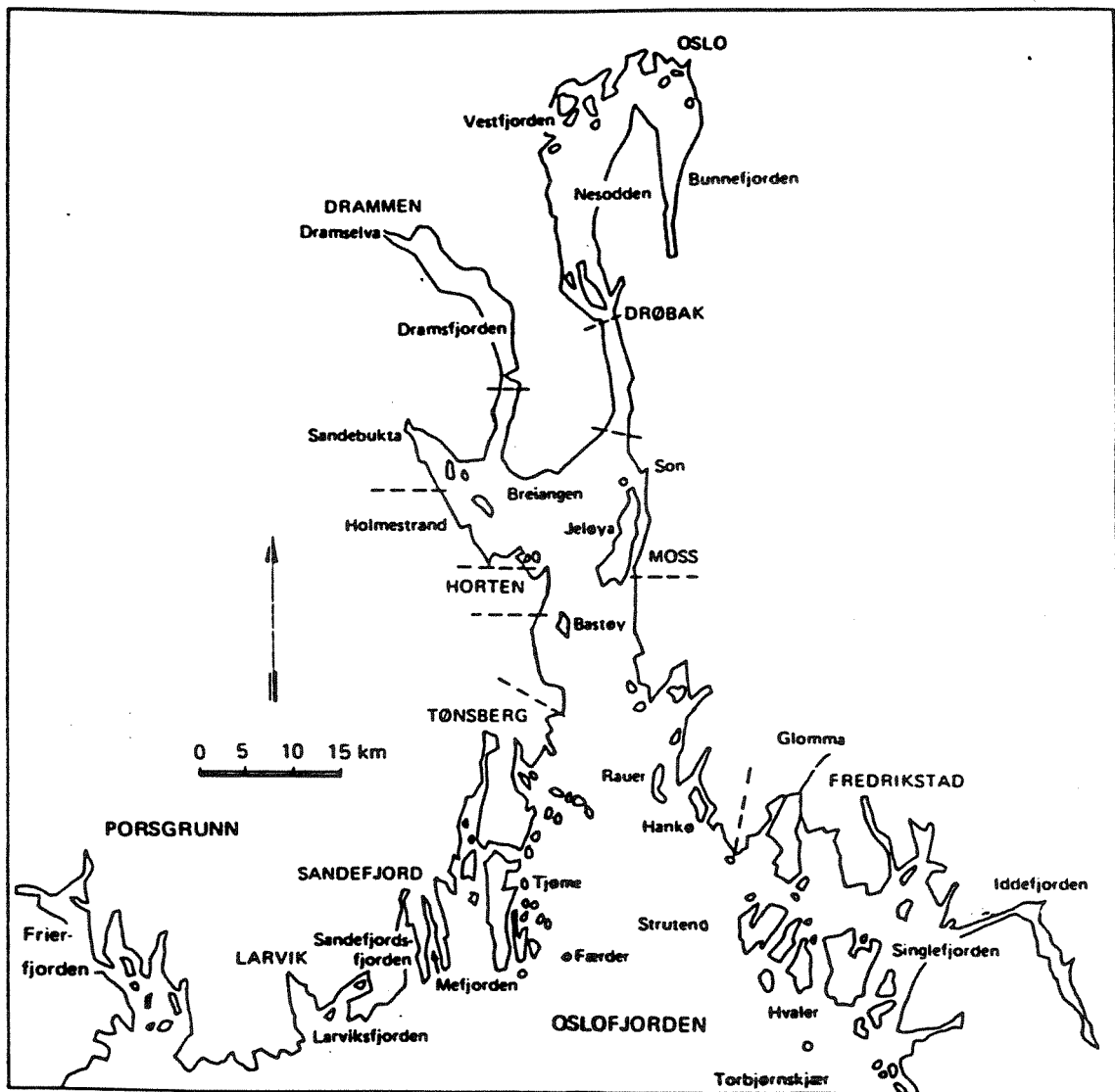


Fig. 2. Indre og Ytre Oslofjord med tilgrensede områder.

A. Belastning.

Belastningen har vært dominert av avløpsvann fra cellulose- og papirproduksjonen ved Saugbrugsforeningen. Utslippene består av nedslammende og oksygenkrevende materiale som har misfarget og tilgrumset vannet. Bortsett fra den nærings-tilførsel som det nedbrytbare organiske stoffet representerer for bakterier og mikrofauna, har utslippene ikke stimulert produksjonen i fjorden. Tvert imot virker utslippene hemmende, tildels giftig, på plantevekst slik at tilførselene av næringssalter ikke har noen store lokale virkninger.

Beregnet årlig belastning (1986) av fosfor- og nitrogenforbindelser og organisk stoff er gitt i tabell 3. Industrien bidrar mest til organisk stoff (ca. 80 %) og fosfor (57 %), men mindre til nitrogen (8 %). Dette tilføres i hovedsak i avrenningsvann (78 %). Tilførselene av fosfor-forbindelser i husholdningsavløp er moderate (19 %). Dette har sammenheng med at Halden, som foreløpig eneste større by utenom Oslo, har kjemisk fellingsanlegg. Største nitrogenkilde er Tista (80%).

B. Eutrofitilstand.

Iddefjorden preges p.t. ikke av biologiske eutrofiproblemer. Fjorden har et misfarget, grumset overflatevann med lavt siktedyp (middelveidier <1 - 1,5 m unntatt ytterst i Ringdalsfjorden: 2,5 m). Plante- og dyrelivet på grunt vann er fattig - merket av giftvirkning, dårlige lysforhold, nedslamming og ferskvannspåvirkning. Bunnvannet i bassengene nærmest Halden er periodisk råttent, og bunnen har et fattig dyreliv, generelt mer utarmet jo dypere en kommer.

Tabell 3. Beregnede tilførsler av næringssalter til sjø i Østlandsområdet. Tallene er fra Ibrek & Holtan (1988), Magnusson & Rygg (1988) og arbeider nevnt i teksten. Alle tall i tonn/år.

	P	N
Iddefjorden	35	770
Hvaler/Singlefjorden (inkl. Iddefj.)	875	14350
Indre Oslofjord	160-270	3900-4200
Drammensfjorden		
lokalt bidrag	110	1350
fra Tyrifjorden	60-70	2500-3000
Sandebukta	17	303
Mossesundet	44	1170
Holmestrandsfj.	7	124
Hortenområdet	14	96
Tønsbergområdet	40	700
Mefjorden	2	23
Sandefjordsfjorden	32	220
Larviksfjorden	80	1700
Samlet for Oslofjordområdet	1700	29000
Grenlandsfjordene (- Skienselva)	130	4800

På tross av hemmet vekst og dårlige lysforhold har det episodisk opptrådt betydelige mengder av planteplankton som har gitt tydelige utslag på siktedypet (spesielt ved driftshus ved Sagbrugsforeningen).

Iddefjorden har stadig hatt en artsrik fiskefauna, spesielt innover mot den lite belastede Berbyelva innerst i fjorden. Fritidsfiske utøves særlig i indre 4-5 km av fjorden. Fiskedød i stående redskap har vært hyppig i Ringdalsfjorden, og et kommersielt ålefiske ble oppgitt på slutten av 1970-tallet.

C. Årsakssammenhenger.

Hovedårsaken til fjordens dårlige tilstand er avløpsvannet fra cellulose-produksjonen. Det må derfor ventes en betydelig bedring når denne del av virksomheten ved Saugbrugsfor- eningen nedlegges, senest i 1993, muligens allerede i 1990.

D. Endringer.

Etter reduksjoner i belastningen med særlig sulfittavlut og suspendert materiale (partikler) etter 1976-77 bedret til- standen seg noe mht. vannets gjennomskinnelighet (siktedyp) og utbredelsen av råttent bunnvann. Bedrede forhold i strandsonen og på "hardbunn" under 2-3 m ble registrert på begynnelsen av 1980-tallet. Samtidig er det observert økt artsantall i bløtbunnsfaunaen i hvert fall ned til midlere vandyp (omkring 20 m). Tendensen til bedring gjaldt mest de ytre bassengene. Etter 1982/83 har det ikke vært noen betydelig bedring av forholdene. Når celluloseproduksjonen opphører er det imidlertid mulig at overgjødslingseffektene i fjorden kan tilta, et forhold som bør overvåkes. Det ikke foretatt noen biologisk overvåking siden 1983.

5.2.2. Hvaler/Singlefjorden

Hovedkilder: Ibrekk og Holtan (1988)
 Magnusson og Rygg (1988)
 Skei (1984)

Området (Fig. 2) har vært undersøkt under Statlig program for forurensningsovervåking i perioden 1980-83 (Skei 1984), mens SFT senere har gjort en kartlegging av forurensnings- tilførslene (SFT 1987). I området er det betydelig industrivirksomhet (Borregaard, Kronos Titan, Greaker industrier, Lilleborg fabrikker) og høy befolkningstetthet. Utslippene fra industrien omfatter næringssalter, organisk stoff, klororganiske forbindelser, tungmetaller og syrer. Det er også store tilførsler av ellevann fra Glomma, som går gjennom et av Norges største jordbruksområder.

A. Belastning

Beregnet årlig belastning (bl.a. jordbruk) av fosfor- og nitrogenforbindelser er gitt i tabell 3. Glomma bidrar med ca. 70 % av tilførslene både av nitrogen og fosfor. Tilførslene av organisk stoff med elvevann er også betydelige, men her er industrien, først og fremst Borregaard, også en stor bidragsyter. Tilførslene av fosfor og nitrogen fra befolkningen utgjør henholdsvis 11% og 3%.

B. Eutrofitilstand

Eutrofitilstanden er uklar som følge av interferens med andre forurensningseffekter. Området er betydelig forurenset med tungmetaller, organiske miljøgifter og partikkelutslipp fra industrien. Innenfor Hvalerøyene er det også stor organisk belastning. Over et område på 30 km² er det et artsfattig og forurensningstolerant dyreliv på bløtbunn, og fravær av ellers vanlige planter og dyr. Strendene i nedre del av Glomma er dekket av et rødbrunt belegg som i stor grad består av begroing med diatomeer, men hvor fargen skyldes jernutfellinger. Det er ikke funnet klare overgjødslingssymptomer, og i området er det liten lokal planteplanktonproduksjon. Trolig transporteres det meste av næringssaltene med brakkvannet ut av området og bidrar til eutrofiering av ytre Oslofjord. Brakkvann fra området har også periodevis blitt påvist sydover til Kosterfjorden.

C. Årsakssammenhenger

Miljøproblemene i området er sammensatte og forholdene skyldes flere faktorer. Det er derfor vanskelig å avgjøre betydningen av de enkelte forurensningskomponentene. Fravær av grønnalger og brunalger kan skyldes at metaller i vann er giftig for kimstadier. I fronten mellom brakkvann og sjøvann utenfor området er det større mengder planteplank-

ton som kan transporteres inn i fjordområdet i kompensasjonsstrømmen under brakkvannssjiktet. Dette kan bidra til økt organisk belastning på dypvannet.

D. Endringer

Det er ingen overvåking av området. De planlagte utslippsreduksjoner er foreløpig begrenset til tungmetaller (Kronos Titan stoppet sine utslipp i mai 1989).

5.2.3. Indre Oslofjord

Hovedkilder: Baalsrud 1968, Magnusson et al. 1988.
Gray og Abdullah 1986

Det foreligger et stort materiale om Indre Oslofjord (Fig. 2). Fra slutten av 1800-tallet har forskere ved Universitetet i Oslo gjennom studier av fjorden direkte og indirekte kunnet følge forurensningsutviklingen. Etter de store forurensningsundersøkelsene 1962-65, Oslofjord-prosjektet, har NIVA fra 1973 gjennomført overvåkingsundersøkelse hvert år. Ved etableringen av det siste renseanlegget (SRV) utførte Universitetet i Oslo og NIVA en før/etter undersøkelse.

A. Belastning.

Beregnete tilførsler er vist i tabell 3 (innen de gitte rammer er utslippsmengdene foreløpig under diskusjon). Av den totale nærings salttilførsel står befolkningen for 70-75 %, industri og landbruk for ca. 10-15 % hver. Det er gjort en beregning av tidligere tilførsler av fosfor til fjorden som viser en årlig tilførsel av ca. 100 tonn i 1930, ca. 200 tonn i 1950 og ca. 700 tonn i 1970. Tilførslene er redusert fra 1970-tallet og til 1987 fordi det er satt i verk rensetiltak. Det mangler historiske tall for nitrogen og organisk stoff, men sammenlignet med beregninger fra

1962-65 har nitrogentilførselen frem til 1987 økt med ca. 400-800 tonn.

B. Eutrofitilstand.

Utslipp av næringssalter og organisk stoff gir eutrofiproblemer i Indre Oslofjord. Gjennomførte rensetiltak har hatt en positiv effekt på fjorden, særlig på overflatevannet, men fortsatt er tilstanden langt fra tilfredstillende. Den store næringssalttilførselen gir hyppige planteplanktonoppblomstringer gjennom sommer og høst. Dette gir dårlig sikt, samt en stor belastning av organisk stoff på dypvann og bunn. Med den naturlig begrensede dypvannsfornyelsen i fjorden blir vannmassenes oksygen redusert til kritiske nivåer for zooplankton, fisk og bunndyr. Til tider dannes det hydrogensulfid i deler av fjorden. Dette er årsaken til at deler av fjordens bunn mangler fauna.

Samfunnene av fastsittende alger viser direkte og indirekte effekter av eutrofisituasjonen. Det er klare horisontale og vertikale gradienter. Zooplanktonet er kraftig påvirket av den negative utviklingen ved en kvalitativ og kvantitativ reduksjon, untatt for forurensningstolerante arter. Bløtbunnsfaunaen er delvis utryddet og for øvrig klart påvirket av høy organisk belastning og dårlige oksygenforhold.

C. Årsakssammenhenger.

Tilstanden i Indre Oslofjord skyldes for store belastninger med næringssalter og organisk stoff. Fortsatt tilføres urensset avløpsvann til fjorden som følge av for dårlig kapasitet på renseanleggene. Videre er påvirkning fra en begynnende eutrofiering av Ytre Oslofjord til bekymring for utviklingen i Indre Oslofjord (jfr. kap. 5.2.6).

Imidlertid kan også tungmetaller og organiske mikroforurensninger ha betydning for eutrofitilstanden i fjorden, men kjennskapet til disse stoffers økologiske effekter har

vært for dårlig, spesielt innen et eutroft område, til å avgjøre hva dette betyr for den generelle utviklingen i Oslofjorden.

D. Endringer.

Gjennomføringen av ulike rensetiltak i perioden 1970 til 1984 har gitt positive effekter. Den negative utviklingen av oksygenkonsentrasjoner i fjordens dypvann har sannsynligvis stoppet opp. Planteplankton-biomassen (klorofyll a) sommerstid har minket og siktedypet og nedre voksegrense for fastsittende alger har økt, spesielt i de områder hvor belastningsreduksjonen har vært størst. For øvrig har det ikke vært registrert større forandringer i fjorden.

Etter at dyputslippet til det nyeste renseanlegget i Indre Oslofjord kom i drift, har bløtbunnfauna-undersøkelser vist en økt lokal belastning i området ved utslippet samt lavere oksygenkonsentrasjoner på avløpsvannets innlagringsnivåer.

5.2.4. Drammensfjorden

Hovedkilder: Faafeng (1986).
Magnusson og Næs (1986).

A. Belastning.

Tilførsler, beregnet for det lokale nedbørfelt til Drammelselva (nedenfor Tyrifjorden) og direkte til fjorden, er vist i tabell 3. Av dette står befolkningen for ca. 60% av fosfortilførselen, omlag halvparten av BOF₇, og ca. 35% av nitrogenbelastningen. Andre store kilder er industri (ca. 30% av BOF₇) og jordbruk (omlag 25% av N-tilførsel).

I tillegg til ovenstående kommer et stort - bortsett fra jordbruk overveiende naturlig - bidrag fra Snarumelva og Tyrifjorden: 60-70 tonn fosfor og 2500-3000 tonn nitrogen pr. år. Nitrogenet som tilføres fjorden fraktes i stor grad

ut forbi Svelvik og bidrar til gjødslingen av Ytre Oslofjord.

B. Eutrofitilstand.

Husholdningsavløp gir Drammensfjorden hygienisk dårlig vannkvalitet, mens overgjødslingssymptomene i overflate- laget er begrenset, dels som følge av kort oppholdstid i fjorden og dels pga. brakkvannets hemmende virkning på marin flora. Imidlertid ble det i basisundersøkelsen i 1982 konstatert til dels like høye klorofyllkonsentrasjoner som i hovedvannmassene av indre Oslofjord og lave siktedyp om sommeren (i middel ca. 2,5-3 m innenfor Svelvik). For siktedyp spiller også leirpartikler fra elva en rolle.

Høyere planter vokser frodig i den innerste del av fjorden, særlig langs østre bredd. Generelt gjenspeiler den høyere vegetasjonen middels næringsrike til næringsrike forhold.

Vegetasjonen av fastsittende algearter var fattig innenfor Svelvik, men viste ingen typiske overgjødslingssymptomer med unntak aller innerst i fjorden. Dyrelivet på grunt vann var dominert av livsformer med høy toleranse overfor nedslamming.

Bløtbunnsfaunaen er redusert som følge av kritisk lavt oksygeninnhold eller råttent vann, som jevnlig når opp til 35-40 m innenfor terskelen. I den innerste del av fjorden bar samfunnet på bløtbunn også noe preg av rikelig tilgang på partikkelbundet organisk stoff.

C. Årsakssammenhenger.

Tilstanden i Drammensfjorden må forstås ut fra et kompleks av årsaker der sterk ferskvannspåvirkning, nedslamming, dårlige lysforhold og virkninger av islegging har avgjørende innflytelse i overflatelaget og strandsone, mens den begrensede vannutskiftingen preger forholdene i dypvannet.

Bidraget fra forurensninger med organisk stoff og gjødselsstoffer er vanskelig å isolere og kvantifisere.

D. Endringer.

Utviklingen i Drammensfjordens overflatelag er lite kjent pga. få observasjoner. Det kan imidlertid se ut til at forbedringen i fysisk/kjemisk/biologisk vannkvalitet som følge av minsket belastning fra treforedlingsindustri fra midten av 1970-tallet er blitt mindre enn man kunne forvente. Dels kan dette skyldes økt belastning fra kommunal kloakk, jordbruk og erosjonsutvasking, dels vassdragsregulering som har gitt økt oppholdstid for overflatevannet og bedre muligheter for produksjon av planteplankton inne i fjorden (høyere bestander i begynnelsen av 1980-årene enn 30 år tidligere). De dårlige oksygenforholdene med som oftest råttent dypvann under ca. 40 m, synes å ha vært stabile i hvert fall de siste 30 år, sannsynligvis enda lenger. Minsket belastning med organisk stoff fra treforedlingsindustrien hadde i 1982 foreløpig ikke gitt påviselig utslag på dypvannets oksygeninnhold.

5.2.5. Områder langs ytre Oslofjord

Hovedkilde: Magnusson og Rygg (1988).

Langs ytre Oslofjord er det gjort undersøkelser i Mossesundet, Drøbaksundet, Hurumkysten, Sandebukta, Holmestrandsfjorden og ved Horten, Tønsberg, Sandefjord og Larvik (Fig. 2).

Mossesundet

Oppgaver over belastningen er vist i tabell 3. Tilstanden i Mossesundet knyttes til utslipp fra treforedlingsindustrien ettersom resipientundersøkelsene har fokusert på dette problemet (Johansen 1986). Eutrofigraden er vanskelig å fastslå fordi industriutslippene dominerer og lokalt

overskygger virkningene av næringssalttilførslene. Overflatevannet er brunt (ligninheldig) og gir trolig dårlige betingelser for planteplanktonvekst på grunn av lysbegrensning og eventuelt gifthemming. Trolig vil det vise seg et behov for kommunal rensing i form av utslippsreduksjoner fra treforedlingsindustrien.

Sandebukta

Indre del av Sandebukta forurenses hovedsakelig av organisk stoff fra papirindustri. Dette gir grumset og misfarget overflatevann, og påvirker flora og fauna i strandsonen og ned til 20 m. Dybdegrensen for benthosalgevegetasjon er forholdvis grunn. I dypvannet er det perioder med lave oksygenverdier (Miljøplan 1982).

Holmestrandsfjorden

Belastningen fra kommunale utslipp er vist i tabell 3. Det er en noe påvirket bløtbunnsfauna utenfor Holmestrand (Rygg 1986). I strandområdene er det lave artstall for fastsittende alger og reduserte forekomster av blåskjell til tross for at de naturlige betingelser skulle være tilstede (Bokn 1987). Hovedårsaken til tilstanden er trolig overgjødning og belastning med organisk stoff.

Områdene rundt Horten

Utslipp av kommunal kloakk er vist i tabell 3. Det er påvist små lokale effekter på bunnfaunanen øst for Horten havn, mens det i indre havn er registrert hydrogensulfid (Liseth et al. 1983). Undersøkelsene er ikke foretatt med eutrofiering som mål, men forholdene i indre havn må skyldes en altfor stor belastning av organisk stoff.

Tønsbergområdet

Tabell 3 viser beregnede utslipp fra kommunal kloakk og jordbruk. De indre deler av Tønsbergfjorden (Vestfjorden) har forhøyede konsentrasjoner av næringssalter, lavt siktedyp og høyt klorofyllinnhold. Flora og fauna bærer preg av dette. Topografien er slik at vannutskiftningen begrenses, noe som gir store utslag på miljøet ved utslipp av forurensninger.

Avløpsvannet er i de senere årene overført til renseanlegg på Vallø og ved Vårnes i Stokke. Det er gjort flere undersøkelser i området for å kartlegge virkningene av omleggingen (Miljøplan 1985, Bokn 1986, Carlsson et al. 1987). Undersøkelsene viser en forverring av forholdene på bløtbunn utenfor utslippene til de nye renseanleggene. Ved Vallø er det forurensningssymptomer også på strandvegetasjonen. For øvrig er det ikke konstatert forandringer i Tønsbergfjorden. At det ikke har vært klare forbedringer i området, kan skyldes for lav rensegrad, men muligens også at området påvirkes av vannkvaliteten i ytre Oslofjord. I så fall avspeiler resultatene en generell negativ utvikling i ytre Oslofjord.

Mefjorden

I tabell 3 er det vist beregnet belastning fra kommunal kloakk, jordbruk og søppelfylling i området. Mefjorden er en ikke spesielt hardt belastet resipient. Allikevel er algevegetasjonen i det indre av fjorden tydelig påvirket av overgjødsling (Iversen 1984).

Etter at det er satt i verk utslippsreduksjoner til fjorden, har forholdene blitt bedre. Fra 1977/78 til 1982/83 har antall arter av fastsittende alger økt betydelig og grønnalgeprosenten avtatt sammenlignet med forholdene i 1982/83.

Sandefjordsfjorden

I tabell 3 er det vist tilførsler fra befolkningen. Tilstanden i fjorden kan betegnes som moderat eutrof. Undersøkelser av fastsittende alger viser at grønnalgeprosenten har avtatt betydelig og artsantallet økt fra 1977/78 til 1982/83 i indre fjord (Iversen 1984).

Store deler av den kommunale kloakken er blitt overført fra indre til midtre del av fjorden. Dette har gitt en forbedring i forurensnings situasjonen i indre fjord, mens midtre del viser en svak negativ forandring.

Larviksfjorden.

Hovedkilder: Røsjorde (1970)
Bjønnnes (1986)

Larviksfjorden belastes med utslipp av kommunal kloakk fra Larvik og Stavern, treforedlingsindustri og tilførsler fra Numedalslågen. Det har vært gjort undersøkelser i fjorden siden 1968-69, deriblant flere resipientundersøkelser (Bjønnnes 1986).

A. Belastning.

Beregnete utslipp er vist i tabell 3, men verdien for organisk stoff gjelder utslippene fra treforedlingsindustrien. Numedalslågen er den største enkeltkilden og bidrar med 55 % av P- og 70 % av N-tilførslene.

B. Eutrofitilstand.

Bløtbunnsfaunaen i indre del av Larviksfjorden er markert påvirket og typisk for lokaliteter med stor organisk belastning. Det er dårlige oksygenforhold innerst i fjorden. I øvrige områder av fjorden er forholdene tilfredsstillende.

C. Årsaksammenheng.

De dårlige forholdene i indre fjord skyldes trolig utslippene fra treforedlingsindustrien. Det er ikke usannsynlig at det også er typiske eutrofieffekter i området.

D. Endringer.

Det synes å ha vært en forverring av forurensnings-situasjonen i de senere år.

5.2.6. Sentrale deler av ytre Oslofjord (Drøbak-Ferder)

Hovedkilder: Rosenberg, Gray, Josefson og Pearson (1987)
Magnusson og Rygg (1988)

A. Belastning.

De samlede tilførslene av næringssalter til områdene ved Oslofjorden utgjør i alt 1700 tonn P og 29 000 tonn N pr. år (Tab. 3) (Ibrekk og Holtan 1988). Belastningen på ytre Oslofjord avhenger imidlertid av hvor stor andel av tilførslene, spesielt til indre Oslofjord og Drammensfjorden, som transporteres utover. F.eks. er transporten av fosfor fra Drammensfjorden mindre enn det denne fjorddel tilføres fra Ytre Oslofjord, ettersom fosforet som tilføres lokalt sedimenterer i fjorden. Også lokale effekter i andre nærområder vil dempe den direkte belastningen på de sentrale deler av ytre Oslofjord.

Omtrent halvparten av næringssaltene tilføres fra området mellom Halden og Hvaler. Glomma er den største enkeltkilden som alene bidrar med 40 % av N-tilførslene og 37 % av P-tilførslene til ytre Oslofjord (Ibrekk & Holtan 1988).

Det er ikke beregnet totaltilførsel av organisk stoff, men

utslipp fra treforedlingsindustrien av fiber er ca. 14.000 tonn pr. år og den totale utslippsmengden av organisk stoff fra denne industri tilsvarer omtrent en befolkning på vel 3 mill. mennesker.

B. Eutrofitilstanden.

Undersøkelser av bløtbunnsfaunaen 1985 i Ytre Oslofjord har vist at den midlere totale biomassen har økt signifikant sammenlignet med 1914 (Rosenberg et al. 1987). Hovedforandringen ble registrert på de dypereliggende stasjonene (> 25 meters dyp). I 1914 var biomassen avtakende med dypet. Dette ble ikke funnet i 1985.

Oksygenkonsentrasjonen i oktober måned viser en negativ utvikling i Breiangen og Drøbaksundet (Fig. 3) sammenlignet med observasjoner fra 1936-1965. Reduksjonen var størst på mellomdyp (25-50 meters dyp) og konsentrasjonene er tidvis så lave at de kan ha negativ effekt på bunnfaunaen på disse dyp. I de dypere vannmasser er konsentrasjonsnivået fortsatt over 4 ml/l og har derfor ikke nødvendigvis negative effekter på bløtbunnsfaunan.

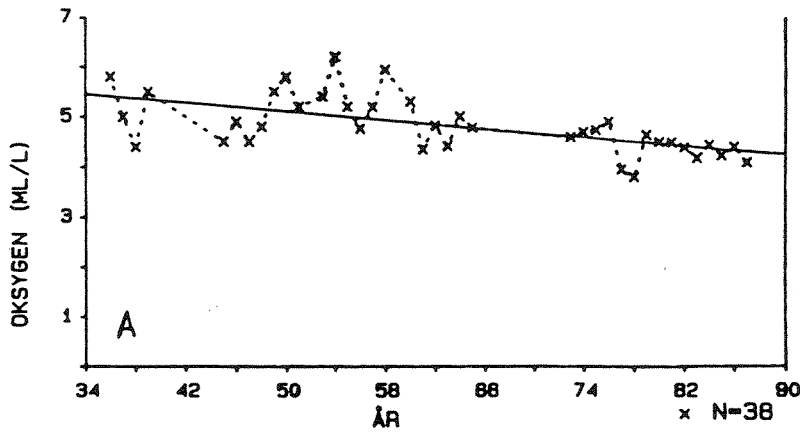
Bløtbunnsfauna undersøkelsene og oksygenutviklingen i Ytre Oslofjord tyder på en økt organisk belastning i området.

C. Årsakssammenhenger.

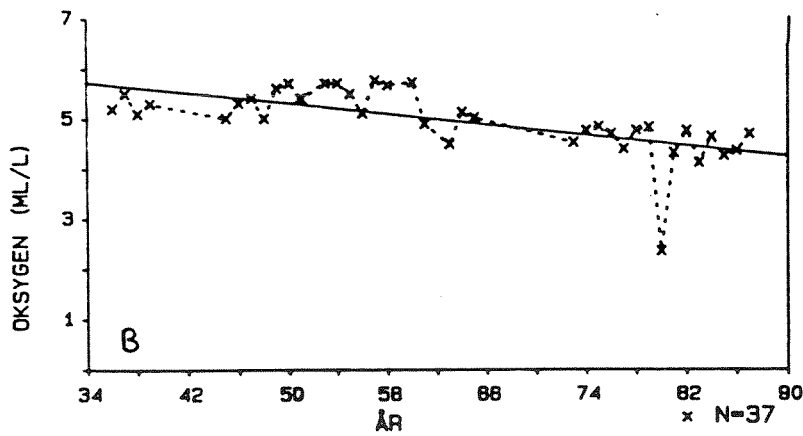
Utviklingen i Ytre Oslofjord skyldes sannsynligvis økte tilførsler av N, P og organisk stoff, eventuelt en kombinasjon med naturlige variasjoner i vannutskiftning og planteplanktonvekst.

