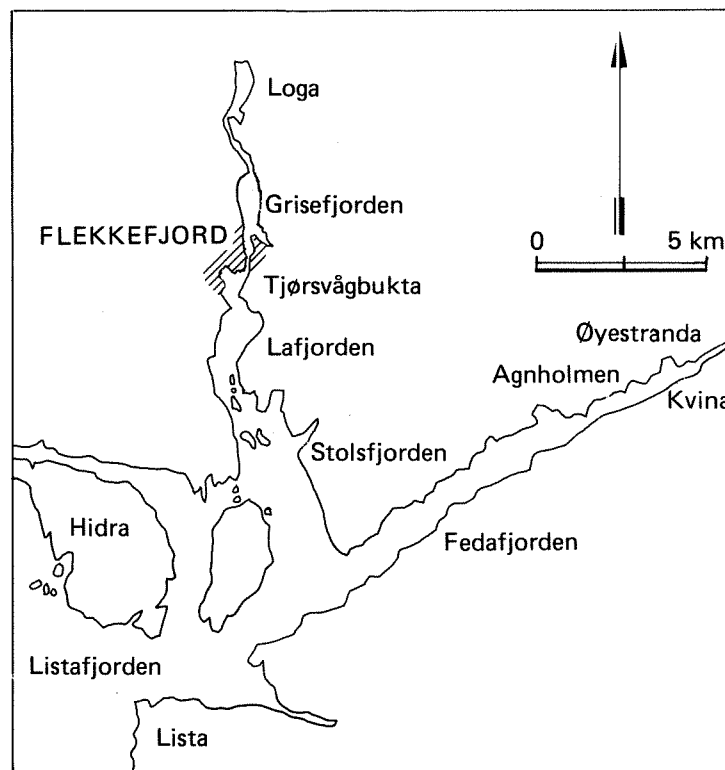


O-88150

Resipientundersøkelser av fjordområdet ved

# Flekkefjord 1986/87

Bløtbunnsfauna



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

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

**Østlandsavdelingen**  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

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

Prosjektnr.: O-88150
Undernummer:
Løpenummer: 2203
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:  RESIPIENTUNDERSØKELSER AV FJORDOMRÅDET VED FLEKKEFJORD 1986/87.  BLØTBUNNSFAUNA.	Dato:  07.02.89
Forfatter (e):  Eivind Oug	Prosjektnummer:
	Faggruppe:  Marinøkologi
	Geografisk område:  Vest-Agder
	Antall sider (inkl. bilag):  28

Oppdragsgiver:  Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernadv.	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):  J.E. Vinje
--	---

Ekstrakt: Fjordene ved Flekkefjord er sterkt forurenset av utslipp fra kommunal kloakk og garveri. Utslippene fører til et meget høyt oksygenforbruk og dannelse av giftig hydrogensulfid i sedimenter og dypvann. Grisevassfjorden er uten dyreliv fra få meters dyp, Tjørsvågbukta fra ca. 15 m. Også Lafjorden er betydelig forurensningspåvirket i de dypeste områdene. I Stolsfjorden er forholdene gode. Undersøkelsene supplerer samtidige undersøkelser av vannkvalitet, planteplankton og sedimentkjemi.
--

4 emneord, norske:

1. Resipientundersøkelse
2. Kommunale utslipp
3. Industriutslipp
4. Bløtbunnsfauna

4 emneord, engelske:

1. Pollution monitoring
2. Municipal sewage
3. Industrial wastes
4. Soft-bottom fauna

Prosjektleder:

Kristoffer Næs

For administrasjonen:

Tor Bokn

ISBN - 82-577-1494-1

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
SØRLANDSAVDELINGEN  
GRIMSTAD

O-88150

RESIPIENTUNDERSØKELSER AV FJORDOMRÅDET VED FLEKKEFJORD 1986/87  
Bløtbunnsfauna

Grimstad, 07.02.1989

Prosjektleder:	Kristoffer Næs
Medarbeidere:	Eivind Oug
	Brage Rygg
	Pirkko Rygg
	Per B. Wikander
	Tor Mindrebø
	Bodil Ekstrøm

**Forord**

På oppdrag av Fylkesmannens miljøvernnavdeling, Vest-Agder, utfører NIVA-Sørlandsavdelingen resipientundersøkelser av fjordene ved Flekkefjord. Programforslag for undersøkelsen ble utarbeidet av NIVA i nært samarbeid med Jon E. Vinje, Miljøvernnavdelingen. Ved siden av bløtbunnsfauna omfatter undersøkelsene vannkvalitet, planteplankton og kromforurensning.

Bunnfaunaprøvene ble samlet av Tor Mindrebø og Kristoffer Næs. Materialet er sortert av Bodil Ekstrøm og identifisert av Pirkko Rygg, Per B. Wikander og Eivind Oug. Tallbehandlingen er utført av Brage Rygg.

Rapporten er skrevet av Eivind Oug. Prosjektleder for alle undersøkelsene har vært Kristoffer Næs.

Grimstad, 7. februar 1989

Kristoffer Næs

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	SIDE
FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1.1. Formål	4
1.2. Bakgrunn og opplegg	4
1.3. Konklusjoner	4
2. INNLEDNING	6
2.1. Områdebeskrivelse	6
2.2. Forurensningstilførsler	6
2.2.1. Kommunale utslipp	6
2.2.2. Industriutslipp	8
2.3. Brukerinteresser	8
2.4. Tidligere undersøkelser	8
2.5. Mål for undersøkelsen	9
2.5.1. Bruk av bløtbunnsfauna i resipient-undersøkelser	9
3. MATERIALE OG METODER	10
3.1. Valg av stasjoner	10
3.2. Prøvetaking	11
3.3. Data-analyser	11
3.3.1. Diversitetsmål	11
3.3.2. Log-normal plot	12
4. RESULTATER	13
5. DISKUSJON	18
6. LITTERATUR	21
7. VEDLEGG 1 - Tallbehandling	23
8. VEDLEGG 2 - Fullstendige resultater for bunnfaunaprøvene	26

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

### 1.1 Formål

Foreliggende rapport er en del av resipientundersøkelsene av fjordene ved Flekkefjord i 1986. Disse har hatt følgende problemstilling:

- Undersøkelsene skal gi en grov tilstandsbeskrivelse av forurensningssituasjonen i området. Materialet skal danne grunnlag for fastsettelse av rensekrav til det nye kommunale utslippet i Lafjorden.

Den spesifikke målsettingen med bløtbunnsfaunaundersøkelsen var å beskrive virkningene av forurensningen i fjordene. Materialet skal også danne grunnlag for en eventuell senere overvåking. Det ble lagt vekt på dybdeintervallene omkring der kritiske oksygenforhold opptrer.

### 1.2 Bakgrunn og opplegg

De viktigste forurensningskildene er kommunal kloakk og utslipp fra garveri. Tilførselene består av næringssalter, organisk stoff og krom. Forurensningen medfører et meget høyt oksygenforbruk i dypvannet og dannelse av giftig hydrogensulfid.

