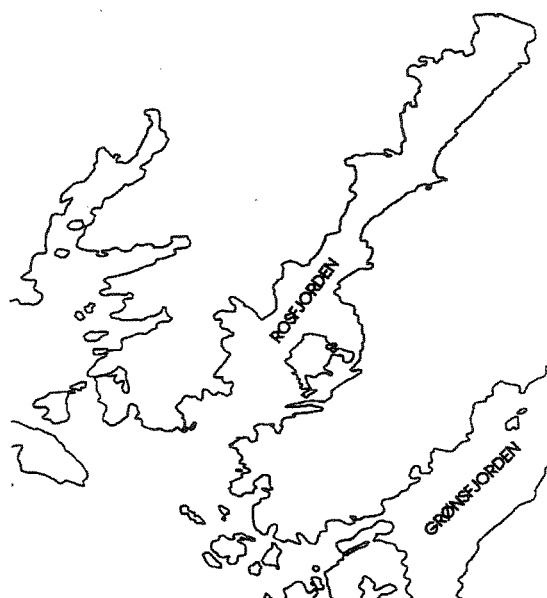


O-92115

# Resipientundersøkelse i Rosfjorden, Vest-Agder, 1992

Vannutskifting,  
vannkvalitet,  
strandsone-  
registreringer,  
bløtbunnsfauna  
og miljøgifter  
i sedimenter



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-92115	Undernr.:
Løpenr.: 3017	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Rapportens tittel:</b> RESIPIENTUNDERSØKELSE I ROSFJORDEN VEST-AGDER 1992. Vannutskiftning, vannkvalitet, strandsoneregistreringer, bløtbunnsfauna og miljøgifter i sedimenter.	<b>Dato:</b> 24/2/94	<b>Trykket:</b> NIVA 1994
	<b>Faggruppe:</b> Marin eutrofi	
<b>Forfatter(e):</b> Tone Jacobsen Jan Magnusson Eivind Oug Kristoffer Næs	<b>Geografisk område:</b> Vest-Agder	
	<b>Antall sider:</b> 50	<b>Opplag:</b> 60

<b>Oppdragsgiver:</b> Lyngdal kommune	<b>Oppdragsg. ref.:</b>
------------------------------------------	-------------------------

Ekstrakt: Undersøkelsen viste at det var generelt gode miljøforhold i fjorden. Hyppige vannutskiftninger sammen med relativt små forurensningstilførsler har gitt gode oksygenforhold og normal bløtbunnsfauna. Det ble ikke målt overkonsentrasjoner av næringssalter i vannmassene, men strandsonen i nærområdet til utslippet var noe påvirket som tyder på periodevise overkonsentrasjoner av næringssalter og nedslamming. Bunnsedimentene i innerste del av Rosfjorden var svakt påvirket av metaller. Beregningene viser at den planlagte økningen i utslipp av avløpsvann ikke vil gi vesentlige endringer av miljøforholdene, men det anbefales bruk av diffusor på ledningen for å redusere gjennomslag til overflaten.

4 emneord, norske

1. Rosfjord
2. Vannkvalitet
3. Hard- og bløtbunnsamfunn
4. Miljøgifter

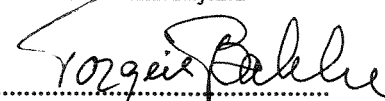
4 emneord, engelske

1. Rosfjord
2. Water quality
3. Hard- and soft bottom communities
4. Micropollutants

Prosjektleder

  
.....  
Kristoffer Næs

For administrasjonen

  
.....  
Torgeir Bakke

ISBN-82-577-2457-2

O - 92 115

**RESIPIENTUNDERSØKELSE I ROSFJORDEN  
VEST-AGDER  
1992**

**Vannutskiftning, vannkvalitet, strandsoneregistreringer, bløtbunnsfauna og  
miljøgifter i sedimenter.**

Grimstad, 15. februar 1994

Prosjektleder: Kristoffer Næs

Medarbeidere: Tone Jacobsen  
Frank Kjellberg  
Jan Magnusson  
Jarle Molvær  
Eivind Oug  
Øyvind Solberg

## FORORD

I forbindelse med omlegging av avløpssystemet i Lyngdal kommune ønsket Fylkesmannen i Vest-Agder ved Miljøvernavdelingen en nærmere undersøkelse av vannutskiftning og resipientforhold i Rosfjorden. Rosfjorden vil i fremtiden motta utslipp som idag går til Lyngdalselva og Lyngdalsfjorden.

Undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA Sørlandsavdelingen) etter oppdrag fra Lyngdal kommune. Jarle Molvær og Jan Magnusson har vært ansvarlige for hydrografidelen med beregninger av resipientkapasitet, og sistnevnte har skrevet kapitlene om dette. Tone Jacobsen har vært ansvarlig for strandsonedelen, Eivind Oug for bløtbunnsdelen og Kristoffer Næs for miljøgifter i sedimentene.

Torstein Torkildsen fra Agnefest takkes for assistanse ved strandsoneundersøkelsen.

Prøvene av bløtbunnsfauna og sedimenter er innsamlet av Frank Kjellberg, NIVA. Til prøvetaking ble Hartvig Nilsen, Farsund, med båt 'Shirley' engasjert. I opparbeidelsen av bløtbunnsprøvene har Øyvind Solberg, NIVA, medvirket.

Fisker Kjell Svennevik og Tor Harald Staddeland har hatt ansvaret for de hydrografiske målingene og utsetting av strøm og T/S-rigger. Begge takkes for fint gjennomført arbeide.

Grimstad, 15.02.94

Kristoffer Næs  
Prosjektleder

# INNHALDSFORTEGNELSE

1. KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG .....	4
1.1 Mål og hovedkonklusjoner .....	4
1.2. Sammendrag .....	4
2. INNLEDNING.....	6
2.1. Bakgrunn for undersøkelsen .....	6
2.2. Områdebeskrivelse .....	6
2.3. Forurensningstilførsler .....	6
2.3. Tidligere undersøkelser.....	6
2.4. Målsetting.....	7
3. VANNKVALITET OG RESIPIENTKAPASITET .....	9
3.1 Formål.....	9
3.2. Metodikk.....	9
3.3. Hydrografi og vannutskiftning .....	10
3.4 Dagens tilstand.....	15
3.4.1 Vannkvalitet .....	15
3.5. Utslipp av avløpsvann, innlagringsdyp og fortyninger.....	16
3.6. Innvirkningen av avløpsvannet på Rosfjorden .....	19
4. UNDERSØKELSE I STRANDSONEN .....	21
4.1. Formål .....	21
4.2. Metodikk.....	21
4.2.1. Stasjonsvalg.....	21
4.2.2. Undersøkelsesmetode .....	21
4.3. Resultater .....	22
4.3.1. De enkelte stasjonene .....	22
4.3.2. Artsantall og artssammensetning .....	23
4.4 Vurdering av resultatene .....	25
5. UNDERSØKELSER PÅ BLØTBUNN .....	27
5.1. Formål .....	27
5.2. Metodikk.....	27
5.2.1. Stasjonsvalg.....	27
5.2.2. Prøvetaking.....	27
5.2.3. Tallbehandling .....	28
5.3. Resultater.....	29
5.3.1. Bunnsedimenter .....	29
5.3.2. Bunnfauna .....	29
5.4. Vurdering av resultatene.....	36
6. MILJØGIFTER I SEDIMENTENE .....	37
6.1. Formål .....	37
6.2. Metodikk.....	37
6.3. Resultater.....	37
6.4. Vurdering.....	38
7. REFERANSER.....	39
8. VEDLEGG .....	41
Vedleggstabell 1. Artsliste for strandsonen.....	41
Vedleggstabell 2. Fullstendige artslistene for bløtbunnsfauna .....	43
Vedleggstabell 3. Arter som inngår i likhetsanalysene .....	45
Tallbehandling. Bløtbunnsfauna .....	48

# 1. KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

## 1.1 Mål og hovedkonklusjoner

### Mål for undersøkelsen:

- beskrive miljøtilstanden i fjorden. Undersøkelsen har omfattet vannmasser (hydrografi, vannkvalitet), strandsone (fjæra), dypområder (bløtbunnsfauna) og sedimenter (miljøgifter).
- kartlegge fjordens kapasitet som resipient for kommunalt avløpsvann.

### Hovedkonklusjoner:

Det var gode miljøforhold i Rosfjorden. Det kunne ikke påvises forurensningseffekter på vannmassene eller på bløtbunnsfaunaen. Høyt arts mangfold for bløtbunnsfauna og høye oksygenverdier i dypområdene gir uttrykk for gode forhold i dypvannet. Organismesamfunnene i strandsonen indikerte god vannkvalitet i overflatelaget, men med tegn til lokal næringssaltpåvirkning fra utslippet. Sedimentene var svakt forurenset av miljøgifter i indre del av Rosfjorden.

Det forventes ikke vesentlige forandringer i miljøforholdene ved de planlagte endringene i utslippene, men det anbefales bruk av enkel diffusor på utslippsledningen for å redusere risikoen for gjennomslag av avløpsvann til overflaten.

## 1.2. Sammendrag

Lyngdal kommune er i ferd med å omlegge sitt avløpssystem. Det innebærer at utslipp for kommunalt avløpsvann til Rosfjorden øker fra i underkant av 6000 pe til ca. 9000 pe. Denne undersøkelsen er foretatt før omleggingen og skal vurdere resipientkapasiteten og beskrive dagens miljøtilstand i fjorden. Undersøkelsen skal videre danne grunnlag for senere overvåking.

Hydrografiske målinger i fjorden ble utført på to stasjoner i perioden 25/6 - 29/11 1992. Målingene viste at fjorden har hyppige vannutskiftninger. Næringssaltinnholdet i de øvre vannmassene var normalt og det var små til moderate klorofyllmengder ned til 5 m dyp. Siktedypet var mer enn 10 m i juni - september og oksygenforholdene i dypvannet var gode. Etter SFTs klassifiseringssystem er dagens tilstand i vannmassene "god" (tilstandsklasse I).

Resipientkapasitet. Dagens utslipp omfatter 3.5 tonn fosfor, 25 tonn nitrogen og 96 tonn organisk stoff pr. år som slippes ut på 45 m dyp ved Salthaug. Innlagingsdypet er normalt mellom 15 og 25 meters dyp, men med risiko for opptrenging av fortynnet avløpsvann til overflaten. Ved økning i utslippsmengdene uten forbedring i avløpsnett vil gjennomslag til overflaten skje noe oftere og med lavere fortynning enn i dag. Ved montering av diffusor på ledningen vil innlagringen skje på 20-30 meters dyp og risikoen for gjennomtrenging til overflaten vil være liten.

En økning av det kommunale utslippet til 5.5 tonn fosfor, 39 tonn nitrogen og 150 tonn organisk stoff vil ikke endre tilstanden for vannmassene i fjorden. Ved bruk av en enkel diffusor på avløpsledningen ventes det ikke noen negativ eutrofi-effekt eller kritisk lave oksygenforhold over tid.

Fastsittende organismer i strandsonen ble registrert på 6 stasjoner i midtre og indre del av Rosfjorden i september 1992. Organismesamfunnet virket normalt med rike tangforekomster og normal artssammensetning på de fleste stasjonene. En stasjon i nærområdet til utslippet viste tegn på overbelastning av næringssalter. Sammenligning med resultater fra en befaring i 1980 tyder på forbedrede forhold i indre del av Rosfjord. Det var dengang tegn på overbelastning av næringssalter/organisk materiale, sannsynligvis fra fiskemottaket i Agnefest.

Ved hyppigere gjennomslag av avløpsvann til overflaten kan man vente noe større effekter på strandsonen i utslippets nærområde.

Bløtbunnsprøver ble tatt på tre stasjoner den 24. september 1992. På alle stasjonene var artssammensetningen og artsmangfoldet normalt. Sedimentene var luktfrie og hadde normal farge. Resultatene tyder på gode miljøforhold i dypområdene og at fjorden har åpen forbindelse med sjøområdene omkring.

Miljøgiftinnholdet i sedimentene ble målt på én stasjon i indre Rosfjord. Sedimentene var svakt forurenset av metallene sink, bly, kobber og kadmium samt av PAH (tjærestoff) og PCB (klororganisk miljøgift). Etter SFTs klassifiseringssystem er miljøtilstanden i sedimentet i Rosfjorden "mindre god" (tilstandsklasse II).

## 2. INNLEDNING

### 2.1. Bakgrunn for undersøkelsen

Lyngdal kommune er i ferd med å legge om sine avløpssystemer. Et eksisterende utslipp i Rosfjorden skal utvides for å ta imot utslipp som idag går til Lyngdalselva og Lyngdalsfjorden (Kvaviksanden). De totale utslippene i Rosfjorden vil bli på nærmere 9000 pe. Dagens utslipp er i underkant av 6000 pe. Etter de foreløpige planene vil det bli bygget et mekanisk anlegg forberedt for kjemisk rensing i Rosfjorden. De nye planene gav behov for å stadfeste miljøtilstanden i fjorden og kartlegge mulige konsekvenser for fjorden ved økning i utslippsmengden.

### 2.2. Områdebeskrivelse

Rosfjorden i Vest-Agder ligger mellom Farsund og Lindesnes. Fjorden er ca. 10 km lang og 1 km bred. Fjorden har en relativt dyp ytre terskel som avgrenser fjorden fra kystvannet utenfor. Terskelen ligger utenfor fjordmunningen ved Herreholmen (Figur 1) og terskeldypet er på ca. 85 meter. Fjorden har ytterligere en terskel midt i fjorden ved Håberget på ca. 80 m. Det ytre bassenget (utenfor Håberget) har et største dyp på ca. 175 meter, mens det indre bassenget har et dyp på ca. 130 meter straks innenfor terskelen ved Håberget.

### 2.3. Forurensningstilførsler

Idag tilføres avløpsvann fra 5.746 pe (ASPLAN VIAK SØR, pers. medd.) til Rosfjorden. Det tilsvarer ca. 3.5 tonn fosfor, 96 tonn organisk stoff (BOF) og 25 tonn nitrogen pr. år. Med dagens rensing (10 % for fosfor og nitrogen, 25% for organisk stoff) er belastningen på fjorden ca. 3.2 tonn fosfor, 72 tonn organisk stoff og 23 tonn nitrogen. Utslippet går ut i fjorden på 45 meters dyp ved Salthaug. Diameter på utslippsrøret er 400 mm. Det er kun ett rør med én åpning.

Det er ingen kjente større tilførsler av forurensninger i tillegg til det kommunale avløpsvannet. Innerst i fjorden er det bosetting, landbruk, en større campingplass (Rosfjord Camping) og et fiskemottak. I de andre delene av fjorden er det spredt bosetting. I forhold til fjordens størrelse må dagens tilførsler av avløpsvann forutsettes å være relativt små.

Fjorden har i perioder vært brukt som opplagsplass for oljerigger.

### 2.3. Tidligere undersøkelser

Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder gjennomførte hydrokjemiske målinger på fem stasjoner i Rosfjorden i mars 1980 og juni 1981. Det foreligger data for temperatur, saltholdighet, oksygen, fosfat, nitrat og ammonium fra denne undersøkelsen (Molvær 1982).

I 1980 ble det foretatt en befaring til Rosfjorden etter oppdrag fra Vest-Agder fylkeskommune. Befaringen omfattet hydrografi og observasjoner av algesamfunn i strandsonen (Haugen et Molvær 1982).

Et større internasjonalt forskningsprosjekt som omfattet hydrografi, vannutskiftning, plantenæringsstoffer, planteplankton og primærproduksjon ble gjennomført i Rosfjorden i 1979. Det

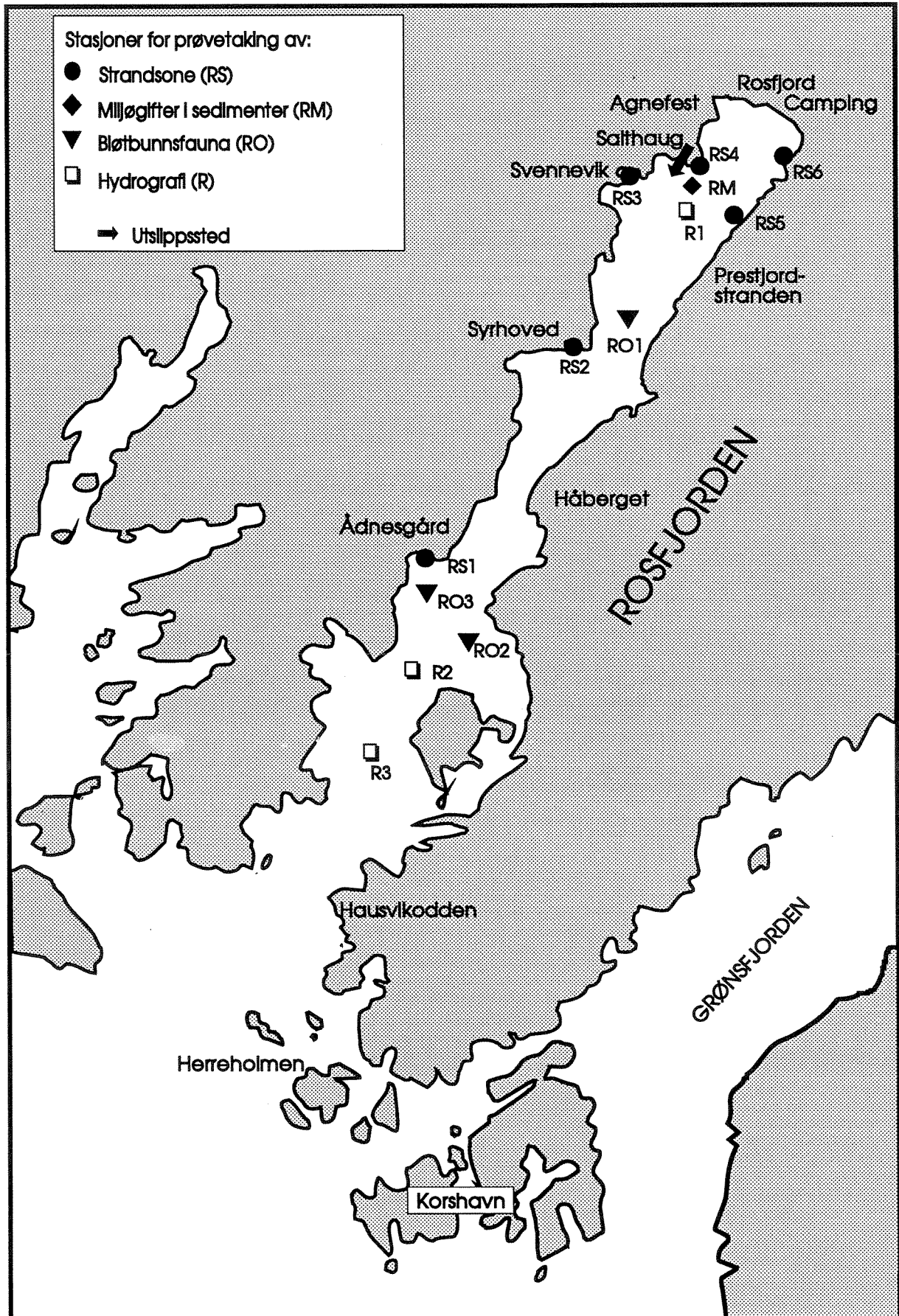


foreligger bl.a. omfattende målinger av hydrografi og næringssalter fra dette eksperimentet (Brochman et al. 1981).

