

Forurensningsvirkninger i Grenlandsfjordene og Skienselva

Av Jarle Molvær og Brage Rygg

Jarle Molvær og Brage Rygg arbeider begge ved Marinøkologisk avdeling på NIVA.

Innlegg på seminar i Norsk Vannforening, Porsgrunn 15. oktober 1986.

INNLEDNING

Det meste vi vet om forurensningsvirkninger i Skienselva og Grenlandsfjordene stammer fra det Statlige program for forurensningsovervåking. I Grenlandsområdet startet overvåkingen i 1977 etter en tre års basisundersøkelse.

Undersøkelsesområdet omfatter Skienselva sør for Skien og fjordene ut til og med Langesundbukta (Fig. 1).

De vesentligste forurensningene stammer fra industrielt avløpsvann, men også kommunalt avløpsvann spiller en betydelig rolle (Fig. 2).

Treforedlingsindustrien er av spesielt stor betydning for belastningen med *organisk materiale*. Også kommunalt avløpsvann bidrar med mye organisk stoff og næringsalter. Utslippene bidrar til høyt oksygenforbruk og grumset vann. Lange perioder med råttent dypvann er vanlig i Frierfjorden. Undersøkelser av sedimenter har vist at vedvarende tilstander med råttent vann begynte å gjøre seg gjeldende for 100 år siden, dvs. samtidig med de store etableringer av treforedlingsindustri og befolkning i området.

Fosfor og nitrogenforbindelser tilføres hovedsakelig fra kunstgjødsselfabrikken på Herøya og fra befolkning. Nitrogenutslippene fra industrien er svært store.

Forurensningene med *miljøgifter* stammer hovedsakelig fra industri. Norsk Hydros magnesiumfabrikk på Herøya er den største kilden for klorerte organiske forbindelser. Elkem (PEA) har betydelige utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner.

VANNMASSER OG VANNUTSKIFTNING

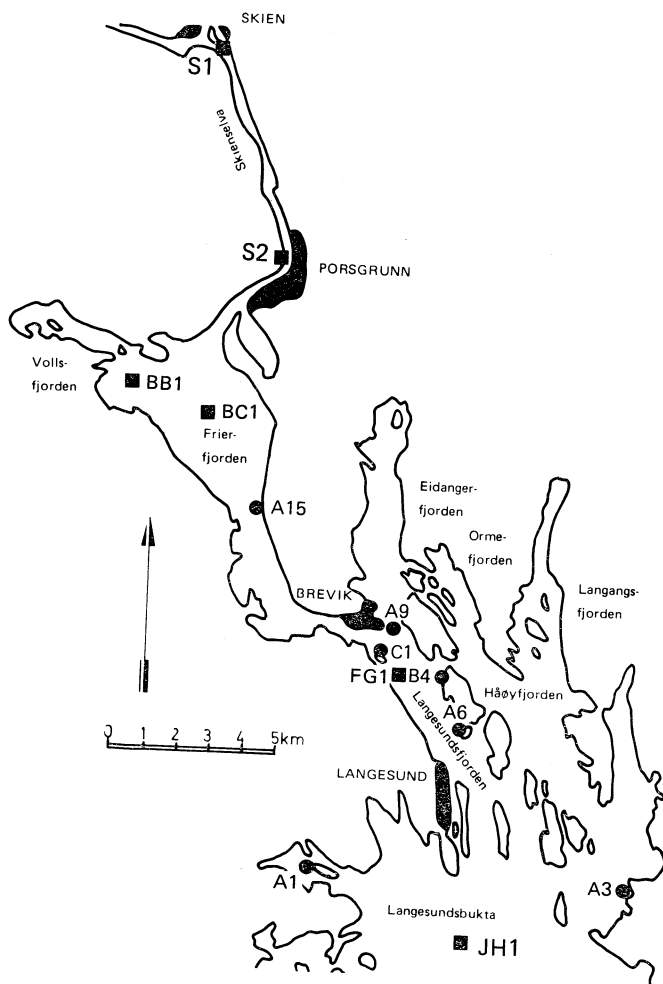
Som grunnlag for den etterfølgende gjennomgåelsen av forurensningsvirkninger, vil vi kort nevne noen hovedtrekk ved vannmassene i området.

Vannmassene og vannutskiftningen i Grenlandsfjordene domineres av to faktorer:

- Ferskvannstilførsel fra Skienselva
- Topografien.

