

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-80003-08
Undernummer:
Løpenummer: 1452
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Trondheimsfjorden 1981. Delrapport I. Biologi (Overvåkingsrapport 61/82)	Dato: 29.12.1982
	Prosjektnummer: 0-80003-08
Forfatter(e): Brage Rygg	Faggruppe:
	Geografisk område: Trøndelag
	Antall sider (inkl. bilag): 27

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

Ekstrakt:
Bløtbunnsfaunaen på 50 og 85 m dyp i Stjørdalsfjorden var individrik og tydet på stor næringstilgang og produksjon. Lavt artsantall i forhold til individmengden, særlig på den dypeste stasjonen, og dominans av visse børstemarker, tydet på høy organisk belastning. Stasjonen på 100 m dyp (B1) i Orkdalsfjorden var nesten livløs. Også på 215 m dyp i selve dyppartiet av Orkdalsfjorden var faunaen svært fattig og besto av forurensningstolerante arter. En må kunne anta at den fattige faunaen skyldes forurensning fra gruveavrenning. Analysene av grisetang samlet i Orkdalsfjorden ved årsskiftet 1981/82 viste 115-185 µg/g av kopper og 300-400 µg/g av sink. Konsentrasjonen i grisetang er vanligvis lavere enn 30 µg/g av kopper og 100 µg/g av sink.

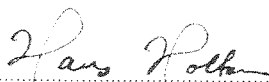
Statlig program
1. Overvåkingsrapport 61/82
2. Trondheimsfjorden
3. Bløtbunnsfauna
4. Tungmetaller i alger

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0583-7



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Oslo

0-8000308

Statlig program for forurensningsovervåking
Rapport 61/82

TRONDHEIMSFJORDEN 1981
Delrapport I Biologi

Oslo, 29.12. 1982

Prosjektleder: Brage Rygg, NIVA

Medarbeidere: Kjersti Andersen, UNIT
Jon-Arne Sneli, UNIT
Øystein Stokland, Trondheim
Pirkko Rygg, NIVA

FORORD

Forurensningssituasjonen i Trondheimsfjorden er tidligere undersøkt i 1972-75. Undersøkelsene ble gjennomført av Universitetet i Trondheim, Vassdrags- og havnelaboratoriet og Norsk institutt for vannforskning.

Undersøkelsene i fjorden innen Statlig program for forurensningsovervåking startet i desember 1980. Overvåkingen er et samarbeid mellom Norges hydrodynamiske laboratorier (divisjon Vassdrags- og havnelaboratoriet), Trondhjem biologiske stasjon og Norsk institutt for vannforskning.

Resultatene fra det første undersøkelsesåret (desember 1980 - mars 1982) er presentert i to delrapporter:

Delrapport I Biologi (foreliggende rapport)

Delrapport II Hydrografi, lys og oksygen

Resultatene fra en basisundersøkelse av sedimentene i fjorden i 1981, utført av NIVA, blir rapportert i 1983.

Disse er de første ordinære rapporter for Trondheimsfjorden innen Statlig program for forurensningsovervåking. Også en rapport fra Vassdrags- og havnelaboratoriet og Trondhjem biologiske stasjon i 1982, som inneholder data fra to hydrografiske stasjoner i fjorden i 1976-1980, ble bekostet av det statlige programmet.

Innsamling og preparering av algeprøver til metallanalyser er gjort av Kjersti Andresen, Universitetet i Trondheim, mens selve analysene er utført av Sentralinstitutt for industriell forskning. Artsbestemmelsene av bløtbunnsfauna er gjort av Øystein Stokland, Trondheim og Pirkko Rygg, NIVA.

SAMMENDRAG

- I Bløtbunnsfaunaen på 50 m dyp (B3) og 85 m dyp (B4) i Stjørdalfjorden var individrik og tydet på stor næringstilgang og produksjon. Lavt artsantall i forhold til individmengden, særlig på den dypeste stasjonen, og dominans av visse børstemarkarter, tydet på høy organisk belastning. Et forholdsvis høyt artsantall av krepsdyr og bløtdyr tydet imidlertid på noenlunde friske forhold uten oksygenmangel av betydning. Resultatene var ikke vesentlig forskjellig fra det som ble funnet i 1972-74 av Holthe.

- II Stasjonen på 100 m dyp (B1) i Orkdalsfjorden var nesten livløs. Også på stasjonen på 215 m dyp (B2) i selve dyppartiet av fjorden var faunaen svært fattig og besto av forurensningstolerante arter. Prøver tatt på en stasjon på 200 m dyp i 1972-74 av Holthe ga lignende resultater. En må kunne anta at den fattige faunaen skyldes forurensning fra gruveavrenning.

- III Analysene av kopper og sink i grisetang samlet ved årsskiftet 1981/82 viste forhøyede verdier i Orkdalsfjorden (M2, 3, 4). Konsentrasjonen i grisetang i områder uten bestemte punktkilder er vanligvis lavere enn 30 µg/g av kopper og 100 µg/g av sink. Tang langs hele strekningen fra Orkdalsfjorden og østover til Trondheim inneholdt således unormalt mye av disse metallene. På stasjonen innerst i fjorden (M13) var konsentrasjonene lave.

INNHOOLD

FORORD	1
SAMMENDRAG	2
1. INNLEDNING	4
2. MÅLEPROGRAM	6
3. BLØTBUNNSFAUNA	6
3.1 Stasjonsvalg, innsamling og bearbeidelse av prøver	6
3.2 Resultater	7
4. TUNGMETALLER I ALGER	23
LITTERATUR	27

1. INNLEDNING

Trondheimsfjorden er den største og viktigste fjorden i landsdelen. Om lag 70 prosent av befolkningen i Trøndelagsfylkene, eller omtrent 260 000 mennesker, bor ved fjorden. Fjorden tilføres forholdsvis store ferskvannsmengder fra elver, mest i mai-juni. Gjennomsiktigheten i de øvre vannlag er størst om vinteren, vesentlig mindre i den lyse årstid. Sikten bestemmes hovedsakelig av vannets innhold av suspenderte partikler (grumsetheten). Hovedårsakene til grumsingen er tilførsel av jord og leire med elvene og oppblomstring av plankton. Vannmassene i de tre hovedbassengene (ytre fjord (H15), indre fjord (H6) og Beitstadfjorden (H1)) (figur 1) utskiftes minst to ganger årlig. Sammen med fjordens store volum medfører utskiftingene at hovedfjorden er i god balanse uten særlige forurensningstendenser. Direkte eller indirekte er fjorden mottaker for hovedmengden av avløpsvann og avrenning fra befolkning, industri og landbruk i landsdelen. Ulemper av tilførslene kan stort sett bare spores nær større utslipp eller i ømfindtlige sidefjorder, der det er påvist minsket oksygeninnhold mot bunnen.