Prøvetakingen omfattet Grisefjorden (5-11 m), Tjørsvågbukta (15-35 m) og Lafjorden (60-97 m). En referanselokalitet ble lagt til Stolsfjorden (94 m).

### 1.3 Konklusjoner

Undersøkelsen viste:

- Grisefjorden var sterkt belastet. Sedimentene var sort anoksisk muddet med høyt innhold av hydrogensulfid. Det var ikke marine organismer i prøvene. I Grisefjorden var det ikke dyreliv dypere enn 5-7 m.

- Tjørsvågbukta var også sterkt belastet. Sedimentene hadde høyt innhold av hydrogensulfid, men inneholdt også rester av andre utslipp (lærbiter, treflis). Prøvene var uten fauna. Tjørsvågbukta syntes å være uten dyreliv fra ca. 15 m dyp.

- Lafjorden hadde visuelt normale sedimenter, men de var uten dyreliv i de dypeste områdene. Dyresamfunnene på 60-80 m indikerte middels gode til dårlige miljøforhold.

- I Stolsfjorden var faunaen normal. Bunnfaunaundersøkelsen påviste ikke tegn til effekter av uttransporterte forurensninger.

De viktigste problemene skyldes sterk sedimentering av organisk stoff fra avløpsvann og fra planteplanktonproduksjon som stimuleres av næringssaltutslippene. Sedimenteringen fører til høyt oksygenforbruk på bunnen og i dypvannet. Virkningene av kromforurensningen er ukjent, men kan være betydelige.

## 2. INNLEDNING

### 2.1. Områdebeskrivelse

Fjordområdet ved Flekkefjord består av et ca. 18 km langt og smalt fjordsystem som strekker seg fra Listafjorden i havgapet via Stolsfjorden, Lafjorden, Tjørsvågbukta, Grisefjorden til Loga. Det aktuelle undersøkelsesområdet er begrenset til området fra Stolsfjorden til Grisefjorden. Figur 1 viser fjordsystemet og en langsgående dybdeprofil. Topografisk er fjordene adskilt med terskler som blir grunnere og trangere jo lenger en kommer innover i systemet. Maksimaldyp og terskeldyp for de undersøkte fjordene er gitt i Tabell 1. Forbindelsen fra Tjørsvågbukta til Grisefjorden er en ca. 400 m lang kanal ("elva") gjennom Flekkefjord. Fra Grisefjorden til Loga er det også en kanal, ca. 2 km lang og med dyp på 2 m.

Tidevannsforskjellen i området er ca. 20 cm. Kolstad et al. (1976) gir en nærmere beskrivelse av geografiske forhold og ferskvannsavrenningen til fjordene.

### 2.2 Forurensningstilførsler.

Alle fjordene, med unntak for Stolsfjorden, belastes med kommunale utslipp. I tillegg er det et større industriutslipp i Grisefjorden fra garveri.

#### 2.2.1 Kommunale utslipp

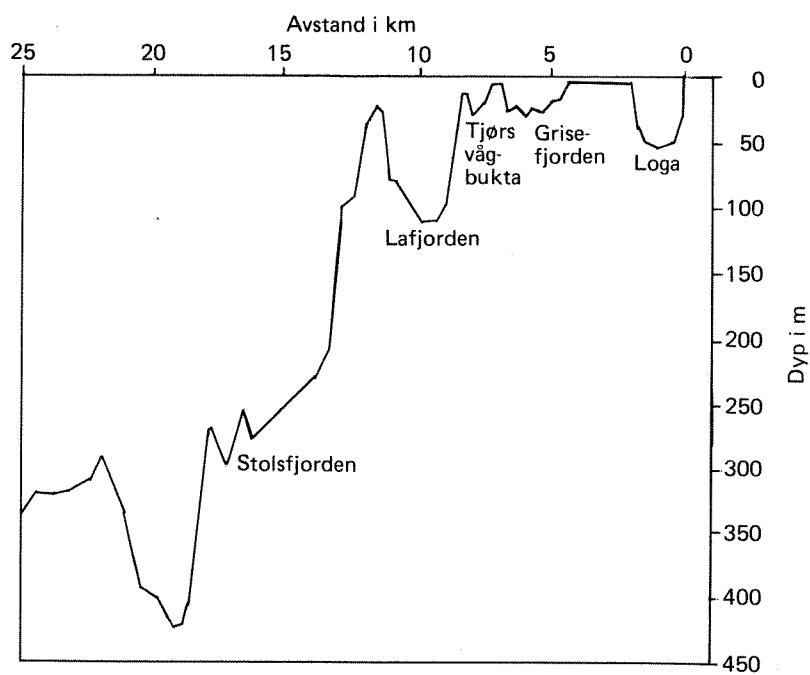
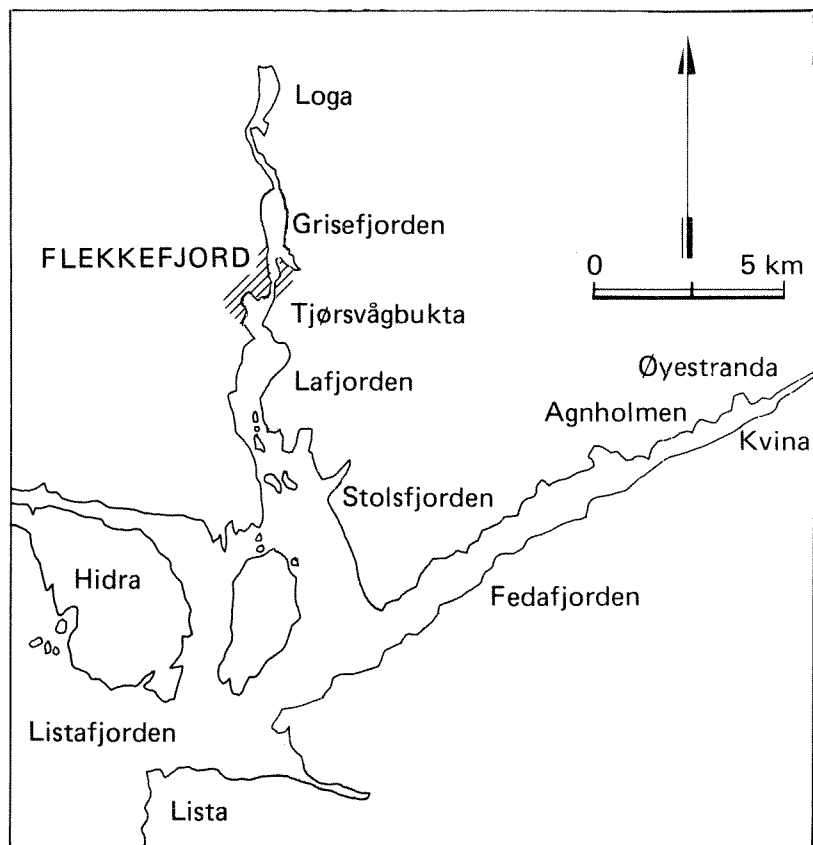
-----  
Totalt tilføres fjordene kommunale utslipp tilsvarende ca. 8000 personekvivalenter. Disse fordeler seg med: Loga - mindre enn 500 pe, Grisefjorden - 3.500 pe (tre utslipp), Tjørsvågbukta - 2000 pe hvorav endel slippes i "elva", og Lafjorden - 2.000 pe.