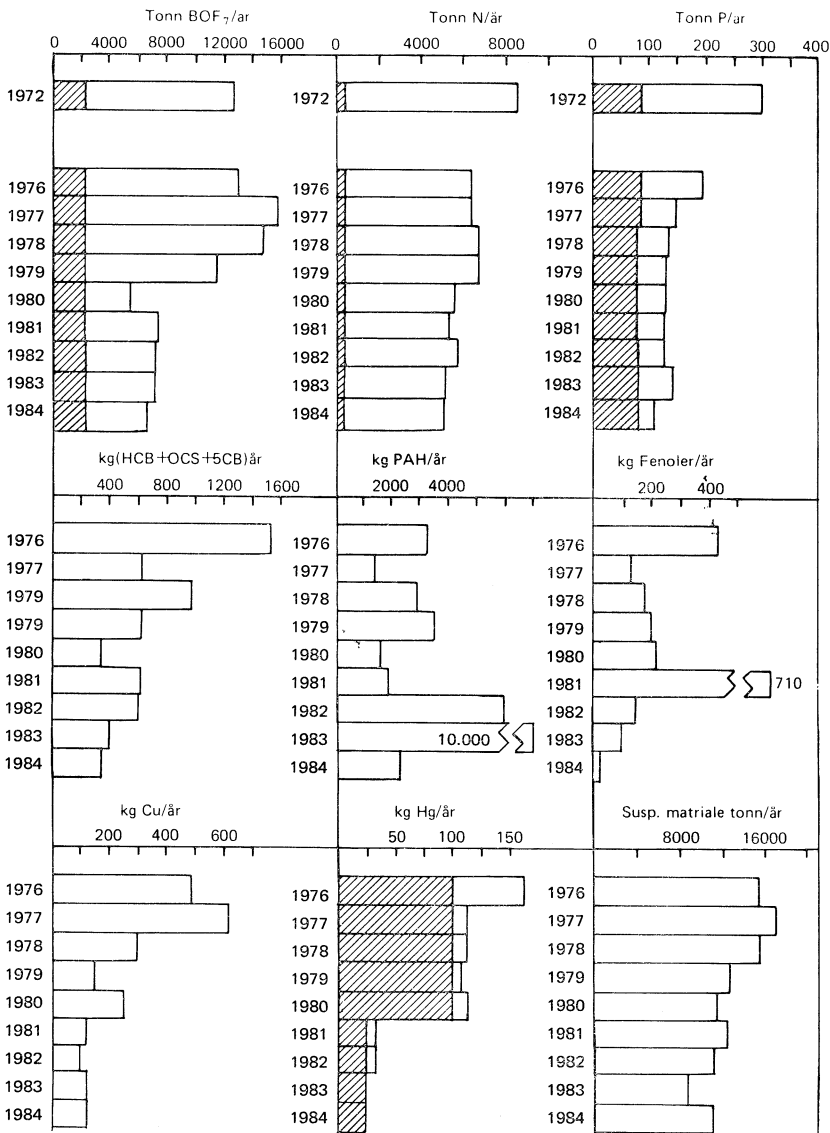
Vannføringen i Skienselva varierer mellom ca. 50 m³/s og 1000 m³/s og skaper et permanent *brakkvannslag* i fjordsystemet. Tersklene hindrer den frie forbindelse med kystvannet og skaper et dypvann som periodvis er stagnant.

Resultatet er at vannmassene i fjordsystemet naturlig kan inndeles i tre lag (Fig. 3). Dette gjelder forsåvidt også Skienselva, der stagnant dypvann dannes i små bassenger. Omtrentlige oppholdstider er:

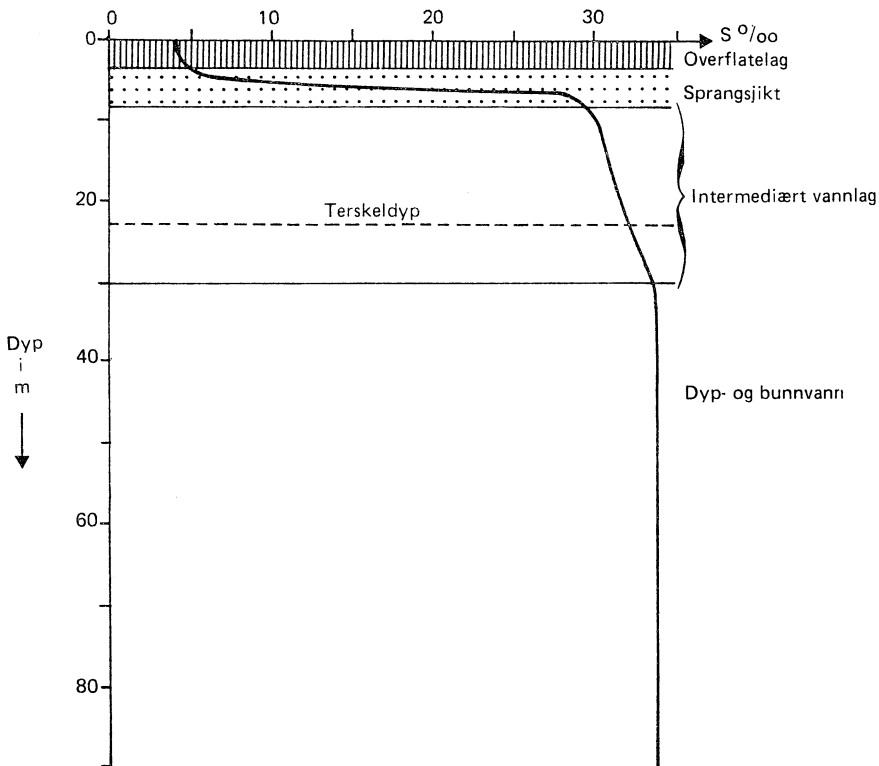


Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet, med prøvetakingsstasjoner inntegnet.

	<i>Skienselva</i>	<i>Frierfjorden</i>
Brakkvannslag	4 t — 1 døgn	1 — 3 (4) døgn
Intermediært lag	6 t — 2 døgn	Dager — Uker
Dypvann	Uker eller mer	Måneder — 2.5 år



Figur 2. Arsmidler av utslipp til Skienselva og Frierfjorden. For organisk stoff, nitrogen og fosfor er befolkningens bidrag skravert. For kvikksølv er tilførselen fra Gunnekleivfjorden skravert.



Figur 3. Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser, etter salttholdighetsprofil.

Storparten av utslippene av forurensende stoff går til overflatelaget i Skienselva og Frierfjorden. Brakkvannslagets oppholdstid er der så kort at det i stor grad transporterer stoffene videre til fjordområdene utenfor Brevik og delvis også til kystvannet.