Utslippet av løste tungmetaller ved Thamshavn innerst i Orkdalsfjorden er blant de største i landet. Metallene er oppløst i surt gruvevann (pH = 1,9) som ledes i en treledning fra Løkken. Vannmengden er 600 000 m³ pr. år. Tabell 1 angir konsentrasjon og mengde pr. år av noen metaller. I tillegg fører Orkla med seg betydelige metallmengder fra gruveavfall.

Tabell 1

Utslipp ved Thamshavn	Kons. (mg/l)	Mengde (tonn/år)
Jern (Fe)	4 950	2 970
Sink (Zn)	1 300	780
Kopper (Cu)	752	451
Kadmium (Cd)	4	2,4

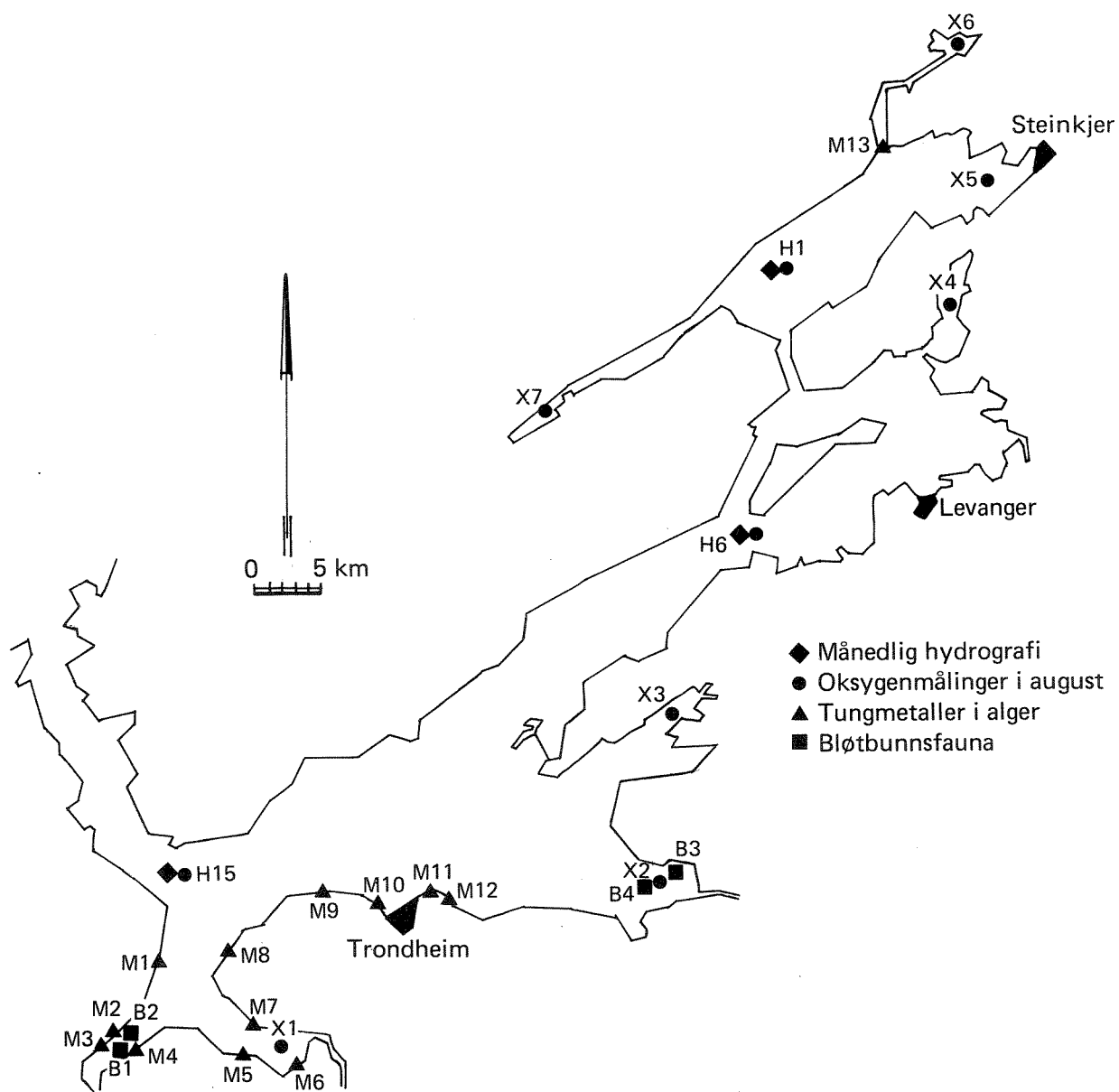


Fig. 1 Stasjonskart for overvåkingen i Trondheimsfjorden

2. MÅLEPROGRAM

Hydrografiske observasjoner gjøres månedlig på tre stasjoner (H1, H6 og H15) (figur 1). Saltholdighet, temperatur og oksygen måles på standarddyp fra overflate til bunn. Gjennomskinnelighet måles med secchiskive og transmisjonsmåler. Oksygeninnholdet i en del sidefjorder følges med målinger i august hvert år (figur 1).

Undersøkelser av bløtbunnsfauna gjøres i Stjørdalsfjorden (B3, B4) og Orkdalsfjorden (B1, B2) (figur 1). Stjørdalsfjorden har høy organisk belastning som følge av lokale utslipp og tilførsler fra Trondheimsområdet. Orkdalsfjorden har en fattig bløtbunnsfauna, antagelig på grunn av den sterke metallbelastningen fra gruveavrenning.

