

0-
80003-15



1863
Statlig program for
forurensningsovervåking

2
ARKIV
EKSEMPLAR

Rapport 223/86

Oppdragsgiver

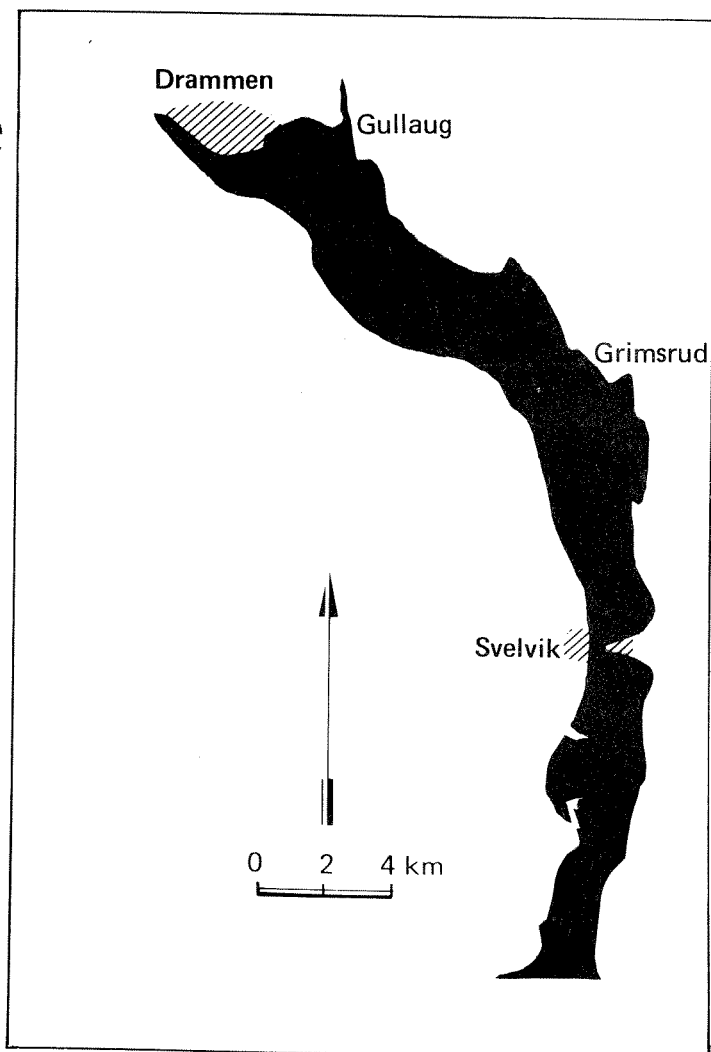
Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

Basisundersøkelse i Drammens- fjorden 1982-1984

Delrapport 3
Bløtbunn fauna





Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsternes naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

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

Prosjektnr.:	8000315
Undernummer:	2
Løpenummer:	1863
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Basisundersøkelse i Drammensfjorden 1982 - 1984. Delrapport 3. Bløtbunnfauna. (Overvåkingsrapport nr. 223 /86)	Dato: 13. mars 1986
	Rapportnr.
Forfatter (e): Brage Rygg	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Buskerud
	Antall sider (inkl. bilag): 24

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):
---	---------------------------------

Ekstrakt:
I Gullaugbukta innerst i Drammensfjorden var sedimentet fra 28 m dyp og nedover råttent og besto av løs, svart masse. I Grimsrubbukta lenger ute i fjorden, var det råtten bunn fra 40 m i 1983 og fra 45 m i 1984.- Faunaen på den dypeste stasjonen i Gullaugbukta lignet mye på faunaen på den dypeste stasjonen i Grimsrubbukta, og en må anta at det var oksygenmangel som var den avgjørende faktor for den dårlige tilstanden hos faunasamfunnet på begge disse stasjonene.- På de grunnere stasjonene var det tydeligere forskjeller mellom faunaen i Gullaugbukta og Grimsrubbukta. Oksygenforholdene i vannet i de grunnere dypene i fjordområdet ved Gullaugbukta var noe dårligere enn i fjordområdet ved Grimsrubbukta, men kan neppe alene forklare den dårligere faunaen i Gullaugbukta.- Det er sannsynlig at det er den organiske belastningen direkte som har påvirket bunnfaunasamfunnet i Gullaugbukta. Sedimenteringen av organisk materiale var betydelig større i området ved Gullaugbukta, spesielt under vårflommen i 1983. - For å bedre forholdene for bløtbunnfaunaen i indre fjord, og for å senke overgangsdypet mellom oksisk og anoksisk bunn i fjorden som helhet, må sedimenteringen av organisk materiale og oksygenforbruket reduseres.

4 emneord, norske:
1. Forurensningsovervåking ;
2. Drammensfjorden
3. Bløtbunnfauna
4. Organisk belastning

4 emneord, engelske:
1. Pollution Monitoring ;
2. Drammensfjord
3. Soft-bottom fauna
4. Organic load

Prosjektleder:

Jon Knutzen

For administrasjonen:

Tor Bokn

ISBN 82-577-1073-3



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000315

BASISUNDERSØKELSE I DRAMMENSFJORDEN 1982 - 1984

DELRAPPORT 3

BLØTBUNNFAUNA

Forfatter : Brage Rygg
Prosjektleder : Jan Magnusson
(inntil 1.11.1985)
Jon Knutzen
(etter 1.11.1985)

FORORD

Foreliggende bløtbunnfaunaundersøkelse utgjør en del av basisundersøkelsen i Drammensfjorden under Statlig program for forurensningsovervåking, som administreres av Statens forurensningstilsyn.

I de øvrige delrapportene behandles:

- Sedimentkjemi
- Høyere vegetasjon
- Miljøgifter i organismer
- Fastsittende alger og dyr i strandsonen og på grunt vann
- Vannkjemi og hydrografi

Prosjektleder for undersøkelsen i Drammensfjorden har vært Jan Magnusson (til 1.11.1985) og Jon Knutzen (etter 1.11.1985).

Ved bløtbunnfaunaundersøkelser har Pirrko Rygg gjort artsbestemmelsene av børstemark.

Oslo, den 13. mars 1986

Brage Rygg

INNHOOLD

	Side
FORORD	1
1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDINGER	3
1.1 Formål	3
1.2 Konklusjoner	3
1.3 Tilrådinger	3
2. INNLEDNING	4
2.1 Bløtbunnfaunastudier som metode i forurensnings-undersøkelser	4
2.2 Områdebeskrivelse	5
2.3 Forurensninger	5
2.4 Problemstilling	5
3. MATERIALE OG METODER	7
4. RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1 Sedimenter	9
4.2 Faunaens artssammensetning	9
4.3 Likhet i faunaen fra stasjon til stasjon og gruppering av innbyrdes like prøver	12
4.4 Artsmangfold	14
4.5 Påvirkende faktorer	18
5. HENVISNINGER	23

1. FORMÅL - KONKLUSJONER - TILRÅDINGER

1.1 Formål

Formålet med undersøkelsene var å fastslå (1) hvor langt nedover mot dypet bunnen var bebodd av dyr (2) om det var forskjell mellom lokaliteter innerst i fjorden og lenger ute (3) om det var skadevirkninger på faunaen i de grunnere, oksygenerte bunnområdene (4) årsakene til skadevirkningene.

1.2 Konklusjoner

I Gullaugbukta innerst i Drammensfjorden var sedimentet fra 28 m dyp og nedover råttent og besto av løs, svart masse. I Grimsrudbukta lenger ute i fjorden, var det råttent bunn fra 40 m i 1983 og fra 45 m i 1984.

Samtlige arter som ble funnet i Gullaugbukta er kjent for å være forurensningstolerante. I de fleste prøvene var artsmangfoldet lavt eller svært lavt. Faunaen på den dypeste stasjonen i Gullaugbukta lignet mye på faunaen på den dypeste stasjonen i Grimsrudbukta, og en må anta at det var oksygenmangel som var den avgjørende faktor for den dårlige tilstanden hos faunasamfunnet på begge disse stasjonene.