VANNKVALITETEN I SKIENSELVA

Hovedproblemene i Skienselva skyldes utslipp fra Union A/S, og av kommunal kloakk. Oppmerksomheten har fra 1983 vært rettet mot de konsekvensene som dette evt. har for laksens vandring opp vass-

draget. Vi har da naturlig nok sett på forholdene omkring Union og laksetrappen ved Skien. Nøkkelforholdene har vært oksygenforhold, pH og suspendert stoff (STS).

Forholdene i denne delen av Skienselva er svært varierende både i rom og tid, hovedsakelig pga. variasjoner i Skienselvas vannføring og i utslippene fra Union.

Ved alle måletidspunkt var oksygenforholdene ned til 4—5 m dyp tilfredsstillende for laksen. Ved tre tidspunkt har det lokalt blitt målt pH-verdier på 4.5 eller lavere. Dette kan være skadelig. Enkelte lokalt høye verdier av STS ble målt, men

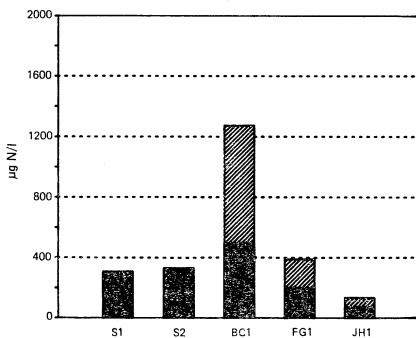
ikke så høye at STS burde være til hinder for laksen.

Konklusjonen blir dermed at bare unntaksviss under *lav vannføring* og/eller *store utslipp fra Union*, eller ved opphvirvling av bunnsedimenter under raskt stigende vannføring vil laksen kunne få problemer med vannkvaliteten i elva. Det skal tilføyes at lakseoppgangen i Skienselva viser en gledelig økning.

FORURENSNINGSVIRKNINGER AV FOSFOR, NITROGEN OG ORGANISK STOFF

Overflatelaget og strandsonen

Fig. 4 viser en noenlunde typisk *gjennomsnittlig* fordeling av nitrogen i overflatelaget, riktignok noen år tilbake. Størparten av nitraten kommer fra Skienselva, men deretter slår de store utslippene av spesielt ammonium og urea til Frierfjorden sterkt ut. Videre illustrerer figuren en betydelig transport av nitrogen ut gjennom fjordsystemet og sannsynligvis også til kystvannet. To prøveserier som NIVA



Figur 4.

Aritmetisk middel av nitrat (svart) og ammonium (skravor) i fjordområdenes overflatelag i 1981. Stasjonsplassering er vist på fig. 1.

i 1979—80 innsamlet i 0—2 m dyp på strekningen Larvik—Lyngør viste at nitrogenkonsentrasjonene i området Langesundsbukta—Jomfruland var dobbelt så høye som lenger nord og sør.

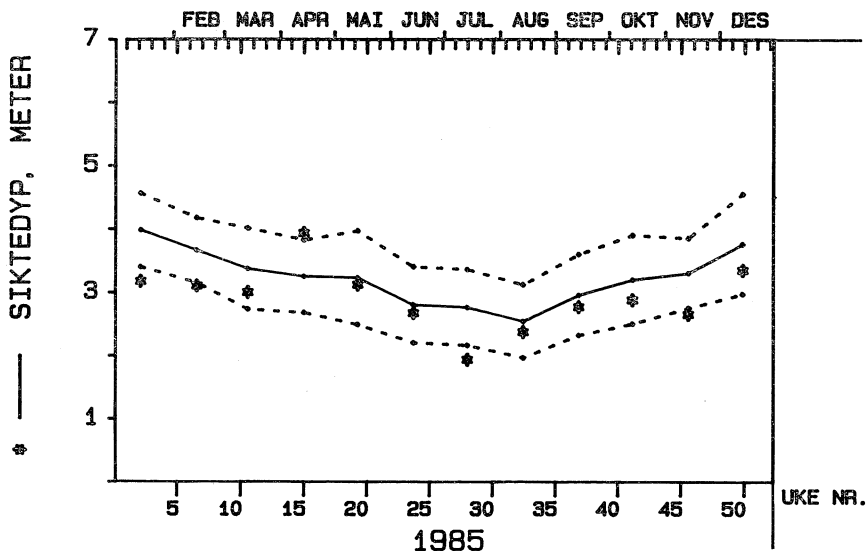
For fosfor er situasjonen delvis den samme, men med en vesentlig forskjell. Fosforkonsentrasjonen i overflatelaget i Langesundsfjorden blir i stor grad bestemt ved innblanding av fosforrikt sjøvann fra 6—12 m dyp.

De siste 10 år er det ikke utført målinger av gjødslingeffekter i vannmassene, men i 1973—76 ble høyt vekstpotensial og høyt klorofyllinnhold målt i hele Grenlandsfjordområdet.

I Frierfjorden er *siktedypet* dårlig hele året, og i 1984 og i 1985 har det gjennomgående vært dårligere enn i 1978—83 (Fig. 5). Grunnen til denne tilsynelatende forverringen er ukjent. De lave verdiene i vinterhalvåret tyder imidlertid på at en økning av tilført partikulært materiale og oppløst stoff er hovedårsaken. Om dette skyldes økte utslipp til Frierfjorden eller økt bidrag fra Skienselva er ukjent.

Målinger utført av Næringsmiddelkontrollen i Porsgrunn og Bamble i 1985—86 har vist at siktedypet i Eidangerfjorden sommerstid ofte er like dårlig eller dårligere enn i Frierfjorden. Dette skyldes stor planteplanktonproduksjon pga. stor tilgang på fosfor og nitrogen.

