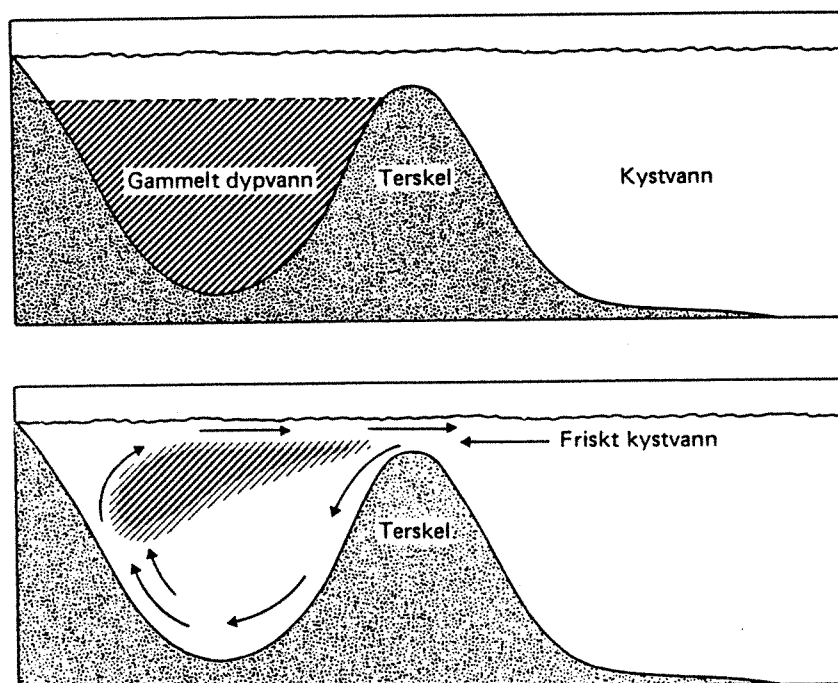


E-89525

Vannutskifting og dødelighet av bunnfauna i **Trysfjorden, Vest-Agder 1989**



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.: E-89525
Undernummer:
Løpenummer: 2285
Begrenset distribusjon: Fri

Rapportens tittel: Vannutskiftning og dødelighet av bunnfauna i Trysfjorden, Vest-Agder, vinteren 1989.	Dato: 4.10.89
	Prosjektnummer: E-89525
Forfatter (e): Eivind Oug	Faggruppe: Marin eutrofi
	Geografisk område: Vest-Agder
	Antall sider (inkl. bilag): 27

Oppdragsgiver: Norsk institutt for vannforskning	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Under vannutskiftningen vinteren 1988-89 ble råttent dypvann hevet til få meters dyp og forårsaket dødelighet av fisk og bunnorganismer. Den 17. februar var vannmassene i ytre fjordbasseng fornyet, men det var oksygenminimum i 20-50 m. I indre fjordbasseng var dypvannet delvis fornyet, men hadde lavt oksygeninnhold, og det var rester av råttent vann i 10-15 m. I ytre fjordbasseng var det en artsrik bunnfauna uten tegn til påførte skader (10-25 m). I indre fjordbasseng hadde det vært høy dødelighet av bunndyr (8-15 m), og dyresamfunnet indikerte at dette dypområdet ofte utsettes for råttent/oksygenfattig vann.

4 emneord, norske:

1. Trysfjord
2. Vannutskiftning
3. Oksygenforhold
4. Dødelighet i bunnfauna

4 emneord, engelske:

1. Trysfjord
2. Basin water exchange
3. Oxygen conditions
4. Death of bottom fauna

Prosjektleder:

Eivind Oug

For administrasjonen:

[Signature]

ISBN 82-577-1586-7

[Signature]

E - 89525

VANNUTSKIFTNING OG DØDELIGHET AV BUNNFAUNA I TRYSFJORDEN, VEST-
AGDER, VINTEREN 1989

Prosjektleder: Eivind Oug

Medarbeidere: Rolf Høgberget
Per B. Wikander
Astrid Vaaga

FORORD

I mange terskelfjorder på Sørlandet var det vinteren 1988-89 omfattende vannutskiftninger hvor råttent dypvann ble brakt opp mot overflaten. Dette førte til dødelighet av fisk og bunndyr. Begivenhetene vakte oppsikt og ble gjentatte ganger omtalt i massemedia. De lokale miljøvernmyndighetene engasjerte seg og tok initiativ til undersøkelser.

I forbindelse med problematikken omkring eutrofiering på sørlandskysten, ser NIVA det som viktig å øke kunnskapen om naturtilstand og prosesser i terskelfjordene. NIVA besluttet derfor på kort varsel å avsette egne midler til en undersøkelse av vannutskiftning og bunnfauna i Trysfjorden.

Forsker Eivind Oug har hatt ansvaret for gjennomføringen av undersøkelsen og rapportering. I feltarbeidet deltok forskningsassistent Rolf Høgberget, mens assistent Astrid Vaaga har grovsortert bunnprøvene og tatt del i framstillingen av figurene. Forsker Per B. Wikander har bestemt bløtdyrene. Forskningsleder Jarle Molvær har lest gjennom og kommentert rapporten.

Grimstad 4. oktober 1989

Eivind Oug

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	
1.	SAMMENDRAG 3
2.	INNLEDNING 4
3.	UNDERSØKELSESONRÅDET 6
4.	METODIKK 8
	4.1. Hydrografi 8
	4.2. Bunnprøver 9
5.	RESULTATER 10
	5.1. Hydrografi 10
	5.1.1. Ytre Trysfjord 10
	5.1.2. Indre Trysfjord 13
	5.2. Bunnprøver 16
	5.2.1. Neverkilen 17
	5.2.2. Indre Trysfjord 17
	5.2.3. Ytre Trysfjord 19
6.	DISKUSJON 22
7.	LITTERATUR 24

VEDLEGG

1. SAMMENDRAG

I mange terskelfjorder på Sørlandet var det uvanlig kraftige vannutskiftninger vinteren 1988-89. Råttent dypvann ble hevet nesten til overflaten og forårsaket dødelighet av fisk og bunnorganismer. I Trysfjord i Søgne ble død fisk observert før nyttår samtidig som vannet var sterkt misfarget. Dykkere rapporterte at alt liv syntes å være utslettet i deler av fjorden.

NIVA avsatte egne midler til en undersøkelse av hydrografi og bunnfauna som ble gjennomført 17. februar 1989. De hydrografiske undersøkelsene omfattet temperatur, salinitet og oksygen, mens bunnprøvene ble tatt med trekantskrape. Trysfjorden består av to omtrent like dype fjordbassenger som begge ble undersøkt.

Formålet med undersøkelsen var:

- Beskrive forholdene i vannmassene og vurdere omfanget av utskiftningen
- Kartlegge dødeligheten av bunnorganismer
- Vurdere om naturmiljøet i fjorden er stabilt eller utsettes for stadige forstyrrelser.

I en større sammenheng ser NIVA det som viktig å øke kunnskapen om naturtilstand og prosesser i terskelfjordene som vil være svært sårbare overfor tiltagende eutrofiering i kystvannet.

Undersøkelsen viste:

- Vannmassene i det ytre fjordbassenget var 17. februar fornyet og oksygenerte til bunns. Det var rester av gammelt dypvann i intermediære dyp, vist ved oksygenminimum i 30-40 m. I 2 m var det nedsatte oksygenverdier som følge av utstrømning av vann fra indre fjordbasseng.
- I det ytre fjordbassenget var det en artsrik bunnfauna i 10-25 m dyp. Prøvene viste ikke tegn til skadevirkninger ved vannutskiftningen.
- I det indre fjordbassenget var dypvannet delvis fornyet, men hadde lavt oksygeninnhold. Gammelt dypvann var hevet til få meters dyp, og det var rester av råttent vann i 10-15 m.
- I det indre fjordbassenget var det høy dødelighet av bunndyr i 8-15 m dyp under dypvannsfornyelsen. På 8-9 m ble det funnet levende individer av enkelte børstemark og muslinger, men disse var i dårlig forfatning. Dyresamfunnet indikerte at området utsettes for hyppige forstyrrelser, trolig ved at råttent/oksygenfattig vann bringes opp ved vannutskiftninger.