## 2.4. Målsetting

Formålet med denne undersøkelsen har vært å beregne fjordens resipientkapasitet og gi en vurdering av dagens miljøforhold i fjorden. Undersøkelsen skal være veiledende for teknisk arrangement av avløpsvannet.

Undersøkelsene omfatter en hydrofysisk/hydrokjemisk del og en biologisk del. Den hydrofysisk/kjemiske delen tar sikte på å beregne sjiktninger i vannmassene, dypvannets oppholdstid, vannutskiftning, konsentrasjoner av næringssalter og oksygenforhold i fjorden. De biologiske undersøkelsene gir grunnlag for å karakterisere dagens miljøtilstand i fjorden og danner basis for en eventuell senere overvåking.



Figur 1. Kart over Rosfjorden med oversikt over stasjoner for undersøkelse av strandsonen, hydrografi, bløtbunn og miljøgifter i sedimenter. Lokalisering av utslippssted for kommunalt avløpsvann er også vist.

### 3. VANNKVALITET OG RESIPIENTKAPASITET

#### 3.1 Formål.

Formålet med denne delundersøkelsen var å bedømme fjordens nåtilstand og kapasitet for økt utslipp av kommunalt avløpsvann.

Ut fra dette formål har det vært innsamlet hydrografiske data (temperatur, saltholdighet) for å skaffe kjennskap til vannmassenes oppholdstid og lagdeling. Vannkvaliteten er studert ut fra observasjoner av klorofyll-a, siktedyp og næringsalter nær overflaten, samt oksygenforholdene i dypvannet. Innlagringsdyp og fortykning av avløpsvannet er beregnet for de hydrografiske situasjonene som er gjennomført i 1992.

#### 3.2 Metodikk.

Hydrografiske og hydrokjemiske data er innsamlet på to stasjoner (R1 og R2, Figur 1). Innsamlingsprogrammet fremgår av Tabell 1. I tillegg ble selvregistrerende instrumenter for måling av temperatur og saltholdighet (T/S-kjede) satt ut i fjorden (stasjon R3) med sensorer på 1, 5, 10, 20 og 29 meters dyp. Strømmålere (Aanderaa) ble plassert ca 165 meter sør for Salthaug på 2 og 12 meters dyp. Strømmålingene ble gjennomført i perioden 25.6-3.9.1992 og T/S-kjeden fra den 25.6 - 17.8.1992.

Tabell 1. Observasjoner på stasjonene R1 og R2 i Rosfjorden 1992.

Dato	Temperatur/ saltholdighet	Oksygen	Nærings- salter	Klorofyll-a	Siktedyp
25.6.	x		b	b	*
2.7	x				*
9.7	x		b	b	*
16.7	x				*
23.7	x		b	b	*
30.7	x	a			*
7.8	x		b	b	*
14.8	x				*
22.8	x		b	b	*
29.8	x				*
5.9	x		b	b	*
12.9	x				*
20.9	x				*
27.9	x	a			*
4.10	x				*
11.10	x				*
18.10	x				*
31.10	a	a			
29.11	a	a			

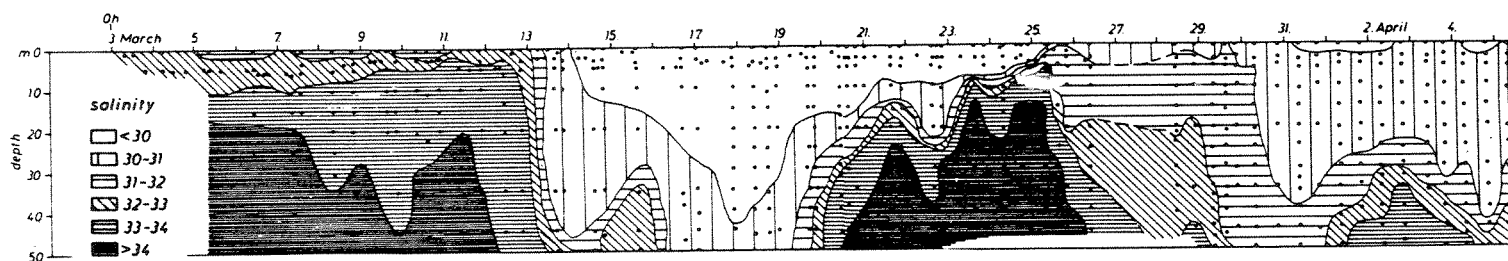
*a = data fra 80, 120, 150, 165 meters dyp. b = data fra 0-2 og 5 meters dyp. x = målinger for hver meter ned til 10 meters dyp, annenhver meter til 20 meters dyp og hver 5. meter til 60 meters dyp.*

Temperatur og saltholdighet ble observert med salinoterm, kontrollert med vendetermometer og saltanalyser. Oksygen ble målt etter modifisert Winklermetode, næringssaltene og klorofyll-*a* etter Norsk Standard. Siktedyp ble observert med en hvit skive (Secchi-skive) med diameter 25 cm.

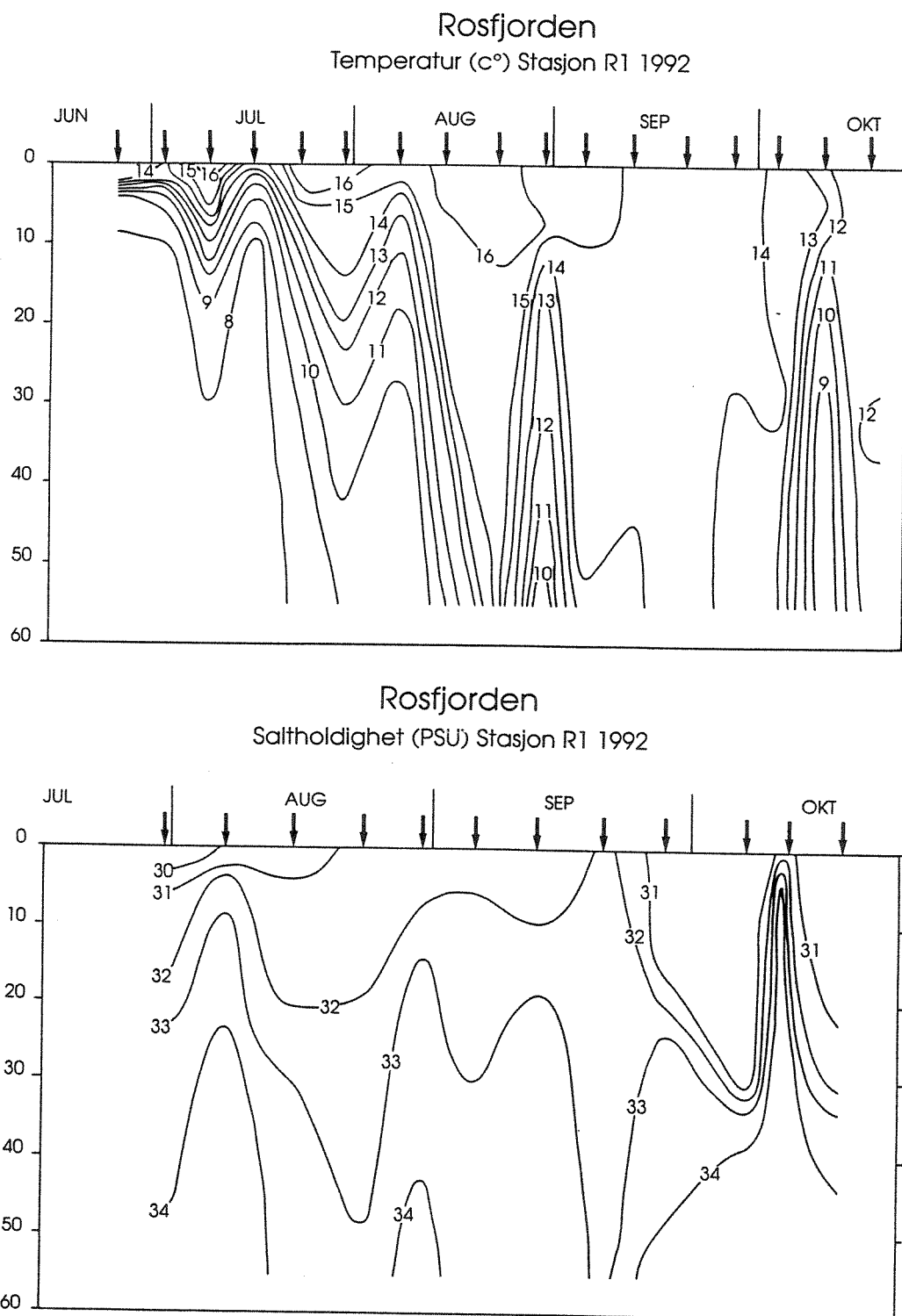
Kontrollmålinger av salinotermen viste for store avvik i saltholdighetsmålingene i perioden 25.6.-23.7.1992. Her er kun temperaturobservasjoner blitt brukt.

### 3.3. Hydrografi og vannutskiftning.

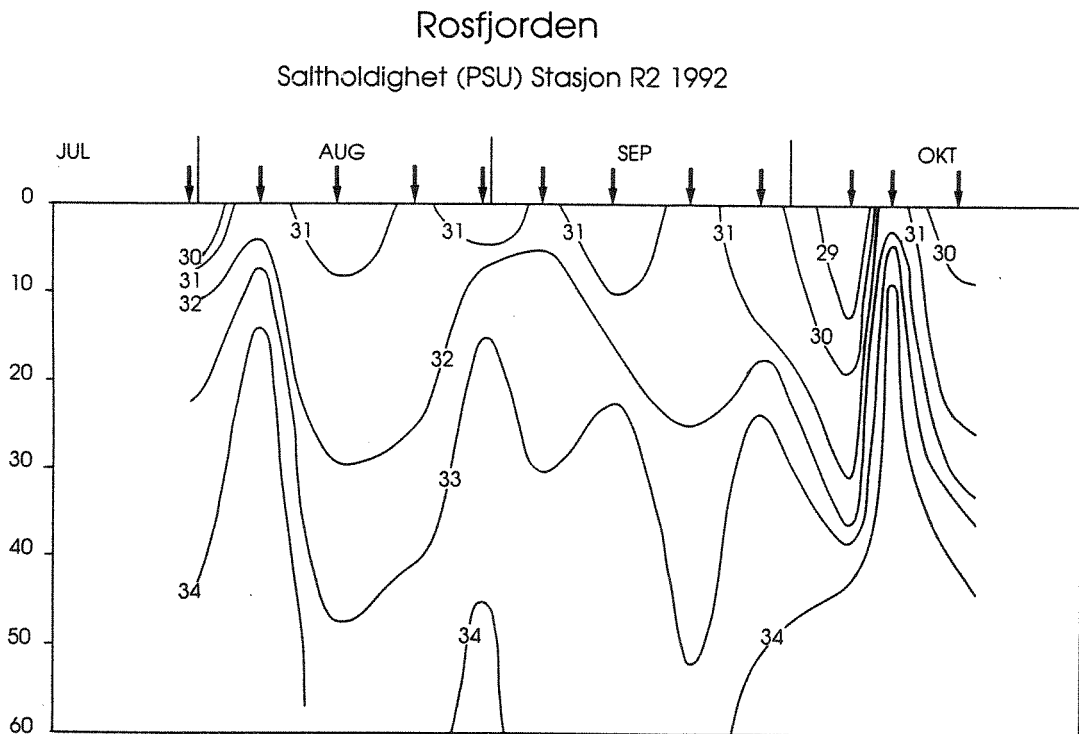
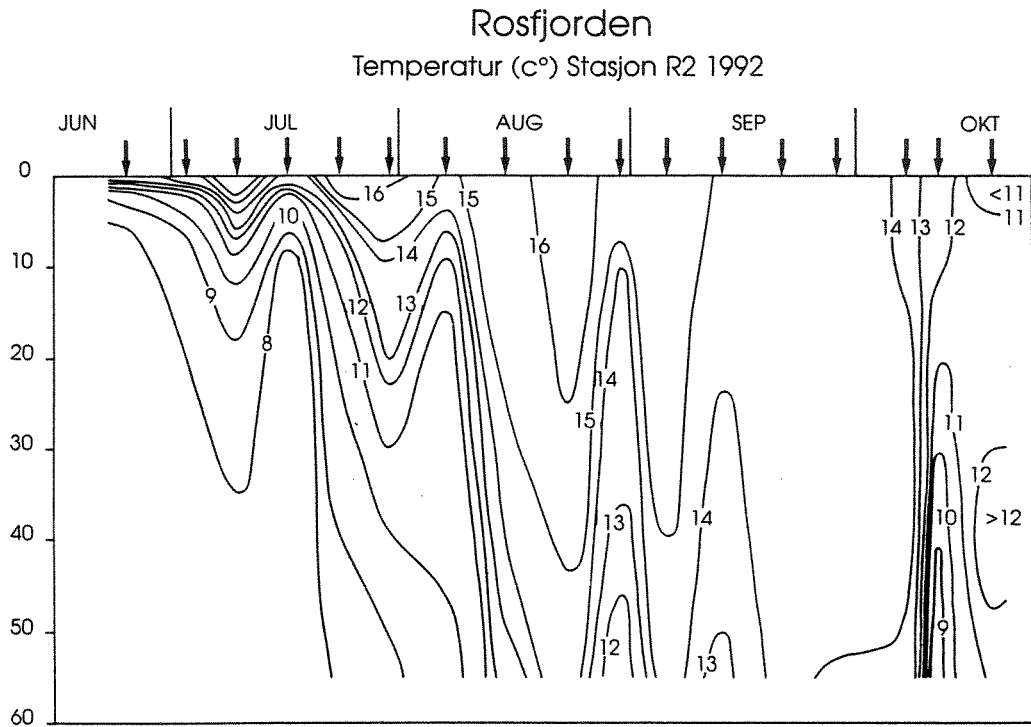
Saltholdigheten bestemmes av vannutvekslingen mellom kystvannet og fjorden. Vannfornyelse kan ofte skje ved tiltransport av kystvann inn i fjorden på mindre enn et par døgn (Brockmann et al. 1981). Det er variasjonene i kystvannets tetthet som styrer transporten av vann ut og inn i Rosfjorden. Brockman et al. (1981) observerte 5 fullstendige vannutskiftninger i fjorden fra den 5.3 til den 4.4 1979 mellom overflaten og 50 meters dyp (Figur 2). I perioden juni-oktober 1992 ble det observert 8 episoder med vannfornyelse mellom overflaten og 50 meters dyp (Figur 3-4), og ved kontinuerlige registreringer kan 9 episoder observeres i juni-august 1992 (Figur 5). Det var liten forskjell i sjiktingen mellom de to stasjonene i fjorden.



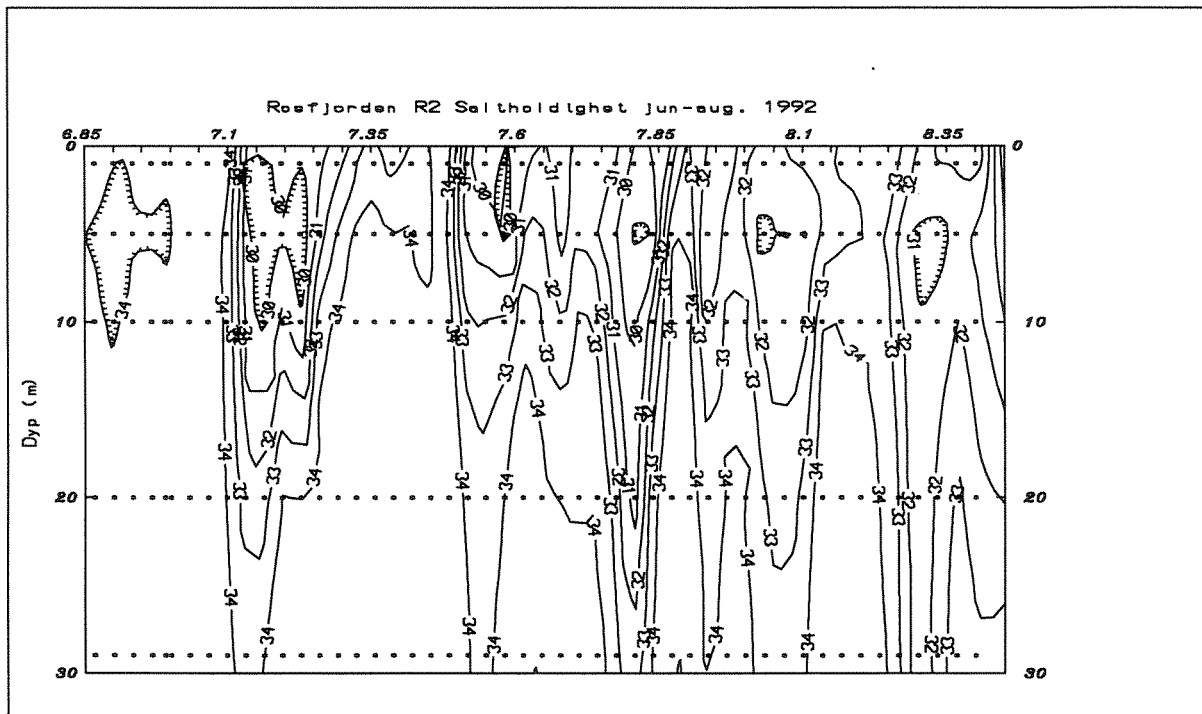
Figur 2. Saltholdighetsvariasjonen i Rosfjorden (nær stasjon R2) i 1979. (Modifisert etter Brockmann et al. 1981).



Figur 3. Temperatur og saltholdighet ved stasjon R1 i 1992.