D. Endringer.

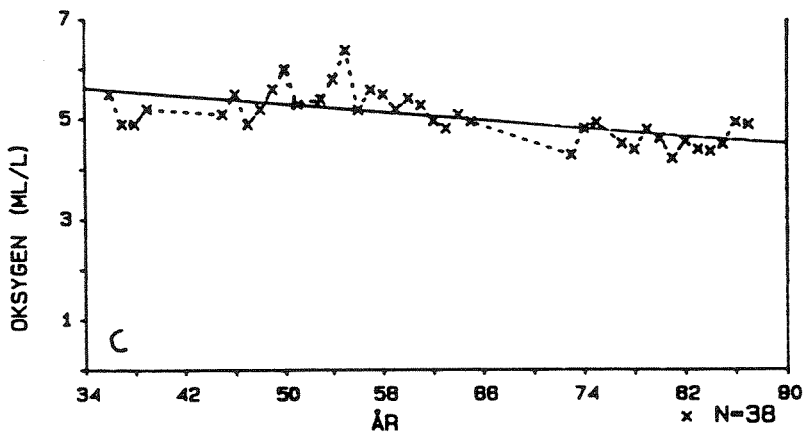
De konstaterte forandringer av bløtbunnfauna biomasse og oksygenforhold (Fig. 3) tyder tilsammen på en økt tilførsel av organisk stoff til de dypere vannmasser i området.



$$Y = -0.02X + 6.19 \quad R = -0.60 \quad P \leq 0.001$$



$$Y = -0.03X + 6.63 \quad R = -0.66 \quad P \leq 0.001$$



$$Y = -0.02X + 6.28 \quad R = -0.63 \quad P \leq 0.001$$

Fig. 3. Oksygenutvikling på 40 m (A), 60 m (B) og 80 m (C) dyp i Drøbaksundet 1936-1987 (Magnusson og Rygg 1988).

Foreløpig er økningen ikke tilstrekkelig stor til å gi klart negative effekter. Det er mulig at eutrofieringen frem til 1980-tallet har hatt positive effekter i form av økt biologisk produksjon og større fiskeproduksjon i området. Imidlertid er det sannsynlig at utviklingen nå er nær det nivå hvor den positive effekten forsvinner og negative effekter kan ventes å ta over. Foreliggende observasjoner viser ingen tegn til at denne utvikling skal stoppe opp. Det er derfor viktig at situasjonen overvåkes videre.

5.2.7. Grenlandsfjordene.

Hovedkilder: Molvær og Rygg (1986)
Rygg, Green, Knutzen og Molvær (1988)

Hovedproblemet i Frierfjorden (Fig. 2) er utslippene av miljøgifter fra Hydro Porsgrunns virksomheter, men fjorden bærer også preg av overbelastning med organisk stoff og næringssalter.

A. Belastning.

Belastningen på fjordsystemet er vist i tabell 3. Befolkningens andel utgjør ca 60 % for fosfor, 10 % for nitrogen og ca. 35 % for organisk stoff. Industrien står for de største tilførselene av nitrogen (kunstgjødsel) og organisk stoff (celluloseproduksjon). Industriens bidrag med fosfat-P er også betydelig.

15 år tidligere var belastningen vesentlig høyere (henholdsvis ca. 300, over 8000 og ca. 12000 t/år). Belastningen har vært omtrent stabil fram til 1988 da utslippene fra Hydro Porsgrunn ble vesentlig redusert. BOF-belastningen fra celluloseproduksjonen ble halvert i 1988, og ytterligere minskning for både organisk stoff og næringssalter vil følge i 1990/1991.

Den store belastningen gjenspeiles i overflatelagets høye nitrogenkonsentrasjoner og en betydelig transport av nitrogen videre utover i Brevikfjorden og Langesundsbukta. Overkonsentrasjoner kan også spores nedover Telemarkskysten. Overkonsentrasjonene av fosfor gjør seg derimot vesentlig gjeldende bare utover til Brevikfjorden.

B. Eutrofitilstand.

Basisundersøkelsene i 1973-76 viste høye konsentrasjoner av planteplankton i alle Grenlandsfjordene (ikke systematisk observert siden). Siktedypet har vært fulgt gjennom en årrekke og viser stadig lave verdier såvel i Frierfjorden (2-3 m om sommeren, årsmiddel ca. 3 m) som utenfor Brevikterskelen og i sidefjordene (f.eks. 2-4 m i Eidangerfjorden om sommeren). I Frierfjorden ble siktedypet gradvis dårligere i perioden 1980-86, men var bedre i 1987.

Algefloraen i Frierfjordens strandsone og på grunt vann er preget av grønnalger, men ikke lenger i slike massebevokninger som konstatert i 1974-76. Forbedring både mht. antall arter av alger og nedre grense for algevekst ble konstatert i 1980-81, særlig ytterst i Frierfjorden og ved Brevik. Den store ferskvannspåvirkningen kan medvirke til at overgjødslingen ikke gir så stort utslag på fastsittende algesamfunn som ellers kunne forventes.

Den store direkte belastningen med lett nedbrytbart organisk stoff, og indirekte fra næringssalter via planteplanktonproduksjon, har medført oksygenvinn i dypvannsmassene innenfor Brevikterskelen og generelt ulevelige vilkår for dyreliv under 45-50 m og kritisk dårlige forhold opp mot 30-35 m. Unntatt er korte perioder etter dypvannsfornyelse. Også i Eidangerfjorden og Langesundsfjorden er bløtbunnsfaunaen påvirket av organisk stoff.

C. Årsakssammenhenger.

Årsaken til at forholdene stadig er dårlige må søkes i den vedvarende overbelastning med næringssalter og lett nedbrytbart organisk stoff, dertil med partikulært materiale. I denne forbindelse spiller både fiber fra treforedling og erosjonsmateriale fra Skienselva en rolle.

D. Endringer.

Med forbehold for noe mangelfulle undersøkelser, synes ikke overgjødningstilstanden å ha forbedret seg noe vesentlig det siste 10-året. For siktedypets vedkommende har det nærmest vært indikasjoner på en svak forverring.

5.3. Kysten Jomfruland - Åna Sira

Kyststrekningen fra Jomfruland og til Lindesnes (Fig. 1) består for det meste av grunne farvann med en omfattende skjærgård. En rekke mindre fjorder skjærer seg inn i landet. Flere av disse er små og har svært grunn terskel. Vest for Lindesnes er kysten mer åpen og preget av større fjorder. De fleste fjordene har grunne terskler.

For det meste er det spredt bosetning langs kyststrekningen med Kristiansand som eneste større befolkningssentrum. Større industrivirksomhet med betydelige miljøproblemer finnes bare i Kristiansandsområdet. Langs hele kysten er det hyttebebyggelse og omfattende fritidsbruk av områdene. I forvaltningen av områdene blir det tatt betydelige hensyn til dette.

Utslipp av næringssalter og organisk stoff kommer fra kommunal kloakk, landbruk og enkelte industriforetak. Virksomheten i fiskeindustri og havbruk er moderat og begrenset til ytre kystområder. Det føres også betydelige mengder næringssalter (nitrat) ut med ellevann fra skog og

heiområder. Det synes som mye av dette tilføres med forurenset luft og nedbør. Tusensjøersundersøkelsen viste at nitratinnholdet i innsjøer på Sørlandet var nesten doblet i perioden 1975-86 (SFT, 1987). Nye beregninger fra Nidelva og Otra tyder på at 35-40 % av nitrogentransporten i elvevannet kommer fra forurenset luft og nedbør, mens landbruk og kloakk ikke utgjør mer enn omkring 10 %. Elvetilførslene har betydning for de nære sjøområder hvor så mye som 30 % av nitrogenet kan stamme fra forurenset luft (Hindar et al. 1989).

I tillegg til de lokale tilførslene er Sørlandskysten utsatt for nærings-salt-tilførsler med kyststrømmen. Det er lite kjent om hvor stort dette bidraget kan være, og hvilken betydning det har under dagens forhold. Slike fjerntransporterte forurensninger kan omfatte tilførsler både fra ytre Oslofjord/Grenlandsfjordene, Kattegat via det utstrømmende baltiske vannet og sydlige Nordsjøen via Jyllandsstrømmen (Figur 4). Dersom disse områdene stadig blir mer eutrofe, må en regne med at det vil påvirke Sørlandskysten.

Det foreligger mange undersøkelser av hydrografi og vannkvalitet. Mye av dette er gjort av Statens biologiske stasjon Flødevigen (SBSF), men i de senere år har også NIVA og Agder distriktshøgskole deltatt. Fjordene har vært viet spesiell oppmerksomhet. I enkelte fjorder finnes serier av årlige målinger så langt tilbake som til 20-årene (f.eks. Topdalsfjorden). De fleste terskelfjordene har dårlig vannutskiftning og problemer med oksygensvikt i dypvannet. Fjordene er meget sårbare for økte tilførsler av nærings-salter og organisk stoff.

Så godt som alt som finnes av kvantitative benthosundersøkelser er av nyere dato. Eldre undersøkelser er nesten alle kvalitative, men mye av det innsamlede materialet er lagret og ikke bearbeidet. Wikander (1986 a, b, c, d) har gitt en sammenfattende oversikt over alle innsamlinger som

er foretatt i Aust-Agder. Sett under ett er datagrunnlaget best for bløtbunn, men endel registreringer finnes for hardbunnssamfunn. Den benthiske algeflora må regnes som relativt godt beskrevet (f.eks. Rueness 1966, Røinaas 1968, Åsen 1976, 1978, 1988).

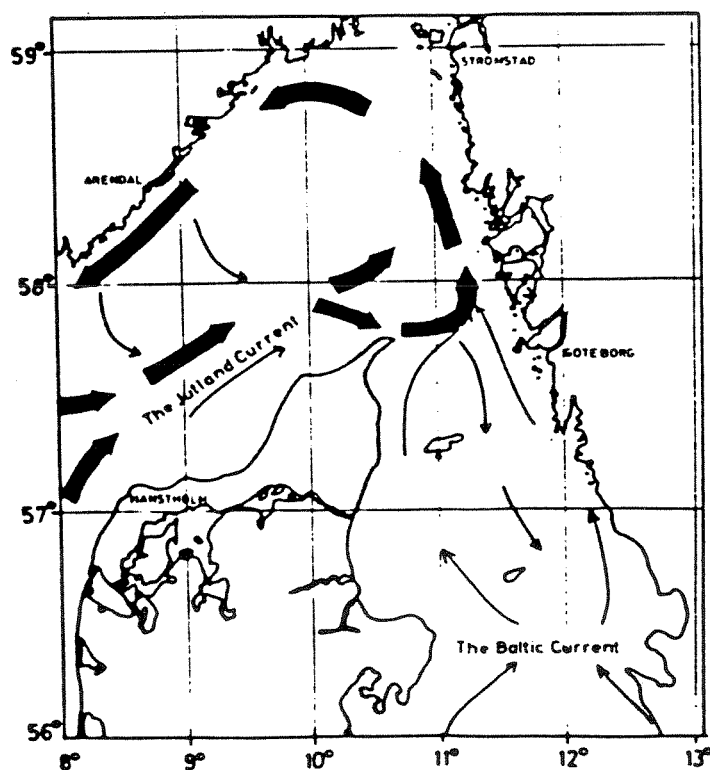


Fig. 4. Forenklet bilde av overflatestrøm-mønster for Skagerrak og Kattegat (Hognestad, 1987; etter Svansson, 1975).

Wikander (1989) har gitt en summarisk oversikt av eutrofi-situasjonen i kyst- og fjordområder i Aust-Agder. Hovedveksten er lagt på organisk belastning og bunnforhold.

5.3.1. Østlige områder.

Området ved Kragerø (Fig. 5a) består av en rekke tildels dype fjorder (60-100 m) med grunne terskler. Vannutskiftingen i dypvannet er derfor generelt dårlig. Undersøkelse har vist lave oksygenverdier i 20 m i de indre fjordene

(Hellefjorden, Kilsfjorden) og H_2S i de dypere lagene. I Hellefjorden ble det funnet uvanlig høye verdier for nitrogen og fosfor dypere enn 50 m, mens overflatelagene ikke hadde unormale konsentrasjoner. I overflatelaget var det et klart fosforunderskudd relativt til nitrogen (Molvær, 1979). Råttent vann i Hellefjorden og Kilsfjorden er kjent fra langt tilbake.

Også de ytre fjordene har vist dårlige oksygenforhold i dyplagene (Dahl & Danielsen, 1987). Det var høyere verdier for nitrogen ytterst Kragerøfjorden sammenlignet med Hellefjorden, et forhold som kan skyldes innblanding av nitrogenholdig vann fra Frierfjorden (Molvær, 1979).

I Risørområdet (Fig. 5a) har Sønedeledfjorden og Sandnesfjorden vært undersøkt siden 1970 (Danielsen 1981, Dahl & Danielsen 1987). I Sønedeledsfjorden er det et markert oksygenforbruk i dypvannet under ca. 30 m, men vanligvis er ikke H_2S til stede. Konsentrasjonene av næringssalter (ortofosfat, nitrat) er omtrent normale i overflatelagene, men stiger raskt mot dypet. På en lokalitet i Kranfjorden nær Risør er det påvist høye ammoniumkonsentrasjoner og H_2S mot bunnen (Dahl & Danielsen, 1987). Dette skyldes mineralisering av trefiber fra et tidligere utslipp fra tresliperi. Bunnen er sterkt sulfidholdig og uten dyreliv (Wikander, 1986 a).

Området ved Lynqør (Fig 5a) består av skjærgård med flere store sund og relativt åpne bassenger. Miljøforholdene er generelt gode, men i Sandøyfjorden er det påvist reduserte oksygenverdier mot dypet (Dahl & Danielsen, 1987). Bunn-dyrundersøkelsene indikerer sterk sedimentering av organisk materiale (Wikander, 1986 a). Trolig fungerer dette området som et sedimentasjonsbasseng for organisk materiale på tross av dyp terskel og relativt åpen beliggenhet mot Skagerrak (Wikander, 1986 a; Dahl & Danielsen, 1987).

I Nipekilen, som er en avstengt poll, er det gjort en

vurdering av forurensning fra landbruk (Høgberget 1984). Kilen tilføres fosfor og nitrogen fra kloakk og gjødsel i avrenningsvann. I dypvannet er det høye verdier for næringssalter (nitrat, ammonium, ortofosfat) og stort oksygenforbruk. Forholdene synes forverret fra 1930-årene da Nipekilen var en rik østerspoll. Det er i dag ikke registrert levende østers i pollen, og kilen betraktes som uegnet for østersoppdrett (Bøhle 1986).

5.3.2. Tvedestrandsfjorden.

Tvedestrandsfjorden (Fig. 5a) er ca. 8 km lang og har flere dypbassenger med terskler på 20-40 m. Innerst i fjorden ligger tettstedet Tvedestrand, ellers er det spredt bebyggelse langs fjorden. I perioden 1983-86 er det gjennomført resipientundersøkelser med vekt på hydrografi og bunnforhold (Dahl et al. 1985, Rygg & Wikander 1985).

A. Belastning/tilførsler.

I Tvedestrand slippes urensset avløpsvann tilsvarende 4000 p.e. inne i havnen. Nedslagsfeltet til fjorden er lite og naturlige tilførsler av næringssalter fra land er trolig mindre betydelige (Rygg & Wikander 1985).

B. Tilstand.

Det er dårlige oksygenforhold i dypvannet i indre deler av fjorden, ofte med dannelse av H_2S . I ytre deler er forholdene gode, men det er registrert nedsatte oksygenverdier om høsten. Mengdene av planteplankton i fjorden synes ikke forhøyet, verdiene for klorofyll og biomasse i 1983/84 var godt innenfor det normale for sørlandskysten (Dahl & Danielsen 1987). I fjordens indre deler er det en sterkt utarmet bunnfauna og tildels døde bunnområder. Sedimentene er preget av sulfider og inneholder tykke lag av sagflis. Dateringer viser at utslippene av treflis går tilbake til ca. år. 1700.

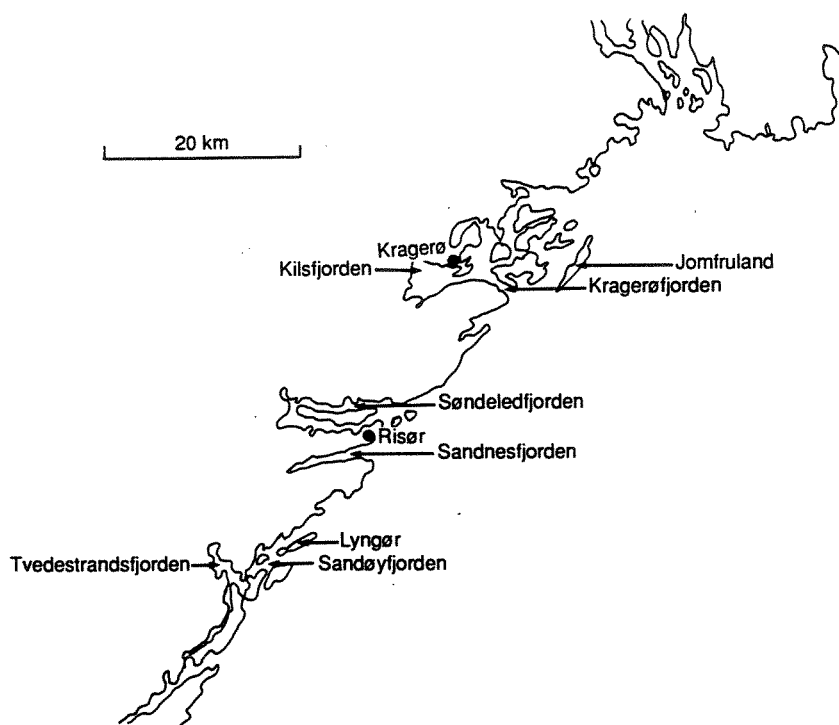


Fig. 5a. Kart som viser strekningen Jomfruland - Tvedestrand.

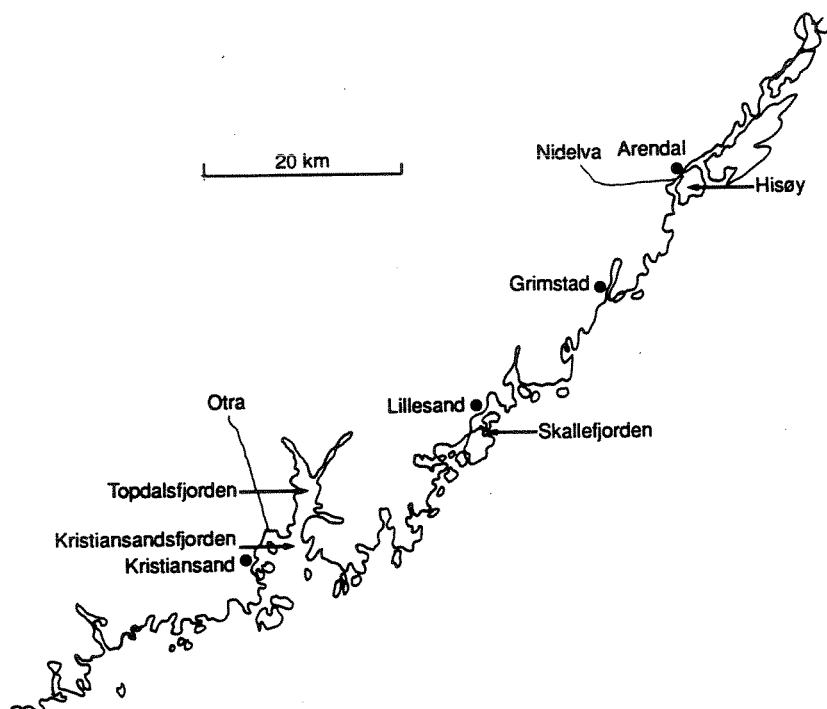


Fig. 5b. Kart som viser strekningen Tvedestrand - Kristiansand.

C. Årsakssammenhenger.

Det er ikke påvist typiske eutrofieffekter i fjorden. Hovedproblemene synes å være høyt oksygenforbruk ved nedbryting av organisk stoff. De gamle deponeringene av sagflis kan være en medvirkende årsak til fjordens dårlige tilstand.

D. Endringer.

Det har ikke vært registrert vesentlige forandringer i fjorden i undersøkelsesperioden.

5.3.3. Arendalsområdet.

I Utnesbassenget ved Hisøy (Fig. 5b) har Statens biologiske stasjon Flødevigen foretatt hydrografiske undersøkelser i 1974-79. I 1981 startet en overvåking av hydrografi, bunn-sedimenter og bunnfauna (Næs 1985, Wikander 1986d, 1988). Området mottar avløpsvann fra Utnes kloakkrenseanlegg (24 000 p.e.) som renses mekanisk i mikrosil. Det er også store tilførsler av ferskvann fra Nidelva som bringer med seg næringssalter (N) og organisk stoff.

Undersøkelsene har vist at overflatevannet har god vannkvalitet uten direkte påvirkning fra utslippet. Tilførsler av nitrogen fra ellevannet kan spores i den vestlige delen av området. Det var noe lavere nitrogen-konsentrasjoner i perioden 1984-85 i forhold til perioden 1981-83 (Næs 1985). På grunn av den gode vannutskiftningen har det ikke vært påvist eutrofiproblemer i øvre lag. Bunnundersøkelsene viser en tiltagende organisk belastning. I 1981-85 var bunnområdene nær utslippet moderat påvirket mens områdene i 1987 var tydelig overbelastet (Wikander 1986d, 1988).

5.3.4. Grimstad og Lillesand.

Fjordområdet ved Grimstad (Fig. 5b) tilføres kloakk tilsvarende 8 500 pe. Undersøkelser i 1983-85 viste at det meste av fjorden var moderat påvirket av utslippene. Det var ingen dramatiske tegn til overgjødning i overflatelaget, men fosforverdiene viste noe forhøyde konsentrasjoner. Det var høyt oksygenforbruk i dypvannet som sannsynligvis skyldes sedimenterbart finstoff fra kloakkutslippene (Næs 1986). I det dypeste partiet av fjordområdet var bunnfaunaen utarmet og hadde lav diversitet (Wikander 1986c). Det kan synes som lokalitetene har gjennomgått en utvikling mot sterkere organisk belastning.

Fjordsystemet ved Lillesand (Fig. 5b) består av flere sammenhengende fjorder med relativt åpen forbindelse til sjøområdet utenfor. Fjordene tilføres urensset kloakk fra ca. 8 000 personer. I området nærmest bebyggelsen viste undersøkelser i 1980 gode forhold og normale verdier for oksygen og næringssalter (Miljøplan 1981), mens det i 1983-86 ble påvist forhøyde verdier for N og P og økt planteplanktonproduksjon (Næs 1986). I Skallefjorden, som er en sidefjord med grunn terskel, økte næringssaltene mot dypet samtidig som det var høyt oksygenforbruk i dypvannet. Midlere oksygenforbruk høsten 1985 var 0.1 mg/l pr. døgn, som er 3-4 ganger høyere enn forbruket i indre Oslofjord og Frierfjorden. Trolig skyldtes dette forurensninger fra kloakkvannet som transporteres inn med strøm (Næs 1986). Bunnprøvene viste at bare Skallefjorden var overbelastet av organiske tilførsler. Lillesand havn var i liten grad forstyrret av utslippene til indre havnebasseng (Miljøplan 1981, Wikander 1987).

5.3.5. Kristiansandsfjorden.

Hovedkilde: Molvær, J., 1986.

Kristiansandsfjorden (Fig. 5b) har vært undersøkt under statlig program for forurensningsovervåking i perioden 1982-86. Fra tidligere var det gjort en rekke undersøkelser i området som hadde avdekket tildels alvorlige forurensningsproblemer (cf. Molvær 1981). Området mottar store utslipp av forurensende stoffer fra kommunal kloakk og industrielt avløpsvann. Særlig dreier det seg om utslipp av metaller og organiske miljøgifter samt næringssalter og organisk stoff. Videre tilføres forurensninger fra treforedlingsindustrien i nedre deler av Otra (Vennesla). De største problemene knytter seg til industriutslippene av organiske miljøgifter og metaller til Vesterhavnen.

A. Belastning/tilførsler.

Utslippene av kommunal kloakk i 1982-84 fra Kristiansandsområdet tilsvarte ca. 82 000 p.e. Av dette går omtrent 11 000 p.e. til kjemisk rensing og ledes ut på dypt vann (Korsvikfjorden), mens det meste går urensset ut i byens nærområder, Østerhavnen og Vesterhavnen. Fra industrien i Vennesla slippes ut organisk stoff til Otra tilsvarende 4000-4500 tonn BOF₇ pr. år, men der er ikke kjent hvor mye av dette som når sjøen.

B. Eutrofitilstand.

Utslippene gir små gjødslingseffekter på fjorden som helhet. I Vesterhavnen var det høyere verdier enn normalt for fosfat, nitrat og ammonium, og siktedypet var lavt. Utenfor Otras munning og i Topdalsfjorden var det lavere fosforinnhold og høyere nitrogeninnhold enn i hovedfjorden, trolig som følge av tilførslene av ellevann (Molvær et al. 1986).

Utenfor Otras munning var bløtbunnsfauna og strandsamfunn påvirket av organisk stoff. I Vesterhavna var det sterke til tydelige forurensningseffekter på bunnorganismer. De sterkeste virkningene synes å skyldes industriutslippene, men organiske tilførsler er medvirkende til tilstanden (Green et al. 1985, Rygg 1985).

I Topdalsfjorden og sidefjorden Ålefjærfjorden inntreer tidvis kritiske oksygenforhold (Molvær et al. 1986). I dypbassengene var det en sterkt belastet bunnfauna (Rygg 1985).

C. Årsakssammenhenger.

De små gjødslingseffektene i storparten av Kristiansandsfjorden har sammenheng med god vannutskiftning i fjorden. Tilførslene fra land blandes raskt med stadig fornyende vannmasser og transporteres ut. Fortynningsvolumene er så store at næringssalter fra utslipp er vanskelig å skjelve fra bakgrunnsverdier i de tilførte vannmassene (Molvær et al. 1986).

Effektene på bunnfauna og strandsone utenfor Otras munning skyldes stor sedimentering av organisk materiale. Dette er dels ført ut med Otra og dels tilført med elvevann (Rygg 1985).

D. Endringer.

I Vesterhavnen ble det registrert en svak økning for ortofosfat og nitrat i 1983-84 sammenlignet med 1968-69. I Korsvikfjorden var verdiene for nitrogen og fosfor i 1983-84 på samme nivå som i 1975 og 1979 (Molvær et al. 1986).

I Vesterhavnen har antall arter benthiske alger økt i de senere årene sammenlignet med 1968 og 1973. Dette kan skyldes reduserte industriutslipp, men årsaken er usikker.

For fastsittende dyr finnes ikke tilstrekkelig sammenligningsmateriale (Green et al. 1985). I Korsvikfjorden hadde bløtbunnsfaunaen i 1983 sammenlignet med 1977 noe redusert artsmangfold og høyere individtall for forurensningstolerante arter, men endringene var små (Rygg 1985).

I Ålefjærfjorden og Topdalsfjorden har det vært foretatt noenlunde regelmessige oksygenmålinger siden 1924. Datamaterialet gir ikke grunnlag for å si at tilstanden har forverret seg. Oksygenforbruket i perioder med liten vannutskiftning er beregnet til 0.07-0.13 ml O₂/uke i Ålefjærfjorden og 0.18 ml O₂/uke i Topdalsfjorden (Molvær et al. 1986).

5.3.6. Strekningen Mandal - Farsund.

En rekke av fjordene i området (Fig. 5c) har relativt svak vannutskiftning på grunn av lave terskeldybder. Fjordene preges av alvorlig oksygenvikt, kombinert med en viss overgjødsling av overflatelaget fra land. I fjordene ved Mandal og Farsund er det tegn til forverring av forholdene sammenlignet med eldre undersøkelser (Molvær 1982). I åpne fjordområder er det vist lokale gjødslingseffekter på strandvegetasjon ved Mandal og i Rosfjorden (Haugen & Molvær 1982). I Rosfjorden skyldes forurensningen nærings-salter og flytestoffer fra fiskemottak.

I Ramslandsvågen ved Lindesnes slippes det ut organisk stoff fra farmasøytisk industri. Miljøplan har gjort en undersøkelse av oksygenforhold og bunnfauna/strandsamfunn som viser lave oksygenverdier og belastet bunnfauna i terskelnivå (15 m) og i dypbassenget (< 25 m). Effektene i terskeldyp skyldes sannsynligvis innlagret avløpsvann, mens utslippene sammen med naturlige tilførsler er årsak til oksygenvinn i vågens dypere deler. På grunt vann var det normal benthosalgevegetasjon og fauna, men samfunnene bar preg av stor produksjon og økende organisk belastning nær utslippet (Miljøplan 1986).

I Snigsfjorden som mottar ferskvann fra Audnedalsvassdraget, er det gjort en undersøkelse av tilførsler med ellevannet og effekter i fjorden (Lande et al. 1987). Elva påvirkes av sur nedbør, landbruksforurensning og kloakk. I ellevannet var det forholdsvis høye verdier for nitrogen, 60-70 % av totalmengden var som nitrat, mens fosforverdiene var svært lave. I fjorden var det H_2S dypere enn ca. 10 m og høye verdier for ammonium og fosfat. I de øvre vannlag var det høy planteplanktonproduksjon og mer enn 100 % absolutt oksygenmetning. Elvas påvirkning vist tydelig ved at høye nitrogenverdier var korrelert med lave saltholdigheter i overflatevannet. I ytre Snigsfjord (utenfor terskelen) var vannkvaliteten god, men økte nitratverdier kunne tidvis spores. Råttent dypvann er registrert tilbake til 1933, men det synes å være en økt planktonproduksjon i overflatelagene siden 1983.

