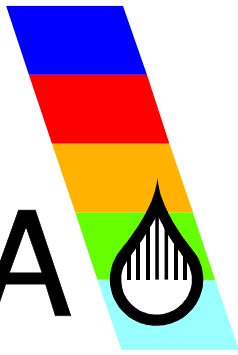


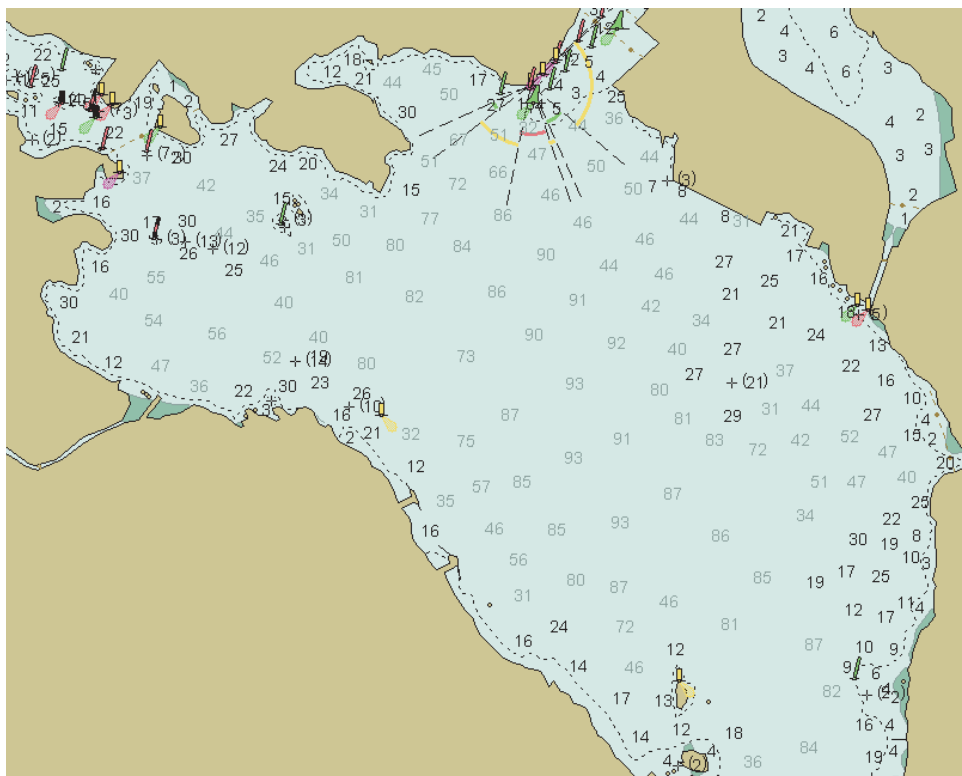
NIVA



RAPPORT LNR 4522-2002

Bløtbunnsfauna i Frierfjorden etter fem år med stagnant dypvann

Undersøkelser våren 2001



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Bløtbunnsfauna i Frierfjorden etter fem år med stagnant dypvann. Undersøkelser våren 2001	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	4522-2002	2002.04.09
	Prosjektnr. Udemnr.	Sider Pris
	21406	20
Forfatter(e) Rygg, Brage	Fagområde	Distribusjon
	Marin eutrofi	Trykket
	Geografisk område	NIVA
	Telemark	

Oppdragsgiver(e) NIVA	Oppdragsreferanse
--------------------------	-------------------

Sammendrag

I Frierfjordens dypvann er det registrert lange perioder med oksygenmangel. Det er observert at bunnområdene dypere enn 50-60 m er råtne og uten dyreliv.

I mars 2001 ble det gjort innsamling av bløtbunnsprøver med grabb på 16 stasjoner tvers over Frierfjordbassenget på dyp fra 20 til 93 m. Formålet var å undersøke faunaens tilstand på forskjellige dyp for å se hvordan oksygenforholdene gjennom flere år med stagnerende dypvann har påvirket tilstanden.

Overgangen til livløs bunn i 2001 lå på samme dyp som i 1987, 1994 og 1998, altså omkring 50-60 m.

Fire norske emneord 1. Dypvann 2. Frierfjorden 3. Bløtbunnsfauna 4. Oksygen	Fire engelske emneord 1. Deep water 2. Frierfjorden 3. Soft-bottom fauna 4. Oxygen
---	--

Brage Rygg
Prosjektleder

Kari Nygaard
Forskningsleder
ISBN 82-577-4175-2

Jens Skei
Forskningsjef

**Bløtbunnsfauna i Frierfjorden etter
fem år med stagnant dypvann**

Undersøkelser våren 2001

Forord

Innsamling av bløtbunnsfaunaprøver ble gjennomført 9. mars 2001. Toktfartøy var "Trygve Braarud". Undersøkelsesopplegget var det samme som i 1998. Deltaker fra NIVA var Jarle Håvardstun. Prøvene ble opparbeidet av Brage Rygg og Pirkko Rygg.