2. INNLEDNING

Vinteren 1989 var det omfattende vannutskiftninger i terskelfjordene på Sørlandet. I mange av fjordene ble råttent dypvann løftet til få meters dyp og førte til omfattende dødelighet av fisk og bunnorganismer. Observasjonene av dette ble gitt store oppslag i massemedia, ikke minst som følge av at dramatiske naturbegivenheter er blitt nyhetsstoff etter Chrysochromulina-oppblomstringen sommeren 1988.

I Trysfjorden ble død fisk observert første gang før nyttårsskiftet. Samtidig var vannet sterkt misfarget (lysgrønt) og blakket. Tilsvarende ble observert flere ganger i januar og februar. Dykkere observert høy dødelighet av større bunnorganismer (sjøsterner, kråkeboller, krabber, fisk), og rapporterte at alt dyreliv under 2-3 meters dyp syntes å være utslettet i deler av fjorden (Fædrelandsvennen 9. februar).

Miljøvernmyndighetene i Vest-Agder engasjerte seg i begivenhetene og gikk sterkt inn for å få gjennomført nøyere undersøkelser av vannutskiftningen og konsekvensene for dyrelivet i fjorden. NIVA besluttet å avsette egne midler til en undersøkelse av hydrografi og bløtbunnsfauna. Målsettingen med undersøkelsen var:

- Beskrive forholdene i vannmassene, spesielt med hensyn på oksygensituasjonen, og vurdere omfanget av vannutskiftningen.
- Kartlegge omfanget av dødeligheten i bunnfaunaen (bløtbunnsfauna).
- Vurdere om organismesamfunnene var "normale" før omrøringen begynte: dvs. om forholdene har vært gode og stabile over lengre tid eller om samfunnene stadig utsettes for forstyrrelser.

I en større sammenheng ser NIVA det som viktig å øke kunnskapen til naturtilstand og prosesser i fjordene. Det synes som Sørlandet er inne i en utvikling med økende tilførsler av næringssalter til sjø. Disse kommer både fra lokale utslipp, i forurenset nedbør eller tilført med kyststrømmen og kan ha til følge en generell økning av den biologiske produksjonen i sjøområdene (eutrofiering). I fjordene må man regne med at økt produksjon vil gi seg utslag i økte tilførsler av organisk stoff til dypområdene og forsterke forråtnelsesmiljøene. God kunnskap om fjordene kan derfor være viktige elementer i overvåkingen av kystfarvannene på Sørlandet.

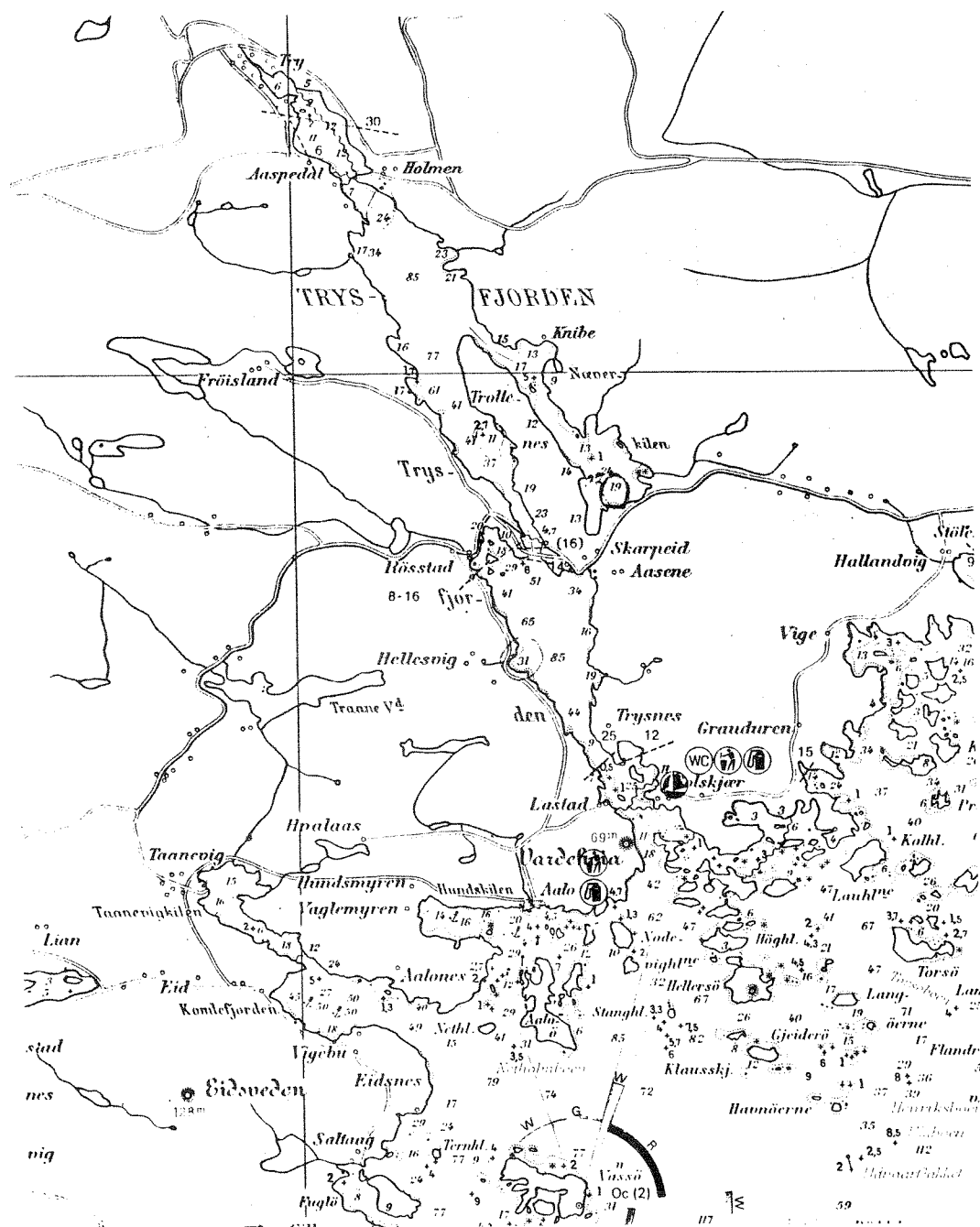
Det finnes få biologiske data fra terskelfjordene på Sørlandet. Fjordene er bedre kjent med hensyn på hydrografi og vannkvalitet hvor en rekke fjorder har vært undersøkt (Strøm 1936, Molvær 1982, Bøhle 1986, Bøhle et al. 1989). I denne undersøkelsen er det lagt vekt på å beskrive forløpet av vannutskiftningen og se denne i sammenheng med biologiske forhold. Det er også viktig å få informasjon om artssammensetningen i bunndyrsamfunnene med sikte på senere kontroll av endringer i miljøet. Kvantitative

studier av bløtbunnssamfunn er i dag blant de beste metoder til å beskrive forurensningsvirkninger og overvåke endringer i naturtilstanden (Rygg 1986). Trolig er bløtbunnssamfunn også i terskelfjordene godt egnet til å overvåke langtidstrender.

Også Vannlaboratoriet ved Agder Distriktshøgskole (ADH) og Statens Biologiske stasjon Flødevigen (SBSF) har utført hydrografiske målinger i Trysfjord vinteren 1989. Resultater fra disse institusjonene er tatt med ved beskrivelsen av vannutskiftningen.

3. UNDERSØKELSESOMRÅDET

Trysfjorden er en ca. 7 km lang fjord som skjærer seg inn i landet i SØ-NV retning (Fig. 1). Fjorden har to hovedbassenger, begge med dyp til ca. 80 m, som er forbundet over en terskel på 5 m. Terskelen i fjordens innløp er på ca. 10 m (Molvær 1982, Bøhle 1986). Det indre fjordbassenget har to sidegrener med sekundære



Figur 1. Områdekart. Utsnitt av sjøkart nr. 10

terskler, en gren i fjordens forlengelse innenfor Holmen, og Neverkilen som er en grunn og sterkt beskyttet gren på fjordens østside. Neverkilen har dyp til ca. 30 m og en terskel på omkring 10 m.

Oksygenforholdene i fjordens dypområder er dårlige. I det indre fjordbassenget viser årlige målinger fra perioden 1924-61 at det ofte har vært oksygen bare ned til 25-40 m dyp (Bøhle 1989). Molvær (1982) angir kritisk lave verdier ($< 2 \text{ ml O}_2/\text{l}$) i dypvannet fra ca. 20 m og H_2S dypere enn 30-40 m. I august 1985 registrerte Bøhle (1986) nedsatte oksygenverdier fra 15 m dyp og hydrogensulfid fra 22 m. Ved dykking har Stene (notater) i perioden 1984-88 registrert overgangen mellom oksygenert og råttent bunn i 20-22 m.