Metallinnholdet i grisetang undersøkes ved årlige analyser på 13 stasjoner (figur 1).

3. BLØTBUNNSFAUNA

På og i bløtbunnen lever det en mengde smådyr som ernærer seg av det organiske materialet som tilføres fra de overliggende vannmassene. Sammensetningen av denne faunaen kan indikere hvordan miljøforholdene er på bunnen i fjorden.

3.1 Stasjonsvalg, innsamling og bearbeidelse av prøver

Prøver for studier av bløtbunnsdyr ble samlet inn i mai 1981 med en 0.1 m² bunngrabb (Petersengrabb). På hver av de fire stasjonene (figur 1) ble det tatt fem parallellprøver. 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 i bunnen. Grabb er derfor best egnet til innsamling av dyr med høy individtetthet (flere enn 2-3 pr. kvadratmeter) og fysisk tilknytning til sedimentet. Materialet vil likevel være tilstrekkelig omfattende til å gi en

brukbar indikasjon på miljøforholdene og deres utvikling.

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

3.2 Resultater

De komplette artslistene fra undersøkelsen er gitt i tabell 2-3.

Tabell 2

Bløtbunnsfauna Orkdalsfjorden Mai 1982	Stasjon Grabb nr.	B1 100 m					B2 215 m				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
POLYCHAETA											
<i>Chaetozone setosa</i>							5	59	30	57	50
<i>Eteone</i> sp.								1			
<i>Goniada maculata</i>									1		1
<i>Harmothoe</i> sp.						1					
<i>Heteromastus filiformis</i>							3	2		4	3
<i>Nephtys ciliata</i>							1		1		1
<i>Nephtys incisa</i>							1		1		
<i>Nereimyra punctata</i>											1
<i>Nereis</i> sp.								1			
Phyllodocidae									1		
<i>Scoloplos armiger</i>								1	4	2	1
MOLLUSCA											
<i>Philine quadrata</i>											1
<i>Thyasira equalis</i>									13		10
<i>Thyasira sarsi</i>								2	1		

Tabell 3

Bløtbnnsfauna Stjørdalsfjorden Mai 1982	Stasjon Grabb nr.	B3 50 m					B4 85 m				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
POLYCHAETA											
<i>Anaitides</i> sp.					2	6		2			
<i>Anobothrus gracilis</i>					1						
<i>Artacama proboscidea</i>											1
Capitellidae indet							1				
<i>Ceratocephale loveni</i>							1				
<i>Chaetozone setosa</i>			1	4	2	1	36	43	13	52	36
<i>Diplocirrus glaucus</i>		10	13	18	36	30	3	1	1		3
<i>Drilonereis filum</i>							11	2			1
<i>Eteone</i> sp.			1	1	1	3		1		1	
<i>Euchone</i> sp.			9				8	11	2	15	4
<i>Exogone</i> sp.				12	3	10	12	13	2	7	25
<i>Glycera alba</i>			4	1	7	1					
<i>Glycera rouxii</i>		4			1	1					
<i>Goniada maculata</i>		4		6	7	4					1
<i>Heteromastus filiformis</i>		97	122	137	134	146	186	127	32	59	47
<i>Laonice cirrata</i>			1		2					1	1
<i>Lumbrineris</i> sp.						1					
<i>Maldane sarsi</i>		36	143	111	138	143	488	291	82	322	57
Maldanidae indet		4	2								
<i>Melinna cristata</i>								1			
<i>Myriochele</i> sp.		51	62	82	164	105	14	10	3	16	4
<i>Neoamphitrite grayi</i>		1									
<i>Nephtys ciliata</i>			3		2	1					
<i>Ophelina</i> sp.		2	2	5	17	19	2				
<i>Ophiodromus flexuosus</i>			1			1					1
<i>Owenia fusiformis</i>		67	73	145	211	172	145	286	97	142	59
<i>Paramphinome jeffreysi</i>							2				2
<i>Paraonis gracilis</i>			19	19	22	16		3			5
<i>Pectinaria koreni</i>		1	4	2	1	2			1		1
<i>Pholoe minuta</i>			1		6	5	1				
<i>Polydora</i> sp.				1							
<i>Praxillella gracilis</i>				5	7	12					
<i>Prionospio cirrifera</i>		2	39	40	51	42	16	23	4	20	32

(forts.)

Tabell 3 (forts.)

Bløtunnfauna Stjørdalsfjorden Mai 1982	Stasjon Grabb nr.	B3 50 m					B4 85 m					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Spionidae indet							2					
<i>Synelmis klatti</i>			1							2	1	
<i>Trocochaeta multisetosa</i>		3	2	4	1	2				2		
MOLLUSCA												
<i>Abra alba</i>		2	2	2	2	7	1	1		1	1	
<i>Abra nitida</i>			1		2		7	11	4	7	12	
<i>Aporrhais pespelicani</i>			1									
<i>Buccinum undatum</i>			1			1						
<i>Corbula gibba</i>		1			1	1						
<i>Cylichna cylindracea</i>				1	1							
<i>Ennucula tenuis</i>		2	4	7	5	6	2	1	4	2	3	
<i>Hydrobia</i> sp.						1						
<i>Mya</i> sp.		1										
<i>Mysella bidentata</i>				1						1		
<i>Mytilus edulis</i>								1				
<i>Nuculana pernula</i>		1	2	2	3	1	1			4		
<i>Palliolum vitreum</i>							74	3	11	2	40	
<i>Parvicardium minimum</i>					2	1						
<i>Philine quadrata</i>		1	1		1	2						
<i>Pseudamussium septemradiatum</i>							16	2	7	2	4	
<i>Retusa truncatula</i>					1							
<i>Thyasira equalis</i>		2	5	3	4	3	2			1	1	
<i>Thyasira gouldi</i>		2	1	2	1	1						
<i>Thyasira sarsi</i>		2		1								
CRUSTACEA												
<i>Arrhis phyllonyx</i>						2						1
<i>Bathymedon longimanus</i>						1						
<i>Diastylis cornuta</i>			1		3	3						
<i>Diastylis lucifera</i>		45	60	27	106	61	30	2		1	6	
<i>Diastylis tumida</i>			2									
<i>Eriopisa elongata</i>								1				
<i>Eudorella emarginata</i>		2	10	4	2	10	52	24	10	12	18	
<i>Eudorella truncatula</i>						1	1					
<i>Harpinia</i> sp.												1

(forts.)

