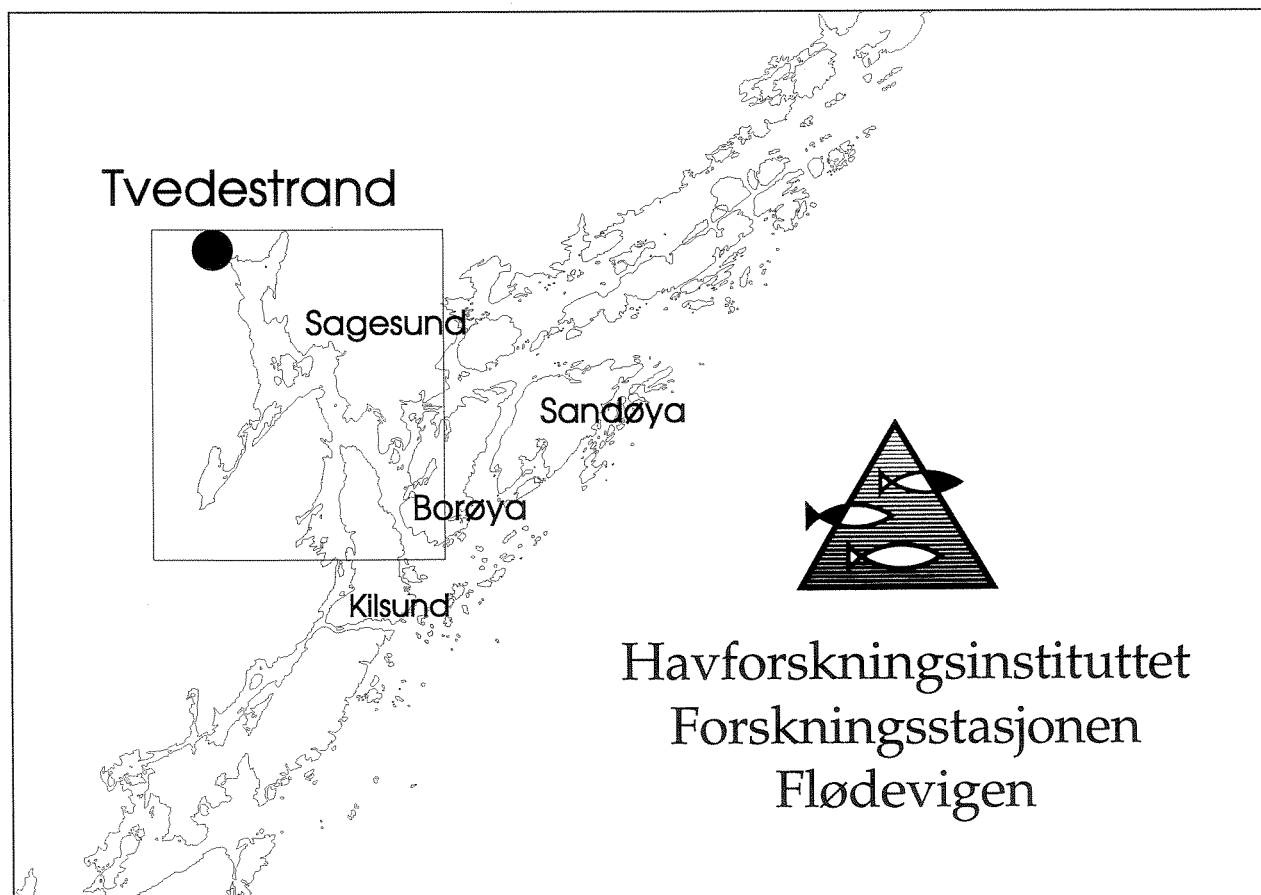


RAPPORT LNR 3907-98

Miljøtilstanden i Tvedestrands kystområder før igangsetting av nytt renseanlegg

Oksygenforhold,
hardbunnsorganismer og
bløtbunnsfauna



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

Akvaplan-NIVA A/S

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

Tittel Miljøtilstanden i Tvedetrands kystområder før igangsetting av nytt rensesanlegg. Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna.	Løpenr. (for bestilling)	Dato	
	3907-98	September, 1998	
	Prosjektnr. Undernr.	Sider	Pris
	O-95123 3	57	
Forfatter(e) Kroglund, Tone Dahl, Einar (HFF) Oug, Eivind	Fagområde	Distribusjon	
	Marin eutrofi		
	Geografisk område	Trykket	
	Aust-Agder	NIVA	

Oppdragsgiver(e) Tvedestrand kommune	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag


Undersøkelser av oksygeninnhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna ble gjennomført i Tvedestrandsfjorden og Oksefjorden i 1996 og 1997 for å kartlegge dagens tilstand. Oksygen, temperatur og saltholdighet ble målt fire ganger på tre stasjoner i løpet av høsten 1996. Hardbunnsorganismer i strandsonen (0-1 meters dyp) ble registrert på 9 stasjoner fra innerst til ytterst i fjorden, mens bløtbunnsfauna ble samlet fra 5 stasjoner med en 0,1 m² van Veen grabb. Undersøkelsene viste at indre del av fjorden hadde *meget dårlig* tilstand i dypvannet (klasse V), med høyt innhold av hydrogensulfid og livløse bunnsedimenter. Utskiftning av bassengvannet skjer trolig med 2-3 års mellomrom. Tilstanden i ytre del av fjorden var bedre, men bunnvannet hadde også her lave oksygenkonsentrasjoner (tilstandsklasse *mindre god -dårlig*) og mye organisk materiale (tilstandsklasse *meget dårlig*). Oksygeninnholdet ved Bota synes å være noe redusert fra forrige undersøkelse. Algevegetasjonen i strandsonen var i indre deler av fjorden preget av mange hurtigvoksende arter som stimuleres av stor næringstilgang. I de ytre deler av fjorden var algevegetasjonen frisk, men også her var det forholdsvis mange påvekstlger som kan tyde på gode næringsforhold.

Fire norske emneord 1. Hydrografi 2. Hardbunn, strandsoner 3. Bløtbunnsfauna 4. Miljøtilstand	Fire engelske emneord 1. Hydrography 2. Littoral zone 3. Soft bottom fauna 4. Quality status
---	--



Tone Kroglund
Prosjektleder

ISBN 82-577-3495-0



Bjørn Braaten
Forskningsjef

O-951233

Miljøtilstanden i Tvedestrands kystområder før
igangsetting av nytt renseanlegg

Oksygenforhold, hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna

Forord

Fylkesmannen i Aust-Agder har oppfordret kommunene til å etablere overvåkingsprogrammer for sine vannforekomster i forbindelse med nye utslippstillatelser.

NIVA og HFF (Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen) har i den forbindelse utarbeidet et felles, marint overvåkingsprogram for kystområdene i Tvedestrand, Risør, Lillesand og Grimstad. Tilsvarende overvåkingsprogram er utarbeidet for kystnære småvassdrag. Overvåkingsprogrammet ble diskutert i møter med kommunene og Fylkesmannens miljøvernavdeling 18-20. januar 1995, og endelig programforslag forelå 25. mars 1995. Prosjekttilsagn fra Tvedestrand kommune ble gitt i brev av 29.01.96. Prøvetakingen i Tvedestrand er koordinert med prøvetaking for Marine Production AS, etter avtale med kommunen (brev av 11.7.96 og 31.7.96).

Foreliggende rapport omhandler resultatene fra Tvedestrand. Tilsvarende rapport er allerede utarbeidet for Grimstad, og er under opparbeiding for Lillesand og Risør.

Kontaktperson i kommunen har vært Miljøvernleder Asbjørn Aanonsen. Vi takker for samarbeidet.

Følgende personer har hatt hovedansvar for undersøkelsen:

- Tone Kroglund Prosjektleder. Planlegging og gjennomføring av hardbunnsundersøkelse. Sammenstilling av rapport.
- Einar Dahl (HFF) Ansvarlig for gjennomføring og rapportering av hydrografiprogrammet
- Eivind Oug Ansvarlig for gjennomføring og rapportering av bløtbunnsundersøkelsen

I tillegg har Jarle Håvardstun og Einar Nygaard (NIVA) deltatt i innsamlingen av bløtbunnsfauna. Ved prøvetakingen ble fartøyet til forskningsstasjonen Flødevigen F/F 'G.M. Dannevig' benyttet. Jarle Håvardstun har dessuten assistert ved innsamling av strandsonedata i 1997 mens Jan Atle Knutzen (Fylkesmannen, MVA) var ivrig feltassistent i 1996.

Ved Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen har Terje Jåvold, Lena Omli og Anita Reiswaag utført det aller meste av det hydrografiske innsamlings- og analysearbeidet. Mannskapet på G.M. Dannevig har vært til stor hjelp under deler av feltarbeidet.

Takk til alle for god innsats

Grimstad, september 1998

Tone Kroglund

Innhold

Konklusjoner og Sammendrag	6
1. Innledning	8
1.1 GENERELT OM OMRÅDET	8
1.1.1 Områdebeskrivelse	8
1.1.2 Tilførsler av næringssalter	8
1.2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER OG MILJØFORHOLD	10
1.2.1 Tidligere undersøkelser	10
1.2.2 Tilstand	10
1.3 FORMÅL	11
2. Oksygen	12
2.1 BAKGRUNN	12
2.2 MATERIALE OG METODER	13
2.2.1 Feltinnsamling og analyser	13
2.2.2 Beregning av oksygenforbruk	13
2.2.3 Vurdering av tilstand	14
2.3 RESULTATER OG DISKUSJON	16
2.3.1 Dagens tilstand	16
2.3.2 Vurderinger	20
3. Hardbunnsorganismer	21
3.1 GENERELT OM UNDERSØKELSESMETODEN	21
3.2 METODER OG STASJONSVALG	21
3.2.1 Feltinnsamling	21
3.2.2 Fotodokumentasjon	21
3.2.3 Tallbehandling	22
3.2.4 Stasjonsvalg	22
3.3 RESULTATER	24
3.3.1 Artsutvalg	24
3.3.2 Artsantall, diversitet og fordeling mellom algegruppene.	26
3.3.3 Vurderinger	29
4. Bløtbunn	31
4.1 BAKGRUNN	31
4.2 STASJONSVALG OG METODIKK	31
4.2.1 Valg av prøvetakingslokaliteter	31
4.2.2 Prøvetaking	33
4.2.3 Analysemetoder	33
4.2.4 Tallbehandling	33
4.3 RESULTATER	35
4.3.1 Prøvetaking	35
4.3.2 Bunnsedimenter	36
4.3.3 Bunnfauna	37
4.3.4 Sammenligning med tidligere prøvetaking	38
4.4 VURDERING AV RESULTATENE	39

5. Referanser	42
Vedlegg A. Hydrografi	45
Vedlegg B. Strandsone	48
Vedlegg C. Bløtbunnsfauna	56

Konklusjoner og sammendrag

KONKLUSJONER

Undersøkelsen har vist at indre del av Tvedestrandsfjorden har dårlig tilstand i bunnområdene og er overgjødslet i overflatelaget. For bunnområdene betyr dette at mengden organisk materiale som tilsammen tilføres med avløpsvann og naturlig avrenning, og fra egenproduksjon i fjorden, er langt større enn fjordbassenget har kapasitet til å bryte ned. Resultatet blir oksygensvikt i bunnvannet og utvikling av giftig hydrogensulfid. Tilførslene av næringsalter til overflatelaget (fra land og fra dypereliggende vannlag) gir grunnlag for stor vekst av hurtigvoksende, fastsittende alger i indre del av fjorden. Tilstanden utover i fjorden er noe bedre, men bunnvannet har også her høyt oksygenforbruk og bløtbunnsfauna som tyder på mye organisk materiale.

Med innføring av biologisk renseanlegg i januar 1998 ble de kommunale tilførslene til fjorden redusert med over 90 % for fosfor, 30-40 % for nitrogen og ca. 70 % for totalt organisk karbon. De naturlige tilførslene av næringsalter er små, slik at de totale tilførsler til fjorden vil bli redusert med ca. 75% for fosfor og 40% for nitrogen. Som følge av dette vil etterhvert oksygenforbruket i dypvannet reduseres, og man kan forvente positive effekter på bunnområdene.

SAMMENDRAG

Undersøkelser av oksygen i bunnvann, algevegetasjonen i strandsonen og bløtbunnsfauna på dype mudderbunner ble gjennomført i Tvedestrandsfjorden og Oksefjorden i 1996 og 1997 for å kartlegge dagens tilstand. Undersøkelsene ble gjort før igangsetting av et nytt biologisk renseanlegg i Tvedestrand, og skal danne referansegrunnlag for eventuelle, framtidige undersøkelser. Hovedutslippet av kommunalt avløpsvann (4500 pe) har i mange år gått urensset ut i indre del av Tvedestrandsfjorden, på 47 meters dyp. Tidligere undersøkelser har vist at bunnforholdene i indre Tvedestrandsfjorden har vært dårlige, og det har vært registrert hydrogensulfidholdig vann høyt opp i vannsøylen. Indre Tvedestrandsfjord er sterkt påvirket av gamle avsetninger av sagflis.

Indre Tvedestrandsfjord

Resultatene fra 4 vannkjemiske tokt (august - oktober) viste at det var dårlige oksygenforhold i dypvannet. Under 30-40 meters dyp ved Bjørnevikhalsen ble det registrert lave oksygenkonsentrasjoner (<1.5 ml/l), og fra ca 60-70 meters dyp ble det registrert hydrogensulfid. Ved bunnen (80 meter) var det høye konsentrasjoner av hydrogensulfid, ca 10-12 ml/l. Tilstanden får karakteristikken *meget dårlig* i henhold til SFTs klassifiseringssystem for fjorder og kystvann (Molvær et al. 1997). Modellberegninger (Fjordmiljø) antyder at fullstendig utskiftning av bassengvann skjer med 2-3 års mellomrom. Slike utskiftninger skjer vanligvis gjennom vinteren og våren. Oksygenforbruket beregnet ved bruk av Fjordmiljø-modellen er 0,95 ml/l pr. måned (gjennomsnitt for hele bassenget). Verdiene er noe usikre, men er trolig i riktig størrelsesorden. Også tidligere er det påvist høyt oksygenforbruk i indre del av Tvedestrandsfjorden.

Prøver av bunnsedimenter og fauna bekreftet de dårlige forholdene. Bunnsedimentene hadde svært høyt innhold av organisk materiale. Utenfor Tangen (31 meter) inneholdt sedimentet mye sagflis. På større dyp (85 meter) var sedimentet sort og luktet sterkt av hydrogensulfid. I prøvene av bunnfauna fra Tangen ble det bare funnet to arter med noen få individer. Dette tilsier at levetilstandene for bunnfauna var helt marginale. På større dyp var det naturlig nok livløst. Resultatene bekrefter tidligere undersøkelser av bunnfauna som har vist dårlig tilstand fra selv ganske grunt vann (10-12m) og ned til de oksygenfrie vannmassene.

I strandsonen var algevegetasjonen dominert av hurtigvoksende grønn- og brunalger som stimuleres av økt næringstilgang (opportunister). Både tang og fjell var flere steder fullstendig dekket av de opportunistiske artene. Antall arter og diversitet var relativt høyt på den ene stasjonen, men tilstedeværelsen av de opportunistiske artene indikerer at overflatevannet var overgjødset av næringssalter.

Midtre fjord

Utskiftning av dypvannet ved Hestø skjer trolig noe oftere enn i indre del av fjorden, anslagsvis én gang pr. år (modellberegninger). Som en følge av dette var oksygenforholdene noe bedre enn i indre fjordbasseng. Oksygenkonsentrasjonen ble målt ned til 0,03 ml/l ved 50 meters dyp (*meget dårlig* tilstand). Fjordmiljø-modellen antyder at oksygenforbruket er høyt, ca. 1.1 ml/l pr. måned som gjennomsnitt for hele bassengvannet. Som for Bjørnevikhalsen er denne verdien noe usikker, men samsvarer med tidligere målinger.

Undersøkelsene av sedimenter og bløtbunnsfauna viste at midtre fjord hadde rimelig god tilstand i 40 meters dyp. Sedimentene hadde høyt innhold av organisk materiale (tilstandsklasse *meget dårlig*), men var uten lukt av hydrogensulfid. Faunaen besto vesentlig av forurensningstolerante arter, men hadde ganske høyt arts mangfold. De friske bunnsedimentene tyder også på at det har vært oksygen tilstede i en lengre periode før prøvetakingen. På større dyp (59 meter) var det sorte sedimenter med sterk lukt av hydrogensulfid.

Algevegetasjonen ved Sagesund viste tydelige tegn til overgjødning som i indre fjord. De næringsstimulerte artene dannet et tett dekke på tang og fjell, og andelen forurensningstolerante arter var høy. På vestsiden av Furøy var det mindre andel av forurensningstolerante arter og andelen rødalger var høy, som vitner om en noe bedre tilstand enn i Sagesund.

Ytre fjord (Oksefjorden)

Det var stort oksygenforbruk og stagnasjonstendenser også i ytre del av fjorden, ved Bota. Dypvannsutskiftning skjer anslagsvis hvert halvår, men oksygenkonsentrasjonen ble likevel målt ned til 1,61 ml/l ved 50 meters dyp. Det tilsvarer tilstandsklasse IV (*dårlig tilstand*). Oksygenforbruket ble målt til 1,21 ml/l pr mnd (beregnet fra målte oksygenkonsentrasjoner). Resultatene tyder på at oksygeninnholdet er noe lavere enn ved tidligere undersøkelser på 1980-tallet. Dette har trolig sammenheng med en generell nedgang i oksygeninnholdet i kystbasseng langs Sørlandskysten.