For det ytre fjordbasseng angir Molvær (1982) kritiske oksygenforhold dypere enn 30-40 m og råttent dypvann fra ca. 60 m. Bøhle (1986) registrerte i august 1985 nedsatte oksygenverdier fra 30 m og hydrogensulfid på største måledyp (75 m). Stene (dykkernotat) observerte i august 1988 råttent bunn på 35 m.

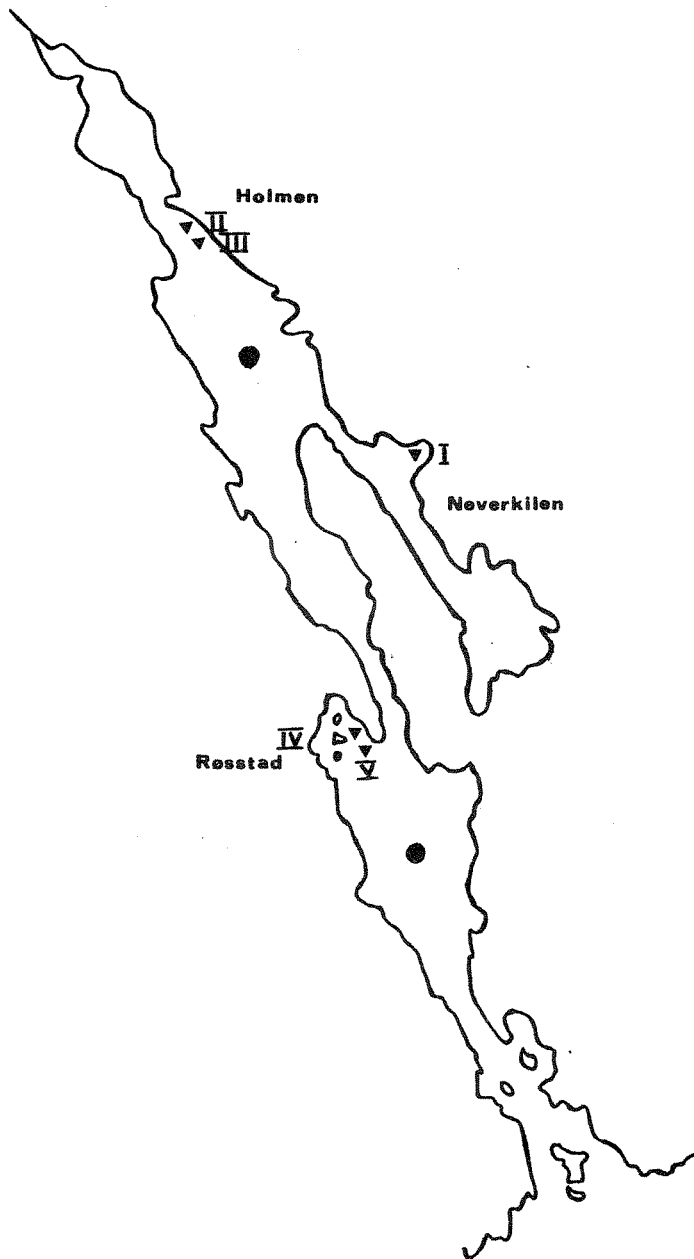
Det er noe spredt bebyggelse omkring fjorden. Ved Trysnes i fjordens innløp er det småbåthavn og marina. Det ledes noe lokal kloakk til fjorden, men forurensningstilførslene synes å være små. Det var tidligere sagbruk på Holmen og flisrester fra dette finnes i bunnsedimentene i området omkring.

4. METODIKK

Prøvene ble innsamlet 17. februar 1989. Til undersøkelsen ble det leid fartøy av Sigbjørn Tofte, Skogsøy ved Tregde, som også fungerte som båtmannskap.

4.1. Hydrografi

Målingene omfattet temperatur, saltholdighet og oksygen og ble foretatt på en stasjon ved størstedypet i hvert fjordbasseng (Fig. 2). Temperatur og saltholdighet ble målt med en EIL



Figur 2. Plassering av prøvestasjoner.
● Hydrografi, ▼ Trekantskrape

salinoterm, temperaturen også med termometer i Ruttner vannhenter. For korreksjon av saltholdighetsavlesningene ble det tatt to vannprøver for saltanalyser på hver stasjon, disse ble bestemt ved titrering. Dette gir en nøyaktighet i saltholdighetsverdiene på ± 0.05 ‰. Oksygeninnholdet ble bestemt i vannprøver etter Winklers metode. Prøvedypene var de samme på begge stasjoner: 0.5 m, 2 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 30 m, 40 m, 60 m, 75 m.

Siktedyp ble bestemt med Secci-skive.

Analysene av vannprøvene ble utført ved analyselaboratoriet, ATIK, Grimstad.

4.2. Bunnprøver

Bunnprøvene ble tatt med trekantskrape. Det ble gjort skrap på fem lokaliteter (Figur 2): Neverkilen 9-11 m (I), ved Holmen i indre fjord 8-9 m (II) og 13-15 m (III), ved Røsstad i ytre fjord 13-15 m (IV) og 22-25 m (V). Med unntak for i Neverkilen (I) ble prøvene tatt i dyp hvor det normalt er tiltrekkelig oksygen for bunnfauna, men hvor skader kunne forventes ved heving av råttent dypvann.

Skrapematerialet ble siktet på 1 mm sikt og konservert i nøytralisert formalin. Tilstanden for de større dyrene i prøvene ble notert. Det ble også gjort en visuell vurdering av sedimentet i prøvene.

I laboratoriet ble alle dyr sortert fra siktematerialet, identifisert og telt. Alle innsamlede dyr ble også vurdert med hensyn på om de var friske, nylig døde eller delvis oppråtnet ved innsamlingen.