Utslipet i Lafjorden gikk tidligere (før 1984) til Tjørsvågbukta da en samleledning ble bygget. Videre overføring av kloakkutslipp utover i fjordsystemet er under utføring/planlegging. Det er også planlagt et renseanlegg i Lafjorden (Skådeviga) etter 1990.

Tabell 1. Maksimaldyp og terskeldyp for de undersøkte fjordene.

	Stolsfj.	Lafj.	Tjørsvågb.	Grisefj.
Maks. dyp (m)	266	109	38	32
Terskeldyp (m)	-	23	8.5	4





Figur 1. A. Kart over undersøkellesområdet.  
B. Langsgående dybdeprofil fra Listafjord til Loga.

Til Grisefjorden føres også sigevann fra en søppelfylling, men det foreligger ingen informasjon på størrelsen av denne tilførselen. Sigevann fra søppeldeponier kan ha store overkonsentrasjoner av nitrogen og enkelte miljøgifter.

### 2.2.2 Industriutslipp

Utslippet fra garveriet (Nye Aarenes A/S) til Grisefjorden omfatter betydelige mengder organisk stoff, næringssalter og krom. Omregnet til biologisk oksygenforbruk (BOF) tilsvarer mengdene av organisk stoff ca. tre ganger de kommunale utslippene (Magnusson et. al. 1988). Kromutslippene er på ca. 10 tonn/år.

I Flekkefjord er det forskjellig industrivirksomhet (skipsverft, plastbåtproduksjon etc.). Det foreligger ikke informasjon om utslipp fra disse. Tidligere var det også garveri i Flekkefjord med utslipp til Tjørsvågbukta.

I Lafjorden er det gitt utslippstillatelse til et smoltanlegg. Utslippet ledes ut til 20 m dyp.

Nærmere oppgaver over de enkelte utslippene er gitt av Magnusson et al. (1988). De har også beregnet hva utslippene representerer i næringssalter og biologisk oksygenforbruk (BOF).

### 2.3. Brukerinteresser

Fjordområdet utenfor Grisefjorden er mye brukt til rekreasjon. Hobbyfiskeinteressene er betydelige, men i Tjørsvågbukta og Grisefjorden har fisket gått tilbake på grunn av forurensningene. Det drives noe yrkesfiske i ytre deler av fjorden.

Badeinteressene er fortrinnsvis av betydning i Loga og Lafjorden-Stolsfjorden. Bading i Grisefjorden og Tjørsvågbukta er ikke aktuelt på grunn av forurensning, men foregikk her fram til omkring 1960.

### 2.4. Tidligere undersøkelser.

Det er tidligere blitt utført en resipientundersøkelse av fjordsystemet i 1973-74 (Kolstad et. al 1976) som undersøkte fysisk/kjemiske forhold i vannmassene, fastsittende alger og strandfauna. Videre er fysisk/kjemiske undersøkelser utført i 1978-81 av Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest-Agder, oppsummert av Molvær (1982).

I forbindelse med skumdannelse på overflaten i Grisefjorden i 1984 og 1985 er det gjort to undersøkelser av hydrografi, næringssalter og planteplankton (Kristiansen et. al. 1985, Næs & Tangen 1986). Det er også gjort et dykkernotat av bunnorganismer i Grisefjorden i tilknytning til disse undersøkelsene (Stene 1984).

Foreliggende rapport er en del av større resipientundersøkelser av fjordområdet ved Flekkefjord. De øvrige undersøkelsene som omfatter vannkvalitet (hydrografi), planteplankton, sedimentkjemi og krom i sedimenter og blåskjell, er rapportert av Magnusson et al. (1988).

## 2.5 Mål for undersøkelsen.

Undersøkelsene (denne rapporten sammen med Magnusson et al. 1988) skal gi en grov tilstandsbeskrivelse av forurensnings-situasjonen i området. Resultatene skal danne grunnlag for en eventuell senere, mer omfattende tilstandsbeskrivelse og problemorienterte undersøkelser. Materialet skal videre danne grunnlag for fastsettelse av renskrav til det nye kommunale utslippet i Lafjorden.

### 2.5.1. Bruk av bløtbunnsfauna i resipientundersøkelser

Bløtbunnsfauna kalles de dyresamfunn som lever på og i myke bunnsedimenter. Hvilke arter som finnes, artenes innbyrdes mengde og individtetthetene bestemmes i stor grad av faktorer som næringstilgang, sedimentets beskaffenhet, type av sedimenterende materiale, oksygenforhold og forstyrrelser fra f.eks miljøgifter. Under normale forhold opptrer artsrike samfunn med en fordeling av individene mellom artene (samfunnsstruktur) som følger bestemte mønstre. Forurensning eller andre forstyrrelser fører til avvikende arts- og individsammensetning. Ømfintlige arter forsvinner, normalt med den følge at artsantallet faller, mens arter som tolererer forholdene, kan opptre med høye individtall.

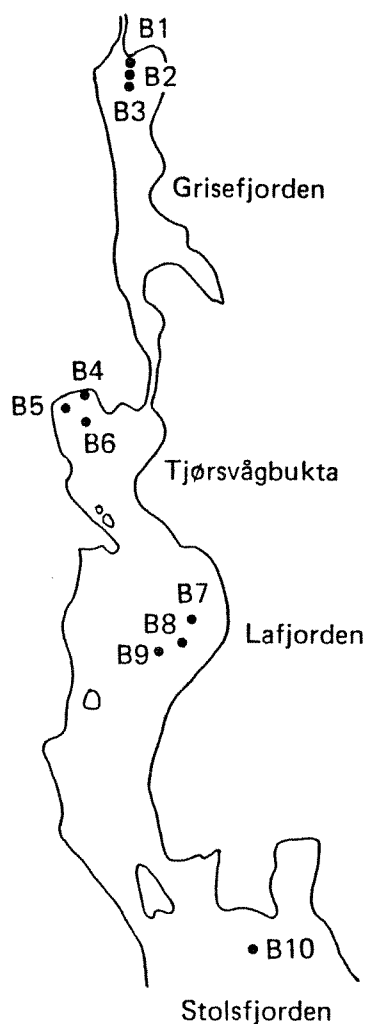
I de senere år er det utviklet en rekke matematiske metoder for å beskrive samfunnene. Metoder som tar utgangspunkt i samfunnsstrukturen har vist seg utsagnskraftige når det gjelder å anslå graden av miljøforstyrrelser. Bløtbunnsfaunastudier har derfor i den senere tid inngått i en rekke resipientundersøkelser (Rygg 1984, 1985).