I fjordens største dyp (62-65 m) var det normalt fjordsediment med litt lukt av hydrogensulfid. Organisk innhold var høyt (tilstandsklasse *meget dårlig*), men likevel lavere enn i indre fjord. Bløtbunnsfaunaen var noe artsfattig og hadde moderat arts mangfold. Faunaen bestod av arter som alle har toleranse for organisk anrikning. Generelt var tilstanden på lokaliteten omtrent som ved tidligere undersøkelser (1983-86).

Strandsonen i Oksefjorden hadde en noe friskere tangvegetasjon enn lenger inn i fjorden og var mindre begrodd. Innslaget av forurensningsømfintlige arter var stor, men også her var det forholdsvis mange hurtigvoksende opportunister. Resultatene viser god tilstand, men det var enkelte tegn til noe høy næringstilgang.

1. Innledning

1.1 GENERELT OM OMRÅDET

1.1.1 Områdebeskrivelse

Tvedestrandsfjorden er en ca. 8 km lang terskelfjord med flere terskler og bassenger (**figur 1**). Det innerste bassenget ved Bjørnevikhalsen er ca. 85 meter dypt og er avgrenset av en terskel ved Furøya på 15 meter. Videre er det et basseng ved Hestø på 54 meter, og et basseng ved Bota på 65 meter. Terskelen mellom Bota og Hestø er på ca. 30 meter og terskelen utenfor Bota er ca. 44 meter dyp. Ytre del av fjorden betegnes Oksefjorden.

Nedbørsfeltet til Tvedestrandsfjorden og Oksefjorden er beregnet til 62 km² og ferskvannstilførselen er anslått til 1,24 m³/s. Fjordenes areal er 4,6 km² (Baalsrud et al. 1991).

1.1.2 Tilførsler av næringssalter

Ved tidspunkt for undersøkelsene var utslippene av urensset avløpsvann til sjøområdene i størrelsesorden 4500 pe (2,8 tonn P/år og 20 tonn N/år) (**tabell 1**). Hovedutslippet var til 47 meters dyp i indre del av Tvedestrandsfjorden (Tangen), mens det var spredte utslipp langs hele fjorden. I kommunen er det ellers mindre utslipp knyttet til tettstedene Lyngør og Gjeving langs skjærgårdsbredden. Nedslagsfeltet til Tvedestrandsfjorden er lite, og de naturlige tilførslene av næringssalter fra land er derfor små. De naturlige tilførslene er tidligere beregnet til 0,6 tonn P/år og 12,5 tonn N/år (Baalsrud et al. 1991), som tilsvarer hhv. 20% og 40% av de totale tilførslene. Resten av tilførslene er menneskelige bidrag (befolkning, landbruk og industri).

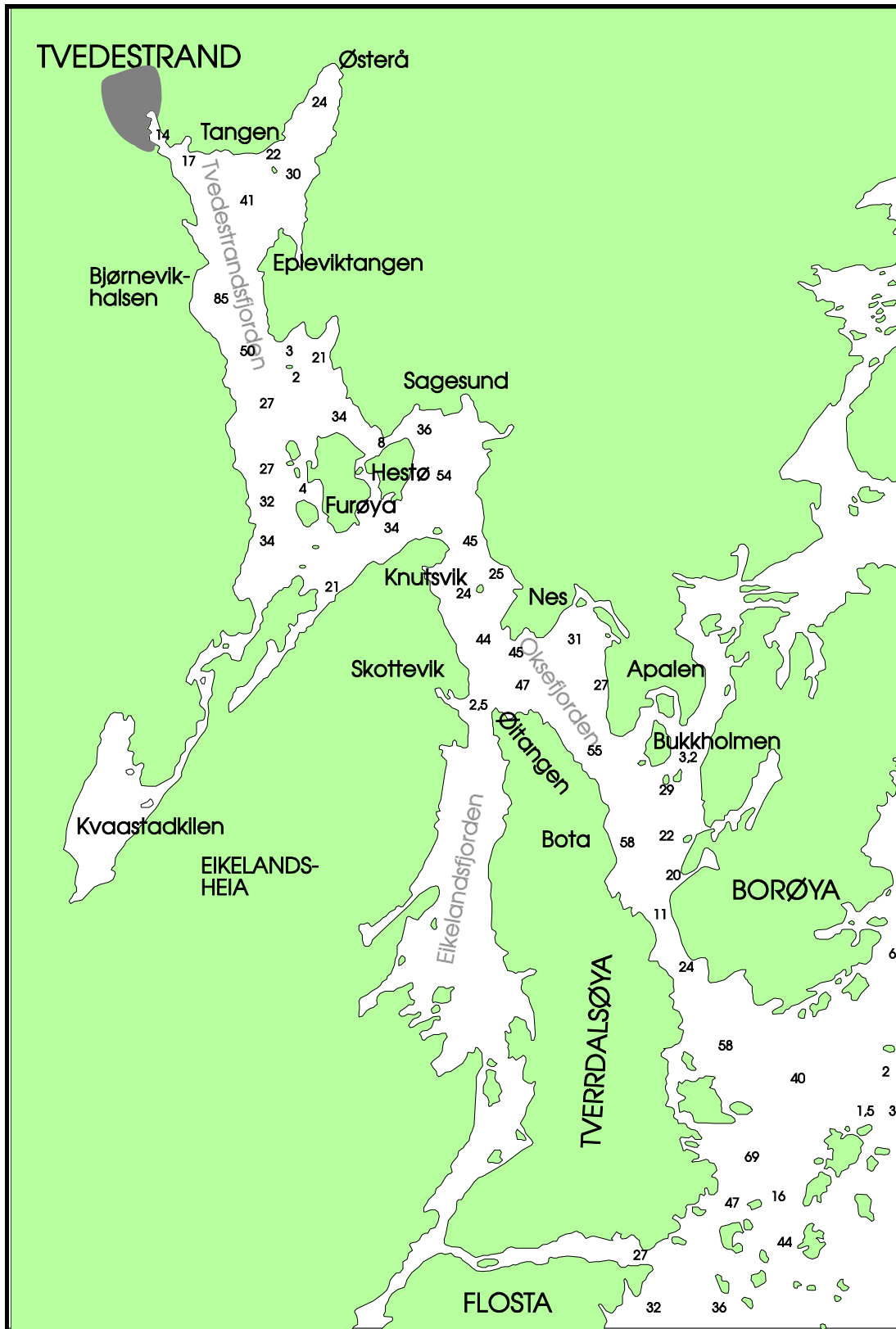
I januar dette år ble et nytt biologisk renseanlegg installert og satt i drift. Renseanlegget vil ha en rensegrad på over 95% for fosfor, 30-40% for nitrogen og ca. 70 % for totalt organisk karbon, og vil redusere de kommunale utslippene betydelig. Utslipsstedet er det samme som tidligere. Anlegget er dimensjonert til 5000 pe. Etter rensing vil de samlede tilførslene av næringssalter til fjorden reduseres med ca 70% for fosfor og 40 % for nitrogen.

Tabell 1. Utslipp til Tvedestrandts kystområder (Tall fra Fylkesmannen i Aust-Agder 1994, MVA og Baalsrud et al. 1991).

	Tvedestrandsfjorden			Lyngør/Gjeving		
	pe	tonn P/år	tonn N/år	pe	tonn P/år	tonn N/år
Antropogene tilførsler *	4200	2,6	18,5	247	0,2	1,7
Naturlige tilførsler**		0,6	12,5			
<i>Sum tilførsler</i>		3,2	31,0			

* Oppl. fra MVA. Mengder før innsetting av renseanlegg

** Baalsrud et al. 1991



Figur 1. Kart over sjøområdene i Tvedestrand med enkelte dybdeangivelser i meter.

1.2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER OG MILJØFORHOLD

1.2.1 Tidligere undersøkelser

Det foreligger regelmessige målinger av *hydrografi/kjemi* for kysten av Skagerrak siden 1927, da HFF (Havforskningsinstituttet Forskningstasjonen Flødevigen) startet sine årlige målinger i utvalgte kyst- og fjordområder. Det foreligger også mer spesifikke målinger fra selve Tvedestrandsfjorden, som to resipientundersøkelser i 1976 -79 og i 1983-85. Undersøkelsene omfattet målinger av saltholdighet, temperatur, oksygen og næringssalter 4 ganger i året på tre stasjoner i Tvedestrandsfjorden. I 1983-85 ble i tillegg klorofyll-, plankton- og strømforhold undersøkt (Danielssen og Iversen 1978, Danielssen 1979, 1981, Dahl et al. 1984, 1985, 1987). I 1990-91 ble hydrografiske/kjemiske målinger gjennomført på nytt for å beregne oksygenforbruket (Aure og Danielssen 1993). Andre sjøområder av kommunen, inkludert flere mindre poller og kiler, er også tidligere undersøkt med hensyn på oksygenforhold (se Jacobsen et al. 1994).

I 1988 og 1989 ble det gjennomført en dykkeregistrering på Øitangen i forbindelse med den giftige algeoppblomstringen i 1988. Dykkeregistreringen ble konsentrert om skader på vegetasjonen og fauna (Edwardsen et al. 1988, Christie et al. 1989). Det er ikke tidligere foretatt ordinære *hardbunnsundersøkelser* (strandsoner og transektregistrering) i Tvedestrandsfjorden.

Bløtbunnsfaunaen ble undersøkt av NIVA på tilsammen 7 stasjoner i Tvedestrandsfjorden på 1980-tallet (Rygg og Wikander 1985, Wikander 1987). En mindre prøvetaking etter utskiftning av bunnvann ble foretatt vinteren 1989 (Oug 1992). Det foreligger ingen undersøkelser fra 1990-tallet.

En oversikt over alle undersøkelsene samt stasjonsplasseringer er gitt i rapporten *Miljøstatus i Aust-Agder* (Jacobsen et al. 1994).

1.2.2 Tilstand

Hydrokjemiske undersøkelser har tidligere vist stagnerende forhold innerst i fjorden ved Bjørnevikhalsen med råttent vann (hydrogensulfidholdig) opp til 30m (Dahl et al. 1984, 1985, 1987). Oksygenforholdene tilsvarer tilstandsklasse V (*meget dårlig tilstand*) vurdert etter dagens klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). Også ved Hestø ble det på 1980-tallet registrert lite oksygen i bunnvannet (mindre enn 1 ml/l) men her fant man at bunnvannet hadde årvisse utskiftninger (Dahl et al. 1987). Gjennomsnittskonsentrasjonen i bunnvannet tilsvarte tilstandsklasse III (*mindre god tilstand*) mens minimumsverdiene var i tilstandsklasse V (*meget dårlig tilstand*). Ved Bota var oksygeninnholdet i bunnvannet på 1980 tallet i tilstandsklasse I-II (*meget god -god tilstand*).

For næringssaltene er det tidligere målt overkonsentrasjoner av fosfat og nitrat både i indre og ytre del av fjorden (Dahl et al. 1984, 1985, 1987). Snittverdier av alle sommermålingene av fosfat (0-10 m) viser at overflatevannet var i tilstandsklasse II (*god tilstand*) ved Bjørnevikhalsen og Bota, og tilstandsklasse I (*meget god tilstand*) ved Hestø. Snittverdier av nitrat viser tilstandsklasse III (*mindre god tilstand*) for alle stasjonene.

Bunnfaunaen i indre deler av Tvedestrandsfjorden var sterkt utarmet med tildels døde bunnområder på 1980-tallet (Rygg og Wikander 1985, Wikander 1987). Sedimentene var preget av sulfider og inneholdt tykke lag av sagflis. Dateringer viste at utslippene av treflis går tilbake til ca. år 1700 (Rygg og Wikander 1985, Erga et al. 1990).

Generelt om badevannskvaliteten i kommunen

Innholdet av tarmbakterier har gjennom flere år blitt målt hver uke gjennom hele badesesongen ved Furøy i Tvedestrandsfjorden og 5 ulike plasser i Tvedestrandskjærgård. Målinger fra 1991 - 1997 har vist at bakterieinnholdet ved Furøy var i tilstandsklasse II og kan karakteriseres som *egnet* for badevann. Tilstanden på de øvrige stasjonene var i tilstandsklasse I og kan karakteriseres som *godt egnet* som badevann (**Tabell 2**). Opplysninger om bakterietall er hentet fra Fylkesmannen i Aust-Agder.

Tabell 2. Vannkvaliteten vurdert etter innhold av termotolerante koliforme bakterier (Molvær et al. 1997). Tilstandsklasse I = Meget god, II = God, III = Mindre god, IV = Dårlig, V = Meget dårlig. Badevannskvalitet: ☺ = Godt egnet ☹ = Egned ☹☹ = Mindre egnet ● = Ikke egnet.

	Tilstandsklasse								Badevann 1996-1997
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Furøy	II	II	II	I	I	III	II	II	☹
Nautholmen	II	II	I	II	I	I	I	I	☺
Risøy badestr.	I	I	I	I	II	I	I	I	☺
Persøygard	II	I	I	I	I	I	I		☺
Funningsholmene	I	I	II	I	I	I	I		☺
Håholmen	II	I	I	I	I	I	I		☺

1.3 FORMÅL

Målet med den foreliggende undersøkelsen i Tvedestrand har vært å:

- gi en tilstandsvurdering av hovedresipienten før igangsetting av nytt renseanlegg
- danne sammenligningsgrunnlag til framtidige vurderinger av renseanleggets effekt
- belyse eventuelle utviklingstendenser der det foreligger tidligere undersøkelser.

Undersøkelsene omfatter målinger av oksygen i bunnvann og undersøkelser av organismsamfunn på grunt og dypt vann. Feltinnsamlingen ble gjennomført i 1996 og 1997.

2. Oksygen

2.1 BAKGRUNN

Oksygenforholdene i sjøen bestemmes i hovedsak av tre prosesser:

- Tilførsel av oksygen gjennom algenes fotosyntese
- Forbruk av oksygen gjennom marine organismers samlede respirasjon og ved nedbrytning av organisk materiale
- Utveksling av oksygen mellom atmosfæren og vann (skjer på grenseflaten mellom luft og vann).

I den produktive sesongen er det ofte overmetning av oksygen i de øvre 20-30 m av vannsøylen. I åpne havområder er det normalt gode oksygenforhold helt ned til store dyp, fordi tilførsel av organisk materiale gjennom sedimentasjon og medfølgende oksygenforbruk gjennom respirasjon i gjennomsnitt balanseres av en tilførsel av friskt vann fra grunnere vannlag. I kystnære områder med større organisk belastning av de dypere liggende vannlag kan det av og til oppstå oksygenunderskudd. Særlig sårbare er undersjøiske bassenger i skjærgård og fjorder hvor bassengvannet er stagnerende i perioder fra måneder til år. Slike steder kan oksygenunderskuddet bli livstruende, og det kan bli dannelse av hydrogensulfid. Tilførsler av avløpsvann vil forsterke problemene.

Når metningen går under ca 40% vil torskefisk gjerne trekke seg vekk, og når metningen faller til 10-15% blir det livstruende for hummer og sjøkreps, mens en del bunndyr kan tåle 5-7% metning gjennom noen uker før de kreperer (Baden et al. 1990).

Oksygenmålinger i bassengvann forteller derved noe om livsvilkårene og "helsetilstanden" i en resipient og gjentatt over tid kan de avdekke om en forverring eller forbedring er på gang.

En nylig gjennomført analyse av gamle oksygendata (Johannessen og Dahl 1996) har vist at oksygenmetningen både nær bunnen og tildels også grunnere, i 10 og 30m dyp, stort sett har avtatt noe langs hele kysten. For enkelte bassenger, hvor det har vært foretatt mer hyppig oksygenmålinger, er det også gjort beregninger av oksygenforbruket (Aure og Danielssen 1993). Disse beregningene viser at oksygenforbruket i bassengvann langs kysten av Skagerrak er ca. 50% høyere enn i tilsvarende, undersjøiske basseng i Møre og Romsdal, og denne forskjellen synes å ha oppstått mellom 1970 og 1980. Hovedårsaken er trolig økt regional organisk belastning, og i mindre grad økt lokal belastning. (Aure et al. 1997). Den samlede økningen i belastning har medført at oksygennivået i en del sårbare bassenger langs kysten av Skagerrak oftere og i lengre perioder enn før må betegnes som dårlig og derved er kritisk lav for bunndyr. Tilbakegang i oksygenmetning i dypvannet er også rapportert fra nærliggende områder som vestkysten av Sverige (Rosenberg 1990) og Kattegat (Anderson og Rydberg 1988).

I denne undersøkelsen er det utført oksygenmålinger i Tvedestrandsfjorden på stasjonene Bjørnevikhalsen, Hestø og Bota for å kunne beregne oksygenforbruket. Resultatene er sammenlignet med de tidligere undersøkelsene av oksygenforholdene (Dahl et al. 1984, 1985, 1987).

2.2 MATERIALE OG METODER

2.2.1 Feltinnsamling og analyser

Innsamling av oksygendata ble gjennomført ved Bjørnevikhalsen, Hestø, og Bota på fire tokt høsten 1996: 12. august, 11. september, 20. september og 14. oktober. Vannprøvene ble tatt med pøs i overflaten og med Niskin vannhentere på dyp under 5 meter (5, 10, 20, 30, osv. til bunn). Dypeste prøve ved Bjørnevikhalsen ble tatt fra 80 meter, mens dypeste prøve ved Hestø og Bota var ved 50 meter. Oksygeninnholdet ble analysert etter vanlig Winkler prosedyre (Strickland og Parson 1968).

Samtidig med innsamling av oksygendata ble temperatur og saltholdighet målt fra overflaten til like over bunnen med sonde, Neil Brown CTD. På grunn av kabelbrudd mangler hydrografi-data fra den 20. september. Tabeller med alle rådata finnes i vedlegg A bakerst i rapporten.