5. RESULTATER

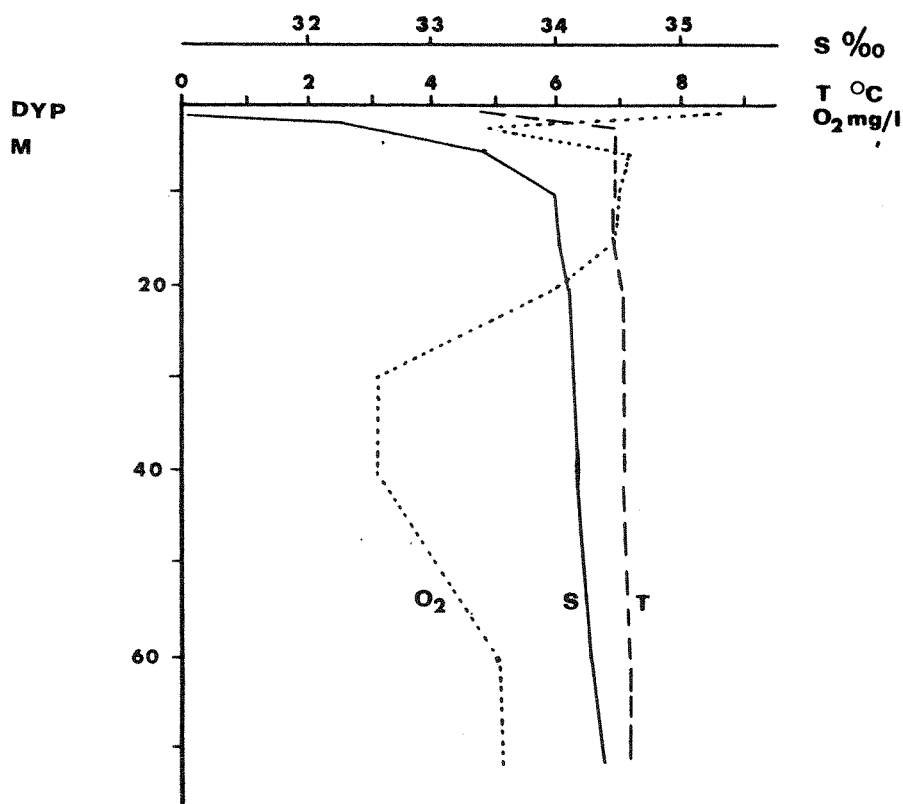
5.1. Hydrografi

5.1.1. Ytre Trysfjord

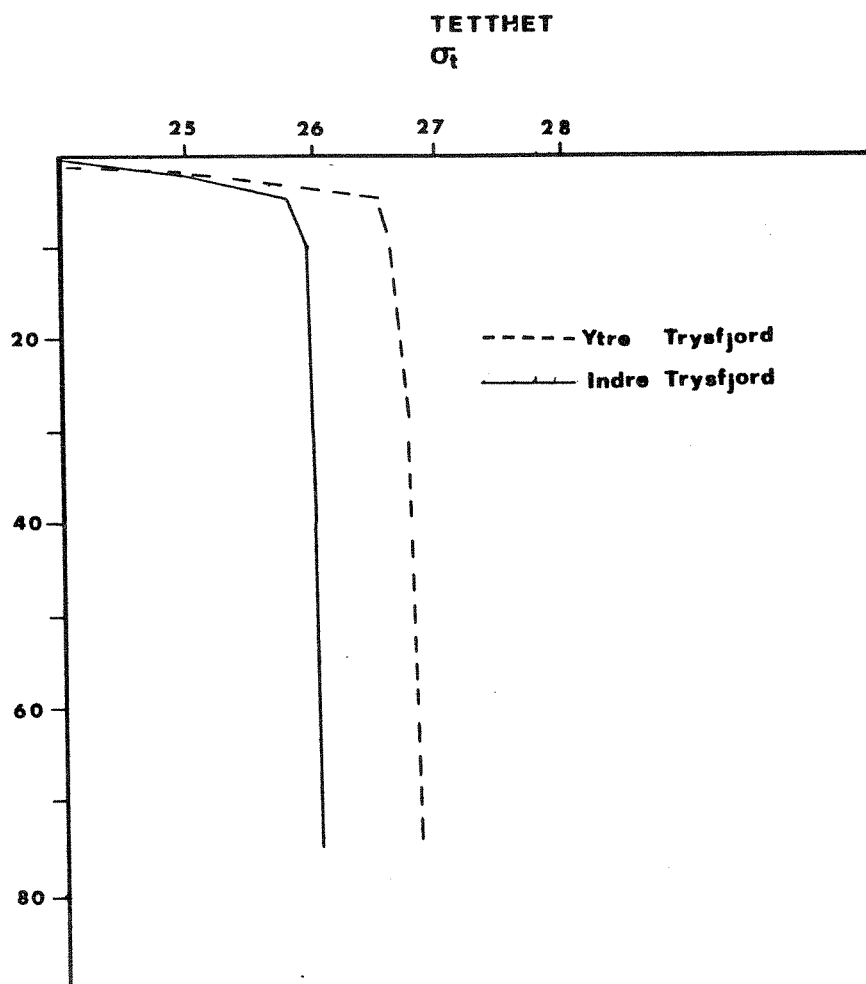
Figur 3 viser profiler for temperatur, saltholdighet og oksygen den 17. februar. Ved overflaten var det et markert brakkvannslag. Under 10 m var det en jevn og svak økning i saltholdighet og temperatur mot bunnen. Oksygenmålingene viste at det var nedsatte verdier i alle dyp unntatt overflaten. Det var tydelige minima på 2 m og i 30-40 m.

Beregningene av tetthet viser at vannmassene i dyplaget var svakt lagdelte (Figur 4). Fullstendige resultater er gitt i Appendikstabell 1.

Siktedypet var 10 m. Vannet var gulgrønt på farge og inneholdt mye synlige partikler i overflatelaget.



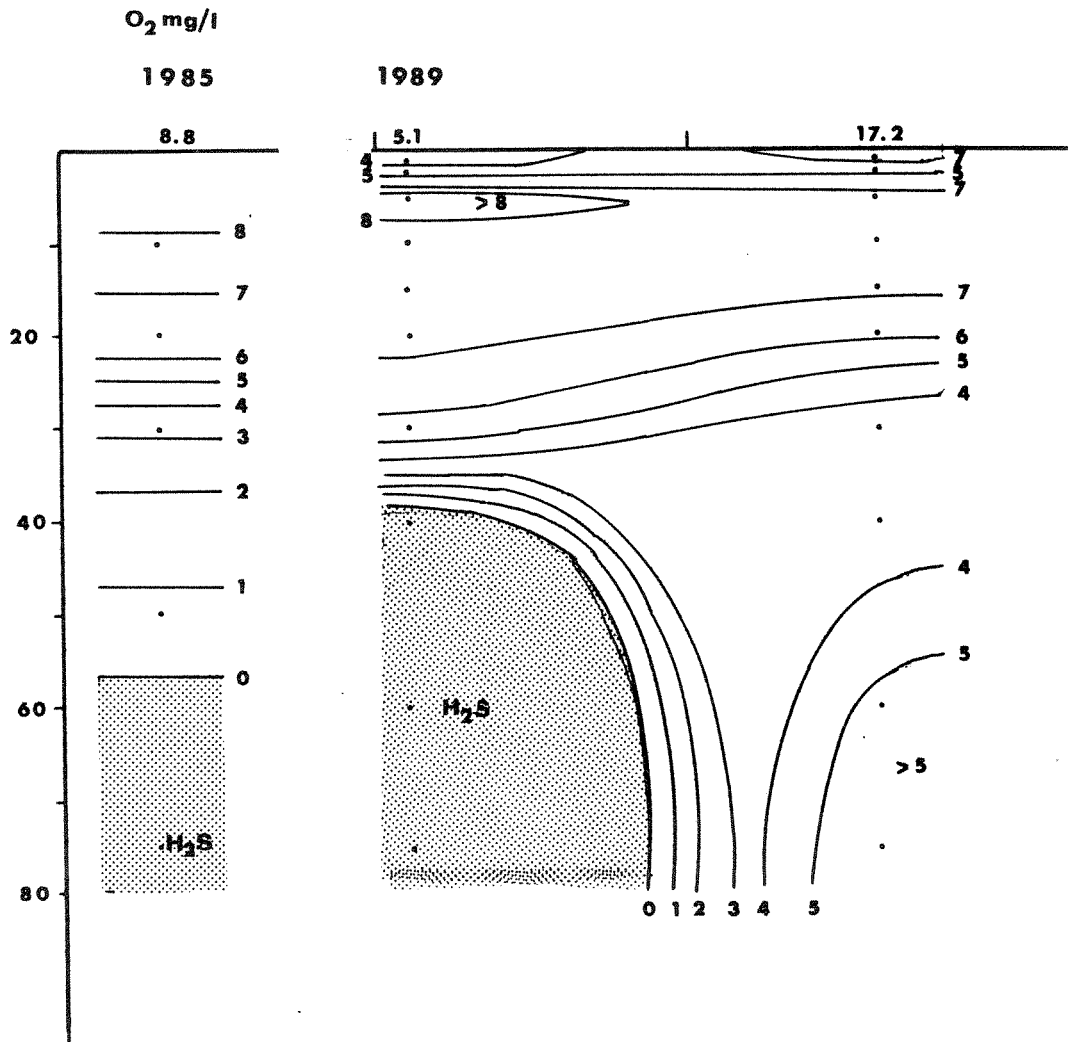
Figur 3. Ytre Trysfjord, 17. februar 1989: Profiler for temperatur, saltholdighet og oksygen.