En viktig egenskap ved bløtbunnsamfunnene er at de er stabile over lang tid. De fleste artene sitter i ro i bunnsedimentet og mange er flerårige. Forandringer i samfunnene vil derfor gjenspeile forholdene på lokaliteten over tid og ikke bare en øyeblikkssituasjon.

### 3. MATERIALE OG METODER

#### 3.1 Valg av stasjoner

De tidligere undersøkelsene har vist betydelige forurensninger i fjordsystemet (Molvær 1982, Kristiansen et al. 1985, Næs & Tangen 1986). Både i Grisefjorden og Tjørsvågbukta er det meget høyt oksygenforbruk i dypvannet med hydrogensulfid tilstede det meste av året, i Grisefjorden under ca. 10 m, i Tjørsvågbukta under ca. 25 m. Periodevis tilføres oksygen ved større dypvannsutskiftninger. Også i Lafjorden er oksygenforholdene kritiske i de dypeste områdene. Av og til opptrer hydrogensulfid i vannmassene.



Figur 2. Stasjonsplassering.

I hvert fjordbasseng ble det lagt tre prøvestasjoner i et dybdeintervall som strekker seg fra over til under grensen for kritiske oksygenforhold. Følgende dyp ble valgt: Grisefjorden - 5, 8 og 11 m, Tjørsvågbukta - 15, 25 og 35 m, Lafjorden - 60, 80, 97 m. Plassering av stasjonene er vist på Figur 2. Utgangspunktet for stasjonsplasseringen var å beskrive tilstanden i fjordene, samt å etablere referanselokaliteter for senere eventuell overvåking ved miljøforbedrende tiltak.

I Stolsfjorden utenfor fjordtersklene ble det lagt en stasjon på 94 m. Denne tjener som referanse, spesielt for stasjonene i Lafjorden som var i tilsvarende dybder, men vil også avsløre mulige effekter av uttransporterte forurensninger.

På flere av stasjonene ble det samtidig tatt kjerneprøver for analyser av krom og ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl). Disse resultatene er rapportert av Magnusson et al. (1988).

### 3.2 Prøvetaking

Prøvene ble innsamlet 30/9 - 1/10 1986. Rekeetråleren "Frøydis" av Andabeløy ble engasjert for oppdraget. Til innsamlingen ble det benyttet en 0.1 m<sup>2</sup> "Petersen" bunngabb. Det ble tatt to parallelle prøver på hver stasjon, med unntak for Stolsfjorden hvor det ble tatt tre prøver. Prøvene ble siktet på 5 og 1 mm sifter og siktematerialet konservert i formalin. Prøvene ble overført til sprit for lagring og har stått oppbevart til høsten 1988.

Under prøvetakingen ble det gjort en visuell beskrivelse av sedimentets tilstand og grov vurdering av sedimentets innhold av hydrogensulfid.

Ved opparbeidingen ble dyrene sortert fra siktematerialet, identifisert og telt. På grunnlag av artslistene og de enkelte arters individantall i prøvene ble flere mål for samfunnsstruktur beregnet og tilstanden med hensyn på forurensning vurdert.

### 3.3 Data-analyser

Til beskrivelse av samfunnsstruktur er det benyttet to diversitetsmål og log-normal plot.

#### 3.3.1 Diversitetsmål:

-----  
Shannon-Wiener indeks (H'). Indeksen gir et mål for prøvens "rikhet" og vil øke i tallverdi ved økende antall arter og jevn individfordeling mellom artene. Høy diversitet, som gjenspeiler gode miljøforhold, representeres ved verdier > 3.5. Indeksens minimumsverdi er null.

Hurlberts funksjon. Denne uttrykker prøvens rikhet som en funksjon av antall arter plottet mot antall individer. Høy diversitet gir kurver som stiger bratt. Rygg (1984) har utarbeidet et diagram for inndeling av kurvene i klasser basert på undersøkelser i en rekke norske fjorder. Tolkning basert på denne funksjonen kan derfor settes inn i en større sammenheng.

Fra funksjonen er det også beregnet forventet antall arter ved 100 individer i form av en indeks  $[E(s) \ n=100]$ .

### 3.3.2 Log-normal plot:

-----

Denne metoden har vært meget benyttet for tolkning av resultatene hvor det er en organisk overbelastning i miljøet. Kurvens forløp varierer med graden av belastning. Metoden har vært benyttet av f.eks. Johannessen (1988) i Bergensområdet.

De matematiske metodene er nærmere beskrevet i Vedlegg 1 hvor også formlene for utregning er gitt.

#### 4. RESULTATER

Resultatene viser at forholdene var dårlige i store deler av fjordsystemet. På mange stasjoner var det sort sediment med hydrogensulfid. I alt fem av stasjonene var helt uten bunnfauna.

##### Grisefjorden

Sedimentet var sort, anoksisk mudder på alle stasjonene. Det var sterk lukt av hydrogensulfid i prøvene (Tabell 2). På 5 m (B1) og 8 m (B2) ble det funnet insektslarver, men det var ingen marine organismer tilstede i prøvene (Tabell 3, Vedlegg 2).

##### Tjørsvågbukta

Sedimentet var mørkt med sterk lukt av hydrogensulfid. På 15 m (B4) var det også synlige rester fra andre utslipp (lærbiter, treflis) (Tabell 2). Det var ingen dyr tilstede i noen av prøvene.

##### Lafjorden

Visuelt betraktet var sedimentet normalt for en dyp fjord (Tabell 2). Faunaen, derimot, viste at forholdene i fjorden ikke var gode. Best var det på den grunneste av stasjonene (B7, 60 m). Her var det et normalt antall arter, men diversiteten i faunaen var nedsatt. Verdiene for begge diversitetsmålene var moderate (Figur 3, Tabell 4), noe som tyder på stress eller ustabile miljøforhold på lokaliteten.

På 80 m (st. B8) var faunaen både arts- og individfattig (Tabell 3). Den ene parallellprøven var helt uten dyr. Diversitetsmålene ga moderat til lav diversitet (Figur 3, Tabell 4), men slike fattige prøver gir normalt for dårlig datagrunnlag til disse beregningene. Det bør derfor ikke legges for mye vekt på verdiene.

På den dypeste stasjonen (B9, 97 m) var det ingen dyr tilstede i prøvene.

Den vanligste arten i prøvene var børstemarken Heteromastus filiformis (Tabell 3). På st. B7 var den sterkt dominerende. Dette er en art som er vist å tåle betydelig forurensning (Rygg 1985), og som også kan utholde svært lave oksygenkonsentrasjoner. Blant de øvrige artene med små individantall var det også noen som Rygg (1985) lister opp som forurensningsømfintlige. Dette gjelder særlig krepsdyrene Eudorella emarginata, Leucon nasica og Eriopisa elongata, og børstemarken Pherusa (Vedlegg 2).

Tabell 2. Stasjoner, dyp og sedimentbeskrivelser. Lukt av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S): +++ sterk, ++ moderat, + svak.