Indikatorarter

Hvilke arter som finnes eller mangler, hvilke som er sjeldne og hvilke som er tallrike, sier naturligvis en hel del om miljøbetingelsene på stedet. Positive forurensningsindikatorer er opportunistiske arter som kan opptre tallrikt i forurensete eller forstyrrete miljøer. Denne gruppen utgjøres av et bemerkelsesverdig konstant utvalg av arter. De går igjen fra det ene forurensete område til det andre. Det motsatte, negative indikatorer, er arter som går tilbake eller forsvinner som følge av forurensningspåvirkninger.

Tabell 4 viser de vanligste artene i materialet fra Stjørdalsfjorden og deres individtetthet på de to stasjonene. Ingen av artene hører med til de fem-seks arter av utpregete forurensningsindikatorer som kan opptre ved høy organisk belastning eller oksygenmangel. Noen av artene er likevel kjent for å tåle en god del forurensning og kan være opportunister og øke sitt individtall ved økt organisk belastning. Resultatene var ikke vesentlig forskjellig fra det som ble funnet av Holthe i 1972-74 (Holthe 1977). Individantallene i Stjørdalsfjorden var betydelig høyere enn normalt i norske fjorder. Det tyder på at næringstilgangen var stor. Det forholdsvis høye artsantallet av krepsdyr og bløtdyr tyder imidlertid på at det var noenlunde friske forhold uten oksygenmangel av betydning. Oksygenmålinger i august 1981 viste 4,9 ml/l på 85 m dyp i Stjørdalsfjorden. Det vil si at oksygenkonsentrasjonen var noe nedsatt sammenlignet med i hovedfjorden, men neppe så lav at den påvirket faunaen.

Stasjonen på 100 m dyp (B1) i Orkdalsfjorden var nesten livløs. Også på stasjonen på 215 m dyp (B2) i selve dyppartiet av fjorden var faunaen svært fattig og besto av forurensningstolerante arter. Prøver tatt på en stasjon på 200 m dyp i 1972-74 ga lignende resultater (Holthe 1977). En må kunne anta at den fattige faunaen skyldes forurensning fra gruveavrenning.

Tabell 4 Individtetthet (antall individer i 5 grabbprøver) av de 10 vanligste artene fra Stjørdalsfjord (B3 og B4)

Art		Stasjon	
		B3	B4
<i>Maldane sarsi</i>	(P)	571	1240
<i>Owenia fusiformis</i>	(P)	668	729
<i>Heteromastus filiformis</i>	(P)	636	451
<i>Myriochele</i> sp.	(P)	464	47
<i>Diastylis lucifera</i>	(C)	299	39
<i>Prionospio cirrifera</i>	(P)	174	95
<i>Chaetozone setosa</i>	(P)	8	180
<i>Eudorella emarginata</i>	(C)	28	116
<i>Palliolum vitreum</i>	(B)	0	130
<i>Diplocirrus glaucus</i>	(P)	107	8

P = Polychaeta (børstemark)

C = Crustacea (krepsdyr)

B = Bivalvia (musling)

Diversitet

Med diversitet menes her forholdet mellom artsantallet og artenes samlede individantall i prøven. Høy diversitet betyr omtrent det samme som stor variasjon eller mangfold, og henger bl.a. sammen med gunstige miljøforhold og en ikke for stor tilgang på næring. Næringsbelastning fører til at opportunistiske arter øker sine individantall og blir dominerende i samfunnet. Fysiske stressfaktorer kan ha en lignende virkning. Resultatet er at diversiteten blir lavere. Forholdet mellom artsantall og individantall er ikke konstant, men synker når individantallet (prøvestørrelsen) øker. Hvis diversiteten i prøver med ulike totalindividantall skal kunne sammenlignes, må individantallene reduseres til felles størrelse i prøvene, og vi må da også regne ut hvordan artsantallet forandres når individantallet reduseres. Dette gjøres ved formelen:

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

= det forventede antall arter i en delprøve på n individer fra en prøve som inneholder N individer, S arter og N_i individer av i -te art.

Ved å regne ut $E(S_n)$ for flere forskjellige n fremkommer prøvens diversitetskurve (figur 2 og 3). Prøvenes diversitet kan da sammenlignes uavhengig av deres forskjeller i individantall. Vi har foreløpig ikke nok erfaringsmateriale til å si hvordan en "normal" diversitetskurve ser ut, men kurvene fra Stjørdalsfjorden synes å ligge lavere enn de fleste andre vi har beregnet. For å ha noe å sammenligne med, har vi på figur 3 tegnet inn en kurve som beskriver en prøve med høy diversitet fra ytre Hvaler (H11), og en kurve som beskriver en prøve med lav diversitet fra den sterkt forurensete indre delen av Sørfjorden i Hardanger (SFJ 1-2B).