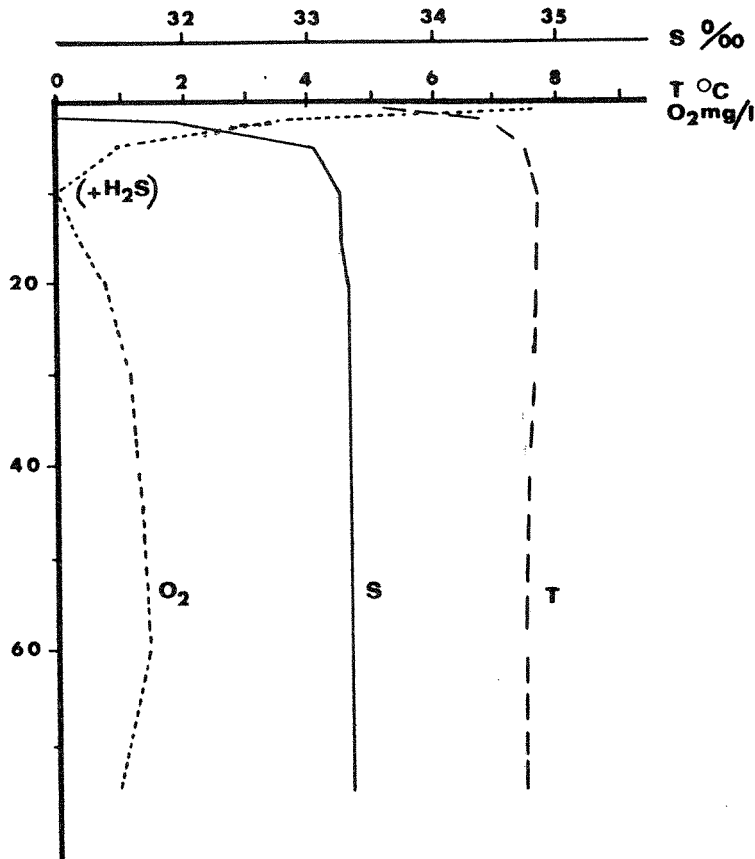
Figur 4. Trysfjord, 17. februar 1989: Profiler for tetthet i ytre og indre fjordbasseng.

Vannutskiftningen i ytre fjord er illustrert i Figur 5 som sammenfatter oksygenmålingene fra ADH (5.1) og NIVA (17.2). Den 5. januar var det stabile vannmasser med råttent vann dypere enn 40 m. Det var en skarp gradient til godt oksygenerte vannmasser mellom 30 og 40 m som viser at så langt hadde vannutskiftningen hatt liten effekt på dypvannet. Oksygenverdiene var nedsatt i de øverste metrene mot overflaten. Dette var et sjikt av vann med lavt oksygeninnhold fra indre fjordbasseng som passerte ut av fjorden nær overflaten.

I februar hadde innstrømningen nådd til bunns, men innstrømningen var ikke tilstrekkelig til å fulloksygenere vannmassene i alle dyp. I intermediære dyp (20-50 m) var det en blandingsvannmasse av gammelt dypvann og nytt vann, som markerte seg ved et tydelig oksygenminimum (Figur 3). Også i februar var det et sjikt nær overflaten av utstrømmende vann fra indre fjordbasseng med lavt oksygeninnhold.



Figur 5. Ytre Trysfjord: Oksygenisopleter for januar og februar 1989. 5.1 - målinger fra Agder Distrikthøgskole (ADH), 17.2 - NIVA. Isopletene for dypvannet er utjevnet etter skjønn. Oksygenforholdene i august 1985 (Bøhle 1986) er vist for sammenligning.



Figur 6. Indre Trysfjord, 17. februar 1989: Profiler for temperatur, saltholdighet og oksygen.

5.1.2. Indre Trysfjord

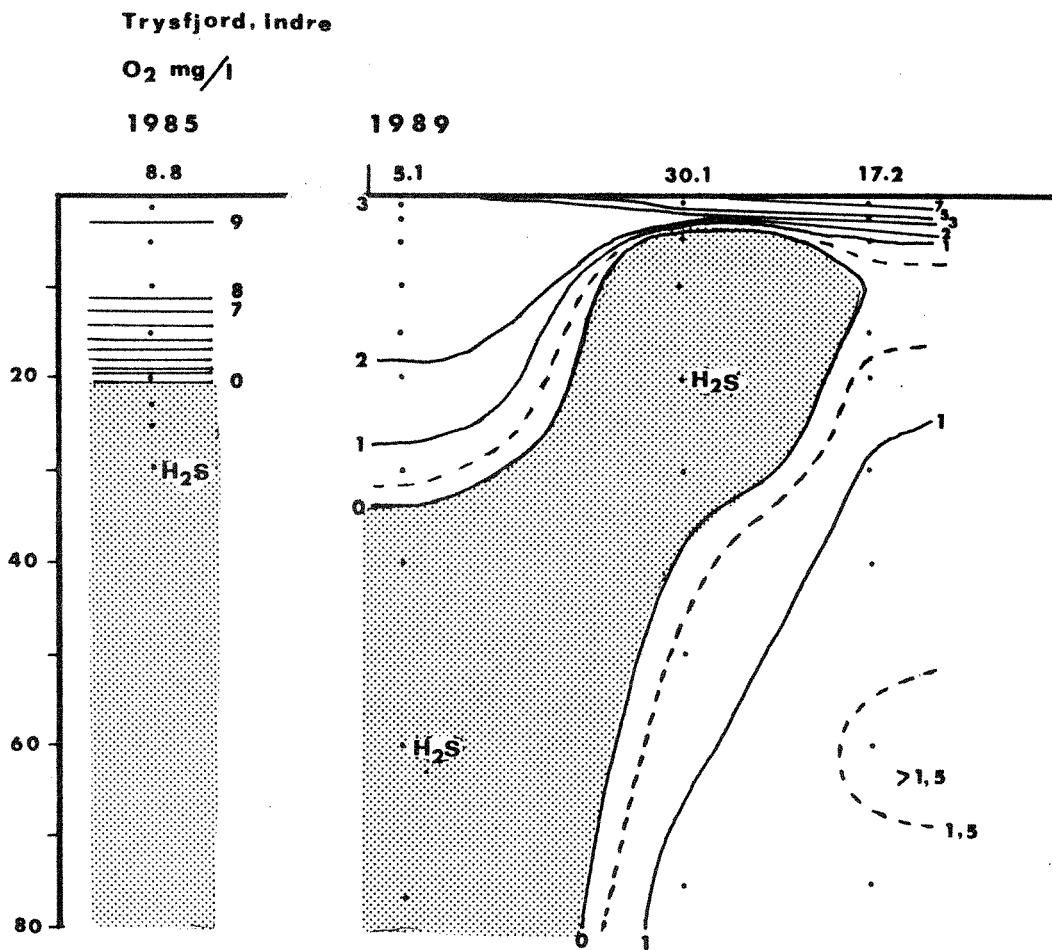
Figur 6 viser profiler for temperatur, saltholdighet og oksygen den 17. februar. Ved overflaten var det et markert brakkvannslag. Fra 10 m og til bunnen var det en svak økning i saltholdighet og et svakt fall i temperatur. Oksygenverdiene var lave bortsett fra i overflaten. På 10 m var det tydelig lukt av hydrogensulfid i vannet, men det fantes spor av oksygen i prøven (< 0.1 mg/l). Det var også en svak lukt av hydrogensulfid på 15 m selv om denne prøven hadde målbart innhold av oksygen.

Beregningene av tetthet viser at vannmassene var nær homogene fra 10 m til 75 m (Figur 4). Fullstendige resultater er gitt i Appendikstabell 1.

Siktedypet var 5.5 m. Vannfargen var gulgrønn.

Vannutskiftningen i indre Trysfjord er illustrert i Figur 7 som sammenfatter oksygenmålingene fra ADH (5.1), SBSF (30.1) og NIVA (17.2). Den 5. januar var det råttent vann dypere enn ca. 35 m, men oksygenverdiene over dette dypet var lave. Vannmassene var svakt sjiktet (Figur 8). Vannmassene var fornyet ned mot 40 m, men nytt vann blandet seg med råttent vann før dette ble brakt ut av fjorden.