Stasjonsoversikt er vist i **figur 2**.

2.2.2 Beregning av oksygenforbruk

Utrekning fra målte konsentrasjoner

Oksygenforbruket i et terskelbasseng kan måles i stagnasjonsperioden om høsten, når det er lengre perioder uten betydelige dypvannsutsiftninger. Oksygenforbruket får man ved å beregne middelkonsentrasjonen av oksygen i de aktuelle basseng tidlig og sent i en stagnasjonsperiode, og regne om nedgangen i perioden til oksygenforbruk pr. måned. Dersom oksygenforholdene i et basseng i utgangspunktet er svært lave, mindre enn 2 ml/l, blir utregningene svært usikre. Da er forbruket hemmet av de lave verdiene. Det målte oksygenforbruket kan variere noe, først og fremst som følge av variasjoner i tilført organisk materiale.

Vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø

En annen metode for å beregne oksygenforbruk i et basseng på er å benytte "Vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø", en matematisk modell utviklet for terskelfjorder (Stigebrandt 1992, Aure og Danielssen 1993). Den gir en *teoretisk* verdi for oksygenforbruket. Modellen baserer seg på topografiske opplysninger om fjorden, på kunnskap om vertikal transport av organisk materiale i ulike dyp samt den oksygenmengden som behøves for å bryte ned/oksidere det organiske materialet. Modellen gir også en del tilleggsinformasjon om utsiftningsrater og sannsynlige minimumskonsentrasjoner man kan forvente i de aktuelle basseng. Modellen gir imidlertid nokså grove estimater og har endel begrensninger som det er viktig å være klar over: 1) Modellen beregner gjennomsnittlig oksygenforbruk for hele bassengvannet, ikke enkelte sjikt. 2) Modellen er ikke beregnet å bruke for bassenger som ligger langt fra kysten med andre bassenger utenfor, men kan gi relevant informasjon dersom avstanden til åpen kyst ikke er for lang og tersklene tilter i dyp utover.

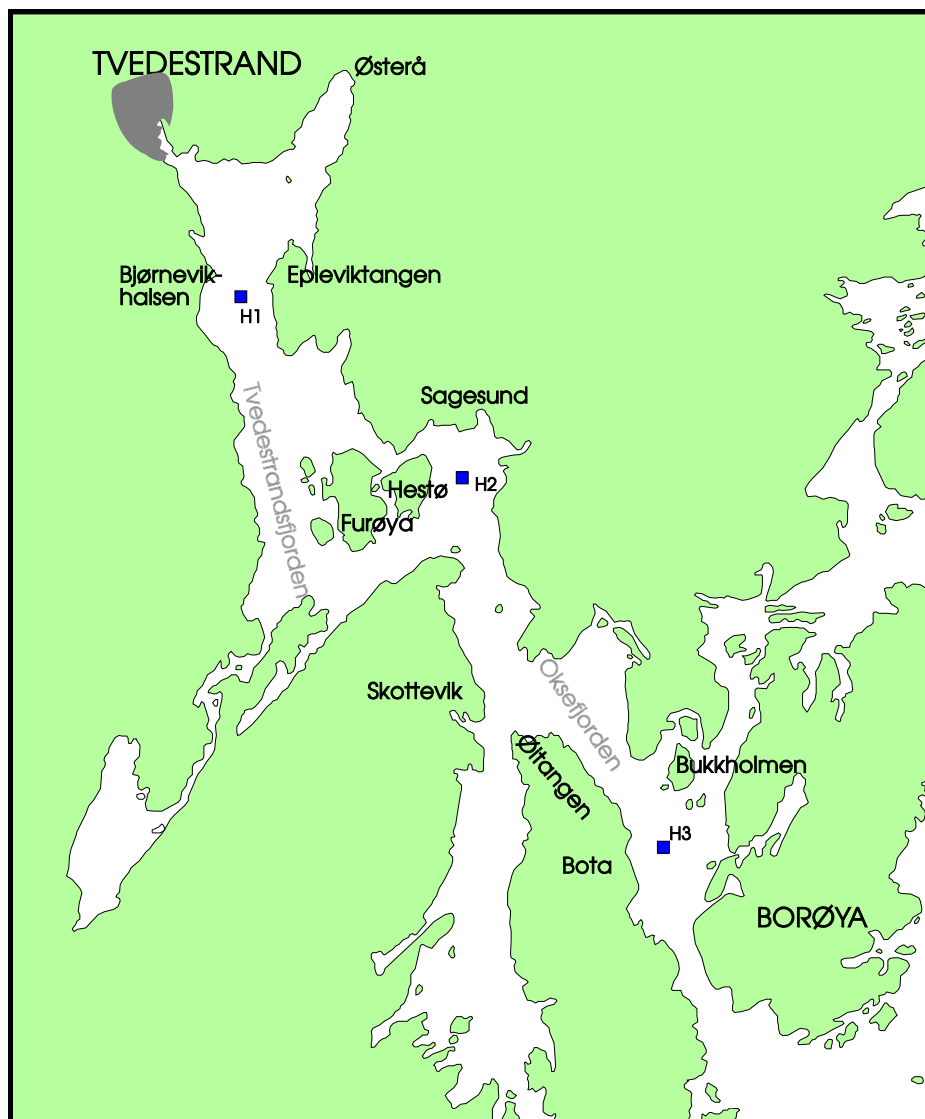
I dette prosjektet er det for to av bassengene kun brukt Fjordmiljømodellen ettersom de ikke hadde klare stagnasjonsperioder i undersøkelsesperioden. Det er benyttet enkelte modifikasjoner i formelene til modellen. Se vedlegg A.

2.2.3 Vurdering av tilstand

Miljøtilstanden i vannmassene er karakterisert i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997). Klassifiseringen kan foretas både etter næringssaltinnhold i overflatevann, oksygeninnhold i bunnvann, siktedyp og klorofyll-konsentrasjoner, men er her kun vurdert etter oksygeninnhold i bunnvann. Systemet opererer med et sett av fem tilstandsklasser som går fra klasse I (*meget god tilstand*) til klasse V (*meget dårlig tilstand*) (**tabell 3**).

Tabell 3. SFTs klassifisering av tilstand for næringssalter i overflatelag og oksygen i dypvann (Molvær et al. 1997).

Parametre	Tilstandsklasser				
	I Meget god	II God	III Mindre God	IV Dårlig	V Meget dårlig
Overflatelag (sommer)					
Total fosfor (µg/l)	< 12	12 - 16	16 - 29	29 - 60	> 60
Total nitrogen (µg/l)	< 250	250 - 330	330 - 500	500 - 800	> 800
Klorofyll a (µg/l)	< 2	2 - 3.5	3.5 - 7	7 - 20	> 20
Siktedyp (m)	>7.5	7.5 - 6	6 - 4.5	4.5 - 2.5	< 2.5
Dypvann					
Oksygen (ml/l)	> 4,5	4.5 - 3.5	3.5 - 2.5	2.5 - 1.5	< 1.5



Figur 2. Stasjoner for undersøkelser av hydrografi/kjemi i Tvedestrandsfjorden 1996.

2.3 RESULTATER OG DISKUSJON

2.3.1 Dagens tilstand

Målingene av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygenforhold er fremstilt som isopleter i **figur 3 - figur 5**, og rådata i vedlegg A.

Bjørnevikhalsen

Ved Bjørnevikhalsen var det oksygenfritt med høye konsentrasjoner av hydrogensulfid (10 -12 mlH₂S/l) på 75 og 80 m gjennom hele perioden fra 12. august til 14. oktober. Den 11. september og 14. oktober var det oksygenfritt fra 60 m dyp. Den høyeste oksygenmengden som ble registrert under terskeldyp ved Bjørnevikhalsen (15 m) var 3,97 ml O₂/l i 20 m den 11. september (**figur 3**), som viser at det stort sett var dårlige oksygenforhold i hele bassenget.

De hydrografiske dataene viste ikke klare stagnasjonsperioder i vår undersøkelsesperiode, og det lave oksygeninnholdet gjør at det faktiske oksygenforbruket hemmes. Dette gjør direkte utregning av oksygenforbruket upålitelig. Bruk av Fjordmiljømodellen gir et oksygenforbruk på 0,95 ml O₂/l pr. mnd som gjennomsnitt for hele bassengvannet (**tabell 4**). Bjørnevikhalsen er det innerste av flere basseng, men Fjordmiljømodellen burde likevel gi en god pekepinn om oksygenforbruket ettersom tersklene lenger ute er relativt dype og avstanden til den åpne kysten ikke er for lang.

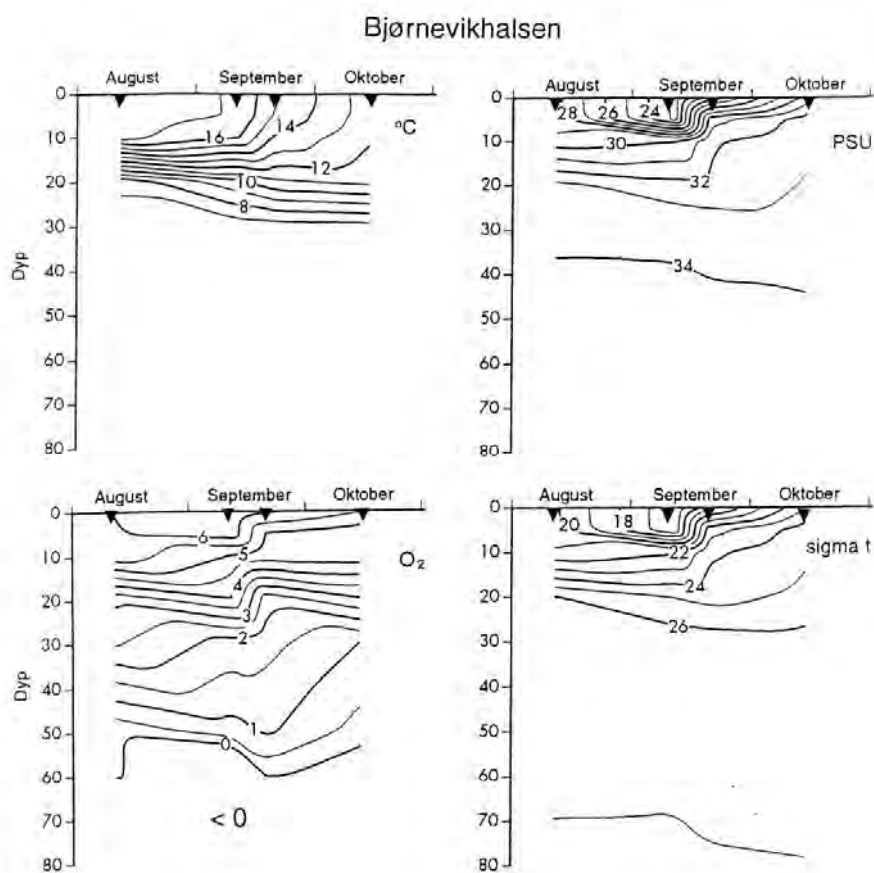
Under forrige undersøkelse på 1980-tallet var det en kraftig utskiftning av bunnvannet i Bjørnevikhalsen i mars-april 1984. Utskiftningen gav friskt, oksygenrikt vann helt til bunnen av fjorden (**figur 6**) (Dahl et al. 1984, 1985, 1987). I løpet av de etterfølgende seks måneder ble oksygeninnholdet redusert med 0.6 – 1.0 mlO₂/l pr måned. Dette bekrefter at det anslåtte oksygenforbruket på 0,95 ml O₂/l pr. mnd ikke er så usannsynlig.

Hestø

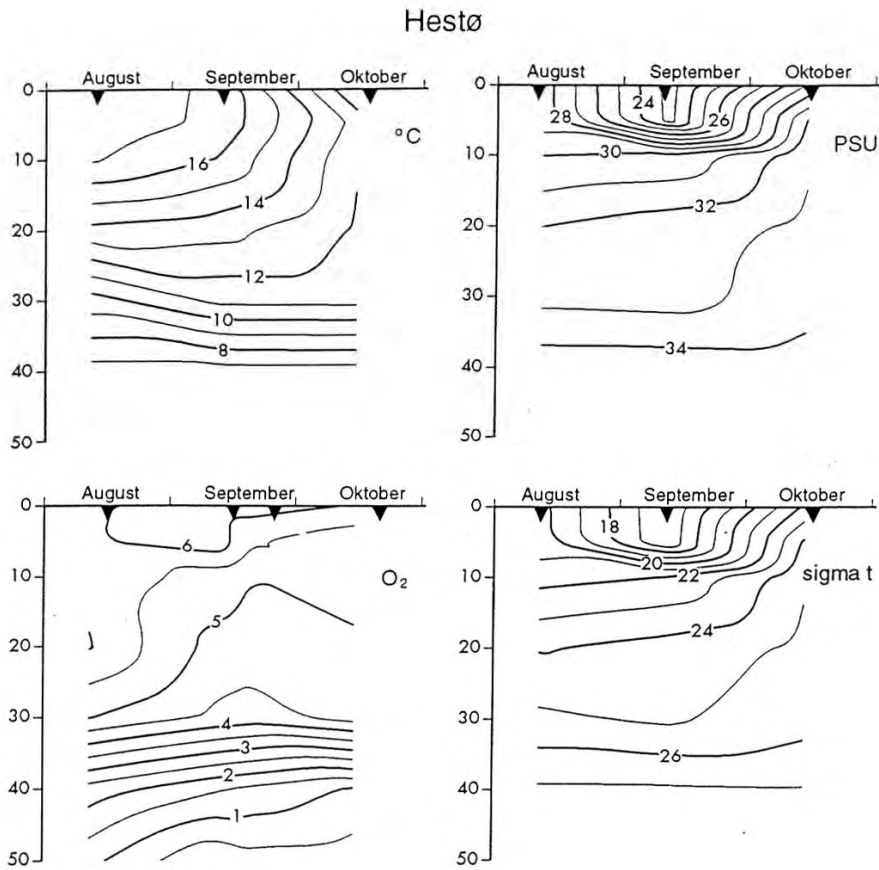
Også ved Hestø var oksygenforholdene i bassenget dårlige i undersøkelsesperioden. Konsentrasjonen var stort sett mindre enn 2 ml O₂/l i 40 og 50 m, og den laveste konsentrasjonen som ble målt var 0,03 ml O₂/l. De hydrografiske forhold, spesielt tettheten, viste en klar stagnasjonsperiode (**figur 4**), men med så lave oksygenforhold i utgangspunktet blir ikke de faktiske beregningene av oksygenforbruket riktige. De gir for lave verdier. Bruk av Fjordmiljø-modellen gir imidlertid et gjennomsnittlig forbruk på 1,1 ml oksygen pr. måned under bassengdyp ved Hestø (**tabell 4**). Oksygenforbruket er tidligere beregnet til 0.9 ml O₂/lm pr. måned i dette bassenget (Aure og Danielssen 1993).

Bota

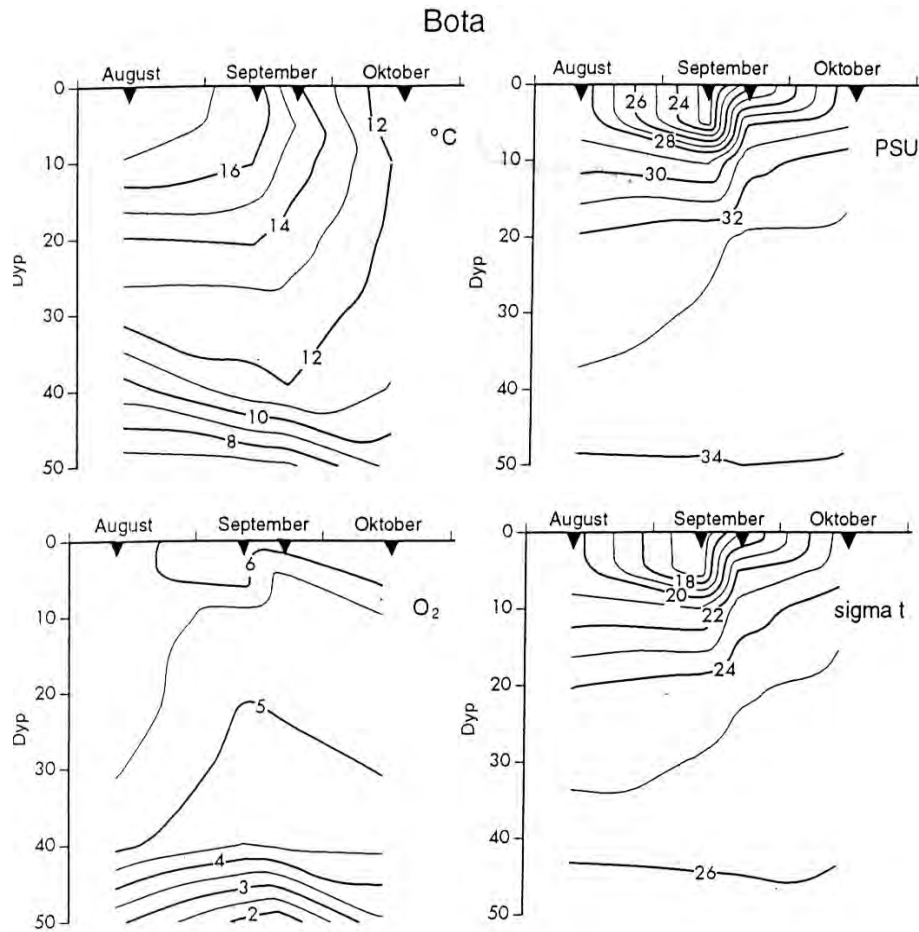
Ved Bota er det bare den dypeste målingen (50m dyp) som representerer bassenget under terskeldypet. Her var det også klare stagnasjonstendenser. Oksygeninnholdet gikk fra 3,1 ml O₂/l den 12. august til 1,61 ml/l den 20. september, for så å stige til 3.4 ml O₂/l frem til den 14. oktober (**figur 5**). Selv om konsentrasjonene var noe lave (rundt 2 ml O₂/l), og stagnasjonsperioden var kort, har vi regnet ut forbruket fra de faktiske målingene. Resultatene tyder på at oksygenforbruket var ca. 1.2 ml O₂/l pr. måned. Teoretiske beregninger fra Fjordmiljø-modellen gir 1.1 ml O₂/l (**Tabell 4**).