Stasjon	Dyp	Antall prøver	H <sub>2</sub> S	Sedimentbeskrivelse
<u>Grisefjorden</u>				
B1	5 m	2	+++	Mørk silt, mye skjellfragmenter, endel organisk materiale.
B2	8 m	2	+++	Mørk silt, mye organisk materiale, mye skjellfragmenter, innslag av fin sand.
B3	11 m	2	+++	Mørk silt, mye organisk materiale.
<u>Tjørsvågbukta</u>				
B4	15 m	2	+++	Mørk grå/sort silt. Store lærbiter i prøvene, noe treflis, oljeaktig film på sedimentoverflaten.
B5	25 m	2	++	Mørk silt, mye organisk materiale.
B6	35 m	2	++	Mørk silt, leire, mye organisk materiale.
<u>Lafjorden</u>				
B7	60 m	2	-	Silt/leire
B8	80 m	2	-	Silt/leire, endel småklumper (faecalpellets)
B9	97 m	2	-	Mørk grå leire.
<u>Stolsfjorden</u>				
B10	94 m	3	-	Silt og sand, noe leire.



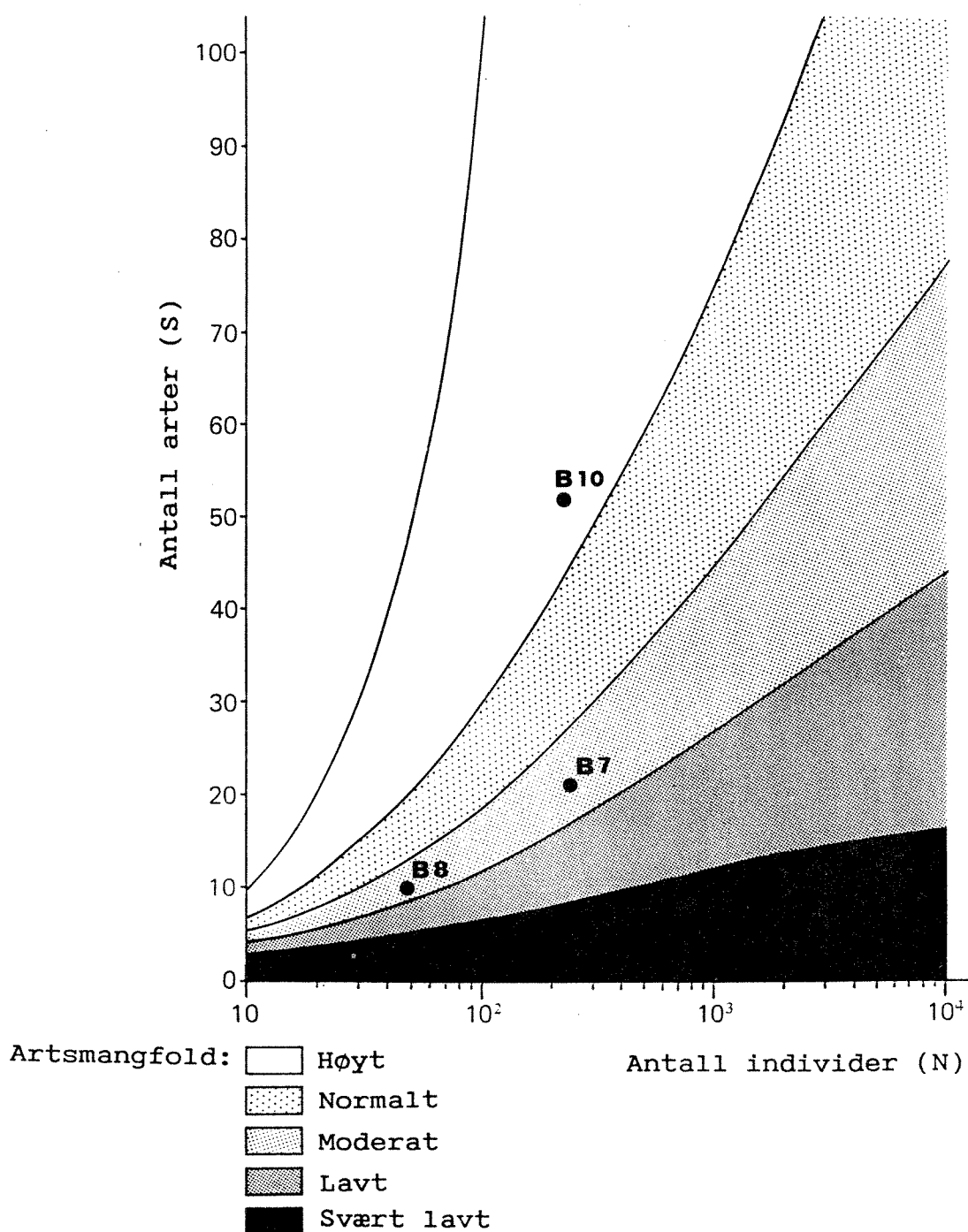
Tabell 3. Individttall for de vanligste artene i prøvene. Alle arter som forekom med minst fem individer på en stasjon er listet. Fullstendige resultater er gitt i Vedlegg 2

	Grisefjorden		Lafjorden		Stolsfj.
	B1	B2	B7	B8	B10
<b>NEMERTINEA (makk)</b>					
Nemertinea ind.	-	-	21	2	16
<b>POLYCHAETA (mangebørstemark)</b>					
Amaena trilobata	-	-	-	-	9
Chaetozone setosa	-	-	19	3	2
Eclysippe vanelli	-	-	-	-	18
Heteromastus filiformis	-	-	151	28	23
Lumbrineris scopa	-	-	-	-	9
Nephtys ciliata	-	-	8	-	-
Notomastus latericeus	-	-	-	-	30
Paramphinome jeffreysi	-	-	-	5	2
Samytha sexcirrata	-	-	-	-	5
Streblosoma intestinale	-	-	-	-	17
<b>BIVALVIA (muslinger)</b>					
Thyasira equalis	-	-	4	-	16
<b>CRUSTACEA (krepser)</b>					
Eudorella emarginata	-	-	6	-	-
<b>INSECTA (insekter)</b>					
Chironomidae (larver)	16	1	-	-	-
<b>ECHINODERMATA (pigghuder)</b>					
Amphiura chiajei	-	-	-	-	5

### Stolsfjorden

Forholdene i Stolsfjorden var gode. Faunaen var artsrik og hadde høye diversitetsverdier (Figur 3, Tabell 4). Materialet er også stort nok til å framstilles som log-normal plot. Denne kurven får en form som er normal for et uforurenset miljø (Figur 4). Et lite intermediært minimum i klasse IV er neppe signifikant.