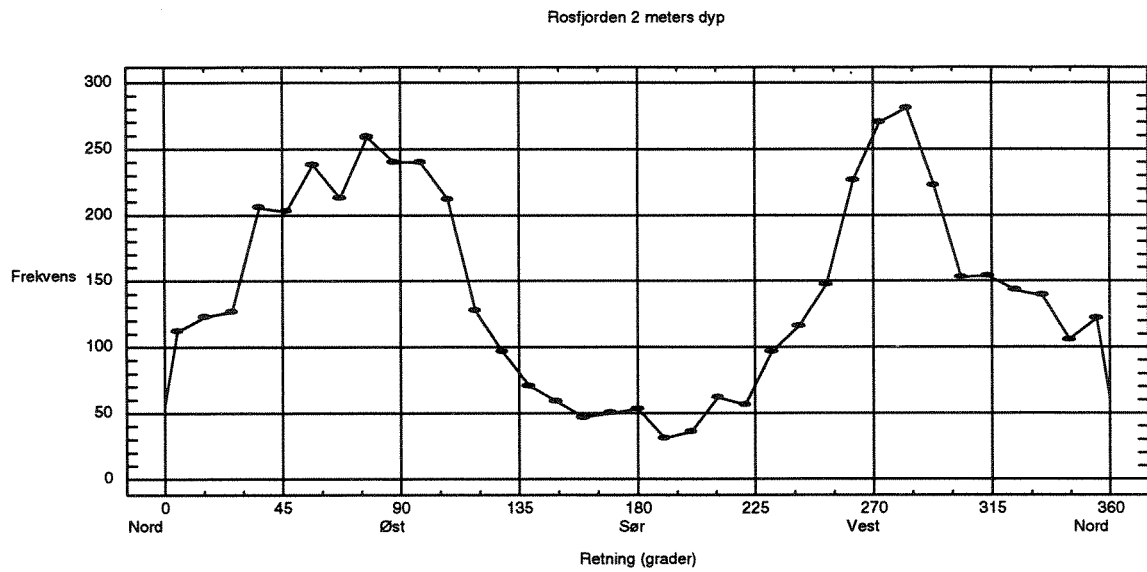
Figur 4. Temperatur og saltholdighet ved stasjon R2 i 1992.



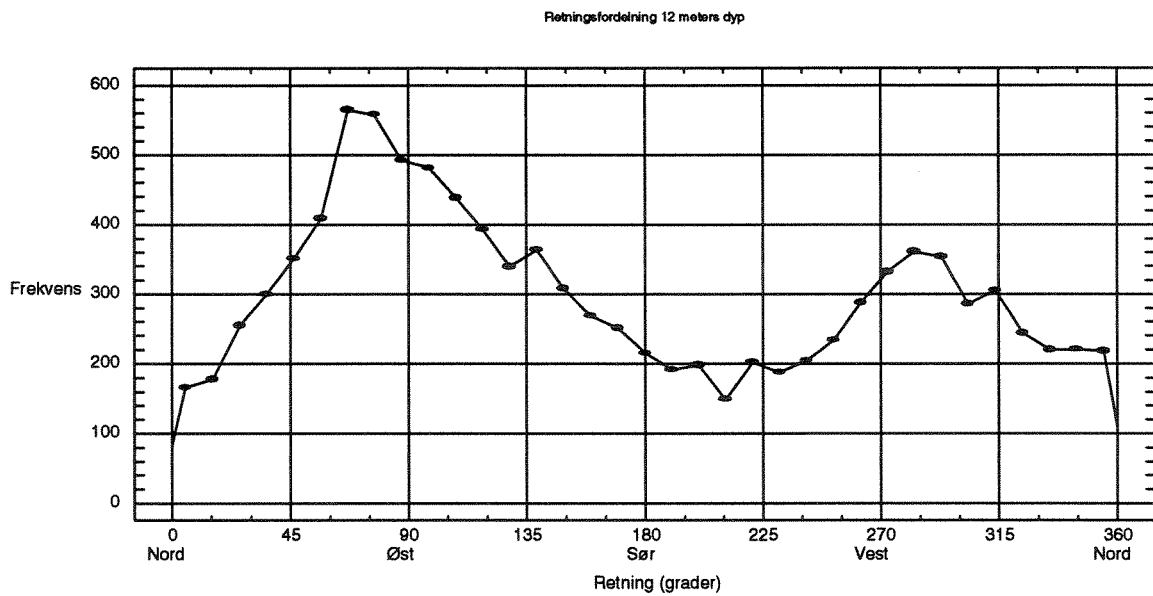
Figur 5. Saltholdighet sør for stasjon R2, observert med T/S-kjede. 2 observasjoner pr. dag er brukt i figuren.

Total vannvolum mellom 0-50 meters dyp i Rosfjorden er ca.  $380 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  (70 % av fjordens bunnareal er på dyp mindre enn 50m). Vinterstid er det konstatert en total vannfornyelse i dette lag 5 ganger på 30 dager (Brockmann et al. 1981), dvs. ca.  $1.900 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vann på 30 døgn eller ca  $730 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sommerstid viste ukeobservasjonene 8 vannfornyelser mellom 0-50 meters dyp, dvs. ca  $330 \text{ m}^3/\text{s}$ . Imidlertid viste de kontinuerlige observasjonene i juni-august 1992 en vannutskiftning mellom 0-30 meter på ca  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vannvolumet i indre del av Rosfjorden (0-50 meters dyp) utgjør ca 40% av Rosfjordens totale volum i dette vannlaget. Den intermediære vannfornyelsen i indre Rosfjord er tilsvarende mindre enn den totale intermediære vannfornyelsen. Det betyr at vannfornyelsen mellom 0-50 meter i indre Rosfjord vinterstid er ca.  $290 \text{ m}^3/\text{s}$  og sommerstid ca.  $130 - 200 \text{ m}^3/\text{s}$ . Teoretisk beregnet intermediær sirkulasjon er beregnet til ca  $420 \text{ m}^3/\text{s}$  for hele indre Rosfjorden (0-80 meters dyp) (Fjordmiljø, Stigebrandt 1992) Dette tilsvarer omtrent intermediær vannfornyelse observert vinterstid.

Strømmobservasjoner innerst i fjorden fra ca. 2 meters dyp viste dominerende strømrørninger i øst/vest-retning og relativt lite strømmer mot sør (Figur 6). Strømmen følger således land i området. Strømhastigheten varierte mellom 3-9 cm/s (kvartiler) med maksimal hastighet på 32 cm/s (varighet ca. 3 timer). På ca 12 meters dyp var strømrørningen omtrent som på 2 meters dyp, men noe mer strøm mot sør og noe mindre strøm mot vest (Figur 7). Strømhastigheten var gjennomgående lavere, mellom 1.5 - 4.3 cm/s (kvartiler) og med maksimal strømhastighet på ca. 18 cm/s. Strømmene var størst i forbindelse med vannfornyelser.



Figur 6. Strømmobservasjoner i Rosfjorden på 2 meters dyp. Strømretning (strøm mot).



Figur 7. Strømmobservasjoner i Rosfjorden på 12 meters dyp. Strømretning (strøm mot).



### 3.4 Dagens tilstand.

#### 3.4.1 Vannkvalitet.

Observasjoner fra overflatelaget av næringssalter, siktedyp og klorofyll-a, samt oksygen i dypvannet er sammenlignet med klassifiseringsystemet til Statens forurensningstilsyn (SFT, 1993). Tabell 2 viser medianverdier av de ulike variable fra Rosfjorden og en stasjon i havet utenfor Lista (Data fra kystovervåkingsprogrammet, Aure m.fl. 1993). Tabell 3 viser klassifisering av nåtilstanden.

Tabell 2. Medianverdier av ulike variable fra overflaten (0-2 m) i juni-september 1992. Medianverdiene bygger på 12 observasjoner ved R1 og R2, 5 observasjoner ved Lista, samt én oksygenmåling fra 80-175 meters dyp ved stasjon R2.

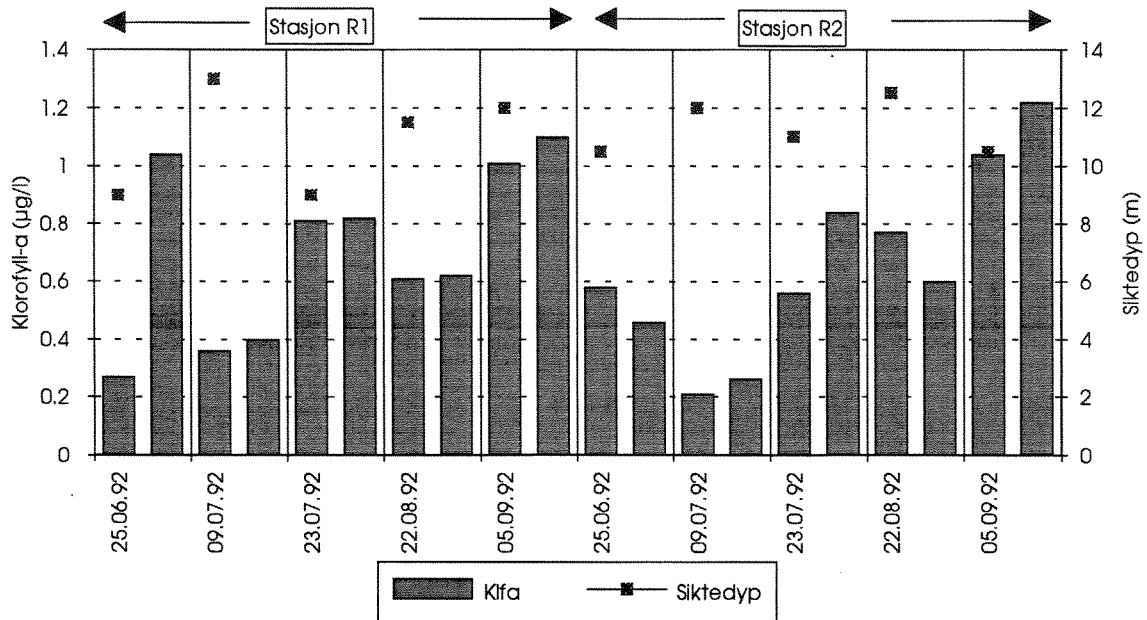
Stasjon	Tot-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> -P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N (µg/l)	NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	Kl-a (µg/l)	Siktedyp (meter)	Oksygen (ml/l)
R1	10.5	2	173	4	10	0.69	10.1	-
R2	9	2	167	4	10	0.78	11.2	5.9
Lista	13.9	1.9	168	1.96	1.5	-	10	-

Tabell 3. Klassifisering av nåtilstanden (klasse I-V) ved de observerte variablene etter sommerverdier (juni-september). Tilstandsklasse I= god, klasse II = mindre god, klasse III = nokså dårlig tilstand, klasse IV= dårlig og klasse V= meget dårlig tilstand.

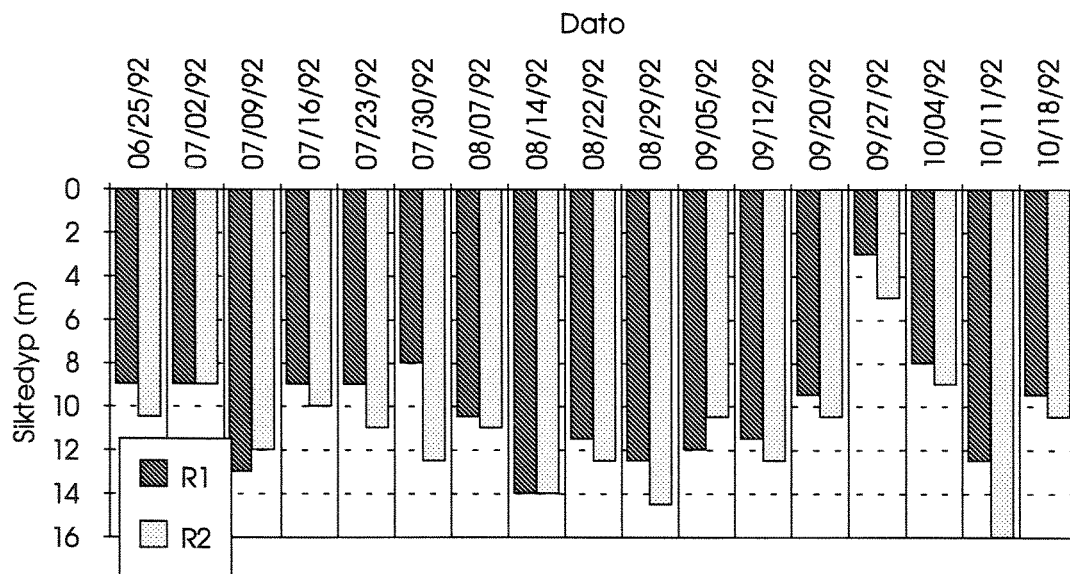
Stasjon	Tot-P	PO <sub>4</sub> -P	Tot-N	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	Kl-a	Siktedyp	Oksygen
R1	I	I	I	I	I	I	I	
R2	I	I	I	I	I	I	I	I
Lista	II	I	I	I	I		I	

I Rosfjorden er således nåtilstanden i de frie vannmassene bra og fjorden er ikke påvirket av tilførsler av næringssalter. Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet er også klart over de grenser for påvirkning som klassifiseringsystemet arbeider med.

Figur 8 og Figur 9 viser at forholdene i overflatelaget varierte lite. I observasjonsperioden forelå kun et tilfelle med avvikende resultater, den 27.9, med lavt siktedyp. Dette var sannsynligvis en oppblomstring av planteplanktonet *Gyrodinium aureolum* (se 4.3.1.). Planktonalgen blomstret opp flere steder langs den norske sørkysten på dette tidspunktet (kystovervåkingsprogrammet, Aure m.fl. 1992). Oppblomstringen, og derved det dårlige siktedypet, skyldes således neppe lokale forhold.



Figur 8. Siktedyb og klorofyll-a i Rosfjorden 1992. Klorofyll-a fra 0-2 og 5 meters dyp.



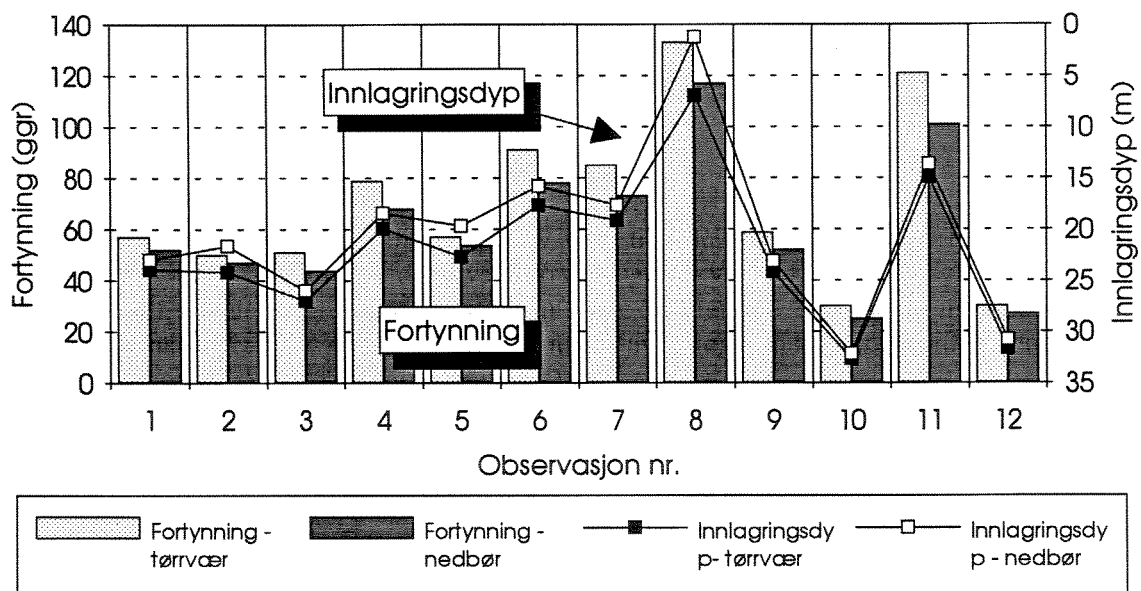
Figur 9. Siktedyb fra stasjon R1 og R2 i Rosfjorden 1992.

### 3.5. Utslipp av avløpsvann, innlagringsdyp og fortynninger.

Mengden næringssalter og organisk stoff som tilføres Rosfjorden idag er beregnet til 3.5 tonn fosfor, 96 tonn organisk stoff (BOF) og 25 tonn nitrogen. Med en fremtidig økning på 3.154 pe blir produsert mengde fosfor 5.5 tonn, organisk stoff 150 tonn og nitrogen 39 tonn pr. år. Med dagens rensemetode vil belastningen på fjorden i fremtiden bli ca 5 tonn fosfor, 110 tonn organisk stoff (BOF) og 35 tonn nitrogen pr. år.

Mengde vann som føres ut av avløpssystemet idag varierer mellom vannføring i tørt vær og vannføring ved nedbør. Forskjellen består i at infiltrasjon av vann til ledningsnett, varierer. Infiltrasjonen er for dagens ledningsnett satt til 175 l/pe\*døgn ved tørrvær og 400 l/pe\*døgn ved nedbør (ASPLAN VIAK Sør, pers. medd). Totale vannvolumer blir 116 m<sup>3</sup>/time ved tørrvær og ca. 170 m<sup>3</sup>/time ved nedbør. Med dette grunnlaget er innlagringsdyp og fortynning av avløpsvannet i Rosfjorden beregnet for de hydrografiske observasjoner som er gjennomført i 1992.

Figur 10 viser at med dagens utslipp foreligger det risiko for at fortynnet avløpsvann kommer opp til overflaten (observasjon nr. 8, den 20.9.1992), men ca. 130 ganger fortynnet i senteret av strålen (høyeste konsentrasjonen). Dette gjelder både ved tørrvær og ved nedbør. Forskjellen er liten mellom de to situasjonene. Innlagringsdypet varierer normalt mellom 15 og 25 meters dyp. Fortynningen av avløpsvannet varierer omkring 50 - 80 ganger.