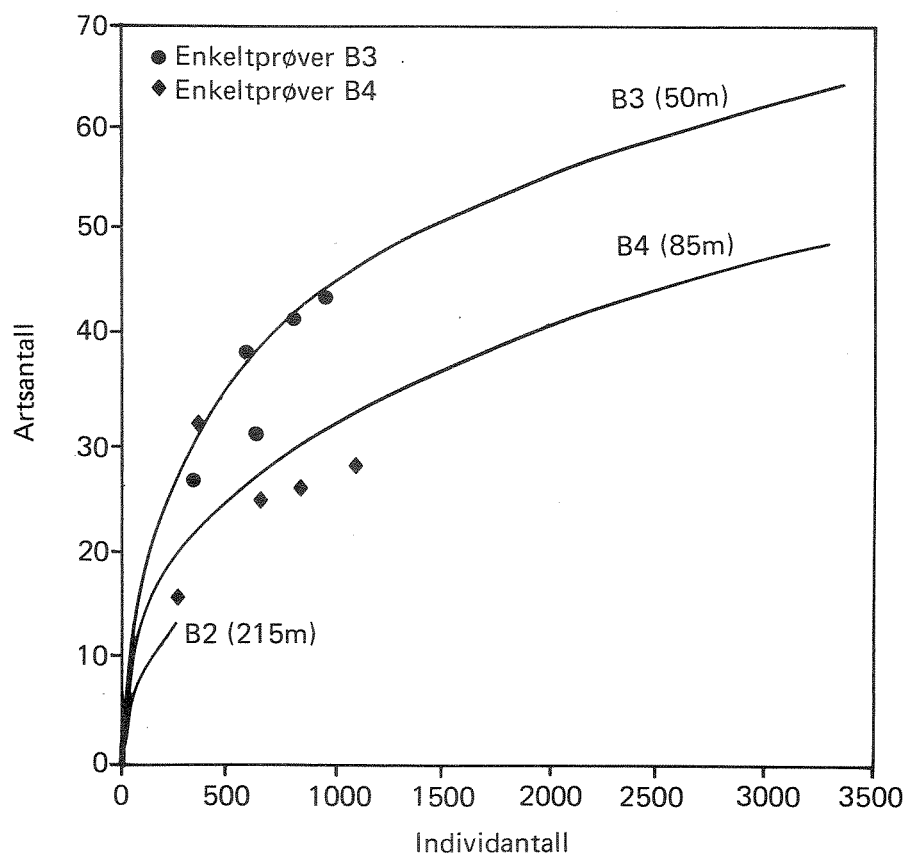


Fig. 2 Diversitetskurver for bløtbunnsfaunaprøvene fra Orkdalsfjorden (B2) og Stjørdalsfjorden (B3, B4). På figur 3 er et forstørret utsnitt av kurvene vist.

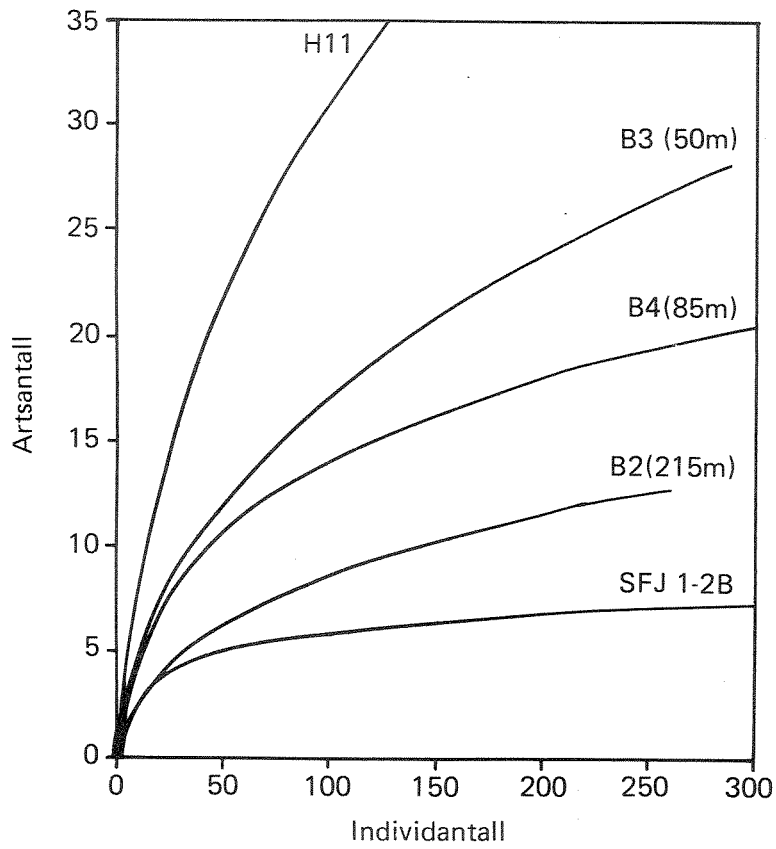


Fig. 3 Diversitetskurver for bløtbunnsfaunaprøver fra Orkdalsfjorden (B2), Stjørdalsfjorden (B3, B4), Hvaler (H11) og indre Sørfjorden i Hardanger (SFJ 1-2B). Utvidete kurver for B3 og B4 er vist på figur 2.

Foruten forholdet mellom artsantall og individantall er også forholdet mellom artsantall og arealenhet (artstetthet) et uttrykk for faunarikdommen. Fordi antallet grabbprøver kan variere, er det hensiktsmessig å angi artstettheten som artsantall pr. grabbprøve, dvs. som regel pr. $0,1 \text{ m}^2$. Når flere parallellprøver tas, angis det gjennomsnittlige artsantall pr. grabbprøve.

De samlede individ- og artsantall i prøvene, antall arter pr. grabbprøve (artstetthet) og antall arter pr. 100 og 1000 individer (diversitet) er vist i tabell 5.

Individtettheten var praktisk talt lik på de to stasjonene i Stjørdalsfjorden, men artstettheten og diversiteten var betydelig lavere på den dypeste stasjonen (85 m). Svært lav individtetthet, artstetthet og diversitet fantes på stasjonen på 215 m i Orkdalsfjorden, og bare ett individ (Harmothoe sp.) fantes på stasjonen på 100 m i Orkdalsfjorden.

Antall arter pr. 100 individer på lokaliteter som kan betraktes som normale, er vanligvis minst 20. På 13 lite påvirkete stasjoner i Hvalerområdet og Singlefjord lå antall arter pr. 100 individer på 20-33, og på 5 stasjoner i Glomfjord på 20-31. Antall arter pr. 100 individer i prøvene fra Stjørdalsfjorden og Orkdalsfjorden (tabell 5) var således unormalt lave. Det indikerer at samfunnet var påvirket. Fordelingen av antall individer pr. art i prøvene fra Trondheimsfjorden er vist i tabell 6.