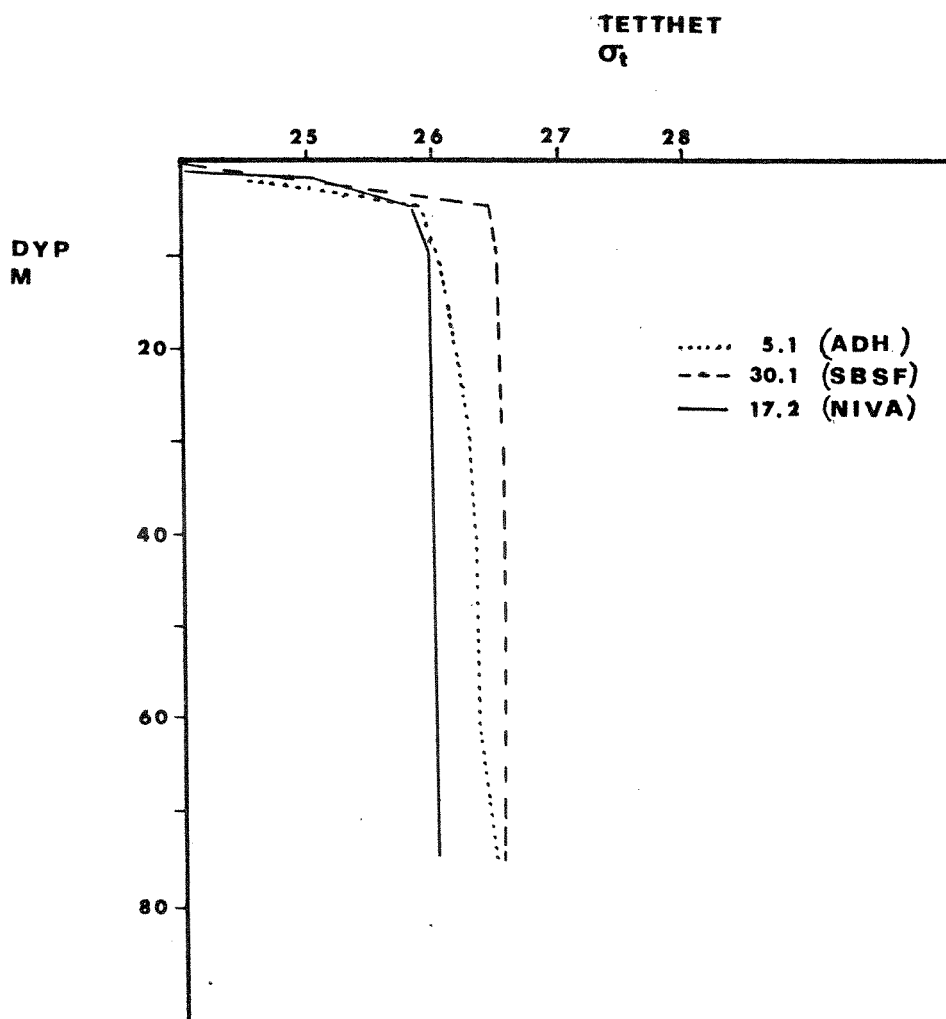
I slutten av januar hadde innstrømningen nådd til bunns og løftet det gamle råtne dypvannet opp til grunnere enn fem meter. Temperatur og saltholdighet på 10 m var nær det samme som i bunnvannet den 5.1. Det var små tetthetsforskjeller under 10 m dyp (Figur 8).



Figur 7. Indre Trysfjord: Oksygenisopleter for januar og februar 1989. 5.1 - Agder Distrikthøgskole (ADH), 30.1 - Statens biologiske stasjon Flødevigen (SBSF) (Bøhle et al. 1989), 17.2 - NIVA. Oksygenforholdene i august 1985 (Bøhle 1986) er vist for sammenligning.

I februar var det tilført oksygen i alle dyp, men det var en liten rest av råttent vann tilbake i 10-15 m dyp. Under 15 m var det en blandingsvannmasse av gammelt dypvann og nytt vann.

Ved målingene den 17.2 ble det funnet vesentlig lavere tetthet i hele vannsøylen enn ved de tidligere målingene (Figur 8). Dette skyldes i hovedsak reduserte salinitetsverdier. Denne nedgangen er unormal og kan ikke uten videre forklares, men er nærmere kommentert under diskusjonen (Kap. 6).



Figur 8. Indre Trysfjord: Profiler for tetthet i januar og februar 1989.

5.2. Bunnprøver

I Tabell 1 er det gitt en samlet oversikt av data for prøvene, sedimentets karakter og feltobservasjoner av fauna.

Tabell 1. Bunnprøver: lokaliteter, dyp, visuell beskrivelse av sedimentet og observasjoner av organismer.

Prøve	Dyp	H ₂ S	Sediment	Observasjoner
<u>Neverkilen</u>				
I	9-11 m	++	Sort, bløt mudder. Gamle skallrester av skjell og snegl.	Ingen fauna
<u>Indre Trysfjord</u>				
II	8-9 m	(+)	Mørk brun sandblandet mudder. Lukt av råtne organismer.	Nylig døde skjell og krepsdyr. Levende børstemark (Nephtys) og muslinger (Venus)
III	13-15 m	+	Bløt brunsort mudder. Mye sortfargede rør av børstemark (Pectinaria). Gammel sagspon og flisrester.	Ikke observert levende dyr
<u>Ytre Trysfjord</u>				
IV	13-15 m	-	Friskt gråbrunt sediment. Mudderholdig sand, grus og skjellrester	Friske pelikanfot-snegl, sjømus (Echinocardium) og muslinger (Venus)
V	22-25 m	-	Friskt gråbrunt sediment. Sand og mudder med grus og skjellrester	Friske børstemark og kråkeboller (Strongylocentrotus)

5.2.1. Neverkilen

Prøven viste svært bløt råttent bunn uten fauna. Det ble bare funnet ett levende individ i prøven, av den lille muslingen Mysella bidentata. Dette hadde form og farge som er typisk for individer fra sandholdig substrat og er trolig tilført på lokaliteten.

Lokaliteten er permanent anoksisk. I nærområdet kan dødelighet som følge av omrøringen ha funnet sted på grunnere vann enn der prøven ble tatt (9-11 m).

5.2.2. Indre Trysfjord

8 - 9 m, skrapeprøve II

Prøven var nokså fattig på arter og individer. Av det som ble funnet, var det både levende, døde og tildels sterkt opprånede individer tilstede (Tabell 1 og 2). I sedimentet var det en tydelig forråtnelseslukt, men bare svak antydning av hydrogensulfid.

Det var ingen tendens i materialet til ulik dødelighet mellom dyregruppene, men det synes som de mindre formene har hatt best overlevelsessevne. Alle individene av de store artene, børstemarken Euclymene, pølseormen Golfingia, pigget hjerteskjell Acanthocardia og det hummerliknende krepsdyret Callianassa, var døde. I hjerteskjellene var bløtdelene borte, men skallene var friske og hadde rester av lukkemusklene.

Børstemarken Nephtys ble observert ved innsamlingen. Dette er en normalt aktiv form som beveger seg omkring og graver ganger under sedimentoverflaten. Ved innsamling beveget den seg nesten ikke og viste bare svake reaksjoner ved berøring. Det er tydelig at livsbetingelse ved innsamlingen var marginale.

Det var mulig å aldersbestemme noen av muslingene på basis av vekstsoner. Eldst var et stort individ av pigget hjerteskjell som hadde 10 tydelige vekstsoner og altså må antas å være minst ti år gammelt. Et annet av disse hadde seks soner. Det levende individet av Venus var minimum seks år. Alle muslingene syntes dessuten å ha hatt normal vekst. Vekstbetingelsene på lokaliteten må derfor ha vært tilstrekkelig gode for disse muslingene over en rekke år.

13 - 15 m, skrapeprøve III

Prøven var svært arts- og individfattig. Det ble funnet noen nesten helt opprånede rester av børstemarkene Nephtys og Pectinaria og friske skall av pelikanfotsnegl (Tabell 2). På sneglehusene var det ytre hornlaget (periostracum) mykt, men begynt å løsne. Det var ingen større arter i prøven slik som på

Tabell 2. Fullstendig fortegnelse over arter og deres individtall, gruppert etter tilstand, i skrapeprøver fra Neverkilen og indre Trysfjord 17. februar 1989.

	levende	nylig død	delvis oppråtnet
<u>Neverkilen, 9-11 m</u>			
Mollusca			
Mysella bidentata	1	-	-
<u>ved Holmen, 8-9 m</u>			
Cnidaria			
Edwardsia tuberculata	-	18	3
Anthozoa ind.	-	1	-
Nematoda			
Nematoda ind.	1	-	-
Polychaeta			
Pholoe minuta	-	-	1
Nephtys hombergii	11	1	1
Euclymene sp.	-	5	2
Sipunculida			
Golfingia elongata	-	1	4
Mollusca			
Acanthocardia echinata	-	-	3
Thyasira flexuosa	7	-	-
Venus striatula	1	-	1
Corbula gibba	2	-	-
Crustacea			
Callianassa subterranea	-	-	7
Macropipus arcuatus	-	1	-
Echinodermata			
Cucumaria elongata	-	1	-
<u>ved Holmen, 13-15 m</u>			
Polychaeta			
Nephtys cf. hombergii	-	-	1
Pectinaria cf. koreni	-	-	1
Mollusca			
Aporrhais pespelecani	-	2	-
Echinodermata			
Ophiuroidea ind., juv.	1	-	-

8-9 m (skrap II). Den lille slangestjernen er trolig nylig tilført på lokaliteten. Sedimentet inneholdt endel gammel sagspon og flisrester som kan stamme fra det tidligere sagbruket på Holmen.