De tidligere bløtbunnsfaunaundersøkelsene i Frierfjorden (perioden 1974-1998) er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) innenfor Statlig program for forurensningsovervåking, mens undersøkelsene i 2001 ble finansiert ved forskningsmidler fra NIVA.

Oslo, 9. april 2002

Brage Rygg

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn og formål	7
2. Materiale og metoder	9
3. Resultater og diskusjon	10
3.1. Tilstanden i 2001	10
3.2. Endringer over tid	11
4. Henvisninger	17
Vedlegg	19

Sammendrag

Denne rapporten presenterer resultatene fra en undersøkelse av bløtbunnsfauna i Frierfjorden i mars 2001. Det ble gjort innsamling av bløtbunns sediment med grabb på 16 stasjoner tvers over Frierfjordbassenget på dyp fra 20 til 93 m. Formålet var å kartlegge utbredelsen av livløs bunn i dypbassenget og undersøke faunaens tilstand på forskjellige dyp for å se hvordan oksygenforholdene i fjorden har påvirket tilstanden. Bløtbunnsfauna i Frierfjorden er tidligere undersøkt i 1974, 1979, 1986, 1987, 1994 og 1998.

I Frierfjordens dypvann er det registrert lange perioder med oksygenmangel. Det er observert at dype bunnområder er råtne og uten dyreliv. I overgangssonen mellom grunne og dype områder er forurensningsømfintlige arter borte og tolerante arter dominerer.

Resultatene fra 2001 viste at bløtbunnsfauna manglet på større dyp enn 50-60 m. Overgangen til livløs bunn i 2001 lå på samme dyp som i 1987, 1994 og 1998, altså omkring 50-60 m.

Summary

Title: Soft-bottom fauna in Frierfjorden after five years of stagnating deep water. Investigations in spring 2001.

Year: 2002

Author: Rygg, Brage

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4175-2

This report presents the results from an investigation of the soft-bottom fauna in Frierfjorden i March 2001. Samples were obtained with a grab at 16 locations across the Frierfjord basin at depths ranging from 20 til 93 meters. The goal was to study the fauna at different depths to see how the oxygen conditions in the fjord had influenced the fauna. Soft-bottom fauna i the Frierfjord is previously investigated in 1974, 1979, 1986, 1987, 1994, and 1998.

In the deep water of the Frierfjord long periods with oxygen deficit may occur. Deep bottom areas lack macroscopic life.

The results from March 2001 showed a lack of soft-bottom fauna at depths below 50-60 m. The transition to lifeless bottom in 2001 occurred at 50-60 m, as was the case in 1987, 1994 and 1998.

1. Bakgrunn og formål

Formålet med bløtbunnsfaunaundersøkelsene i 2001 var å kartlegge utbredelsen av livløs bunn i Frierfjordens dypbasseng og undersøke faunaens tilstand på forskjellige dyp for å se hvordan oksygenforholdene i fjorden har påvirket tilstanden og spore eventuelle endringer sammenlignet med tidligere år.

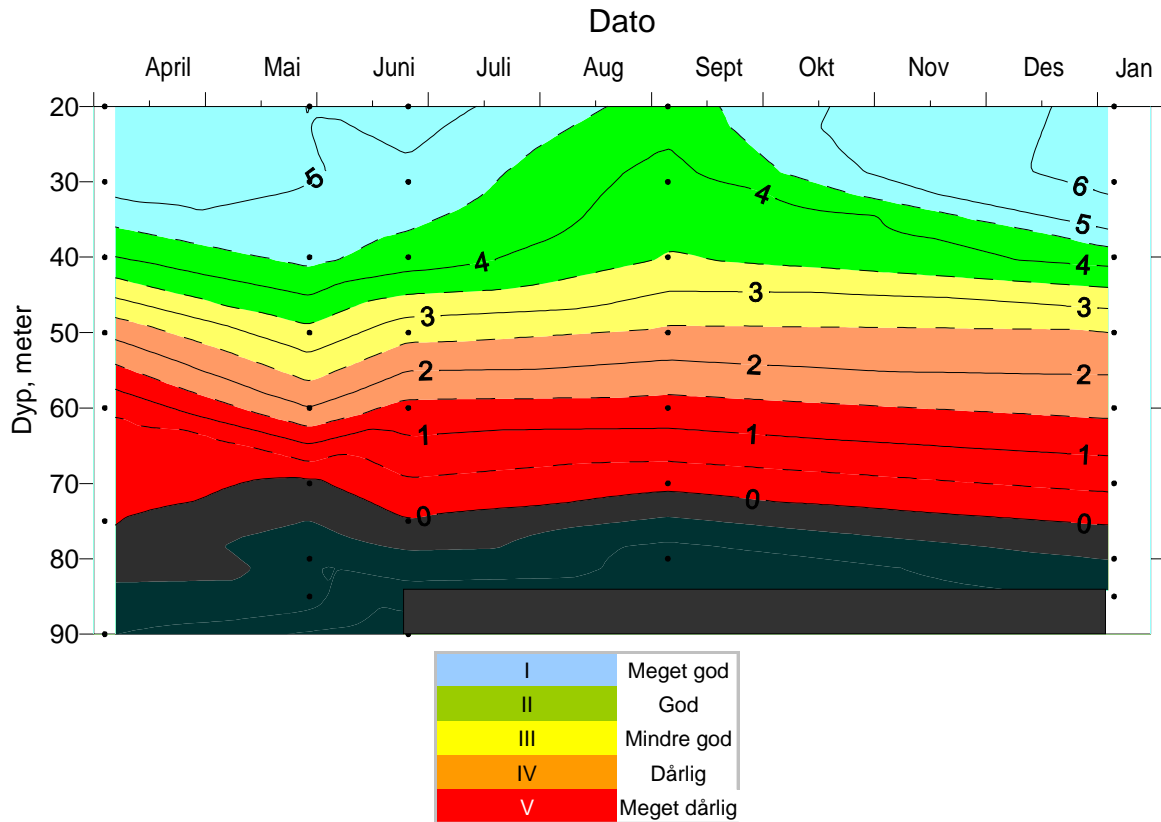
De tidligste bløtbunnsfaunaundersøkelsene i Frierfjorden ble hovedsakelig gjort på 20-25 m dyp ved Balsøya (stasjon P1) (Molvær et al. 1979; Rygg 1980; Rygg et al. 1987). I 1987 og 1994 ble det tatt prøver langs et dypprofil fra 15 til 50 m, i 1998 fra 20 til 93 m (Rygg 1989; Rygg 1995a; Rygg 2000). Mellom 1994 og 1998 ble det ikke gjort bløtbunnsfaunaundersøkelser i Frierfjorden.