På de grunnere stasjonene var det tydeligere forskjeller mellom faunaen i Gullaugbukta og Grimsrudbukta. En del av artene i Grimsrudbukta er kjent for å være forurensningsømfintlige, og artsmangfoldet var moderat eller normalt. Oksygenforholdene i vannet i de grunnere dypene i fjordområdet ved Gullaugbukta var noe dårligere enn i fjordområdet ved Grimsrudbukta, men kan neppe alene forklare den dårligere faunaen i Gullaugbukta.

Det er sannsynlig at det er den organiske belastningen direkte som har påvirket bunnfaunasamfunnet i Gullaugbukta. Sedimenteringen av organisk materiale var betydelig større i området ved Gullaugbukta, spesielt under vårflommen i 1983.

1.3 Tilråding

For å bedre forholdene for bløtbunnfaunaen i indre fjord, og for å senke overgangsdypet mellom oksisk og anoksisk bunn i fjorden som helhet, må sedimenteringen av organisk materiale og oksygenforbruket reduseres.

2. INNLEDNING

2.1 Bløtbunnfaunastudier som metode i forurensningsundersøkelser

Bløtbunnfauna kalles de dyresamfunn som lever på og i bunnsedimenter (sand, leire, mudder). Individantallet er ofte mellom 1000 og 2000 og artsantallet mellom 60 og 90 pr. kvadratmeter i fjorder og kystfarvann. Bunnfaunaen har stor betydning for omsetningen av sedimenterende organisk materiale som er produsert av alger i overliggende vannmasser eller tilført sjøen fra land. Dyra tar til seg det organiske materialet og omdanner det til ny biomasse som blir tilgjengelig for bl.a. fisk.

Denne faunaen kan indikere hvordan miljøforholdene er på bunnen. Hvilke arter som fins, artenes innbyrdes mengde og individtettheten bestemmes i stor grad av faktorer som: næringstilgang, sedimentets beskaffenhet, type av sedimenterende organisk materiale, oksygeninnholdet over og under sedimentoverflaten, temperatur, miljøgifter, nedslamming og andre forstyrrelser.

Normale, balanserte samfunn opptrer når stabile, naturgitte betingelser råer, og fysiske og kjemiske faktorer (f.eks. oksygenkonsentrasjon, saltholdighet, grumsing, tungmetallkonsentrasjoner) ikke er ekstreme. Strukturen i faunasamfunnet er da i stor grad biologisk styrt, fordi populasjonene *) av de forskjellige artene har tilpasset seg hverandre. Forurensningspåvirkninger og andre forstyrrelser kan føre til avvikende arts- og individsammensetning i faunasamfunnet. Fordi marine bløtbunnsamfunn normalt er artsrike og likeartede over store områder, er det lett å oppdage uregelmessigheter i dem. Derfor er de velegnet som indikatorsamfunn ved bedømmelse av forurensningstype og -grad.

Bløtbunnfaunastudier har i den senere tid inngått i en rekke resipientundersøkelser, og har vist seg å gi gode beskrivelser av forurensningenes virkninger og influensområde (Pearson og Rosenberg 1978; Gray og Mirza 1979; Pearson et al. 1983; Rygg 1984a,b; Rygg og Skei 1984; Rygg 1985a).

*) Populasjon = samling av individer av samme art på et sted (bestand)

2.2 Områdebeskrivelse

Drammensfjorden er en utpreget terskelfjord med et terskeldyp på ca. 10 m ved Svelvik. Største dyp i fjorden er 124 m. Fjorden har en sterkt begrenset dypvannutskiftning. Bare unntaksvis observeres oksygen i bunnvannet og da kun i en kort periode etter utskiftning.

2.3 Forurensninger

Stort sett all forurensning tilføres fjorden via Drammenselva og Lierelva eller direkte fra Drammen by, innerst i fjorden. Tidligere dominerte treforedlingsindustrien utslippene til elva og fjorden. Den største produksjonen foregikk i 1968-1970. I dag er store deler av denne industrien nedlagt. Fremdeles er det likevel betydelige utslipp fra industri til både elva og fjorden. Samlet utslipp av fiber er ca. 2.600 tonn pr. år.

Fjorden er sterkt belastet med kommunalt avløpsvann. Mesteparten av dette er urensset eller gjennomgår bare enkel mekanisk behandling. Drammenselva og Lierelva mottar også gjødselstoffer og organisk stoff fra store landbruksarealer.

Kombinert med den begrensede utskiftningen av dypvannet har forurensningen medført dannelse av hydrogensulfid i store deler av vannmassene og utryddelse av faunaen over store bunnarealer.

2.4 Problemstilling

Økt organisk belastning kan påvirke bunnfaunaen gjennom minst to viktige mekanismer:

1. Økt næringstilgang i form av organisk materiale
2. Minsket oksygeninnhold i bunnvannet og forandringer i sedimentets redox-profil, eventuelt med sulfiddannelse.

Hvilken av disse to som vil ha størst betydning avhenger særlig av temperaturen, som påvirker næringsomsetning og oksygenforbruk, og av oksygentilførsler utenfra ved bl.a. vannutskiftning. Hvis dypvannet er stagnant i lange tidsrom, kan oksygenmangel og sulfiddannelse inntre, eventuelt med utslettende virkning på faunaen

faunaen og som medfører forskjeller fra sted til sted, er bl.a. temperatur, saltholdighet, størrelsesfordeling av sedimentpartiklene, sedimentering av visse grove materialer (f.eks. terrestriske planterester), miljøgifter, artenes biogeografiske tilhørighet og rekrutteringsmuligheter. Bestemmelse av slike parametre vil bidra til omkringinformasjon som er nødvendig for å korrigere for forskjeller i faunaen som ikke skyldes forskjeller i oksygeninnhold eller organisk fluks til bunnen.

Faunaegenskaper som forandrer seg ved endret organisk belastning er bl.a. artssammensetningen, dominans/tilstedeværelse/fravær av indikatorarter, produksjon, individantall, biomasse, fordeling av individantall blant arter (f.eks. avvik fra log-normalfordeling) og artsmangfold (Pearson og Rosenberg, 1978; Gray og Mirza, 1979; Gray og Pearson, 1982; Pearson et al., 1983; Rygg, 1984a,b; Rygg og Skei, 1984; Rygg, 1985a,b; Rygg, 1986).

3. MATERIALE OG METODER

På grunn av fjordens topografi var det få områder som egnet seg for prøvetaking. To lokaliteter ble valgt: Gullaugbukta og Grimsrubbukta (Fig. 1). Der er det forholdsvis slakk og jevnt skrånende bunn ned til det dyp hvor råttene bunn nås. På hver av lokalitetene ble det lagt stasjoner fra 15 eller 20 m dyp og deretter for hver 5. meter ned til det dyp hvor råttene bunn ble nådd. Stasjonsseriene ble 15-20-25 m (Gullaugbukta) og 20-25-30-35-40 m (Grimsrubbukta). Prøveinnsamling ble foretatt 13. og 14. desember 1983 og 18. oktober 1984. I 1983 hindret isen prøvetaking på 20 m-stasjonen i Grimsrubbukta.

På de fleste av stasjonene ble det tatt 3 parallelle prøver. Grabben er et kvantitativt redskap som muliggjør en relativt nøyaktig bestemmelse av individtettheten av de fleste bunndyrarter. Det totale bunnareal som grabbprøvene dekker er imidlertid forholdsvis lite, selv om flere parallellprøver tas. Arter med lav individtetthet vil derfor ofte ikke komme med i prøvene. Lette og bevegelige dyr vil dessuten kunne bli blåst til side eller flykte før grabben griper bunnen. Grabb er derfor best egnet til innsamling av dyr med høy individtetthet (flere enn ca. 5 pr. kvadratmeter) og fysisk tilknytning til sedimentet. Materialet vil likevel være tilstrekkelig omfattende til å gi en brukbar indikasjon på miljøforholdene.