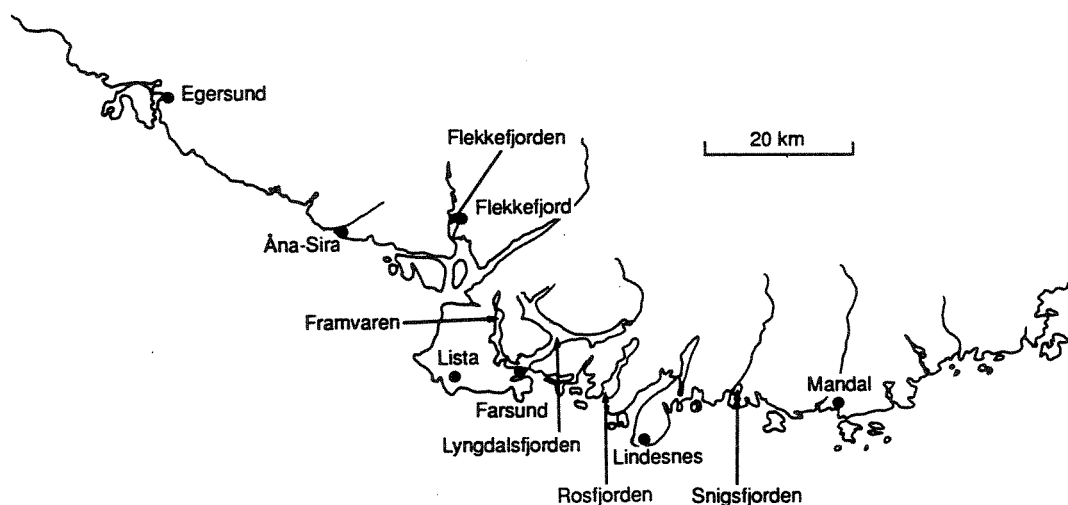


Fig. 5c. Kart som viser strekningen Kristiansand-Egersund.

Ved Farsund ligger et større fjordsystem med terskler. Den innerste fjorden (Framvaren) har flere grunne terskler mellom seg og kystvannet og regnes for permanent anoksisk. Fulle dypvannsutsiftninger finner ikke sted. Fjorden er gjenstand for et forskningsprogram på vann- og sedimentkjemi (Skei, 1986). Også de andre fjordene (Helvikfjorden og Lyngdalsfjorden med sidefjorder) er preget av stagnerende dypvann med oksygensvikt og har betydelige områder med rått bunn. Det synes å ha vært en forverring i fjorden i perioden 1971-72 til 1979-82 med dårligere oksygenforhold og tegn til høyere konsentrasjoner av næringssalter i overflatelagene (Molvær, 1982). Trolig har det funnet sted en økt belastning på fjordområdet, men det foreligger lite dokumentasjon for dette.

5.3.7. Flekkefjord.

Ved Flekkefjord (Fig. 5c) er det et langt og smalt fjordsystem med flere dypbassenger etter hverandre adskilt med terskler og innsnevninger. Fjordområdene belastes med tilførsler fra kommunal kloakk og industri (garveri). Det er gjennomført flere undersøkelser i fjordsystemet siden 1973-74.

A. Belastning/tilførsler.

Utslippene totalt på fjordområdet ble i 1986-87 beregnet til 226 tonn/år N, 7,7 tonn/år P og 535 tonn/år BOF₇. N/P-forholdet (vekt) er 28:1. Garveriet står for 72% av nitrogenutslippene og vel 60% av organisk stoff (Magnusson, et al.).

B. Eutrofitilstand.

Fjordene er tildels meget sterkt forurenset av utslippene. De indre fjordene, Tjørsvågbukta og Grisefjorden, er sterkt eutrofierte med høy planteplanktonproduksjon, slik at de

øvre vannlagene kan ha høy overmetning med oksygen. Flere år har det vært skumdannelser på overflaten som trolig skyldes utløsning av gassbobler i vannmassene (Kristiansen et al. 1985, Næs og Tangen 1986). Situasjonen i fjorden kan oppfattes som en sammenhengende planktonoppblomstring fra juni til september. Flere potensielt giftige plantonalger er observert.

Dypvannet i de innerste fjordbassengene har høye nærings-saltkonsentrasjoner og er H₂S-holdig det meste av året. I store deler av fjordsystemet er bunnfaunaen slått ut eller tydelig belastet (Oug 1989).

C. Årsakssammenhenger.

Hovedbelastningen på fjordsystemet utgjøres av utslippene fra garveriet og kommunal kloakk. Den dårlige tilstanden skyldes en kombinasjon av ugunstige naturgitte forhold og utslippene. Det er fare for at oppblomstring av giftige planktonalger kan ha skadevirkninger også utenfor fjordsystemet.

D. Endringer.

Det synes å ha skjedd en gradvis forverring av oksygenforholdene i dypvannet i alle fjordene (Molvær 1982, Magnusson et al., 1988). Skumdannelse på overflaten i de senere årene kan indikere en øket planteplanktonproduksjon i fjordene.

5.3.8. Andre undersøkelser.

I forbindelse med egnethetsundersøkelser for fiskeoppdrett har Statens biologiske stasjon Flødevigen gjort hydrografiske observasjoner på en rekke lokaliteter langs ytre kyst på hele strekningen fra Østfold til grensen mot Rogaland (Dahl og Danielsen, 1987). Wikander (1986 a) har med samme utgangspunkt gjort benthosundersøkelser i Aust-Agder. Begge undersøkelsene viser et spekter fra godt egnede til mindre

gode lokaliteter som er fareutsatt ved organisk belastning.

Poller og kiler med grunne terskler er undersøkt av Bøhle (1986) for mulig produksjon av østers. De fleste har dårlige utskiftningsforhold og oksygensvikt i bunnvannet. Det foreligger også eldre data, men disse synes ikke å være analysert for å beskrive endringer over tid. I Vest-Agder overvåker Agder distriktshøgskole vannkvaliteten i en rekke av fjordene. Målingene for perioden 1978-81 er sammenfattet av Molvær (1982).

5.4. Kysten Åna Sira - Stadt

Med unntak av Jærkysten er strekningen preget av store og åpne fjordsystemer med dype terskler ut mot kystvannmassene (Fig. 1). Noen av sidefjordene har grunne terskler. De indre deler er sterkt påvirket av vassdragsreguleringer i forbindelse med kraftutbygging. Det er vanlig med årlige fornyinger av dypvannet, fortrinnsvis om våren (Kaartvedt 1984).

I flere av fjordene er det store forurensninger fra kraftkrevende tungindustri (Saudafjorden, Sørfjorden, Høyangerfjorden, Årdalsfjorden, Bremanger). De største problemene er her knyttet til utslipp av tungmetaller og organiske miljøgifter. Forurensning som bidrar til økt eutrofiering (hypertrofiering) gjelder hovedsakelig de største byene Stavanger og Bergen. En del avstengte sidefjorder og poller har stagnerende dypvann med naturlig råttent bunnvann det meste av året. I perioder med rolig vær og lagdelte vannmasser vil avrenning fra landbruk kunne føre til lokale eutrofieringseffekter. Vann fra landets mest hypertrofierte vassdrag, Orrevassdraget, dreneres ut på Jærkysten.

Deler av kyststrekningen er blant landets viktigste områder for akvakultur/havbruk. Bidraget til overgjødsling av fjorder og kystområder er vurdert av bl.a. Ervik og Aure

(1987), Aure et al. (1988) og Ervik (1988). Effekter er påvist i og like ved anleggene.

Flere av fjordsystemene på strekningen har vært underlagt omfattende vitenskapelige undersøkelsesprogrammer. Dette gjelder Ryfylkefjordene (i regi av Universitetet i Bergen), Kårstø-området i Boknafjorden (i regi av NIVA), fjordene rundt Bergen (Universitetet i Bergen) og Fensfjorden/Masfjorden (Universitetet i Bergen og Havforskningsinstituttet).

I Ryfylkefjordene pågår det nå et større forskningsprosjekt for å se på virkninger av vassdragsreguleringer på fjordenes plante- og dyreliv. Forundersøkelsene foreligger i rapporters form (Fosshagen, 1979; Hovgaard, 1984; Nygaard, 1979; Svendsen og Utne 1979, Johnsen et al. 1989).

5.4.1. Egersund-området.

Farvannet ved Egersund (Fig 5c) er avgrenset av grunne og trange sund både i vest og syd. Området mottar kloakk fra 10-12 000 innbyggere og industriutslipp fra sildeoljefabrikker, fiskeforedling, slakteri og meieri. De viktigste forurensningene er organisk stoff og næringssalter.

Bunnfaunaen var i 1983 preget av lavt artsmangfold med markert dominans av opportunistiske forurensningstolerante arter i de hardest belastede områdene. Disse klassifiseres som betydelig forurensset. De dårlige forholdene har sammenheng med for høy belastning i forhold til vannutskiftningen. Hvorvidt utviklingen skyldes eutrofiering eller organisk belastning, er usikkert.

5.4.2. Fjordene ved Stavanger

Hovedkilder: Dahle (1984 a).
Bokn og Molvær (1988).

Hovedproblemet i fjordene omkring Stavanger og nordre Jæren (Fig. 6) er utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann, samt arealavrenning fra jordbruk. De mest belastede fjordene har vært undersøkt med jevne mellomrom siden 1964/65 (Johannessen 1977, Bokn og Skei 1978, Dahle 1984 a). Den siste undersøkelsen, en treårsundersøkelse i perioden 1985-87 foregikk i regi av NIVA (Bokn et al. 1987, Bokn og Molvær 1988). Formålet med de senere års undersøkelser var å overvåke eventuelle utviklingstendenser. Undersøkelsene omfattet følgende delområder:

Vistevika og Hafrsfjord
Byfjorden, Riskafjorden og Gandsfjorden.

Hovedkonklusjonene var at Indre Byfjord, Indre Gandsfjord og Hafrsfjord er dårlige resipienter. Dette har man tatt konsekvensen av idet det nå bygges et nytt stort hovedutslipp for kommunene Stavanger, Sandnes, Sola, Randaberg og Gjesdal til Håsteinfjorden (250 000 p.e.). Håsteinfjorden er vurdert som resipient (Molvær, 1987, Eidnes et al., 1987,) m.h.p. vannkvalitet. Hovedvannmassene i fjordene ved Stavanger er lite til moderat forurenset. Nedenfor følger en vurdering av delområdene m.h.p. eutrofiering:

Vistevika og Hafrsfjord.

A. Belastning/tilførsler.

Området mottar kloakk tilsvarende ca. 10 000 p.e. Avrenning fra jordbruk er en betydelig større belastning. Kloakktilførslene er redusert i de senere årene.

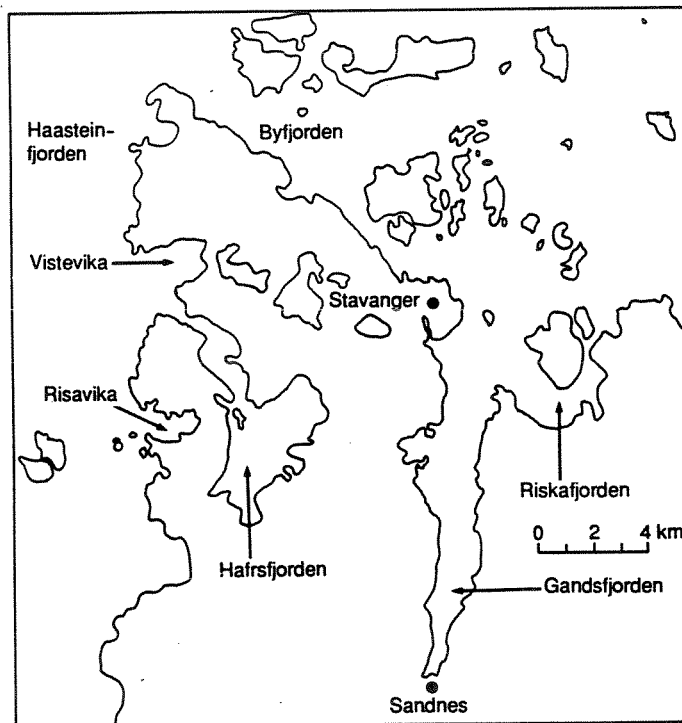


Fig. 6. Kommunale utslipp (p.e.) til fjordene rundt Stavanger:

Gandsfjorden:	45.000 p.e.
Riskafjorden:	5.000 p.e.
Byfjorden:	95.000 p.e.
Hafrsfjorden:	500 - 1000 p.e.
Vistevika:	10.000 p.e.
Risavika:	4.000 p.e.

Data fra interkommunalt vann-, avløps- og renovasjonsverk (I.V.A.R.) januar 1989. Andre utslippskilder er gjengitt nedenfor:

Gandsfjorden:	+ Arealavrenning + industri
Riskafjorden:	+ Oppdrettanlegg + arealavrenning
Byfjorden :	+ Arealavrenning + industri
Hafrsfjorden:	+ Stor arealavrenning
Vistevika :	+ Arealavrenning
Risavika :	+ Stor industribelastning

B. Eutrofitilstand.

Bunndyrsundersøkelser viser at Hafrsfjord er tydelig mer forurenset enn Vistevika. I den mest forurensete delen av Hafrsfjord er bunnen uten liv og sedimentet er anoksisk. Oksygenforholdene i bunnvannet er dårlige. Til tross for reduserte kloakkutslipp er Hafrsfjord fremdeles sterkt forurenset.

C. Årsakssammenhenger/tiltak.

Tilstanden i Hafrsfjord kan skyldes at det fortsatt er for store tilførsler av organisk materiale og næringssalter fra omkringliggende områder (jordbruk, hager).

D. Endringer.

Det er tegn til bedret overflatevann i Hafrsfjord, men tilstanden synes uendret i dypområdene.

Byfjorden, Riskafjorden og Gandsfjorden.

A. Belastning/tilførsler.

Dette området mottar hovedkloakk og industriavløp fra byene Stavanger og Sandnes tilsvarende 145 000 p.e.

B. Eutrofitilstand.

Byfjordens overflatevann og bunnvann bærer tydelig preg av tung belastning av næringssalter og organisk materiale. Både Riskafjordens og Gandsfjordens dypvann er tidvis stagnerende.

C. Årsakssammenhenger/tiltak.

Forholdene har nøye sammenheng med den store kloakkbelastningen i området spesielt i nedre del av Gandsfjorden og Byfjorden. Det forventes en bedring i tilstanden når det nye hovedutslippet i Håsteinsfjorden tas i bruk (1991/92).

D. Endringer.

Sammensetningen av algevegetasjonen i Indre Byfjord ved Stavanger viser tegn til økende eutrofiering av overflatevannmassene i tidsrommet 1985-87. Samme tendens er også påvist i Riskafjorden i perioden 1976-1987.

5.4.3. Andre områder i Rogaland

Skjoldafjorden ved Haugesund, som har svært grunn terskel, er undersøkt med hensyn på vannkvalitet. Økende tilførsel av kloakk og forurensning fra jordbruk har resultert i et stadig tynnere oksygenrikt overflatelag fra 1932 og frem til i dag. Siste undersøkelsen ble utført av Rogalandsforskning i 1986 (Stokland 1987). På lokalt initiativ har en her satt i gang "Aksjon Skjoldafjord" for å bedre på forholdene.

I Jøssingfjorden er det problemer med nedslamming av fauna og flora i forbindelse med utslipp fra Titania A/S (Liseth et al. 1988).

I Saudafjorden er det påvist betydelige overkonsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i muslinger og fisk (Knutzen og Skei 1988).

Mindre omfattende undersøkelser som indikerer lokale eutrofi-effekter er utført i Idsefjorden ved Jørpeland (Dahle 1985), Sandeidfjorden (Dahle 1984), Skudeneshavn ved Karmsundet (Aabel 1987) og Vindafjord (Universitetet i Bergen v/Per Johannessen).

5.4.4. Sørfjorden i Hardanger

I Sørfjorden (Fig. 7) har det meste av oppmerksomheten omkring forurensningsproblemer vært rettet mot utslipp av tungmetaller og tjærestoffer. Utslipp av næringssalter og organisk stoff har vært mindre undersøkt, men er nå også kommet i fokus i forbindelse med planer om rehabilitering av Sørfjorden. Skei (1988) har beregnet dagens utslipp.

A. Belastning

Indre Sørfjord mottar moderate mengder fosfor (ca. 10 tonn/år) og organisk stoff (ca. 130 tonn/år) i kommunal kloakk og avrenningsvann. Nitrogenutslippene er høye (ca. 1000 tonn/år), av dette utgjør utslipp fra Odda Smelteverk ca. 76%.

B. Eutrofitilstand

Det er observert kortvarige kraftige oppblomstringer av planteplankton innerst i Sørfjorden, tildels av toksiske arter. Langs strendene i havnebassenget er det grønskevekst, men artsantallet av fastsittende alger er lavt og vekstforholdene dårlige (Bokn et al. 1986). Utenfor Tyssedal er det registrert lave oksygenverdier i dypvannet.

C. Årsakssammenhenger

I indre deler av Sørfjorden er alle typiske symptomer på overgjødsling registrert. Det er imidlertid mulig at produksjonen av planktonarter er hemmet av giftvirkning fra tungmetallforurensningen. Det kan innebære at ved reduksjon av tungmetallutslippene vil effektene av overgjødsling øke (Skei 1988).

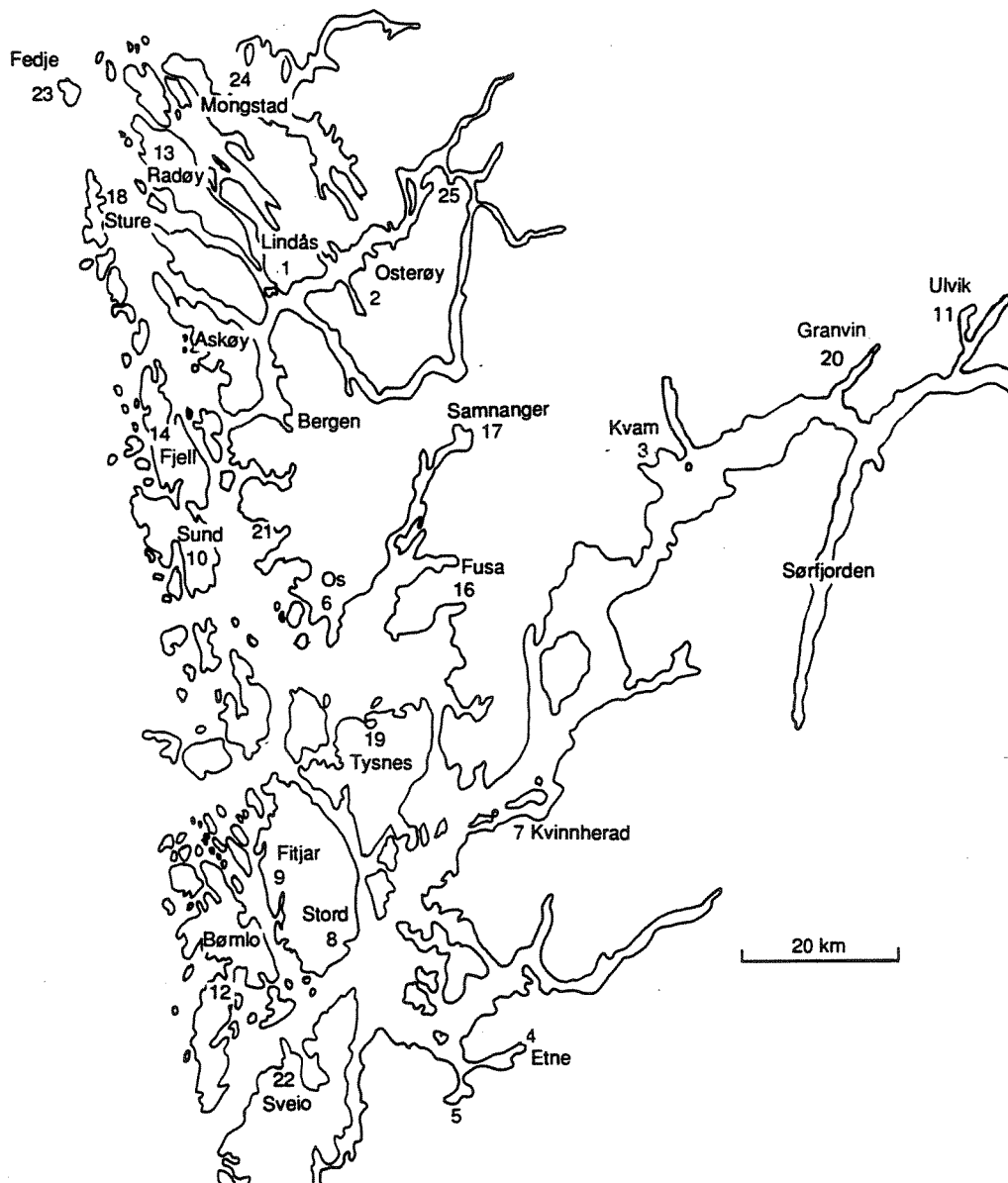


Fig. 7. Steder i Hordaland og Sogn og Fjordane som er undersøkt med hensyn på bunnvannstilstand (naturlig belastning/eutrofi) (Universitet i Bergen v/P. Johannessen). Stedsnavn og status fremgår av Appendikstabell 1. Tallene referer til stasjonsnr. i undersøkelse til P. Johannessen.

D. Endringer

Tidligere var det også store industriutslipp av fosfor til fjorden. Trolig har forholdene bedret seg noe etter at disse opphørte.

5.4.5. Fjordene rundt Bergen

Hovedkilde: Johannessen (1988).
Bergen kommune (1988).

Overvåking av fjordene ved Bergen (Fig. 8) har foregått med årlige prøvetakinger fra 1979 til 1984. Formålet har vært å beskrive tilstanden og studere hvilke effekter de store kloakkomleggingene i Bergen har hatt på det marine miljø i fjordsystemet. Undersøkelsene omfatter hydrografi, bunnfauna, sedimenter og strandsone og bygger på en resipientundersøkelse i perioden 1973-74.

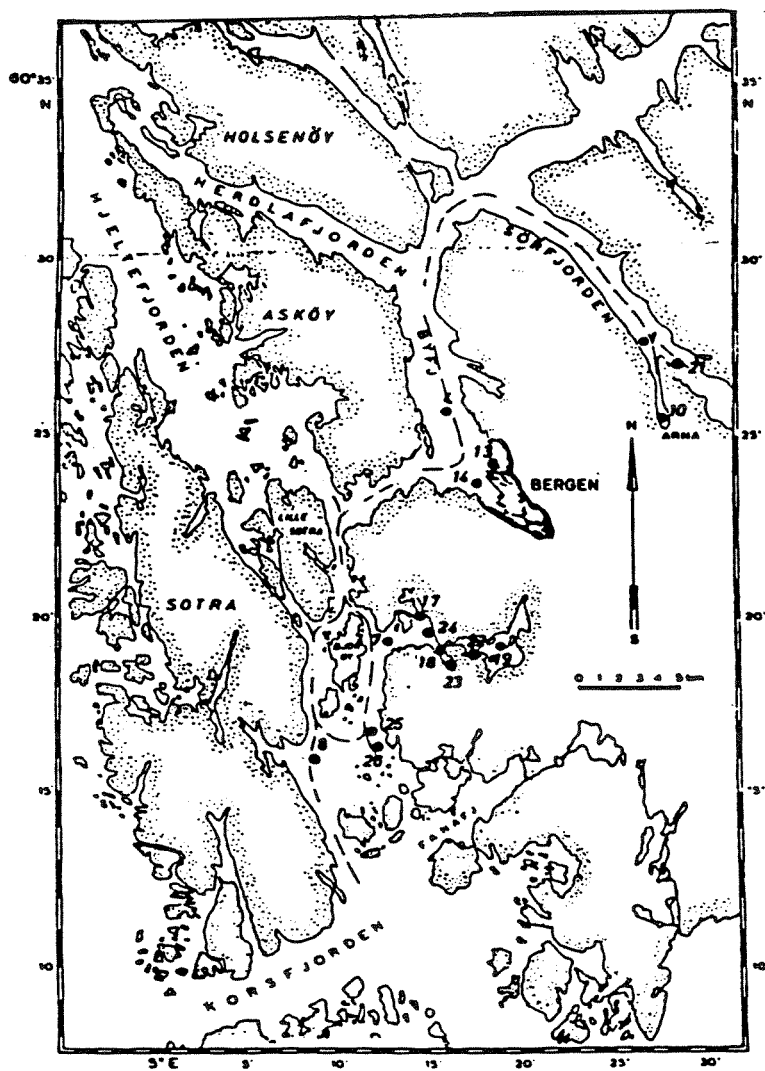
Undersøkelsene har foregått i fire delområder:

Arnavågen og Sørfjorden

Byfjorden, Puddefjorden og Skuteviken, Raunefjorden,
Nordåsvannet, Dolviken og Grimstadvfjorden

Fanafjorden

Den totale forurensningsmengde tilsvarer ca. 370 000 personekvivalenter. Hovedkonklusjonen er at de åpne fjordområdene rundt Bergen stort sett er gode resipienter for avløpsvann. De mer innestengte områder som Arnavågen, Nordåsvannet og Dolviken er dårlige resipienter. Dette har kommunen tatt konsekvensen av ved å føre kloakken for disse regioner over til mer gunstige resipienter. Ømfintlige områder er vist å være i forandring m.h.p. bunnfauna, og det anbefales at utviklingen i disse følges nøye i tiden framover.



- | | |
|----------------------|------------------------------|
| Stasjon 1. Ytre Arna | Stasjon 19. Indre Nordåsvann |
| 4. Byfjord | 21. Garnes |
| 7. Grimstadvjord | 22. Ytre Nordåsvann |
| 8. Raunefjord | 23. Indre Dolvik |
| 10. Arnavågen | 24. Knappen |
| 13. Skuteviken | 25. Sletten, nord |
| 14. Puddefjord | 26. Sletten, syd |
| 17. Mathopen | |
| 18. Ytre Dolvik | |

Fig. 8. Fjordene rundt Bergen med stasjonsnett for overvåkingsprogrammet (Johannessen, 1988).

Nedenfor følger en vurdering av delområdene m.h.p. eutrofiering:

Arnavågen og Sørfjorden.

A. Belastning/tilførsler.

Arnavågen var tidligere utslippssted for hovedkloakk fra området. Kloakken (ca. 7000 p.e.) ble ført ut til Garnes i Sørfjorden i 1983.

B. Eutrofitilstand.

I Arnavågen er det periodevis stagnerende bunnvann med dannelse av H_2S nesten hvert år. Siktedypet er lavt. Forholdene i Sørfjorden er gode.

C. Årsakssammenhenger/tiltak.

Tilstanden i Arnavågen kan skyldes at det fortsatt er for store tilførsler av organisk materiale og næringssalter ved avrenning fra vegetasjon, hager og omkringliggende jordbruksområder. I tillegg vil det organiske materialet i sedimentene bidra negativt ved å forbruke oksygen og frigjøre næringssalter.

D. Endringer.

Det er tegn til bedret overflatevann i Arnavågen etter kloakklegningen, mens tilstanden i 1984 var uendret for dypområdene.

Nordåsvannet, Dolviken og Grimstadfjorden.

A. Belastning/tilførsler.

Dette området omfatter de mest belastede resipientene i

Bergensregionen med kloakktilførsler fra 100 000 mennesker. Hovedutslippet ved Knappen i Grimstadfjorden tilsvarende 58 000 p.e. Dette anlegget har mekanisk rensing. Tidligere gikk det betydelige utslipp til Nordåsvannet.

B. Eutrofitilstand.

I sommerhalvåret er det kraftig vekst av planktonalger i vannmassene. Flere steder er det også oksygensvikt i dypvannet. Forholdene er særlig dårlige i Nordåsvannet. I indre deler av området er det kraftig vekst av grønnalger i strandsonen og død bunn i dypområdene.

C. Årsakssammenhenger/tiltak.

Trolig skyldes de dårlige forholdene i Nordåsvannet kombinasjon av mange grunne terskler og fortsatt tilførsel av store mengder avrenningsvann og kloakk som stammer fra lekkasjer i ledningsnett. I Dolviken ble det frem til 1980 deponert septikslam. Dette, sammen med tiltransporterte forurensninger fra Nordåsvannet og utenforliggende kloakktutslipp, kan være medvirkende til dårlige forhold også i Dolviken.

D. Endringer.

Kloakkomleggingen i området har gitt en forbedring av forholdene, spesielt i Nordåsvannet der kvaliteten på overflatevannet er blitt bedre. Etter at utslippene på 40 m dyp ble stanset i 1980 har oksygenforholdene i bunnvannet forverret seg, foreløpig merkbart kun på 40 m. Dette skyldes trolig redusert dypvannsfornyelse etter at dyputslippet av kommunal kloakk ble fjernet.

Bunnvannet i Dolviken er imidlertid blitt betydelig dårligere gjennom de siste 10 år, vurdert ut fra bunnfaunautviklingen. For det øvrige området er det ikke registrert endringer i bunnfauna over tid.