Resultatene fra observasjonene av *algevegetasjonen* i strandsonen i 1980—81 viste en positiv utvikling i form av mindre utpregete eutrofi virkninger, sammenlignet med 1974—76. Forbedringen var størst i ytre Frierfjord og ved Brevik, men kunne også spores i indre fjord. Det var en tydelig økning i antall algearter på alle stasjoner (Fig. 6).



Figur 5. Siktedyb på st. BC1, Frierfjorden. Månedsmidler for 1985 (*) er vist sammen med månedsmidler for 1978—84 (heltrukken linje). Stiplede linjer viser standardavviket i 1978—84 verdiene.

Andelen av rødalger og brunalger hadde jevnt over økt siden 1974—76, og andelen av grønnalger var mindre. Det er et tegn på mindre forurensning.

Det må antas at utviklingen vesentlig er et resultat av minsket forurensningsbelastning fra treforedling og annen industri, spesielt kanskje reduserte utslipp fra fullgjødselproduksjonen på Herøya.

I indre Frierfjord var antall algearter svært lavt i begge undersøkelsesperiodene. Virkningene i indre Frierfjord kan i stor grad skyldes det brakke overflatelaget.

Dypvannet

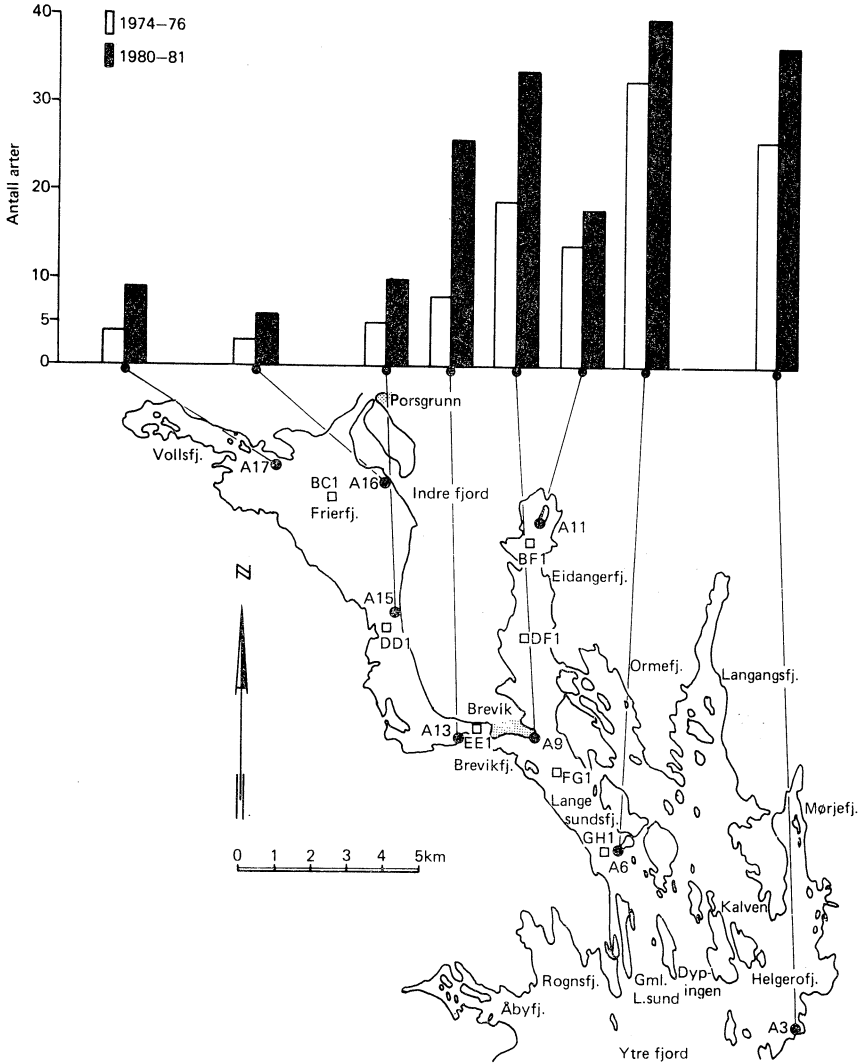
Tersklene mellom Langesundsbukta og Langesundsfjorden, og mellom Langesundsfjorden og Frierfjorden gjør at utskiftningen av dypvannet innenfor tersklene i lange perioder praktisk talt stopper opp — og

dermed også oksygentilførselen. Kombinert med stor belastning av organisk materiale fra utslipp og fra primærproduksjon blir resultatet som vist på Fig. 7 a.