Grabbprøvene ble vasket gjennom siler med 1 mm hullstørrelse for å fjerne finfraksjonene av sedimentet (leire, silt, sand og organisk detritus). Det resterende materialet ble konserveret og senere gjennomgått på laboratoriet, hvor organismene ble sortert fra det øvrige materialet, artsbestemt og tallet.

Før den statistiske bearbeidelsen ble resultatene fra de 3 parallellprøvene på hver stasjon slått sammen.

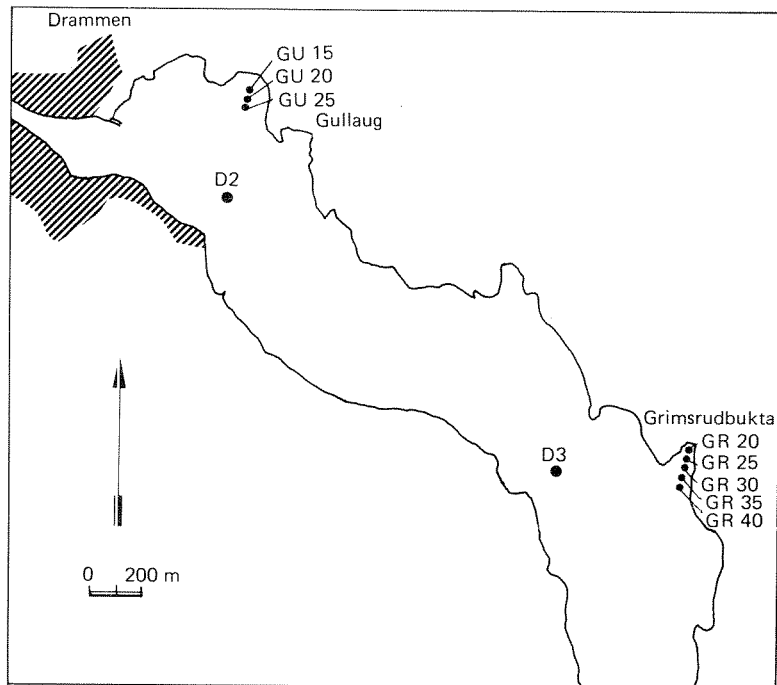


Fig. 1. Bløtbunnfaunastasjoner (GU15 - GU25 og GR20 - GR40) og hydrografi- og sedimentfellestasjoner (D2 og D3) i Drømmensfjorden.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Sedimenter

På 15 og 20 m dyp i Gullaugbukta besto de øverste 5-6 cm av sedimentet av gulgrått mudder. Det dypere sedimentet var svart. På 25 m dyp i Gullaugbukta var kun de øverste 1-2 cm gulgrå. Det underliggende sediment var svart og luktet hydrogensulfid. På 28-30 m var sedimentet råttent og besto av løs, svart masse som grabben sank ned i. Det var tilsynelatende livløst der.

I Grimsrudbukta var det en del treflis på bunnen, særlig på 30 og 35 m dyp. I 1983 var det litt hydrogensulfidluft av sedimentet i en av prøvene fra 35 m, og råttent bunn på 40-41 m. Sedimentet var ikke så løst som i Gullaugbukta. I 1984 var bunnen ikke råttent på 40 m dyp. Grensen for råttent bunn lå omtrent 5 m dypere enn i 1983.

4.2 Faunaens artssammensetning

Hvilke arter som er vanlige på en lokalitet er bl.a. avhengig av miljøforholdene.

Tabell 1 viser artenes individantall i prøvene fra hver stasjon i 1983 og 1984. Artsantall og samlet individantall er vist i Tabell 2. I Gullaugbukta var børstemarkene Capitella capitata og Polydora ciliata tallrike i både 1983 og 1984. I 1983 var også børstemarkene Anaitides groenlandica, Heteromastus filiformis, Ophiodromus flexuosus og Trochochaeta multisetosa vanlige. I 1984 dominerte fåbørstemark (Oligochaeta) på den grunneste stasjon. Capitella capitata, Polydora ciliata og Oligochaeta er opportunistiske arter som tåler lavt oksygeninnhold og som kan øke kraftig i mengde ved organisk forurensning. Samtlige 29 arter som ble funnet i Gullaugbukta er kjent for å være forurensningstolerante (Rygg, 1985a).

I Grimsrudbukta, unntatt på stasjonen nærmest råttent bunn (35 m i 1983, 40 m i 1984) ble det funnet en del arter som er kjent for å være forurensningsømfintlige (Rygg, 1985a).

Tabell 1. Antall individer av de enkelte artene (taxa) i prøvene fra 1983 og 1984.

TAXON	STASJON, AR													
	GU	GU	GU	GR	GR	GR	GU	GU	GU	GR	GR	GR	GR	GR
	15	20	25	25	30	35	15	20	25	20	25	30	35	40
	83	83	83	83	83	83	84	84	84	84	84	84	84	84
ABRA NITIDA (MUELLER 1789)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMPHITRITE CIRRATA O.F.MUELLER 1771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0
AMPHIURA FILIFORMIS (O.F.MUELLER)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
AMPHICTEIS GUNNERI (M.SARS 1835)	0	0	0	38	114	0	0	0	0	15	33	214	5	0
AMPHIPODA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
AMPHITRITINAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ANAITIDES GROENLANDICA (OERSTED 1842)	5	59	6	7	22	0	0	3	0	0	0	0	0	0
ANAITIDES	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	2	1	8	
ARCTICA ISLANDICA (LINNE 1767)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
BIVALVIA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
CAPITELLA CAPITATA (FABRICIUS 1780)	232	4	82	0	0	9	167	39	45	0	0	0	0	0
CAPITELLIDAE	0	0	0	0	0	5	54	1	20	0	0	0	0	0
CHAETOZONE SETOSA MALMGREN 1867	1	1	0	3	13	0	0	8	4	2	1	25	12	1
CHEIROCRATUS	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	1	0	0
CHIRONOMIDA	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
CHONE INFUNDIBULIFORMIS KROEYER 1856	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CORBULA GIBBA (OLIVI 1792)	0	1	0	9	0	1	24	0	1	0	0	0	0	0
COSSURA LONGOCIRRATA WEBSTER & BENEDICT 1887	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
DIASTYLOIDES BIPLICATA G.O.SARS	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
ETEONE FLAVA (FABRICIUS 1780)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETEONE LONGA (FABRICIUS 1780)	6	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EUCHONE	0	0	0	1	8	0	22	0	2	0	53	0	0	0
GAITTYANA CIRROSA (PALLAS 1766)	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0
GLYCERA ALBA (O.F.MUELLER 1776)	9	19	3	6	4	1	12	0	11	6	6	2	1	
GONIADA MACULATA OERSTED 1843	0	0	0	11	0	0	0	0	15	14	0	0	0	0
HARMOIHOE	0	0	0	3	7	0	0	0	7	0	6	0	0	0
HETEROMASTUS FILIFORMIS (CLAPAREDE 1864)	421	137	0	11	0	10	16	0	0	0	30	422	1	
LUMBRINERIS FRAGILIS (O.F.MUELLER 1766)	0	0	0	4	0	0	0	0	2	3	2	1	0	0
MACOMA	16	29	0	3	0	39	24	0	0	3	0	0	0	0
MALDANIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
MELINNA CRISTATA (M.SARS 1851)	0	0	0	4	0	0	0	0	8	2	0	0	0	0
MYA	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
MYRIOCHELE OCULATA	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
NEMERTINEA	13	2	0	0	0	0	2	0	3	1	0	0	0	0
NEPHTYS CILIATA (O.F.MUELLER 1776)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
NEPHTYS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
NEREIS DIVERSICOLOR O.F.MUELLER 1776	3	0	1	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
NEREIS	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
OLIGOCHAETA	1	0	0	0	0	4000	2	0	0	0	0	0	0	0
OPHELINA ACUMINATA OERSTED 1843	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
OPHIODROMUS FLEXUOSUS (DELLE CHIAJE 1822)	1	34	36	1	1	2	0	3	9	0	0	0	0	1
OPHIURA TEXTURATA LAMARCK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
OPISTHOBANCHIA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
PECTINARIA KORENI MALMGREN 1865	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
PHILINE	0	0	0	2	1	0	0	0	18	0	2	0	0	0
PHOLOE MINUTA (FABRICIUS 1780)	1	0	0	10	0	0	0	0	47	7	2	0	0	0
PHYLLODOCIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
POLYDORA ANTENNATA CLAPAREDE 1868	0	0	1	2	1	0	3	0	24	0	0	0	0	0
POLYDORA CAULLERYI MESNIL 1897	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
POLYDORA CILIATA (JOHNSTON 1838)	2	10	602	0	19	109	164	28	134	0	0	1	65	208
POLYDORA LIGNI WEBSTER 1879	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POLYDORA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
PRIONOSPIA MALMGRENI CLAPAREDE 1868	0	0	0	0	0	0	0	0	71	6	0	0	0	0
SCALIBREGMA INFLATUM RATHKE 1843	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	7	0	0
SCOLOPLOS ARMIGER (O.F.MUELLER 1776)	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SIPUNCULIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
SOSANE GRACILIS (MALMGREN 1865)	0	0	0	11	0	0	0	0	43	13	1	0	0	0
SPIONIDAE	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
TEREBELLIDES STROEMI M.SARS 1835	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
TRICHOBRANCHINAE	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
TROCOCHAETA MULTISETOSA (OERSTED 1843)	21	184	1	0	1	0	2	13	1	0	0	3	0	0