Byfjorden og Raunefjorden

Byfjorden tilføres kloakk i mengder tilsvarende ca. 120 000 personekvivalenter. Hele området er karakterisert ved gode strømforhold og god vannutskiftning, også bunnvannet. Resipienten er derfor lite påvirket til tross for de store kloakktilførslene. Både bunnfauna og de frie vannmasser er å betrakte som normale.

Raunefjorden tilføres avløpsvann tilsvarende ca. 35 000 p.e. fra hovedkloakkutslippet ved Flesland. Dette renses mekanisk. Resipienten er karakterisert ved god vannutskiftning, og det er vanskelig å påvise direkte effekter av utslippet på bunnfaunaen i området.

5.4.6. Andre undersøkte områder i Hordaland

Institutt for marinbiologi ved Universitetet i Bergen har i perioden fra 1972 gjort en rekke undersøkelser av miljøtilstanden i mindre resipienter over hele fylket. Stedene er vist på kart i Figur 7 og resultatene er sammenfattet i Appendikstabell 1. Svært mange av lokalitetene har terskler og er naturlig overbelastet slik at virkninger av organiske tilførsler kan være vanskelige å skille ut.

I Fensfjorden er det i forbindelse med utbyggingen av oljeterminalen på Mongstad gjort en større basisundersøkelse av bløtbunnsfauna, hardbunnsamfunn og hydrokarboner (Johannessen og Høisæter, 1986). Undersøkelsen ble i 1987 supplert med en særlig kartlegging av eksisterende anoksiske områder i fjorden. Målsettingen var å dokumentere områder som er særlig følsomme for organisk belastning (Johannessen et al., 1988). Undersøkelsene viste gode miljøforhold unntatt i avstengte områder med svak vannutskiftning. Disse er trolig naturlig overbelastet med organisk materiale fra land eller planktonproduksjon.

Lokale eutrofieringseffekter som følge av fiskeoppdrett er behandlet av Aure et al. (1988). De konkluderer med at miljøpåvirkning fra anlegg i terskelfrie resipienter er begrenset til anleggenes nærområde. Større effekter kan oppstå dersom anleggene er lokalisert innenfor terskler.

Fra andre områder i regionen foreligger det lengre tidsserier av aktuelle parametre i eutrofieringssammenheng. Disse er utført av Institutt for marinbiologi, Universitetet i Bergen og omfatter følgende lokaliteter:

Lindåspollene
 Herdla - Øygardsområdet
 Fauskangerpollen
 Raunefjorden
 Korsfjorden - Fanafjorden
 Kviturvikpollen.

5.4.7. Sogn og Fjordane

Her er det gjort svært få undersøkelser som er relevante for vurdering av eutrofitilstand. Resipientundersøkelser ved Selje, Florø, Vågsøy, Lærdal og Aurland, som Universitetet i Bergen v/P. Johannessen har utført (Appendikstabell 1) viser alle tendenser til stagnerede bunnvann. Hvorvidt dette skyldes naturlig organisk belastning eller eutrofiering, er usikkert. Dessuten er det gjort noen få egnethetsundersøkelser i forbindelse med akvakultur v/NIVA Vestlandsavdelingen. Distriktshøgskolen i Sogndal (v/P. Hovgaard) har gjort noen undersøkelser på oksygenforholdene i Lusterfjorden og Basnesfjorden (innerste del av Sogndalsfjorden).

5.5. Kysten Stadt - Rørvik

Strekningen preges av en omfattende skjærgård med en rekke større og mindre fjorder (Fig. 1). Noen er åpne og har dype terskler, mens andre er typiske trange terskelfjorder. I Trondheimsfjorden og mange av fjordene i Møre og Romsdal er

det gjort undersøkelser med hensyn på å vurdere kapasiteten for utslipp fra kloakk, fiskeoppdrett, industri og arealavrenning (jordbruk).

Fiskeoppdrett er svært utbredt på strekningen. Møre og Romsdal fylkeskommune er i ferd med å avslutte arbeidet med en felles havbruksplan for fylket som delvis skal utgjøre en veileder i kommunal havbruks- og kystzoneplanlegging. I den forbindelse er det utført undersøkelser av 30 fjorder i Møre og Romsdal (Figur 9). Data fra undersøkelsen er benyttet til å lage en forenklet beregningsmetode (modell) for å bestemme miljøeffekter fra fiskeoppdrett og annen menneskelig aktivitet (Aure og Stigebrandt 1988). En sentral konklusjon er at dersom dybden under et oppdrettsanlegg er mindre enn terskeldypet i fjorden, så vil ikke fôrspill m.m. representere noen nevneverdig belastning på dypvannet på grunn av dominerende horisontale transportmekanismer.

I denne forbindelse ble det spesielt for Averøy kommune vurdert en del utvalgte marine resipienter med tanke på oppdrettsvirksomhet ut fra hydrografi, hydrokjemisk, strømmålinger, sediment og bunndyrsundersøkelser samt enkel strandbefaring (Johannessen og Aure, 1988).

I Møre og Romsdal har det vært foretatt undersøkelser av eutrofieringseffekter i fjordområdet ved Gurskøy/Hareidlandet, Borgundfjorden og Moldefjorden/Fannefjorden (Fig. 9). I tillegg er det gjort enkle vurderinger i en rekke avgrensede områder, hovedsakelig i terskelfjorder. Karakteristikken for disse er gjengitt i tabell 4. Kritiske oksygenverdier i bunnvannet skyldes nok for det meste naturlig organisk belastning og ikke eutrofiering.

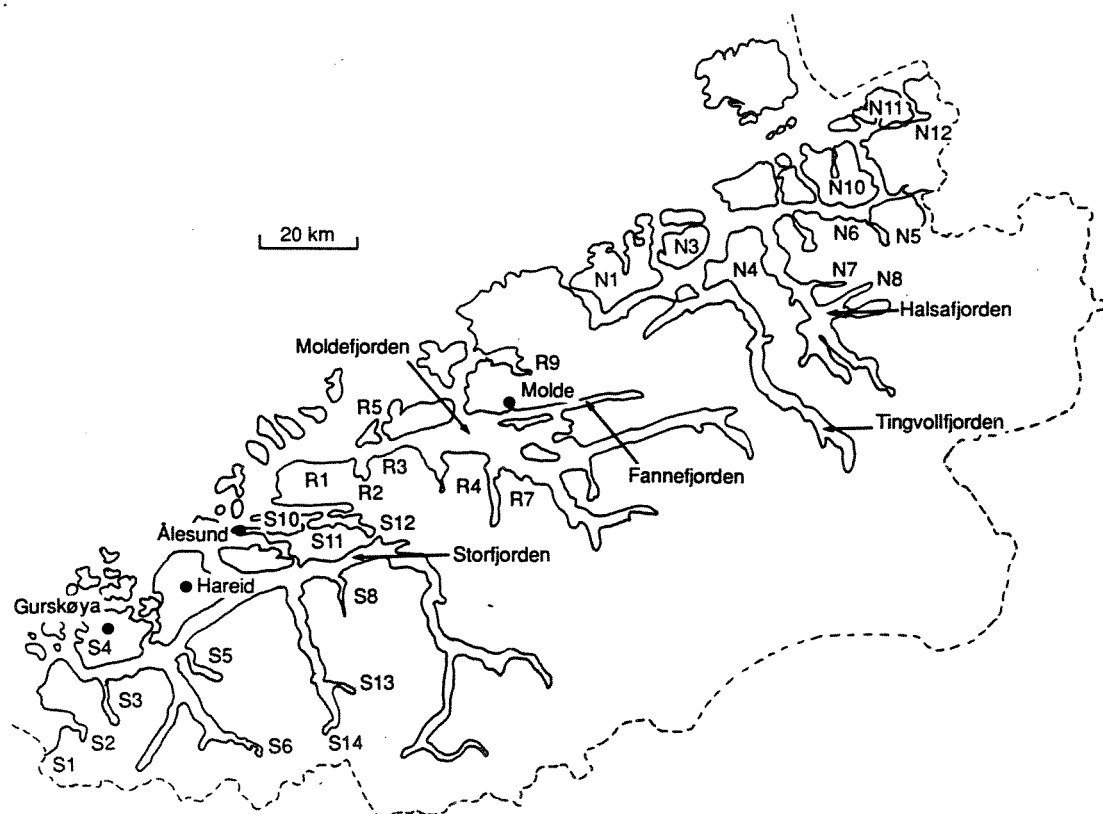


Fig. 9. Oversikt over de områder i Møre og Romsdal som omfattes av undersøkelsen til Aure og Stigebrandt (1988).

N 01	Averøya	S 01	Kjødepollen
N 03	Bolgvågen	S 02	Syltefjorden
N 04	Karihavet	S 03	Syvdsfjorden
N 05	Skålvikfjorden	S 04	Gursken
N 06	Valsøyfjorden	S 05	Ørstafjorden
N 07	Åsgårdfjorden	S 06	Austefjorden
N 08	Hannesfjorden	S 08	Sykkylvsfjorden
N 10	Mjosund	S 10	Ellingsøyfjorden
N 11	Kalvelandsvågen	S 11	Stavsetfjorden
N 12	Årvågfjorden	S 12	Skodjevika
R 01	Samsfjorden	S 13	Norangsfjorden
R 02	Vatnefjorden	S 14	Bjørkevika
R 03	Vestrefjorden		
R 04	Tomrefjorden		
R 05	Midsund		
R 07	Tresfjorden		
R 08	Fannefjorden		
R 09	Malmefjorden		

Tabell 4. Oversikt over en del fjorder i Møre og Romsdal der en har funnet dårlig - kritiske oksygenverdier. (Etter fylkesmannen i Møre og Romsdal, rapport nr. 7, 1986.)

Fjord	Karakteristik	Utført av	År
Kjødepollen	dårleg	Havforskningsinst.	1980
	dårleg	Fylkesmannen	1984/85
Syltefjorden	kritisk	Havforskningsinst.	1980
	dårleg	Fylkesmannen	1984/85
Syvdsfjorden	dårleg	Havforskningsinst.	1978
	kritisk	Fylkesmannen	1981/82
Austefjorden	kritisk	Fylkesmannen	1982/83
Kilspollen	kritisk	Fylkesmannen	1982
Ørstafjorden	dårleg	NIVA	1974
	kritisk	Volda Lærarhøgskole	1977-81
	dårleg	Fylkesmannen	1983
Bjørkevika	kritisk	Fylkesmannen	1983/84
Norangsfjorden	kritisk	Fylkesmannen	1983/84
Dragsundet m.v.	kritisk	Fylkesmannen	1981/82
	kritisk	NIVA	1984/85
Holmefjorden	dårleg	Fylkesmannen	1985
Borgundfjorden	kritisk	NIVA	1976-77
			1980/82
Vatnefjorden	dårleg	Fylkesmannen	1983/84
Skodjevika	dårleg	Fylkesmannen	1981/82
Flatevågen	kritisk	Fylkesmannen	1982/83
Moldefjorden/ Fannefjorden		NIVA	1971/72
	kritisk	Molde kommune	1891/84
Syltefjorden/ Malmefjorden	dårleg	Fylkesmannen	1981/82
Nekstadjorden/ Sundfjorden/ Ekkilsøyvika	kritisk	Fylkesmannen	1984/85
Åsskardfjorden	dårleg	Fylkesmannen	1984/85
Hannesfjorden	dårleg	Fylkesmannen	
Skålvikfjorden	kritisk	Fylkesmannen	1981-83
Valsøyfjorden	kritisk	Fylkesmannen	1981-85
Foldfjorden	kritisk	Fylkesmannen	1983/84
Mjosundet	kritisk	Fylkesmannen	1984
Årvågafjorden	dårleg	Fylkesmannen	1985

Karakteristikken er basert på inndelinga frå NIVA etter oksygeninnhald:

0-3 mg O/l = kritisk, 3-5 mg O/l = dårleg. (O/l = Oksygen pr. liter).

5.5.1. Fjordområdet mellom Gurskøy og Hareidlandet.

Hovedkilde: Molvær & Bakke (1985).

Formålet med undersøkelsen har vært å beskrive forurensningstilstanden i området (Fig. 10) samt å bedømme bæreevnen til de enkelte bassengene m.h.p. fosfor, nitrogen og organisk stoff. Det bor 2 700 mennesker i området. Viktigste tilførselskilder er kommunalt avløpsvann, arealavrenning (jordbruk) og fiskeoppdrett. Topografien i området er svært uryddig, med et stort antall holmer og skjær og innsnevringar med grunne partier som avgrenser dype basseng. De grunne tersklene hindrer jevn utskifting av dypvannet.

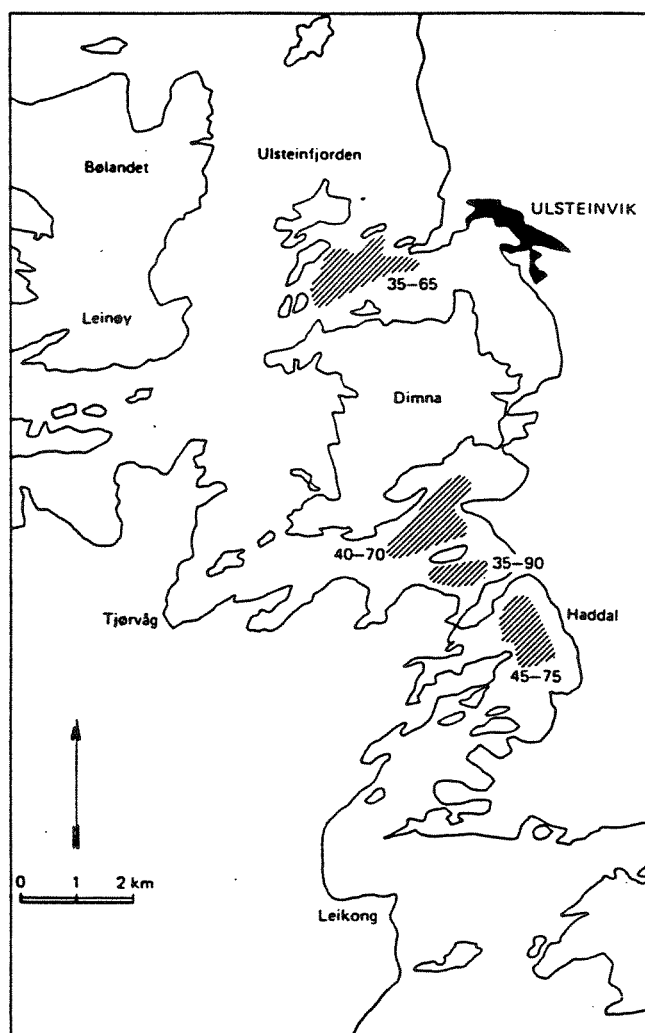


Fig. 10. I figuren er antydnet med skravur de områdene hvor dårlige eller kritiske oksygenforhold er blitt registrert. Tallene angir hvilke dyp det gjelder (Molvær og Bakke, 1985).

Målingene av næringssalter og siktedyp viste ingen tegn til markerte belastninger, men det var kritiske oksygenforhold og redusert bunnfauna i flere dypbassenger (området Garnesvika/Haddalsvika, bassenget ved Borgarøya). Utslipp i disse områdene bør derfor ikke øke. Større belastning, f.eks. fra flere fiskeoppdrettsanlegg eller økning i kommunale avløp, kan føre til høyere primærproduksjon, reduserte siktedyp og oksygensvikt i Botnvika, Haddalsvika og i bassenget ved Borgarøya. Oppdrettsanlegg burde legges til områder med bunndyp ikke større enn terskeldyp.

5.5.2. Borgundfjorden.

Hovedkilde: Molvær og Bakke (1984).

Området omfatter Heissafjorden, Aspevågen, selve Borgundfjorden, Åsefjorden og Mauseidvågen (Fig. 11), og er viktig som gytefelt for torsk. Formålet har vært å beskrive den eksisterende forurensningssituasjonen i Borgundfjorden, eventuelle utviklingstendenser og behov for rensetiltak.

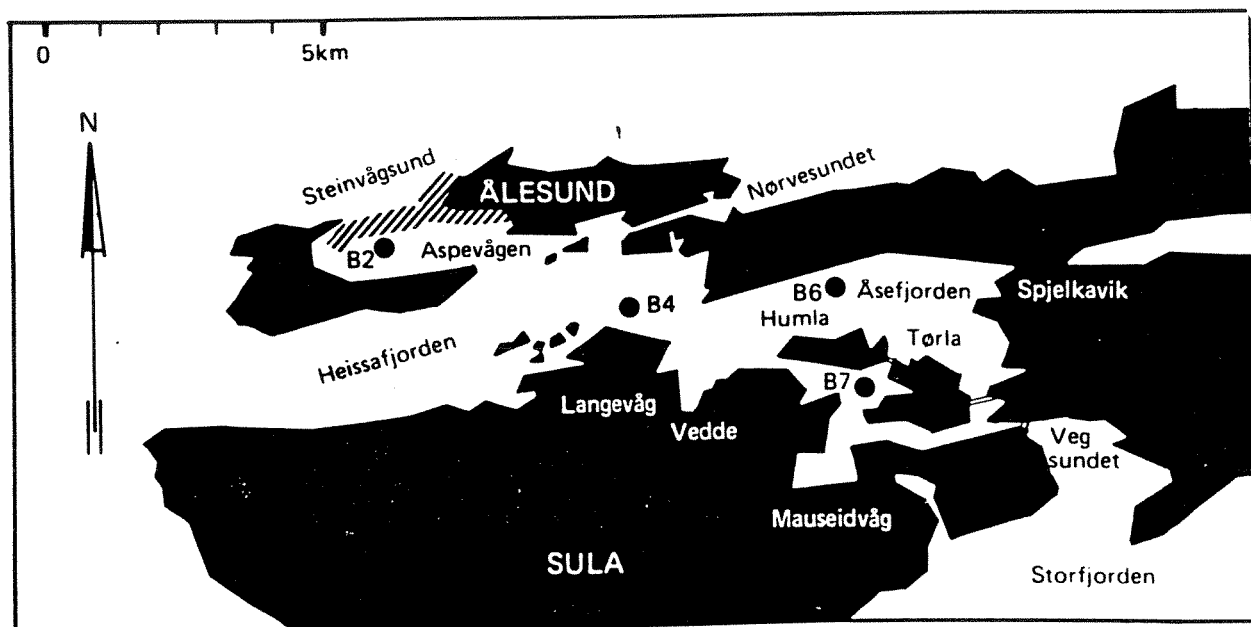


Fig. 11. Hydrokjemistasjoner i Borgundfjorden 1983 (Molvær og Bakke, 1984).

A. Belastning/tilførsler.

Området ble omkring 1980-82 tilført urensset kommunal kloakk fra ca. 35 000 mennesker, samt industrielt avløpsvann. Belastningen er beregnet til 45 tonn P pr. år (befolkning 60%, industri 33%), 280 tonn N pr. år (befolkning 50%, industri 45 %) og 1850 tonn BOF₇ organisk stoff pr. år (befolkning 47 %, industri 52 %).

B. Eutrofitilstand.

I storparten av området var forholdene tilnærmet normale, men lokalt var det økt forekomst av grønnalger i strandsonen og tidvis reduserte siktedyp. I Aspevågen og Mauseidvågen var det redusert bunnfauna, stedvis også H₂S i bunn sedimentene. I Åsefjorden var oksygenforholdene i dypvannet tidvis dårlige.

C. Årsakssammenhenger/tiltak.

De lokale effektene skyldes utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann. Undersøkelsene har vist at det ikke er grunnlag for å hevde at oksygenforholdene er ugunstige for torsk einnsiget og gytingen vinterstid.

Det er behov for å redusere utslippene til både Aspevågen, Mauseidvågen og Åsefjorden. For selve Borgundfjorden bør ikke belastningen på dypvannet øke.

D. Endringer.

Bunnfaunaprøvene viser at forholdene i Aspevågens dypbasseng var blitt verre. Ellers synes det å være små forandringer i oksygenkonsentrasjoner og bunnfauna sammenlignet med tidligere år. På en lokalitet (Veddevika) ble det påvist økende antall arter i strandsonesamfunnet som tyder på en forbedring av forholdene.

5.5.3. Molde-/Fannefjorden.

Hovedkilde: Nilsen, Bang og Rygg (1987).

Undersøkelsene tok sikte på å vurdere virkningene av nåværende og framtidige næringssalttilførsler på primærproduksjonen i området (Fig. 9), samt å kartlegge variasjonene i oksygenkonsentrasjonen i dypbassengene. Fjorden tilføres årlig ca. 30 tonn P, 200 t N og 1000 tonn organisk stoff BOF₇. Omlag 50 % kommer fra befolkningen.

Utover lokale effekter kan en ikke vise til eutrofiering i fjordsystemet. Enkel rensing av avløpsvannet fra Molde by og andre utslipp innover i Fannefjorden vil gi lokale forbedringer av vannkvaliteten der denne er redusert.

5.5.4. Trondheimsfjorden med delfjorder.

Hovedkilder: OCEANOR, delrapport 2,3,6,8,9, 1987-88 og hovedrapport 1988.
Rygg (1982).

Trondheimsfjorden (Fig. 12) har vært gjenstand for omfattende undersøkelser av aktuelle parametre i eutrofieringssammenheng. Det foreligger flere langtidsserier både av biologiske og hydrofysisk/kjemiske parametre, utført av Universitetet i Trondheim. I perioden 1987-88 har OCEANOR gjort en stor undersøkelse for Trondheim kommune for å gi en totalvurdering av fjorden som resipient for avløpsvann.

NIVA har utført bunndyrsundersøkelser i perioden 1981-83. Totalt tilføres fjorden næringssalter og organisk materiale i mengder som svarer til mer enn 500 000 p.e. (inkludert Norske Skogs store utslipp av organisk materiale).

For de nordlige deler av Trondheimsfjorden foreligger ingen nyere undersøkelser. Det man har som referansemateriale er omhandlet i Trondheimsfjord-rapporten, 1974 (Norges hydrodynamiske laboratorier og Universitetet i Trondheim). Sakshaug (1972) har tolket planteplankton-data for perioden 1963-1966.

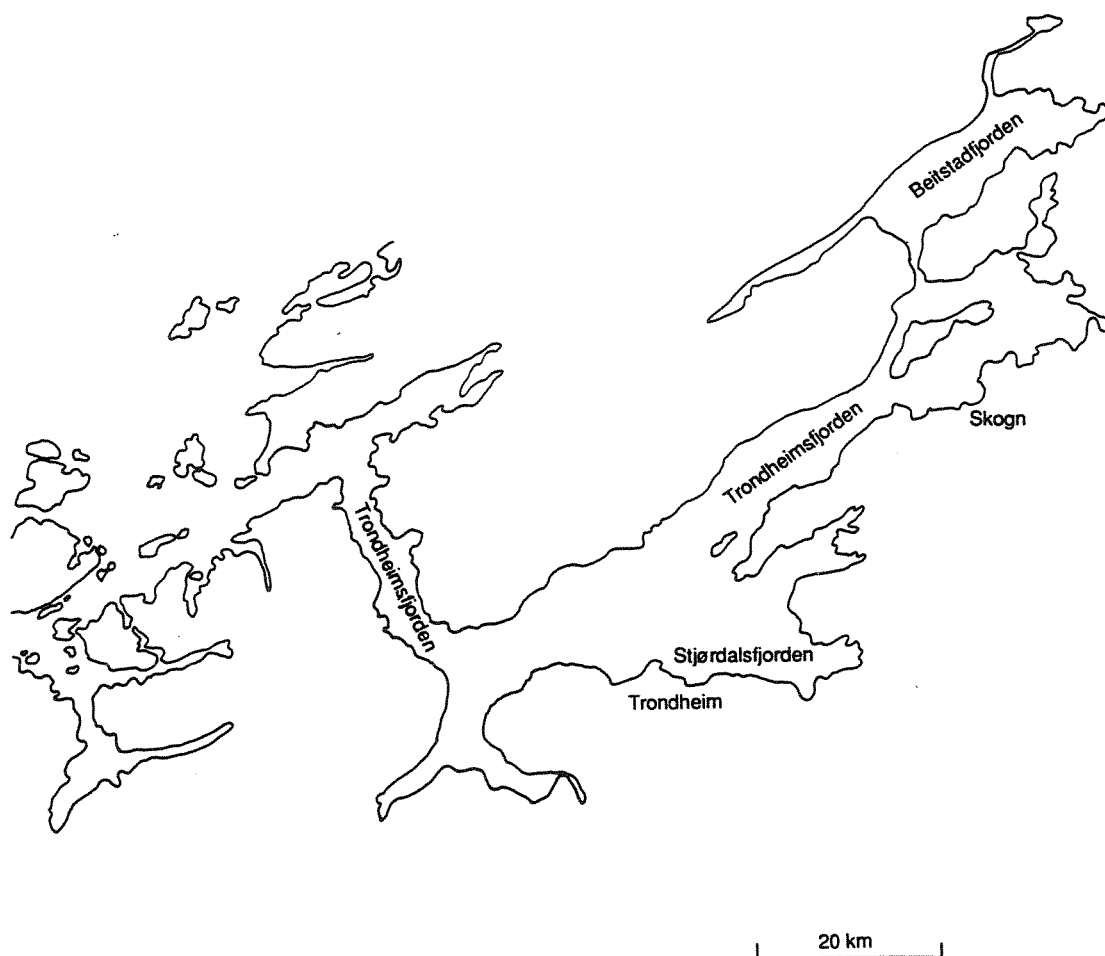


Fig. 12. Oversikt over Trondheimsfjorden med delfjorder.

Trondheim nærrområde

A. Belastning/tilførsler.

Utslipp fra Trondheim kommune utgjør en belastning tilsvarende 184 000 p.e.

B. Eutrofitilstand.

Undersøkelsene indikerer høy organisk belastning i Trondheimsbukta og Høvringområdet. Et sammenhengende og velutviklet grønnalgebelt fra Ilsvika til Østmarkneset tyder på høye næringssaltkonsentrasjoner. Her uteblir også karakteristiske fjæreorganismer. Det er observert oksygen-svikt i Nyhavnen og belastet bunnfauna i Høvringområdet. Bakteriologiske undersøkelser viser høye bakterietall som i perioder overskrider grensen for akseptabel badevannskvalitet, langs hele Trondheimsbukta.

Virkingene av forhøyete næringssaltkonsentrasjoner på algevekst er målbar bare i et begrenset område i Trondheimsbukta. Totalt sett er tilstanden for hovedvannmassene tilfredstillende.

C. Årsakssammenhenger/tiltak.

Den økede eutrofieringstendensen for Høvringområdet er en konsekvens av det kommunale utslippet.

D. Endringer.

Tilstanden i Høvringområdet har forverret seg sammenlignet med undersøkelsene i 1972-1974. Den økende eutrofieringen er en konsekvens av det kommunale utslippet i området.

Stjørdalsfjorden

I Stjørdalsfjorden (Fig. 12) er bløtbunnsfaunaen på 50 m og 85 m dyp noenlunde lik, men det er lav diversitet og dominans av visse børstemarker (Rygg 1982). Dette tyder på høy organisk belastning, men et forholdsvis høyt artsantall av krepsdyr og bløtdyr indikerer at det ikke er oksygenmangel av betydning. Det synes ikke å ha vært noen vesentlige forandringer fra tilstanden i 1972-74.

Andre områder i Trondheimsfjorden

Sjøområdene utenfor Skogn i Nord-Trøndelag er blitt betegnet som gode både med hensyn på vannkvalitet og bunnfauna (Jacobsen et al. 1982). Unntaket er utenfor kaianlegget til A/S Norske Skog der det ble funnet fiberrikt sediment med H₂S lukt.

Det bor ca. 240.000 mennesker rundt fjorden. Dessuten grenser et av Norges mest produktive jordbruksområder ned til fjorden. Fjorden mottar også utslipp av organisk materiale fra en treforedlingsbedrift tilsvarende 250.000 p.e. Også vassdragene som munner ut i fjorden er til tider eutrofierte.

Beitstadfjorden innenfor terskelen ved Skarnsundet er belastet med organisk materiale og tidvis stagnerende bunnvann forekommer (opplysninger fra Miljøvernadv., Fylkesmannen i Nord-Trøndelag).

5.5.5. Områder i Nord-Trøndelag

I Jøssundfjorden (Fig. 13) er et titalls oppdrettsanlegg slept inn på grunn av spredning av fiskesykdom. Tilstanden følges nøye med hensyn på eutrofieringstendenser (opplysninger fra Miljøvernadv., Fylkesmannen i Nord-Trøndelag).