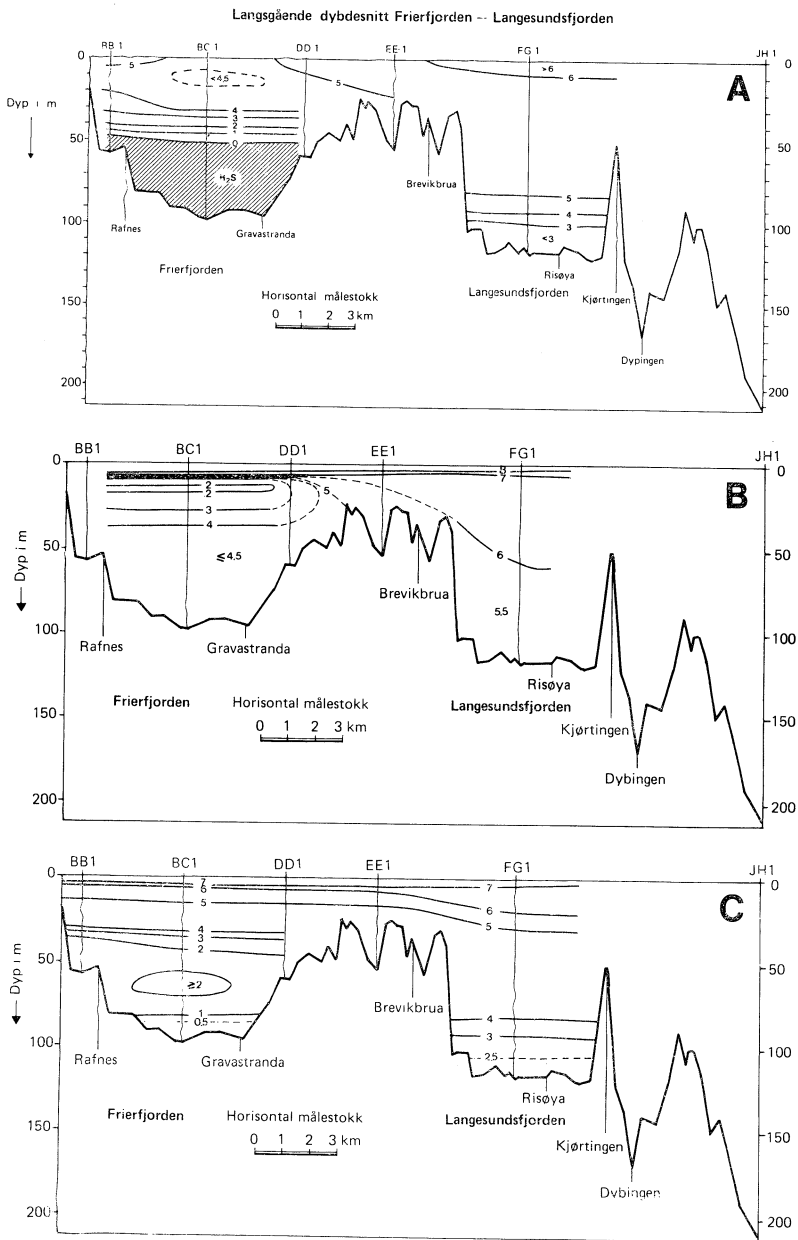
Mot slutten av en periode med liten vannutskiftning vil alt oksygen fra bunn og opp til 45—50 m dyp i Frierfjorden være forsvunnet. Videre opp mot 30—35 m dyp vil forholdene være kritiske eller dårlige. Dette kan vare i opp til 2 1/2 år, og betyr at store bunnarealer i fjorden ikke har noe dyresamfunn i form av bløtbunnfauna.

Det paradoksale er dessuten at når dypvannsfornyelsen omsider inntreffer, presses det gamle dypvannet opp mot 10—20 m dyp, og ødelegger for en tid faunaen der (frågår delvis av Fig. 7 b).

I Langesundsfjorden fornyes dypvannet fullstendig i vinterhalvåret, og Fig. 7 illu-



Figur 6. Samlet antall rødalger, brunalger og grønnalger funnet i 1980—81 sammenlignet med 1974—76.



Figur 7. Oksygenkonsentrasjoner (mlO_2/l) i Frierfjorden og Langesundsfjorden. A. 28.11.1983 B. 4.5.1984. C. 19.11.1984.

strerer ytterpunktene i denne syklusen. Mot slutten av en stagnasjonsperiode er oksygenforholdene dårlige eller kritiske nær bunnen, men hydrogensulfid opptrer ikke.

Både i Eidangerfjorden og Langesundsfjorden er bløtbunnfaunaen noe påvirket av organisk belastning. I Åbyfjorden, utenfor selve Grenlandsfjordsystemet, er bløtbunnfaunaen normal.

MILJØGIFTER I ORGANISMER

Mye av undersøkelsene i Grenlandsfjordene har dreid seg om miljøgifter i blåskjell og fisk. Som en konsekvens av utslippene, som spesielt før 1975 var svært store, har enkelte sjøprodukter hatt et så høyt innhold av miljøgifter at helsemyndighetene har anbefalt begrensninger i konsum.

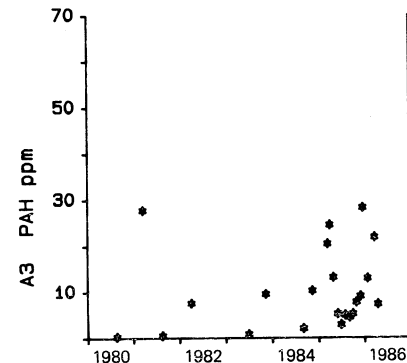
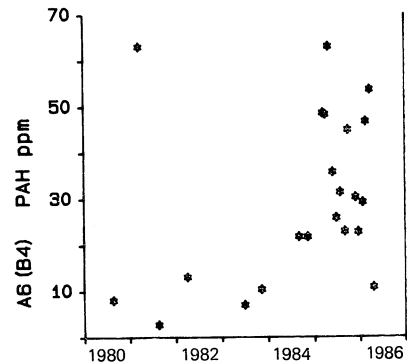
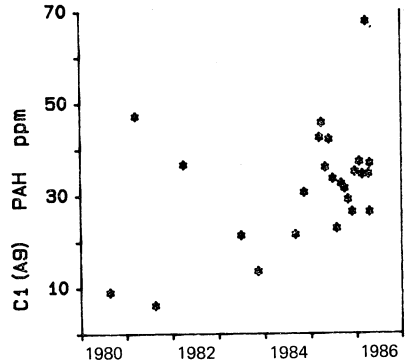
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell

Blåskjell for analyse av PAH er samlet inn to ganger pr. år i 1980—84. Blåskjell ble samlet hver måned i 1985, og den månedlige innsamlingen fortsetter i 1986. Prøvene tas på følgende stasjoner (Fig. 1):

- C1 Croftholmen, ved Brevik
- A6 Risøyodden, Langesundsfjorden
- A3 Båteberget, Helgerofjorden
- A1 Åbyfjorden.