Tabell 2. Individantall (N), artsantall (S) og artsmangfold i prøvene.

$E(S_{n=100})$ er forventet artsantall pr. 100 individer;

H er Shannon-Wieners diversitetsindeks.

	1983			1984			1983			1984				
	Gu	Gu	Gu	Gu	Gu	Gu	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr
	15	20	25	15	20	25	25	30	35	20	25	30	35	40
Individantall (N)	734	485	732	4424	254	194	135	194	120	324	105	354	521	220
Artsantall (S)	17	16	8	14	19	6	22	13	3	32	16	19	12	6
Artsmangfold, $E(S_{n=100})$	8,1	9,3	4,4	4,6	14,8	5,0	20,5	10,3	3,0	20,3	15,7	10,8	6,1	3,8
Artsmangfold; H	1,7	2,4	0,9	0,7	3,4	1,3	3,7	2,1	0,5	3,8	3,2	2,0	1,1	0,4

$E(S_{n=100})$: Se fotnote til Fig. 5

Diversitetsindeksen $H = \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$ (Shannon & Weaver 1963),

hvor P_i er andelen av art i av det totale individantall,

S er artsantall.

Disse var børstemarkene Harmothoe, Lumbrineris fragilis, Melinna cristata, Ophelina acuminata og Sosane gracilis. Børstemarken Prinospio malmgreni var tallrik på den grunneste stasjonen i Grimsrudbukta i 1984, men fantes ikke på de dypeste stasjonene. Arten er ømfintlig overfor lave oksygenkonsentrasjoner (Rygg, 1981). Børstemarken Pholoe minuta var tallrik på den grunneste stasjonen, men fantes ikke på de dypeste, til tross for at arten er kjent for å være svært forurensningstolerant (Rygg, 1985a). Polydora ciliata dominerte på de dypeste stasjonene i Grimsrudbukta både i 1983 og 1984. I 1984 dominerte Heteromastus filiformis på den nest dypeste stasjonen (35 m). Dette er typiske forurensningstolerante arter. Andre forurensningstolerante arter som opptrådte mer eller mindre vanlig i

Grimsrubbukta var børstemarkene Chaetozone setosa, Euchone, Anaitides, Glycera alba og Goniada maculata. Børstemarken Amphicteis gunneri var tallrik unntatt på de dypeste stasjonene. Denne artens ømfintlighet eller toleranse overfor forurensninger er ikke tilstrekkelig kjent til at den kan brukes som indikator på gode eller dårlige forhold.

De vanligste artenes forekomst langs dybdeprofilen i Grimsrubbukta i 1984 er vist på Fig. 2. På 40 m dyp dominerte Polydora ciliata fullstendig, men arten fantes ikke på de grunneste stasjonene. På 35 m dyp dominerte Heteromastus filiformis, men også Polydora ciliata og børstemarken Chaetozone setosa var vanlige der. På 30 m dyp hadde Amphicteis gunneri, Euchone og Chaetozone setosa sin maksimale forekomst, men også Heteromastus filiformis var vanlig der. På 25 m dyp var det totalt betydelig færre individer. De vanligste artene der var Amphicteis gunneri og Sosane gracilis. På den grunneste stasjonen (20 m dyp) var Prionospio malmgreni, Sosane gracilis og Pholoe minuta de vanligste artene.

Forandringen i faunaen langs dybdeprofilen må antas å skyldes minkende oksygen med dypet. Rekkefølgen av artenes maksima kan antas å gjenspeile artenes relative toleranse overfor nedsatt oksygeninnhold. De artene som var vanligst på de grunne stasjonene i Grimsrubbukta manglet stort sett helt i Gullaugbukta, mens arter som var vanlige på de dype stasjonene i Grimsrubbukta (Polydora ciliata, Heteromastus filiformis, Chaetozone setosa) også var vanlige i Gullaugbukta. Dette kan indikere nedsatt oksygeninnhold i 15-25 m dyp i Gullaugbukta. Det fantes også arter som var vanlige i Gullaugbukta, men sjeldne i Grimsrubbukta. Disse var børstemarkene Capitella capitata, Ophiodromus flexuosus og Trocochata multisetosa, og muslingen Macoma. Eksepsjonelt var det høye individantallet av fåbørstemark (Oligochaeta) på stasjon Gu15 i 1984.

4.3 Likhet i faunaen fra stasjon til stasjon og gruppering av innbyrdes like prøver.

Det er beregnet innbyrdes likhet for alle par av prøver for begge år. Det er brukt en kvantitativ beregningsmåte (Renkonen, 1938) som tar hensyn til de enkelte artenes individantall som prosent av alle individer på stasjonen (Tabell 3).

På grunnlag av likhetsverdiene for alle par av stasjoner er det foretatt en gruppering ved hjelp av s.k. clusteranalyse. Analysen er gjort for hvert av de to årene og for begge år samlet. Resultatene er