Figur 3. Isopleter for temperatur ($^{\circ}\text{C}$), saltholdighet (PSU), oksygen ($\text{ml O}_2 / \text{l}$) og tetthet ($\text{sigma } t$) ved Bjørnevikhalsen. De svarte pilene viser de fire tidspunkt for innsamling av data, 28. august, 11. september, 20. september og 14. oktober.



Figur 4. Isopleter for temperatur ($^{\circ}\text{C}$), saltholdighet (PSU), oksygen ($\text{ml O}_2 / \text{l}$) og tetthet (sigma t) ved Hestø. De svarte pilene viser de fire tidspunkt for innsamling av data, 28. august, 11. september, 20. september og 14. oktober.



Figur 5. Isopleter for temperatur ($^{\circ}\text{C}$), saltholdighet (PSU), oksygen ($\text{ml O}_2/\text{l}$) og tetthet (sigma t) ved Bota. De svarte pilene viser de fire tidspunkt for innsamling av data, 28. august, 11. september, 20. september og 14. oktober.

Tabell 4. Oksygenforbruk i stagnasjonsperioder og andre relevante data for Bjørnevikhalsen, Hestø og Bota beregnet fra Fjordmiljø-modellen, august-oktober 1996.

Stasjon	Terskel- dyp (m)	Midlere bassengdyp (m)	OKSYGENFORBRUK ($\text{mlO}_2/\text{l/måned}$)		Utskiftnings- Rate (måned)	Oksygen- kapasitet (måned)
			Målte verdier	Fjordmiljø		
Bjørnevikhalsen	15	18		0,95	33,8	6,8
Hestø	30	12		1,11	19,3	5,9
Bota	44	10	1,21	1,00	6	5,4

Tabellforklaring:

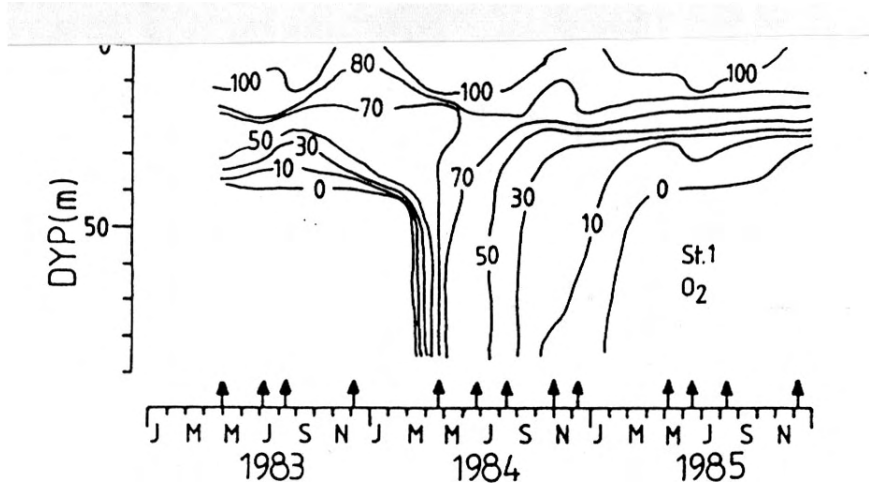
Midlere bassengdyp - volumet av bassenget dividert med fjordarealet i terskeldypet

Oksygenforbruk (målt) - differansen mellom oksygenkonsentrasjoner ved starten og slutten av en stagnasjonsperiode.

Oksygenforbruk (Fjordmiljø) - oksygenforbruk beregnet ved bruk av en forenklet fjordmodell (Aure og Danielssen 1993).

Utskiftningsrate - teoretisk tid mellom hver dypvannutsiftning

Oksygenkapasitet - tiden det vil ta å redusere oksygeninnholdet i bassengvannet etter en utskiftning til null oksygen-innhold, uten ny utskiftning.



Figur 6. Isopleter for oksygenmetning på stasjon Bjørnevikhalsen i årene 1983-1985. Pilene angir måletidspunkt. Data fra Dahl et al. (1984, 1985 og 1987).

2.3.2 Vurderinger

I sum kan sies at i perioden 12. august til 14. oktober 1996, var det dårlige oksygenforhold i bassengene i Tvedestrandsfjorden, både ved Bjørnevikhalsen, Hestø og Bota. I de to innerste bassengene hadde det vært en lengre stagnasjonsperiode før vår undersøkelse satte igang, og det var lite eller intet oksygen igjen i bunnvannet. Tidligere målinger (Dahl et al. 1984, 1985, 1987) og forsiktig bruk av Fjordmiljømodellen antyder at fullstendig utskiftning av bassengvann ved Bjørnevikhalsen skjer med 2-3 års mellomrom. Slike utskiftninger skjer vanligvis gjennom vinteren og våren. Ved Hestø skjer det trolig noe oftere, ca 1 gang pr. år, og ved Bota ca. hvert halvår. Men det må understrekes at det ikke foreligger så mange målinger i området, og de innerste bassengene i Tvedestrandsfjorden er ikke ideelle for bruk i Fjordmiljø-modellen som gir nokså grove estimater.

I forhold til SFTs kriterier for klassifisering av miljøtilstand (Molvær et al. 1997) så hadde Bjørnevikhalsen *meget dårlig* tilstand, Hestø fra *dårlig* til *meget dårlig* og Bota fra *god* til *dårlig tilstand* i bassengdypet. Fjordmiljø-modellen antyder at alle de tre bassengene har et nokså likt oksygenforbruk, ca 1 ml/l pr. måned. Dersom man antar at dette er riktig, blir tilstanden med hensyn på oksygenforhold i de ulike bassengene i hovedsak et resultat av utskiftningsratene. Oksygenforholdene i dypet av bassengene i Tvedestrandsfjorden vil variere svært mye over tid, avhengig av når man måler i forhold til en dypvannsfornyelse.

Resultatene fra undersøkelsen støtter i store trekk opp om tidligere målinger med hensyn til tilstand og oksygenforbruk. I de to innerste bassengene ved Bjørnevikhalsen og Hestø, var oksygenforhold og oksygenforbruk på samme nivå som på 80-tallet. I det ytterste bassenget kan imidlertid oksygenforholdene ha forverret seg noe. I årene 1983-85 var alle oksygenmålingene ved 60 meter (Øitangen) mellom 7 og 3.8 ml/l. I den foreliggende undersøkelsen var oksygenkonsentrasjonene ved Bota mellom 1.6 og 3.4 ml/l. Det antyder at tilstanden er redusert fra *meget god-god* til *mindre god-dårlig* siden målingene på 80-tallet. Prøvene i 1996 ble tatt på litt annen lokalitet, Bota istedenfor Øitangen. Prøvene ble imidlertid tatt fra samme basseng og i samme dyp, som sannsynliggjør en slik økning. Det er påfallende at oksygenforbruket har økt mest i det ytterste bassenget ved Bota, men kan trolig forklares med den generelle økningen i oksygenforbruk langs Skagerrakkysten (se kap 2.1).

3. Hardbunnsorganismer

3.1 GENERELT OM UNDERSØKELSESMETODEN

Undersøkelser av fastsittende alger og dyr på hardbunn gir et godt grunnlag for å karakterisere miljøtilstanden i de øvre vannlag i sjøen. Plante- og dyresamfunnet i fjæra endrer seg med miljøforholdene, og gjenspeiler derfor tilstanden. Utslipp av avløpsvann kan påvirke vegetasjonen ved at næringssaltinnholdet i sjøen endres. Næringssalter brukes av bl.a. fastsittende alger til vekst og produksjon, og en økning i næringssaltkonsentrasjonen vil endre vekstbetingelsene. Svake overkonsentrasjoner av næringssalter kan virke gunstig på algesamfunnet og medføre at artsrikheten øker (gjødslingseffekt). Ved høye overkonsentrasjoner av næringssalter vil imidlertid artsantallet reduseres, artsutvalget endres og man får dominans av noen få arter. Ofte vil det være små hurtigvoksende grønnalger og enkelte trådformete brunalger ('sly'). De flerårige tangartene blir lett overgrodd av de hurtigvoksende algene som hindrer lystilgang, og dette kan resultere i at tangen etterhvert forsvinner (Bokn 1978, Mathieson & Penniman 1991, Kautsky 1991, Bokn et al. 1992). Undersøkelser av alger og dyr i strandsonen er ofte brukt i fjord- og kystundersøkelser, og danner grunnlag for videre overvåking i tillegg til at den gir en tilstandsbeskrivelse av fjæra.

Enkelte arter på hardbunn, spesielt algene, har varierende forekomst gjennom året og fra år til år. Undersøkelsen er derfor gjennomført på samme tidspunkt to år på rad for å korrigere for årsvariasjoner hos ettårige arter.

3.2 METODER OG STASJONSVALG

3.2.1 Feltinnsamling

Undersøkelser av fastsittende alger og dyr i strandsonen innebærer registrering av alger og dyr (større enn 1 mm) i 0-1 meters dyp og i et ca 50 meter langt belte i fjæra. Undersøkelsen foregår ved fridykking. Registreringen er kvalitativ og delvis kvantitativ (semi-kvantitativ) ved at artenes forekomst blir angitt etter en subjektiv skala:

- 1 = enkeltfunn (e)
- 2 = spredt (s)
- 3 = vanlig (v)
- 4 = dominerende (d)

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

Feltinnsamling ble foretatt den 8. august 1996 og 20. august 1997.

3.2.2 Fotodokumentasjon

I tillegg til biologisk registrering ble det tatt stillbilder på stasjonene. Utvalgte bilder er presentert i rapporten (vedlegg B).

3.2.3 Tallbehandling

De semi-kvantitative undersøkelsene danner basis for å beregne parametre som karakteriserer organismsamfunnet, som diversitet, dominans, fordeling mellom ulike algegrupper etc. I artslistene er enkelte nærtstående arter slått sammen. Det gjelder bl.a. for slektene *Cladophora* (unntak: *C. rupestris*), *Enteromorpha*, gruppen *Ectocarpales* og enkelte *Ceramium*-arter.

Diversitet (H')

For å beregne diversiteten (= artsmangfold) ble en modifisert Shannon-Wiener indeks (H') brukt. Indeksen øker med økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Lave verdier markerer dårlige forhold mens høye verdier markerer normale til gode forhold. Shannon-Wiener indeks er basert på antall (n), men er her brukt på mengde. Indeksen er gitt ved formelen:

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad \text{hvor } n_i = \text{mengdeverdien (forekomstangivelsen) av art } i, N = \text{summen av mengdeverdiene for alle artene, og } s = \text{antall arter.}$$

Dominansindeks (I)

Denne indeksen gir et enkelt tall som reflekterer dominansforholdet i et samfunn. Definisjonen på dominans er "I er dominansen av den vanligste arten i prosent av hele prøven." Høye indeksverdier indikerer et samfunn dominert av en art.

Forholdet mellom antall rød-, brun og grønnalger

På bakgrunn av flere undersøkelser fra norske fjorder og den svenske vestkyst, er det utarbeidet en fordelingsnøkkel for forholdet mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger i uforurenede fjorder og kyststrøk. "Normalintervallene" er satt til R : B : G = (45 % ± 10 %) : (35 % ± 10 %) : (15 % ± 5 %). Forholdet mellom de tre algeklassene endres med miljøforholdene (Bokn 1978).

"Forurensningsindeks"

Et utvalg på 35 arter er i denne undersøkelsen gitt positive eller negative verdier avhengig av om arten stimuleres ved økt næringstilgang (opportunist) eller er ømfintlig for en slik økning. Utvelgelsen av arter er gjort dels fra litteraturbeskrivelser om hvilke arter som er rapportert å øke/reducere med økende eutrofiering, og dels ved å vurdere tidligere datasett fra sørlandskysten. Ved å sammenligne mengden (evt. antall arter) som tilsammen er registrert av de utvalgte artene, får man et mål på om stasjonen domineres av hurtigvoksende opportunist eller mer ømfintlige arter.

3.2.4 Stasjonsvalg

Tilsammen 9 stasjoner ble undersøkt i Tvedestrandsfjorden. To stasjoner ble plassert i indre del av fjorden, to stasjoner ved Furuøya/Sagesund og 5 stasjoner i ytre del av fjorden (Oksefjorden). Tre av stasjonene ligger hhv. syd, vest og nord for et lukket oppdrettsanlegg som ble anlagt ved Bota i 1996 (etter første feltregistrering). Stasjonene er valgt slik at de er mest mulig like med hensyn på eksponering mot bølgeslag og substrat. Stasjonsplasseringen er gjort i samråd med kommunen og er vist i **figur 7**. Oversikt over stasjonene er vist i **tabell 5**.

I SFTs årlige Kystovervåkingsprogram, inngår hardbunnsundersøkelser på Prestholmen i Grimstad, Humløy i Lillesand og på Tromøy i Arendal (Pedersen et al. 1995). Stasjonene undersøkes med blant andre samme metode som i denne undersøkelsen (strandsoneregistrering). De tre stasjonene er brukt som referansestasjoner i denne undersøkelsen. Det er også sammenlignet med resultater fra tilsvarende undersøkelser i Arendal, Grimstad, Risør og Lillesand (Jacobsen et al. 1996a, 1997).



Figur 7. Stasjoner for undersøkelser av fastsittende alger og dyr på i strandsonen i Tvedestrandsfjorden 1996-1997.

Tabell 5. Oversikt over undersøkte stasjoner. Stasjonene er nummerert fortløpende fra innerst i Tvedestrandsfjorden til ytterst i Oksefjorden.

Stasjon			
TV1	Havna	Tvedestrandsfjord	Nordøstlig vendt. 60-90° helning
TV2	Epleviktangen	Tvedestrandsfjord	Vestlig vendt. < 30° helning
TV3	Furøy vest	Tvedestrandsfjord	Vestlig vendt. 30-60° helning
TV4	Sagesund	Tvedestrand/Oksefjorden	Sørlig vendt. 60-90° helning
TV5	Bukkholmen	Oksefjorden	Sørlig vendt. 30-60° helning
TV6	Borøy vest	Oksefjorden	Nord-vestlig vendt. < 30° helning
TV7	Bota S	Oksefjorden	Østlig vendt. 30-60° helning
TV8	Bota	Oksefjorden	Østlig vendt. 60-90° helning
TV9	Bota N	Oksefjorden	Østlig vendt. 30-60° helning

3.3 RESULTATER

3.3.1 Artsutvalg

TV1 Havna

Stasjonen ved innløpet til havnebassenget hadde fjellgrunn, og noe bratt helning (60-90°). Det vokste sparsomt med tang på denne stasjonen som var dominert av trådformete, hurtigvoksende arter som lys grønnndusk (*Cladophora* sp) og brunsliperlesli (*Ectocarpales*). Tangen var fullstendig dekket av de trådformete algene både i 1996 og 1997. Andre karakteristiske arter for stasjonen var krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*), sjøris (*Ahnfeltia plicata*), vanlig grønnndusk (*Cladophora rupestris*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*). Grisatang (*Ascophyllum nodosum*) vokste spredt på stasjonen.

TV2 Epleviktangen

Stasjonen ble plassert i indre basseng av Tvedestrandsfjorden, på en liten tange nedenfor hytte. Fjellet hadde noe slakere helning enn TV1. Både sagtang (*Fucus serratus*), grisatang og blæretang vokste på stasjonen, men også her var tang og fjell under lavvannsmålet dekket av tette bestander av hurtigvoksende trådformete alger. Det var litt forskjellige arter som dominerte i 1996 og 1997. I 1996 var lys grønnndusk og grønnndott (*Spongomorpha* sp.) de mest dominerende påvekstalgene, mens i 1997 dominerte brunsliperlesli, bruntufs (*Sphacelaria* sp) og tarmgrønnske (*Enteromorpha* sp). I tillegg var det enkelte felter med hvite og rosa forråtnelsesbakterier på bunnen i 1997, som ikke ble observert i 1996. Slike felter viser rester etter nedbrytning av organisk materiale. Stasjonen virket mer overgrodd i 1997 enn i 1996.

TV3 Furøy vest

Stasjon TV3 på Furøy hadde noe sparsomt med grisatang, men både blæretang og sagtang var vanlig/dominerende. Tangen var beveget med mosdyr (*Electra/Membranipora*). Andre karakteristiske arter var brunsliperlesli, vanlig rekeklo (*Ceramium nodulosum*), rugl (*Corallinaceae*), stilkdokka (*Polysiphonia elongata*), martaum (*Chorda filum*), bruntufs, lys grønnndusk og rur (*Balanus*). Stasjonen var mindre begrodd enn i de innerste delene av fjorden, men også her var det stor begroing på martaumen.

TV4 Sagesund

Stasjonen ligger på liten halvøy vest for marinaen i Sagesund. Foruten grisatang, blæretang og sagtang, vokste rur, rekeklo, brunsliperlesli, lys grønnndusk og grønnndott i store bestander. Strandsnegl (*Littorina littorea*) var vanlig. Stasjonen må karakteriseres som fullstendig overgrodd av trådformete alger. Begroingen var markert størst i 1997 med rekeklo og brunsliperlesli som de dominerende artene.