Tabell 5. Arts- og individtall i bløtbunnfaunaprøvene, antall arter pr. 0,1 m² (artstetthet), og antall arter pr. 100 og pr. 1000 individer (diversitet).

	StjørdaIsfjord	StjørdaIsfjord	Orkdalsfjord	Orkdalsfjord
	B3 50 m	B4 85 m	B1 100 m	B2 215 m
Antall individer i 5 prøver	3392	3307	1	259
Antall arter i 5 prøver	64	49	1	13
Antall arter pr. 0,1 m ²	36,6	25,4	0,2	5,8
Antall arter pr. 1000 individer	45,7	31,9	-	-
Antall arter pr. 100 individer	17,4	14,3	-	8,7

Tabell 6 Fordeling av antall individer pr. art i bløtbunnsfaunaprøvene.
Orkdalsfjord mai 1981, 215 m (B2).

5 ARTER HADDE	1 INDIVIDER.	2 ARTER HADDE	2 INDIVIDER.
2 ARTER HADDE	3 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	8 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	12 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	23 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	201 INDIVIDER.		

TOTALT ANTAL ARTER : 13

TOTALT ANTAL INDIVIDER : 259

Tabell 6 (forts.) Fordeling av antall individer pr. art i bløtbunnsfauna-
prøvene. Stjørdalsfjord mai 1981, 50 m (B3).

15 ARTER HADDE	1 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	21 INDIVIDER.
8 ARTER HADDE	2 INDIVIDER.	2 ARTER HADDE	24 INDIVIDER.
5 ARTER HADDE	3 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	25 INDIVIDER.
2 ARTER HADDE	4 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	28 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	5 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	45 INDIVIDER.
4 ARTER HADDE	6 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	76 INDIVIDER.
2 ARTER HADDE	7 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	107 INDIVIDER.
4 ARTER HADDE	8 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	174 INDIVIDER.
2 ARTER HADDE	9 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	299 INDIVIDER.
2 ARTER HADDE	10 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	464 INDIVIDER.
2 ARTER HADDE	12 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	571 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	13 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	636 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	15 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	668 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	17 INDIVIDER.		

TOTALT ANTAL ARTER : 64

TOTALT ANTAL INDIVIDER : 3397

Tabell 6 (forts.) Fordeling av antall individer pr. art i bløtbunnsfauna-
prøvene. Stjørdalsfjord mai 1981, 85 m (B4).

15 ARTER HADDE	1 INDIVIDER.	10 ARTER HADDE	2 INDIVIDER.
2 ARTER HADDE	3 INDIVIDER.	3 ARTER HADDE	4 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	5 INDIVIDER.	2 ARTER HADDE	8 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	9 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	12 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	14 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	31 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	39 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	40 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	41 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	47 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	59 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	95 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	116 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	130 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	180 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	451 INDIVIDER.
1 ARTER HADDE	729 INDIVIDER.	1 ARTER HADDE	1240 INDIVIDER.

TOTALT ANTAL ARTER : 49

TOTALT ANTAL INDIVIDER : 3307

Log-normal fordeling av artenes individantall

Med basis i antall arter og relasjonene mellom de forskjellige artenes individantall, kan den tallmessige strukturen i dyresamfunnet beskrives. I stabile og artsrike organismsamfunn observeres som regel en tilnærmet log-normal fordeling av artenes individantall. Ved forstyrrelser av samfunnet kan opportunistiske arter øke sin individmengde, mens andre arter reduseres eller slås ut. Resultatet kan bli avvik fra den log-normale fordeling (Gray & Mirza 1979). Dette kan enkelt oppdages ved plotting på sannsynlighetspapir av den kummulative prosent av antall arter (ordnet etter stigende individantall) mot logaritmen (geometrisk klasse) av individantall pr. art. Hvis fordelingen ikke er log-normal, vil plottingen avvike fra en rett linje. Gray og Mirza påviste slike avvik i flere forurensete områder, og foreslo å benytte metoden til å registrere biologiske forandringer forårsaket av forurensninger. Fordi marine bløtbunn-samfunn vanligvis er svært artsrike og lever i et forholdsvis homogent miljø, er de velegnet for statistisk analyse av denne type.

Resultatet av de log-normale plottingene av dataene fra Stjørdalsfjorden er vist til høyre på figur 4. Artene er gruppert i geometriske klasser etter sine individantall. Et eksempel (stasjon B3) er vist i tabell 7.

Tabell 7 Omregning av data for log-normal plotting (stasjon B3)

Antall individer pr. art			
Aritmetisk klasse	Geometrisk klasse	Antall arter	Kumulativ %
1	I	15	23
2	II	8	36
3-4	III	7	47
5-8	IV	11	64
9-16	V	8	77
17-32	VI	6	86
33-64	VII	1	88
65-128	VIII	2	91
129-256	IX	1	92
257-512	X	2	95
513-1024	XI	3	100