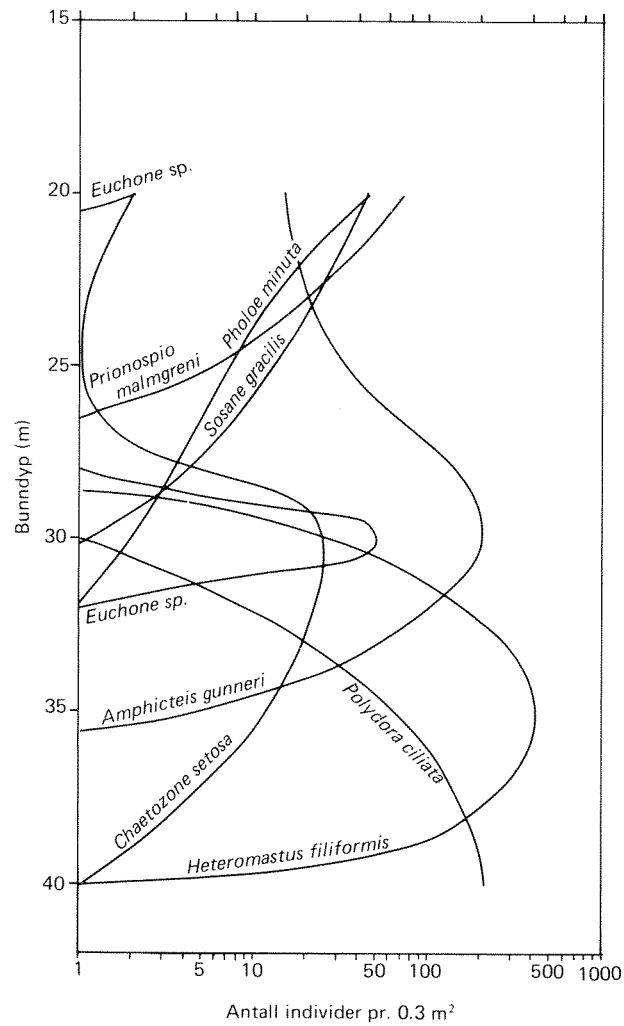


Fig. 2. Individttetthet av de vanligste artene som funksjon av dypet på stasjonen i Grimsrudbukta i 1984.

framstilt som dendrogrammer på Fig. 3. Dendrogrammet skiller prøver som er forskjellige, og grupperer dermed også prøver som er innbyrdes mer like. Like prøver grupperes tidligst sammen i dendrogrammet, dvs. lengst til venstre. Skalaen viser en ulikhetsindeks, basert på likhetsverdiene i tabell 3. En 3-gruppering av prøvene er skjematisk vist på Fig. 4. I begge år var det høy innbyrdes likhet mellom den dypeste stasjonen i Gullaugbukta og den dypeste stasjonen i Grimsrubbukta, mellom de grunne stasjonene i Gullaugbukta, og mellom de grunne stasjonene i Grimsrubbukta. I 1984 viste den nest dypeste stasjonen i Grimsrubbukta høy likhet med de grunnere stasjonene i Gullaugbukta. Forandringen fra 1983 til 1984 besto således i at faunaen i Grimsrubbukta strakte seg noen meter dypere ned i 1984 og at en "overgangsfauna" som liknet faunaen i Gullaugbukta fantes noen meter ovenfor den dypeste utløperen av faunasamfunnet i Grimsrubbukta.

Tabell 3. Innbyrdes likhet for alle par av prøver.

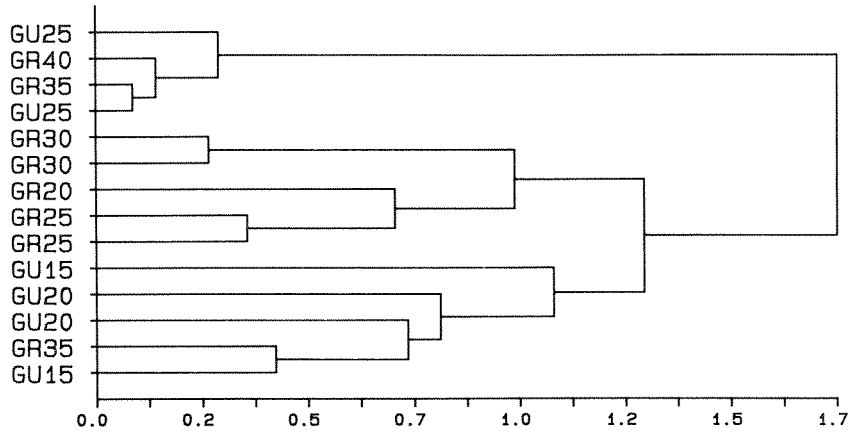
100 = fullstendig likhet; 0 = ingen likhet.

	Gu	Gu	Gr	Gr	Gr	Gu	Gu	Gu	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr
	20	25	25	30	35	15	20	25	20	25	30	35	40
	83	83	83	83	83	84	84	84	84	84	84	84	84
Gu 15 83	37	13	13	4	8	6	30	24	2	5	10	59	1
Gu 20 83		9	21	17	5	4	28	8	4	7	11	32	4
Gu 25 83			2	12	91	8	25	84	1	0	1	13	83
Gr 25 83				43	1	1	25	3	35	65	45	12	2
Gr 30 83					10	4	21	13	11	34	74	14	11
Gr 35 83						7	20	78	0	0	0	12	91
Gu 15 84							10	8	0	1	1	4	4
Gu 20 84								31	12	9	20	21	13
Gu 25 84									1	1	2	15	70
Gr 20 84										41	12	2	1
Gr 25 84											36	3	1
Gr 30 84												13	2
Gr 35 84													14

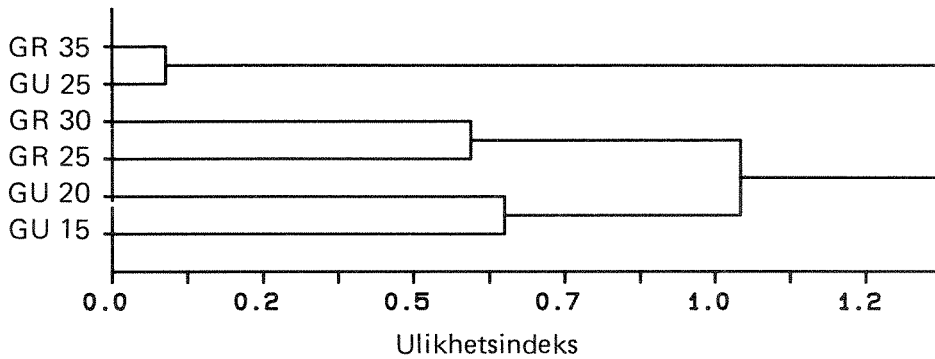
4.4 Artsmanngfold

Høyt artsmanngfold (diversitet) henger bl.a. sammen med normale miljøforhold. Organisk belastning og fysiske og kjemiske stressfaktorer fører til at opportunistiske arter øker sine individantall og blir dominerende i samfunnet, mens mer ømfintlige arter slås ut.

DRAMMENSFJORD 83-84



1983



DRAM-84

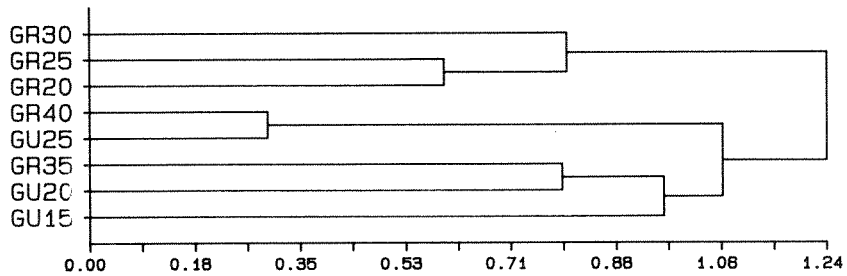


Fig. 3. Dendrogrammer som beskriver grupperinger av stasjoner basert på likhet i faunaen mellom stasjoner (se Tabell 3). Like stasjoner grupperes tidligst sammen i dendrogrammet, dvs. lengst til venstre. Skalaen angir en ulikhetsindeks.