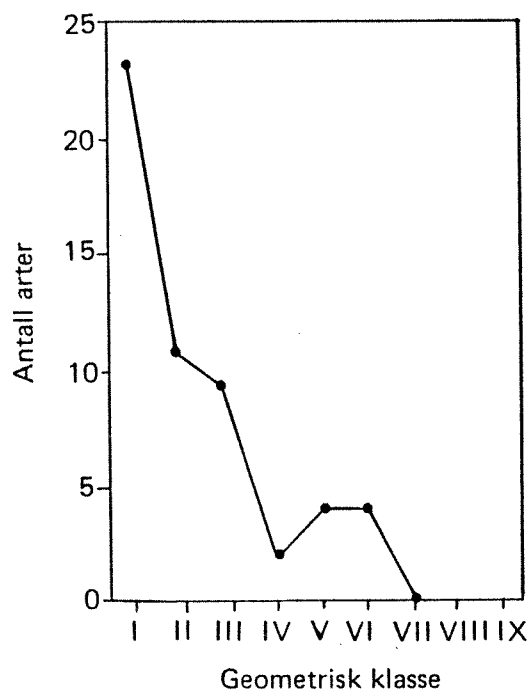
Det var ingen arter med høye individtall på lokaliteten. Mange av artene lister Rygg (1985) som forurensningsømfintlige, av de mer individrike gjelder dette børstemarken Notomastus latericeus og muslingen Thyasira equalis (Tabell 3). Også i Stolsfjorden var Heteromastus filiformis vanlig. Selv om arten er meget tolerant overfor forurensning, er den ingen "forurensningsindikator" da den forekommer vanlig også i upåvirkede miljøer. Noe tegn på miljøforstyrrelse er dette derfor ikke.



Figur 3. Diversitet for stasjoner i Lafjorden og Stolsfjorden - forholdet mellom artsantall og individantall plottet i et generelt klassifiseringssystem basert på Hurlbert's funksjon. Diagrammet er etter Rygg (1984).

Tabell 4. Antall arter, antall individer og verdier for diversitetsindeksene:  $H'$  = Shannon-Wiener indeks, ESN = antall arter ved 100 individer beregnet fra Hurlbert's funksjon.

	Stasjon	Areal (m <sup>2</sup> )	Arter	Ind.	$H'$ log2	ESN (n=100)
Grisefjorden	B1	0.2	2	17	0.32	-
	B2	0.2	1	1	0.00	-
	B3	0.2	-	-	-	-
Tjørsvåg- bukta	B4	0.2	-	-	-	-
	B5	0.2	-	-	-	-
	B6	0.2	-	-	-	-
Lafjorden	B7	0.2	22	240	2.28	15.23
	B8	0.2	10	48	2.22	-
	B9	0.2	-	-	-	-
Stolsfjorden	B10	0.3	53	223	4.76	35.61



Figur 4. Log-normal plot av artenes individantall for st. B10 i Stolsfjorden.

## 5. DISKUSJON

Magnusson et al. (1988) konkluderer i sin rapport med at fjordene ved Flekkefjord er tildels meget sterkt forurenset av utslippene, i stigende grad fra Lafjorden til Grisefjorden. Tilførsler av næringsstoffer medfører meget høy planteplanktonproduksjon slik at de øvre vannlag kan være overmettet med oksygen. Den høye planktonmengden sammen med organisk stoff fra kommunal kloakk og fra garveriet, medfører et meget høyt oksygenforbruk i dypvannet og dannelse av giftig hydrogensulfid. Sedimentene er sterkt, tildels ekstremt forurenset med krom fra garveriutslipp.

Bunnfaunaprøvene bekrefter de dårlige forholdene. Hverken i Grisefjorden eller i Tjørsvågbukta var det marine organismer tilstede i prøvene. I disse fjordene hadde sedimentene høyt innhold av hydrogensulfid.

I Grisefjorden lå grensen for hydrogensulfid i vannmassene sommeren og høsten 1986 på 8-15 m (Magnusson et al. 1988). De to dypeste stasjonene var derfor naturlig nok uten liv. Prøvene fra den grunneste stasjonen (B1, 5 m) viser at forholdene på bunnen også i nivå med oksygenholdige vannmasser var svært dårlige. Trolig er dette en følge av sterk sedimentering av organisk materiale som under nedbrytning vil forbruke alt oksygen ved bunnen. Død bunn kan også skyldes at råttent vann periodevis løftes til høyere nivåer. Slik "løfting" av råttent vann ble registrert ved innstrømming av dypvann i desember 1986 (Magnusson et al. 1988).

I dykkernotatet fra 1984 rapporterer Stene (1984) om lignende forhold. Fra 6-7 m var det et slamaktig belegg på stenbunn mens det i fordypninger var hvit-råtten bunn (bakterien Beggiatoa: indikerer sediment med hydrogensulfid i kontakt med oksygenerte vannmasser). Levende organismer (hardbunn) ble observert til 7 m, men mye var også dødt.

Kromforgiftning er også mulig. Mance et al. (1984) rapporterer toksiske og subletale effekter på ulike marine organismer, men med store variasjoner fra art til art. Generelt synes mangelbørstemark (Polychaeta) å være mest følsomme, deretter krepsdyr og bløtdyr. De fleste testene er imidlertid gjort med krom (seksverdig) løst i sjøvann, og kan derfor ikke relateres direkte til sedimentverdiene i Flekkefjordene. Mance et al. (1984) viser imidlertid til at treverdig krom lett danner komplekser med organiske forbindelser og derved gjøres tilgjengelig for detritusetende organismer. Magnusson et al. (1988) fant meget høye kromverdier i blåskjell fra "elva", noe som viser at opptak i bunnorganismer finner sted.

I Tjørsvågbukta lå grensen for hydrogensulfid i vannmassene på 20-25 m (Magnusson et al. 1988). Også her viste bunnprøvene at forholdene på grunnere dyp var svært dårlige. Sedimentet bar også preg av andre typer utslipp (lærbiter, treflis).

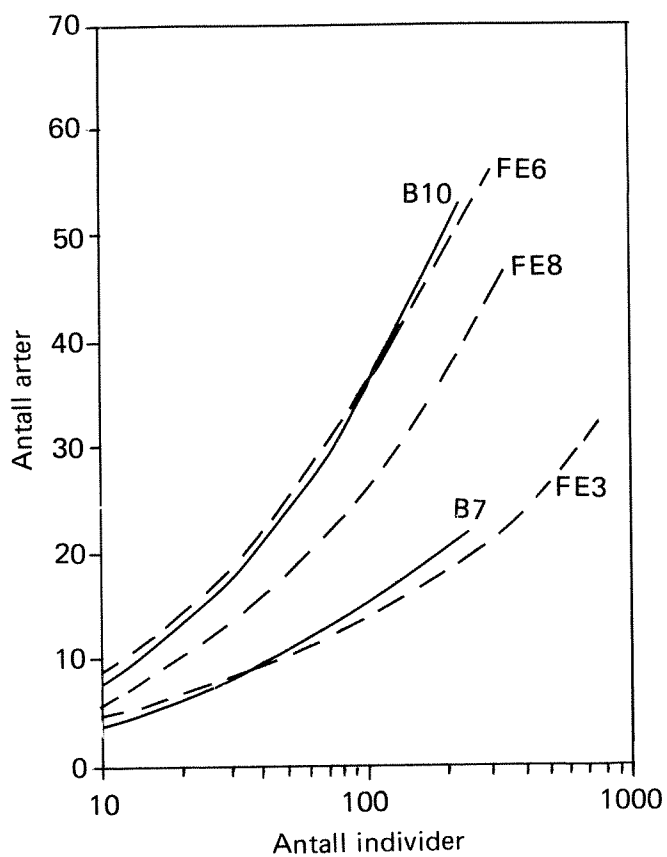
I Lafjorden var oksygenforholdene gode ned til ca. 60 m i hele 1986. Under 90 m var oksygenverdiene derimot kritisk lave, og en