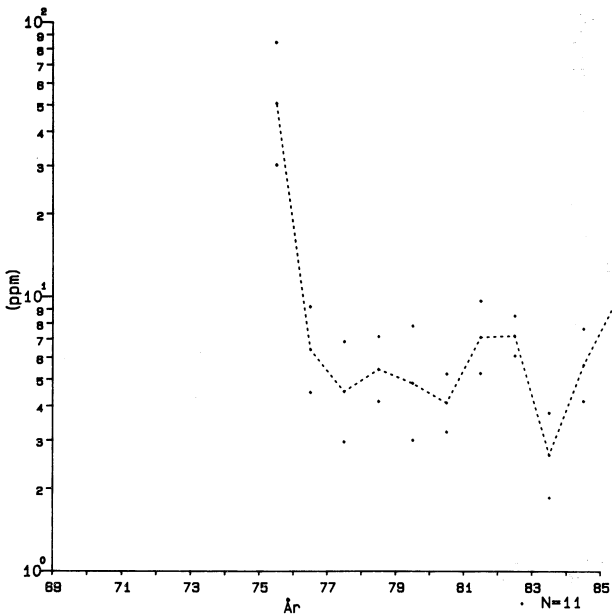
Konsentrasjonene av PAH i perioden 1980—1986 er vist i Fig. 8. Stasjonene B4 og A6 ligger nær hverandre og omtrent like langt fra den antatte hovedkilde for PAH (PEA i Porsgrunn) og må derfor antas sammenlignbare mht. belastning. Det samme gjelder stasjonsparet A9/C1.

Det er konstatert høye PAH-konsentrasjoner på alle lokalitetene, men høyest i Brevik—Langesundområdet (A9, C1, A6 og B4). Siden undersøkelsene startet i 1980



Figur 8. Konsentrasjoner av PAH i blåskjell (ppm tørrvekt) fra Helgeroa (A3), Langesundsfjorden (A6/B4) og Brevik (C1/A9) i 1980—86.

HCB 1985



Figur 9. Heksaklorbenzenkonsentrasjon i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt) omregnet til «normalfisk» på 1 kg. Linjen representerer årsgjennomsnitt for analyseverdier, mens de små punktene angir 95% konfidensintervall. Konfidensintervallet er beregnet på grunnlag av data fra hvert enkelt år.

har konsentrasjonene vist store svingninger opptil 150—250 ganger en antatt «normalkonsentrasjon» på 0,2—0,5 mg/kg.

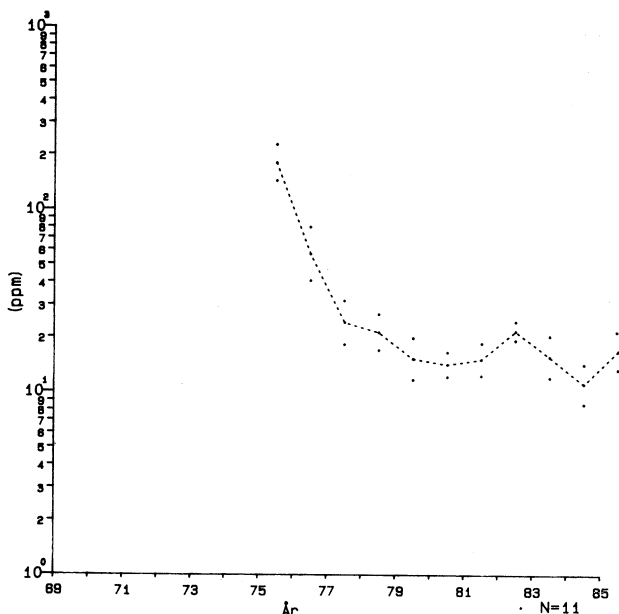
Resultatene bekrefter at betydelige PAH-mengder tilføres fjordområdet og spres over lange strekninger. Dette er en vanlig erfaring fra andre områder som belastes med PAH i tilsvarende mengde som den PEA gir opphav til (f.eks. Vefsnfjorden og Ranafjorden). De årlige utslipp av PAH fra PEA er trolig i størrelsesorden 5 tonn.

Forurensningsgraden av PAH i blåskjell må karakteriseres som høy, men ikke så ekstrem som i f.eks. Ranafjorden og Saudafjorden.

Miljøgifter i torsk og ål

Hver høst samles det omkring 50 torsk fra Frierfjorden, og noen fra Eidangerfjorden for analyse av kvikksølv og klorerte hydrokarboner. Analysene utføres av Veterinærinstituttet. I tillegg tar Fiskeridirektoratet enkelte prøveserier. Muskel og lever

OCS
1985



Figur 10. Oktaklorstyrenkonsentrasjon i lever i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt), omregnet til «normalfisk» på 1 kg.

undersøkes for henholdsvis kvikksølv og persistente klorerte hydrokarboner.

Det er gjort en statistisk analyse av både 1985-dataene og resultater fra tidligere år fra Frierfjorden.