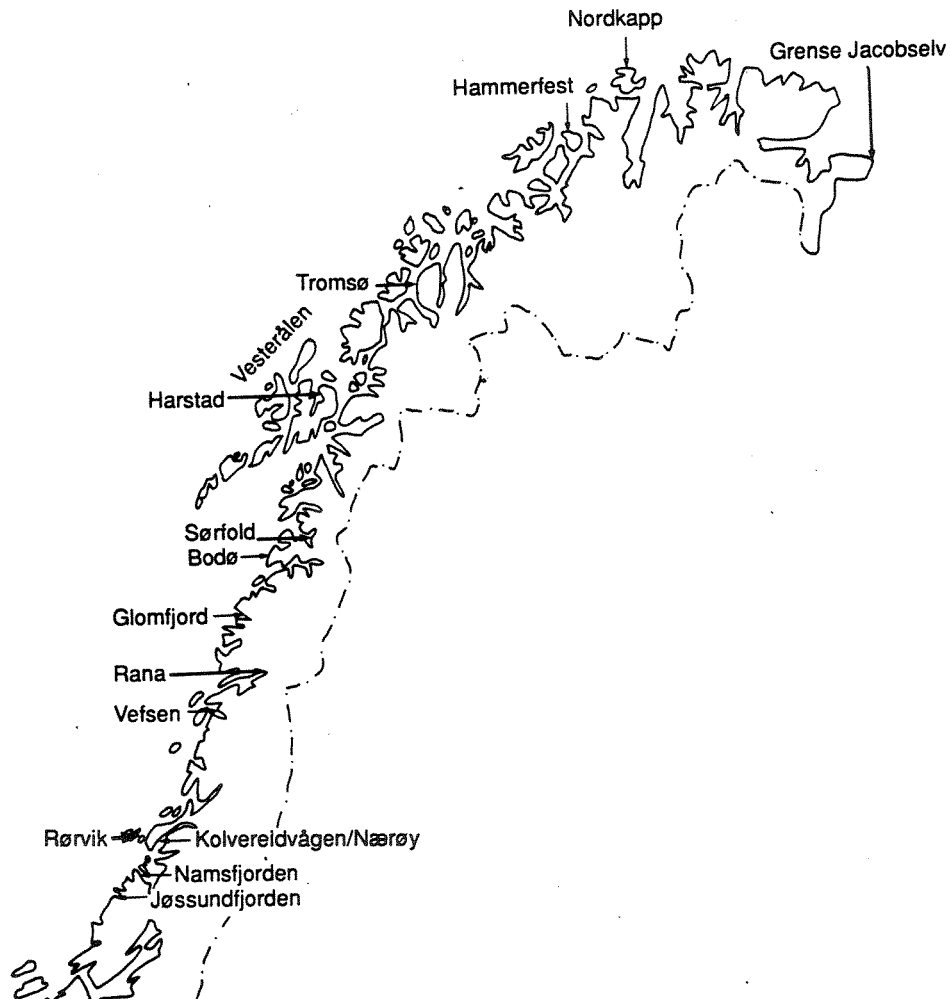


Fig. 13. Kart for kyststrekningen N. Trøndelag og nordover.

I Namsenfjorden (Fig. 13) viser undersøkelser av algevegetasjonen tegn til eutrofieringseffekter i indre deler av fjorden mot Namsos. Samtidig kunne en klar ferskvannspåvirkning spores. Det var derimot ingen forurensning av betydning på bunnfaunaen i området og vannutskiftningen var god (Golmen et al. 1988). I Røyklibotn er det anbefalt at vannkvaliteten overvåkes nøye (Stokland og Berge 1988) med tanke på oksygenutvikling og biomasseøkning av plankton.

Undersøkelsen i Kolvereidvågen og Sørsalten (Fig. 13) (Haugen et al., 1988) viste lokale eutrofieringseffekter av utslipp innerst i Kolvereidvågen, mens Sørsalten viste ingen tegn til forurensning. Sørsalten har imidlertid vist seg å være en svært spesiell fjord med lave temperaturer og innslag av arktiske arter (Haugen et al. 1988).

Lonet, Nærøy kommune.

Lonet (Fig. 13) er en liten poll med størstedyp på 40 m og svært grunn terskel til fjorden utenfor (Eiterfjorden). Pollen ble i perioden 1980-85 tilført avløpsvann fra et settefiskeanlegg. Dette kom i full drift fra 1983, men i 1985 ble utslippene ført ut til Eiterfjorden. Senere ble også dypvannet pumpet ut for å øke vannutskiftningen. NIVA har siden 1980 registrert forurensningsvirkninger og overvåket utviklingstendenser (Pedersen 1986, Rygg & Pedersen 1989).

Utslippene førte til økt algevekst i overflatevannet og dominans av grønnalger/blågrønnalger i sundet til Eiterfjorden. Konsentrasjonen av næringssalter i vannmassene økte fra høsten 1982. Økningen var mest tydelig for fosfor på 15 m dyp, men kunne også spores i de øvre vannlag. Også oksygenforbruket i dypvannet økte, f.eks. ble grensen for 2 ml/l oksygen hevet fra 17 m (1980) til 9 m (1985). I 1987 var det bedre oksygenforhold i vannmassene. Det var ingen påvisbare endringer i bunnsedimentene, men enkelte bløtbunnsarter hadde økt sin dybdeutbredelse.

Lonet er i utgangspunktet en svak resipient med naturlig dårlige oksygenforhold. Forverringen av forholdene etter 1980 var klart en følge av utslippene. Den største forandringen skjedde samtidig med produksjonsøkningen fra 1982 til 1983. Etter restaureringstiltakene inntrådte det raskt en bedring i oksygenforholdene, men det synes som gjenoppbygging av bunndyrsamfunnene tar lenger tid.

5.6. Kysten Rørvik - grense Jakobselv

Kyststrekningen nordover til og med Vesterålen (Fig. 13) er preget av store øyområder og lange fjorder som skjærer seg inn i landet. Lenger nord er det store øyer og enkelte utstrakte skjærgårdsområder, men for det meste er kystlinjen åpent eksponert mot hav. De fleste fjordene i Troms og Finnmark er uten terskel og har god vannutskiftning.

I Nordland er gjort mange undersøkelser i kystområder og mindre fjordbasseng. De fleste av disse er egnethetsundersøkelser for akvakultur og sikter derfor spesielt mot å lokalisere områder som er naturlig overbelastet eller følsomme for organiske utslipp. Utførende institusjoner har vært Nordland Distriktshøgskole, Nordlandforskning, Akvaplan og NIVA. I Rana og Vefsn er det større miljøproblemer på grunn av forurensning fra tungindustri. Hovedproblemet er der utslipp av tungmetaller og PAH, men kommunal kloakk bidrar også til belastningen på resipientene. Industrien ligger begge steder i bunnen av lange fjorder som har redusert vannutveksling med kystområdet utenfor. Glomfjord er det eneste område med betydelige utslipp av næringssalter fra industri. Skjomen ved Narvik har vært spesielt undersøkt i forbindelse med kraftverksutbygging.

I Troms har fjordene ved Tromsø (Malangen, Balsfjorden, Ullsfjorden) vært gjenstand for biologiske og hydrografiske undersøkelser over mange år i regi av Universitetet i Tromsø, tidligere Tromsø Museum. Spesielt gode tidsserier finnes fra Balsfjorden over hydrografi, næringssalter, planteplankton, dyreplankton, bunnfauna og fisk.

Fra Finnmark foreligger det få undersøkelser. Større industriforurensninger er det bare i fjordsystemet ved Kirkenes (Bøkfjorden) som påvirkes av utslipp av gruveavgang.

Generelt er eutrofiproblemene i Nord-Norge små og lokale, men mange havner er tungt belastet med utslipp av kloakk og fiskeavfall. Spesielt utslipp fra fiskeindustri er et vesentlig forurensningsproblem i mange fiskerihavner. Kloakk slippes stort sett urensset ut til sjøområdene. Det foreligger resipientundersøkelser fra Narvik, Harstad og Tromsø, en rekke kystkommuner og de større fiskerihavnene i Finnmark. I Troms er det nylig laget en oversikt over utslipp av fiskeavfall (Minsås og Danielsen, 1988).

5.6.1. Vefsn og Rana

I Vefsn (Fig. 13) er miljøproblemene først og fremst knyttet til utslipp av tjærestoffer (PAH). Innholdet av suspenderte partikler og næringssalter i vannmassene må betraktes som normalt, men innerst i fjorden er fastsittende alger og dyr på grunt vann påvirket av ferskvannstilrenning, noe nedslamming av partikler og trolig organisk stoff fra kloakkvann. Det er også forstyrrelser på bløtbunnssamfunnene som kan skyldes organiske tilførsler. Tydelige eutrofi-effekter er ikke påvist (Haugen et al. 1981).

Også i Rana er det utslipp av PAH som er hovedproblemet i resipienten. Konsentrasjonene av PAH i blåskjell er blant de høyeste som er registrert, og belastningen lar seg spore inntil 50 km utover fjorden. Nærmest industriutslippene viste dykkerobservasjoner sterkt reduserte organismesamfunn. Trolig er sterk nedslamming den viktigste årsaken, men det kan også gjøre seg gjeldende skadelige konsentrasjoner av giftige stoffer (cyanid, hydrogensulfid, PAH-forbindelser) (Knutzen 1984). På en lokalitet nær det kommunale utslippet fra Mo er det overgjødningssymptomer på samfunnene, mens det utover i fjorden bare er usikre utslag av forurensninger (Knutzen 1984).

5.6.2. Glomfjord

Hovedkilder: Molvær, Knutzen, Rygg og Skei (1984).
Molvær (1986).

Belastningen på Glomfjord (Fig. 13) består vesentlig av næringssalter fra kunstgjødselproduksjonen ved Norsk Hydro's anlegg. Miljøforholdene i fjorden er undersøkt under Statlig program for forurensningsovervåking i 1981-82. I realiteten representerer Glomfjord et overgjødslings-eksperiment i naturlig skala, uten andre betydelige former for belastning.

A. Belastning/tilførsel.

I 1981-82 var tilførselene av fosfor og nitrogen henholdsvis 265 og 1900 tonn pr. år. I 1988 var utslippene redusert til 90 t P og 1300 t N. Ytterligere reduksjoner ned mot ca. 50 og 700 tonn pr. år er planlagt.

B. Eutrofieringseffekter.

I fjorden er det påvist høye konsentrasjoner av fosfor- og nitrogenforbindelser i overflatelaget (1981-82). F.eks. var Tot-P 2-3 ganger høyere i fjorden enn på referansestasjonen ca. 30 km fra utslippet og utenfor fjorden. Gjødslingen medførte stor produksjon av planteplankton i de øvre 10-20 m av vannsøylen og siktedyp tildels ned mot anbefalt grense for friluftsbad (2-3 m).

I strandsonen var det masseforekomster av grønnalger. Dette var markant inntil 3-4 km fra utslippet utover fjorden, men fortrinnsvis på nordsiden. I samme området manglet blæretang og grisetang, mens det var meget rike bestander av rur og blåskjell. I grisetang og blæretang ble det opptil 6-7 km fra utslippet påvist forhøyet innhold av nitrogen og fosfor.

Den rike produksjonen av planteplankton medførte et betydelig oksygenforbruk i dypvannet, men det var ikke kritisk lave verdier i 100-300 meters dyp. Bortsett fra visse indikasjoner på organisk belastning på en stasjon i indre fjord, var det ingen overgjødslingssymptomer å spore på bløtbunnsfaunaen.

C. Årsakssammenhenger/tiltak.

Eutrofieffektene i strandsonen og fjordens vannmasser skyldes klart utslippene fra Hydro Glomfjord, som for nitrogen og fosfors vedkommende i 1981 sto for over 95% av totalbelastningen.

D. Endringer.

Ettersom utslippene til fjorden reduseres, vil miljøforholdene ventelig bedre seg. Imidlertid vil ferskvannstilførselen til fjorden avta i forbindelse med vassdragsreguleringer i Svartisenområdet. Dette kan redusere vannutskiftningen i overflatelaget såvidt mye at virkningene av foretatt og fremtidig minskning av utslippene nøytraliseres. Dette spørsmålet vil være tema for nye undersøkelser som planlegges utført i 1990-91.

5.6.3. Sørfold i Salten.

I Sørfold (Fig. 13) fant det sted en større utbygging av vannkraft og industri (ferrosilisiumverk) på 60-tallet. I tilknytning til utbyggingen økte også befolkningen i området. Som en følge av miljøendringene begynte en kraftig begroing av grønnauger (Enteromorpha) i strandområdene i indre del av fjorden. Denne begroingen var såpass sterk at den var til betydelig sjenanse for fiskere og båtfolk i området. Mohus og Haakstad (1980) viser at denne tilsynelatende eutrofieffekten skyldes hydrografiske forandringer i fjorden. Ferskvannstilrenningen er betydelig

høyere enn før og konstant over året. Tilrenningen setter opp en betydelig kompensasjonsstrøm utenfra og inn fjorden som gir en høy tilførsel av næringsalter i produksjons-sesongen for grønnalgene. Tidevann og blandingsprosesser gjør det næringsrike vannet tilgjengelig for algevekst på strandflatene. Selv om tilførslene av næringsalter i avrenningsvann og fra kloakk (ca. 700 pe.) har økt, synes dette å være av mindre betydning.

5.6.4. Andre undersøkelser i Nordland

Nordland er et av de største oppdrettsfylkene med en totalproduksjon av laks og ørret på omkring 12 000 tonn i 1988 (Ervik 1988). Virksomheten drives i hele fylket, men er særlig stor i kystområdene på Helgeland. Nordlandsforskning har over flere år gjort miljøundersøkelser i Herøy kommune som har mange konsesjoner og mange anlegg i drift. Kommunen består av et stort antall øyer med anlegg både i åpne og skjermede lokaliteter med svak vannutskiftning. Generelt er de påviste miljøeffekter lokale og knyttet til de enkelte anleggene (Frogh et al. 1985).

Det er også gjort en rekke lokalitetsvurderinger og mindre resipientundersøkelser. Øvreeide (1983) har vurdert lokaliteter for akvakultur langs kysten i hele fylket. Omfattende egnethetsvurderinger er gjort i Herøy (Frogh, 1987) og Lurøy (Holte et al., 1988). Mindre lokalitetsvurderinger finnes for Meløy (Frogh 1985), Øksnes og Bø (Gullestad og Haakstad 1977), Flakstad (Holte 1986 a) og Moskenes (Holte 1986 b). De fleste undersøkelsene omfatter strømforhold, hydrografi og bunnforhold. Også disse undersøkelsene viser få tegn til eutrofiering, men områder med terskler kan være naturlig overbelastet.

Wikander (1984) har undersøkt miljøforholdene i en rekke fiskerihavner i Lofoten og Vesterålen. Generelt viste undersøkelsene sterke forurensningsbelastninger i mange havner, men i hovedsak i strandsonen og på selve bunnen.

Forurensningene var lokale. Havnene har god vannutskifting, og det ble ikke påvist oksygensvikt. Næringssaltforholdene viste til dels sterkt avvikende trekk hvor det i en del tilfeller var meget høye verdier for fosfor om sommeren. Røst, Værøy, Ballstad, Stamsund, Henningsvær, Myre, og Andenes, karakteriseres som sterkt belastede. Tabell 5 viser beregninger over utslippene av nitrogen, fosfor og BOF₇ for fire av havnene. Det er også vist hva fiskeavfallet utgjør i prosent av samlet utslipp (inkludert kommunalt avløpsvann).

Tabell 5. Beregnet utslipp av fiskeavfall til fiskerihavner i Lofoten og Vesterålen (1978). Fiskeavfallet omfatter sløyeavfall dumpet i havn og finavfall i prosessvann. Det er også vist hvor meget avfallet utgjør i prosent av samlede utslipp (i parentes). Alle verdier i tonn/ år. Data fra Wikander (1984).

	Henningsvær	Stamsund	Røst (Kalvøy- vågen)	Andenes
Levert fangst	7 085	7 950	7 065	9 523
Fiskeavfall:				
BOF7	305 (96)	73 (79)	229 (98)	145 (63)
tot-N	41.0	9.9	30.9	19.5
tot-P	5.7	1.9	4.3	2.7

5.6.5. Harstadorrådet.

I Harstad er det gjort flere resipientundersøkelser fra midten av 70-tallet. Resipienten belastes hovedsakelig med kommunal kloakk, men det er også noe utslipp fra fiskeindustri og mekaniske verksteder. Undersøkelsene omfatter dykkerobservasjoner, strandregistreringer og vannkjemi (Knutzen et al. 1977) og bunnfauna og strøm (Holte 1987).

De største utslippene går til Gansåsbøtn i tilknytning til havneområdet og Bergsvågen nord for byen. Utslippene i Gansåsbøtn tilsvarer 10.000-12.000 p.e. som slippes i fjæra og på ti meters dyp. I nærområdene er det betydelig effekter, både estetiske og vist ved artsfattige organismesamfunn. Omkring utslipp i fjæra var det råtne slamlag og sterk grønnalgebegroing. Vannmassene i Gansåsbøtn hadde enkelte høye verdier av totalfosfor. I dyplaget var det et markert oksygenvinn til tross for nokså svak sjiktning av vannmassene. Vannutskiftningen er god, og beregninger viser at utslippene neppe leder til mer enn en moderat økning av produktiviteten i forholdvis begrensede vannmasser (Knutzen et al., 1977). I Bergsvågen var bunnfaunaen belastet (Holte 1987).

5.6.6. Tromsøysund

Hovedkilde: Oug et al. (1985).

Sundene ved Tromsø (Fig. 13) (Tromsøysundet og Sandnessundet) er strømrrike og står i åpen forbindelse med fjordene omkring. Vannmassene er godt gjennomblandet fra overflate til bunn, men strømbildet er komplisert med bakevjer og motstrømmer langs land. Utslippene omfatter kommunal kloakk og avfall fra fiskeindustri. Andre forurensninger er av mindre betydning.

Midt på 70-tallet utførte vassdrags- og havnelaboratoriet omfattende strømregistreringer i resipienten. Forurensningsvirkninger på grunt vann er undersøkt av Universitetet i Tromsø (Holte et al. 1987). Bech (1982) har beregnet planteplanktonproduksjonen i Tromsøysundet. NIVA og Universitetet i Tromsø gjorde i 1982 en basisundersøkelse som omfattet bløtbunn, strandsamfunn og bakteriologi (Oug et al. 1985).

A. Belastning/tilførsler.

Resipienten tilføres kommunal kloakk fra ca 40.000 personer (tilsvarende ca. 1.120 tonn BOF₇). Det meste føres til Tromsøysundet, fordelt på en rekke utslipp beliggende ved laveste lavvann eller på få meters dyp. Bare et fåtall utslipp har noen form for rensing. Tilførslene fra fiskeindustri er beregnet til 2.150 tonn BOF pr. år (Holte et al., 1987).

B. Eutrofitilstand.

Virkningene av utslippene er lokale. Sterkt belastet bunn ble påvist nær større utslipp (< 100 m), men virkningene avtok raskt bort fra utslippspunktene. Generelt var plante- og dyresamfunnene på grunt vann og i fjæra i Tromsøs nær-område ikke vesentlig forandret sammenliknet med samfunn i upåvirkede områder. I de dypere partiene av Tromsøysundet var forholdene gode, vist ved en artsrik og nær upåvirket fauna. Bech (1982) fant noe høyere planteplanktonproduksjon i Tromsøysundet enn i Balsfjorden, men ikke påvisbare forskjeller i konsentrasjonene av næringssalter. Holte et al. (1987) observerte enkelte høye verdier for nærings-salter i overflaten som skyldtes gjennomslag av avløpsvann.

C. Årsakssammenhenger.

De relativt sett små og meget lokale effektene skyldes god vannutskiftning som raskt sprer og fortynner tilførslene.

D. Endringer.

Ikke kjent.

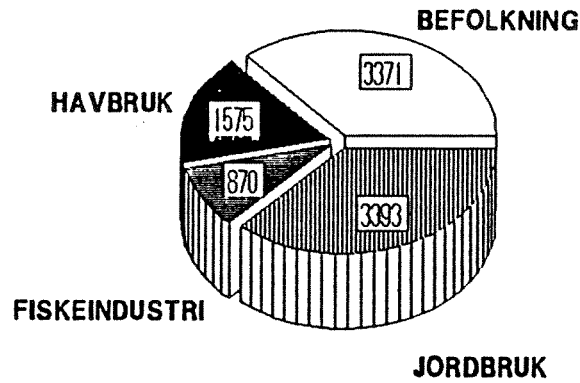
5.6.7. Andre undersøkelser i Troms

I Troms har Miljøvernavdelingen laget en beregning av samlede utslipp til sjø fra havbruk, fiskeindustri, jordbruk og befolkning (Fig. 14). For nitrater står jordbruk for de største utslippene med 47 % (908 tonn/år) fulgt av husholdningskloakk med 30 %. For fosfater bidrar befolkningen med vel 50 % (81 tonn/år) mens de andre kildene er omtrent likeverdige (Fylkesmannen i Troms 1989). Forurensningen fra fiskeoppdrett synes å være økende siden næringen fortsatt er i sterk ekspansjon.

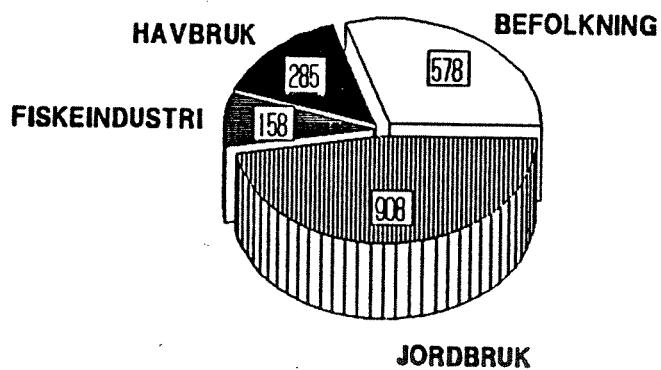
I midtre Troms har to brakkvannssjøer (Rossfjordvatn, Reisvatn) med tilhørende vassdrag vært gjenstand for undersøkelser over flere år. Rossfjordvannet har permanenet anoksisk dypvann. Saltholdigheten i overflaten er svært lav, men stiger til over 20 o/oo under spranlaget. De senere undersøkelsene (Holtan & Magnusson 1985; Holtan 1987) viser at hele vassdraget har en belastning på grensen av hva systemet kan tåle uten å bli eutrofiert. Mens nitrogenet for en stor del stammer fra avrenning i skog og utmark, skyldes nærmere halvparten av fosfortilførslene utslipp fra bebyggelse og landbruk. Lokalt langs strendene var det sterk begroing av grønnalger. Begroingen har økt i 80-årene. Dette skyldes punktutslipp av kloakk og avrenningsvann fra landbruk.

Reisvatn har lignende forhold, men er mindre dyp og har bedre oksygenforhold i dypvannet. Belastningen fra fosfor og nitrogen er moderat. Langs strendene fantes lokale forekomster av grønnalger som følge av utslipp (Haugen & Molvær 1980).

Organisk belastning (BOF7)



Nitratbelastning



Fosfatbelastning

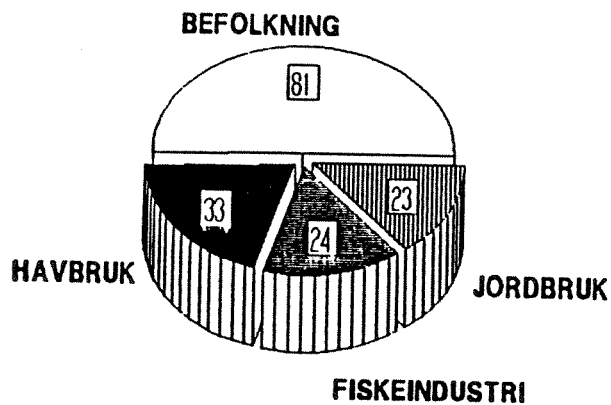


Fig. 14. Mengden (tonn pr. år) av fosfor, nitrogen og nedbrytbart organisk materiale fra fire forureningskilder i Troms. BOF₇ er oksygenforbruk ved nedbrytingen av organisk materiale (Fra Miljøstatus Troms, 1988).

På 70-tallet utførte NIVA orienterende resipientundersøkelser i Kvæfjord, Gratangen og Storfjord. I alle områdene var det lav forurensningsbelastning og nær normale forhold. Straumsbotn i Kvæfjord har trang munning og lavt terskeldyp. Markert oksygenvinn i dyplaget tyder på utilstrekkelig dypvannsfornyelse (Knutzen et al. 1977).

5.6.8. Fiskerihavner i Finnmark

Universitetet i Tromsø har undersøkt forurensningstilstanden i de seks største byer/fiskerihavner i Finnmark (Vadsø, Vardø, Båtsfjord, Mehamn, Honningsvåg, Hammerfest) (Nilsen et al. 1987, Oug et al. 1987). Alle steder belastes havneområdet med urensset kommunal kloakk og utslipp fra fiskeindustri.

Alle havnene var klart forurenset, tydelig vist ved sterkt belastet bunnfauna og strandvegetasjon i de indre mest beskyttede områdene. Bunnsedimentene hadde moderat til sterk lukt av hydrogensulfid. I enkelte havner (Båtsfjord, Honningsvåg) viste strandundersøkelsene at flyttestoffer (fett etc.) også transporteres utover i havnene. Generelt avtok forurensningseffektene raskt mot ytterområdene. Utenfor havnene var forholdene gode.

I sedimentene var det høyest verdier for organisk innhold i de indre havneområdene, men i flere av havnene (Vadsø, Vardø, Båtsfjord, Honningsvåg) var verdiene sammenlignbare med normale fjordsedimenter og vesentlig lavere enn verdier for fiskerihavner i Lofoten. Dette tyder på at organisk materiale omsettes hurtig. Det ble ikke påvist nedsatte oksygenverdier. De sterkt avgrensede virkningene er en følge av den høye vannutskiftningen i kystområdene av Finnmark og at vannmassene er godt gjennomblandet store deler av året.

I Hasvik på yttersiden av Sørøya, Finnmark, har Akvaplan gjort en undersøkelse for lokalisering av matfiskeoppdrett. Fjorden har innerst et lite basseng med terskel på 25 m. I dypvannet var det et betydelig oksygenforbruk om sommeren, mens det var godt gjennomblandete vannmasser i hele vinterhalvåret (Holte et al. 1986).

6. EUTROFISITUASJONEN I SJØOMRÅDENE OMKRING SØR-NORGE

6.1. Nordsjøen.

Hovedkilde: Gerlach, S.A. (1988).

Økte tilførsler av nitrogen og fosfor til de sørlige deler av Nordsjøen har ført til eutrofiproblemer for de kystnære områdene.

Vannmassene i Nordsjøen inklusive Skagerrak har et volum på ca. 47 000 km³. Til Nordsjøen kommer atlanterhavsvann inn i syd gjennom Den Engelske Kanal (4800 km³/år) og i nord mellom Orknøyene og Shetland (9500 km³/år). Overflatevannet strømmer i en stor mot-klokken sirkulasjon inn i Tyskebukten og nordover vest av Danmark (Figur 15). Den nordgående strømmen, Jyllandsstrømmen, består derfor av vann fra den Engelske Kanal og Nord-Atlanteren som blandes opp med ellevann fra kontinentet. Hovedinnstrømningen til Nordsjøen foregår i dypvannet mellom Shetland og Norge, men når bare ned til Skagerrak. Der blander det seg med Jyllandsstrømmen og det utstrømmende Baltiske vannet i Den Norske Kyststrømmen (Figur 15). Sirkulasjonen er nokså langsom, Rhin-vann bruker ca. 3 måneder på å nå Tyskebukten, mens Elben-vann er ved Skagen etter 3 måneder.

Typiske næringssaltkonsentrasjoner for uforurenset havvann er ca. 0.6 mol/l (19 mg fosfat-P/m³) og 8 mol/l (112 mg nitrat-N/m³) (Fig. 16). Både dypvannet i Norskerenna og bunnplatået i Nordsjøen er imidlertid karakterisert av høyere verdier (Fig.17).

Tilførsler

Årlig tilførsel av næringssalter til Nordsjøen sør for 56° N er vist i tabell 6. Under "naturlige" forhold bidrar elvene med 7% av P- og 14% av N-balansen i den sørlige

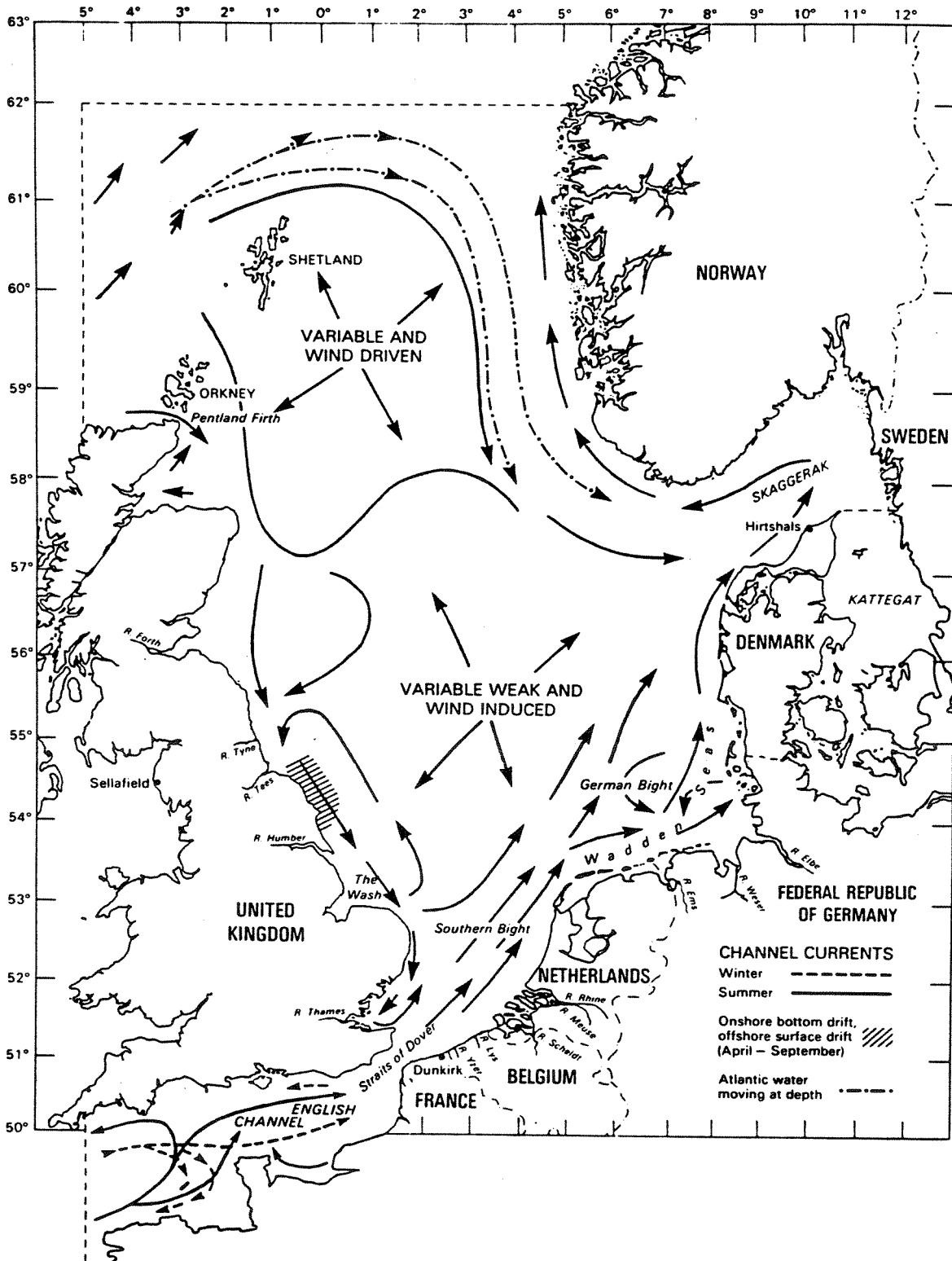


Fig. 15. Overflatestrømmen i Nordsjøen (Lee, 1980).