Frierfjorden har største dyp på nær 100 meter, og er avgrenset fra Langesundsfjorden utenfor med en terskel på ca. 23 meter. Hovedvannmassene kan deles inn i et brakkvannslag (ca. 0-8 m), et mellomlag (ned til terskeldypet eller litt dypere) og bassengvannet. Mellomlaget har fri forbindelse med vannmassene utenfor, mens bassengvannet kun har periodevis vannutskiftninger. Vannutskiftningen i Frierfjorden er uregelmessig og styrt av hydrofysiske forhold. Det går gjerne ett eller flere år mellom hver dypvannutskiftning.

Det skjedde en dypvannutskiftning mellom januar og mars 2001. Den foregående fullstendige vannutskiftning skjedde i begynnelsen av 1996. Dette er den lengste perioden uten noen større vannutskiftning som har vært registrert siden 1974. I denne stagnasjonsperioden har oksygenforholdene gradvis forverret seg, og det ble etterhvert registrert meget dårlige forhold dypere enn ca. 60 m og hydrogensulfid dypere enn 70-75 m (Molvær 2001). Etter dypvannutskiftningen vinteren 2001 hadde bunnvannet på 80 meters dyp fått en oksygenkonsentrasjon på 3-4 ml O₂/l (**Tabell 1**) (Kroglund og Molvær 2001).

Reduksjoner i tilførsel av næringssalter og organisk stoff har bedret oksygenforholdene i Frierfjorden gjennom 1980- og 1990-tallet. Mens det på 1970-tallet ble registrert hydrogensulfidholdig vann fra bunn og opp til 40 meters dyp, ble det under siste stagnasjonsperiode fra 1996 til 2001 kun registrert hydrogensulfid opp til 70-75 meters dyp (**Figur 1**).

Sedimentene i undersøkelsesområdet består av siltig leire (Rygg 2000).



Figur 1. Frierfjorden. Oksygen i dypvannet fra april 2000 til januar (Molvær 2001). Fargekoden viser til SFTs kriterier for klassifisering av tilstand (SFT 1997). Hydrogensulfid er gitt svart farge.

Tabell 1. Oksygenkonsentrasjoner midt i Frierfjorden den 9.3 2001.