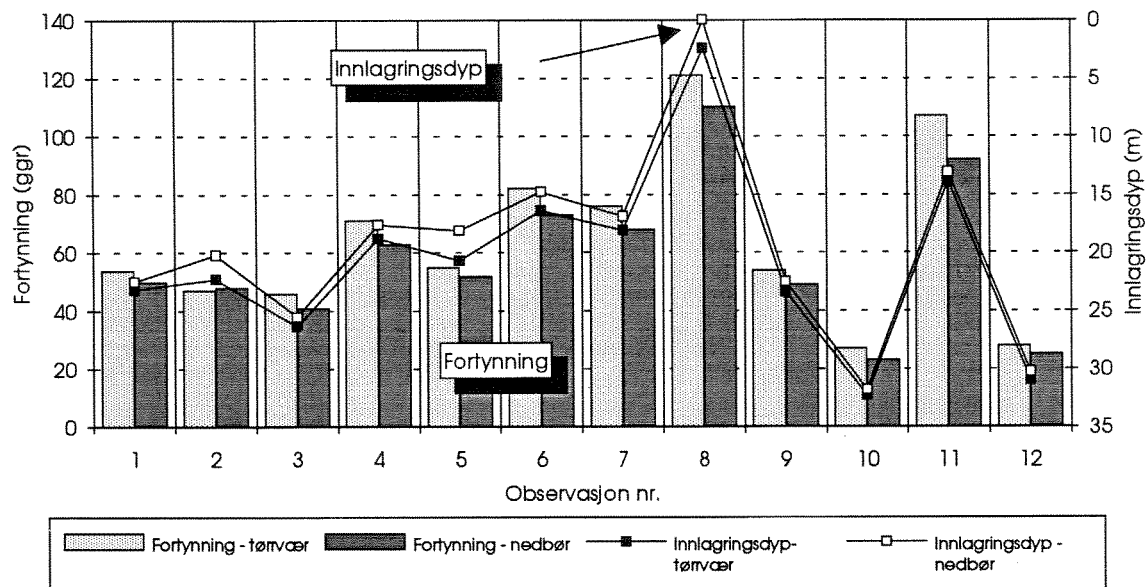
Figur 10. Beregnet innlagringsdyp og fortynning (dagens forhold) av avløpsvann basert på vannmengder ved tørrvær og nedbør ut fra observerte sjiktninger i Rosfjorden juli-oktober 1992.

Blir dagens avløpsnett brukt uten forbedringer for de ekstra 3000 pe som planlegges, vil situasjonen med det nåværende utslippet bli som i Figur 11. Vannmengdene er beregnet til ca. 156 m<sup>3</sup>/time ved tørravrenning og ca. 210 m<sup>3</sup>/time ved nedbør. Forskjellene blir ikke de helt store i en normalsituasjon, men når det foreligger risiko for gjennomslag til overflaten vil dette skje noe oftere og med noe lavere fortynning enn idag (i praksis vil forskjellene bli meget små).

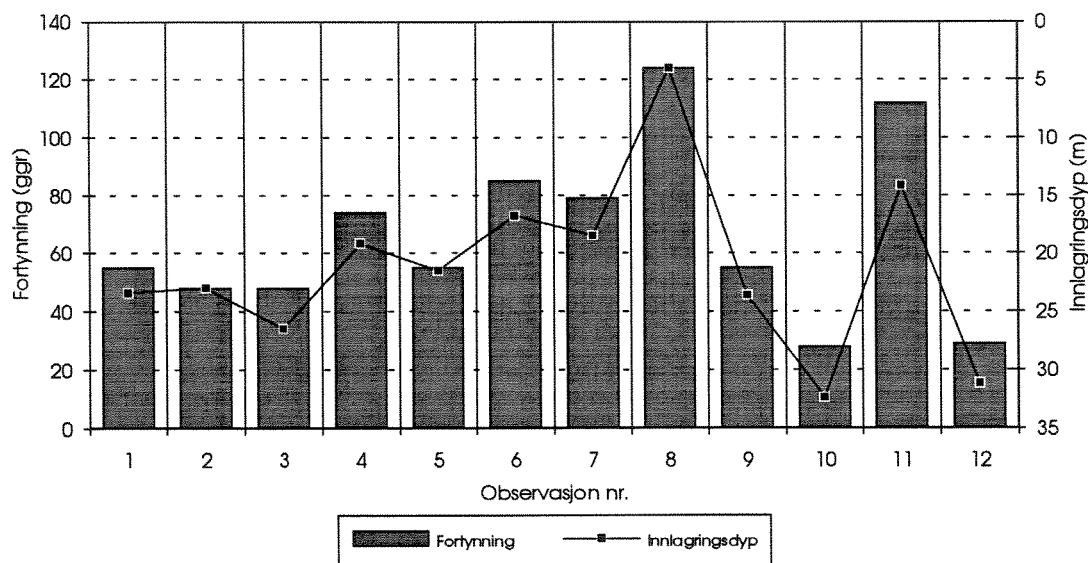
Figur 12 viser fortynning og innlagring i nåværende utslipp ved et forbedret ledningsnett med en innlekking på 100 l/pe. døgn.

Samtlige innlagringsberegninger viser at fortynnet avløpsvann risikerer å trenge opp til overflaten og derved gi overkonsentrasjoner av bl.a. bakterier. Imidlertid vil dette skje i relativt kort tid (noen dager) ad gangen i sommerhalvåret. Risikoen for opptrengning vinterstid er noe høyere, men med den store vannfornyelsen i fjorden vil tiden for gjennomtrenging være begrenset til noen døgn. Strømmålingene viser at avløpsvannet ved en gjennomtrenging til overflatelaget vil kunne føres innover mot fjordbunnen, eller vestover mot Svennevig. Disse områdene er således spesielt utsatte for overkonsentrasjoner av

bakterier i kortere perioder. Imidlertid vil situasjonen med uforandret utslippsarrangement og økt belastning ikke skille seg nevneverdig fra dagens situasjon.



Figur 11. Fortynning og innlagring av avløpsvann beregnet på sjiktingsobservasjoner juli-august 1992, med avløpsvannmengder for 8.900 pe, men med dagens ledningsnett.

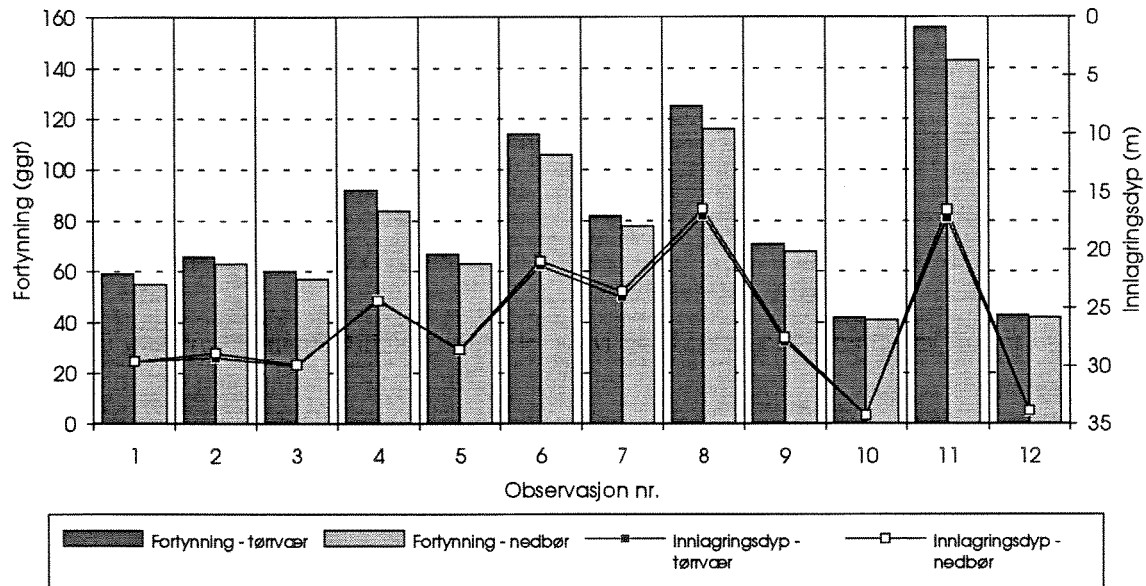


Figur 12. Fortynning og innlagring av avløpsvann beregnet på sjiktingsobservasjoner juli-august 1992, med avløpsvannmengder for 8.900 pe, men med forbedret ledningsnett.

Skal utslippet sikres mot opptrengning til overflaten må utslippsarrangementet forandres. Dypere innlagring kan fåes ved å gjøre utslippsåpningen mindre, eventuelt med flere hull (diffusor), forandre utslippshastighetene eller øke utslippsdypet. Utslippsdypet velges normalt ut fra krav til bunntopografi og lett tilgang for tilsyn og reparasjon (driftssikkerhet). Ut fra detaljkartet fra utslippsområdet er det

ikke mulig å avgjøre bunntopografiens utseende, så vi har begrenset beregningene for et utslipp til 45 meters dyp.

Reell gevinst på innlagringsdyp oppnås ved en diffusor med to hull på 0.1 m diameter hver. Det fortynnede avløpsvannet vil ha en fortynning på 60-80 ganger, ved innlagring på 20-30 meters dyp (Figur 13). Risikoen for gjennomtrenging til overflaten vil være liten. Ved høy hydraulisk belastning kreves det en trykkehøyde på et par meter for å oppnå de hastigheter som her er regnet med. Den praktiske utformningen av diffusoren kan detaljberegnes når en vet mer om aktuelle vannmengder. Ut fra våre beregninger er to hull, et endehull og et hull ca. 3 meter fra endehullet, en mulig løsning.



Figur 13. Fortynning og innlagring av avløpsvann med utslipp 45 m, 2 hull med diameter 0.1 m..  
Vannmengder: Tørrvær = 155 m<sup>3</sup>/t, nedbør = 210 m<sup>3</sup>/t.

### 3.6. Innvirkningen av avløpsvannet på Rosfjorden.

Ettersom hovedvannmassene i fjorden ikke viser noen påvirkning fra avløpsvann ut fra eutrofieringssynspunkt og økning i belastning vil bli moderat, bør det ikke forventes noen effekter på fjorden ved den planlagte økningen i tilførsler.

Oksygenforbruket på innlagret avløpsvann som ikke når fotosyntesesonen kan beregnes etter formelen :

$$TOF = 0.6 * 2.4 * TOC + 0.9 * 4.57 * Tot-N$$

Utslipp fra 8900 pe er satt til 5 tonn fosfor, 110 tonn organisk stoff (BOF<sub>7</sub>) og 35 tonn nitrogen per år. Organisk stoff omregnes til TOC ved faktoren 0.45 (kommunal kloakk). Faktoren 0.6 betyr at 60% av det organiske stoffet deltar i nedbrytningen og at det blir brukt 2.4 mg oksygen per mg karbon. Av totalnitrogenet kommer ca. 90 % i form av ammonium, som i fjorden skal nitrifiseres. Her blir 4.57 mg oksygen brukt opp per mg ammonium.

For utslippet til Rosfjorden betyr dette:

$$TOF = 0.6 * 2.4 * (0.45 * 110) + 0.9 * 4.57 * 35 = 59.4 + 143.9 = 200 \text{ tonn per år, eller } 6.4 \text{ g/s.}$$

Vannfornyelsen er satt til ca. 130 - 200 m<sup>3</sup>/s i 0-50 meters dyp sommerstid i indre deler av Rosfjorden. Sammenligner vi totaltransporten (TOF) fra renseanlegget med det oksygen som tilføres fra havet fåes:  $130 \text{ (m}^3\text{/s)} * 7.4 \text{ (g/m}^3\text{)} = 962 \text{ g/s}$ . Oksygenkonsentrasjonen i innstrømmende vann er satt til 5.3 ml/l, dvs. 7.4 mg/l. Det er klart at det kommunale utslippet ikke er noe problem for fjorden sett ut fra oksygenbehovet. Imidlertid innlagres avløpsvannet i en begrenset del av fjordens vannmasser. På innlagringsdyp vil det fortynnede avløpsvannet ha en vertikal utbredelse på 4- 6 meter med en senterfortynning på 60- 80 ggr. Her kan det tidvis bli noe lavere oksygenkonsentrasjoner enn i fjorden for øvrig. Ligger avløpsvannet stille i den indre del av Rosfjorden f.eks. begrenset til et område med omtrent en tredjedel av vannvolumet innenfor Håberget, vil utslippet teoretisk kunne gi en oksygenreduksjon på ca. 0.5 ml/l på en uke. I selve utslippsstrålen på innlagringsdyp vil det fortynnede avløpsvannet kunne få en oksygenkonsentrasjon på ca. 3.5 ml/l. Dette gjelder ved tørrværavrenning og i strålens senter ved selve utslippet.

Ved en enkel diffusor skulle det kommunale utslippet til Rosfjorden ikke gi noen negativ eutrofieffekt eller kritisk lave oksygenforhold over tid.

## 4. UNDERSØKELSE I STRANDSONEN

### 4.1. Formål

Formålet med strandsoneundersøkelsen har vært å gi en vurdering av dagens miljøtilstand på grunt vann i Rosfjorden og danne grunnlag for senere undersøkelser. Undersøkelser av planter og dyr på steiner og fjell i strandsonen (fjæra) gir et godt grunnlag for å beskrive tilstanden i overflatevannet. De fleste plante- og dyreartene i fjæra er stedbundne og må være tilpasset forholdene på stedet. Mange arter har bestemte krav til miljøet, og ved varige endringer i miljøforholdene vil artssammensetningen og mengdefordelingen mellom artene endres.

Ved svake overkonsentrasjoner av næringssalter vil ofte både mengden fastsittende alger og dyr og antallet arter øke (artsrikdommen øker). Ved ytterligere økning i næringssaltkonsentrasjonen vil man derimot få negative konsekvenser som redusert artsantall og ujevn fordeling mellom artene. Enkelte arter blir begunstiget ved høye næringssaltkonsentrasjoner mens de fleste artene reduseres ved slike forhold. Resultatet blir ofte at små trådformete grønn- og brunalger ('sly') dominerer strandsonen mens rødalger og noen større tangarter reduseres i mengde eller forsvinner (Knutzen 1986, Mathieson & Penniman 1991, Bokn et al. 1992). De flerårige tangartene blir lett overgrodd av epifytter (påvekstalger) som hindrer lystilgang, og dette kan resultere i at tangen etterhvert blir borte.

### 4.2. Metodikk

#### 4.2.1. Stasjonsvalg

Organismesamfunnet i strandsonen ble registrert på ialt 6 stasjoner i Rosfjorden: Ådnesgård (SR1), Syrhoved (SR2), Svennevik (SR3), Lyngdal havn (SR4), Prestjordstranden (SR5) og ved Rosfjord Camping (SR6). Stasjonsplasseringen er vist i Figur 1. Stasjonene ble konsentrert rundt det nåværende og kommende kloakkutslippet i indre del av fjorden. To referansestasjoner ble plassert i midtre del av fjorden. Stasjonene ble lagt til områder med fast fjell, semieksponert/beskyttet og 30-60 ° helning (Tabell 4).

Tabell 4. Stasjonsbeskrivelse.

	Ådnesgård SR1	Syrhoved SR2	Svennevik SR3	Lyngdal havn SR4	Prestjord- stranden SR5	Rosfjord Camping SR6
Substrat	Fjell	Fjell	Fjell/stein	Fjell	Fjell	Fjell/stein
Himmelretning	S	N-Ø	Ø	S	S-V	S-V

#### 4.2.2. Undersøkellesmetode

Organismesamfunnet på steiner og fjell i strandsonen (0 - 1 meters dyp) ble undersøkt ved å registrere alle makroskopiske alger (større enn 1 mm) og de vanligste makroskopiske dyrene i et ca. 50 meter langt belte. Metoden innebærer registrering ved fridykking i maksimalt 20 minutter ved hver stasjon.

Registreringen er kvalitativ og dels kvantitativ ved at artenes forekomst ble angitt etter en subjektiv skala: enkeltfunn(e), spredt(s), vanlig(v) og dominerende(d).

Ved tallbehandling ble forekomstangivelsene omgjort til tallmengder: enkeltfunn = 2, spredt = 4, vanlig = 8 og dominerende = 16.

Arter som var vanskelig å identifisere i felt ble samlet inn og senere mikroskopert i laboratoriet.

Undersøkelsen ble foretatt 24. september 1992.

## 4.3. Resultater

### 4.3.1. De enkelte stasjonene

Tidspunktet for feltarbeidet sammenfalt med en kraftig oppblomstring av dinoflagellaten *Gyrodinium aureolum* i indre del av Rosfjorden. Denne planktonalgen er kjent for å farge vannet brunt, og i de indre, vestlige deler av Rosfjorden var sikten i vannet svært liten. Dinoflagellaten ble identifisert fra vannprøver tatt fra indre del av Rosfjorden. Ved Lyngdal havn var vannet kaffebrunt og fastsittende alger som vokste under vannlinjen måtte hentes opp til overflaten for registrering og identifisering. Det var derfor et meget begrenset og tilfeldig utvalg av arter som ble registrert ved denne stasjonen. De øvrige stasjonene kunne registreres ved vanlig metode. Den østlige delen av fjorden hadde betydelig bedre sikt.

Utvalgte arter er satt opp i Tabell 5. For oversikt over alle registrerte arter, se Vedleggstabell 1.

#### Stasjon SR1 Ådnesgård

Stasjonen ble lagt til en semi-eksponert lokalitet mot sør i den midtre/ytre delen av Rosfjorden. I øverste del av strandsonen vokste mindre arter som rekeklo, fjærehinne og vanlig grønndusk. Fjæreblod og slettrugl vokste som belegg på fjell og stein. Søl, sagtang og fingertare vokste på litt dypere vann og de to sistnevnte var bevakst med mosdyr og hydroider. Brødsvamp og sjøstjerner var vanlige på denne stasjonen. Grisetang ble funnet i en lokalt beskyttet vik, men var ikke tilstede på de mer eksponerte stedene. Stasjonen virket frisk og upåvirket.

#### Stasjon SR2 Syrhoved

Stasjonen lå på nordsiden av en liten holme/skjær, i en bukt vestenfor Syrhoved lykt. Stasjonen var dominert av tang (grisetang, blæretang, sagtang) og fingertare, og det vokste mange arter i undervegetasjonen. Vanlige og dominerende alger i undervegetasjonen var rekeklo, krasing, fjærehinne, slettrugl og vanlig grønndusk. De vanligste dyrene var sjøstjerner, mosdyr, hydroider og posthornmark. Vegetasjonen virket frisk og upåvirket.

#### Stasjon SR3 Svennevik

Registreringen ble foretatt på østsiden av en halvøy. Substratet bestod av fjell og store stein. Vanlige arter på denne stasjonen var rekeklo, slettrugl, vanlig grønndusk, pollpryd, blæretang, mosdyr og posthornmark. Fingertare var vanlig i nedre del av strandsonen. Det var flere store eksemplarer av den store grønnealgen pollpryd. De større tangartene var noe overgrodd av epifytter. Stasjonen virket noe nedslammet. Stasjonen virket noe påvirket, som sannsynligvis skyldes utslippet på Salthaug.