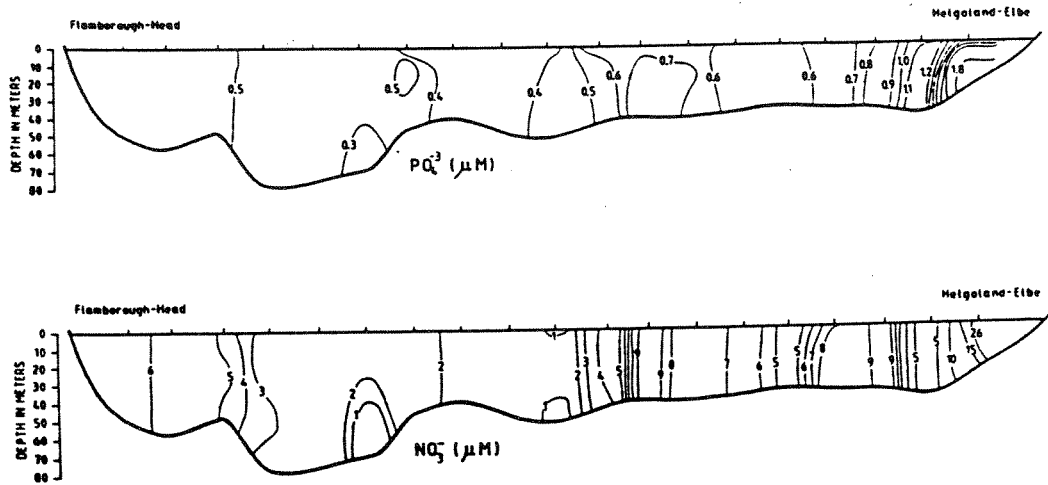


Fig. 16. Nitrat- og fosfatkonsentrasjoner på snittet Flamborough/Head - Helgoland/Elbe i den sørlige Nordsjøen. Tokt F/F G.O. SARS i november 1987 (Føyn, 1988).

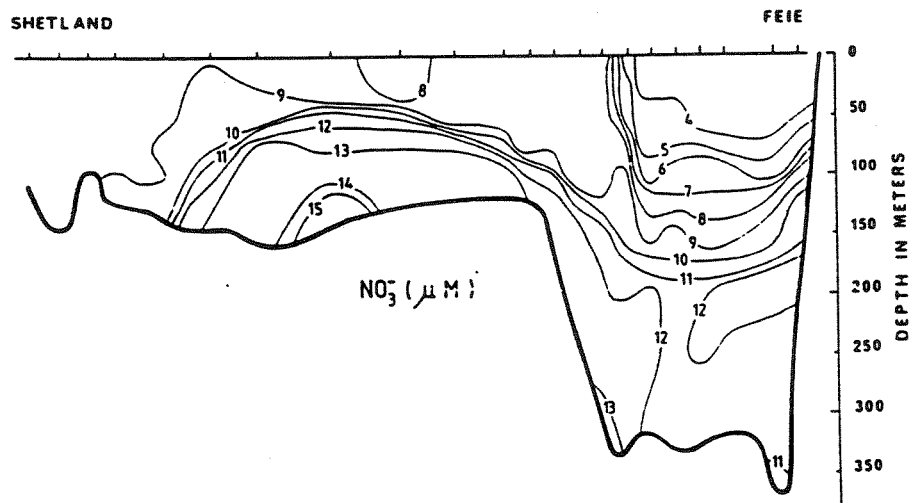


Fig. 17. Nitratkonsentrasjoner (μM) på snittet Fedje - Shetland i den nordlige delen av Nordsjøen. Tokt F/F G.O. SARS i november 1987 (Føyn, 1988)

Nordsjøen. Beregninger viser at bidragene i 1980 var 34-36% hvor 1/3 av fosforøkningen og 2/3 av nitrogenøkningen kommer fra jordbruket. Disse tilførslene gir seg uttrykk i kraftige gradienter i næringssaltkonsentrasjonen fra Tyskebukta og utover (Figur 16).

Tabell 6. Næringstilførsler til Nordsjøen sør for 56°N via elver, utslipp og dumping i 1980. (Gerlach, 1988: etter van Pagede og Postma, 1987)

Sources	m ³ /s	Inflow km ³ /y	Phosphorus 10 ³ /y	Nitrogen 10 ³ /y
<i>Great Britain</i>				
Firth of Forth	65	2.0	0.2	1
Tyne	51	1.6	0.2	1
Tees	17	0.5	0.2	2
Humber	280	8.8	0.6	44
Wash	48	1.5	1.1	18
Thames	154	4.9	0.1	33
other sources			25.6	98
<i>Belgium</i>	17	0.7	1.2	7
<i>Netherlands</i>				
Schelde	216	5.9	5.7	45
Maas	900	28.4	12.0	120
Rhine	2222	65.9	40.4	342
Ems-Dollart	120	3.3	3.1	35
other sources		1.4	11.3	41
<i>Germany</i>				
Weser	500	15.8	8.6	42
Elbe	1150	36.2	14.0	250
other sources		0.8	2.5	17
<i>Denmark</i>		2.5	0.3	4
Total		180	127	1100

Det synes også å være en klar økning i tilførslene over tid. Trender i næringssalter og planteplankton-konsentrasjoner ved Helgoland viser sterk økning i nitrat-N, fosfat-P og planteplankton-C, og en nedgang i silikat-Si fra 1962 til 1984 (Berg og Radach 1985).

Typiske gradienter i nitrat-N og fosfat-P fra Tyskebukta og utover er henholdsvis 26-8 μ M og 1,8-0,6 μ M. Det er grunn til å peke på konsekvensene av de økende nitrat-N/silikat-Si og fosfat-P/silikat-Si forholdene.

Det er foretatt modellsimuleringer av forventet relativ forurensning av Nordsjøen med tilførsel fra 6 elvesystemer (Fig. 18). Den viser at forurensingen konsentreres i et kystnært belte som strekker seg fra Belgia-kysten til Skagen.

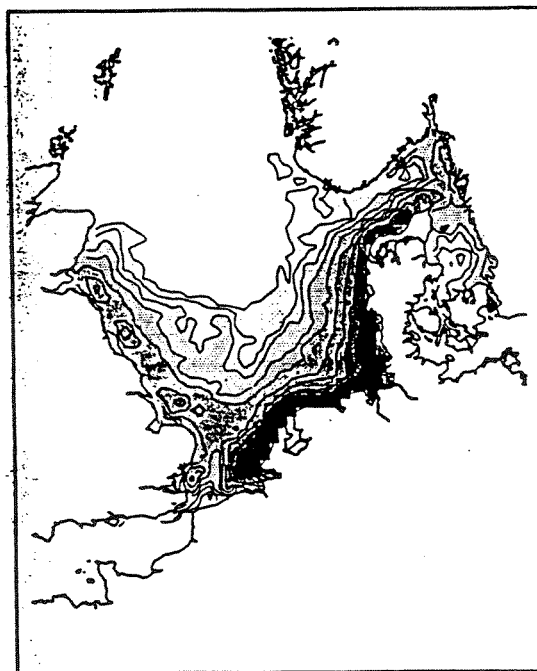


Fig. 18. Modell-simulering av den relative forurensning av Nordsjøen ut fra tilførsel av "tracers" via 6 elvesystemer: 57% fra Rhinen, Maas og Scheide; 21% fra Elbe, Weser og Ems; 7% fra Firth og Forth; 7% fra Tyne; 4% fra Thames og 3% fra Humber. Middel konsentrasjon beregnet etter kontinuerlige tilførsler i perioden 1969-1982 (Gerlach, 1988; etter Hainburger et al., in press).

Eutrofitilstand

Den økte næringstilgangen har ført til en fordobling av primærproduksjonen i de sørlige kystnære områder av Nordsjøen (Duursma et al. 1988). Oppblomstringer av planktoniske "problem"-alger i de kystnære områder av Nordsjøen er blitt observert stadig hyppigere i løpet av de siste 20 år (Lancelot et al. 1987, Berge og Føyn 1988). Dette antas å være nært knyttet til økt næringstilførsel via elveutslipp til sydlige del av Nordsjøen. Som eksempler kan nevnes sommeroppblomstringer av Phaeocystis pouchetii (Lancelot et al. 1987) og Chrysochromulina polylepis (Berge og Føyn, 1988).

Dette har også gitt seg utslag i økt benthosfauna biomasse samt endring i diversiteten (Duursma et al. 1988). I bløtbunnsamfunnene er det blitt et sterkere innslag av arter med kort generasjonstid i den sørlige Nordsjøen (Duursma et al. 1988). Med jevne mellomrom i perioden 1981-1988 er det observert oksygensvikt ned mot bunnen i Tyskebukten (Figur 19). Det har nå også forekommet oksygensvikt i vannmassene på vestkysten av Jylland i 1981.

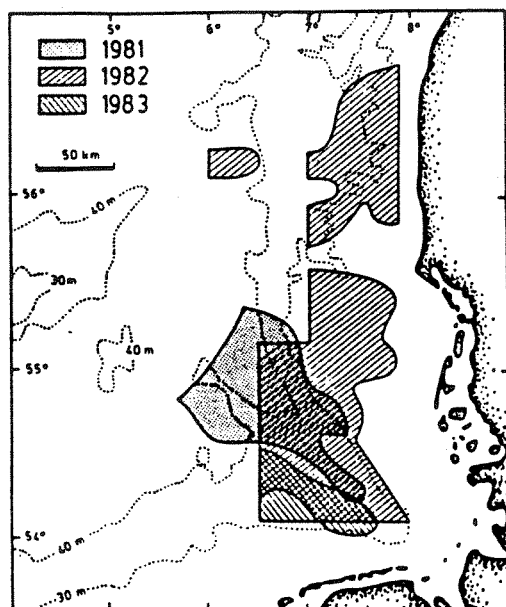


Fig. 19. Områder i den sørlige Nordsjøen der det ble observert oksygensvikt i bunnvannet i perioden 1981-1983 (Duursma et al., 1988).

6.2. Kattegat og Skagerrak.

Hovedkilder: Hognestad, P.T. (1987).
 Naturvårdsverket (Bernes ed.) (1988).
 Rosenberg (ed.) (1986).

Økte tilførsler av nitrogen og fosfor til Kattegat har ført til store miljøeffekter og oskygensvikt, død fisk og døde bunndyr. For Skagerrak er datagrunnlaget for spinkelt til å trekke noen konklusjoner.

Det er ingen klare topografiske skillelinjer mellom Skagerrak og Kattegat. Ofte regnes Skagerrak som en del av Nordsjøen, men kan adskilles ved snittet Oksøy - Hanstholm. Grensen mot Kattegat trekkes ved snittet Skagen - Marstrand. Sammen med Belthavet blir Kattegat betraktet som et overgangsområde mellom Østersjøen og Nordsjøen. Kattegat er et grunnområde med gjennomsnittsdyp på 23 m. Norskerenna (maks.dyp = 725 m) forbinder Skagerrak med Nordsjøbasenget. I Skagerrak er middeldypet på 210 m.

I Kattegat har det vært gjort en rekke undersøkelser av miljøforholdene. Flere av disse gir tidsserier som gjør det mulig å vise til forandringer over tid. I de siste 10-15 årene har eutrofiering vært en aktuell problemstilling og mange undersøkelser, spesielt svenske, har siktet mot dette. Takket være disse undersøkelsene har man i dag relativ god oversikt over tilstand og forandringer i området. Informasjonen er sammenfattet av Rosenberg et al. (1986) og Bernes (1988). For Skagerrak er kunnskapsgrunnlaget langt dårligere.

Sirkulasjon.

Det generelle strømmingsmønsteret i Kattegat består av en inngående dyp strøm og en utgående overflatestrøm som fører med seg ca. 450 km³/år brakkevann av Østersjø opprinnelse. Det utstrømmende overflatevann fra Kattegat (Fig. 4)

fortsetter ut i Skagerrak langs kysten av Sverige og Norge som en smal kyststrøm. Underveis blandes den opp med innstrømmende vannmasser fra Jyllandsstrømmen og de sentrale deler av Nordsjøen (Den Norske Kyststrøm). Vannmassene som strømmer inn i Skagerrak fra sydlige Nordsjøen representerer en stor kilde av alloktone næringssalter til indre deler av Skagerrak og Kattegat.

Det foreligger indikasjon på at Jyllandsstrømmen periodevis gjennom mesteparten av året fører næringsrikt vann inn i Skagerrak-Kattegat. Dette vannet har et unormalt høyt nitrat-N/fosfat-P forhold (24/1) (Aksnes et al. 1989).

Tilførsler/effekter.

Det kan listes opp en rekke transportveier for nærings-salter til Skagerrak - Kattegat: 1) fra Østersjøen via Øresund og Beltene, 2) fra land, 3) fra sørlige Nordsjøen via Jyllandsstrømmen, 4) med innstrømmende Atlanterhavsdypvann og 5) fra luft.

Beregninger over samlede årlige tilførsler fra land og luft av tot-N og tot-P til Skagerrak og Kattegat er gjengitt i tabell 7 og tabell 8.

Tabell 7. Tilførsel av total nitrogen (TN) og total fosfor (TP) i tonn pr. år fra Danmark, Norge, Sverige og fra luften til Skagerrak (Hognestad, 1987).

	TN Tonn pr. år	TP Tonn pr. år
Danmark	1.329	328
Norge	34.265	1.855
Sverige	19.644	698
Luften	32.000	325
Total	87.238	3.206

Tabell 8. Tilførsel av total nitrogen (TN) og total fosfor (TP) fra Danmark, Sverige og fra luften til Kattegat i perioden 1975-1981. (Hognestad, 1987, etter Miljøstyrelsen 1984).

År	Danmark		Sverige		Luften	
	Tonn pr. år TN	TP	Tonn pr. år TN	TP	Tonn pr. år TN	TP
1975	34.078	3.065	33.084	1.065	-	-
1976	28.740	2.945	23.523	897	-	-
1977	34.752	3.080	50.124	1.470	-	-
1978	36.685	3.124	41.943	1.260	13.524	315
1979	38.924	3.171	37.297	1.179	22.932	315
1980	44.994	3.310	48.702	1.442	18.123	315
1981	51.675	3.461	51.237	1.269	18.501	315

Eutrofitilstand og endringer

For Kattegat regner en med at nitrogenbelastningen grovt sett har økt med en faktor på 4 og fosforbelastningen med faktor på 3 -7 mellom 1930 og 1980 (Edler, 1984a). Dette gjenspeiler seg i økte nærings saltkonsentrasjoner. Gjennom de siste 15 år synes verdiene å være mer enn fordoblet (Fig. 20). Tendensen er imidlertid usikker når det gjelder fosfat-P (Baden 1986, Andersson & Rydberg 1988).

Det er ikke tydelig hvilken betydning økningen i nærings saltene har hatt for produksjonen i vannmassene. I perioden 1954-1977 har det ikke vært påvist noen økning i primærproduksjonen i åpne Kattegat. Etter 1977 foreligger det for få observasjoner til å fastslå eventuelle forandringer (Edler, 1984a). For kystnære områder finnes det imidlertid indikasjoner på økt primærproduksjon. Dette gjelder både på dansk og svensk side: Ålborg Bugt, Laholmsbukten, fjordene innenfor Orust, Øresund og Gullmarfjorden (Ærtebjerg 1987, Edler 1984a).

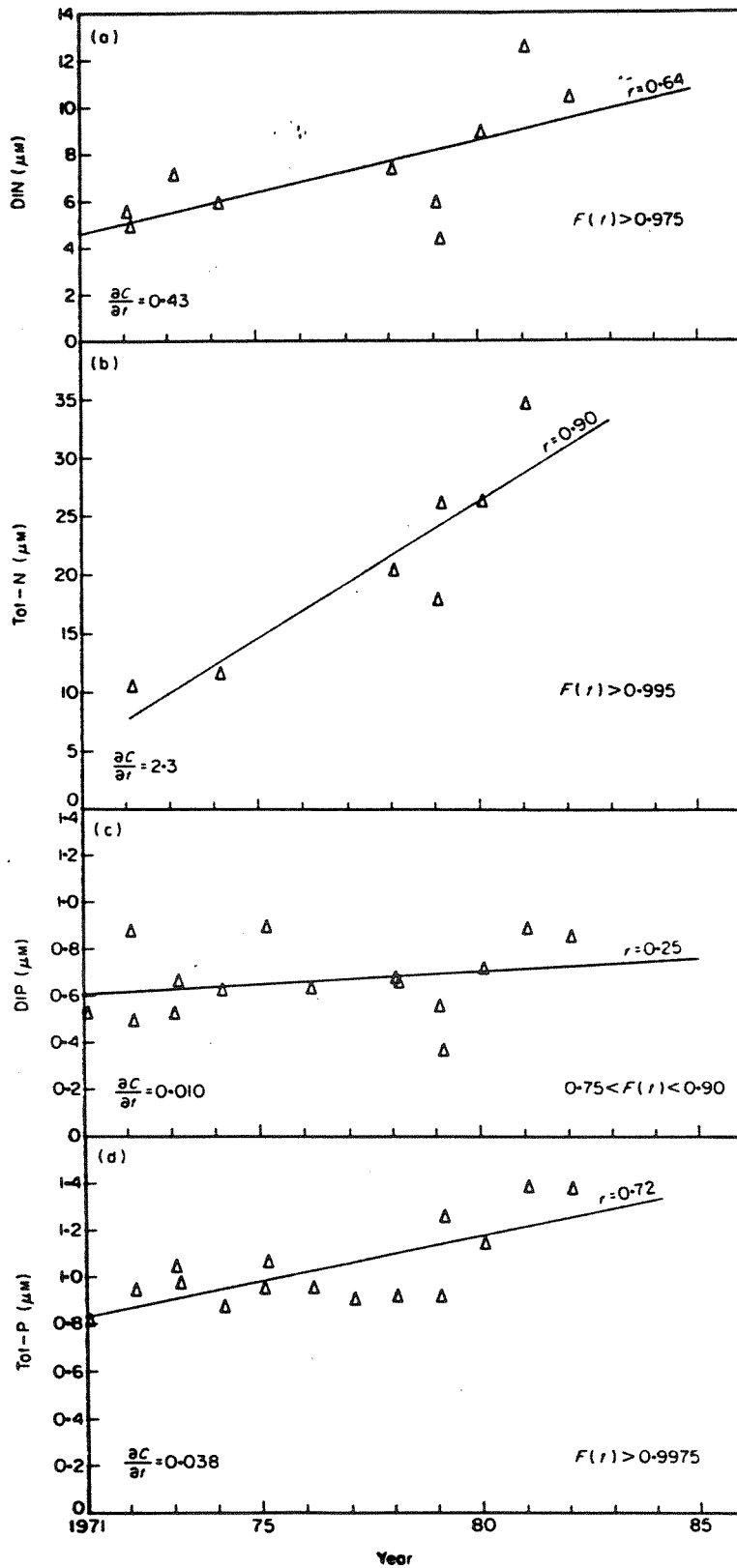


Fig. 20. Månedlige vinterkonsentrasjoner av oppløst uorganisk nitrogen (DIN), fosfor (DIP), tot P i overflatevann fra Kattegat for perioden 1971-82. Korrelasjonskoeffisienten r , signifikansnivået $F(t)$, forandring/tid ($\mu\text{M}/\text{år}$) er også gitt (Andersson og Rydberg, 1988).

I løpet av siste årene har det forekommet masseoppblomstringer av giftige alger med stadig økende hyppighet. Som eksempel kan nevnes dinoflagellater i Laholmsbukten (Edler 1984 b; Krogh et al. 1985) i Gullmarfjorden (Lindahl 1983; 1986) og ved Tjärnø (Tangen 1980), og Chrysochromulina polylepis våren-sommeren 1988.

I Laholmsbukten er det funnet at planteplanktonet er N-begrenset (Granéli et al. 1986; Granéli 1987) og at dinoflagellaten Prorocentrum minimum er i stand til å vokse på andre nitrogenkilder som humussyre og "fulvic"syre (Granéli et al. 1985).

Det er en klar tendens til avtagende oksygeninnhold i dypvannet i Kattegat. Figur 21 viser høstverdier for årene etter 1965 på tre ulike lokaliteter. I sydlige Kattegat og Belthavet har oksygenverdiene på 80-tallet blitt så lave at store bunnområder har blitt rammet av oksygensvikt (Fig. 22). Dette har ført til stor dødelighet av bunnorganismer, deriblant kommersielle arter som sjøkreps og flyndre. Figur 23 gir en samlet oversikt over de omfattende miljøproblemene i dette området på 80-tallet.

I Gullmarfjorden, som er den største terskelfjorden på den svenske vestkysten, har oksygenverdiene (minimumsverdiene) falt jevnt siden 1950. På 80-tallet har fjorden flere ganger vært rammet av oksygensvikt i dypvannet. I 1987 ble det for første gang også observert døde bunnområder utenfor fjordens terskel (Josefson 1988).

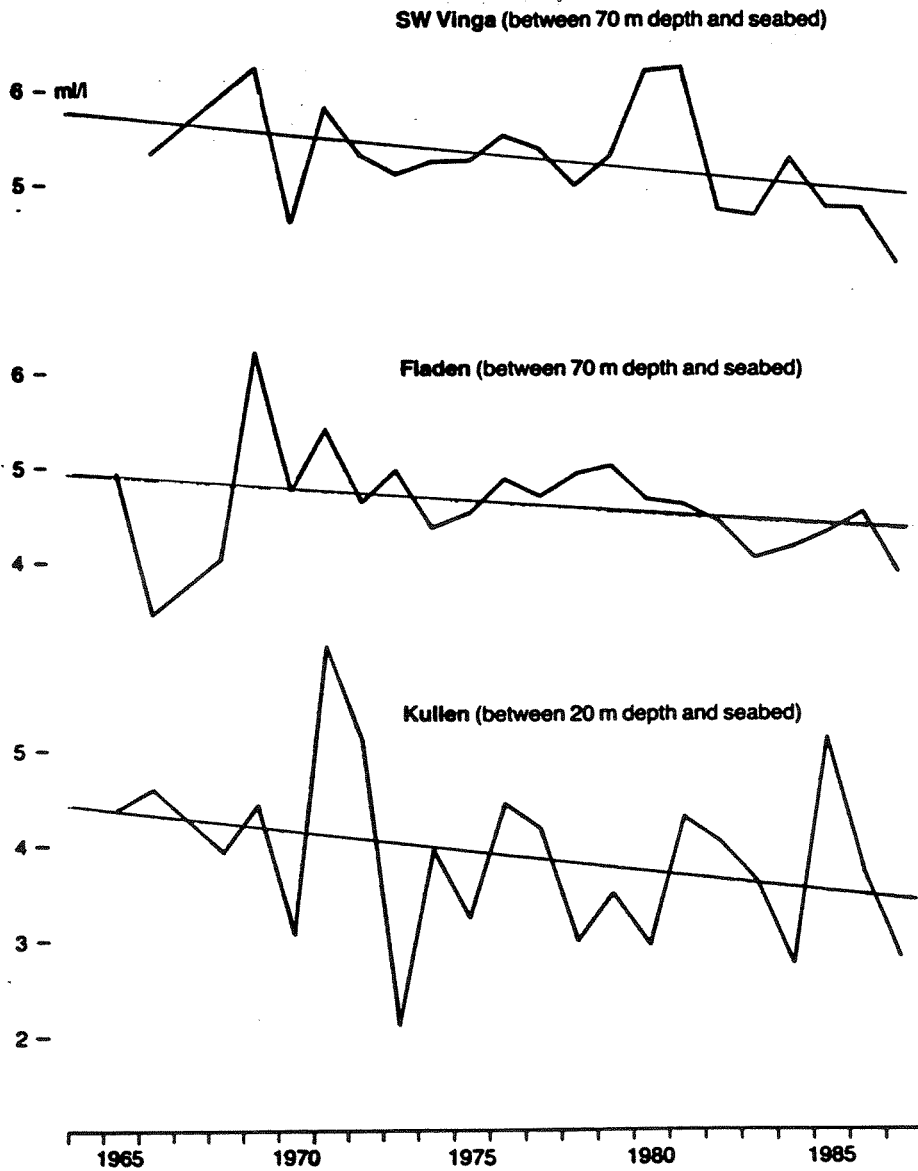
Oxygen in the Kattegat in autumn, 1965–87

Fig. 21. Oksygenutviklingen i Kattegats dypvann i perioden 1965–87 (Bernes et al. 1988).

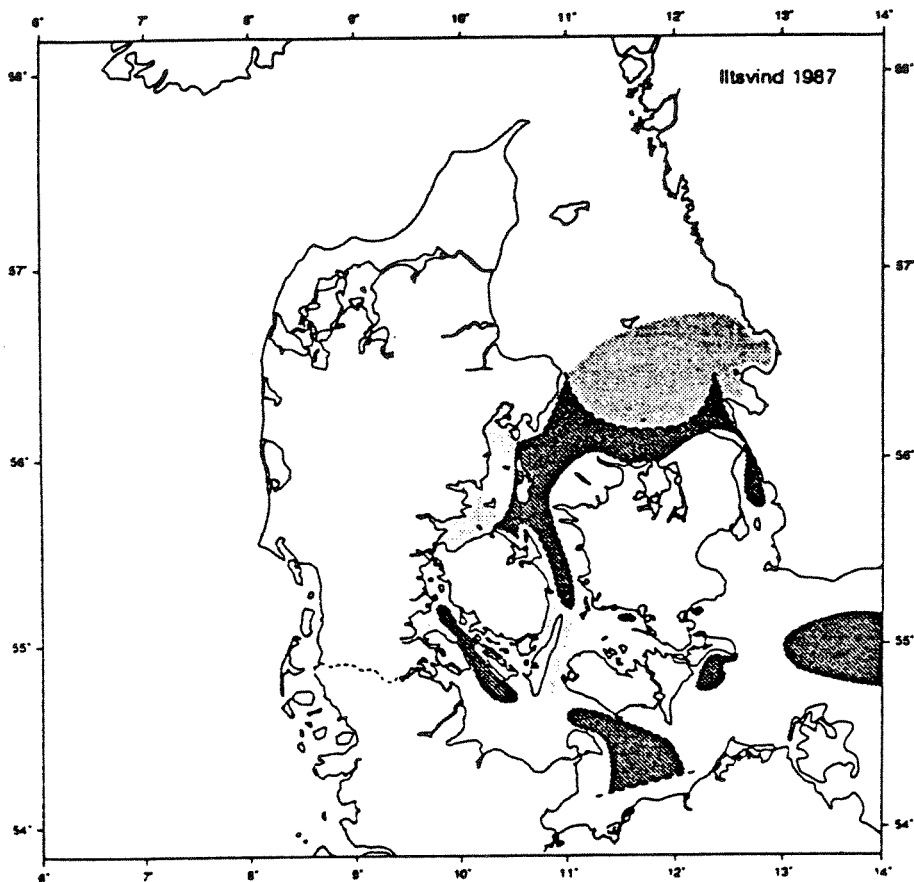


Fig. 22. Oksygenvikt (iltsvind) i Belthavet og sørlige Kattegat sommeren/høsten 1987 (Ærtebjerg/Miljøstyrelsen, 1987).
(Svart område = oksygenvikt + fiskedød og grått område = unormalt lave oksygenverdier).