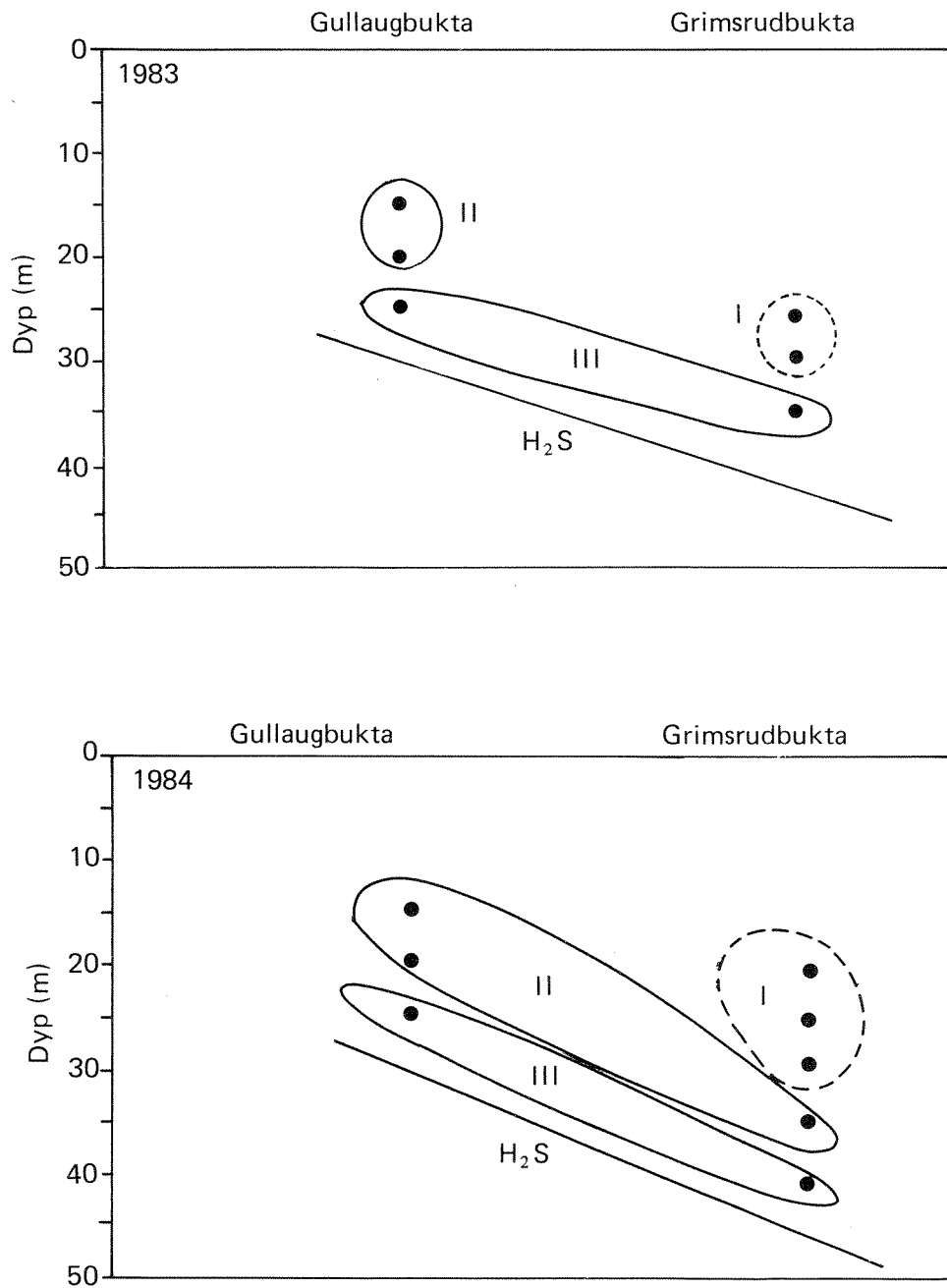


Fig. 4. Skjematisk framstilling av tre stasjonsgrupper (basert på Fig. 3). Mellom stasjonene innen hver gruppe var det forholdsvis høy likhet. Faunaen på de to lokalitetene Gullaugbukta og Grimsrubbukta var noe forskjellig i de grunnere vannlag, men forandret seg i retning av ett og samme faunasamfunn når en kom ned mot dyp med dårligere oksygenforhold.

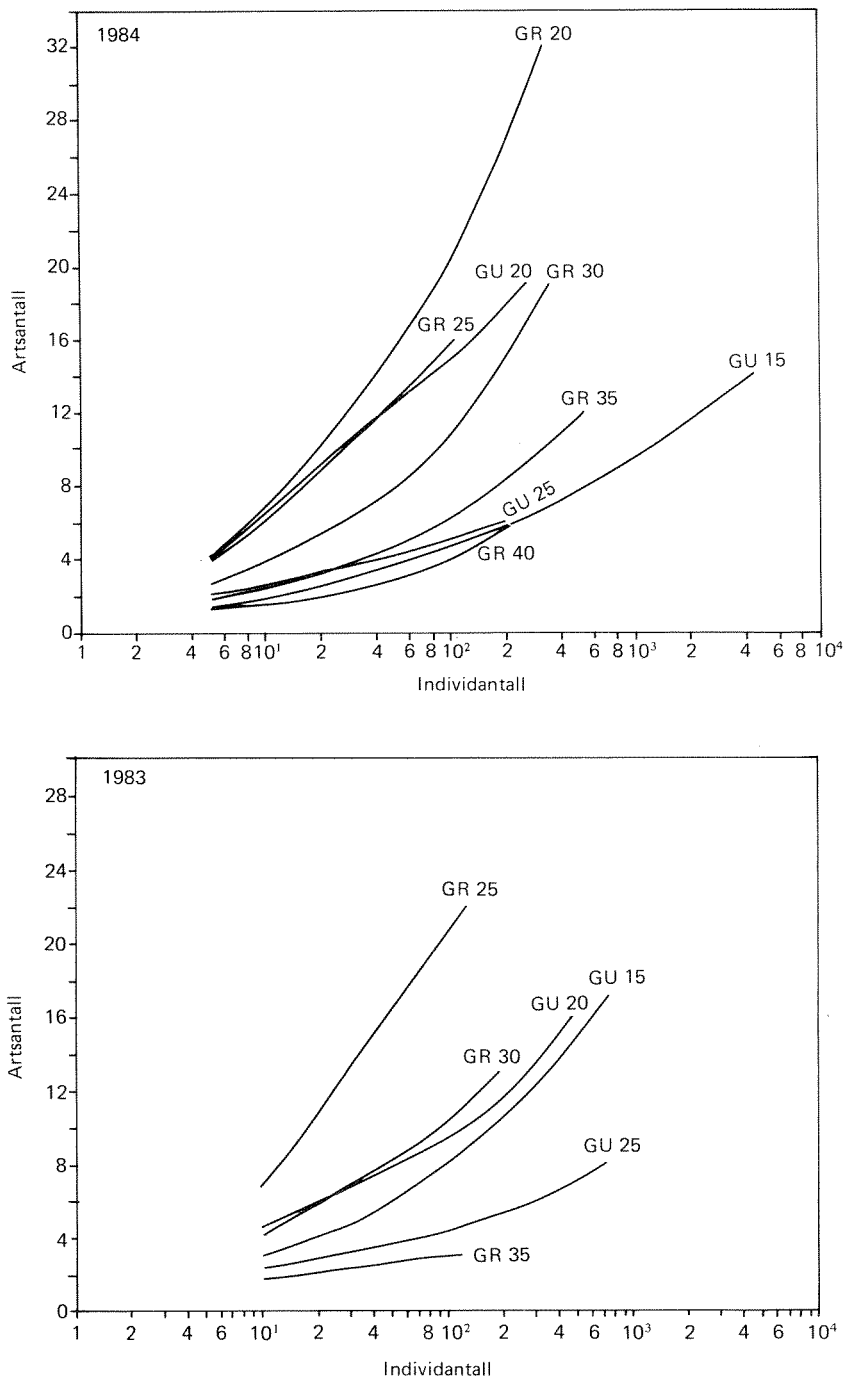


Fig. 5. Kurver for artsantall som funksjon av individantall (arts mangfold).

Kurvene er beregnet ved:

$$E(S_n) = \sum_i \left[1 - \left(\frac{N - N_i}{N} \right)^n \right] \quad (\text{Hurlbert 1971})$$

N_i = individtall av i-te art

N = det samlede individantall i prøven

n = det samlede individantall i en prøve $\frac{n}{N}$ så stor som hovedprøven

$E(S_n)$ = det forventete antall arter i en delprøve på n individer fra en prøve som inneholder N individer, S arter og N individer av i-te art.