Dyp (meter)	Konsentrasjon (ml O ₂ /l)
30	2.98
40	4.42
50	3.64
60	4.93
80	3.26

2. Materiale og metoder

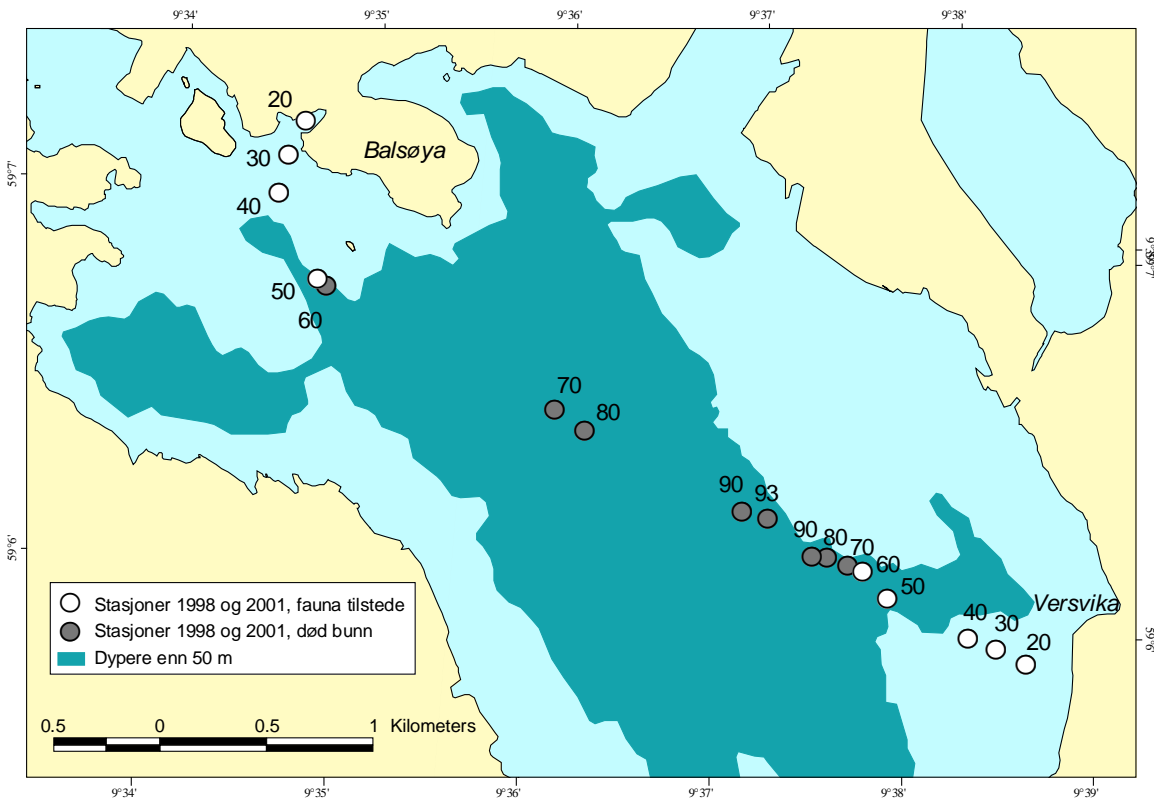
Bløtbunnsprøver ble tatt med en 0.1 m² vanVeen-grabb den 9. mars 2001. Grunneste prøver ble tatt på 20 m dyp ved Balsøya på vestsida av fjorden og på 20 m dyp ved Versvika på østsida av fjorden. Fra begge sider ble det tatt prøver for hvert 10 meter dybdeintervall ned til største dyp midt i Frierfjorden (93 m) (**Figur 2; Tabell 2**). På hver posisjon ble det tatt én grabbprøve. Prøvene ble silt gjennom 1.0 mm siler, fiksert i 5-6 % nøytralisert formalin og senere overført til 75% etanol. Dyrene ble sortert ut, artsbestemt og tellet. Det ble beregnet parametre som individtetthet, artsmangfold m.m. Artsmangfold ble kalkulert ved bruk av Shannon-Wiener indeks (H, \log_2) (Shannon & Weaver 1963). Programmet PRIMER for Windows (version 5.2.0) ble benyttet for multivariatanalyse. For å identifisere grupper av stasjoner med lignende artssammensetning, ble det regnet ut likhetsmatriser og utført MDS-analyse. Midt i fjorden ble det tatt vannprøver fra forskjellige dyp for oksygenanalyser.

3. Resultater og diskusjon

3.1. Tilstanden i 2001

Resultatene fra mars 2001 viste at bløtbunnsfauna manglet på større dyp enn 50-60 m (**Figur 2**). **Tabell 2** viser individantall, artsantall og artsmangfoldindeks H (Shannon & Weaver 1963) i hver prøve. Posisjoner og dyp er også vist. På østsiden av fjorden fantes det dyr 10 m dypere ned enn på vestsiden. Detaljerte faunadata finnes i **Tabell 6** i Vedlegg.

Figur 2 viser grabbstasjonene i 1998 og 2001 og bunnarealet som ligger dypere enn 50 m.



Figur 2. Grabbstasjoner i Frierfjorden 1998 og 2001 med dyp angitt, stasjoner med fauna eller død bunn, og bunnareal dypere enn 50 m.

Tabell 2. Stasjons- og faunaparametre 9. mars 2001.

Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Individantall per 0.1m ²	Artsantall	Artsmangfold H
Ø20	9°38.60'	59°05.96'	20	145	33	3.54
Ø30	9°38.44'	59°05.99'	30	133	33	4.08
Ø40	9°38.29'	59°06.02'	40	10	6	2.45
Ø50	9°37.85'	59°06.11'	50	90	23	3.34
Ø60	9°37.72'	59°06.17'	60	294	14	1.74
Ø70	9°37.63'	59°06.18'	70	0		
Ø80	9°37.53'	59°06.21'	80	0		
Ø90	9°37.45'	59°06.21'	90	0		
V20	9°34.63'	59°07.26'	20	172	24	3.84
V30	9°34.55'	59°07.16'	30	53	19	3.63
V40	9°34.52'	59°07.06'	40	96	30	3.89
V50	9°34.76'	59°06.84'	50	383	21	2.24
V60	9°34.81'	59°06.82'	60	0		
V70	9°36.05'	59°06.54'	70	0		
V80	9°36.21'	59°06.49'	80	0		
V90	9°37.06'	59°06.31'	90	0		
V93	9°37.20'	59°06.30'	93	0		

3.2. Endringer over tid

Det har vært store svingninger i faunaen fra år til år.