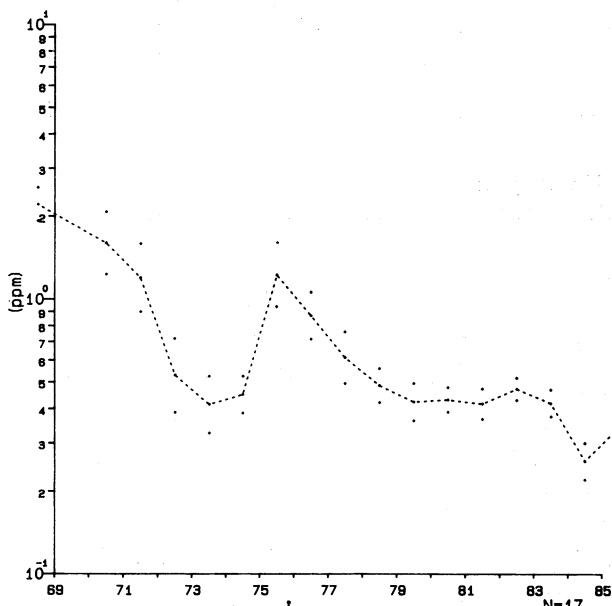
De målte miljøgiftkonsentrasjonene er korrigert for fiskens vekt og angis som konsentrasjon i «normalfisk» med vekt 1 kg. Årsmiddel er beregnet som aritmetisk middel av \log_{10} -verdier (Fig. 9—11).

De analyserte miljøgiftene, med unntak for deklaklorbifenyl (DCB) viser signifikant lavere verdier i 1976—1986 enn i 1975. En må anta at dette skyldes de re-

duserte tilførsler til fjordsystemet etter 1975.

Heksaklorbenzen (HCB) viste en nedgang for 1983, men med en svingning tilbake mot 1982-nivået i 1984 (Fig. 9). Økningen har fortsatt i 1985, og målt nivå er det høyeste siden 1975. For oktaklorstyren (OCS) viser plottene en nedgang fra 1983 til 1984 i tillegg til den som ble registrert fra 1982 til 1983, men det var en liten økning igjen fra 1984 til 1985 (Fig. 10). For deklaklorbifenyl (DCB) har det vært forholdsvis sterke svingninger frem og tilbake i årene 1977—1985, og det er ingen åpenbar trend.

Hg
1985



Figur 11. Kvikksølvkonsentrasjon i muskel i torsk fra Frierfjorden (mg/kg våtvekt), omregnet til «normalfisk» på 1 kg.

Konsentrasjonene av HCB og OCS i fisk i *Eidangerfjorden* var høye i 1976, men avtok i 1977 og har siden ligget noenlunde stabilt på 10—20% av nivået i Frierfjorden.

Kvikksølvinnholdet i torsk viser en jevnt over avtagende tendens siden analysene startet i 1968 og til 1980, da det ble en utflating (Fig. 11).

De lave verdiene i 1972—1974 er av enkelte tolket som ikke representative, fordi prøvematerialet for en stor del kan ha bestått av fisk som nylig hadde vandret inn i Frierfjorden.

Selv om kvikksølvinnholdet i torsk fra

Frierfjorden nå ser ut til å være ganske lavt, er nivået fremdeles 2—3 ganger høyere enn i torsk fra f.eks. ytre Oslofjord, og dobbelt så høyt som i torsk fra *Eidangerfjorden*. Dette viser at vannmassene i Frierfjorden fortsatt tilføres betydelige mengder kvikksølv. Utlekking fra sedimentet spiller trolig en stor rolle.

Av *ål* er det analysert 22 stk., fanget på østsiden av Frierfjorden i juni 1985. Det er liten sammenheng mellom fiskens størrelse og miljøgiftkonsentrasjon. Middelerverdi for miljøgiftkonsentrasjonene i torsk og *ål* fra Frierfjorden 1985 er vist nedenfor (geometrisk middel, ppm våtvekt):

1985	Ål		Torsk	
	Muskel	Lever	Muskel	Lever
Hg	0.5	—	0.33	—
HCB	3.6	1.0	—	10
OCS	1.2	0.4	—	17
DCB	0.2	0.04	—	3
Sum-C1	5.0	1.4	0.3*	30

—: Ikke analysert

*: Anslått som 1% av kons. i lever.

Konsentrasjonene av klorerte hydrokarboner i ålens muskel var høyere enn i ålens lever. I torsk er konsentrasjonene av klorerte hydrokarboner i lever betydelig høyere enn i muskel.

Tidligere analyser, bl.a. av Fiskeridirektoratet, har vist at konsentrasjonen av klorerte hydrokarboner i muskel av torsk fra Frierfjorden er omkring 1% av konsentrasjonen i lever.

Konsentrasjonene av klorerte hydrokarboner i ål var imidlertid betydelig høyere enn i muskel av torsk.

Begrensninger på konsum av blåskjell og fisk

Med utgangspunkt i en konsentrasjon av sum klorerte hydrokarboner på 0.28 ppm i muskel av torsk fra Frierfjorden i 1980 anbefalte Dybing og Underdal (1981)¹ en begrensning i konsum til maksimalt to måltider med torskefilet pr. uke. Sum av HCB, OCS og DCB i muskel av ål fra Versvika i 1985 var omkring 5 ppm, altså 15—20 ganger høyere.