TV5 Bukkholmen

Stasjonen ble plassert på liten holme på vestsiden av Borøy, med glatt fjellgrunn og noe stein. Grisatang og sagtang vokste i tette bestander, mens rugl, krusflik (*Chondrus crispus*), fjæreblood (*Hildenbrandia rubra*) og bruntufs var vanlig undervegetasjon. På tang og fjell vokste små trådformete alger som vanlig rekeklo, svartdokka (*Polysiphonia nigrescens*), brunsliperlesli (kun i 1996) og lys grønnndusk (*Cladophora* sp). De trådformete algene var forholdsvis kortvokste og gav ikke inntrykk av sterk begroing. Andre tangplanter var delvis dekket av posthornmark (*Spirorbis*).

TV6 Borøy vest

Stasjonen ble plassert på liten holme på vestsiden av Borøy, med glatt fjellgrunn og noe stein. I 1996 hadde stasjonen et forholdsvis normalt tangsamfunn og en rik undervegetasjon dominert av rugl, krusflik, svartkluff (*Furcellaria lumbricalis*) og krasing (*Corallina officinalis*). Martaum var vanlig. I 1997 hadde stasjonen de samme karakterartene, men hadde i tillegg et flytende algeteppe av lys

grønndusk og tarmgrønske og noe mer påvekststalger. Det er uvisst om algeteppe har utviklet seg på stasjonen, eller om det har oppstått andre steder.

TV7 Bota S

Stasjonen ble plassert på en liten odde nord for tettstedet på Bota. Foruten vanlig tangvegetasjon i øvre del av strandsonen, var det tette forekomster av vanlig rekeklo, rødlo (*Trilliella intricata*), svartkluft, rugl, martaum, sukkertare (*Laminaria saccharina*), lys grønndusk, brødsvamp (*Halichondria paniceae*) og posthornmark. I 1996 vokste fiskeløk (*Cystoclonium purpureum*) flere steder på stasjonen, men ble ikke registrert i 1997. Det var forholdsvis mye begroing på stasjonen, men artsutvalget virket rikt.

TV8 Bota

Stasjonen ble lagt til en liten fjellhulle på østlig vendt fjellvegg innerst i vika. Stasjonen har bratt helning, og har noe mindre lys enn de øvrige stasjonene. Stasjonen ble kun raskt undersøkt i 1997 pga vanskelige registreringsforhold med lite lys. De vanligste artene foruten tang var rødlo, vanlig rekeklo, rugl, krasing, svartkluft, martaum, lys grønndusk og brødsvamp. Stasjonen hadde svært lik vegetasjon til TV7.

TV9 Bota N

Stasjonen ble lagt til odden nord for oppdrettsanlegget, og er kun undersøkt i 1997. Det er slak helning på fjellet. De vanligste/dominerende artene var rekeklo, rødlo, svartkluft, rugl, martaum, grisetang, sagtang, brødsvamp og posthornmark. Vegetasjonen hadde mange likhetstrekk med TV7 og TV8.

Det var relativt stor forskjell i *artsutvalget* mellom 1996 og 1997 på de enkelte stasjonene. Mange ettårige arter ble kun registrert ett av årene, og alle stasjonene virket noe mer begrodd i 1997 enn i 1996. Forskjellen i begroing var særlig stor på stasjonene TV1 og TV2 i indre fjord, og TV5 og TV7 i Oksefjorden. Den varme sommeren i 1997 er trolig årsaken til økning i begroing som ble observert på flere stasjoner. Overflatevannet var over 24°C over flere uker, som er svært høyt for våre områder. Dette kan gi raske endringer i mengdefordeling mellom arter. Varme sommertemperaturer gir økt vekst hos varmekjære arter, men mange arter reagerer tilsvarende negativt på høye temperaturer og kan få redusert vekst, reproduksjonsevne og overlevelse.

Tabell 6. Utvalgte arter registrert i Tvedestrandsfjorden i 1996 og 1997. Mengdene viser størst forekomst registrert i 1996 og 1997. Fullstendige artslistene er vist i vedlegg B.

	TV1 Hav- na	TV2 Eple- vik.	TV3 Furøy vest	TV4 Sage- sund	TV5 Bukk- hlm	TV6 Borøy vest	TV7 Bota S	TV8* Bota	TV9 Bota N	Latinske navn
Alger										
Sjørís	v	v	s	s	-	s	-	-	-	<i>Ahnfeltia plicata</i>
Grønndott	s	v	-	s	-	e	s	-	-	<i>Spongomorpha</i> sp.
-blekke	v-d	s-v	s	-	s	e-s	s	s	-	<i>Phyllophora</i> spp.
Sli	v-d	v	s-v	d	d	s	s	-	-	<i>Ectocarpales</i> sp.
Lys grønndusk	v-d	d	v	v	v	d	v-d	d	s	<i>Cladophora</i> sp.
Tarmgrønske	s	d	s	s	s	s	s	s	x	<i>Enteromorpha</i> sp.
Bruntufs	v	v	v	s	v	s-v	e	e	e	<i>Sphacelaria cirrosa</i>
Svartdokka	v	e	e	s	v	s	s	v	s	<i>Polysiph. nigrescens</i>
Krusflik	s	s	s	s	v	v	s	s	e	<i>Chondrus crispus</i>
Vanlig grønndusk	v	-	s	-	s	e	v	s	-	<i>Cladophora rupestris</i>
Tynn rekeklo	v	e	s	d	s	e	v	-	-	<i>Ceramium</i> spp.
Stilkdokka	-	e	v	-	s	s	-	e	-	<i>Polysiphonia elongata</i>
Martaum	s	v	v	v	v	v-d	v	v	v-d	<i>Chorda filum</i>
Rugl	-	s	v-d	v	d	d	d	v	v	<i>Corallinaceae</i> indet
Blæretang	v	v	d	v	s	v	v	v	s	<i>Fucus vesiculosus</i>
Vanlig rekeklo	s	s	v	d	v	v-d	d	d	d	<i>Ceramium nodulosum</i>
Grisetang	s	v	s	v	d	v	v	v	v	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Sagtang	-	d	d	v	d	d	d	d	d	<i>Fucus serratus</i>
Krasing	-	-	s	-	s	s-v	s	v	s	<i>Corallina officinalis</i>
Fiskeløk	-	-	-	-	s-v	s-v	v	s	-	<i>Cystoclonium purpu.</i>
Svartkluft	s	-	s	-	v	v	v	v	d	<i>Furcellaria lumbricalis</i>
Rødlo	e	-	-	-	s-v	e	v-d	v-d	v	<i>Bonnemaisonia hamif.</i>
Sukkertare	-	-	-	-	s	-	d	s	-	<i>Laminaria saccharina</i>
Fauna										Fauna
Sjöstjerne	s	s	v	v	v	s	v	v	-	<i>Asterias rubens</i>
Rur	s	s	v-d	d	v	s	-	-	-	<i>Balanus</i> sp.
Mosdyr	v	s	v	v	v	s	s	s	s	<i>Electra /Membranipora</i>
Brødsvamp	-	-	-	-	v	s	v	v	s-v	<i>Halichondria panicea</i>
Strandsnegl	s	s	s	v	s	s	-	-	-	<i>Littorina littorea</i>
Posthornmark	s	-	v-d	v	v-d	v	v-d	v	v	<i>Spirorbis</i> sp.

3.3.2 Artsantall, diversitet og fordeling mellom algegruppene.

Tilsammen ble det registrert 84 taxa i Tvedestrandsfjorden, fordelt på 70 alger og 14 dyr. Til sammenligning ble det registrert 66 taxa i Grimstad, 77 taxa i Lillesand og 82 taxa i Risør i tilsvarende undersøkelser. Det totale artsantallet må derfor karakteriseres som relativt høyt. På de enkelte stasjonene, unntatt TV9, var artsantallet mellom 30 og 40 arter (1996+1997) (**figur 8**). TV5 og TV6 hadde høyest antall arter. Det var ikke større forskjell mellom indre og ytre fjord i antall arter, men det var noe forskjell mellom 1996 og 1997. Generelt var det flere arter i ytre fjord i 1996 enn i 1997.

Figur 8 viser også antallet arter som er registrert i strandsonen gjennom Kystovervåkingsprogrammet.

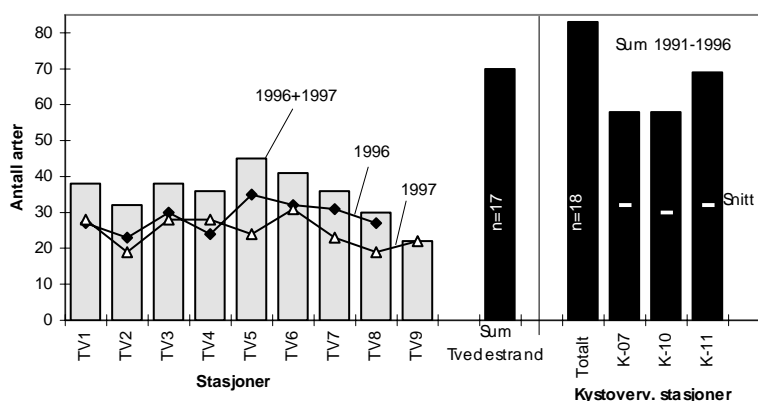
Selv om resultatene ikke er direkte sammenlignbare (pga. ulike eksponering mot bølger), bekrefter de at artsantallet i Tvedestrandsfjorden var relativt høyt, spesielt på TV5 og TV6.

Diversitet og dominans beregnet for de enkelte stasjonene i 1996 og 1997 er vist i **figur 9**. Som for artsantall var det små forskjeller mellom indre og ytre stasjoner, spesielt i 1997. TV2 skilte seg noe ut med å ha høy dominans og tildels lav diversitet begge årene. Det var imidlertid tildels store forskjeller mellom 1996 og 1997 på de ytre stasjonene i fjorden. Generelt var det høyere diversitet i 1996 enn i 1997. **Figur 10** viser Tvedestrandsfjorden sammenlignet med Risør, Arendal og Lillesand, hvor det er gjennomført tilsvarende to-års undersøkelser. Diversitet er beregnet som gjennomsnitt av to år. Resultatene viser at stasjonene i Tvedestrandsfjorden hadde stort sett middels/høy diversitet. TV2, TV4 og TV8 hadde lavest diversitet, men ingen av stasjonene skilte seg ut med svært lave eller høye diversiteter.

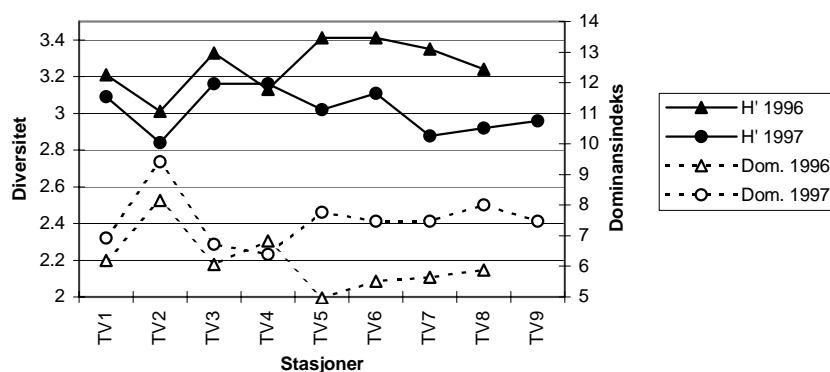
Andelen rød-, brun- og grønnalger varierte noe fra stasjon til stasjon, men var stort sett innenfor de antatte normalintervallene (**figur 11**). TV1 hadde en noe høy andel grønnalger som kan indikere ferskvannspåvirkning og/eller overkonsentrasjoner av næringssalter. TV3, TV5 og TV6 hadde en høyere andel rødalger og lavere andel brunalger enn forventet. Rødalgene er den algegruppen som er mest ømfintlig for forurensninger. TV4 Sagesund hadde en lav andel rødalger og høy andel brunalger. Den høye grønnalgeprosenten på Kystovervåkingsstasjonene skyldes trolig at undersøkelsene er gjennomført tidlig på året (mai). Mange grønnalger kan danne tette bestander nær høyvannsmarket om våren.

Figur 12 viser forholdet mellom 35 utvalgte hurtigvoksende opportunistarter og forurensningsømfintlige arter. TV1, TV2 og TV4 hadde mengdemessig en klar overvekt av hurtigvoksende arter i forhold til de forurensningsømfintlige artene. Også i antall var de hurtigvoksende artene dominerende. På de ytre stasjonene TV5, TV7, TV8 og TV9 var det klar overvekt av ømfintlige arter, både i antall og mengde. TV6 og TV3 hadde ingen klar overvekt av hverken hurtigvoksende eller ømfintlige arter.

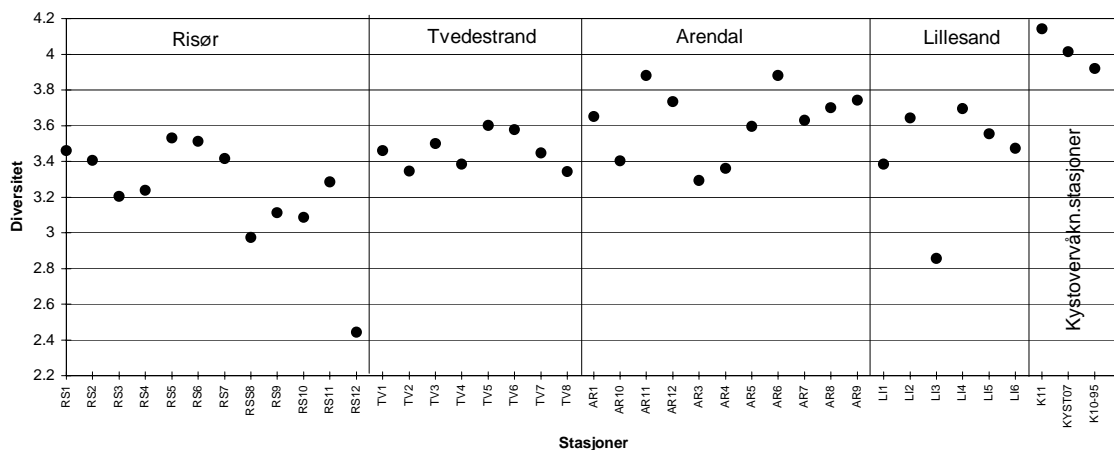
En korrespondansanalyse av stasjoner fra Tvedestrand, Risør, Lillesand, Grimstad og Arendal viser at artssammensetning og -forekomst på stasjonene i Tvedestrand hadde stor likhet med stasjoner i Grimstad og Lillesand og enkelte stasjoner i Sørfjorden ved Risør (**figur 13**). Stasjonene i Tvedestrand hadde stor innbyrdes likhet.



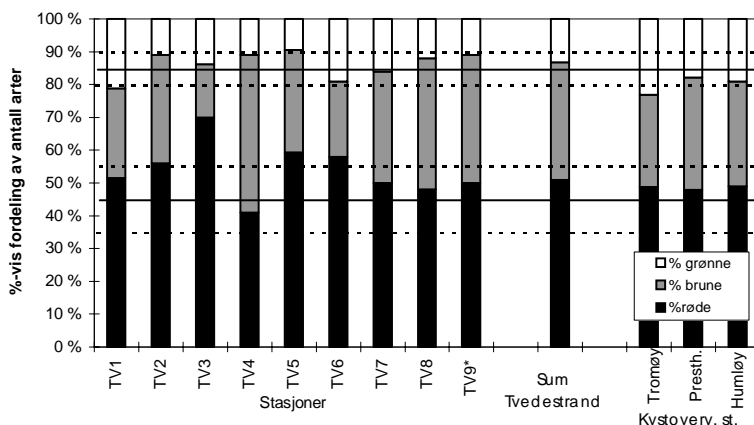
Figur 8. Antall arter som ble registrert på de enkelte stasjonene i Tvedestrand i 1996 og 1997, samt totalt antall arter i hele fjordområdet (sum). Figuren viser også antall arter som er registrert på de tre Kystovervåkingsstasjonene Tromøy (K07), Prestholmen i Grimstad (K10) og Humløy i Lillesand (K11).



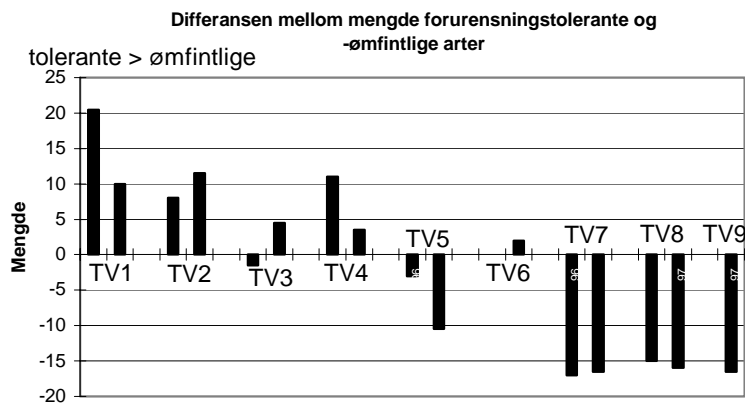
Figur 9. Diversitet(H') og dominans(Dom) beregnet for de enkelte stasjonene. Høy diversitet og lav dominans karakteriserer upåvirket områder.