I sedimentet var det store mengder rør av børstemarken Pectinaria, sannsynligvis arten Pectinaria koreni. Rørene til Pectinaria-artene er koniske, svært regulært formet og består av sammenkittede sandkorn. Sannsynligvis går de nokså fort i oppløsning når marken dør, men det er rimelig å anta at de kan holde seg intakte noen måneder i uforstyrrede sedimenter. Rørene var i svært god forfatning, og mange hadde et tynt slimlag på innsiden. Imidlertid var det rester av dyr bare i et rør. Sannsynligvis har bestanden blitt slått ut da omrøringen begynte før nyttår, men dødeligheten kan også ligge lenger tilbake i tid.

Pectinaria-artene er kortlevde og blir ikke mer enn 2-3 år gamle. Veksten kan variere meget, men som oftest er det lett å holde aldersgruppene fra hverandre på størrelsen. Gyting og rekruttering til bestanden finner i hovedsak sted om våren og forsommeren. I prøven var nesten alle rørene 30-40 mm lange (middelverdi 32.1 mm, n = 15) og med en diameter over åpningen på 3-4 mm. Nichols (1977) gir vekstdata for Pectinaria koreni fra Kiel-bukten som tilsier at denne arten er ett år ved denne størrelsen, men Nicolaidou (1983) fant raskere vekst i Wales. Mest sannsynlig er bestanden i Trysfjorden rekruttert sommeren 1987 og har hatt normal vekst fram til dødeligheten fant sted, men den kan også ha etablert seg i 1988.

Det var svært lite rester av andre dyr i prøven. Normalt ville en finne f.eks. skall av muslinger og snegl og plater/pigger fra sjøpinnsvin. Dette tyder på at få andre og ingen langlevde arter klarer seg på lokaliteten. Dette kan nok skyldes lokal forurensning fra flisrestene i sedimentet, men det er vel så trolig at bunnområdene på dette dypet med jevne mellomrom, kanskje årlig, utsettes for råttent vann som dreper faunaen. Den sterke Pectinaria-bestanden passer godt inn i et slikt mønster, i Kiel-bukten etablerer Pectinaria koreni seg mellom perioder med oksygensvikt i bunnvannet (Nichols 1977).

5.2.3. Ytre Trysfjord

13 - 15 m, skrapeprøve IV

Prøven ble tatt på bunn med blandet sand og grusholdig sediment. Dette var friskt og lyst på farge (Tabell 1). Det var høy artsrikhet i prøven, som er normalt på blandete sedimenter, men nokså lave individtall (Tabell 3).

Det var ingen tydelige tegn til dødelighet på lokaliteten. I prøven var det tre nylig døde muslinger (2 Astarte montagui, 1 Corbula gibba), mens de øvrige individene var i god forfatning. Det var heller ikke tegn til ytre skader på de irregulære kråkebollene (Echinocardium) slik som kasting av pigger.

Tabell 3. Fullstendig fortegnelse over arter og deres individtall i skrapeprøver fra ytre Trysfjord 17. februar 1989.

	13-15 m	22-25 m
Cnidaria		
Hydrozoa ind. (polypp)	5	-
Nemertini		
Nemertini ind.	6	7
Nematoda		
Nematoda ind.	1	52
Polychaeta		
Eteone cf. longa	-	1
Eumida sanguinea	-	3
Nereimyra punctata	1	-
Laeonereis glauca	-	1
Glycera alba	1	6
Goniada maculata	1	-
Sphaerodorum gracilis	-	1
Lumbrineris cf. latreilli	1	-
Scoloplos armiger	-	1
Paraonidae ind.	2	-
Prionospio cirrifera	-	1
Prionospio malmgreni	32	1
Nerinides tridentata	1	-
Spiophanes kroyeri	-	2
Cirratulus cirratus	1	3
Chaetozone setosa	2	-
Acrocirridae ind.	1	-
Diplocirrus glaucus	-	3
Myriochele oculata	1	-
Anobothrus gracilis	-	1
Phisidia aurea	-	2
Terebellidae ind.	-	1
Sipunculida		
Phascolion strombi	-	1
Golfingia minuta	1	10
Mollusca		
Natica alderi	1	-
Aporrhais pespelecani	7	-
Philine scabra	-	1
Modiolus phaseolinus	1	-
Astarte montagui	1	1
Thyasira flexuosa	3	1
Thyasira cf. sarsi	1	-
Montacuta ferruginosa	1	-
Mysella bidentata	-	3
Acanthocardia echinata	1	-
Parvicardium ovale	1	-
Parvicardium minimum	-	5
Spisula subtruncata	1	-
Abra nitida	-	1
Mya sp. juv.	-	1
Corbula gibba	1	-
Crustacea		
Philomedes globosus	9	144
Diastylis laevis	-	5
Ampelisca tenuicornis	-	16

Echinodermata		
Luidia sarsi, juv.	-	1
Amphiura filiformis	5	-
Ophiura affinis	-	2
Ophiuroidea ind., juv.	1	1
Strongylocentrotus droebachiensis	-	2
Echinocardium cordatum	11	-
Labidoplax buskii	3	1
Leptosynapta sp.	1	-
<hr/>		
Antall arter	32	33
Antall individer	106	282
Antall arter felles		11
<hr/>		

22 - 25 m, skrapeprøve V

Det var lignende bunn som ved prøve IV. Prøven var normalt arts- og individrik, men var sterkt dominert av den lille muslingkrepsen Philomedes globosus (Tabell 3). Bemerkelsesverdig få arter var felles for de to prøvene tatt i betraktning at bunnforholdene var ganske like, men tilsammen viser prøvene at det var høy artsrikhet i området.

Det var ingen døde dyr i prøven. Kråkebollene (Strongylocentrotus) var friske og viste normal aktivitet ved innsamlingen.

6. DISKUSJON

De fleste terskelfjordene på Sørlandet har dårlig vannutskiftning og preges av dypvann med kritiske oksygenforhold. Svært mange fjorder har råttent bunnvann (Molvær 1982, Bøhle 1986). For Vest-Agder beregnet Molvær (1982) at råtne bunnområder i fjordene tilsammen utgjør et areal i størrelsesorden 35 km². Generelt drives vannutskiftninger av ferskvannstilførsel, vind, vannstandsvariasjoner og tetthetsforskjeller mellom kyst og fjordvann. Større eller mindre vannutskiftninger kan skje hele året, men fullstendig fornying av bunnvannet skjer fortrinnsvis vinterstid når tyngre vannmasser i kystvannet drives opp over terskeldyp og strømmer inn i fjordene (Magnusson et al. 1988)

I Trysfjorden har det vært registrert råttent dypvann så lenge det har vært gjort målinger. I 1933 registrerte Strøm (1936) til og med en periode med hydrogensulfid opp til ca. 15 m. Trolig har også utskiftninger med tilsvarende heving av råttent dypvann som denne vinter funnet sted tidligere. I følge lokalbefolkningen har det tidligere (før krigen) vært episoder med massedød av fisk og misfarging av vannet.

Undersøkelsene viste at det 17. februar hadde vært vannutskiftning helt til bunns i begge fjordbassengene. I ytre Trysfjord var store deler av vannmassen fornyet, men i intermediære dyp var det rester av gammelt vann i en blandingsvannmasse. I indre Trysfjord var det fortsatt et sjikt av råttent vann tilstede. Dette var løftet til 10 m, mens det dypere enn 10 m var en oppblandet vannmasse. Vannfornyningen synes å ha vært mindre omfattende enn i ytre fjord, derav mindre tilført oksygen og lavere oksygenkonsentrasjoner i blandingsvannet. Trolig var utskiftningen fortsatt i gang og markerte seg med et sjikt av oksygenfattig vann i få meters dyp.

SBSF foretok også den 6. mars hydrografiske observasjoner i indre Trysfjord (Bøhle et al. 1989). På dette tidspunktet var det hydrogensulfid i bunnvannet (75 m) og fortsatt lave oksygenkonsentrasjoner i vannet høyere opp (0.3 - 1.2 ml/l) med minimum i 10-20 m. Det var imidlertid ikke noe intermediært sjikt av råttent vann tilstede og betydelig økte oksygenverdier i 5 m. Resultatene indikerer fortsatte tilførsler av nytt vann, men at bunnvannsfornyingen hadde stoppet opp.