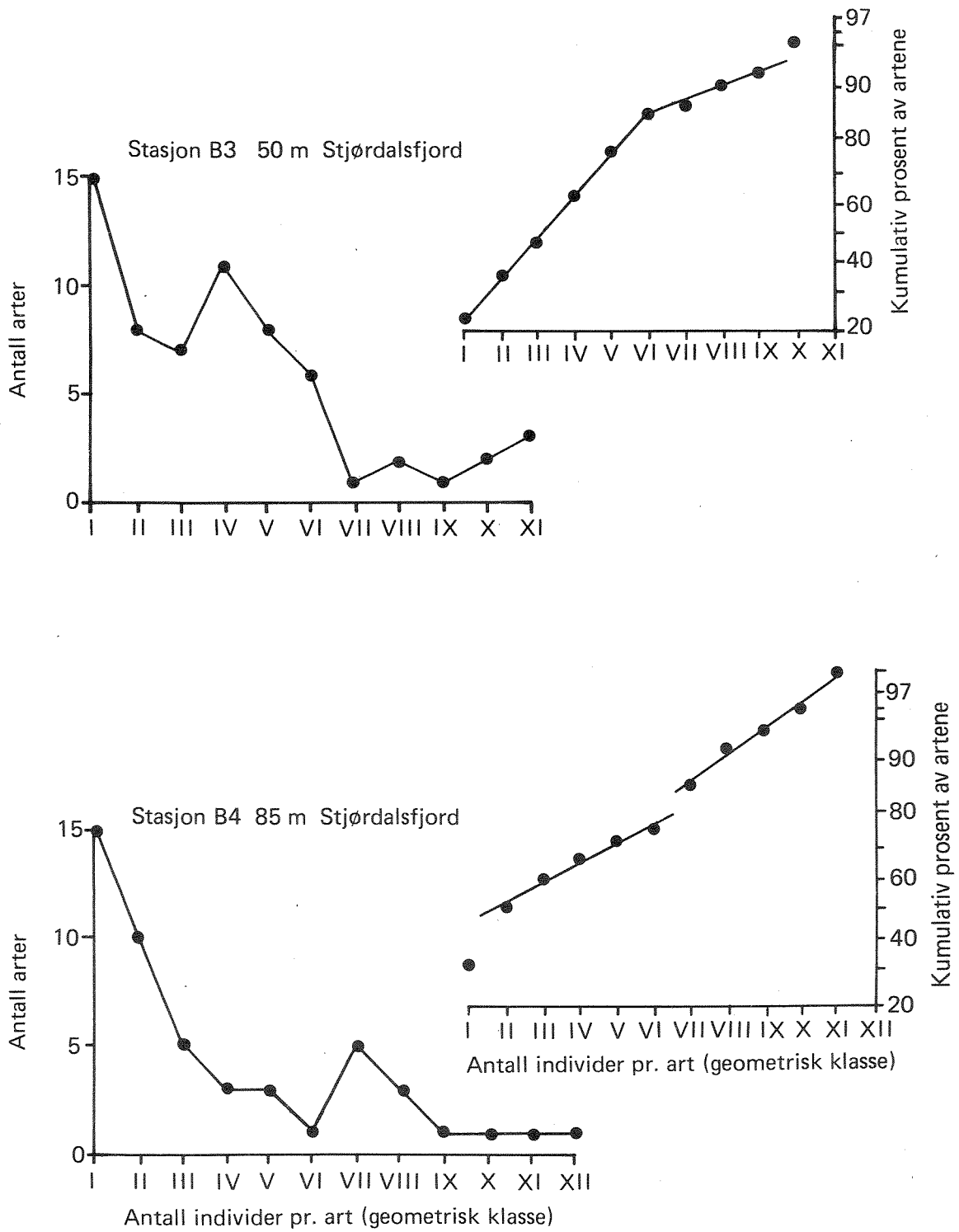


Fig. 4 Antall arter pr. geometrisk klasse av antall individer, og log-normale plot, av dataene fra Stjørdalsfjord.

Til venstre på figur 4 er antall arter plottet mot antall individer pr. art. Det syntes å være tre grupper av arter med adskilte normalfordelingskurver m.h.t. individantall. På stasjon B3 hadde de to individrike gruppene nærmet seg hverandre og samtidig skilt seg mer fra den individfattige gruppen enn tilfellet var på stasjon B3. Det kan tolkes som at opportu- nismen hadde gjort seg enda mer gjeldende på B4 enn på B3.

4. TUNGMETALLER I ALGER

Tang er vist å være en god indikator på vannets innhold av tungmetaller. Det er derfor en god kontroll av utviklingen av sjøvannets innhold av tungmetaller å utføre årlige analyser av f.eks. grisetang (*Ascophyllum nodosum*). I 1981-82 analysertes i alt 16 prøver fra Orkdalsfjorden, Gulosen, Trondheimsområdet og Beitstadfjorden (Rambergholmen) (figur 1). Hver prøve besto av deler fra 20 planter. To aldersklasser fra hver stasjon ble analysert hver for seg for metallene: Kvikksølv, bly, kadmium, kopper, sink, krom, jern og sølv. Resultatene er vist i tabell 8. Resultatene av analyser av grisetang samlet i 1972-75 (Lande 1976) er vist i tabell 9. Noen av prøvetakingsstasjonene i 1972-75 var felles med 1981-stasjonene. Bortsett fra kopper og sink lå metallkonsentrasjonene innenfor det normale i lite eller moderat belastete lokaliteter.

Analysene av kopper og sink i grisetang samlet ved årsskiftet 1981/82 viste særlig forhøyede verdier i Orkdalsfjorden (M2, 3, 4), men tang langs hele strekningen fra Orkdalsfjorden og østover til Trondheim inneholdt unormalt mye av disse metallene (tabell 10). Konsentrasjonen i grisetang i områder uten bestemte punktkilder er vanligvis lavere enn 30 µg/g av kopper og 100 µg/g av sink. På stasjonen innerst i fjorden (M13) var konsentrasjonene lave.

Undersøkelser i 1971-72 (Haug et. al. 1974) viste konsentrasjoner på 100-240 µg Cu/g og 530-640 µg Zn/g i grisetang fra Orkdalsfjorden. Sinkkonsentrasjonene var altså noe lavere i 1981 enn i 1971-72, mens kopperkonsentrasjonene var omtrent like.

Tabell 8 Metallkonsentrasjoner i grisetang, Ascophyllum nodosum, fra Trondheimsfjorden i 1980-82. µg/g tørrvekt.