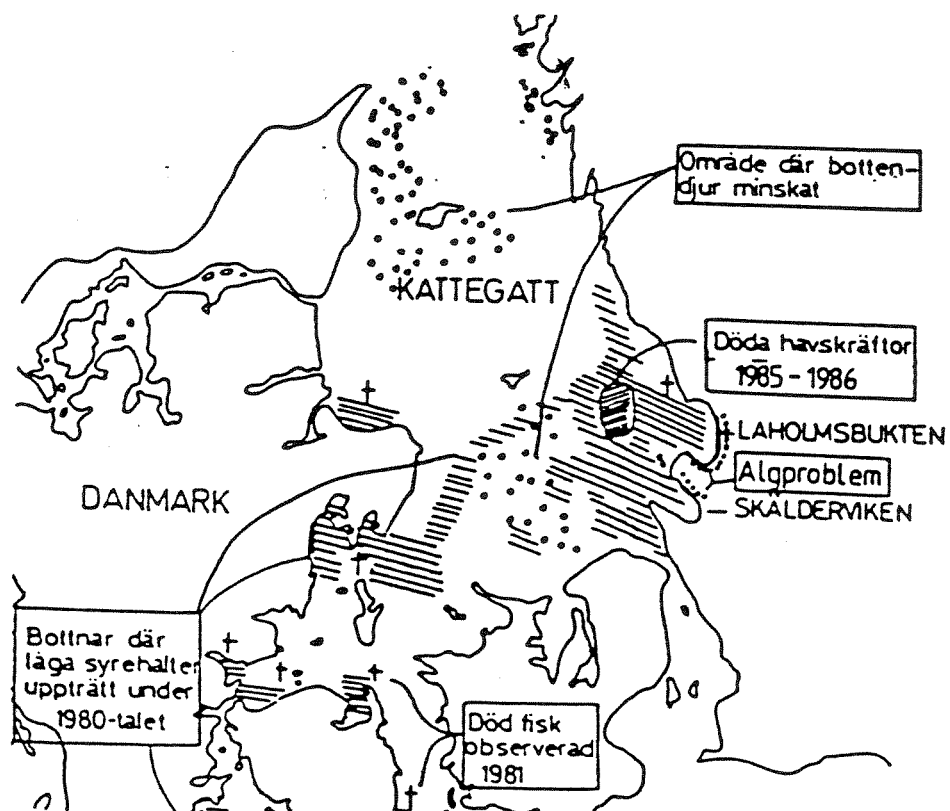


Fig. 23. Oversikt over miljøeffekter som er observert i Kattegat og som settes i forbindelse med eutrofiering (Miljøstyrelsen - Naturvårdsverket, 1987).

Langs den svenske vestkysten har det vært en løpende overvåking av bløtbunnsfauna siden 1973 (Fig. 24). I et såkalt intensivområde, som undersøkes årlig, kan det påvises gradvise forandringer. Biomassen har økt med et gjennomsnitt på 5-10 % pr. år, dvs faktorer på 1.5 - 2 over den undersøkte 15-årsperioden. I de dypere områdene var det en spesielt stor økning i perioden 1979-85. Individtetthetene har imidlertid holdt seg noenlunde konstante, slangestjerner (*Amphiura*) har økt, mens polychaeter har gått noe tilbake. Det finnes ingen entydig forklaring til disse forandringene, men Josefson (1988) finner sterke indisier på at dette skyldes økt næringstilførsel til benthos. Endret predasjon fra fisk er også en mulighet, men i fiskeriene har det ikke vært spesielle forandringer som gir grunnlag for å forklare biomasseøkningen (Baden 1986).

I Kattegat er det også gjort sammenligninger med undersøkelser fra perioden 1910-20. Det har vært en generell nedgang i den totale biomasse, men en vesentlig del av nedgangen skyldes tilbakegang for kråkebollen *Echinocardium cordatum*. Denne holdt utenfor, har det vært en klar økning i biomassen i større deler av området, deriblant østlige Kattegat (Pearson et al. 1985).

I indre Laholmbukten har det vært tydelige forandringer i benthosvegetasjonen siden midten av 70-tallet med tilbakegang for *Fucus*-artene og rødalger og økning i grønnalgene (Wennberg, 1987). Forandringene er imidlertid begrenset til de mest belastede områdene og er knapt merkbare i buktens ytterste deler. Noen generell eutrofierings-effekt over større kyststrekninger kan ikke sannsynliggjøres på basis av benthosalgevegetasjonen.

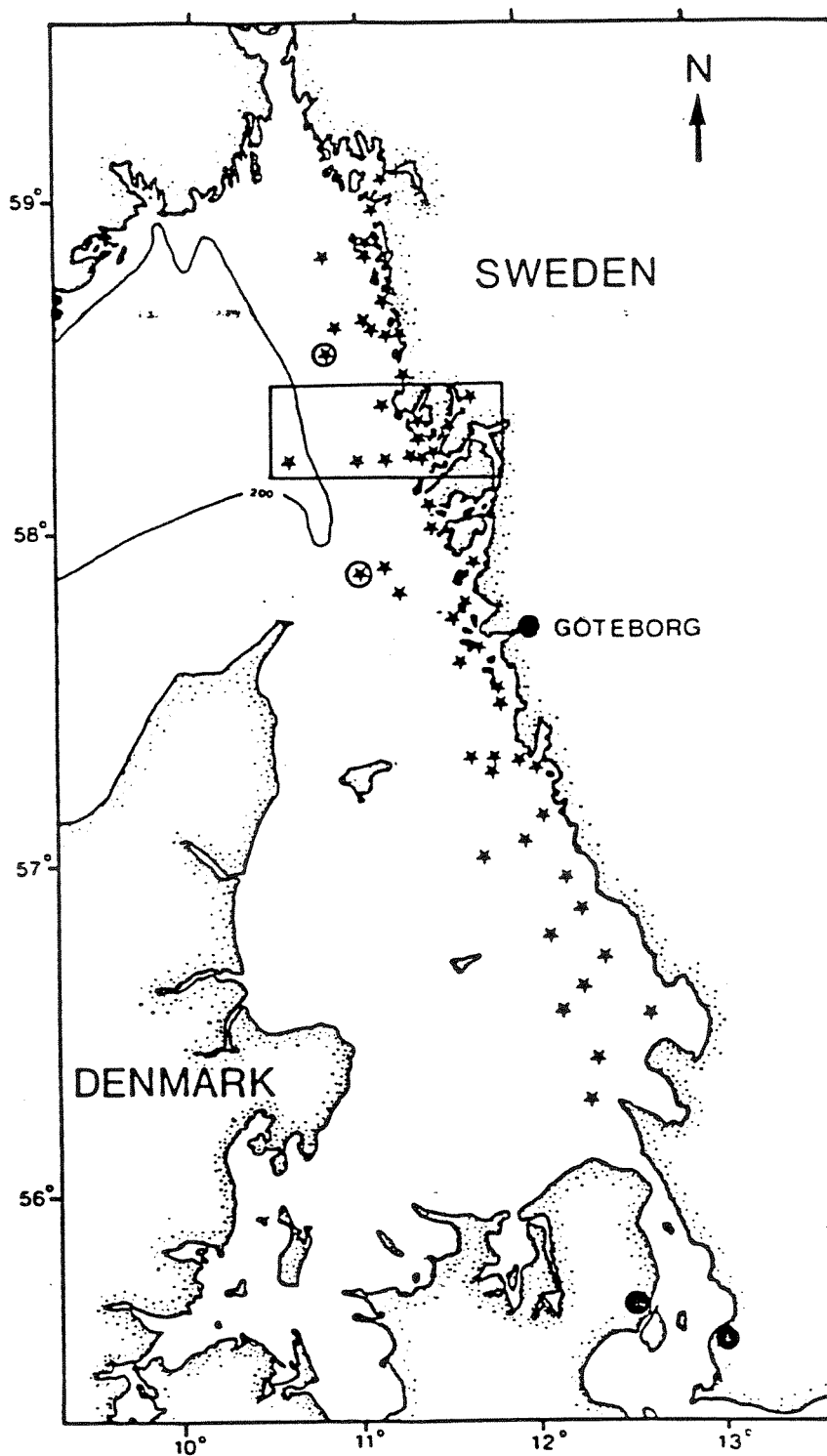


Fig. 24. Kart som viser posisjonene for benthos stasjoner innen PMK (stjerner) langs den svenske vestkysten. Stjerner m/sirkel og stjerner innenfor rektangelet angir stasjoner der det blir tatt prøver 1 gang pr. år. For de øvrige stasjoner blir det tatt prøver 1 gang hvert 5. år (Josefson, 1988).

På dansk side har det pågått resipientundersøkelser i Århusbukten og Mols siden 1975, deriblant overvåking av bunnfauna og sedimenter (Heslop, 1988). Indre deler av Århusbukten er sterkt påvirket av kloakkutslipp (200.000 pe urensset) og tilsig av næringssalter fra landbruket. I undersøkelsesperioden har det vært betydelige forandringer. På begynnelsen av 80-tallet var det nærmest monokulturer av polychaeter på bunnen, mens store arealer nå er råtten bunn dekket av svovelbakterier. Ålegressvegetasjonen i bukten er sterkt overgrodd med epifytter. Ved Mols (Fornes) går utslipp på 150.000 pe til sandbunnsområder med god vannutveksling. I et vifteformet område er det økte arts- og individantall i bunnfaunaen. De dokumenterte effektene har ført til vedtak om omfattende rensing av utslippene.

I ytre Skagerrak er fordelingen av næringssalter hele året karakterisert ved en såkalt "doming" som skyldes heving av næringsrikt dypvann (Fig. 25). En har ikke kunnet spore forhøyede nivåer av næringssalter i Jyllandsstrømmen på høyde med Hanstholm tidlig på vinteren (Fig. 25), selv om det er en økt eutrofiering i den sørlige Nordsjøen. Våren (april) 1988 derimot, ble det observert nitratkonsentrasjoner på rundt 20 μ M i de øvre 20 m vest av Hanstholm (Berge & Føyn, 1988). Dessuten ble det funnet et unormalt høyt forhold mellom nitrat og silikat i vannmassene. Også i Kattegat (utenfor Fredrikshavn) var dette tilfelle, men her ble maksimumsverdiene av nitrat funnet på rundt 20 m (Berge & Føyn, 1988). Dette tyder på at Jyllandsstrømmen kun periodevis fører næringsrikt vann inn i Skagerrak-Kattegat. Helt inntil danske-kysten er det vanlig med høyere næringssalt nivå p.g.a. tilførsler fra land. Dette gjelder spesielt for nitrat (Fig. 25).

For Skagerraks vedkommende er datagrunnlaget for spinkelt til å si noe sikkert om langtidstrender i næringssalt-konsentrasjonen.

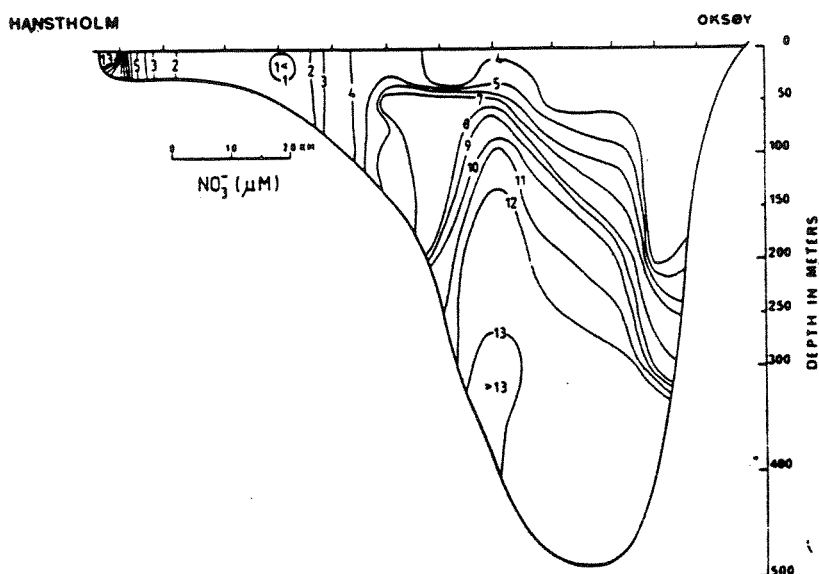


Fig. 25. Vertikalfordeling av nitrat på snittet Oksøy Hanstholm 8. desember 1986 (Føyn, 1987).

Observasjoner for vintersituasjonen (jan. - febr.) viser imidlertid en tendens til høyere konsentrasjoner av næringssalter i de innstrømmende vannmasser til Skagerrak, både fra Kattegat og fra den sydlige Nordsjøen via Jyllandsstrømmen (Hognestad, 1987).

Fra indre Skagerrak og ytre Oslofjord finnes det undersøkelser av bløtbunnsfauna fra 1914. Nye undersøkelser indikerer at biomassen har økt med i gjennomsnitt 1.8 ganger (Rosenberg *et al.* 1987). Mesteparten av økningen skyldes oppgang for polychaeter og pigghuder. Det foreligger ikke data for mellomliggende tidsperiode, men sammenholdt med de svenske overvåkingsresultatene, har trolig den største forandringen funnet sted på 70-80 tallet (Josefson, 1988). I Skagerrak mellom Danmark og Norge finnes det bare spredte innsamlinger i nyere tid. Eldre undersøkelser er i det alt vesentlige kvalitative. Det synes ikke å foreligge informasjon om mulige forandringer i dette området.

7. FORSKNING OG UTREDNINGSBEHOV (FOU)

For å kunne si noe om utviklingstendenser innen marin eutrofi, er tilgangen på en del sentrale prameterer avgjørende. Av disse kan nevnes næringssalter, oksygeninnhold, salt, temperatur, planteplankton biomasse og artssammensetning, bløt-/hard-bunnfauna biomasse og artssammensetning samt artssammensetning og biomasse av strandsonens fauna og flora. Mangel på slik informasjon er stor. Langtidsserier er her av stor betydning.

For å bedre på dette bør det opprettes flere overvåkingsstasjoner langs kysten, foreløpig fra svenskegrensen til Stadt. Disse må omfatte både kyst- og hav-vann. Bortsett fra det faktum at Chrysochromulina polylepis-oppblomstringen stanset ved Boknafjorden, er der ingen naturlige grunner til å sette skillet ved Rogaland. Dessuten gjør usikkerheten vedrørende konsekvensene av fiskeoppdrett på det marine økosystem det rimelig å inkludere landets viktigste område innen fiskeoppdrett i en slik overvåking. Slike stasjoner bør danne grunnlaget for langtidsserier av de aktuelle parametere.

I mange terskelfjorder er det ofte vanskelig å skille mellom belastning som skyldes naturlige tilførsler av næring/organisk materiale og antropogene tilførsler p.g.a. et manglende datagrunnlag. Disse fjorder må derfor undersøkes bedre, spesielt med hensyn på næringstilførsel og oksygenutvikling over tid i bunnvannet.

Dessuten vet vi alt for lite om kildene (både kvantitativt og kvalitativt) til de økte næringstilførsler. Det tenkes her på både lokal tilgang og transport utenfra via havstrømmer og nedbør. Dessuten er det viktig å skaffe seg bedre kunnskap om bio-tilgjengeligheten av de ulike N- og P-forbindelser som aminosyrer, urea, fosforsyrer, nuklein-

syrrer m.fl. samt regenereringshastighet/"turnover rate" av disse.

Vi trenger bedre kunnskap om ferskvannstilførslenes virkning (både oligotrofe og eutrofe) på en eventuell eutrofiutvikling i norske fjorder. Utenom dette kan eutrofiutviklingen influeres og modifiseres av en rekke andre faktorer. Disse må kartlegges.

Der er et trengende behov for mer viten om opprinnelsessted og spredning av en algeoppblomstring. I denne forbindelse må kommunikasjonen mellom kyst-fjord vannmasser fremheves. I tillegg kommer basiskriterier for initiering av algevekst (f.eks. hva er det spesielle med vannmassene der en algeoppblomstring starter?).

Arbeidet med å utvikle/videreutvikle eutrofimodeller som kan gi oss bedre innsikt i de prosesser-årsakssammenhenger som karakteriserer det kompliserte samspillet mellom næringstilførsler, vekstrespons og trofiske interaksjoner i det marine økosystem, må intensiveres. Med dette blir en i bedre stand til å treffe fornuftige tiltak mot eutrofi-ering.

REFERANSER - 88179.

- Aksnes, D.L., Aure, J., Furnes, G.K., Skjoldal, H.R. og Sætre, R., 1989. Analysis of the Chrysochromulina polylepis bloom in the Skagerrak, May 1988. Environmental conditions and possible causes. Bergen Scientific Centre rapp. 89/1. 38 s.
- Anderson, L. and Rydberg, L., 1988. Trends in nutrient and oxygen conditions within the Kattegat: Effects of local nutrient supply. Est Coast Shelf., 26, 559-779.
- Aure, J., Ervik, A.S., Johannessen, P.J. og Ordemann, T., 1988. Resipientpåvirkning fra fiskeoppdrett i saltvann. Fisken og Havet 1988 (1): 1-94
- Aure, J. og Stigebrandt, A., 1988. Fiskeoppdrett og fjorder - en konsekvens av miljøbelastning for 30 fjorder i Møre og Romsdal. Rapport, 107 s.
- Baden, S.P., 1986. Recent changes in the Kattegat and Skagerrak ecosystem and their possible interdependence. Statens Naturvårdsverk, Rapport nr. 3157. 91 s.
- Bech, P.A., 1982. Planteplankton og primærproduksjon i Ramsfjorden og Tromsøysundet, 1980, Hovedoppgave, Univ. i Tromsø.
- Berg, J. and Radach, G., 1985. Trends in nutrient and phytoplankton concentrations at Helgoland Reete (German Bight) since 1962. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, L: 2, 1-16.
- Berge, G. og Føyn, L., 1988. Oppblomstringen av Chrysochromulina polylepis i mai-juni 1988. Overvåking, varsling oppfølgende tiltak. Rapport Havforskningsinstituttet i Bergen.
- Bergen kommune, VVA-avdelingen. Bergen 1988. Rammeplan for avløpsdisponering i Bergen. Hovedrapport, VVA avdelingen (159 s. del 1+2).
- Bernes, C., 1988. Monitor Sweden's marine environment-ecocystems under pressure. National Swedish Environment Protection Board Informs. 207 p.
- Bjønnnes, T., 1986. Resipientundersøkelse i Larviksfjorden. Overvåking mai-september 1985. Rapport fra Hydroconsult A/S.
- Bokn, T., 1978. Klasser av fastsittende alger brukt som indikatorer på eutrofiering i estuarine og marine vannmasser. I Norsk Institutt for vannforskning's årbok 1978 s. 53-59.

- Bokn, T. og Skei, J., 1978. Kjemisk biologiske undersøkelser i fjordene omkring Stavangerhalvøya, september 1976. NIVA rapport 0-76082, 66s.
- Bokn, T., 1986. Biologisk befaring i Vrengensundet, Tjøme. August 1986. Norsk institutt for vannforskning.
- Bokn, T., Green, N. og Pedersen, A., 1986. Tiltaksorientert miljøundersøkelse i Sørfjorden og Hardangerfjorden. Gruntvannssamfunn i Sørfjorden 1981-1982. Delrapport 3, NIVA rapport 0-80309.
- Bokn, T., 1987. Biologiske undersøkelser omkring utslipp til Holmestrandfjorden. Gruntvannssamfunn 1985 og 1986. NIVA rapport nr. 1989.
- Bokn, T. og Molvær, J., 1988. Overvåkning av Gandsfjorden, Riskafjorden og Byfjorden, Stavanger 1987. NIVA rapport 0-87003. 39 s.
- Bokn, T., Molvær, J. og Rygg, B., 1987. Overvåking av Gandsfjorden, Riskafjorden og Byfjorden, Stavanger 1986. NIVA rapport 0-86039, nr. 1999, 39 s.
- Boman, E. og Andreassen, E., 1980. Hydrografiske undersøkelser i Groosefjorden 1978 - 79. Grimstad kommune. Rapport Fylkesrådmannen i Aust-Agder, utbyggingsavdelingen. 16 s.
- Bøhle, B., 1986. Østerspoller på Skagerrakkysten. Egnethetsundersøkelser sommeren 1985. Flødevigen Meldinger nr. 4 - 1986. 65 s.
- Baalsrud, K. (red), 1968. Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. I. Undersøkelsen 1962-65. Samlerapport. Norsk institutt for vannforskning.
- Carlsson, P., Henriksen, J. og Enell, M., 1987. Resipientundersøkelser ved Valløy i Sem og Vårnes i Stokke. Marinbiologiske undersøkelser 1987. Institutt for Vatten- och Luftvårdsforskning (IVL), Stockholm, Sverige.
- Dahl, E., Dahl, F.E. og Danielsen, D.S., 1985. Resipientundersøkelser i Tvedestrandsfjorden 1984. Flødevigen. Meldinger nr. 4 - 1985. 80 s.
- Dahl, E. og Danielsen, D.S., 1987. Egnethetsundersøkelser for fiskeoppdrett på Skagerrakkysten. Flødevigen. Meldinger nr. 6 - 1987. 205 s.

- Dahle, A.B., 1984 a. Resipientundersøkelser i fjordområdene rundt Jæren, 1982-1984. Riskafjord, Hafrsfjord, Vistevika og Risavika (82-83), Byfjorden og Gandsfjorden (83-84). Rogalandsforskning, rapport nr. T 27/84. 50 s.
- Dahle, A.B., 1984 b. Resipientundersøkelse i Sandeidfjorden 1983-1984. Rogalandsforskning, rapport nr. T 40/84.
- Dahle, A.B., 1985. Resipientundersøkelse i sjøområdene i Strand kommune 1983-1984. Idsefjorden. Rogalandsforskning, rapport nr. T 42/84. 25 s.
- Danielsen, D.S., 1981. Rapport angående resipientundersøkelser i Risør/Tvedestrandsområdet i 1979. Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen. 43 s.
- Duursma, E.K., Beukema, J.J., Cadee, G. C., Lindeboom, H.J. and De Wilde, P.A.W.J., 1988. Assessment of environmental impact of nutrients . In Newmann, P.J and Ragg, A.R.(eds.). Environmental protection of the North Sea,p. 176-188. Heinemann Professional Publishing Ltd., Oxford.
- Dybern, B. I. 1987. Vad vet vi om marin eutrofiering i dag? Oversiktsforedrag i Eutrofiering av kysthavs- och kustområdene s. 3-15. 22 Nordiska symposiet om vattenforskning; Laugarvatn 1986-08-26-29. Nordforsk Miljøvårdserien, 1987; 1.
- Edler, L., 1984a. Vasterhavet, Rosenberg, R. (ed.). I Gødning av havsområden kring Sverige - en kunnskaps oversikt, s. 71-111. Naturvårdsverket rapport nr.1808.
- Edler, L., 1984b. A mass development of Ceratium species on the Swedish west coast. Limnologica (Berlin), 15, 353-357.
- Eidsnes, G., Molvær, J. og Simensen, T., 1987. Sentralrenseanlegg Nord-Jæren. Håsteinfjorden som resipient sammenlignet med Indre og Ytre Byfjord. NHL-rapport, STF60 F87051. Trondheim.
- Ervik, A. og Aure, J., 1987. Forurensning marin akvakultur - NFFR sluttrapport V701.90A, V701.110B.105.
- Ervik, A. 1988. Organisk belastning fra fiskeoppdrett. Relativ betydning. Notat, akva 8805. Havforskningsinstituttet, Bergen. 9s.
- Fosshagen, A., 1979. Dyreplankton i Ryfylkefjordene 1973-1975. Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser. Ryfylkeprosjektet. Rapport nr. 2, Oslo 1979. 138 s.

- Frogh, M., 1985. Forurensning i fiskeoppdrett i Vågsbotn, Meløy. Rapport 5/85, Nordlandsforskning, Bodø. 28 s.
- Frogh, M., Å. Mohus, T. Sagen, K. Sivertsen og S. Skreslett, 1985. Forurensning i fiskeoppdrett i Herøy. Nordlandsforskning, rapport nr. 3/85. 50 s.
- Frogh, m. 1987. Vurdering av naturgitte forutsetninger for akvakultur, nye sjøområder i Herøy kommune. Nordlandsforskning, rapport 6/87. Bodø. 40 s.
- Fylkesmannen i Troms 1989. Miljøstatus Troms 1988. Miljøvernavdelingens rapportserie nr. 13. Tromsø. 60s.
- Føyn, L., 1987. Winter/late autumn distribution of nutrients in the North Sea. Coun. Meet. Int. Coun. Explor. Sea, C: 24, 1-8.
- Føyn, L., 1988. Are nutrients and nutrient related parameters suitable in trend monitoring of antropogenic influence?. Coun. Meet Int. Coun. Explor. Sea, E: 20, 1-8.
- Faafeng, B. (red.) 1986. Forurensningssituasjonen i Drammenselva og Drammensfjorden - en artikkelsamling. Særtrykk av diverse artikler i VANN 3, 1986.
- Faafeng, B. og Ibrek, H.O., 1989. Norske tilførsler av fosfor og nitrogen til Skagerrak. Vann 2/89, 270-284.
- Gerlach, S.A., 1988. Nutrients - an overview, In Newmann, P.J. and Ragg, A.R. (eds.) Environmental Protection of the North Sea, p. 147-145. Heinemann Professional Publishing Ltd., Oxford.
- Golmen, L., Haugen, I.N., Rygg, B. og Skei, J., 1988. Indre Namsenfjorden, Nord Trøndelag. Vurdering av vannkvaliteten. NIVA rapport nr. 86118.
- Gowen, R.J. and Bradbury, N.B., 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: A review. Oceanogr. mar. biol. ann. rev. 25: 563-575.
- Graneli, E., Edler, L., Gedziorowska, D. and Nyman, U., 1985. Influence of humic and fulvic acids on Prorocentrum minimum (Pav.) J-Schiller In Toxic Dinoflagellates, Anderson, White and Baden (eds.) s. 201-206, Elsevier, North Holland.
- Graneli, E., Graneli, W. and Rydberg, L., 1986. Nutrient limitation at the ecosystem and the phytoplankton community level in the Laholm-Bay, South-east Kattegat. Ophelia, 26, 181-194.

- Graneli, E., 1987. Nutrient limitation of phytoplankton biomass in a brackish water bay highly influenced by river discharge. Estuar. Coast. Shelf. Sci., 25, 555-565.
- Gray, J.S. and Abdullah, M.I., (1986). Resipientundersøkelser i nærområdet ved SRV, 1980/1981 og 1985. Biologisk Institutt, Universitetet i Oslo.
- Green, N.W., Knutzen, J. og Åsen, P.A., 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 3: Gruntvannssamfunn 1982-1983. NIVA rapport O-8000354, nr. 1747, Oslo. 135 s.
- Grønbech, K., 1988. Forurensninger av nordiske kystfarvann med hovedvekt på forholdene i Kattegat og Skagerrak. Vann, 3B, 491-493.
- Gullestad, N. og Haakstad, M., 1977. Langtidslagring av levende sei. Undersøkelse av noen aktuelle lagringslokaliteter i kommunene Øksnes og Bø i Vesterålen. Notat 27.06.77/NG/MH/gb/Nordland Distriktshøgskole, Bodø. 60 s.
- Haugen, I., Kirkerud, L., Knutzen, J., Kvalvågnæs, K., Magnusson, J., Rygg, B. og Skei, J., 1981. Vefsnfjorden som resipient for avfall fra Mosjøen aluminiumverk. Rapport I. Undersøkelser 1978-1980. NIVA rapport O-76149, nr. 1330. Oslo. 175 s.
- Haugen, I. og Molvær, J., 1980. Resipientundersøkelse av Reisvatn, Sørreisa kommune. NIVA rapport O-79043, nr. 1189. 18 s.
- Haugen, I.N. og Molvær, J., 1982. Foreløpig vurdering av Fedafjorden, Rosfjorden og Mannefjorden ved Mandal. NIVA rapport nr. 1364, O-80065, 16 s.
- Haugen, I.N., Efraimsen, U., Golmen, L., Rygg, B. og Wikander, P.B., 1988. Undersøkelser i Sørsalten og Kolvereidvågen i Nærøy kommune, Nord-Trøndelag. NIVA rapport O-86119, nr. 2144.
- Heslop, J., 1988. Forureningstilstanden i Århus bugt og tilgrænsende farvande. Vann 3B-88: 564-569.
- Hindar, A., Næs, K. og Molvær, J., 1989. Betydning av sur nedbør for økte nitrogen-tilførsler til fjordområder. Forprosjekt. NIVA rapport O-88035, nr. 2257. 45 s.
- Hognestad, P.T., 1987. Assessment of the environment conditions in the Skagerrak and Kattegat. Cooperative Research Report No. 149., ICES, Copenhagen, Denmark, 45 p.