Det store fallet i tetthet i hele vannsøylen fra 30.1 til 17.2 er unormalt. Siden tre ulike institusjoner har gjort undersøkelsene, kan avvik i målingene ikke utelukkes, men alle tre har benyttet standard metodikk med høy nøyaktighet for bestemmelse av salinitet (titrering: ADH, NIVA, salinometer: SBSF). Ved målingene den 6.3 fant SBSF lavere salinitet, og derved lavere tetthet, i alle dyp i forhold til sine målinger den 30.1 (Bøhle et al. 1989), men verdiene var ikke så lave som ved NIVA's måling fra 17.2 (f.eks. 30 m: 33.78 den 6.3 mot 33.31 den 17.2). Det synes derfor klart at det har funnet sted en tetthetsreduksjon i hele vannsøylen i forbindelse med vannutskiftningen, men om den har vært så sterk som februar-dataene indikerer, er ikke sikkert. I dagene like før målingen 17.2 var det meget sterk nordlig vind (storm) og unormale

vannstandsvariasjoner over hele Sørlandet. Dette kan ha drevet en vertikalkonveksjon hvor lettere vann er blitt blandet nedover i vannmassene.

Bunnprøvene viser at det var markert forskjell på virkningene av utskiftningen i indre og ytre fjordbasseng. Mens det var en betydelig dødelighet i det indre fjordbassenget, viste prøvene fra det ytre bassenget ikke tegn til skadevirkninger. I begge områder ble prøvene lagt til dyp hvor de sterkeste effektene kunne forventes. I ytre Trysfjord ble det råtne dypvannet tydeligvis godt oppblandet og for det meste ført ut av fjorden under utskiftningen, uten å bli liggende som et løftet sjikt i intermediære dybder. I ytre fjord har fornyingen av vannmassene dessuten skjedd over kortere tid enn i det indre fjordbassenget.

Det er mulig at utstrømningen av råttent eller oksygenfattig vann fra indre basseng kan ha ført til dødelighet på grunt vann (1-5 m) i ytre fjord. Det er ikke tatt prøver som kan belyse dette forholdet.

Prøvene fra ytre fjord var svært artsrike. Dette tyder på at miljøforholdene normalt er gode ned til i hvert fall omkring 25 m. Noen nøyere "gradering" av miljøtilstanden er det imidlertid vanskelig å gjøre på basis av skrapeprøver, til slike vurderinger er det nødvendig å ha kvantitative prøver.

Prøvene fra indre Trysfjord dokumenterte høy dødelighet i bunnfaunaen i dyp over den normale H_2S -grensen. Men det syntes som enkelte arter kunne klare seg, slik at noen fullstendig utryddelse av faunaen ikke fant sted. I utgangspunktet var faunaen artsfattig, spesielt dypere enn 10 m. Dette kan nok skyldes lokal forurensning fra flisrestene i sedimentet, men det er vel så trolig at områdene stadig utsettes for råttent eller oksygenfattig vann. I fjordene ved Flekkefjord registrerte Magnusson et al. (1988) flere delvise utskiftninger i løpet av et år hvor råttent vann ble løftet opp over terskelnivå.

Stene (notater) observerte ved dykking utenfor Holmen 21. og 31. januar en rekke døde og døende bunnorganismer (kuskjell, hjerteskjell, pølseormer, pigghuder og krepsdyr). Gråvende former var kommet opp på sedimentoverflaten. Men det var også levende individer av flere arter ned til 7-10 m. Skrapeprøvene har i hovedsak bekreftet dykkerobservasjonene, nemlig at dødeligheten var høy, men ikke total.

De biologiske undersøkelserne må betraktes som orienterende. Lite er kjent om artsrikheten i fjordene og hvordan samfunnene påvirkes av vannutskiftninger (dødelighet, rekruttering). Undersøkelsene bidrar derfor til å øke kunnskapen om fjordene og kan danne grunnlag for senere overvåking basert på kvantitative prøvetaking.

7. LITTERATUR

- Bøhle, B. 1986. Østerspoller på Skagerrakkysten. Egnethetsundersøkelser sommeren 1985. Flødevigen meldinger nr. 4 - 1986. 65 s.
- Bøhle, B., T. Jåvold & K. Kristiansen 1989. Hydrografiske forhold i noen fjorder og poller på Sørlandet vinteren 1989. Flødevigen meldinger nr. 4 - 1989. 28 s.
- Magnusson, J., K. Næs & K. Tangen 1988. Resipientundersøkelser av fjordområdet ved Flekkefjord 1986/87. NIVA, rapport nr. 2071. Oslo. 102 s.
- Molvær, J. 1982. Vannforekomster i Vest-Agder. Vurdering og kommentarer til fysisk-kjemiske analyseresultater fra fjorder i tidsrommet 1978-1981. NIVA, rapport nr. 1361. Oslo. 151 s.
- Nichols, F.H. 1977. Dynamics and production of Pectinaria koreni (Malmgren) in Kiel Bay, West Germany. Pp 453-463 in: Keegan, Ceidigh & Boaden (eds.), Biology of benthic organisms. 11. EMBS-symposium. Pergamon Press, Oxford.
- Nicolaidou, A. 1983. Life history and productivity of Pectinaria koreni Malmgren (Polychaeta). Est. Coast. Shelf Sci. 17: 31-43.
- Rygg, B. 1986. Miljøkvalitetskriterier for marine områder. Rapport 2. Forurensningsvirkninger på bløtbunnfaunasamfunn. NIVA, rapport nr. 1890, Oslo. 42 s.
- Strøm, K.M. 1936. Land-locked waters. Skrifter norske Videnskaps-Akademi, Mat.-naturvit. klasse, 1936 nr. 7: 1-85.

VEDLEGG

Appendikstabell 1.

TRYSFJORD 17.2.89. Fullstendige resultater for de hydrografiske målingene: saltholdighet (‰), temperatur (°C), tetthet (σ_t) og oppløst oksygen (mg/l, % metning). Saltholdighetsverdiene er avlest med salinoterm og korrigerert mot saltprøver som vist ved korreksjon ($S = S_{\text{salinoterm}} * S_{\text{korr}}$).

Ytre fjordbasseng

Dyp m	Salino- term	Salt- prøve	Korr. salt	(Vannh.) temp.	Tetth.	O ₂ mg/l	% metn.
0.5	25.5		25.34	4.6	20.06	8.6	78.9
2	32.45		32.24	7.0	25.24	5.0	50.8
5	34.05		33.84	7.0	26.50	7.2	73.9
10	34.2	33.987	34.00	7.0	26.63	7.1	73.0
15	34.25		34.04	7.0	26.66	7.1	73.0
20	34.35		34.11	7.1	26.70	6.1	62.9
30	34.4		34.16	7.1	26.74	3.2	33.0
40	34.45		34.21	7.1	26.78	3.2	33.0
60	34.5	34.263	34.26	7.2	26.80	5.1	53.0
75	34.6		34.36	7.2	26.88	5.2	53.9

Korreksjon :

(0.5-15 m) :

$$S_{\text{korr}} = \frac{33.987}{34.2} = 0.9938$$

(20-75 m) :

$$S_{\text{korr}} = \frac{34.263}{34.5} = 0.9931$$

Indre fjordbasseng

Dyp m	Salino- term	Salt- prøve	Korr. salt	(Vannh.) temp.	Tetth.	O ₂ mg/l	% metn.
0.5	27.0		26.58	5.0	21.00	7.6	71.0
2	32.45		31.95	7.0	25.01	3.5	35.5
5	33.6	33.086	33.09	7.5	25.84	1.0	10.3
10	33.9		33.26	7.65	25.95	< 0.1*	1.0
15	33.9		33.26	7.6	25.96	0.3**	3.1
20	33.95		33.31	7.6	26.00	0.7	7.3
30	33.95		33.31	7.55	26.01	1.1	11.4
40	33.95		33.31	7.55	26.01	1.2	12.4
60	33.95	33.314	33.31	7.5	26.01	1.6	16.6
75	33.95		33.31	7.5	26.01	1.4	14.5

* + H₂S** Svak H₂SKorreksjon :

(0.5-5 m) :

$$S_{korr} = \frac{33.086}{33.6} = 0.9847$$

(10-75 m) :

$$S_{korr} = \frac{33.314}{33.95} = 0.9813$$