Prøve	Hg	Zn	Cu	Fe	Pb	Cr	Ag	Cd
M 1, Kjora 20.12.1981	.115	118	41	23	<0.5	3	<0.1	<1
M 2, Almlia, 20.12.1981	spisser							
	2. internode	208	74	38	<0.5	1	<0.1	<1
M 3, Råbygda, 20.12.1981	spisser							
	2. internode	196	70	62	<0.5	4	<0.1	<1
M 4, Lillesanden, Desember 1980	spisser							
	2. internode	302	115	62	<0.5	2	<0.1	<1
M 5, Børsbergene 20.12.1981	spisser							
	2. internode	300	106	58	<0.5	<1	<0.1	<1
M 6, Buvikbergene 20.12.1981	spisser							
	2. internode	400	160	85	<0.5	<1	<0.1	<1
M 7, Byneset kirke, 3.1.1982	spisser							
	2. internode	218	88	166	2.3	<1	0.1	0.20
M 8, Lauset, 3.1.1982	spisser							
	2. internode	343	154	240	0.5	<1	0.1	0.14
M 9, Klementsane, Desember 1980	spisser							
	2. internode	208	82	135	<0.5	4	<0.1	<1
M 10, Biol.stasjon, Desember 1980	spisser							
	2. internode	300	185	108	<0.5	2	<0.1	<1
M 11, Korsvika 3.1.1982	spisser							
	2. internode	138	42	96	<0.5	<1	<0.1	<1
M 12, Fagerheimbukta 3.1.1982	spisser							
	2. internode	220	74	80	<0.5	3	<0.1	<1
M 13, Rambergholmen, oktober 1981	spisser							
	2. internode	132	55	134	<0.5	<1	<0.1	<1
M 1, Kjora 20.12.1981	spisser							
	2. internode	280	85	104	<0.5	<1	<0.1	<1
M 2, Almlia, 20.12.1981	spisser							
	2. internode	118	30	180	<0.5	<1	<0.1	<1
M 3, Råbygda, 20.12.1981	spisser							
	2. internode	200	98	111	<0.5	<1	<0.1	<1
M 4, Lillesanden, Desember 1980	spisser							
	2. internode	105	38	30	<0.5	<1	<0.1	<1
M 5, Børsbergene 20.12.1981	spisser							
	2. internode	180	54	27	<0.5	2	<0.1	<1
M 6, Buvikbergene 20.12.1981	spisser							
	2. internode	90	20	180	1.3	<1	0.2	1.28
M 7, Byneset kirke, 3.1.1982	spisser							
	2. internode	172	36	248	6.1	<1	0.2	0.20
M 8, Lauset, 3.1.1982	spisser							
	2. internode	85	29	92	<0.5	4	<0.1	<1
M 9, Klementsane, Desember 1980	spisser							
	2. internode	145	41	269	<0.5	3	<0.1	<1
M 10, Biol.stasjon, Desember 1980	spisser							
	2. internode	125	18	220	7.9	<1	0.2	0.22
M 11, Korsvika 3.1.1982	spisser							
	2. internode	270	36	304	8.2	<1	0.1	0.08
M 12, Fagerheimbukta 3.1.1982	spisser							
	2. internode	138	32	62	<0.5	4	<0.1	<1
M 13, Rambergholmen, oktober 1981	spisser							
	2. internode	250	58	112	<0.5	2	<0.1	<1
M 1, Kjora 20.12.1981	spisser							
	2. internode	135	16	108	<0.5	<1	<0.1	<1
M 2, Almlia, 20.12.1981	spisser							
	2. internode	184	25	65	<0.5	2	<0.1	<1
M 3, Råbygda, 20.12.1981	spisser							
	2. internode	60	17	57	<0.5	<1	<0.1	<1
M 4, Lillesanden, Desember 1980	spisser							
	2. internode	95	20	65	<0.5	<1	<0.1	<1
M 5, Børsbergene 20.12.1981	spisser							
	2. internode	18	21	169	<0.5	3	<0.1	<1
M 6, Buvikbergene 20.12.1981	spisser							
	2. internode	38	8	92	<0.5	3	<0.1	<1

Tabell 9. Metallkonsentrasjoner i grisetang. *Ascophyllum nodosum*, fra Trondheimsfjorden i 1972-75 (Lande 1976). µg/g tørrvekt.

	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Ag	Cd	Pb
Ingdalen	2	51	4	28	123	2	<1	7
Geitastrand (= M1)	2	54	9	47	255	<1	<1	13
Viggja	2	214	2	81	294	1	<1	12
Børsa (= M5)	2	123	7	123	446	<1	1	12
Flakk (= M9)	3	93	6	28	206	1	<1	12
Vikhammer	3	84	22	22	159	2	<1	18
Muruvik	6	140	5	19	255	1	1	11
Storvika	3	146	14	16	166	2	<1	15
Langstein	2	109	3	19	149	2	<1	7
Fiborgtangen	13	467	10	18	164	<1	<1	19
Verdalsøra	3	236	5	12	143	<1	<1	17
Sundnes	1	215	4	6	147	2	<1	1
Follafoff	1	164	1	13	221	<1	<1	14
Verrasunet (= M13)	3	95	4	7	59	2	<1	16
Aksnes	2	52	3	20	118	2	<1	26
Hysnes	3	291	4	24	160	<1	<1	23
Frengen	2	186	13	22	160	1	<1	23

Tabell 10 Metallkonsentrasjoner ($\mu\text{g/g}$ tørrvekt) i grisetang
(*Ascophyllum nodosum*) (2. internode).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
Kopper (Cu)	74	115	160	185	74	85	98	54	41	58	25	20	8
Sink	208	302	400	300	220	280	200	180	145	250	184	95	38

LITTERATUR

- Gray, J.S., Mirza, F.B., 1979. A possible method for detecting pollution induced disturbance on marine benthic communities. *Mar. Pollut. Bull.* 10: 142-146.
- Haug, A., Melsom, S. og Omgang, S., 1974. Estimation of heavy metal pollution in two Norwegian fjord areas by analysis of the brown algae *Ascophyllum nodosum*. *Environ. Pollut.* 7: 179-192.
- Holthe, T. 1977. A quantitative investigation of the level-bottom macrofauna of Trondheimsfjorden, Norway. *Gunneria* 28. 20 pp., 33 tabs., 31 figs.
- Hurlbert, S.N., 1971. The non-concept of species diversity. *Ecology* 53: 577-586.
- Lande, E. 1976. Tungmetallforurensning av Trondheimsfjorden og den registrerte virkning på flora og fauna. Det kongelige norske videnskabers selskab, Museet, Trondheim. Rapport, 14 s. 3 tab.