Tabell 3 viser antall arter, antall individer og arts mangfold ved tidligere undersøkelser i området.

I periodene forut for innsamlingen i juli 1974 og oktober 1987 var det oksygenmangel i Frierfjorden (Molvær 1976; Rygg et al. 1988). Forut for innsamlingen i november 1979 hadde oksygenkonsentrasjonen vært nokså høy over en lang periode (Molvær 1980). I perioden forut for innsamlingen i januar 1986 ble det ikke gjort oksygenmålinger i Frierfjorden. Ved innsamlingen i januar 1986 var oksygenkonsentrasjonen i 20-30 m dyp omkring 4 ml/l. Ved innsamlingen i oktober 1986 var konsentrasjonen omkring 5 ml/l. Det mangler oksygenobservasjoner i månedene forut for prøvetakingen i 1994. Ved prøvetakingen i mai 1998 hadde det vært meget dårlige oksygenforhold (mindre enn 1.5 ml O₂/l) i dypvannet siden sommeren 1997. Det mangler oksygenobservasjoner mellom november 1997 og juni 1998. Men svært lavt oksygeninnhold på 70 m dyp og forekomst av hydrogensulfid på 80-85 m i juni 1998 (Molvær 2001) viser at det ikke hadde vært noen dypvannsutskiftning. De dårlige oksygenforholdene forklarer mangelen på dyr i dypbassenget i 1998 og 2001.

Overgangen til livløs bunn i 2001 lå på samme dyp som i 1987, 1994 og 1998, altså omkring 50-60 m. Oksygenkonsentrasjonen i vannmassen i dette dypet lå på omkring 1.5 ml O₂/l (**Figur 1**), men det kan tenkes at oksygenkonsentrasjonen ved bunnen er lavere enn i de frie vannmassene i samme dyp.

På 23-25 m dyp er det tatt prøver ved seks tidspunkter i 1974-94. Børstemarkene *Prionospio* spp, slangestjernen *Amphiura filiformis* og sjøpølsen *Labidoplax buskii* var tallrike i november 1979, oktober 1986 og mai 1994. I juli 1974, januar 1986 og oktober 1987 og på største dyp med levende fauna (50-60 m) i 1994, 1998 og 2001 manglet disse artene nesten helt (**Tabell 4**, **Tabell 5**).

Prionospio spp er arter som ser ut til å være blant de første som forsvinner når det opptrer lave oksygenkonsentrasjoner (Rygg 1981). Heller ikke *Amphiura filiformis* eller *Labidoplax buskii* tåler sterk nedgang i oksygenkonsentrasjonen (Rygg 1995b).

Børstemarkene *Pseudopolydora* spp og *Chaetozone setosa* og muslingen *Thyasira* spp er forurensningstolerante arter (Rygg 1995b). De var vanlige på de større dypene i Frierfjorden i 1994, 1998 og 2001. *Pseudopolydora* spp viste særlig høyt individtall på 50 m dyp i 2001. Også fra andre fjorder har disse artene dominert i prøver fra dyp med oksygenfattig vann, f.eks. *Chaetozone* og *Thyasira* i Håøyfjorden (Rygg 1989; 1995a), *Pseudopolydora* i Drammensfjorden (Rygg 1986) og Hvaler (Rygg 1983) og *Pseudopolydora* og *Thyasira* i Riskafjorden (Bokn et al. 1996).

Det er ikke kjent om fauna kan etablere seg i dypvannet i Frierfjorden i perioder etter store vannutskiftninger. Det ville være interessant å foreta undersøkelser i slike perioder.

Tabell 3. Faunaparametre ved Balsøya ved tidligere undersøkelser i Frierfjorden

Dyp (m)	År-måned	Areal (m ²)	Individantall	Ind./0.1m ²	Artsantall	Artsmangfold (H)
23	1974-Jul	0.5	222	44	12	1.78
23	1979-Nov	0.4	4179	1045	58	3.54
24	1986-Jan	0.4	597	149	26	3.04
25	1986-Okt	0.8	3438	430	72	3.93
20	1987-Okt	0.4	248	62	30	3.44
25	1987-Okt	0.4	168	42	17	2.51
30	1987-Okt	0.4	79	20	16	2.66
35	1987-Okt	0.4	562	141	22	2.05
40	1987-Okt	0.4	190	48	13	1.72
45	1987-Okt	0.4	30	8	5	1.81
50	1987-Okt	0.2	3	2	1	0.00
15	1994-Mai	0.1	246	246	28	3.64
20	1994-Mai	0.1	207	207	31	3.87
25	1994-Mai	0.1	144	144	24	2.99
30	1994-Mai	0.1	198	198	25	2.98
35	1994-Mai	0.1	376	376	28	3.43
40	1994-Mai	0.1	93	93	14	2.17
45	1994-Mai	0.1	64	64	8	2.34
50	1994-Mai	0.1	102	102	9	2.52
V20	1998-Mai	0.1	62	62	13	3.23
V30	1998-Mai	0.1	37	37	11	2.96
V40	1998-Mai	0.1	16	16	8	3.04
V50	1998-Mai	0.1	19	19	7	1.54
Ø20	1998-Mai	0.1	22	22	20	3.55
Ø30	1998-Mai	0.1	36	36	18	3.83
Ø40	1998-Mai	0.1	27	27	11	3.20
Ø50	1998-Mai	0.1	14	14	8	2.71
Ø60	1998-Mai	0.1	29	29	5	2.02