På bakgrunn av resultater fram til 1983 uttalte Helsedirektoratet at anbefalingene

om begrenset konsum av fisk burde stå ved lag. De siste års målinger ser ikke ut til å ha endret grunnlaget for disse anbefalingene: Konsum av filét fra fisk fanget i Frierfjorden og Voldsfjorden bør begrenses til høyst to måltider pr. uke. Lever og ål bør ikke spises i det hele tatt. Konsum av fiskefilet fra fisk fanget i Eidangerfjorden begrenses til fire ganger pr. uke. Filét fra fisk (unntatt ål) fanget andre steder i Grenlandsområdet kan konsumeres fritt.

PAH-innholdet i blåskjell reiser hygieniske spørsmål som helsemyndighetene har hatt til vurdering. Helsedirektoratet uttalte at forurensningsnivået av PAH i blåskjell fra hele fjordområdet var høyt sett i forhold til Verdens Helseorganisasjons (WHO) anbefaling om akseptabelt daglig inntak. Konsum av blåskjell fra hele Brevik—Langesundsområdet ble derfor frarådet. Disse områdene var heller ikke egnet for akvakultur. Resultatene fra 1985—86 viser at det er samme grunnlag for frarådninger nå som tidligere.

¹ Dybing, E. & Underdal, B., 1981: Humantoksikologiske aspekter vedrørende klorerte hydrokarboner og tungmetaller i fisk, med spesiell referanse til Grenlandsfjordområdet. Oslo, 39 s.

MILJØPROBLEMER FRA MUDRING OG DUMPING AV FORURENSEDE BUNNSEDIMENTER

De siste 10—12 år har det 8—10 ganger vært gjennomført tildels store mudringsarbeider i Frierfjorden og i Skienselva. Muddermassenes innhold av forurensete stoff har variert både i type og mengde, men det har vanligvis dreiet seg om klorerte hydrokarboner, kvikksølv og organisk stoff.

Diskusjonen om disse mudringsarbeidene har medført miljøgiftproblemer har gått høyt, spesielt i forbindelse med mudringen i 1974—75 (ca. 600.000 m³) i forbindelse med byggingen av petrokjemianleggene i Bamble.

Det er selvsagt mulig at det ennå kan bringes nye momenter inn i diskusjonen omkring mudringsarbeidene. Hittil har det imidlertid ikke fremkommet data som har vist annet enn lokale og kortvarige utslag på forurensningssituasjonen i Frierfjorden. Der er ikke data som med rimelig sikkerhet viser at mudringsarbeidene har gitt økt innhold av miljøgifter i blåskjell og fisk. Her skal tas et forbehold om den siste mudringen (120.000 m³) utenfor Herøya i april—mai i år, der analyser av blåskjell utenfor Brevik ikke viste økt innhold av kvikksølv og klorerte hydrokarboner (Norsk Hydro, resultater under publisering), mens resultatene for fiskeanalysene ikke vil foreligge før i 1987.

OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Fram til omkring 1978 bedret forholdene i Grenlandsfjordene seg pga. reduserte utslipp. Spesielt gjaldt dette miljøgiftproblemene. Etter ca. 1978 har reduksjonene i utslippene vært relativt små, og den positive utviklingen har stoppet opp. I den grad man har oversikt, ser det ut til å

gjelde både miljøgiftproblemene, oksygenforholdene i fjordområdenes dypvann og effekter fra utslippene av fosfor og nitrogen. For siktedyp er det i Frierfjorden tegn til en forverring.

Hovedproblemene er dermed uløste:

- * Fortsatt restriksjoner/advarsel mot konsum av fisk fra Frierfjorden, og blåskjell for hele fjordområdet.
- * Fortsatt sterke gjødslingeffekter både i Frierfjorden og i fjordområdene utenfor Brevik pga. utslippene av nitrogen og fosfor.
- * Fortsatt store oksygenproblemer i Frierfjorden, og perioder med dårlige oksygenforhold i Eidanger—Langesundsfjorden.

BEHOV FOR TILTAK

Spørsmålet er vanskelig å diskutere, for behovet avhenger av den målsetting forvaltningsmyndighetene har for tilstanden i Skienselva, Frierfjorden og fjordområdene utenfor. Et første tiltak kan etter vårt syn være en fornyet gjennomgang av den målsetting for tilstanden som ble vedtatt omkring 1970. Den gjennomgangen bør kunne ut i en målsetting som er

1. Differensiert, dvs. tilpasset den enkelte vannforekomst.
2. Realistisk, i forhold til de gitte naturforhold og tenkbare dimensjoner på rensetiltak.
3. Kontrollerbar, f.eks. gjennom et overvåkingsprogram.

Det bør være et mål at fisk og blåskjell fra hele fjordområdet skal kunne spises uten frykt for miljøgifter. Det innebærer at utslippene av klorerte hydrokarboner og PAH må reduseres vesentlig i forhold til 1985-nivået.

Når det gjelder gjødsling med fosfor og nitrogen, må utslippene reduseres vesentlig om man skal oppnå en markert bedring i Frierfjorden og fjordområdene utenfor Brevik. Man kan i dag vanskelig si konkret hvor mye utslippene må reduseres med for f.eks. å nå et gitt mål mht. siktedyp i Eidangerfjorden. Men sett på bakgrunn av

1. Effektene av overgjødslingen i hele fjordområdet.
2. Vissheten om at en betydelig del av nitrogenet transporteres med brakkvannsstrømmen til kystvannet.

3. En gryende mistanke om skadelige gjødslingeffekter langs kysten av Sør-Norge.

mener vi det haster å utrede hvilke utslippsreduksjoner som bør og kan iverksettes.

I tillegg til utslippsreduksjoner vil et opplagt «straktiltak» være å føre de nåværende næringssaltutslipp fra Herøya ut på dypt vann, med innlagring omkring 20 m dyp i sommerhalvåret.