kort periode på høsten (november) ble det observert hydrogensulfid i vannet (Magnusson et al. 1988). Sedimentene virket normale og var uten hydrogensulfid, men bunnfaunaprøvene viser at forholdene på bunnen var ganske dårlige. Den dypeste stasjonen (B9, 97 m) var uten liv, mens den nest dypeste (B8, 80 m) hadde en sterkt utarmet fauna. Det er ingen entydig forklaring til dette, men mest sannsynlig var oksygenforholdene for dårlige, selv om dette ikke førte til dannelse av hydrogensulfid i sedimentene. Også de tidligere undersøkelser viste sviktende oksygenforhold i de dypeste områdene av Lafjorden (Kolstad et al. 1976, Molvær 1982). Innholdet av krom i sedimentene må regnes som høyt (Magnusson et al. 1988), men det er ikke mulig å avgjøre hvilken betydning dette kan ha.

På 60 m (st. B7) var det livsbetingelser for et normalt antall arter. Diversiteten var moderat og indikerer stress eller miljøforstyrrelser, men det ble også funnet flere forurensningsømfindtlige arter. Det kan tenkes at forholdene er variable og at perioder med kritiske oksygenforhold forekommer. Faunaen totalt sett vil ta preg av dette, mens ømfindtlige arter kommer til i perioder med gode forhold.

Figur 5 viser en sammenligning til stasjoner i den nærliggende Fedafjorden som ble undersøkt i 1984 (Rygg og Skei 1986). Stasjon B7 hadde nær samme diversitet som st. FE3 beliggende i indre del av fjorden utenfor Øye Smelteverk. Denne stasjonen var tydelig forurensningspåvirket. Trolig var mye trefiber og sulfiddannelse de viktigste faktorene for bunnfaunaens tilstand, men det var også høyt innhold av tungmetaller i sedimentene (Rygg og Skei 1986). Også på denne lokaliteten ble det registrert enkelte forurensningsømfindtlige arter.

I Stolsfjorden (st. B10, 94 m) var forholdene gode. Det var en artsrik fauna med høy diversitet og rikt innslag av forurensningsømfindtlige arter. Det var ingen tegn til effekter av uttransporterte forurensninger. Figur 5 viser at diversiteten var tilsvarende som på stasjoner i ytre del av Fedafjorden (FE6, FE8). Også denne fjorden hadde normale forhold i de ytre områder (Rygg og Skei 1986).



Figur 5. Diversitetskurver beregnet etter Hurlbert's metode : st. B7 (60 m) i Lafjorden og B10 (94 m) i Stolsfjorden (heltrukne linjer) sammenlignet mot stasjoner i Fedafjorden (stiplede linjer). FE3 (60 m) - indre fjord utenfor Øyestranda, FE6 (88 m) - ved Agnholmen, FE8 (120 m) - ytre fjord.

## 6. LITTERATUR

- Gray, J.S. og T.H. Pearson 1982. Objektive selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. Mar. Ecol. Prog. Ser. 9: 111-119.
- Johannessen, P. 1988. Overvåking av fjordene rundt Bergen. Byfjordundersøkelsen 1979 - 1984. Sluttrapport. Bergen kommune, VVA-avdelingen.
- Kolstad, S., T. Bokn, L. Kirkerud, J. Molvær og B. Rygg 1976. Resipientundersøkelser i fjordsystemet i Flekkefjordregionen. Rapport O-123/72. NIVA Oslo.
- Kristiansen, H., J. Molvær og K. Tangen 1985. Vurdering av forurensningssituasjonen i Grisefjorden/Flekkefjorden sommeren 1984. Notat O-85120, NIVA Oslo.
- Magnusson, J., K. Næs og K. Tangen 1988. Resipientundersøkelser av fjordområdet ved Flekkefjord 1986/87. Vannkvalitet, planteplankton, krom i sedimenter og blåskjell. Rapport 2071, O-86207, NIVA Oslo.
- Mance, G., V.M. Brown, J. Gardiner og J. Yates 1984. Proposed environmental quality standards for list II substances in water. Chromium. Water research centre, Technal report 207.
- Molvær, J. 1982. Vannforekomster i Vest-Agder. Vurdering og kommentarer til fysisk-kjemiske analyseresultater fra fjorder i tidsrommet 1978-81. Rapport 1361, O-81072, NIVA Oslo.
- Næs, K. og K. Tangen 1986. Vurdering av forurensningssituasjonen i Grisefjorden/Flekkefjorden sommeren 1985. Notat O-85071, NIVA Oslo/Grimstad.
- Rygg, B. 1984. Bløtbunnfaunaundersøkelser. Et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. Rapport F.481, OF-80612 II, NIVA Oslo.
- Rygg, B. 1985. Sammenhengen mellom forurensningsgrad og forekomst av utvalgte arter av marin bløtbunnfauna. Statlig prog. forurensningsovervåk., nr. 184/85. SFT/NIVA (rapport nr. 1724). Oslo.
- Rygg, B. 1986. Miljøkvalitetskriterier for marine områder. Rapport 2. Forurensningsvirkninger på bløtbunnfaunasamfunn. Rapport 1890, O-8612601. NIVA Oslo.

Rygg, B. og J. Skei 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984-1985. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnsfauna. Statlig prog. forurensningsovervåk., nr. 214/86. SFT/NIVA (rapport nr. 1849, O-8000320). Oslo.

Stene, R.O. 1984. Dykkernotat Grisefjorden, Flekkefjord 13.8.1984. Notat.



7. VEDLEGG 1  
Tallbehandling

## Diversitetsmål

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 forurensning reduseres antallet arter samtidig som individmengden av enkelte tolerante arter kan øke kraftig. Begge forhold kommer til uttrykk ved lavere verdier på diversitetsmålene.

## Shannon-Wiener indeks (H')

Indeksen er gitt ved formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^s n_i/N \log_2 [ n_i/N ]$$

hvor  $n_i$  er antall individer av art  $i$ ,  $N$  er totalt antall individer og  $s$  er antall arter. For normale samfunn får indeksen verdier  $> 3.5$ . Minimumsverdi er null som inntreer når bare en art er tilstede.