Tabell 4. Antall individer pr. 0.1m² av seks vanlige slekter i prøver fra forskjellige dyp ved Balsøya i vestlige del av Frierfjorden i 1974-2001. Tomme grå ruter markerer at prøver ikke er tatt. Prøver fra 60 m og dypere var uten liv og er ikke tatt med i tabellen. (For enkelhets skyld er prøver fra 23, 24 og 25 m dyp presentert i 25 m linjen i tabellen).

Slekt	Dyp (m)	2.7.1974	1.11.1979	20.1.1986	21.10.1986	13.10.1987	13.5.1994	26.5.1998	9.3.2001
<i>Thyasira</i>	15						4		
	20					23	1	3	3
	25	31	255	56	86	24	2		
	30					10	15	2	3
	35					39	135		
	40					33	2	3	7
	45					3	8		
	50					0	21	2	39

<i>Chaetozone</i>	15						0		
	20					0	1	2	0
	25	2	0	1	0	0	1		
	30					0	6	0	1
	35					0	6		
	40					3	5	0	1
	45					3	9		
	50					0	11	1	65

<i>Prionospio</i>	15						25		
	20					0	50	1	20
	25	0	111	0	81	0	9		
	30					0	11	0	0
	35					0	39		
	40					0	2	2	32
	45					0	0		
	50					0	0	0	2

<i>Pseudopolydora</i>	15						0		
	20					1	0	0	0
	25	1	279	0	47	0	2		
	30					0	1	0	0
	35					0	25		
	40					0	2	0	2
	45					0	5		
	50					0	29	21	218

forts...

... forts.

Slekt	Dyp (m)	2.7.1974	1.11.1979	20.1.1986	21.10.1986	13.10.1987	13.5.1994	26.5.1998	9.3.2001
<i>Amphiura</i>	15						68		
	20					1	28	3	14
	25	0	72	0	24	1	17		
	30					0	3	9	17
	35					0	8		
	40					0	1	0	1
	45					0	0		
	50					0	0	0	0

<i>Labidoplax</i>	15						40		
	20					1	14	0	32
	25	0	66	7	64	0	16		
	30					0	23	0	2
	35					0	43		
	40					0	1	0	11
	45					0	0		
	50					0	1	0	0

Tabell 5. Antall individer pr. 0.1m² av seks vanlige slekter i prøver fra forskjellige dyp i østlige del av Frierfjorden i 1974-2001. Tomme grå ruter markerer at prøver ikke er tatt. Prøver fra 70 m og dypere var uten liv og er ikke tatt med i tabellen. (For enkelhets skyld er prøver fra 22 m dyp presentert i 20 m linjen i tabellen).

Slekt	Dyp (m)	2.7.1974	1.11.1979	20.1.1986	26.5.1998	9.3.2001
<i>Thyasira</i>	20	30	63	82	1	0
	30				2	5
	40				1	0
	50				2	5
	60				6	12

<i>Chaetozone</i>	20	0	1	0	0	0
	30				1	2
	40				0	0
	50				1	10
	60				5	54

<i>Prionospio</i>	20	0	24	39	4	7
	30				0	9
	40				1	2
	50				5	22
	60				0	3

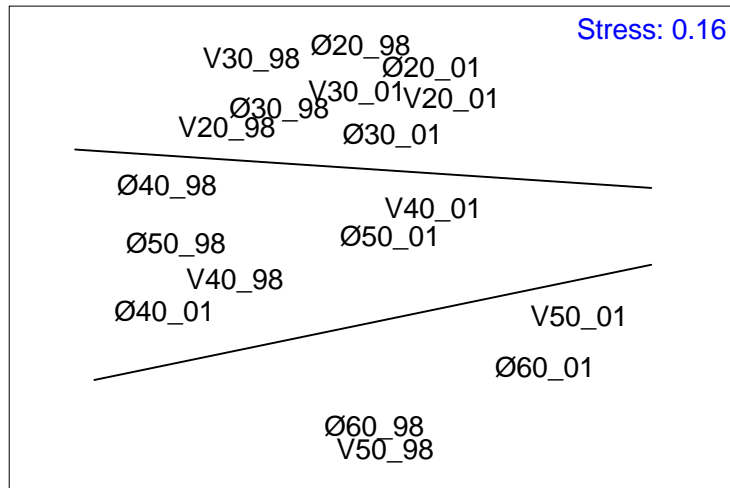
<i>Pseudopolydora</i>	20	0	59	1	1	0
	30				0	0
	40				0	0
	50				0	0
	60				5	191

<i>Amphiura</i>	20	0	34	143	7	32
	30				5	8
	40				1	0
	50				0	0
	60				0	0

<i>Labidoplax</i>	20	0	58	95	0	2
	30				0	38
	40				0	0
	50				0	1
	60				0	0

Figur 3 viser et likhet faunasammensetningen blant prøvene fra 1998 og 2001. Prøver som ligger nært hverandre i plottet har større faunalikhet enn prøver som ligger langt fra hverandre.