Resultatet er at artsmangfoldet blir lavere.

Artsmangfoldet er definert som artsantall som funksjon av samlet individantall i prøven og kan framstilles som en kurve i et diagram med individantallet langs x-aksen og artsantallet langs y-aksen (Fig. 5). Individantallet i prøvene øker i takt med prøvestørrelsen, mens artsantallet ikke øker i samme grad. Stigningen på kurven avtar derfor etter hvert som individantallet øker. Høyt artsantall i forhold til individantall betyr høyt artsmangfold. Dette gir brattere kurve enn lavt artsmangfold. Vi bruker en logaritmisk x-akse for å få en god framstilling av kurven.

Klassifisering av artsmangfoldet etter et system foreslått av Rygg (1984b) for å gradere forurensningspåvirkning er vist i Fig. 6 og 7.

En annen vanlig brukt indeks for å uttrykke artsmangfoldet er Shannon-Wieners diversitetsindeks (H).

I Tabell 2 er artsmangfoldet i de aktuelle prøvene, uttrykket både ved forventet artsantall pr. 100 individer, og ved indeksen H, vist. Lavest artsmangfold viste prøvene fra Gullaugbukta i 25 m dyp i 1983 og 15 og 25 m i 1984, og fra Grimsrudbukta i 35 m dyp i 1983 og 40 m i 1984. Bare de grunneste stasjonene i Grimsrudbukta (25 m i 1983 og 20 m i 1984) hadde et artsmangfold som kan betraktes som normalt.

4.5 Påvirkende faktorer

Ut fra hva som er kjent om området og de forurensninger som tilføres, måtte en anta at organisk belastning og oksygenmangel ville være viktige faktorer som kunne påvirke bløtbunnfaunasamfunnenes tilstand. På hydrografiske stasjoner i nærheten av bløtbunnfaunastasjonene (Fig. 1) er det målt oksygenkonsentrasjoner i forskjellige dyp, samt sedimentering av partikulært materiale, deriblant partikulært organisk karbon. Resultater fra disse målingene er vist i Tabell 4 og 5.

Overgangen mellom oksygenholdig og hydrogensulfidholdig vann lå stort sett i dypområdet 35-45 m i de frie vannmassene. Overgangen lå noe dypere i 1983 og 1984, da faunaprøvene ble tatt, enn i 1982. Oksygenforholdene var noe bedre på stasjon D3 ved Grimsrudbukta enn på stasjon D2 ved Gullaugbukta. Forskjellen var nesten gjennomgående 0,5-1,0 ml/l på dyp større enn 10 meter.

Sedimenteringen av organisk materiale (målt som organisk karbon) i

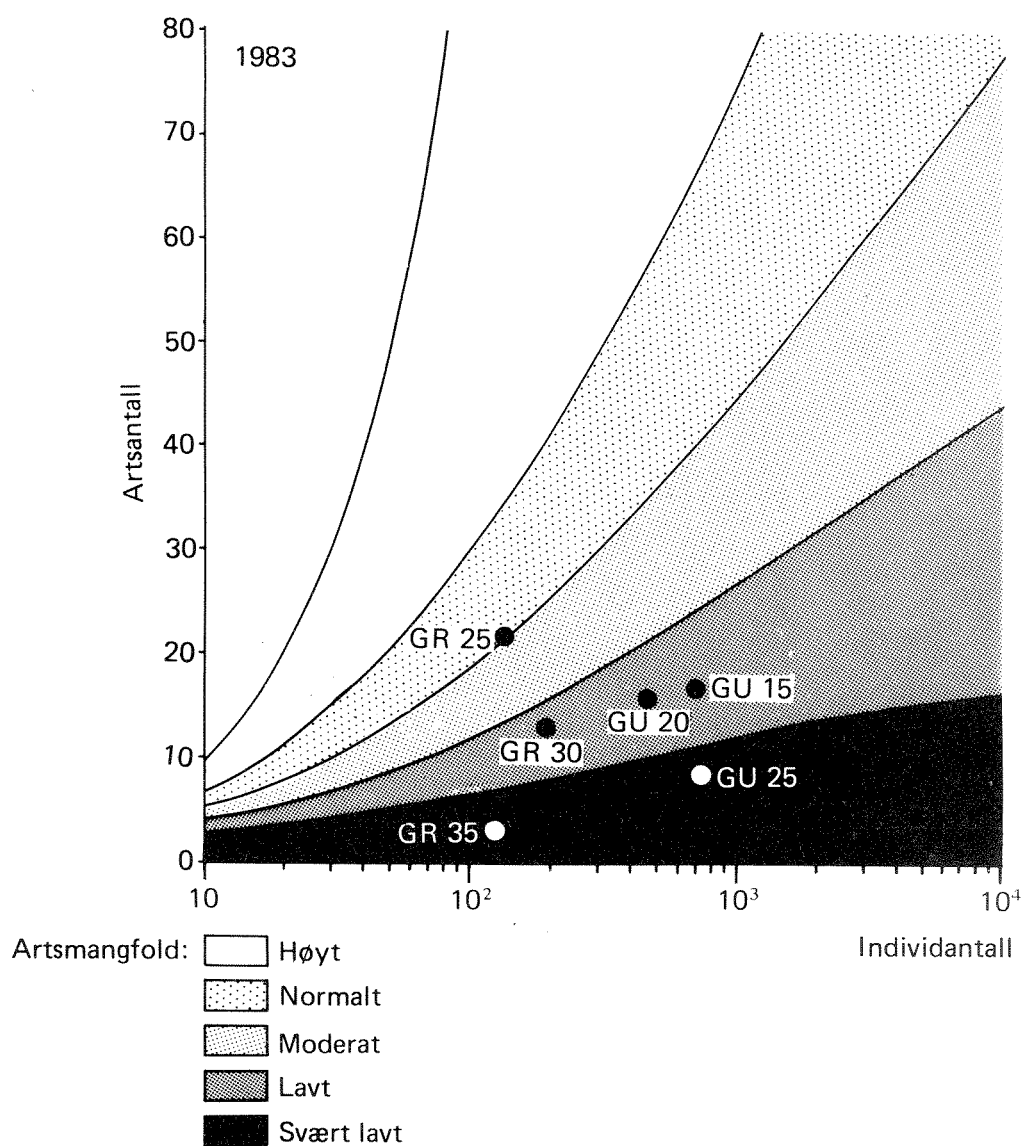


Fig. 6. Artsmangfold i Drammensfjorden 1983. Plot av artsantall mot individantall i et generelt klassifiseringssystem (Rygg, 1984) for artsamngfold i bløtbunnfaunasamfunn.