Stasjon SR4 Lyngdal havn

Stasjonen var sørlig vendt og ble plassert ved fortøyningen til en oljerigg. Det var svært liten sikt i vannet (10-15 cm), så kun organismer rundt vannkanten ble registrert etter vanlig metode. Blæretang, rekeklo, fjærehinne og fjæreblood ble registrert. Grisetang ble ikke funnet. Fra litt dypere vann ble det rykket opp alger som så ble tatt opp til overflaten for identifisering. Sagtang, fingertare (med mosdyr), havsalat og tarmgrønnske ble registrert på denne måten. Registreringen gir ikke grunnlag for å gi en vurdering av stasjonen.

Stasjon SR5 Prestjordstranden

Stasjonen ble plassert mellom to gamle båtnaust tvers over fjorden fra Svennevik, mot sydvest. De mest framtrepende artene på stasjonen var grisetang, blæretang, fingertare, slettrugl, vanlig grønndusk, rekeklo, gaffelgrenet havpryd, mosdyr, hydroider og posthornmark. Pollpryd vokste spredt. Stasjonen virket artsrik og variert uten tegn til påvirkning fra avløpsvannet.

Stasjon SR6 Rosfjord Camping

Stasjon ble lagt til en fjellknaus på den østre siden av sandstranden. Det var forholdsvis bratt helning på fjellet. Vanlige arter på denne stasjonen var gaffelgrenet havpryd, rekeklo, slettrugl, vanlig grønndusk, sagtang, blæretang, fingertare og mosdyr. Slettrugl og fingertare dominerte. Vegetasjonen virket relativ normal. Stasjonen var ikke synlig påvirket av avløpsvannet.

**4.3.2. Artsantall og artssammensetning**

Totalt ble 40 arter registrert i Rosfjorden, hvorav 30 algearter (fastsittende) og 10 fjæredyr (kun de vanligste fjæredyrene ble registrert). Antall arter på de enkelte stasjonene varierte fra 23 arter ved Prestjordstranden (18 alger og 5 dyr) til 16 arter ved Rosfjord Camping (13 alger og 3 dyr)(Figur 14). Stasjonen Lyngdal havn (SR4) er utelatt i vurderingene p.g.a ufullstendig registrering.

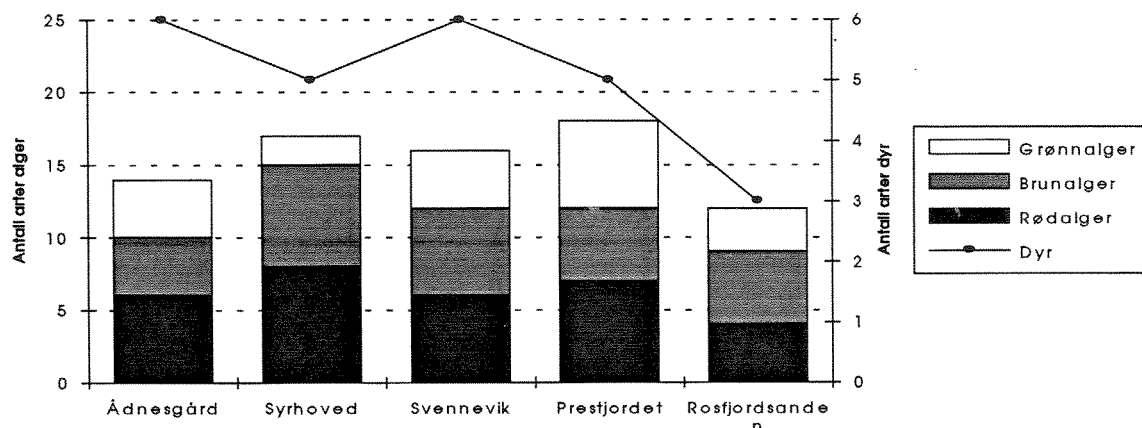
Resultatene viser at det var relativt små forskjeller i antall alger mellom stasjonene. Kun enkelte dyr ble registrert og det er ikke grunnlag for videre vurderinger, selv om det tilsynelatende er en reduksjon i både antall og mengde registrerte taxa innover fjorden.

Enkelte arter som krusflik, søl, krasing og laksesnøre vokste på de to ytterste stasjonene men ikke i indre fjord. Likeledes var det arter som vokste i indre fjord men ikke ved Ådnesgård eller Syrhoved (f.eks. rødpusling, gaffelgrenet havpryd, -dokke og pollpryd).

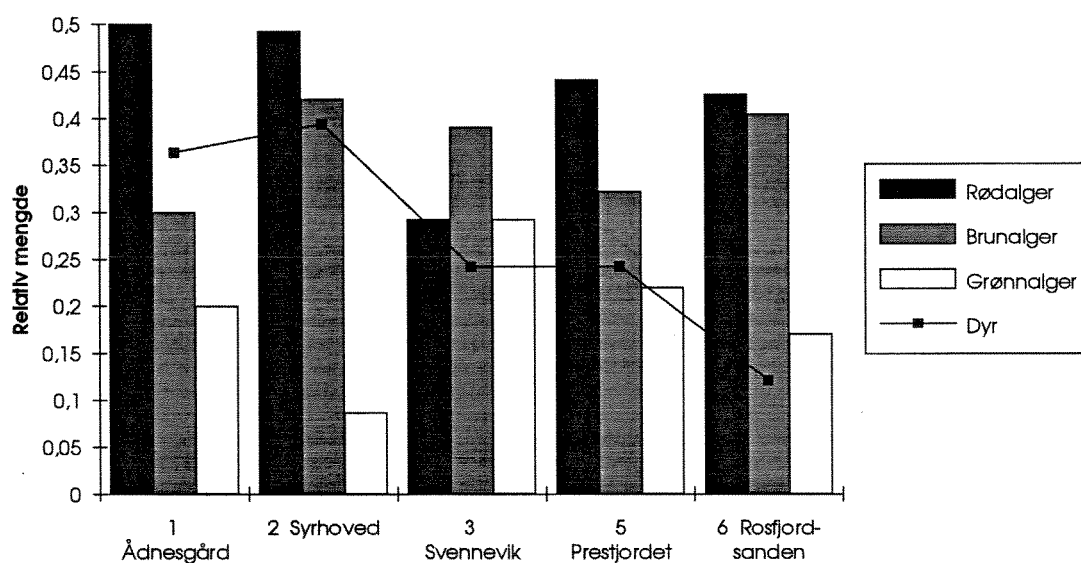
Fordelingen mellom antall rød- brun- og grøninalger er ofte gitt ut fra miljøforholdene. Under normale forhold er det flest arter av rød- og brunalger og forholdsvis få grøninalger. Ved markert økning i nærings saltbelastning skjer det en økning i andelen grøninalger og trådformete epifytter (påvekst alger). Mange rødalger og flere tangarter reduseres eller forsvinner (Knutzen 1986). På enkelte stasjoner i Rosfjorden ble det registrert forholdsvis høyt antall grøninalger, uten at det ble observert noen store mengder (Figur 15).

Tabell 5. De viktigste artene i strandsonen i Rosfjorden september 1992. Mengdeangivelsen er gitt ved en fire-delt skala: d = dominerende, v = vanlig, s = spredt, + = enkeltfunn.

Stasjonsnavn		Ådnesgård					
		Syrhoved					
Arter		Svennevik					
		Lyngdal havn					
Stasjonsnr.		Prestjordet					
		Rosfjord Camping					
		RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6
<b>RØDALGER</b>	<b>Latinske navn</b>						
Gaffelgrenet havpryd	<i>Callithamnion corymbosum</i>			+		v	v
Vanlig rekeklo	<i>Ceramium rubrum</i>	d	d	v	v	v	v
Fjæreblod	<i>Hildenbrandia rubra</i>	v	v	s	v	v	v
Søl	<i>Palmaria palmata</i>	v	s				
Fjærehinne	<i>Porphyra spp.</i>	v	v		v	s	
Krasing	<i>Corallina officinalis</i>		v				
Sletterugl	<i>Phymatolithon lenormandii</i>	v	d	v		d	d
<b>BRUNALGER</b>							
Grisetang	<i>Ascophyllum nodosum</i>	(s)	v	s		v	s
Tanglo	<i>Elachista fucicola</i>		s				
Sagtang	<i>Fucus serratus</i>	v	d	s	v	s	v
Blæretang	<i>Fucus vesiculosus</i>	(s)	v	v	v	v	v
Fingertare	<i>Laminaria digitata</i>	d	d	v	d	d	d
Perlesli	<i>Pilayella littoralis</i>		s	s			
<b>GRØNNALGER</b>							
Laksesnøre	<i>Chaetomorpha melagonium</i>	s					
Vanlig grønndusk	<i>Cladophora rupestris</i>	v	v	v		v	v
Pollpryd	<i>Codium fragile</i>			v		s	
Tarmgrønske	<i>Enteromorpha sp.</i>	s	s	s	s	s	s
Havsalat	<i>Ulva lactuca</i>	s		s	s	s	s
<b>DYR</b>							
Sjøstjerner	<i>Asterias rubens</i>	v	v			s	s
Rur	<i>Balanus sp.</i>	s		s			
Mosdyr	<i>Bryozoa</i>	d	d	v	v	v	v
Hydroider	<i>Hydroida</i>	v	v	s		v	s
Brødsvamp	<i>Halichondria panicea</i>	v	s				
Posthornmark	<i>Spirorbis sp.</i>		d	v		v	



Figur 14. Antall alger og dyr på ulike stasjoner i Rosfjorden.



Figur 15. Relative mengder av rød-, brun- og grønnalger og av dyr. Forekomst av algene er angitt relativt til den gjennomsnittlige mengden alger funnet ved stasjonene.

#### 4.4 Vurdering av resultatene

Organismesamfunnet i strandsonen i Rosfjorden virket normalt og som forventet for denne type fjord. Det var ikke tydelige effekter av kloakkutslippet på fjorden generelt. Forskjeller i artssammensetning i indre og ytre del av fjorden kan stort sett forklares ut fra de naturlige miljøforholdene. Artssammensetningen i strandsonen endres med avstanden til fjordens utløp ettersom de naturlige miljøforholdene endres (bølgeeksponering, vannbevegelse, ferskvannspåvirkning).

Fordelingen mellom de tre algegruppene rød-, brun- og grønnalger viste imidlertid at grønnalgene utgjorde en noe større del av det totale artsantallet enn hva som forventes i uforurensede områder. Grønnalger kan også utgjøre en stor andel i ferskvannspåvirkede områder, men saltholdighetsmålingene ved R2 tyder ikke på stor ferskvannspåvirkning i Rosfjorden. Det ble ikke observert større mengder av tråd- og bladformete grønnalger slik det vil være i områder betydelig påvirket av kloakk eller andre typer næringssaltutslipp. Påvirkningen av næringssalter synes derfor å være liten.

Svennevik på vestsiden av indre fjord virket noe mer nedslammet enn stasjonene på østsiden. Stasjonen hadde også en markert lavere andel rødalger (i mengde) enn de andre stasjonene. Det var like mengder grønn- og rødalger, mens det normale er en betydelig større andel rødalger. Det tyder på lokale effekter av kloakkutslippet ved denne stasjonen.

Ved økning av utslippsmengdene uten forbedring i avløpsnett vil avløpsvannet oftere få gjennomslag til overflaten. Avløpsvannet vil dessuten få noe høyere konsentrasjon av næringssalter (Kap. 3.5). Periodevis økning i næringssaltmengden i overflatevannet vil kunne medføre noe større effekter på de fastsittende organismene i fjæra. Effektene vil være økte mengder av grønnalger og trådformete brunalger, spesielt i indre del av fjorden. Ved tilstrekkelig økning i disse algetypene forringes bruksverdien av området.

Med diffusor på ledningen blir risikoen for gjennomslag av avløpsvann til overflaten mindre, og man kan istedet vente mindre belastning på strandsonen.

#### ***Sammenligning med befaringen i september 1980.***

I 1980 kunne påvirkninger av organisk stoff fra fiskemottaket i Agnefest spores. Flytestoffene forårsaket en "fettrand" langs strendene og grønnalgefloraen var godt utviklet. Det ble funnet store bestander av sjøsalat og tarmgrønske, særlig i de vestre deler av fjorden nær fiskemottaket. På østsiden av fjorden dominerte brunalgene med store bestander av grisetang, blæretang, og sagtang. Havsalat og tarmgrønske vokste også på denne siden av fjorden, særlig i det innerste, langgrunne området. Lenger ute i fjorden var det mindre forekomster av disse to grønnalgeartene, men likevel tilstede i en slik grad at de gav inntrykk av næringssaltbelastning (Haugen & Molvær 1982).

I den foreliggende undersøkelsen ble det registrert kun spredte funn av sjøsalat og tarmgrønske i både indre og midtre del av Rosfjorden. Det var ingen synlige rester etter utslipp i indre del av fjorden. Nedgangen i grønnalgebestandene i indre del av fjorden skyldes mest sannsynlig reduserte utslipp av organisk stoff med påfølgende utlekking av næringssalter.

## 5. UNDERSØKELSER PÅ BLØTBUNN

### 5.1. Formål

Undersøkelsene på bløtbunn tar sikte på å gi en vurdering av miljøtilstanden i de dypere områdene av fjorden. Prøvetakingen gir også grunnlag for en senere overvåking. Dypområdene i fjorden er utsatt for nedfall av organisk stoff fra kloakkutslipp og forhøyet algevekst i overflatelagene. Organisk belastning på fjorden vil derfor gi seg utslag i dypområdene. Ved undersøkelsene beskrives det 'samfunn' av naturlig forekommende organismer som finnes i bunnsedimentet. Under normale forhold er dyresamfunnene stabile og likeartede over store områder, men ved organisk belastning eller andre forandringer i miljøtilstanden, vil arts- og individsammensetningen endre seg.

Undersøkelsene omfattet både indre og ytre områder av Rosfjorden. Resultatene er sammenlignet mot prøvetaking i nærliggende områder utenfor fjorden og i fjordene ved Farsund. Disse resultatene er opparbeidet under det statlige kystovervåkingsprogrammet (Rygg 1991, Aure et al. 1993a,b), som ledd i undersøkelsene etter oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i 1988 (Pedersen et al. 1989) og ved resipientundersøkelser i fjordene ved Farsund (Oug et al. 1991).

### 5.2. Metodikk

#### 5.2.1. Stasjonsvalg

Det ble tatt prøver på tre lokaliteter i fjorden (Figur 1). Den innerste lokaliteten (RO 1) var opprinnelig tenkt plassert i 50-70 m dyp utenfor Svennevig/Salthaug for å være i nærområdet til utslippet fra det planlagte rensanlegget, men måtte trekkes lenger ut i fjorden. Innledende prøvetaking viste at bunnsedimentet var forstyrret i dette området etter forankring av borerigger. I ytre del av fjorden ble det lagt en stasjon (RO 2) i dypområdet og en stasjon (RO 3) nær land i samme dyp som stasjon RO 1. Stasjon RO 2 ble lagt litt på siden av dyprenna i fjorden på grunn av trålvirksomhet i området.

Det er benyttet resultater fra i alt seks stasjoner for sammenligning. Disse stasjonene er beliggende i Lyngdalsfjorden (st. 52B, 37 m), i Byfjorden ved Farsund (st. FA3, 69 m), ved Langøya utenfor Farsund (st. FA4, 58 m), ved Herreholmen utenfor terskelen til Rosfjorden (st. C70, 70 m), sørvest av Korshavn (C120, 120 m) og i Grønnsfjorden (st. C160, 160 m). På flere av stasjonene er det foretatt prøvetaking over flere år. Stasjonen i Lyngdalsfjorden bar preg av å være stimulert av organiske tilførsler (Oug m.fl. 1991), mens det ikke har blitt påvist effekter av forurensning på noen av de andre stasjonene.

#### 5.2.2. Prøvetaking

Prøvetakingen ble foretatt 24. september 1992. Prøvene ble tatt med en 0.1 m<sup>2</sup> 'Petersen'-type bunngrabb, og på hver stasjon ble det tatt fire parallelle prøver. Under prøvetakingen ble det gjort en visuell beskrivelse av bunnsedimentet.

Fra et av grabbhuggene på hver stasjon ble det tatt av en liten delprøve av overflatesediment til analyse av totalt organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN). Faunaprøvene ble spylt på 5 og 1 mm sifter og siktematerialet konservert i 4 % nøytralisert formaldehydløsning. Parallellprøvene for fauna ble slått sammen før videre bearbeiding.

Ved opparbeidingen av faunaprøvene ble dyrene sortert fra siktematerialet, identifisert og telt. På grunnlag av artslistene og de enkelte artenes individtall i prøvene ble matematiske analyser for faunalikhet og mål for artsmangfold (= diversitet) beregnet. Artsmangfold er en viktig parameter ved karakterisering av miljøtilstand.

### 5.2.3. Tallbehandling

#### *Artsmangfold*

Det er benyttet to mål for å uttrykke artsmangfold. Målene gir en enkeltverdi (indeks) eller beskriver en funksjon for den enkelte stasjon.

Shannon-Wiener indeks (H'). H' er en indeks som øker i tallverdi ved økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Normalt artsmangfold, som gjenspeiler gode miljøforhold, representeres ved verdier  $> 3.1$  (SFT 1993). Indeksens minimumsverdi er null.

Hurlbert's funksjon. Dette er et grafisk mål for artsmangfold hvor antall arter plottes som en kurve mot antall individer. Grovt sett vil lavt artsmangfold (få arter) vises ved flate, liggende kurver, mens høyt artsmangfold gir kurver som stiger bratt i diagrammet. Rygg (1984) har utarbeidet et standarddiagram for inndeling av kurvene i klasser basert på undersøkelser i en rekke norske fjorder. Tolkning basert på denne funksjonen kan derfor settes i en større sammenheng. I denne undersøkelsen er endepunktene for kurvene (ikke selve kurvene) plottet i dette diagrammet.

Fra Hurlberts funksjon er det også beregnet en indeks,  $E(S_{100})$ , som gir forventet antall arter ved 100 individer. Ved gode forhold skal indeksverdien (antall arter) overstige 18,5 (SFT 1993).

Utfyllende beskrivelser og formler for indeksene er gitt i Vedlegg.

#### *Likhetsanalyser*

For å beskrive variasjoner i faunaen mellom stasjonene i Rosfjorden og områdene omkring er det gjort en clusteranalyse og en MDS-ordinasjonsanalyse på tallmaterialet. Begge analysene illustrerer forskjeller og ulikheter mellom organismsamfunnene på stasjonene. Clusteranalysen er best egnet til å illustrere hvilke stasjoner som har størst innbyrdes likhet, mens ordinasjonsanalysen gir et best gjennomsnittsmønster over alle stasjonene. Dersom faunaen på noen stasjoner avviker på grunn av forurensninger eller spesielle lokale forhold, vil dette komme tydelig til syne i analysene.