Frierfjorden 1998 og 2001



Figur 3. MDS-plott av prøvene fra 1998 og 2001. Vestlige (V) og østlige (Ø) stasjoner med dyp og årstall er angitt.

I begge årene var faunaen forholdsvis lik i prøvene fra 20-30 m dyp fra både vestsiden og østsiden av fjorden. Alle 40 m prøver samt østsidens 50 m prøver utgjorde en mellomgruppe. Vestsidens 50 m prøver grupperte seg sammen med østsidens 60 m prøver, altså de dypeste prøvene før livløs bunn ble nådd.

4. Henvisninger

- Bokn T, Johnsen T M, Knutzen J, Lømsland E, Moy F, Nygaard K, Rygg B, 1996. Resipientundersøkelser 1995 i sjøområder rundt Stavangerhalvøya. 127 s. (NIVA 3493-96)
- Kroglund T, Molvær J, 2001. Vurdering av begroings- og miljømessige konsekvenser ved bruk av sjøvann fra Frierfjorden som kjølevann. 35 s. (NIVA-rapport 4421-2001)
- Molvær J, 1976. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tiliggende fjordområder. 4. Fremdriftsrapport fra undersøkelser av vannutskiftningen i fjordområdene mars 1974 - desember 1975. NIVA-rapport, O-70111
- Molvær J, 1980. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva. Hydrokjemiske data 1977 - 1979. NIVA-rapport, O-76129
- Molvær J, 1999. Grenlandsfjordene 1994-97. Undersøkelser av vannkjemiske forhold og vannutskiftning. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 756/99. 47 s. (NIVA-rapport 3960-98)
- Molvær J, 2001. Overvåking av Grenlandsfjordene 2000 Oksygenforhold og vannutskiftning. 23 s. (NIVA-rapport 4374-2001)
- Molvær J, Bokn T, Kirkerud L, Kvalvågnæs K, Nilsen G, Rygg B, Skei J, 1979. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tiliggende fjordområder. Rapport 8. Sluttrapport. 253 s. (NIVA-rapport 1103)
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-veiledning nr. 97:03, 36 s.
- Rygg B, 1980. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1979. Delrapport 4. Bløtbunnsfauna. 16 s. (NIVA-rapport 1246)
- Rygg, B. 1981. Bløtbunnsfauna som indikatorsystem på miljøkvalitet i fjorder. Den mulige bruk av mangelbørstemarkene *Prionospio cirrifera* og *P. malmgreni* som negative indikatorer på lavt oksygeninnhold. 17 s. (NIVA-rapport F.408)
- Rygg, B. 1983. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Bløtbunnsfauna 1980. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 69/83. 34 s. (NIVA 1505)
- Rygg, B. 1986. Basisundersøkelse i Drammensfjorden 1982-1984. Delrapport 3. Bløtbunnsfauna. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 223/86. 24 s. (NIVA 1863)
- Rygg, B. 1989. Bløtbunnsfaunaundersøkelser i Grenlandsfjordene 1987. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 361/89. 23 s. (NIVA 2271)
- Rygg B, Green N, Molvær J, Næs K, 1987. Grenlandsfjordene og Skienselva 1986. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 287/87. 91 s. (NIVA-rapport 2033)

- Rygg B, Green N, Knutzen J, Molvær J, 1988. Grenlandsfjordene og Skienselva 1987. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 327/88. 72 s. (NIVA-rapport 2159)
- Rygg B, 1989. Bløtbunnfaunaundersøkelser i Grenlandsfjordene 1987. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 361/89. 23 s. (NIVA-rapport 2271)
- Rygg B, 1995a. Undersøkelser av bløtbunnsfauna i Grenlandsfjordene 1994. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 619/95. 50 s. (NIVA-rapport 3320)
- Rygg B, 1995b. Indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taksa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. 68 s. (NIVA 3347-95)
- Rygg B, 2000. Overvåking av Grenlandsfjordene. Bløtbunnsfauna i Frierfjorden i mai 1998. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 791/2000. 18 s. (NIVA-rapport 4204)
- Shannon C E, Weaver W, 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.

Vedlegg

Tabell 6. Antall individer av hver art på stasjonene på vestsiden (V) og østsiden (Ø) av Frierfjorden 9. mars 2001. Tallet i stasjonskoden angir dyp i meter. Dypere enn 50 m på vestsiden og dypere enn 60 m på østsiden fantes det ikke makrofauna.