- Holtan, H. og Magnusson, J., 1985. Vurdering av Finnfjordvatn, Rossfjordvatn og Rossfjordstraumen som resipient. NIVA rapport O-84146, nr. 1781. Oslo. 28 s.
- Holtan, H., 1987. Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Rossfjordvassdraget. NIVA rapport O-86124, nr. 2020. 73 s.
- Holte, B. 1986 a. Organisk mottakskapasitet i Selfjord, Flakstad kommune Akvaplan A/S. Tromsø. 33 s.
- Holte, B. 1986 b. Organisk mottakeskapasitet i Reinefjorden, Moskenes kommune. Akvaplan A/S. Tromsø 32 s.
- Holte, B., Køgeler, J. og Gulliksen, B., 1986. Miljøundersøkelse i Dønnesfjord, Hasvik kommune, Finnmark fylke. Akvaplan A/S, rapport. Tromsø.
- Holte, B. 1987. Resipientundersøkelser ved Bergsodden, Stangenes og Holtet - Harstad kommune, 1986. Akvaplan A/S, rapport. Tromsø. 95 s.
- Holte, B., Jakola, K.J. og Gulliksen, B., 1987. Benthic communities and their physical environment in relation to urban pollution from the city of Tromsø, Norway. 1. The physical environment. Sarsia 72: 125-132.
- Holte, B., Køgler, J., Johansen, B. og Svenning, M., 1988. Forslag til akvakulturplanlegging i Lurøy kommune. Bind 1.
- Hovgaard, P., 1984. Blåskjell i Ryfylkefjordene. Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser. Ryfylkeprosjektet. Rapport nr. 4, Oslo 1984. 31 s.
- Høgberget, R., 1984. Nipekilen. En tilstandsrapport om forurensningsbelastning. NIVA rapport O-83022. Oslo/Grimstad. 25 s.
- Haakstad, M. og Skreslett, S., 1978. Effekter av silddumping i Austnesfjorden høsten 1977. NDH, mat.nat. fagseksjon, rapport 6/1978. Bodø 14 s.
- Ibrekk, H.O. og Holtan, G., 1988. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.1: Forurensningstilførsler til Ytre Oslofjord. NIVA rapport O-8801102, nr. 2146. 44 s.
- Ibrekk, H.O., 1989. Tilførsler av næringsalter til kystområder i Norge. Vann (in press).
- Iversen, P.E., 1984. Forurensningssituasjonen i Sandefjorden og Mefjorden belyst gjennom forekomsten av fastsittende alger. Fremdriftsrapport 1977-1983. A/S Miljøplan.

- Jacobsen, P., Nilsen, J.H., Sakshaug, E., Sneli, J.A. og Stokland, Ø., 1982. Overvåking av sjøområdene utenfor Skogn i indre Trondheimsfjord. NHL/VHL - rapport.
- Johansen, Ø., 1986. M. Peterson og Søn A/S. Prosessvann til Mossesundet. Utslippsvurderinger. Rapport nr. 320.002 fra Østlandskonsult.
- Johannessen, P.J., 1977. Resipientundersøkelse av fjordene rundt Stavanger og Sandnes med hovedvekten lagt på bunnforhold og bunndyr. Institutt for marinbiologi, Universitetet i Bergen. Rapport 44 s.
- Johannessen, P. og Kryvi, H., 1985. Forurensning fra fiskeoppdrettsanlegg i sjø. Norsk Fiskeoppdrett 3/85: 32-33.
- Johannessen, P.J. og Høisæter, T., 1986. Final report, Mongstad agreement no. M30110. Marine baseline study, Univ. i Bergen. 179 s.
- Johannessen, P., 1988. Byfjordundersøkelsen 1979-1984. Overvåking av fjordene rundt Bergen. Bergen kommune, Teknisk utbygging, sluttrapport.
- Johannessen, P.J. og Aure, J., 1988. Resipientundersøkelse i Averøy kommune. Institutt for Marinbiologi. Rapp. nr. 67.
- Johannessen, P.J., Høisæter, T. og Grahl-Nielsen, O., 1988. Final report, Mongstad agreement no. M30110. 1907 additional marine baseline study. Univ. i Bergen. 136 s.
- Johnsen, T.M., Kaartvedt, S. og Aksnes, D.L. 1989. Identifikasjon og tidlige observasjoner av Prymnesium parvum blomstringen i Ryfylkefjordene juli-august 1989. Institutt for marinbiologi
- Josefson, A., 1988. Overvåking av mjukbottenfauna langs sveriges vestkyst. Statens naturvårdsverk, rapport nr 3504. 34 s.
- Kirkerud, L., Knutzen, J., Magnusson, J., Ormerod, K. og Rygg, B., 1984. Vurdering av rensekrav for sjøresipienter. Rapport nr. 7. Effekter av tilførsler av plantenæringsstoffer og organisk stoff. NIVA rapport O-81006, nr. 1587. Oslo. 88 s.
- Knutzen, J. og Holtan, H., 1977. Orienterende resipientundersøkelse i Troms. IV. Kvæfjord kommune. NIVA rapport O-40/76. 25 s.

- Knutzen, J., Kvalvågnæs, K. og Magnusson, J., 1977. Orienterende resipientundersøkelse i Troms. Harstad kommune. NIVA rapport O-40/76. 46 s.
- Knutzen, J., 1984. Basisundersøkelse i Ranafjorden, en marin industriresipient. Delrapport IV. Undersøkelse av organismesamfunn på grunt vann og av PAH og metaller i hvirvelløse dyr og tang 1980-1981. Rapport 120/84 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport O-8000310 IV. 108 s. ISBN 82-577-0740-6.
- Knutzen, J., 1986. Effekter av kloakkvannutslipp og overgjødsling på fastsittende marine alger. Blyttia, 44, s. 15-21.
- Knutzen, J., 1986. Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Sagbruksforeningen. NIVA rapport O-86055, nr. 1924, 20/11 1986, 88 s. ISBN 82-557-1149-7.
- Knutzen, J., 1987. Effekter av overgjødsling på marine bentosalger. I Eutrofiering av havs og kystområden, s. 37-47. 22 Nordiska Symposiet om vattenforskning, Laugarvatn 1986-08-26-29. Nordforsk, Miljøvårdserien.
- Knutzen, J. og Skei, J., 1988. Tiltaksorientert overvåking i Saudafjorden 1986-1987. Rapport 309/88 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport O-8000306, nr. 2109, 50 s.
- Kristiansen, H., Molvær, J. og Tangen, K., 1985. Vurdering av forurensningssituasjonen i Grisefjorden/Flekkfjorden sommeren 1984. NIVA, notat O-85120. 24 s.
- Krogh, P. Edler, L. Graneli, E. and Ursula, N., 1985. Outbreak of diarrheic shellfish poisoning on the west coast of Sweden. In Toxic Dinoflagellates, Anderson, White and Baden (eds.) p. 501-503. Elsevier, North Holland.
- Kaartvedt, S., 1984. Vassdragsreguleringens virkning på fjorder. Fisken Hav., 3, s. 1-104.
- Lancelot, C., Billen, G., Sournia, A., Weisse, T., Colijn, F., Veldhuis, M., Davies, A. and Wassmann, P., 1987. Phaeocystis blooms and nutrient enrichment in the continental coastal zones of the North Sea. Ambio, 16, 38-46.
- Lande, A., Lindstrøm, E.A., Næs, K. og Tangen K., 1987. Augna og Snigsfjorden vannkvalitet, 1981-1986. NIVA-rapport nr. 87037.

- Lindahl, O., 1983. On the development of a Gyrodinium aureolum occurrence on the Swedish west coast in 1982. Mar. Biol. 77, s. 143-150.
- Lindahl, O. 1986. Offshore growth of Gyrodinium aureolum (Dinophyceae) - The cause of coastal blooms in the Skagerak area. Sarsia, 71, 27-33.
- Liseth, P., Aarefjord, F. og Iversen, P.E., 1983. Undersøkelse av bunnforholdene i sjøen utenfor hovedstasjonen for oljevern, Horten. Rapport 25-83. Sentralinstitutt for industriell forskning og A/S Miljøplan.
- Liseth, P., Hasle, J.R., Iversen, P.E., Olsgard, F. og Skullerud, A.M., 1988. Marine overvåkingsundersøkelser i Jøssingfjorden - Dyinga området 1986/87. A/S Miljøplan, rapport 1595.
- Magnusson, J. og Næs, K., 1986. Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-1984. Delrapport nr. 6. Hydrografi, vannkvalitet og vannutskifting. Rapport nr. 243/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA rapport nr. 0-8000315(5), nr. 1892, 1/9 1986. 77 s.
- Magnusson, J., 1988: Oksygenforholdene i Ytre Oslofjord. Resultater av tokt den 19.-21.10. 1987. Statlig program for forurensningsovervåking (rapport 332/88). NIVA rapport nr 1957.
- Magnusson, J. og Rygg, B., 1988. Eutrofituasjonen i Ytre Oslofjord. En sammenstilling av tidligere undersøkelser. Statlig program for forurensningsundersøkelser (rapport 338/88). NIVA rapport nr. 2169.
- Magnusson, J., Næs, K. og Andersen, T., 1988: Overvåking av forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport nr. 323/88, NIVA rapport 0-71160, nr. 2141, 62 s.
- Magnusson, J., Næs, K. og Tangen, K., 1988. Resipientundersøkelse av fjordområdet ved Flekkefjord. 1986/87. Vannkvalitet, planteplankton, krom i sedimenter og blåskjell. NIVA rapport 0-86207, nr. 2071. 102 s.
- Miljøplan 1981. Resipientundersøkelse, Lillesandfjorden 1980. Rapport til Lillesand kommune.
- Miljøplan 1982. Resipientundersøkelser i Sandebukta. Del I Vurdering av utslipp fra Sande Paper Mill A/S og Del II Marinbiologiske undersøkelser.

- Miljøplan 1985. Resipientundersøkelse ved Vårnes i Stokke. Marinbiologiske undersøkelser 1984. Rapport til Tønsbergfjordens avløpsutvalg.
- Miljøplan 1986. Marinbiologiske undersøkelser i Ramslands-
vågen 1985. Rapport til Nycomed AS.
- Miljøverndepartementet 1982. Bilag til St.melding nr. 51 for 1984-85. Om tiltak mot vann- og luftforurensninger og om kommunalt avfall 64 s.
- Minsaas, J. og Danielsen, A., 1988. Volum og anvendelse av slakteavfall fra husdyr og sløyeavfall fra fiskerier i deler av Nord-Norge. SINTEF, rapport STF21 A88084 (foreløpig versjon). Trondheim. 92 s.
- Mohus, Å og Haakstad, M., 1980. Grønnalger som forurensningsproblem indre del av Sørford. - En uventet effekt av vassdragsregulering i området? Vann 4-80: s. 329-399.
- Molvær, J., 1979. Overvåking av Hellefjordens forurensningstilstand sommeren 1978. NIVA rapport O-77068, nr. 1104. Oslo. 22 s.
- Molvær, J., 1981. Resipientundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Litteraturoversikt over tidligere undersøkelser. NIVA rapport O-80003-13, nr. 1297, . Oslo. 18 s.
- Molvær, J., 1982. Vannforekomster i Vest-Agder. Vurdering og kommentarer til fysisk-kjemiske analyseresultater fra fjorder it idsrommet 1978-81. NIVA rapport O-81072, nr. 1361. 151 s.
- Molvær, J. og Bakke, T., 1984. Rutineovervåking Borgundfjorden 1983. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 172/84, NIVA rapport 8000307-IV.
- Molvær, J., Knutzen, J., Rygg, B. og Skei, J., 1984. Basisundersøkelse i Glomfjord 1981-82. Sammen dragsrapport. NIVA rapport O-8000316, nr. 1614), 2/5 1984, 41 s. ISBN 82-577-0775-9.
- Molvær, J. og Bakke, T., 1985. Resipientundersøkelse av fjordområdet mellom Gurskøy og Hareidlandet, Møre og Romsdal. NIVA rapport O-84047, 79 s.
- Molvær, J., 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden 1982-84. Delrapport 6. Konklusjoner. Statlig program for forurensningsovervåking rapport nr 237/86. NIVA rapport nr. 1884. Oslo 36 s.
- Molvær, J., 1986. Overvåking av miljøforhold i Glomfjord 1985. NIVA rapport nr. O-84134, 21 s.

- Molvær, J. og Rygg, B., 1986. Forurensningsvirkninger i Grenlandsfjordene og Skienselva, VANN 4 (1986):416-4-39.
- Molvær, J., Solheim, H.I. og Kallqvist, T., 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 5. Vannutskiftning og vannkvalitet. NIVA rapport nr 1993. Oslo. 78 s.
- Molvær, J. og Stigebrandt, A., 1986. Modell gir bedre beskrivelse av belastning og miljø i matfiskanlegg. Norsk Fiskeoppdrett 7/8-86: 58-60.
- Molvær, J., 1987. Håsteinsfjorden som resipient. Vurdering av vannkvalitet. NIVA rapport nr. O-86103. 39 s.
- Naturvårdsverket og Miljøstyrelsen 1987. Kattegat. Dansk-Svensk utredning om åtgärder mot föroreningar av Kattegat. Statens Naturvårdsverk, Rapport nr. 3371.
- Nilsen, J., Bang, C. og Rygg, B., 1987. Resipientundersøkelser av Molde/Fannefjorden. NIVA rapport O-84148, 184 s.
- Nilsen, R., Hansen, J.R., Langseth, K.E. og Oug, E., 1987. Resipientundersøkelser i fiskerihavner i Finnmark 1985. Troms naturvit. 62: 90 s.
- Nilssen, J.P., 1975. En algologisk undersøkelse fra Sønedeledsfjorden ved Risør - en "land locked" fjord som er særlig utsatt ved forurensning. Blyttia 3: 17-26.
- Nordforsk, 1987. Eutrofiering av havs och kystområder. 22 Nordiska Symposiet om Vattenforskning, Lungarvatn 1986-08-26-29, Miljøvårdserien 1987: 1, 472 s.
- Nygaard, I., 1979. Planteplankton i Ryfylkefjordene 1972-1975. Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser. Ryfylkeprosjektet. Rapport nr. 1, Oslo 1974. 137 s.
- Næs, K., 1985. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Overflatens vannkvalitet i perioden juni 1983-juni 1985. Delrapport 4. NIVA rapport O-81112, nr. 1815. Oslo/Grimstad. 21 s.
- Næs, K., 1986. Overvåking av fjordene ved Lillesand. Hydrografisk/kjemiske undersøkelser januar - desember 1985. NIVA rapport O-83045, nr. 1866. 49 s.
- Næs, K. og Tangen, K., 1986. Vurdering av forurensningssituasjonen i Grisefjorden/Flekkefjorden sommeren 1985. NIVA Sørlandsavd., notat O-85071. 37 s.

- Olsen, Y. 1988. Planktonalger en trussel mot oppdrett i Britisk Columbia, Canada. Norsk Fiskeoppdrett 7, s. 34-35.
- Olsen, Y. og A. Jensen 1989. Status for NTNFS program for eutrofieringsforskning. Programmets relevans til forskning/forvaltning i forbindelse med marin eutrofiering. NTNFS/SINTEF, Trondheim. 84 s.
- Olsgard, F., 1984. Forurensningseffekter på bløtbunnsfaunaen rundt et marint fiskeoppdrettsanlegg. Norsk Fiskeoppdrett 10/84: 32-38.
- Oug, E. og Nilsen, R. 1985. Virkinger av sildedød i Olderfjorden, Vågan kommune. IBG, univ. i Tromsø. 24 s.
- Oug, E., Lein, T.E., Holte, B., Ormerod, K. og Næs, K., 1985. Basisundersøkelse av Tromsøsund og Nordbotn 1983. Fagrapport. NIVA rapport O-8000317, nr. 1769. Oslo. 160 s.
- Oug, E., Nilsen, R., Langseth, K.-E., Kufner, R. og Lein, T.E., 1987. Resipientundersøkelser i Båtsfjord 1985. Tromsø naturvit. nr. 61: 52 s.
- Oug, E., 1989. Resipientundersøkelser av fjordområdet ved Flekkefjord 1986/87. Bløtbunnsfauna. NIVA rapport O-88150, nr. 2203. 28 s.
- Paasche, E. og Erga, S.R., 1987. Næringssalter og plankton vekst i Oslofjorden. Vann, 2, s. 199-206.
- Pearson, T.H., Josefson, A.B. and Rosenberg, R., 1985. Petersens's benthic stations revisited. I. Is the Kattegat becoming eutrophic? J. exp. mar. biol. Ecol. 92: 157-206.
- Pedersen, A., 1986. Forutslipp i Lonet 1984-1985. NIVA rapport O-80027, nr. 1829. 27 s.
- Petersen, C.G.J., 1915. Om havbundens dyresamfund i Skagerrak, Kristianiafjord og de danske farvande. Beret. minist. Landbr. Fisk. Dan. Biol. Stn., Vol. 23 pp 5-26.
- Rosenberg, R. (ed)., Larsson, U. and Edler, L., 1986. Eutrophication in marine waters surrounding Sweden. Statens Naturvårdsverk, rapport nr. 3054. 137 s.
- Rosenberg, R., Gray, J.S., Josefson, A.B. and Pearson, T.H., 1987. Petersen's benthic stations revisited. II. Is the Oslofjord and eastern Skagerrak enriched? J. exp. mar. biol. Ecol. 105: 219-251.

- Rueness, J., 1966. Algevegetasjonen i Høvåg, Aust-Agder.
Manuskript. Universitetet i Oslo.
- Rygg, B., 1982. Trondheimsfjorden 1981. Delrapport I.
Biologi. Statlig program for forurensningsovervåking,
rapport 61/82. NIVA rapport O-80003-08, 27 s.
- Rygg, B., 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden.
Delrapport 1. Bløtbunnsfaunaundersøkelser 1983. NIVA
rapport O-8000355, nr. 1711. Oslo. 60 s.
- Rygg, B. og Wikander, P.B., 1985. Bunnfaunaundersøkelser i
Tvedestrandsfjorden. NIVA rapport O-83046, nr. 1795.
Oslo. 33 s.
- Rygg, B., 1986 a. Biologiske undersøkelser omkring utslipp
til Holmestrandfjorden. Bløtbunnfauna 1985.
NIVA rapport O-85127.
- Rygg, B., 1986 b. Basisundersøkelse av fjordområdene ved
Egersund. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1983. Rapport
210/86 Statlig program for forurensningsovervåking,
210/86. NIVA rapport O-8000319 (nr. 1811) 23 s. ISBN
82-577-1010-5.
- Rygg, B., Green, N., Knutzen, J. og Molvær, J., 1988.
Grenlandsfjordene og Skienselva 1987. Rapport 327/88
innen Statlig program for forurensningsovervåking.
NIVA rapport O-8000312, nr. 2159, 11/10 1988,
72 s. ISBN 82-577-1444-5.
- Rygg, B. og Pedersen, A., 1989. Virkninger av restaure-
ringstiltak i Lonet, Nord-Trøndelag. Rapport 1.
Bløtbunnsfauna, oksygen og sediment i mai 1986,
oktober 1986, mai 1987 og november 1987. NIVA rapport
E-87724, nr. 2184. 37 s.
- Røinaas, G., 1968. En undersøkelse av algevegetasjonen på
Lista. Hovedoppgave. Universitetet i Oslo.
(Upublisert).
- Røsjorde, H.T., 1970. Algevegetasjonen i Larvikdistriktet,
Vestfold. Hovedfagsoppgave i marin botanikk.
Universitetet i Oslo. 127 s.
- Sakshaug, E., 1972. Phytoplankton investigations in the
Trondheimsfjord, 1963-1966. K. norske Vidensk. Selsk.
Skr. 1. 1-56.
- Sakshaug, E. 1988. Fosfor og nitrogen som begrensende
faktorer for algevekst. Vatten, 44, s. 29-32.

- Sakshaug, E. og Tangen, K., 1988. Resipientundersøkelse for Trondheim. Tilførsel av plantenæringsstoffers potensielle effekter på algevekst. OCEANOR rapport nr. 88071, delrapport nr. 9.
- SFT, 1984. Vårt felles miljø. En rapport fra Statens forurensningstilsyn om forurensninger, støy, kjemiske stoffer og skadelige produkter i dagens Norge. 120 s.
- SFT, 1987. Forurensningstilførsler i Gøteborg og Bohus län og i Østfold fylke. Notat.
- Skei, J., 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden 1980-83. Konklusjonsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 171/84. NIVA rapport O-8000303 XI, nr. 1688. 43 s.
- Skei, J., 1986. The Biogeochemistry of Framvaren. A permanent anoxic fjord near Farsund, South Norway. NIVA rapport nr. F.504.
- Skei, J. 1988. Vurdering av beslutningsgrunnlaget for valg av rensegrad og utslippsarrangement for kommunal kloakk i Odda. NIVA rapport O-88040, nr. 2137. Oslo. 24 s.
- Soldal, O., 1988. "Kvalifisert gjetning" om avrenning fra landbruk 1000 tonn P og 16000 tonn N fra Norge i Skagerrak årlig. Norsk Fiskeoppdrett, 7, s. 36-37.
- Stigebrandt, A., 1986. Modellberäkninger av en fiskodlings miljøbelastning. NIVA rapport O-86004, nr. 1823, 28 s.
- Stokland, Ø., 1987. Resipientundersøkelse i Skjoldafjorden, 1986. Rogalandsforskning, rapport nr. SAV 6/87.
- Stokland, Ø., 1987. Resipientundersøkelse for Trondheim. Resultater fra analysen av sedimentene. OCEANOR rapport nr. 87036, delrapport nr. 2.
- Stokland, Ø., 1988. Resipientundersøkelse for Trondheim. Resultater fra analysen av bløtbunnsfaunaen. OCEANOR rapport nr. 88065, delrapport nr. 6.
- Stokland, Ø. og Berge, F.S., 1988. Resipientundersøkelse i Røyklibotnområdet - Namsos. OCEANOR rapport nr. 88016.
- Subba Rao, D.V., Quilliam, M.A. and Pocklington, R., 1988. Domoic acid - a neurotoxic amino acid produced by the marine diatom Nitzschia pungens in culture. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 2076-2079.

- Svendsen, H. og Utne, N., 1979. Fysisk-oseanografisk undersøkelse i Ryfylkefjordene 1972-1975. Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser. Ryfylkeprosjektet. Rapport nr. 3, Oslo 1979. 81 s., + 103 s. tabell- og figurbind + 180 s. databind.
- Tangen, K., 1980. Brunt vann i Oslofjorden i september 1979, forårsaket av den toksiske Prorocentrum minimum og andre dinoflagellater. Blytt: a 38, 145-158.
- Tangen, K. og Hellesnes, I. 1988. Resipientundersøkelse for Trondheim. Beskrivelse av bakterieforurensninger. OCEANOR rapport nr. 88073, delrapport nr.8.
- Thendrup, A., Stokland, Ø. og Tangen, K., 1988. Resipientundersøkelse for Trondheim. Hovedrapport. OCEANOR-rapport nr. OCN 88077, ISBN 82-7427-020-7, 178 s.
- Van Marion, P. og Stokland, Ø. 1987. Resipientundersøkelse for Trondheim. Beskrivelse av organismesamfunn i fjæresonen. OCEANOR rapport nr. 87032, delrapport nr.3.
- Vennerød, K., 1984. Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA rapport nr. 1668. Oslo. 48 s.
- Vethe, Ø., 1989. Forforbruk, produksjon og utslipp av nitrogen og fosfor i norsk fiskeoppdrett. Norsk Fiskeoppdrett 5/1989: 51-54.
- Vråle, L. 1987. Forurensningsmodell for avløpsvann fra boliger. Bestemmelse av spesifikke tall. Rapport VA-6/87, NIVA O-86121, nr. 2030, . Oslo. 115 s.
- Wennberg, T., 1987. Långsiktiga förändringar av makroalgfloras sammansättning och utbredning i södra Laholmsbukten sedan 1950-talet. Statens naturvårdsverk, rapport nr. 3290. 47 s.
- Wikander P.B. 1984. Forurensingssituasjonen i noen fiskerihavner i Lofoten og Vesterålen. NIVA rapport O-83124, Grimstad 184 s.
- Wikander, P.B., 1986 a. Egnethetsundersøkelser for havbruk i Aust-Agder fylke. NIVA rapport O-85260, nr. 1898. Oslo/Grimstad. 159 s.
- Wikander, P.B., 1986 b. Lokalteter for marin-økologisk datainnsamling langs kysten av Aust-Agder. NIVA rapport O-86179, nr. 1902. Oslo/Grimstad. 106 s.

- Wikander, P.B., 1986 c. Overvåking av Groosefjorden/Vik-
kilen, Grimstad kommune. Bunnfaunaundersøkelsene
1983 - 1985. NIVA rapport O-82061, nr. 1920.
Oslo/Grimstad. 62 s.
- Wikander, P.B., 1986 d. Overvåking av sjøområdet utenfor
Utnes, Hisøy. Delrapport 7. Bløtbunnsfauna 1981, 1983
og 1985. Sedimenter. NIVA rapport O-81112, nr. 1939.
Oslo/Grimstad. 79 s.
- Wikander, P.B., 1987. Overvåking av bløtbunnsfaunaen i
fjordene ved Lillesand 1983 - 1986. NIVA rapport
O-83045, nr. 2023. 63 s.
- Wikander, P.B., 1988. Overvåking av sjøområdet utenfor
Utnes, Hisøy. Delrapport 8. Bløtbunnsfauna ved eksis-
terende utslipp, fremtidig utslipp og fremtidig
hovedresipient 1987. NIVA rapport O-81112, nr. 2166.
- Wikander, P.B. 1989. Eutrofisituasjonen i endel marine
områder i Aust-Agder. Notat, NIVA, Grimstad. 7 s.
Oslo/Grimstad. 50 s.
- Ertebjerg, G., 1987. Årsager til og effekten af entrofier-
ing i Kattegat og Bælthavet. I Eutrofiering av Havs-
och kystområden. s. 87-100. 22 Nordiska symposiet om
vattenforskning, Laugarvatn 1986-08-26-29. Nordforsk,
Miljøvårdserien.
- Øvreeide, A. 1983. Kartlegging av lokaliteter for akva-
kulturanlegg i Nordland. Nordlansforskning rapport
2/83. Bodø 249 s.
- Aabel, J.P., 1987. Overvåking Karmsundet 1986. Resipient-
undersøkelse Karmøy, 1986. Rogalandsforskning,
rapportnr. SAV 8/87 25 s.
- Åsen, P.A., 1976. Bidrag til den marine algeflora i Norge
Rød og brunalger med sørøstlig utbredelsesgrense på
Sørlandskysten. Kristiansands Museums årb. 1978:14-30.
- Åsen, P.A., 1978. Marine benthosalger i Vest-Agder.
Hovedfagsarbeid, Universitetet i Bergen. 190 s.
- Åsen, P.A., 1988. Registrering av marin fastsittende
algevegetasjon og skadevirkninger forårsaket av
Chrysochromulina polylepis på utvalgte lokaliteter i
Agder. Rapport nr. 9.fra Fylkesmannen i Aust-Agder
ISSN 0800.8523.

APPENDIKSTABELL 1. Undersøkte områder i Hordaland der det er påvist eutrofieringstendenser av mer lokal karakter. Tall i parantes angir nr. på lokalitet vist på kart i Fig. 26. Undersøkelsene er ved Per Johannessen og medarbeidere, Institutt for marinbiologi, Universitetet i Bergen.

Kommune/år	Antall stasjoner	Dårlige	Årsak	Endring over tid
Lindås -80 (1)	15			
Osterøy -72 (2)				
" -73				
Kvam -81 (3)	5			
Etne -81 (4)	4	St 9	Jordbruks-avrenning og terskel	
Ølen -81 (5)	4	stimulert	Avrenning Jordbruk	
Os -81 (6)				
" -82				
" -83				
Kvinnherad -83 (7)	9	K-4 Sunde	Sagflis og fiskeavfall	
Stord -83 (8)	7	St 4 Sagvåg	Terskel og arealavrenn.	
Dåfj./Fitjar -83(9)	3			
Sund -84 (10)	9	Førdepollen Kvalvågen	}Terskel	
Granvin -83 (11)	3			
Bømlo -83 (12)	12	5 våger	Innestengt basseng	
(Bremnes)				
Radøy -84 (13)	8	Bøvågen	Terskel + fiske-mottak og komm. kloakk	
Fjell -84 (14)	7	Fjæreidpollen Fjellspollen	}Terskel	
Askøy -84 (15)	18	Svært mange	Terskel	
Fitjar -85 (9)	7	Hellandsfjord	Terskel H ₂ S	
Fusa/Sæ. -85 (16)	3	Sævareid	Sagflis, nedlagt kartongfabr.	

Appendikstabell 1 forts.

Kommune/år	Antall stasjoner	Dårlige	Årsak	Endring over tid
Fusa -85 (16)	13	Terskelfj.	Terskel	
Samnanger -85 (17)	6			
Sture -85 (18)		Et par områder	Stagnasjon	
" -86				
" -87				
Tysnes -86 (19)	10	Gjertsvik	Innestengt (terskel)	
Ulvik -86 (20)	6	Påvirket	Arealavrenn.	
Bergen -85/86 (21)	Pollene		Stagnerende	
		Kviteviks og Vågspollen	Landpåvirket	
Fusa/Sævareid (16) -86/87	21	Grundig undersøkelse.	Kartongfabr./fiskeoppdr.	
Osterøy -86 (2)	Lonevåg	Lonevåg	Metaller osv.	
Sveio -86 (22)	10	Diverse	Innestengte poller	
		Mølstrevåg	Fiskeind.	
Fedje -86 (23)	7	Et par stasj.	Fiskeind.	
Os -87 (6)	7		oppfølgingssak	
Fjell -87 (14)	8		Innestengt (.....)	
Mongstad -85/86	Fedje/Fensfjord		Terskel	
" -87 (24)	106	Mange		
Osterøy -82 (25) aug.- besøkt i okt. og (des.)-88	Osterfj. 30-40			
Stord -88 (8)				

Appendikstabell 1 forts.

Kommune/år	Antall stasjoner	SOGN		Endring over tid
		Dårlige	Årsak	
Selje -85	5		Terskel	
" -85	2		Terskel	
Florø -85	13	Gunnhildvåg	Fiskeindustri	
Vågsøy -85	11	Et par stasj.	Fiskeindustri	
Florø -86	5			
Lærdal -87	5		Stimulert	
Aurland -87	13	Flåm Gudvangen	Kloakkepå- virk. (svak) Innestengt	