Beregningene er foretatt med 'Bray-Curtis' likhetsmål og 'group average' sortering. Før analysene er alle tallverdier dobbelt rot-transformert. Begge metodene er nærmere beskrevet i Vedlegg.

Beregningene er utført i programpakken PRIMER, utgitt av Plymouth Marine Laboratory, England.

## 5.3. Resultater

### 5.3.1. Bunnsedimenter

Tabell 6 viser dyp og bunnsediment på stasjonene. På alle stasjonene var det normalt luktfritt bunnsediment. På stasjonene RO1 og RO 2 besto sedimentet av bløt finkornet silt og leire, mens det på RO3 var silt og leire med noe småstein og skjellrester. På stasjonene RO1 og RO3 var det større gravende former som sjøkreps og sjømus i prøvene.

Innholdet av organisk karbon (TOC) i sedimentet varierte fra 12.1 til 21.2 mg/g (1.2-2.1 %) (Tabell 7). Det er vanlig å observere 1-3 % organisk karbon i marine sedimenter (mengde organisk materiale vil grovt være det firedobbelte av karbonverdien). Alle stasjonene lå derfor godt innenfor normalområdet. Konsentrasjonen av TOC er høyest i finkornet sediment. Forskjellen i TOC-verdi mellom RO1 - RO2 og RO3 skyldes at sedimentet på RO3 var grovere.

Forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) kan indikere noe om materialets art. I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak har marin opprinnelse (f.eks. dødt plankton), er forholdstallet normalt 6-10, mens det i sedimenter som tilføres betydelige mengder materiale fra land overstiger 10 (humus, planterester, etc. er relativt nitrogenfattig). Alle stasjonene hadde C/N- verdier som indikerer at det organiske materialet har marin opprinnelse.

Analysene indikerer at det var et normalt bunnsediment i fjorden. Bunnområdene synes ikke å være påvirket av organiske tilførsler.

### 5.3.2. Bunnfauna

I alt ble det funnet 65 arter/artsgrupper (taxa) i bunnprøvene i Rosfjorden. Sammenfattende resultater er vist i Tabellene 8 og 9. Fullstendige resultater er gitt i Vedleggstabell 2.

#### *Artstall, artsmangfold og dominerende arter*

Det var moderate til lave arts- og individtall på alle stasjonene (Tabell 8). Det var flest arter og individer på den innerste stasjonen (RO 1), men det var ingen større forskjeller til stasjonen i ytre fjord (RO3). I dypområdet (RO 2) var det lave arts- og individtall. På alle stasjonene var det normale verdier for artsmangfold (Tabell 8). Verdier som overstiger 3.1 for H' og 18,5 for E(S<sub>100</sub>) kan betraktes som indikatorer for gode miljøforhold i fjordbassenger

Figur 16 viser artsmangfoldet (forholdet mellom arts- og individtall i prøvene) plottet i referansediagrammet etter Hurlberts funksjon. Stasjonene i Rosfjorden ligger nokså 'lavt' i diagrammet på grunn av de lave artstallene, men allikevel innenfor sektorene for normalt til høyt artsmangfold. I figuren er det også lagt inn verdier for stasjonene det sammenlignes med. Dette viser at artsmangfoldet i Rosfjorden er mest likt fjordene ved Farsund (FA3, FA4) og Grønsvfjorden (C160). Det er klart lavere artsmangfold enn i kystområdet utenfor fjorden (C70, C120).

Det var en normal artssammensetning på alle stasjonene (Tabell 9). Prøvene var dominert av mangelbørstemark, med typiske bløtbunnformer som *Chaetozone setosa*, *Diplocirrus glaucus*, *Spiophanes kroyeri* og *Terebellides stroemi* som de mest fremtredende. Ganske mange av artene er blant de dominerende på stasjoner i kystområdet utenfor fjorden (Rygg 1991, Aure et al. 1993a, b). Flere av artene synes å unngå forurensede områder. Dette gjelder f.eks. børstemarkene *Glycera rouxii* og *Diplocirrus glaucus*, muslingen *Nuculoma tenuis*, og krepsdyrene *Eriopisa elongata* og *Calocaris macandreae* som av Rygg (1985) er klassifisert som ømfintlige for forurensninger. Det var ingen arter tilstede som spesielt karakteriserer forurensede eller organisk overbelastede områder.

Tabell 6. Data for bunnfaunaprøvene: dyp, gjennomsnittlig fyllingsgrad i grabben og beskrivelse av bunnsedimentet.

Stasjon	Dyp (m)	Fyllingsgrad	Beskrivelse av bunnsediment
RO 1	98	1:1	Gråbrun silt/leire. Tydelig topplag med rør av børstemark. Mark sjøkreps og sjømus i prøvene.
RO 2	141	3:4	Siltig grå-blå leire, lite synlig liv. Tareblad i en av prøvene
RO 3	100	3:4	Grå-brun silt og leire med sand og stein. Noe skjellsand, sjømus og slangestjerner

Tabell 7. Data for prøvene av bunnsediment: innhold av organisk karbon (TOC), innhold av nitrogen (TN) og forholdstall for karbon og nitrogen (C/N-forhold).

Stasjon	Dyp (m)	TOC (mg/g)	TN (mg/g)	C/N-forhold
RO 1	98	21.2	3.0	7.1
RO 2	141	21.8	3.2	6.8
RO 3	100	12.1	1.7	7.1

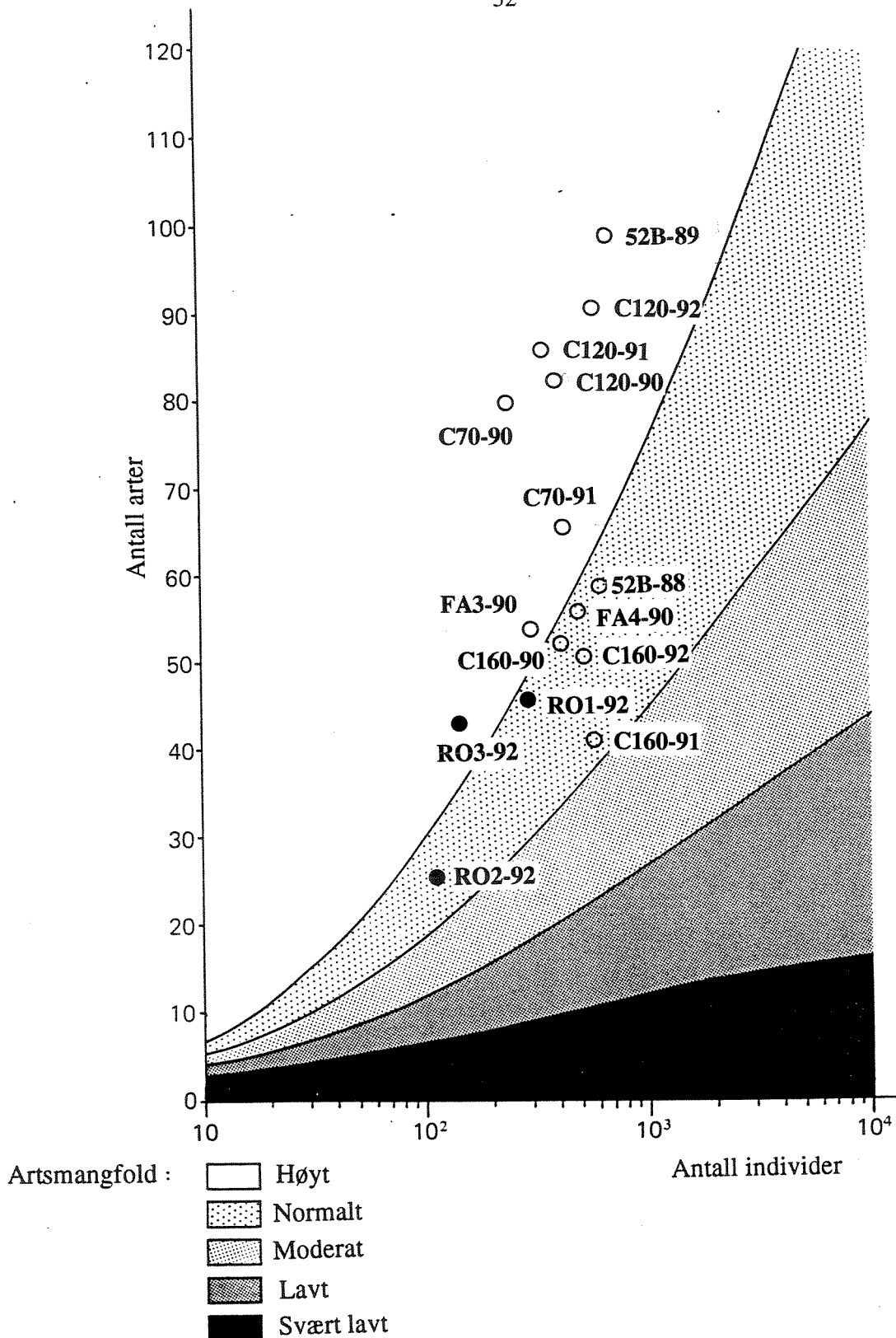
Tabell 8. Data for bunnfaunaprøvene: antall arter, totale individtall og beregnede verdier for artsmangfold ( $H'$  og  $E(S_{100})$ ).

Stasjon	Dyp (m)	Antall arter	Individtall (ind./0.4 m <sup>2</sup> )	$H'$	$E(S_{100})$
RO 1	98	46	297	4.44	29.50
RO 2	141	26	105	3.95	25.38
RO 3	100	43	146	4.63	35.78



Tabell 9. Individtettheter (ind/0.4 m<sup>2</sup>) for de viktigste artene i bunnfaunaprøvene fra Rosfjorden 1992. Alle arter med mer enn 5 individer i prøvene er vist.

Rosfjord 24.09.1992	Stasjon	RO1	RO2	RO3
NEMERTINEA				
Nemertinea indet		5	1	4
POLYCHAETA				
Chaetozone setosa Malmgren 1867		49	17	30
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)		37	6	11
Eclysippe vanelli (Fauvel 1936)		5	2	8
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)		5		1
Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards 1833		8	5	
Goniada maculata Oersted 1843		8	1	1
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)		2	8	7
Lumbrineris scopa Fauchald 1974		22		2
Myriochele oculata Zaks 1922		1	6	1
Nephtys incisa Malmgren 1865		2		3
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)		12	1	6
Paramphitrite tetrabanchiata Holthe 1976		2		6
Prionospio malmgreni Claparede 1868		7		1
Rhodine gracillior Tauber 1879		5	1	1
Spiophanes kroeyeri Grube 1860		27	12	7
Terebellides stroemi M.Sars 1835		23	16	8
Tharyx mcintoshii		12		2
Tharyx/Caulleriella sp		2	1	3
BIVALVIA				
Nucula sulcata (Bronn 1831)		6		2
Nuculoma tenuis (Montagu)			1	7
Thyasira cf. equalis (Verrill & Bush)		4	3	4
CRUSTACEA				
Eriopisa elongata Bruzelius		1	9	1
Calocaris macandreae Bell 1846		3	1	2
ECHINODERMATA				
Amphiura filiformis (O.F.Mueller)		15		



Figur 16. Artsmangfold for bunnfaunaprøvene fra Rosfjorden (fylte symboler) og nærliggende områder (åpne symboler). Figuren viser forholdet mellom artstall og individtall i prøvene plottet i et generelt klassifiseringssystem basert på Hurlbert's funksjon. Stasjonskoder: 52B - Lyngdalsfjorden (37 m), FA3 - Byfjorden ved Farsund (69 m), FA4 - Langøya utenfor Farsund (58 m), C70 - Herreholmen utenfor Rosfjorden (70 m), C120 - SV av Korshavn (120 m), C160 - Grønsfjorden (160 m). Nummeret ved stasjonkoden angir årstall for prøvetaking. Inndelingen av arts mangfoldet i klasser er basert på en rekke undersøkelser i norske fjorder. Diagrammet er etter Rygg (1984).

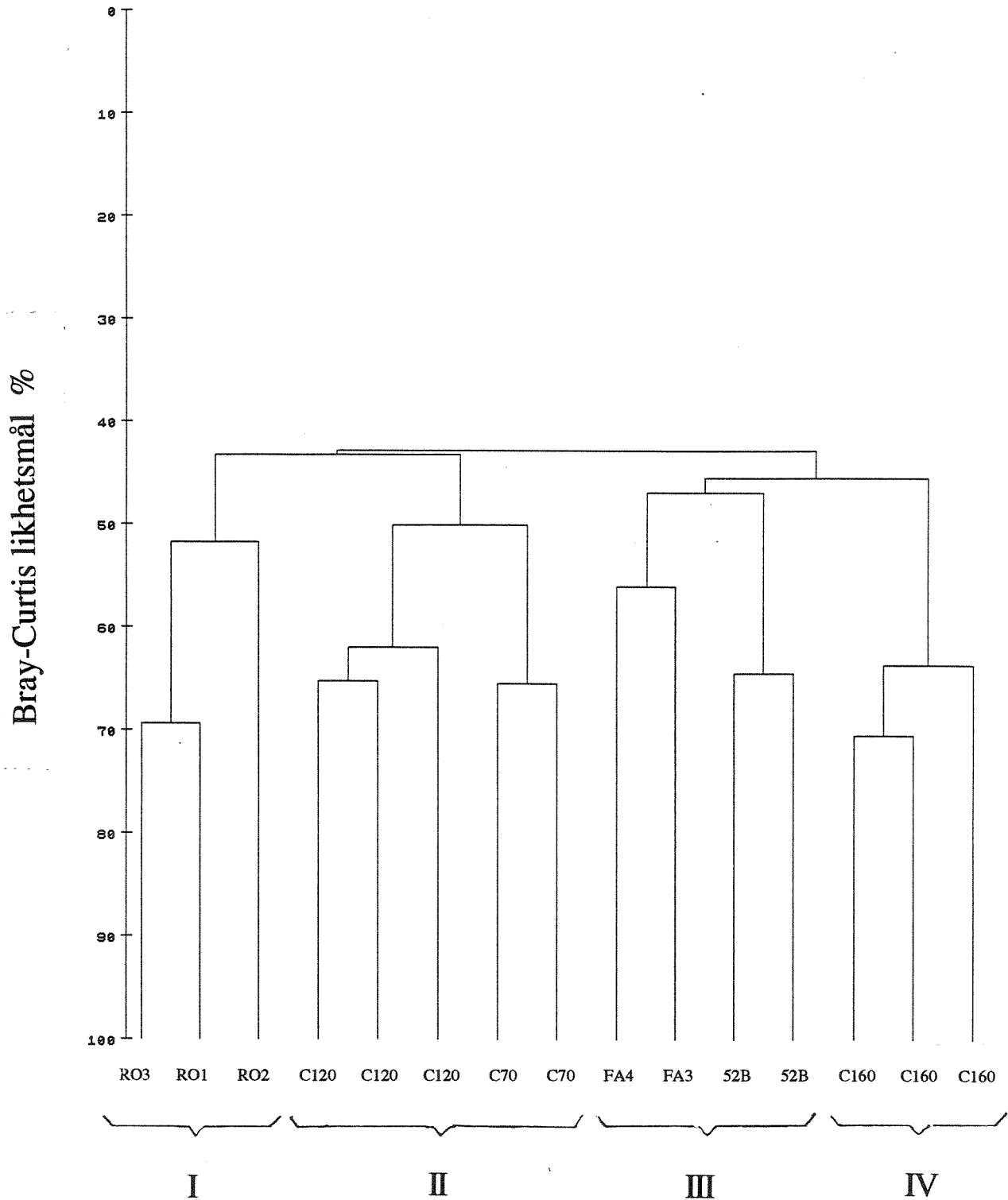
### Likhetsanalyser

Hele datasettet for Rosfjorden og de omkringliggende områdene (15 prøvesett) omfatter i alt 296 arter/artsgrupper (taxa). Ved reduksjoner og sammenslåinger er datasettet for analysene begrenset til 122 arter/artsgrupper. I hovedsak er det individfattige arter som er tatt ut. Prinsippene for reduksjonene og det endelige artsutvalg for analysene er vist i Vedleggstabell 3.

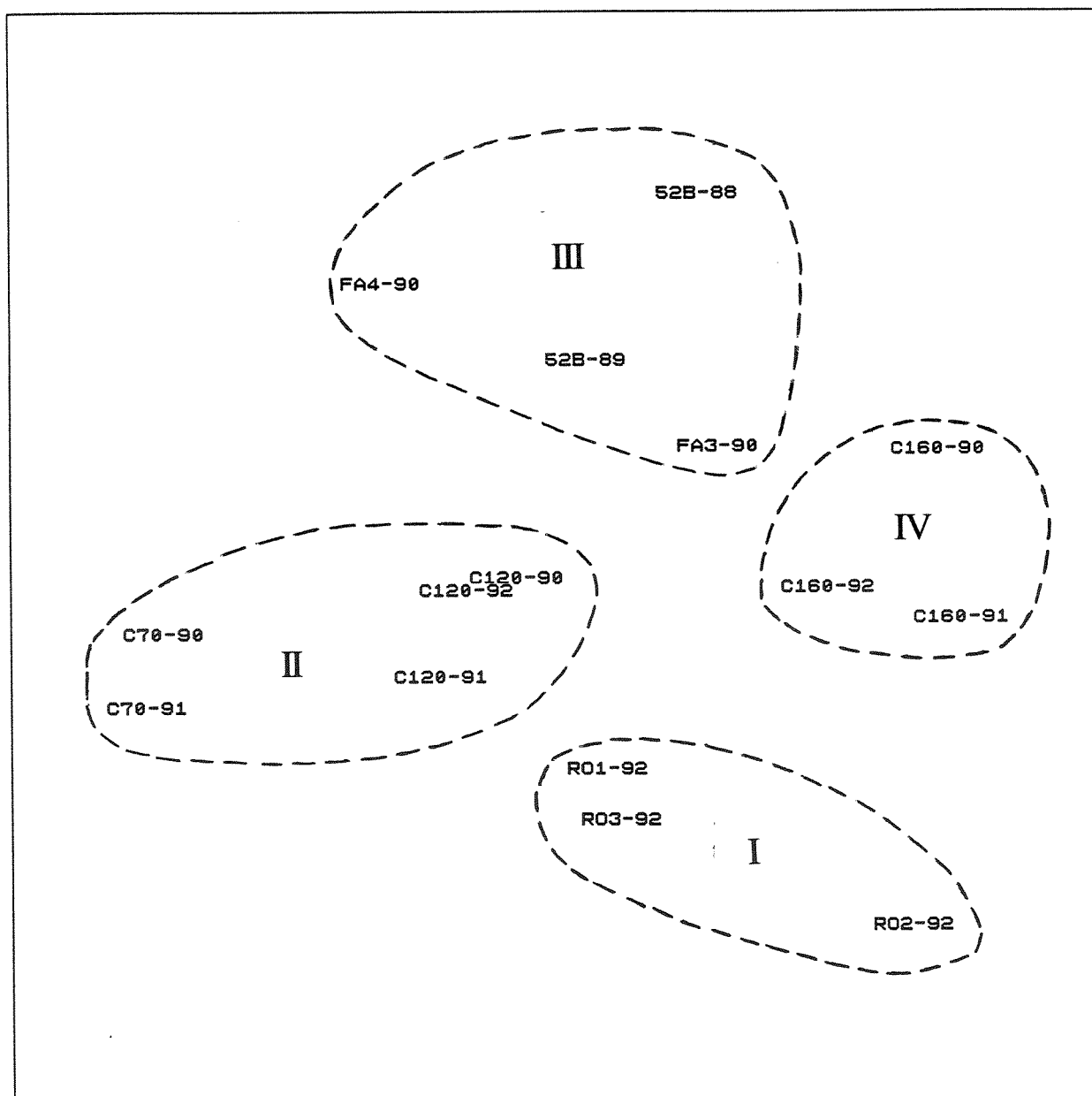
I hovedtrekkene var det de samme artene som dominerte på de tre stasjonene i Rosfjorden (Tabell 9). Dette indikerer at det var ganske homogene forhold i fjorden. Denne likheten mellom stasjonene fremtrer tydelig i clusteranalysen (Figur 17) hvor de tre stasjonene fra Rosfjorden danner en gruppe (I). Sammenlignet med de øvrige stasjonene i området var det størst likhet til stasjonene utenfor fjorden (C70 - Herreholmen og C120 - SV av Korshavn, gruppe II).