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	V20	V30	V40	V50	Ø20	Ø30	Ø40	Ø50	Ø60
ANTHOZOA	Cerianthidae	Cerianthus lloydi	5								
NEMERTINEA		Nemertinea indet	8	1	2	8	5	6			1
POLYCHAETA	Polynoidae	Harmothoe sp			1	1		2	1	1	
POLYCHAETA	Sigalionidae	Phloe minuta	12	4	12	12	6	5	2	4	4
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eteone sp					1				
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce sp				1					
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodocidae indet					1			1	
POLYCHAETA	Hesionidae	Nereimyra punctata				9				2	7
POLYCHAETA	Pilargiidae	Pilargis sp		3	1		8				
POLYCHAETA	Pilargiidae	Synelmis klatti					1				
POLYCHAETA	Sphaerodoridae	Sphaerodorum flavum	1					2			
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera alba	5		2	2	6	2	2	2	2
POLYCHAETA	Glyceridae	Glycera sp					1			1	
POLYCHAETA	Goniadidae	Glycinde nordmanni						1			
POLYCHAETA	Goniadidae	Goniada maculata	1	1	1	2	1	3		2	1
POLYCHAETA	Lumbrineridae	Lumbrineris sp			2		1	1		3	
POLYCHAETA	Orbiniidae	Scoloplos armiger	1								
POLYCHAETA	Paraonidae	Cirrophorus lyra					1			1	1
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cf. cirrifera			27		11				
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cf. steenstrupi	2		5		2	2	1	7	
POLYCHAETA	Spionidae	Prionospio cirrifera	18			2		15	3	37	3
POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora cf. pulchra				218					191
POLYCHAETA	Spionidae	Pseudopolydora sp			2						
POLYCHAETA	Spionidae	Spiophanes kroeyeri		1					1	2	3
POLYCHAETA	Cirratulidae	Caulerella sp			2						
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa		1	1	65		2		10	54
POLYCHAETA	Cirratulidae	Cirratulidae indet			1						
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Brada cf. villosa			1						
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Brada villosa			5			3			
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Diplocirrus glaucus	19	1	2		5	4		2	
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Flabelligera cf. affinis						1			
POLYCHAETA	Flabelligeridae	Pherusa cf. plumosa	1	1	1			2			
POLYCHAETA	Scalibregmidae	Polyphysia crassa	1	6	1	1		4		1	
POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus sp				2	1				
POLYCHAETA	Maldanidae	Euclymeninae indet					1				
POLYCHAETA	Oweniidae	Myriochele oculata	1		1	3	1				
POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria auricoma	11	2			1	2			
POLYCHAETA	Pectinariidae	Pectinaria belgica		1			2				
POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharctis gunneri			1	2				2	2
POLYCHAETA	Ampharetidae	Sabellides octocirrata					2				
POLYCHAETA	Terebellidae	Polycirrus plumosus			1						
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Terebellides stroemi	14		2	5	10	2		2	
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchidae indet			1					1	
POLYCHAETA	Trichobranchidae	Trichobranchus roseus	12	1							
POLYCHAETA	Sabellidae	Euchone sp			1	7				1	2
POLYCHAETA	Sabellidae	Sabellidae indet			1	1		1			
PROSOBRANCHIA	Rissoidae	Onoba vitrea					1				
OPISTHOBANCHIA	Philinidae	Philine cf. scabra						1			
CAUDOFOVEATA		Caudofoveata indet	1				2	1			
BIVALVIA	Limidae	Limaria loscombi						1			
BIVALVIA	Pectinidae	Chlamys abyssorum				2					
BIVALVIA	Lucinidae	Myrtea spinifera	5	2			1				
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira equalis				1					1
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sarsi	3	3	7	38		5		5	22
BIVALVIA	Lasaeidae	Montacuta tenella						2			
BIVALVIA	Cardiidae	Parvicardium minimum						2			
BIVALVIA	Scrobiculariidae	Abra nitida									1
BIVALVIA	Corbulidae	Corbula gibba					1	2		1	
BIVALVIA	Cuspidariidae	Cuspidaria obesa		1							
AMPHIPODA	Caprellidae	Phtisica marina			2						
DECAPODA	Callinassidae	Callinassa sp	1				1	1			
SIPUNCULIDA		Golfingia sp					1				

forts.

.. forts.

GRUPPE	FAMILIE	ART/TAKSON	V20	V30	V40	V50		Ø20	Ø30	Ø40	Ø50	Ø60
OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura chiajei		2	1			3	3			
OPHIUROIDEA	Amphiuridae	Amphiura filiformis	14	15				61	12			
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp	3		2			1	2			
ECHINOIDEA	Parechinidae	Psammechinus miliaris			1							
ECHINOIDEA	Brissidae	Brissopsis lyrifera							2			
ECHINOIDEA	Loveniidae	Echinocardium cordatum	1						1			
HOLOTHUROIDEA	Synaptidae	Labidoplax buski	32	2	11			2	38		1	
ASCIDIACEA		Ascidiacea indet				1		2				
VARIA		Vermiformis indet						1				