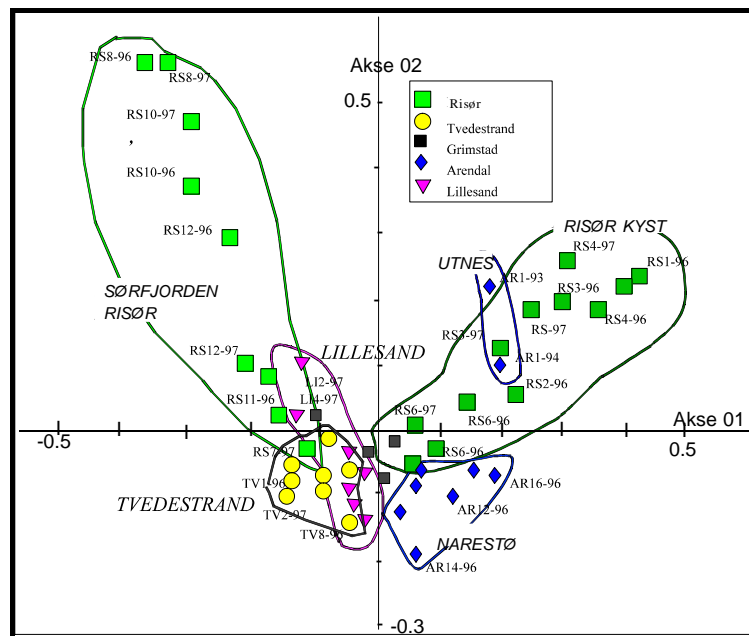
Figur 10. Diversitet på stasjoner i Aust-Agder. Alle stasjonene er undersøkt to år på rad, og diversitet er beregnet for de to årene samlet.



Figur 11. Fordeling av antall alger på rødalger, brunalger og grønnalger.



Figur 12. "Forurensningsindeks". Negative verdier viser overvekt av forurensningsømfintlige arter, mens positive verdier viser økende dominans av hurtigvoksende opportunistar.



Figur 13. Korrespondanseanalyse (CA) av strandsonestasjoner i Aust-Agder. I plottet angir tettliggende punkter stasjoner med like organismesamfunn, mens fjerntliggende punkter representerer ulike samfunn. Undersøkelingsområdet er innringet. Stasjoner fra kystovervåkingsprogrammet er ikke tatt med.

3.3.3 Vurderinger

I indre og midtre del av Tvedestrandsfjorden (TV1-TV4) var tangplantene svært overgrodd av små trådformete alger (påvekstlger). De fleste påvekstalgene var ettårige og hurtigvoksende brun- og grønnalger. Slike hurtigvoksende arter har høye opptaksrater for næringssalter og dermed et konkurransefortrinn over seintvoksende arter i næringsrike områder (Kautsky 1991, Hardy et al. 1993, Phil et al. 1996). Over tid kan de flerårige artene som f.eks grisetang bli utkonkurrert pga. lite lys og

plass. Overvekten av hurtigvoksende arter i indre og midtre del av Tvedestrandsfjorden indikerer overkonsentrasjoner av næringsalter (overgjødning), men tilstedeværelsen av også mange flerårige arter viser at overkonsentrasjonen er moderate. Det relativt høye artsantallet og diversiteten støtter denne vurderingen. Det er ikke grunn til å tro at nærings situasjonen i fjorden er vesentlig endret siden 1980-tallet, da det ble det registrert overkonsentrasjoner av fosfat og særlig nitrat i overflatelaget i hele Tvedestrandsfjorden (tilstandsklasse II-III). Vegetasjonen i ytre del av Tvedestrandsfjorden (Oksefjorden) var også noe preget av påvekstaler, men i tillegg var det en rik undervegetasjon med mange arter. Artsantall, diversitet og dominans viste normale forhold, og det var en klar overvekt av forurensningsømfintlige arter. Det kan konkluderes med at tilstanden i ytre del av fjorden er god, men den relativt store påveksten på tang indikerer at området kan være noe næringsrikt.

De naturlige tilførselene til fjorden er små, og det er derfor nærliggende å tro at overkonsentrasjonene i overflatelaget skyldes utslipp av avløpsvann. Dette støttes av korrespondansanalysen, som viste at artssammensetningen i indre Tvedestrandsfjorden hadde stor likhet med stasjoner i Tingsakerfjorden ved Lillesand, Groosefjorden og enkelte stasjonene i Sørfjorden i Risør. Flere av disse fjordområdene er svakt påvirket av avløpsvann. Innføring av renselanlegg vil trolig ha positiv innvirkning på strandvegetasjonen ved at næringsinnholdet reduseres.

4. Bløtbunn

4.1 BAKGRUNN

Prøvetaking på bløtbunn benyttes i dag rutinemessig i undersøkelser av resipienter for kommunalt avløpsvann og industri for å karakterisere tilstand og overvåke eventuelle endringer. Bløtbunn finnes i alle dypere sjøområder og på steder med lokal beskyttelse mot strøm og bølgepåvirkning. I forbindelse med utslipp av kommunalt avløpsvann vil bløtbunnsområdene være utsatt for avsetning av organisk stoff og partikulært materiale. I de fleste tilfeller undersøkes både naturlig bunnfauna og bunnsedimentene. Tilstanden kan karakteriseres på basis av måleparametre for fauna og sedimenter i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997).

Bunnfaunanen undersøkes med hensyn til antall arter, individtettheter og artssammensetning. Under normale forhold vil mange arter finne livsbetingelser og være representert i prøvene, mens under dårlige forhold går artstallet ned. Individtetthetene kan variere meget, men under dårlige oksygenforhold vil også individtetthetene avta. Organismesamfunnenes sammensetning og struktur kan derfor brukes for å karakterisere miljøtilstand og gradere effekter av påvirkninger.

I strømsvake resipienter vil utslipp av kommunalt avløpsvann først og fremst påvirke bunnfaunaen gjennom oksygenforbruk som følger ved nedbrytningen av organisk materiale. I områder med svak vannutskiftning skal det ikke så mye til før oksygenforbruket overstiger tilførslene av oksygen. Også næringssalter fra utslippene kan bidra til problemene, fordi en øket algeproduksjon i de øvre vannlag fører til en større utsynking av organisk materiale til dypere vannlag. Når oksygenet brukes opp, utvikles hydrogensulfid i bunnsedimentene og i vannmassene. Mange bassenger og terskelfjorder langs kysten har dårlige oksygenforhold fra naturens side. I slike områder vil tilførsler av avløpsvann forsterke problemene.

Bunnsedimentene undersøkes med hensyn på kornfordeling (% silt og leire) og organiske komponenter (totalt organisk karbon, totalt nitrogen). Dette er støtteparametre som er viktige for tolking av faunadataene, samtidig som parametrene kan si noe om graden av belastning på sedimentene og hvilken opprinnelse materialet har.

4.2 STASJONSVALG OG METODIKK

4.2.1 Valg av prøvetakingslokaliteter

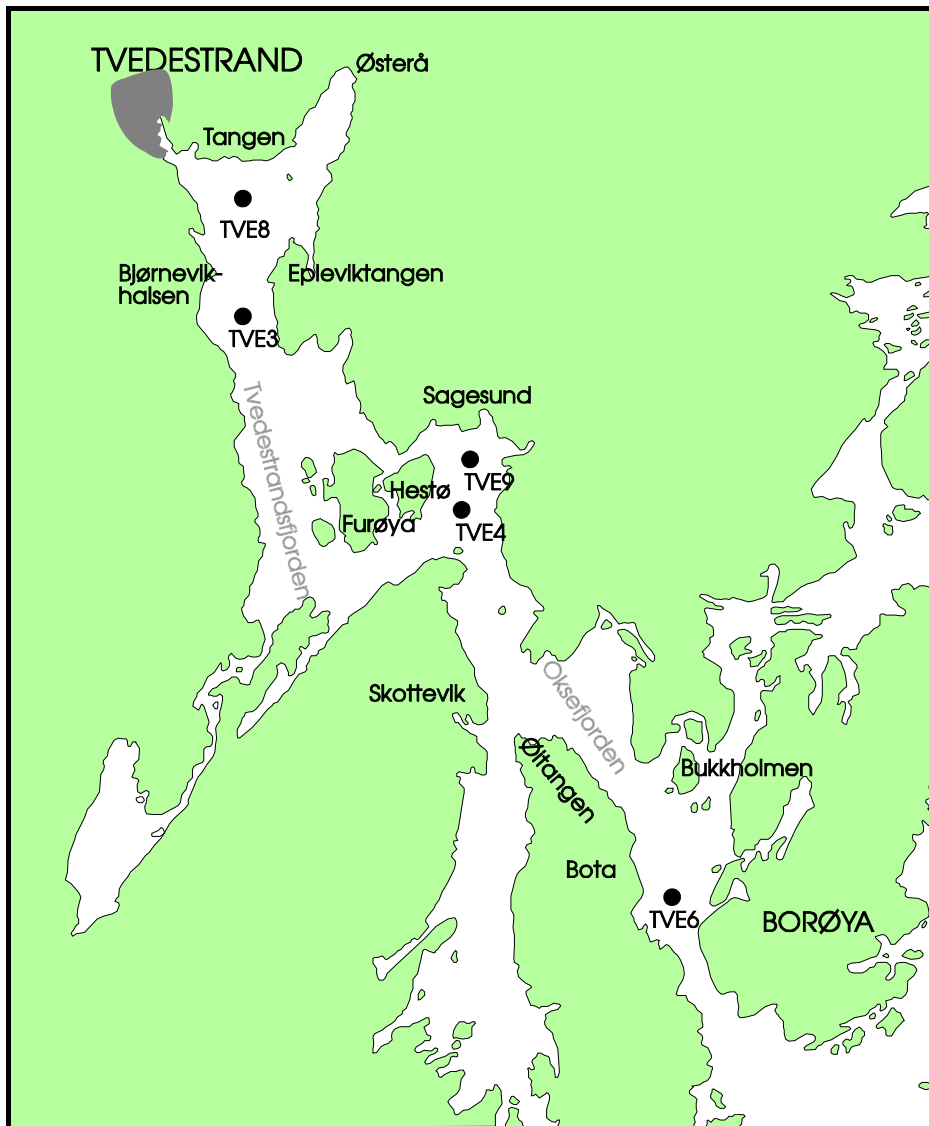
Prøvetakingen omfattet Tvedestrandsfjorden fra Tvedestrand til Bota. Prøvetakingsstasjonene var plassert ved Bjørnevikhalsen og Tangen i indre fjord, ved Hestøy og Sagesund i midtre fjord og ved Bota i ytre fjord (**figur 14**). Alle stasjoner og prøvedyp ble fastlagt på grunnlag av de tidligere undersøkelsene i fjorden og oksygenmålingene som ble gjennomført høsten 1996 som en del av foreliggende undersøkelse (kap. 2).

I hvert område av fjorden ble det tatt en hovedstasjon for beskrivelse av fauna og sedimenter (TVE 6, TVE 8, TVE 9). Stasjonene ble plassert dypest mulig i oksygenholdige vannmasser. Ved oksygenmålingene i oktober 1996 var det gode eller tilfredsstillende oksygenforhold i alle dyp ved Bota, mens det var tilfredsstillende oksygenforhold ned til 35-40 m ved Hestøy og ned til 20-25 m ved

Bjørnevikhalsen (kap 2.3). Dypere enn 40 m var det mindre enn 1 ml/l oksygen ved Hestøy og Bjørnevikhalsen, mens det ved Bjørnevikhalsen var hydrogen sulfid i vannmassene dypere enn 60 m.

I fjordens dypeste områder ved Bjørnevikhalsen og Hestøy ble det tatt prøver for analyse av bunnsedimenter (TVE 3, TVE 4).

Stasjonene TVE 3, TVE 4 og TVE 6 ble fastlagt og prøvetatt ved undersøkelsene i 1983-86 (Rygg & Wikander 1985, Wikander 1987). Stasjonsnumrene for disse er beholdt. Stasjonene TVE 8 og TVE 9 er nye i foreliggende undersøkelse.



Figur 14. Stasjoner for undersøkelser av bløtbunnsfauna i Tvedestrandsfjorden 1996.

4.2.2 Prøvetaking

Prøvene ble innsamlet 28. november 1996. Under prøvetakingen var det lettskyet pent vær, nordlig svak vind til laber bris, -1 °C og smul sjø.

Prøvene ble tatt med 0.1 m² van Veen grabb. På hver hovedstasjon (TVE 6, TVE 8, TVE 9) ble det tatt fire parallelle prøver for bunnfauna. Parallellprøvene ble slått sammen og opparbeidet som en samleprøve for hver stasjon. Sedimentet ble siktet på 5 mm og 1 mm sikter og sikteresten ble konserverert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløsning.

På alle stasjonene ble det tatt en prøve av overflatesediment (0-2 cm) for analyse av sedimentets finfraksjon og organiske komponenter. Sedimentprøven ble tatt gjennom en inspeksjonsluke på oversiden av grabben. På stasjonene hvor det ble innsamlet bunnfauna, ble prøven tatt som en delprøve fra en av grabbhuggene. Under prøvetakingen ble det gjort en visuell beskrivelse av bunnsedimentet og det ble kontrollert for innhold av hydrogensulfid i sedimentet (H₂S).

4.2.3 Analysemetoder

Faunaprøvene ble i laboratoriet opparbeidet ved sortering under 4-6 x forstørrelse. Alle dyr ble identifisert og talt og materialet overført til etanol for oppbevaring.

Sedimentets finfraksjon (andel av partikler <0.063 mm) ble bestemt ved våtsikting. Organisk materiale ble bestemt som totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN). TOC og TN ble analysert i en elementanalytator etter at uorganiske karbonater var fjernet med saltsyre.

4.2.4 Tallbehandling

Bunnfaunaen på hver av stasjonene er karakterisert ved totalt antall arter, individtall for artene, artsmangfold (= diversitet) og artssammensetning. Artsmangfoldet er gitt ved Shannon-Wieners indeks (H') og Hurlberts indeks $E(S_{100})$ som beregnes på grunnlag av antall arter og de enkelte artenes individtall i prøvene. Det ble også beregnet en indeks (AI) som uttrykker innslaget av forurensningsømfintlige arter i bunnfaunaen. Indeksene er veiledende for karakterisering av miljøtilstanden sammen med kunnskap om de enkelte artenes biologi.

Shannon-Wiener indeksen (H') har et verdiområde som varierer fra null til ca. 6. Tallverdien øker ved økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Lave verdier markerer dårlige forhold, mens verdiområdet 3-5 indikerer normale til gode forhold. I SFTs veiledning for klassifisering av miljøkvalitet er *meget god tilstand* representert ved verdier > 4 (**tabell 7**) (Molvær et al. 1997).

Hurlberts indeks $E(S_{100})$ er en indeks som gir forventet antall arter i prøver med et individtall standardisert til 100 individer. Indeksen beregnes fra en funksjon som relaterer artstall og individtall i prøvene. I SFTs veiledning er *meget god tilstand* representert ved indeksverdi (antall arter) > 26 (**tabell 7**). På grunnlag av funksjonen er det utarbeidet et generelt diagram for sammenhengen mellom arter, individtall og artsmangfold basert på undersøkelser i norske kystområder.

Artsindeksen (AI) beregnes ut fra forekomsten av forurensningstolerante og ømfintlige arter i prøvene (Rygg 1995). Lave verdier (< ca. 5) viser dominans av forurensningstolerante arter, mens høyere verdier (> 6) viser innslag av forurensningsømfintlige arter.

Tabell 7. SFTs klassifisering av tilstand for bløtbunnsfauna og organisk innhold i sedimentene (Molvær et al. 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre God	IV Dårlig	V Meget dårlig
Sediment	Organisk karbon (mg/g)	< 20	20 - 27	27 - 34	34 - 41	> 41
Artsmangfold for bløtbunnsfauna	Hurlberts indeks ($ES_{n=100}$)	> 26	26 - 18	18 - 11	11 - 6	< 6
	Shannon -Wiener indeks (H)	> 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	< 1

4.3 RESULTATER

4.3.1 Prøvetaking

I **tabell 8** er det gitt en oversikt over dyp og visuelle observasjoner av bunnforholdene på prøvetakingsstasjonene. Geografiske koordinater for stasjonene og detaljer ved prøvetakingen er gitt i vedleggstabell C1. Alle grabbprøver var fulle av bunnsediment.

Tabell 8. Prøvetaking av bunnfauna og sedimenter i Tvedestrandsfjorden 1996. Lokalteter, dyp og visuelle observasjoner av bunnforhold og sedimenter.

Stasjon	Dyp (m)	Observasjoner	Sikterest (materiale > 1 mm)
TVE 3 Bjørnevik- halsen	85	Sort tyntflytende mudder. Sterk lukt av hydrogensulfid. Ingen tegn til liv.	-
TVE 4 Hestøy	59	Sort, svært bløt mudder. Sterk lukt av hydrogensulfid. Ingen tegn til liv.	-
TVE 6 Bota	62-65	Grå mudder med mørkere topplag. Svak lukt av hydrogensulfid i en prøve, ellers ingen lukt. Synlige mark, mudderrør og små skjell. Like parallellprøver.	Volum ca. 0.5 liter. Skallrester av muslinger (<i>Thyasira</i> , <i>Leda</i> , <i>Corbula</i>). Litt slagg, pinner og plantefragmenter. Mudderrør og biter av rør av <i>Spiochaetopterus</i> .
TVE 8 Tangen	31	Grå mudder med sort (0.5-3 cm) topplag. Moderat lukt av hydrogensulfid. Litt markrør og døde skjell. Mye organisk materiale (sagflis) i to prøver.	Volum ca. 2.5 liter. Mye sagflis og trevirke, tildels større trebiter, noe koks og slagg. Noen muslingskall (<i>Arctica</i> , <i>Leda</i> , <i>Thyasira</i>), litt grov sand og grus. Rør av <i>Spiochaetopterus</i> .
TVE 9 Sagesund	40	Grå mudder med litt mørkere topplag. Mark med og uten rør. Ingen lukt. Like parallellprøver.	Volum ca. 1 liter. Endel sagflis og finfordelt trevirke, noe pinner og bladrester. Litt slagg. Skallrester av muslinger (<i>Leda</i> , <i>Corbula</i> , <i>Nucula</i> , <i>Thyasira</i>). Biter av rør av <i>Spiochaetopterus</i> .