## Hurlberts 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. Diversitetsmålet er uavhengig av prøvestørrelse og er derfor godt egnet for sammenligning av ulike lokaliteter. 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. Metoden er også beskrevet av Rygg (1984).

Verdien (forventet antall arter) som beregnes for 100 individer, brukes gjerne som en egen indeks  $[E(s)n=100]$ . Rygg (1986) setter 18.5 som grenseverdi for normale forhold, mens verdier mellom 12 og 18.5 klassifiseres som moderate.

### Log-normal plot

Log-normalfordelingen er en teoretisk funksjon som individfordelingen mellom artene i stabile og artsrike samfunn har vist seg å gi god tilpasning til. Artene arrangeres i klasser etter individantall: klasse I = arter med 1 individ, klasse II = 2 ind., klasse III = 3-4 ind., klasse IV = 5-8 ind., klasse V = 9-16 ind. osv., slik at klassegrensene følger en geometrisk rekke med faktor 2. Når antall arter plottes (ordinat) mot klassene på en lineær skala (abscisse), framkommer det en kurve som uttrykker individfordelingen mellom artene i samfunnet. I upåvirkede samfunn vil denne ha form av en avkuttet normalfordeling. Kurven starter høyt på y-aksen (mange arter med lave individantall) og faller jevnt mot abscissen. Ved forurensning opptrer det avvik i kurvens form, f.eks utflating eller topper i høye geometriske klasser (sterk dominans av enkeltarter). Metoden omtales bl.a. av Gray & Pearson (1982) og Rygg (1986). Teknikken er imidlertid ikke pålitelig for artsfattige samfunn, Rygg (1986) har valgt 16 arter som nedre grense for bruk av log-normal plot.

## 8. VEDLEGG 2

Fullstendige resultater for bunnfaunaprøvene :  
B1, B2, B7 og B8 pr. 0,2 m<sup>2</sup>, B10 pr. 0,3 m<sup>2</sup>.  
På stasjon B1, B2 og B8 var den ene parallellprøven  
uten dyr.

	B1	B2	B7	B8	B10
ANTHOZOA					
Edwardsiidae indet	-	-	-	-	1
NEMERTINEA					
Nemertinea indet	-	-	21	2	16
NEMATODA					
Nematoda indet	-	-	-	-	3
POLYCHAETA					
Amaeana trilobata (M.Sars 1863)	-	-	-	-	9
Ampharetidae indet	-	-	-	-	1
Amythasides macroglossus Eliason 1955	-	-	-	-	3
Aricidea roberti Hartley 1983	-	-	-	-	2
Asclerocheilus intermedius (Saint-Joseph 189	-	-	-	-	1
Brada villosa (Rathke 1843)	-	-	-	-	1
Chaetozone setosa Malmgren 1867	-	-	19	3	2
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)	-	-	1	-	1
Eclysippe vanelli (Fauvel 1936)	-	-	-	-	18
Exogone sp	-	-	-	-	1
Gattyana cirrosa (Pallas 1766)	-	-	2	-	-
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)	-	-	-	-	3
Glycera capitata Oersted 1843	-	-	-	-	1
Hauchiella tribullata (McIntosh 1869)	-	-	-	-	1
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	-	-	151	28	23
Jasmineira sp	-	-	-	-	1
Lanassa venusta (Malm 1874)	-	-	-	-	3
Laonice cirrata (M.Sars 1851)	-	-	-	-	4
Lumbrineris fragilis (O.F.Mueller 1766)	-	-	1	-	-
Lumbrineris scopa Fauchald 1974	-	-	-	-	9
Maldane sarsi Malmgren 1865	-	-	1	-	-
Maldanidae indet	-	-	-	-	4
Melinna cristata (M.Sars 1851)	-	-	-	1	2
Myriochele oculata Zaks 1922	-	-	1	-	1
Myriochele sp	-	-	-	-	1
Nephtys ciliata (O.F.Mueller 1776)	-	-	8	-	-
Nereimyra punctata (O.F.Mueller 1788)	-	-	1	-	-
Notomastus latericeus Sars 1851	-	-	-	-	30
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)	-	-	-	5	2
Pherusa sp	-	-	1	-	-
Phylo norvegica (M.Sars 1872)	-	-	-	-	1
Pista cristata (O.F.Mueller 1776)	-	-	-	3	-
Polyphysia crassa (Oersted 1843)	-	-	3	-	-
Pseudopolydora antennata (Claparede 1868)	-	-	4	-	-
Rhodine loveni Malmgren 1865	-	-	-	-	1
Samytha sexcirrata M.Sars 1856	-	-	-	-	5
Spiochaetopterus typicus M.Sars 1856	-	-	1	2	-

Spiophanes kroeyeri Grube 1860	-	-	-	-	3
Streblosoma bairdi (Malmgren 1865)	-	-	-	-	4
Streblosoma intestinalis M.Sars 1872	-	-	-	-	17
Terebellides stroemi M.Sars 1835	-	-	1	-	-
Tharyx marioni (Saint-Joseph 1894)	-	-	-	1	-
Tharyx sp	-	-	-	-	1
Thelepus cincinnatus (Fabricius 1780)	-	-	1	-	-
PROSOBRANCHIA					
Balcis stenostoma (Jeffreys)	-	-	-	-	1
Natica montagui Forbes	-	-	-	-	2
OPISTOBRANCHIA					
Philine pruinosa (Clark)	-	-	-	-	1
CAUDOFOVEATA					
Caudofoveata indet	-	-	-	-	2
BIVALVIA					
Nucula sulcata (Bronn 1831)	-	-	-	-	2
Nucula tumidula (Malm)	-	-	-	-	1
Nuculoma tenuis (Montagu)	-	-	3	1	1
Parvicardium minimum (Philippi 1836)	-	-	-	-	1
Thyasira equalis (Verrill & Bush)	-	-	4	-	16
Thyasira obsoleta (Verrill & Bush)	-	-	-	-	2
Thyasira sarsi (Philippi 1845)	-	-	-	2	-
CUMACEA					
Diastylodes biplicata G.O.Sars	-	-	3	-	-
Eudorella emarginata Kroeyer	-	-	6	-	-
Leucon nasica (Kroeyer)	-	-	4	-	-
AMPHIPODA					
Eriopisa elongata Bruzelius	-	-	3	-	-
Ichnopus spinicornis Boeck	-	-	-	-	1
Tmetonyx cicada (Fabricius)	-	-	-	-	1
Westwoodilla caecula (Sp.Bate)	-	-	-	-	1
DECAPODA					
Calocaris macandreae Bell 1846	-	-	-	-	2
Caridea indet	-	-	-	-	2
DIPTERA					
Chironomidae indet	16	1	-	-	-
Simuliidae indet	1	-	-	-	-
OPHIUROIDEA					
Amphilepis norvegica Ljungman	-	-	-	-	1
Amphiura chiajei Forbes	-	-	-	-	5
Amphiura filiformis (O.F.Mueller)	-	-	-	-	2
ECHINOIDEA					
Echinocardium flavescens (O.F.Mueller)	-	-	-	-	3