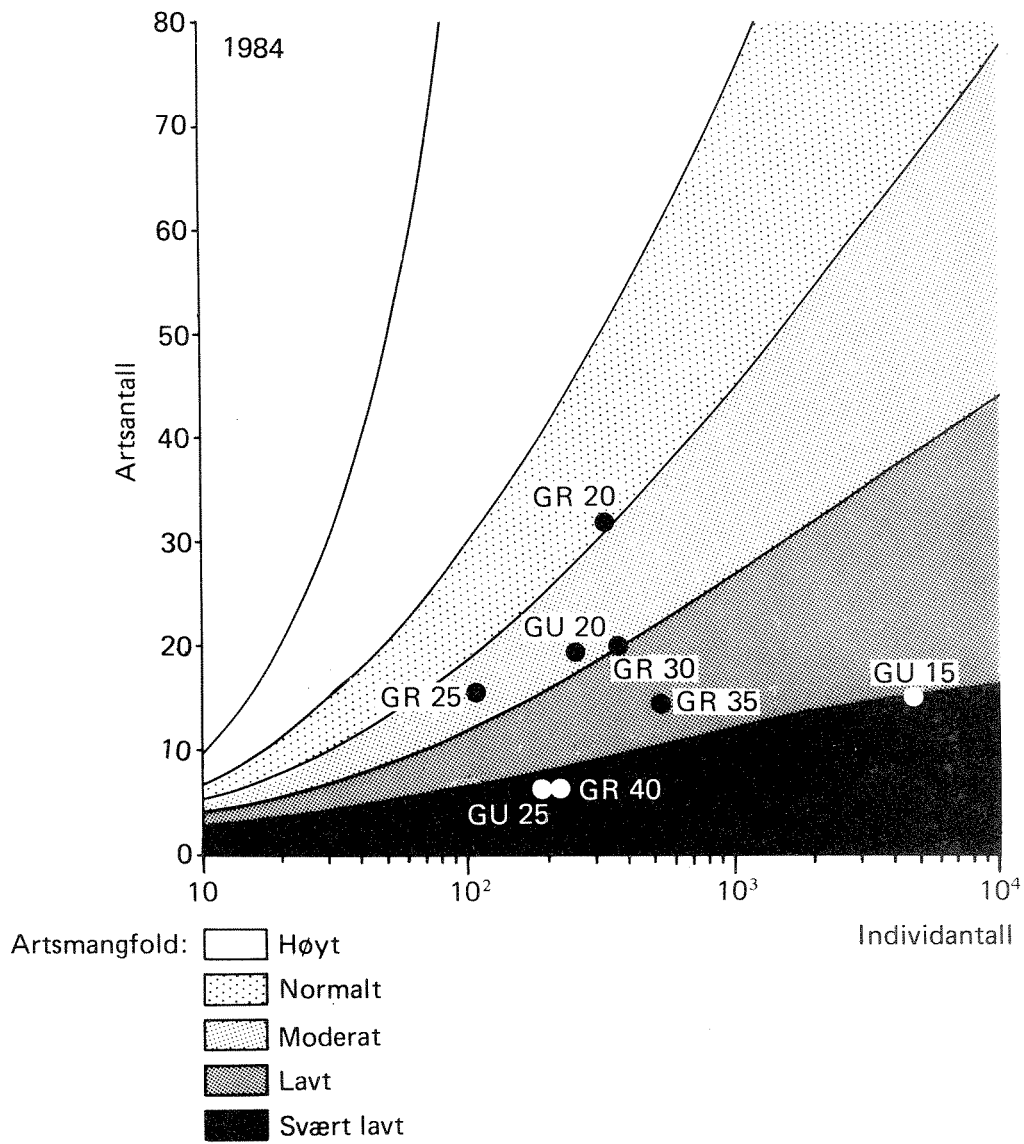


Fig. 7. Artsmangfold i Drammensfjorden 1984. Plot av artsantall mot individantall i et generelt klassifiseringssystem (Rygg, 1984) for artsamangfold i bløtbunnfaunasamfunn.

30 m dyp var noenlunde jevn langs fjorden, bortsett fra i vårflommen. I mai og juni 1983 økte sedimenteringen kraftig på den indre stasjonen (D2 ved Gullaugbukta), på grunn av materiale bragt ut med vårflommen i Drammenselva og Lierelva (Tabell 5). I 1983 bidro vårflommen med ca. 50 % av det sedimenterende organiske materiale over året som helhet.

Normalt er vårflommen mindre enn det som ble målt i 1983, og utførselen av organisk materiale vil da være mindre. For normalåret er det antatt en vannføring på $600 \text{ m}^3 \cdot \text{sek}^{-1}$ under vårflommen, med en antatt sedimentering av karbon på $1000 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ på stasjon D2, tilsvarende 25 % av mengden over året som helhet.

Dybdegrensen for råttet bunn lå omtrent 10 m grunnere i Gullaugbukta enn i Grimsrudbukta (se pkt. 4.1). Dette kan skyldes den større sedimenteringen av organisk materiale, som fører til økt oksygenforbruk på bunnen.

Tabell 4. Oksygenkonsentrasjon ($\text{ml O}_2 \text{ l}^{-1}$) på to stasjoner i Drammensfjorden.

	Stasjon D2					Stasjon D3				
	D a t o					D a t o				
Dyp (m)	82 06 01	82 08 19	82 10 21	83 12 13	84 10 18	82 06 10	82 08 19	82 10 21	83 12 13	84 10 18
0	8,5	6,5	7,9	-	7,8	8,1	6,9	7,8	-	7,7
5	8,4	5,3	7,2	3,6	7,9	8,1	5,3	6,9	6,6	7,7
10	8,4	3,6	3,0	2,6	3,4	6,8	6,9	3,6	2,8	4,1
15	5,0	4,0	3,3	2,0	3,2	5,0	4,2	3,9	2,8	3,9
20	3,2	3,4	3,1	2,1	3,0	3,8	3,5	3,8	3,5	3,7
30	0,2	+	0,5	1,3	0,3	0,9	0,15	0,8	3,5	0,8
40	+	+	+	0,2	0,1	+	+	+	2,1	0,9
50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0,1
60	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ = hydrogensulfid påvist

- = observasjon mangler

Tabell 5. Sedimentering av organiske materialer i 30 m dyp på tre stasjoner i Drammensfjorden: $\text{mg karbon} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, og vannføring i Drammenselva ($\text{m}^3 \cdot \text{sek}^{-1}$). Stasjon D4 ligger ute ved Svelvik.

Dato	Stasjon D2	Stasjon D3	Stasjon D4	Vannføring
820631	350	236	203	352
820819	200	206	231	140
820928	197	-	206	120
821022	456	-	231	300
830525	5400	244	161	955
830617	1908	272	203	817

5. HENVISNINGER

Gray, J.S., Mirza, F.B. (1979). A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. Mar. Pollut. Bull. 10: 142-146.

Gray, J.S., Pearson, T.H. (1982). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. Mar. Ecol. Prog. Ser. 9: 111-119.

Hurlbert, S.N. (1971). The non-concept of species diversity. Ecology 53: 577-586.

Pearson, T.H., Gray, J.S., Johannessen, P.J. (1983). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analysis. Mar. Ecol. Prog. Ser. 12: 237-255.

Pearson, T.H., Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 16: 229-311.

Renkonen, O. (1938). Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. An Zool. Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo 6: 1-231.

Rygg, B. (1981). Bløtbunnsfauna som indikatorsystem på miljøkvalitet i fjorder. Den mulige bruk av mangelørstemarkene Prionospio cirrifera og P. malmgreni som negative indikatorer på lavt oksygeninnhold. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 80612, 17 s.

Rygg, B. (1984a). Bløtbunnfauna som indikatorsystem på miljøkvalitet i fjorder. Bruk av diversitetskurver til å beskrive faunasamfunn og anslå forurensningspåvirkning. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 80612, 39 s.

- Rygg, B. (1984b). Bløtbunnfaunaundersøkelser. Et godt verktøy ved marine resipientvurderinger. Norsk institutt for vannforskning, Oslo. 80612, 29 s.
- Rygg, B. (1985a). Sammenheng mellom forurensningsgrad og forekomst av utvalgte arter av marin bløtbunnfauna. Bruk av indikatorarter ved vurdering av forurensningstilstand. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 184/85. SFT/NIVA, Oslo, 36 s.
- Rygg, B. (1985b). Distribution of species along pollution-induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian fjords. Mar. Pollut. Bull. 16:469-474.
- Rygg, B. (1986). Heavy-metal pollution and log-normal distribution of individuals among species in benthic communities. Mar. Pollut. Bull. 17:31-36.
- Rygg, B., Skei, J. (1984). Correlation between pollutant load and the diversity of marine soft-bottom fauna communities. In: Proceedings of the International Workshop on Biological Testing of Effluents (and Related Receiving Waters). OECD/U.S. EPA/Environ. Canada, pp. 153-183.
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1963). The Mathematical Theory of Communication. University Illinois Press, Urbana, 117 pp.