4.3.2 Bunnsedimenter

I dypbassengene ved Bjørnevikhalsen (TVE 3) og Hestøy (TVE 4) var det sort tyntflytende mudder med sterk lukt av hydrogensulfid (**tabell 8**). Det var ingen tegn til synlige levende organismer i prøvene.

I indre fjord ved Tangen (TVE 8) var det grå mudder med noe lukt av hydrogensulfid. I sedimentet var det mye sagflis, endel større treflis og noe koks og slagg. Det var også rør av børstemark og skallrester fra døde muslinger i prøvene. Midtfjords ved Sagesund (TVE 9) var det grå mudder uten lukt. Også på denne lokaliteten var det sagflis, større trebiter, slagg og skallrester fra døde muslinger i prøvene. På begge stasjonene var det ganske mange stive pergamentaktige rør av børstemarken *Spiochaetopterus typicus* i prøvene.

I ytre fjord ved Bota (TVE 6) var det normalt fjordsediment med litt slagg og planterester i prøvene. Det var svak lukt av hydrogensulfid i en prøve. Sedimentet var grått med mørkere topplag. Det var mye rør av *Spiochaetopterus* i prøvene.

Analysene av bunnsedimentet viste at det var høyt innhold av finstoff (partikler <0.063 mm) og høyt innhold av organisk materiale (TOC, TN) på alle stasjonene (**tabell 9**). Etter SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet faller alle stasjonene i klasse V (*meget dårlig tilstand*) med hensyn på organisk innhold. Ved dette systemet omregnes (normeres) TOC-verdiene til teoretisk 100% finstoff i sedimentet (Molvær et al. 1997). For finkornede sedimenter fører ikke omregningen til noen særlige forandringer i forhold til målte verdier.

Forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) var høyt ved Bjørnevikhalsen og Tangen og forholdsvis høyt på de andre stasjonene. C/N-forholdet kan indikere noe om materialets art. I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak stammer fra naturlig produksjon i sjøen (f. eks. plankton) vil forholdstallet være 6-8, mens det i sedimenter som tilføres betydelige mengder materiale fra land overstiger 10. Dette gjenspeiler at plantemateriale fra land er relativt nitrogenfattig. De høyeste C/N-forholdene ble registrert på stasjonene hvor det var mye sagflis i sedimentene og må sees i sammenheng med dette, men hele fjorden er klart påvirket av tilført plantemateriale fra land. På stasjon TVE 8 ved Tangen var det også spesielt høyt verdi for TOC.

Tabell 9. Kornstørrelse og innhold av organisk materiale (TOC, TN, C/N-forhold) i overflatesediment (0-1 cm) i Tvedestrandsfjorden 1996. Tilstandsklasser i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet er også vist (Molvær et al. 1997). Alle prøvene faller i klasse V (*meget dårlig tilstand*) som er gitt ved normert TOC >41 mg/g.

St.	Lokalisering	Dyp (m)	Kornstørrelse (<0.063 mm)	TOC mg/g	TN mg/g	C/N-forhold	Normert TOC	SFT klasse
TVE 3	Bjørnevikhalsen	85	97.5	73.4	5.4	13.6	73.9	V
TVE 4	Hestøy	59	98.9	67.5	6.5	10.4	67.7	V
TVE 6	Bota	62-65	98.2	53.6	4.7	11.4	53.9	V
TVE 8	Tangen	31	87.2	115	7.5	15.3	117	V
TVE 9	Sagesund	40	98.2	73.1	6.1	12.0	73.4	V

4.3.3 Bunnfauna

Tabell 10 gir en oversikt over artstall, individtettheter og beregnede verdier for arts mangfold på stasjonene hvor det ble tatt prøver av bunnfauna. De viktigste artene er listet i **tabell 11**. Fullstendige arts lister for prøvene er gitt i vedleggstabell C2.

Ved Tangen i indre fjord (TVE 8) ble det bare funnet to arter med noen få individer i prøvene. Arts mangfoldet var som følge av dette svært lavt, og stasjonen faller i klasse V (*meget dårlig tilstand*) med hensyn på bunnfauna i SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet. De to artene som ble funnet (**tabell 11**) er begge rørbyggende børstemark som lever på stedet, men mangel på annen fauna indikerer at levetilstandene er helt marginale.

Ved Sagesund (TVE 9) ble det funnet en forholdsvis arts rik og normalt individrik fauna. Arts mangfoldet var noe nedsatt med den følge at stasjonen faller på grensen mellom klasse II (*god tilstand*) og klasse III (*mindre god tilstand*) i SFTs system. Stasjonen var dominert av muslingen *Thyasira sarsi* som ofte finnes i organisk anrikede sedimenter med hydrogensulfid tilstede. De andre dominerende artene i prøvene, børstemarkene *Chaetozone setosa*, *Heteromastus filiformis* og *Myriochele oculata*, er alle former som har toleranse for organisk anrikning (Rygg 1995). Stasjonen var også endel preget av børstemarken *Spiochaetopterus typicus* som lager stive pergamentaktige rør i sedimentet. Dette er en art som godt kan klare seg i oksygen svake områder og ofte finnes i sorte bunn sedimenter på grensen mot døde dypområder med hydrogensulfid.

Ved Bota (TVE 6) ble det funnet noe færre arter enn ved Sagesund, men individmengden var omtrent den samme. Arts mangfoldet var nedsatt og stasjonen faller i klasse III (*mindre god tilstand*) i SFTs system. Stasjonen var dominert av små børstemark og muslinger som alle har toleranse for organisk anrikning. Prøvene var særlig preget av rørbyggende børstemark, spesielt *Maldane sarsi*, *Melinna cristata*, som lager store kraftige mudderrør, og *Spiochaetopterus* med sine stive pergamentaktige rør.

Tabell 10. Antall arter, individtall, individtettheter og arts mangfold i prøvene av bunnfauna fra Tvedestrandsfjorden 1996. Resultater fra tidligere prøvetaking på st. TVE 6 er også vist (Wikander 1987). Arts mangfoldet er gitt ved Shannon-Wiener indeksen (H') og indeksen $E(S_{100})$. Indeksen AI (arts indeks) gir et mål for forekomst av forurensningsømfintlige arter i prøven. Tilstandsklasser i henhold til SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet er også vist (Molvær et al. 1997): klasse II = god, klasse III = mindre god, klasse V = meget dårlig.

Stasjon		Areal	Artstall	Ind.	Ind/m ²	H'	E(S ₁₀₀)	AI	SFT Klasse
TVE 6	1996	0.4	26	802	2005	2.68	13.0	6.0	III
	1983	0.5	20	169	338	3.49	17.6	5.5	II/III
	1984	0.5	9	49	98	2.64	-	6.9	III
	1986	0.5	53	1202	2404	3.45	18.8	6.2	II
TVE 8	1996	0.4	2	3	8	0.92	-	-	V
TVE 9	1996	0.4	31	933	2333	3.02	14.9	5.8	II/III

Tabell 11. Individtettheter (ind/m²) for de viktigste artene i Tvedestrandsfjorden 1996. Artene på listen representerer de 10 individrikste artene på stasjon TVE 6 og TVE 9. På stasjon TVE 8 ble det bare funnet to arter.

	TVE 6	TVE 8	TVE 9
	Bota	Tangen	Sagesund
NEMERTINEA ind. (båndmark)	5	-	23
POLYCHAETA (mangebørstemark)			
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	3	-	30
<i>Typosyllis cornuta</i>	18	-	23
<i>Polydora cf. caulleryi</i>	-	-	80
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	73	3	15
<i>Chaetozone setosa</i>	135	-	208
<i>Heteromastus filiformis</i>	30	-	470
<i>Mediomastus fragilis</i>	-	-	55
<i>Maldane sarsi</i>	930	5	-
<i>Myriochele oculata</i>	60	-	380
<i>Melinna cristata</i>	78	-	8
<i>Euchone papillosa</i>	23	-	115
CAUDOFOVEATA ind. (markbløtdyr)	33	-	23
BIVALVIA (muslinger)			
<i>Nuculoma tenuis</i>	210	-	-
<i>Thyasira sarsi</i>	-	-	778
<i>Thyasira flexuosa</i>	343	-	-
<i>Corbula gibba</i>	25	-	5

4.3.4 Sammenligning med tidligere prøvetaking

Stasjon TVE 6 ved Bota er tidligere prøvetatt i 1983, 1984 og 1986 (Rygg & Wikander 1985, Wikander 1987). Stasjonen ble karakterisert som svakt til moderat påvirket av organiske tilførsler, men resultatene varierte en god del mellom årene (Wikander 1987). I 1984 ble det funnet svært lave arts- og individtall, mens det i 1986 ble funnet et normalt antall arter og individer. De viktigste parametre for faunaen er gitt i **tabell 10**, som også viser at resultatene for disse årene med hensyn på artsmangfold tilsvarer klasse II (*god tilstand*) eller III (*mindre god tilstand*) etter SFTs nåværende system for klassifisering av miljøkvalitet. Ved alle undersøkelsene besto sedimentet av grå silt uten lukt av hydrogensulfid. Prøvene ble tatt i litt ulike dyp, og ble i 1984 tatt noe dypere (62 m) enn i de andre årene (56-58 m). Dette kan gi en forklaring til den fattige faunaen i 1984 fordi det nær bunnen i dypbassenger kan være markerte gradienter i oksygen (Wikander 1987).

Tabell 12 viser de viktigste artene for hvert år. Det er tydelige forskjeller i rangorden og individtetthet mellom de dominerende artene fra år til år, men det var allikevel mange arter som var blant de ti mest vanlige i flere av årene. Fire arter var blant de ti mest vanlige alle årene (*Maldane sarsi*, *Thyasira flexuosa*, *Nuculoma tenuis*, *Corbula gibba*). Prøvene fra 1996 viste størst likhet til 1986 med hensyn på de dominerende artene, men dette året var karakterisert ved høyere artsrikhet. Forskjellen mellom 1996 og de tidligere årene var ikke større enn mellom disse årene innbyrdes.

Alle de ti mest vanlige artene i 1996 er vanlige bløtbunnsarter som klassifiseres som moderat til meget tolerante for miljøpåvirkninger (Rygg 1995). Bare noen få arter som var blant de ti vanligste ved de

tidligere innsamlingene, har lav toleranse for miljøpåvirkninger (f.eks. *Amphiura chiajei*). Ingen av artene klassifiseres som ømfintlige overfor dårlige miljøforhold.

Tabell 12. De 10 viktigste artene med individtetthet (ind/m²) på stasjon TVE 6 ved Bota i Tvedestrandsfjorden i 1983, 1984, 1986 og 1996. I 1984 ble det bare funnet ni arter på stasjonen. Grupper: k = krepsdyr, m = musling, b = børstemark, mm = markmollusk, sf = sjøffær, sl = slangestjerne,

1983		ind/m ²	1984		ind/m ²
<i>Corbula gibba</i>	m	64	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	b	26
<i>Heteromastus filiformis</i>	b	58	<i>Maldane sarsi</i>	b	22
<i>Abra nitida</i>	m	50	<i>Corbula gibba</i>	m	18
<i>Mysella bidentata</i>	m	34	<i>Nuculoma tenuis</i>	m	12
<i>Nuculoma tenuis</i>	m	32	<i>Thyasira flexuosa</i>	m	12
<i>Thyasira flexuosa</i>	m	30	<i>Amphiura chiajei</i>	sl	2
<i>Lanassa venusta</i>	b	8	<i>Leucon nasica</i>	k	2
<i>Pectinaria koreni</i>	b	8	<i>Virgularia mirabilis</i>	sf	2
<i>Amphiura chiajei</i>	sl	8	<i>Chaetoderma nitidulum</i>	mm	2
<i>Maldane sarsi</i>	b	6	-	-	-
1986		ind/m ²	1996		ind/m ²
<i>Diastylis rathkei</i>	k	706	<i>Maldane sarsi</i>	b	930
<i>Heteromastus filiformis</i>	b	464	<i>Thyasira flexuosa</i>	m	343
<i>Nuculoma tenuis</i>	m	306	<i>Nuculoma tenuis</i>	m	210
<i>Thyasira flexuosa</i>	m	260	<i>Chaetozone setosa</i>	b	135
<i>Chaetozone setosa</i>	b	114	<i>Melinna cristata</i>	b	78
<i>Corbula gibba</i>	m	74	<i>Spiochaetopterus typicus</i>	b	73
<i>Lanassa venusta</i>	b	64	<i>Myriochele oculata</i>	b	60
<i>Maldane sarsi</i>	b	50	<i>Caudofoveata ind.</i>	mm	33
<i>Abra nitida</i>	m	46	<i>Heteromastus filiformis</i>	b	30
<i>Polydora antennata</i>	b	40	<i>Corbula gibba</i>	m	25

4.4 VURDERING AV RESULTATENE

Bunnsedimentene i Tvedestrandsfjorden var betydelig organisk belastet. I hele fjorden var det høyt organisk innhold med TOC-verdier godt over grenseverdien for dårligste tilstandsklasse (klasse V) i SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet. De høyeste verdiene ble registrert i indre fjord ut til Sagesund. Denne delen av fjorden er sterkt påvirket av gamle avsetninger av sagflis. Flisavsetningene ble beskrevet ved de tidligere undersøkelsene og er datert tilbake til ca. år 1700 (Rygg & Wikander 1985, Wikander 1987). I dypbassenget i indre fjord hvor vannmassene er uten oksygen (kap. 2.3), var sedimentene sorte og luktet sterkt av hydrogensulfid.

I tillegg til flisavsetningene, bidrar plantemateriale som naturlig tilføres fra land til det høye organiske innholdet i sedimentene. Mesteparten av dette består av løv, gress og pinner som naturlig havner ut i fjorden. I alle innelukkede fjorder er det vanlig å finne forhøyde TOC-verdier og C/N-forhold som følge av tilførsle fra land. I tillegg påvirkes sedimentene av tilførsler fra avløpsvann og lokal

planteplanktonproduksjon i fjorden, men størrelsen på disse bidragene er det vanskelig å skille ut med grunnlag i sedimentanalysene.

Sedimentene i Tvedestrandsfjorden kan sammenlignes med andre indre fjordområder på Sørlandet. TOC-verdiene i indre fjord var på nivå med TOC-verdier funnet i Tromøysund og Galtesund (52-76 mg/g), som tilføres flis og tremateriale med Nidelva (Oug 1998). Like høye verdier som ved Tangen (>100 mg/g) er funnet i terskelfjorder, f.eks. Skogsfjorden ved Mandal (Jacobsen et al. 1996b). Ved Bota i ytre fjord var TOC innholdet (54 mg/g) tilsvarende som i Nordfjorden ved Risør og i Skallefjorden ved Lillesand, hvor prøvene ble tatt samtidig med Tvedestrandsfjorden (hhv. 53 og 63 mg/g). Det er også funnet liknende verdier ved Strengereid og Kilsund i Arendal kommune (Jacobsen et al. 1996a). I mer åpne kyst- og fjordområder på Sørlandet kan verdier på 20-40 mg/g betraktes som normale (se Moy et al. 1996). Generelt synes det som fjordområdene på Sørlandet naturlig har forholdsvis høye TOC-verdier, noe som fører til at sedimentene ofte får dårlig karakteristikk i henhold til SFTs kriterier.

Undersøkelsene av bunnfauna bekrefter at det var svært dårlig tilstand innerst i fjorden. På lokaliteten utenfor Tangen (31 m) var det nesten ingen fauna tilstede. I 1983-1986 ble det funnet en sterkt utarmet fauna på stasjoner i Tvedestrand havn (10-11 m) og Østeråbukta (25-26 m) innenfor der stasjonen i foreliggende undersøkelse var lokalisert (Rygg & Wikander 1985, Wikander 1987). Tilsammen viser disse undersøkelsene at det var svært dårlige forhold innerst i fjorden fra selv ganske grunt vann og ned til de oksygenfrie vannmassene.

Ved Sagesund (40 m) var tilstanden vesentlig bedre. Faunaen besto vesentlig av forurensningstolerante arter, men hadde ganske høyt artsmangfold. Sedimentet hadde høyt organisk innhold, men var friskt og uten lukt av hydrogensulfid. Dette viser at det i midtre fjord var rimelig god tilstand i moderate dyp. Ved de hydrografiske undersøkelsene ble oksygeninnholdet i vannmassene i oktober 1996 målt til 0.9 ml/l i 40 m dyp. Generelt klarer mange bunndyr seg ved oksygenkonsentrasjoner ned til i underkant av 1 ml/l (10-15 % metning) (kap. 2.3). Trolig har oksygenforholdene vært bedre enn dette i perioder. De friske bunnsedimentene tyder også på at det har vært oksygen tilstede i en lengre periode før prøvetakingen. Etter perioder med oksygensvikt og dannelse av hydrogensulfid, kan det ta lang tid før sedimentene igjen er luktfrie selv under gode oksygenforhold. Faunaen besto dessuten av mange gravende og sedimentbearbeidende arter som ved sin aktivitet bidrar til å holde sedimentene friske. I 1983-1986 ble det tatt prøver i det dypeste området i fjordbassenget ved Sagesund (55-57 m). Disse viste dårlige forhold, og i bare ett av årene var det fauna tilstede (Wikander 1987). Det var ikke grunn til å vente vesentlig bedre tilstand i dypområdet i 1996.