Gruppene i analysen følger geografiske avgrensninger. Gruppe I omfatter prøvene fra Rosfjorden, gruppe II kystområdet utenfor fjorden, gruppe III Farsund/Lyngdalsfjorden og gruppe IV Grønsfjorden. Det var allikevel ingen skarpe skiller mellom gruppene, et forhold som viser at det var en relativt homogen fauna over hele området. På alle stasjonene hvor det er foretatt gjentatt prøvetaking i ulike år (C70 Herreholmen, C120 Korshavn, C160 Grønsfjorden, 52B Lyngdalsfjorden) grupperes de gjentatte prøvene sammen. Dette viser at variasjonene i faunaens sammensetning fra år til år dessuten er mindre enn de geografiske forskjellene innen området prøvene er hentet fra.

Inntrykket av en homogen fauna kommer også fram i ordinasjons-analysen (Figur 18), hvor stasjonene fordeler seg jevnt i diagrammet. Gruppene fra clusteranalysen (I-IV) danner åpne, men ikke overlappende grupper. De samme hovedmønstre i geografiske forskjeller og tidsvariasjoner framkommer som i clusteranalysen, men analysen markerer tydeligere at Farsundsområdet er mest forskjellig fra Rosfjorden. De to 100-m stasjonene (RO1 og RO3) har likheter både til C120 utenfor fjorden og til stasjonen i Grønsfjorden (C160). Dette samsvarer med geografisk beliggenhet og områdets topografi og viser at det ikke er noen spesielle lokale forhold i Rosfjorden som påvirker faunaen.



Figur 17. Likhetsanalyse (clusteranalyse) av bunnfaunaprøvene fra Rosfjorden og bunnfaunaprøver fra omkringliggende områder. I diagrammet angir horisontale forbindelseslinjer graden av likhet mellom prøvene - jo lavere prøvene er forbundet, jo større likhet. For eksempel er det stor likhet mellom prøvene RO1 og RO3 fra Rosfjorden (til venstre i diagrammet). Graden av likhet (%) er vist på ordinaten. Identifiserte grupper er markert med romertall (I-IV). Stasjonskoder: 52B - Lyngdalsfjorden (37 m), FA3 - Byfjorden ved Farsund (69 m), FA4 - Langøya utenfor Farsund (58 m), C70 - Herreholmen utenfor Rosfjorden (70 m), C120 - SV av Korshavn (120 m), C160 - Grønsvfjorden (160 m). Artsutvalget for analysen er gitt i Vedleggstabell 3.



Figur 18. Ordinasjons-analyse (MDS-ordinasjon) av bunnfaunaprøvene fra Rosfjorden og bunnfaunaprøver fra omkringliggende områder. I diagrammet er prøvene angitt ved punkter som plottes slik at avstand mellom punktene representerer graden av ulikhet mellom prøvene. Grupper av tett liggende punkter viser derfor innbyrdes like prøver. For sammenligning er prøvegruppene fra clusteranalysen (I-IV, Fig. 17) inntegnet. Stasjonskodene er som i Fig. 17. Artsutvalget for analysen er gitt i Vedleggstabell 4.

## 5.4. Vurdering av resultatene

Alle forhold ved prøvene indikerte at miljøtilstanden i fjorden var god. Bløtbunnsfaunaen er spesielt følsom for eutrofieringsvirkninger (sedimentering av plankton) og utslipp av organisk materiale, men viste ingen tegn til påvirkning. Det høye artsmangfoldet, artssammensetningen og faunaens likhet til områdene omkring er alle forhold som indikerer god tilstand og at Rosfjorden har åpen forbindelse med sjøområdene omkring. Også bunnsedimentene viste at forholdene var gode. Disse resultatene samsvarer med undersøkelsene av vannkvalitet som viste gode oksygenforhold helt til bunns i fjorden.

Antall arter og individer i prøvene var lavere enn i sjøområdet utenfor fjorden (se Fig. 16). Det er ikke uvanlig å observere nedsatte arts- og individtall i fjorder, men dette forhold synes å variere endel. Figur 17 viser at det samme forholdet gjelder for Grønsfjorden (st. C160) og i noen grad for Byfjorden ved Farsund (FA3). De spesielt lave arts- og individtallene for den dypeste stasjonen i Rosfjorden (RO2) ligger også innenfor 'naturlig variasjon', men denne lokaliteten kan være forstyrret fra trålvirksomhet i området.

## 6. MILJØGIFTER I SEDIMENTENE

### 6.1. Formål

Undersøkelsene av sedimentene tar sikte på å gi en vurdering av innholdet av metaller og organiske miljøgifter i Rosfjorden. Miljøgifter er som regel ikke naturlig forekommende, og gir indikasjoner på grad av menneskelig påvirkning.

### 6.2. Metodikk

Overflatesedimentet (0-2 cm) fra en stasjon ved Salthaug (Figur 1) ble analysert for innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter. Prøven ble samlet inn ved hjelp av en kjerneprøvetaker (Niemistö 1974). Innhold av metallene sink, bly, kobber og kadmium ble bestemt ved atomabsorpsjon spektrofotometri etter oppslutning i fluss-syre. Analyse av PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner = "tjærestoffer") ble gjennomført med GC/MSD (split/splitless injektor med 12 m x 0.2 mm i.d. kolonne) etter ekstraksjon med cykloheksan. PCB (polyklorerte bifenyl) og klorerte pesticider ble ekstrahert med acetone/cykloheksan under høy- energi, ultrasonisk desintegrasjon. Sum PCB refererer seg til PCB nr. 28, 52, 101, 118, 153, 105, 138, 156, 180, 209).

Kornfordeling ble bestemt ved våtsikting og organisk karboninnhold i sedimentet analysert med en CHN-analysator.

### 6.3. Resultater

Det ble tatt en kjerneprøve på 44 cm lengde. Sedimentet hadde et mørkt (sort) overflatelag med svak lukt av hydrogensulfid. Dypere ned i kjernen (fra 5-8 cm) var det blåleire mens det i bunnen var grov sand. Det øverste 2 cm tykke laget som ble analysert, var sandig med 48 % (tørrvekstsbasis) av partiklene finere enn 63 µm (skille mellom sand og silt). Konsentrasjonen av metallene er vist i Tabell 10.

Tabell 10. Innhold (µg/g tørrstoff) av sink (Zn), bly (Pb), kobber (Cu) og kadmium (Cd) i overflatesedimentet (0-2 cm) samt øvre grense for 'god' miljøtilstand (SFT 1993).

	Zn	Pb	Cu	Cd
Målt konsentrasjon	165	46	45	0,26
'Normalverdi'	<150	<30	<35	<0,25

Resultatene av metallanalysene viser en svak forurensningspåvirkning. Etter et klassifiseringssystem for innhold av miljøgifter i sedimenter (SFT 1993), bedømmes miljøtilstanden med hensyn på metallene ovenfor som 'mindre god' (tilstandsklasse II). Det må imidlertid bemerkes at verdiene for alle metallene, i særdeleshet kadmium, ligger nær grenseverdien mellom 'god' og 'mindre god' gitt ved 'Normalverdi' i tabellen.

Konsentrasjonen av PAH og sum PCB er gitt i Tabell 11. PAH er ringformede molekyler bygget opp kun av karbon og hydrogen og dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale. Konsentrasjoner i norske fjorder utover et normalnivå skyldes gjerne utslipp fra smelteverk, oljesøl,

diesel-eksos o.l. PCB er syntetiske forbindelser i hovedsak anvendt tidligere som isolerende, ikke-brennbar olje i transformatorer og kondensatorer. De er også brukt som mykgjørere i plast og som tilsats til hydrauliske oljer.

Tabell 11. Innhold av PAH og PCB ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tørrstoff) i overflatesedimentet samt øvre grense for 'god' miljøtilstand (SFT 1993).

	PAH	sum PCB
Målt konsentrasjon	728	15,5
'Normalverdi'	<300	<5

I det tilsvarende klassifiseringssystemet som nevnt ovenfor, bedømmes miljøtilstanden i sedimentet med hensyn på PAH og PCB som 'mindre god' (tilstandsklasse II).

Innhold av de klorerte forbindelsene pentaklorbenzen og heksaklorbenzen var lavt og under deteksjonsnivå, 0,2 ng/g. Det samme var tilfelle for plantevernmiddelet lindane. Konsentrasjonen av sum DDT (plantevernmiddel) var 2 ng/g hvilket er relativt lavt og i samme størrelsesorden som i dypområdene i Skagerrak (finkornet sediment), men høyere enn i grovkornet sediment fra Nordsjøen (J. Klungsøyr, Havforskningsinstituttet pers. med.).

#### 6.4. Vurdering

Sedimentet i prøven samlet innerst i Rosfjorden var svakt påvirket av metaller, PAH og PCB. Kilden er sannsynligvis generell menneskelig aktivitet.



## 7. REFERANSER

- Aure, J., E. Dahl, N. Green, J. Magnusson, F. Moy, A. Pedersen, B. Rygg, M. Walday 1993a. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlingsrapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 510/93. 100s. (NIVA 2827).
- Aure, J., E. Dahl, N. Green, J. Magnusson, F. Moy, A. Pedersen, B. Rygg, M. Walday 1993b. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1992. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 528/93. 99s. (NIVA 2924).
- Aure, J., E. Dahl, H. Hovind, J. Magnusson 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Hydrografi/hydrokjem. Datarapport 1992. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 513/93.
- Bokn, T., S.N. Murray, F.E. Moy, J.B. Magnusson 1992. Changes in fucoid distribution and abundances in the inner Oslofjord; Norway: 1974-80 versus 1988-90. Acta Phytogeogr. Suec, 78: 117-124.
- Brockmann, U.H., K.P. Koltermann, E. Dahl, A. Dahle, K. Eberlein, A. Gaertner, G. Gassmann, K.D. Hammer, J. Jahnke, G. Kattner, M. Krause, J. Kuiper, M. Laake, K. Nagel 1981. Water exchange in Rosfjord during spring '79, a detailed account of physical, chemical and biological variations. In: The Norwegian Coastal Current. Eds. R.Sætre and M.Mork. University of Bergen.
- Haugen, I. N. & J. Molvær 1982. Foreløpig vurdering av Fedafjorden, Rosfjorden og Mannefjorden ved Mandal. NIVA rapport O-80065. L.nr.1364.
- Knutzen, J. 1986. Effekter av kloakkvannutslipp og overgjødning på fastsittende marine alger. Blyttia 44: 15-21.
- Mathieson, A.C. & C.A. Penniman 1991. Floristic patterns and numerical classification of New England estuarine and open coastal seaweed populations. Nova Hedwiga 52: 453-485.
- Molvær, J. 1982. Vannforekomster i Vest-Agder. Vurdering og kommentarer til fysisk - kjemiske analyseresultater fra fjorder i tidsrommet 1978 - 1981. NIVA rapport 1361.
- Niemistö, L. 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinst. Skr. Helsinki. 238: 33-38.
- Oug, E., J. Molvær, F. Moy & K. Næs 1991. Resipientundersøkelse i fjordområdet ved Farsund. Vannutskifting, vannkvalitet, strandsoneregistreringer og bløtbunnsfauna. NIVA rapport nr. 2661. Grimstad/Oslo. 65 s.
- Pedersen, A., E. Oug & N. Green 1989. Oppblomstring av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis*. Gjenvest av organismesamfunn langs kysten. NIVAs undersøkelser i juni 1989. Statlig prog. forurensningsovervåk. rapport 403/90. SFT/NIVA. Oslo 228 s. 2 vols.
- Rygg, B. 1984. Bløtbunnsfaunaundersøkelser. Et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. NIVA-rapport F.481, OF-80612 II. Oslo. 29 s.
- Rygg, B. 1985. Sammenheng mellom forurensningsgrad og forekomst av utvalgte arter av marin bløtbunnsfauna. Statlig prog. forurensningsovervåk. rapport 184/85. SFT/NIVA. Oslo. 36 s.

Rygg, B. 1991. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1990. Årsrapport. Statlig prog. forurensningsovervåk. rapport 444/91. SFT/NIVA. Oslo. 42 s.

SFT 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 93:02. Oslo, 19 sider.

Stigebrandt, A., Beregning av miljøeffekter i fjorder fra menneskelige aktiviteter. Lærebok for brukere av vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø. Ancylus. Rapport nr. 9201. Göteborg. Sverige.

## 8. VEDLEGG

## Vedleggstabell 1. Artsliste for strandsonen.

Arter registrert i Rosfjorden september 1992. Mengdeangivelse er gitt ved en fire-delt skala: d = dominerende, v = vanlig, s = spredt, + = enkeltfunn.

Stasjonsnavn	Ådnesgård							Norske navn
	Syrhoved		Svennevik		Lyngdal havn		Prestjordstranden	
Arter	Stasjonsnr.	SR1	SR2	SR3	SR4	SR5	SR6	Rosfjordsanden Camping
<b>RHODOPHYTA</b>								<b>RØDALGER</b>
<i>Ahlfeltia plicata</i>			s				s	Sjørís
<i>Audouinella</i> sp.				+		+		Rødpusling
<i>Callithamnion corymbosum</i>				+		v	v	Gaffelgrenet havpryd
<i>Ceramium rubrum</i>	d	d	v	v	v	v	v	Vanlig rekeklo
<i>Chondrus crispus</i>		s						Krusflik
<i>Corallina officinalis</i>			v					Krasing
<i>Hildenbrandia rubra</i>	v	v	s	v	v	v	v	Fjæreblod
<i>Palmaria palmata</i>	v	s						Søl
<i>Polysiphonia</i> sp.						v		-dokke
<i>Polysiphonia violacea</i>				+				Tangdokke
<i>Porphyra</i> cf. <i>leucosticta</i>	v	v			v	s		Stripefjærehinne
<i>Porphyra umbilicalis</i>	+	s			s			Vanlig fjærehinne
<i>Pymatolithon lenormandii</i>	v	d	v			d	d	Slettrugl
Antall rødalger		6	9	6	4	7	5	
<b>PHAEOPHYTA</b>								<b>BRUNALGER</b>
<i>Ascophyllum nodosum</i>	(s)	v	s			v	s	Grisetang
<i>Chorda filum</i>	s						e	Martaum
<i>Elachista fucicola</i>		s						Tanglo
<i>Fucus serratus</i>	v	d	s	v	s	v	v	Sagtang
<i>Fucus vesiculosus</i>	(s)	v	v	v	v	v	v	Blæretang
<i>Laminaria digitata</i>	d	d	v	d	d	d	d	Fingertare
<i>Laminaria saccharina</i>			s					Sukkertare
<i>Pilayella littoralis</i>		s	s					Perlesli
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	+	+				+		Bruntufs
Antall brunalger		6	7	6	3	5	5	
<b>CHLOROPHYTA</b>								<b>GRØNNALGER</b>
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	s							Laksesnøre
<i>Cladophora rupestris</i>	v	v	v			v	v	Vanlig grønndusk
<i>Cladophora</i> sp.						s		Lys grønndusk
<i>Codium fragile</i>			v			s		Pollpryd
<i>Enteromorpha</i> sp.	s	s	s	s	s	s	s	Tarmgrønnske
<i>Rhizoclonium</i> cf. <i>implexum</i>						+		Krypstråd
<i>Ulva lactuca</i>	s		s	s	s	s	s	Havsalat
Antall grønналger		4	2	4	2	6	3	
<b>CYANOPHYTA</b>								<b>BLÅGRØNNE ALGER</b>
<i>Calothrix</i>	v	d	v	v	d	v	v	Marebek
<b>FAUNA</b>								<b>DYR</b>
<i>Acmeae</i> sp.			s					Skilpaddesnegl
<i>Asterias rubens</i>	v	v				s	s	Korstrøll
<i>Balanus</i> sp.	s		s					Rur
<i>Bryozoa</i>	d	d	v	v	v	v	v	Mosdyr
cf. <i>Dynamena pumila</i>			s				s	Hydroide

<i>cf. Laomedea</i>	v	v			v		Hydroide
<i>Halichondria panicea</i>	v	s					Brødsvamp
<i>Hydroida</i>	s		s				Hydroide
<i>Littorina littorea</i>					s		Strandsnegl
<i>Spirorbis sp.</i>		d	v		v		Posthornmark
Antall dyr	6	5	6	1	5	3	

## Vedleggstabell 2. Fullstendige artslister for bløtbunnsfauna.

Rosfjord 24.09.1992	Stasjon	RO1	RO2	RO3
<b>NEMERTINEA</b>				
Nemertinea indet		5	1	4
<b>NEMATODA</b>				
Nematoda indet		1		
<b>POLYCHAETA</b>				
Amaeana trilobata (M.Sars, 1863)		2		
Ampharete sp		1		1
Ceratocephale loveni Malmgren, 1867		1	3	
Chaetozone setosa Malmgren, 1867		49	17	30
Diplocirrus glaucus (Malmgren, 1867)		37	6	11
Eclysippe vanelli (Fauvel, 1936)		5	2	8
Euclymene sp		1		
Glycera alba (O.F.Mueller, 1776)		5		1
Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards, 1833		8	5	
Goniada maculata Oersted, 1843		8	1	1
Gyptis rosea (Malm, 1874)		1		
Harmothoe sp		3		1
Heteromastus filiformis (Claparede, 1864)		2	8	7
Laonice cirrata (M.Sars, 1851)		3		
Lumbrineris scopa Fauchald, 1974		22		2
Lumbrineris sp			1	
Melinna cristata (M.Sars, 1851)			3	
Myriochele oculata Zaks, 1922		1	6	1
Nephtys incisa Malmgren, 1865		2		3
Nephtys paradoxa Malm, 1874			1	2
Ophelina modesta Stoep-Bowitz, 1958		1		
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje, 1822)		3		
Paramphinome jeffreysii (McIntosh, 1868)		12	1	6
Paramphitrite tetrabranhia Holthe, 1976		2		6
Paraonis gracilis (Tauber, 1879)		2		1
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller, 1776)				1
Pectinaria belgica (Pallas, 1766)				1
Pholoe sp		1		
Platynereis dumerilii (Audouin & Milne-Edwards, 1834)			1	
Polyphysia crassa (Oersted, 1843)		2		
Prionospio cirrifera Wiren, 1883				1
Prionospio malmgreni Claparede, 1868		7		1
Prionospio multiobranchiata Berkeley, 1927				1
Pseudopolydora paucibranchiata Czerniavsky			1	
Rhodine gracillior Tauber, 1879		5	1	1
Samytha sexcirrata M.Sars, 1856				2
Scalibregma inflatum Rathke, 1843		3		1
Spiophanes kroeyeri Grube, 1860		27	12	7
Terebellides stroemi M.Sars, 1835		23	16	8
Tharyx mcintoshii		12		2
Tharyx/Caulleriella sp		2	1	3
Trichobranthus roseus (Malm, 1874)		1		

CAUDOFOVEATA			
Caudofoveata indet			3
BIVALVIA			
Abra nitida (Mueller, 1789)	1		3
Nucula sulcata (Bronn, 1831)	6		2
Nuculana pernula (Mueller, 1776)			2
Nuculoma tenuis (Montagu)		1	7
Saxicavella jeffreysii Winckworth		2	
Thyasira cf. equalis (Verrill & Bush)	4	3	4
Tropidomya abbreviata (Forbes, 1843)			1
SCAPHOPODA			
Dentalium entale Linne			1
Entalina quinquangularis (Forbes)		1	
CRUSTACEA			
Eudorella emarginata Kroeyer	1		1
Eriopisa elongata Bruzelius	1	9	1
Calocaris macandreae Bell, 1846	3	1	2
Caridea indet	1		
Pandalina profunda			1
BRACHIOPODA			
Crania anomala (Mueller)			1
ECHINODERMATA			
Luidia sarsi Dueben & Koren	1	1	
Amphilepis norvegica Ljungman	2		
Amphiura chiajei Forbes	1		1
Amphiura filiformis (O.F.Mueller)	15		
Brissopsis lyrifera (Forbes)	1		2
<hr/>			
Total sum individer	297	105	146
<hr/>			

### **Vedleggstabell 3. Arter som inngår i likhetsanalysene.**

Fortegnelse over arter/artsgrupper (taxa) som inngår i likhetsanalysene. Analysene omfatter følgende prøver: 52B-88, 52B-89, C70-90, C70-91, C120-90, C120-91, C120-92, C160-90, C160-91, C160-92, FA3-90, FA4-90, RO1-92, RO2-92, RO3-92. Individtallene for stasjonene i Rosfjorden er også vist.

Artsutvalget er foretatt etter følgende kriterier:

- Ikke kvantitative taxa er utelatt
- Alle arter med færre enn 5 individer totalt i prøvene er utelatt
- Former bestemt til art i enkelte prøver og til slekt (sp.) i andre, men som trolig er samme, er slått sammen
- synonymer og usikre bestemmelser (cf.) er slått sammen med godtatte arter

Stasjon	RO1-92	RO2-92	RO3-92
Nemertinea indet	5	1	4
Amacea trilobata (M.Sars 1863)	2	0	0
Ampharete sp	1	0	1
Amphicteis gunneri (M.Sars 1835)	0	0	0
Amythasides macroglossus Eliason 1955	0	0	0
Anobothrus gracilis (Malmgren 1865)	0	0	0
Aphrodita aculeata Linne 1758	0	0	0
Apistobranchus tullbergi (Theel 1879)	0	0	0
Asychis biceps (M.Sars 1861)	0	0	0
Axionice maculata (Dalyell 1853)	0	0	0
Brada villosa (Rathke 1843)	0	0	0
Cauleriella sp	0	0	3
Ceratocephale loveni Malmgren 1867	1	3	0
Chaetozone setosa Malmgren 1867	49	17	30
Chone sp	0	0	0
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	37	6	11
Eclysippe vanelli (Fauvel 1936)	5	2	8
Eteone longa (Fabricius 1780)	0	0	0
Euchone sp	0	0	0
Euclymene sp	1	0	0
Exogone sp	0	0	0
Gattyana cirrosa (Pallas 1766)	0	0	0
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)	5	0	1
Glycera capitata Oersted 1843	0	0	0
Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards 1833	8	5	0
Glycinde nordmanni (Malmgren 1865)	0	0	0
Goniada maculata Oersted 1843	8	1	1
Harmothoe sarsi (Kinberg 1865)	0	0	0
Harmothoe sp	3	0	1
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	2	8	7
Jasmineira sp	0	0	0
Lanassa venusta (Malm 1874)	0	0	0
Laonice cirrata (M.Sars 1851)	3	0	0
Lumbrineris fragilis (O.F.Mueller 1766)	0	0	0
Lumbrineris latreilli Audouin&Milne-Edwards 1834	0	0	0
Lumbrineris scopa Fauchald 1974	22	0	2
Lumbrineris sp	0	1	0
Maldane sarsi Malmgren 1865	0	0	0
Melinna cristata (M.Sars 1851)	0	3	0
Myriochele oculata Zaks 1922	1	6	1
Nephtys ciliata (O.F.Mueller 1776)	0	0	0
Nephtys incisa Malmgren 1865	2	0	3
Notomastus latericeus Sars 1851	0	0	0
Onuphis fiordica Fauchald 1974	0	0	0
Ophelina norvegica Stoep-Bowitz 1945	0	0	0
Ophelina sp	1	0	0
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	3	0	0
Orbinia norvegica (M.Sars 1872)	0	0	0
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	12	1	6
Paramphitrite tetrabranchiata Holthe 1976	2	0	6
Paraonidae indet	0	0	0
Paraonis gracilis (Tauber 1879)	2	0	1
Paraonis lyra (Southern 1914)	0	0	0
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)	0	0	1
Pectinaria koreni Malmgren 1865	0	0	0
Pholoe sp	1	0	0
Phyllodocidae indet	0	0	0
Polycirrus plumosus (Wollebaek 1912)	0	0	0
Polyphysia crassa (Oersted 1843)	2	0	0
Prionospio cirrifera Wiren 1883	0	0	1
Prionospio malmgreni Claparede 1868	7	0	1
Proclea graffii (Langerhans 1884)	0	0	0
Pseudopolydora antennata (Claparede 1868)	0	0	0



<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i> Czerniavsky	0	1	0
<i>Rhodine gracilior</i> Tauber 1879	5	1	1
<i>Rhodine loveni</i> Malmgren 1865	0	0	0
<i>Sabellides octocirrata</i> (M.Sars 1835)	0	0	0
<i>Samytha sexcirrata</i> M.Sars 1856	0	0	2
<i>Scalibregma inflatum</i> Rathke 1843	3	0	1
<i>Scionella lornensis</i> Pearson 1969	0	0	0
<i>Scolelepis</i> sp	0	0	0
<i>Sosane sulcata</i> Malmgren 1865	0	0	0
<i>Spiochaetopterus typicus</i> M.Sars 1856	0	0	0
<i>Spiophanes kroeyeri</i> Grube 1860	27	12	7
<i>Streblosoma bairdi</i> (Malmgren 1865)	0	0	0
<i>Streblosoma intestinalis</i> M.Sars 1872	0	0	0
<i>Terebellides stroemi</i> M.Sars 1835	23	16	8
<i>Tharyx</i> sp	14	1	2
<i>Trichobranchus roseus</i> (Malm 1874)	1	0	0
<i>Typosyllis cornuta</i> (Rathke 1843)	0	0	0
<i>Philine scabra</i> (O.F.Mueller 1776)	0	0	0
<i>Polyplacophora</i> indet	0	0	0
<i>Caudofoveata</i> indet	0	0	3
<i>Abra nitida</i> (Mueller 1789)	1	0	3
<i>Astarte elliptica</i> Brown 1827	0	0	0
<i>Astarte sulcata</i> (Da Costa 1778)	0	0	0
<i>Corbula gibba</i> (Olivi 1792)	0	0	0
<i>Kelliella miliaris</i> (Philippi 1844)	0	0	0
<i>Montacuta tenella</i> Loven	0	0	0
<i>Myrtea spinifera</i> (Montagu)	0	0	0
<i>Nucula sulcata</i> (Bronn 1831)	6	0	2
<i>Nucula tumidula</i> (Malm)	0	0	0
<i>Nuculana minuta</i> (Mueller 1776)	0	0	0
<i>Nuculoma tenuis</i> (Montagu)	0	1	7
<i>Parvicardium minimum</i> (Philippi 1836)	0	0	0
<i>Saxicavella jeffreysii</i> Winckworth	0	2	0
<i>Thyasira croulinensis</i> (Jeffreys)	0	0	0
<i>Thyasira equalis</i> (Verrill & Bush)	4	3	4
<i>Thyasira ferruginea</i> (Forbes)	0	0	0
<i>Thyasira flexuosa</i> (Montagu 1803)	0	0	0
<i>Thyasira sarsi</i> (Philippi 1845)	0	0	0
<i>Yoldiella lucida</i> (Loven 1846)	0	0	0
<i>Yoldiella tomlini</i> Winckworth 1932	0	0	0
<i>Dentalium entale</i> Linne	0	0	1
<i>Philomedes globosus</i> Lilljeborg	0	0	0
<i>Eudorella emarginata</i> Kroeyer	1	0	1
<i>Leucon nasica</i> (Kroeyer)	0	0	0
Tanaidacea indet	0	0	0
<i>Ampelisca</i> sp	0	0	0
<i>Byblis crassicornis</i> Metzger	0	0	0
<i>Eriopisa elongata</i> Bruzelius	1	9	1
<i>Maera loveni</i> Bruzelius	0	0	0
<i>Westwoodilla caecula</i> (Sp.Bate)	0	0	0
<i>Calocaris macandreae</i> Bell 1846	3	1	2
<i>Onchnesoma steenstrupi</i> Koren & Danielssen 1876	0	0	0
<i>Phascolion strombi</i> (Montagu 1804)	0	0	0
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes	1	0	1
<i>Amphiura filiformis</i> (O.F.Mueller)	15	0	0
<i>Ophiura affinis</i> Luetken	0	0	0
<i>Brissopsis lyrifera</i> (Forbes)	1	0	2
<i>Echinocardium cordatum</i> (Pennant)	0	0	0
<i>Echinocyamus pusillus</i> (O.F.Mueller)	0	0	0

## Tallbehandling

### Artsmangfold

Artsmangfold (diversitet) er et begrep som søker å uttrykke struktur og mangfold i samfunn av arter. Jo flere arter det finnes i samfunnet og jo jevnere individfordelingen mellom artene er, jo høyere er diversiteten. Mål for diversitet beregnes ved relasjoner mellom antall arter og antall individer for artene. Målene tar ikke hensyn til hvilke arter som finnes, men opererer utelukkende på tallmessige forhold.

Høy diversitet preger samfunn som finnes i stabile og upåvirkede miljøer. Ved enkelte former for forurensning, spesielt organisk overbelasting, reduseres antallet arter samtidig som individmengden av tolerante arter kan øke kraftig. Dette kommer til uttrykk ved lavere verdier for diversitetsmålene. Bruk av diversitetsmål må betraktes som standard ved miljøundersøkelser.

### Shannon-Wiener indeks

Indeksens verdi beregnes ved formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

der  $p_i$  ( $= n_i/N$ ) er den relative andel av art  $i$  av totalt individtall ( $N$ ) i prøven og  $s$  er antall arter. Indeksen tar verdier fra null (bare en art tilstede) til 5-6 for svært artrike samfunn. Verdier  $> 3-4$  indikerer gode forhold. Grenseverdier som har vært benyttet ved NIVAs undersøkelser er gitt i tabellen nedenfor (se f.eks Pedersen et al. 1989).

H'	Klassifikasjon
< 1.3	Svært lavt
1.3 - 2.1	Lavt
2.1 - 3.1	Moderat
3.1 - 4.3	Normalt
4.3 - 4.8	Høyt
> 4.8	Svært høyt

Indeksverdien er en funksjon både av artstall og av individfordelingen mellom artene i samfunnet. For et gitt antall arter tar indeksen maksimumsverdi ( $= \log_2 s$ ) når alle har samme individtall. Dette kan brukes til å beregne en indeks for jevnhet (Pielou's jevnhet) ved å sette

$$J = H' / \log_2 s$$

$J$  tar verdier fra 0 (bare en art tilstede) til 1 (alle arter har samme individtall).

### Hurlbert rarefaction funksjon

Dette er en metode hvor diversiteten uttrykkes grafisk som en funksjon mellom antall arter og antall individer. Med utgangspunkt i totaltallet arter og individer i en prøve beregnes hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre individer. Forventet artsantall plottes så (ordinat) mot individantall (abscisse). Diversiteten vises derved ved kurvens form og plassering i diagrammet, høy diversitet gir kurver som stiger bratt. Teoretisk sett er diversiteten ved dette uavhengig av prøvestørrelse. Beregningene bygger på sannsynlighetsregning og utføres etter formelen:

$$E(s) = \sum_{i=1}^s \left[ 1 - \frac{\binom{N - n_i}{N_d}}{\binom{N}{N_d}} \right]$$

der  $E(s)$  er forventet antall arter i en delprøve på  $N_d$  individer, og hele prøven består av  $N$  individer,  $s$  arter og  $n_i$  individer av hver art. Rygg (1984) har utarbeidet et standarddiagram for klassifisering av diversitet basert på funksjonen. I dette diagrammet plottes normalt bare endepunktene for diversitetskurvene (dvs. antall arter mot antall individer).

Fra funksjonen kan det beregnes forventet antall arter ved et gitt individtall, et mål som kan brukes som en diversitetsindeks. Standard er å gi antall arter ved 100 individer ( $E(s_{100})$ ). Ved gode forhold overstiger indeksverdien 20 og ved svært høy diversitet overstiger verdien 40.

### Likhetsanalyser (multivariate metoder)

Likhetsanalysene søker å gi en fremstilling av forskjeller og likheter i faunaens sammensetning mellom et sett av prøver eller lokaliteter. Ved dette kan det avgjøres om noen prøver/lokaliteter skiller seg særlig ut eller om det opptrer mønstre i geografisk fordeling og tid. Slike avvik eller mønstre kan i neste omgang sammenholdes med kjente miljøforhold. Generelt inndeles analysene i hovedgruppene clusteranalyser (klassifikasjon) og ordinasjon.

#### Clusteranalyser

I clusteranalysene ordnes prøvene i grupper (clustre) etter graden av innbyrdes likhet. De vanligste analysene illustrerer dette i et hierarkisk oppbygd diagram (dendrogram), begynnende med prøvene med størst innbyrdes likhet.

Matematisk forløper beregningene i to trinn: først beregnes likhet mellom alle prøver/stasjoner tatt to og to ved bruk av et matematisk mål for likhet (similaritetsindeks), dernest konstrueres dendrogrammet på basis av de beregnede likhetsverdiene.

I analysene som her benyttes beregnes likheten mellom prøvene etter 'Bray-Curtis' likhetsmål (ofte også benevnt Czekanowski's indeks):

$$BC_{p,q} = 1 - \left( \sum_{i=1}^s |x_{pi} - x_{qi}| \right) / \left( \sum_{i=1}^s (x_{pi} + x_{qi}) \right)$$

hvor  $x_{pi}$  er mengdeverdien for art  $i$  på prøve  $p$  og  $x_{qi}$  er mengdeverdien for art  $i$  på prøve  $q$ , og  $s$  er totalt antall arter. Indeksens verdiområde varierer fra 1 (identiske prøver) til 0 (helt ulike prøver, dvs. ingen felles arter). Ved beregningene er individtallene dobbel rot-transformert.

Dendrogrammet fremstilles etter prinsippet 'group average sorting' hvor likheten mellom to grupper beregnes ut fra gjennomsnittsverdien av likheten mellom prøvene som inngår i gruppene.

### *Ordinasjon*

I ordinasjonsanalysene framstilles prøvene som punkter i et rettvinklet koordinatsystem. Avstanden mellom punkter i diagrammet representerer graden av ulikhet mellom prøvene, slik at tett liggende punkter viser svært like prøver.

I denne rapporten er det benyttet en form av ordinasjonsanalyser kalt MDS ('Multidimensional scaling'). Denne analysen tar utgangspunkt i den samme beregning av likhet mellom prøvene som i clusteranalysen ('Bray-Curtis indeks'), men bruker dette som grunnlag for å plote prøvepunktene i koordinatsystemet. Analysen søker ut (ved iterasjoner) den punktkonfigurasjon hvor avstandene mellom punktene gir best mulig tilpasning til de beregnede likhetsverdiene mellom prøvene.

Plottet kan fremstilles i to eller flere dimensjoner. Tilpasningen til datasettet er best i de fler-dimensjonale løsningene, men det er vanlig å bare gi den to-dimensjonale løsningen som er enkel å fremstille grafisk. Hvor god tilpasningen er, måles ved en egen indeks, en såkalt stress-faktor. Denne skal ha en verdi som helst ikke overstiger 0.1. På grunn av slektskapet mellom clusteranalysen og MDS-analysen er det vanlig å sammenholde plottene mot hverandre.

---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2457-2