Ved Bota (62-65 m) hadde faunaen moderat artsmangfold, og fikk noe dårligere karakteristikk enn faunaen ved Sagesund. På denne lokaliteten ble imidlertid prøvene tatt i fjordens dypeste punkt. Prøvene representerer derfor det mest følsomme og utsatte området av fjorden. Generelt var tilstanden på lokaliteten omtrent som ved undersøkelsene i 1983-1986. Tilstanden har variert noe mellom årene. Dette vil normalt opptre som følge av variasjoner i vannutskiftningen og oksygentilstanden i dypbassenget. Ved Bota ble det i 1996 også tatt prøver litt grunnere (52 m) i forbindelse med etableringen av oppdrettsanlegget. Disse prøvene viste en vesentlig mer artsrik fauna, og faller i tilstandsklasse II (*god tilstand*) i SFTs system, men faunaen var allikevel klart dominert av forurensningstolerante arter. Resultatene viser derfor at hele området er organisk påvirket. Det må forventes at området påvirkes av organisk materiale som bringes ut fra indre fjord i tillegg til det som kommer av lokale tilførsler.

Lokalitetene ved Sagesund og Bota får karakteristikken *god tilstand* til *mindre god tilstand* med hensyn på fauna, men *meget dårlig* med hensyn på sedimenter når SFTs miljøkvalitetskriterier legges til grunn. Tilsvarende ulike karakteristikk har etterhvert blitt observert for en rekke steder i

kystområder på Sørlandet, f.eks. Narestø og Strengereid (Jacobsen et al. 1996a), Homborsund (Jacobsen et al. 1997) og Tromøysund og Galtesund (Oug 1998). Trolig utgjør plantemateriale fra land, og i noen tilfeller treflis fra sagbruksvirksomhet, viktige komponenter til TOC-innholdet i sedimentene. Dette er i stor grad materiale som brytes langsomt ned og som ikke har samme effekter for bunnfaunaen som lett omsettbart organisk stoff. Generelt kan det derfor se ut til at sedimentene i kystområdene blir karakterisert som dårligere enn de egentlig er. I realiteten er nok kvalitetskriteriene med hensyn på TOC mer et uttrykk for mengden av organiske komponenter i miljøet, enn en generell miljøtilstand. Til sammenligning representerer faunaen mer et mål for tilstand, men det er flere forhold som tyder på at artsmangfoldet ikke alltid er en tilstrekkelig følsom parameter for menneskebettinget påvirkning. I flere tilfeller synes artssammensetning og innslag av karakteristiske arter å være bedre, som ved lav til moderat organisk anrikning. Det bør derfor legges en samlet vurdering av alle forhold til grunn for vurdering av tilstanden på lokalitetene.

5. Referanser

- Andersson, L., L. Rydberg 1988. Trends in nutrients and oxygen conditions within the Kattegat: Effects of local nutrient supply. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 26: 559-579.
- Aure, J., D.S. Danielssen 1993. Terskelbasseng på Sørlandskysten. Organisk belastning og vannutskiftning. *Fisken og Havet*, Nr. 1 - 1993: 1-16.
- Baalsrud, K., L.Golmen, J. Molvær, B.Rygg 1991. Nordsjøplanen. Marine resipienter. Inndeling i resipientområder, tilførsler, mål for vannkvalitet og behov for reduksjon av tilførsler. NIVA rapport nr. 2638. 51 s. 1991.
- Baden, S.P., L-O Loo, L. Phil, R. Rosenberg 1990. Effects of eutrophication on benthic communities including fish: Swedish West Coast. *Ambio* 19: 113-122.
- Bokn, T. 1978. Klasser av fastsittende alger brukt som indikatorer på eutrofiering i estuarine og marine vannmasser. *Norsk institutt for vannforskning. Årbok 1978*, s. 53-59.
- Bokn, T., S. N. Murray, F. E. Moy, J. B. Magnusson 1992. Changes in furoid distribution and abundances in the inner Oslofjord, Norway: 1974-80 versus 1988-90. *Acta Phytogeogr. Suec.* 78., 117-124.
- Christie, H., H.P. Leinaas, B. Reppe 1989. Effekter på bunndyr, med spesiell referanse til potensielle næringsorganismer for ærfugl. I: Oppblomstring av *Chrysochromulina polylepis* 1988. Direktoratet for Naturforvaltning, rapport nr. 12, s. 50-53.1989.
- Dahl, E., F.E. Dahl, D.S. Danielssen 1984. Resipientundersøkelser i Tvedestrandsfjorden 1983. *Flødevigen Meldinger* 1984 (5): 1-45.
- Dahl, E., F.E. Dahl, D.S. Danielssen 1985. Resipientundersøkelser i Tvedestrandsfjorden 1984. *Flødevigen Meldinger* 1985 (4): 1-80.
- Dahl, E., F.E. Dahl, D.S. Danielssen 1987. Resipientundersøkelser i Tvedestrandsfjorden 1985. *Flødevigen Meldinger* 1987 (1): 1-55.
- Danielssen, D. 1979. Rapport angående resipientundersøkelser i Risør/Tvedestrandsområdet i 1978. Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt. Statens biologiske stasjon Flødevigen.
- Danielssen, D. 1981. Rapport angående resipientundersøkelser i Risør/Tvedestrandsområdet i 1979. Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt. Statens biologiske stasjon Flødevigen. 43s.
- Danielssen, D., S.A. Iversen 1978. Rapport angående resipientundersøkelser i Risør/Tvedestrandsområdet i 1976-77. Rapport fra Statens Biologiske Stasjon Flødevigen mai 1978. 48 pp.
- Edvardsen, B., M. Anstensrud, H. Christie, S. Fredriksen, J.S. Gray, H.P. Leinaas, T. Schram, I. Saanum, T. Winther-Larsen 1988. Rapport fra undersøkelser om effekter på bunnlevende organismer og strandlevende fisk på kyststrekningen Langesund - Tvedestrand etter oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis*. Rapport, Universitetet i Oslo.

- Erga, S.R., E. Oug, J. Knutzen, J. Magnusson 1990. Eutrofitilstand for norske fjorder og kystfarvann med tilgrensende havområder. (Overvåkningsrapport 391/90). NIVA rapport nr. 2370. 131 s.
- Hardy, F.G., S.M. Evans, M.A. Treemayne. 1993. Long-term changes in the macroalgae of three polluted estuaries in north-east England. *J. Exp. Biol. Ecol.* 172 (1993), 81-92.
- Jacobsen, T., Dahl, E., Oug, E. 1994. Miljøstatus i vannforekomster i Aust-Agder. Del II. Marine resipienter. NIVA-rapport l.nr. 3154, 115 s. + vedlegg. ISBN82-577-2627-3.
- Jacobsen, T., E. Oug, J. Magnusson 1996a. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal kommune 1992-1994. NIVA rapport nr. 3378. 100 s.
- Jacobsen, T., T. Johannessen, T. Johnsen, J. Molvær, E. Oug, I. Saanum 1996b. Undersøkelse av Skogsfjordssystemet i Mandal. Hydrografi, planteplankton, strandsone, bløtbunn, fiskeforekomster. NIVA rapport nr. 3505. 79 s.
- Jacobsen, T., E. Dahl, E. Oug, T. Johannessen, F. Moy 1997. Tilstanden i sjøområdene ved Grimstad før start av biologisk renseanlegg på Groos. NIVA rapport nr. 3622. 91 s.
- Johannessen, T., Dahl, E. 1996. Declines in oxygen concentrations along the Norwegian Skagerrak coast, 1927-1993: A signal of ecosystem changes due to eutrophication? *Limnol. Oceanogr.* 41: 766-778.
- Kautsky, H. 1991. Influence of eutrophication on the distribution of phytobenthic plant and animal communities. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 76, 423-432.
- Mathieson A.C., C.A. Penniman 1991. Floristic patterns and numerical classification of New England estuarine and open coast seaweed populations. *Nova Hedwiga* 52 (3-4), 453-485.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97:03. SFT. 36 s. ISBN 82-7655-367-2.
- Moy, F.E., S. Fredriksen, J. Gjøsæter, S. Hjohlman, T. Jacobsen, T. Johannessen, T.E. Lein, E. Oug, Ø.F. Tvedten 1996. Utredning om benthos-samfunnene på kyststrekningen Fulehuk - Stad. NIVA rapport, nr. 3551. 84 s.
- Oug, E. 1992. Bunnfauna i terskelfjorder i Aust-Agder. Undersøkelser etter vannutskiftningene vinteren 1989. NIVA rapport nr. 2686. 26 s.
- Oug, E. 1998. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal. Bløtbunnsfauna i Tromøysund og Galtesund 1994. NIVA rapport nr. 3829. 34 s.
- Phil, L., G. Magnusson, I. Isaksson, I. Wallentinus 1996. Distribution and growth dynamics of ephemeral macroalgae in shallow bays on the Swedish west coast. *Journal of Sea Research* 35 (1-3): 169-180.
- Pedersen, A., J. Aure, E. Dahl, N.W. Green, T. Johnsen, J. Magnusson, F. Moy, B. Rygg, M. Walday 1995. Langtidsovervåking i kystområdene av Norge. Fem års undersøkelser: 1990-1994. Hovedrapport. NIVA rapport nr. 3332. 117 s. (Statlig program for forurensningsovervåking. Overvåkningsrapport nr. 624a/95. TA-nr. 1264/1995.)

Rosenberg, R. 1990. Negative oxygen trends on Swedish coastal bottom waters. *Marine Poll. Bull.* 21: 335-339.

Rygg, B. 1995. Indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taxa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. NIVA rapport, nr. 3347. 68 s.

Rygg, B., P. B. Wikander 1985. Bunnfaunaundersøkelser i Tvedestrandsfjorden. NIVA-rapport 1795. 33s.

Stigebrandt, A. 1992. Beregning av miljøeffekter av menneskelige aktiviteter. Lærebok for brukere av vannkvalitetsmodellen Fjordmiljø. Ancyclus/SFT rapport nr. 9201, 58 s.

Strickland, J.D.H., Parson, T.R. 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd Can.* 167: 1-311.

Wikander, P.B. 1987. Bløtbunnsfaunaen i Tvedestrandsfjorden. Resultatene fra 1983, 1984 og 1986. NIVA-rapport 1978. 72s.

Vedlegg A. Hydrografi

Vannkvalitetesmodellen

Etter råd og informasjon fra Jan Aure Havforskningsinstituttet benyttet vi formelen (3) ($dO_2/dt = \mu * Fc / Hb$) fra Aure og Danielssen (1993) til beregning av oksygenforbruket, og formelen $Fc = a - b * Ht$ til utregning av Fc (midlere naturlig transport av organisk materiale i terskelnivå), hvor a er transport av organisk materiale nær overflaten og b er endringen av denne transporten med dypet. Aure og Danielssen (1993) brukte verdiene 8,0 for a og 0,1 for b ($Fc = 8,0 - 0,1 * Ht$). Aure anbefalte oss å bruke 8,5 for a og 0,1 for b ($Fc = 8,5 - 0,1 * Ht$). Ht er bassengenes terskeldyp, Hb er midlere bassengdyp, som beregnes ved å dele bassengvolumet under terskelen med fjordarealet i terskeldypet.

Vedleggstabell A1. Temperatur, saltholdighet, tetthet, oksygenkonsentrasjon, oksygenmetning, sikt og hydrogensulfidkonsentrasjon målt på Bjørnevikhalsen, Hestø og Bota i Tvedestrand kommune i 1996.

Stasjon	Dato	Dyp	Temp °C	Salt PSU	Tetthet Sigma t	O ₂ ml/l	O ₂ %	H ₂ S ml/l	Sikt m
Bjørnevik- halsen	12.08.96	0	17.763	28.223	20.147	6.01	107		10
		5	17.708	28.284	20.206	5.97	106		
		10	17.346	29.503	21.222	5.78	103		
		20	7.242	33.307	26.052	3.09	45		
		30	6.446	33.890	26.619	2.54	37		
		50	6.330	34.239	26.909	0.12	2		
		60	6.282	34.283	26.950	0.14	2		
		75	6.133	34.361	27.031			9.94	
80	6.081	34.393	27.063			12.18			
Hestø	12.08.96	0	17.640	28.450	20.349	5.94	106		9
		5	17.606	28.453	20.359	5.96	106		
		10	17.100	29.989	21.650	5.85	104		
		20	13.698	31.994	23.927	6.04	102		
		30	9.544	32.685	25.220	5.03	78		
		40	6.580	34.596	27.158	2.29	33		
		50	6.616	34.676	27.216	1.15	17		
Bota	12.08.96	0	17.654	28.523	20.401	5.92	105		10
		5	17.614	28.529	20.415	5.91	105		
		10	16.938	29.560	21.359	5.84	103		
		20	13.950	32.119	23.972	5.83	99		
		30	12.413	32.614	24.659	5.55	91		
		40	9.481	33.163	25.604	5.16	80		
		50	6.382	34.160	26.840	3.10	45		
Bjørnevik- halsen	11.09.96	0	16.848	22.709	16.140	6.31	107		6
		5	16.865	22.725	16.149	6.28	106		
		10	15.984	29.986	21.899	4.98	87		
		20	9.744	32.394	24.960	3.97	61		
		30	6.516	33.861	26.587	1.79	26		
		50	6.332	34.250	26.918	0.79	11		
		60	6.272	34.297	26.962			1.82	
		75	6.143	34.365	27.032			8.88	
80	6.087	34.400	27.067			12.15			
Hestø	11.09.96	0	16.810	22.574	16.045	6.21	105		7
		5	16.774	22.680	16.134	6.33	107		
		10	15.944	30.154	22.037	5.28	92		
		20	13.358	32.546	24.423	4.85	81		
		30	11.264	32.556	24.827	4.40	70		
		40	6.601	34.587	27.148	1.56	23		
		50	6.613	34.676	27.216	0.03	1		
Bota	11.09.96	0	16.735	22.479	15.988	6.15	104		7
		5	16.662	22.553	16.061	6.18	104		
		10	16.080	28.821	20.984	5.30	92		
		20	14.154	32.776	24.438	5.00	85		
		30	12.378	33.104	25.045	4.82	79		
		40	11.729	33.449	25.435	4.49	73		
		50	6.635	34.096	26.756	1.89	27		

Vedleggstabell A1 (fort.)

Stasjon	Dato	Dyp	Temp °C	Salt PSU	Tetthet Sigma t	O ₂ ml/l	O ₂ %	H ₂ S ml/l	Sikt m
Bjørnevik- halsen	20.09.96	0	15.188	25.709	18.785	6.08	101		7
		5	14.891	30.641	22.638	4.98	85		
		10	13.828	31.877	23.810	4.78	80		
		20	10.808	32.196	24.627	2.21	35		
		30	6.545	33.758	26.502	1.67	24		
		50	6.331	34.190	26.870	1.09	16		
		60	6.283	34.234	26.911	0.17	2		
		75	6.125	34.321	27.000			10.21	
	80	6.090	34.345	27.024			12.36		
Hestø Kabelbrudd Hydrografi- data forkastet	20.09.96	0				6.23			6
		5				5.54			
		10				5.00			
		20				4.76			
		30				4.28			
		40				1.37			
	50				0.29				
Bota	20.09.96	0	14.356	25.558	18.836	6.26	103		8
		5	15.200	29.889	21.994	5.34	91		
		10	14.611	31.693	23.507	5.22	89		
		20	13.502	33.178	24.882	5.17	87		
		30	12.551	33.420	25.258	4.70	78		
		40	11.967	33.508	25.437	4.59	75		
	50	6.788	34.001	26.661	1.61	24			
Bjørnevik- halsen	14.10.96	0	12.403	30.266	22.842	5.57	90		10
		5	12.460	32.447	24.521	4.70	77		
		10	12.149	32.754	24.817	4.86	79		
		20	11.336	33.087	25.226	2.97	48		
		30	6.685	33.625	26.378	1.00	15		
		50	6.331	34.161	26.848	0.32	5		
		60	6.277	34.218	26.899			0.57	
		75	6.150	34.295	26.977			7.49	
	80	6.097	34.331	27.012			10.00		
Hestø	14.10.96	0	11.047	29.164	22.228	5.96	93		8
		5	12.642	32.053	24.180	5.12	84		
		10	12.104	32.810	24.869	5.34	87		
		20	11.882	33.207	25.219	4.85	79		
		30	11.321	33.502	25.552	4.73	76		
		40	6.633	34.498	27.074	0.92	13		
	50	6.614	34.614	27.168	0.24	3			
Bota	14.10.96	0	11.294	30.574	23.281	6.20	98		11
		5	11.415	30.860	23.482	6.11	97		
		10	12.007	32.582	24.711	5.46	89		
		20	11.757	33.213	25.247	5.34	87		
		30	11.476	33.425	25.464	5.04	81		
		40	10.942	33.750	25.813	4.64	74		
	50	9.288	34.053	26.331	3.40	53			

Vedlegg B. Strandsone

Vedleggstabell B1. Alle arter registrert i Tvedestrandsfjorden i 1996 og 1997. Tegnforklaringer: e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig, d = dominerende, * = ikke mengdevurdert

Stasjonsnr	Havna		Eplevik-tangen		Furøy vest		Sage-sund		Bukkhlm		Borøy vest		Bota S		Bota		Bota N
	TV1	TV1	TV2	TV2	TV3	TV3	TV4	TV4	TV5	TV5	TV6	TV6	TV7	TV7	TV8	TV8	TV9
År	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	97
<i>Ahnfeltia plicata</i>	v	v	v	s	s	-	s	s	-	-	s	s	-	-	-	-	-
<i>Audouiniella</i> sp.	s	*	e	*	-	*	-	-	-	*	e	*	e	-	-	-	-
<i>Bonnemaisonia hamifera</i> : sporp.	e	*	-	-	-	-	-	-	-	s-v	e	*	v	v-d	v	v-d	v
<i>Broggiartella byssoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	s	*	-	-	-
<i>Callithamnion corymbosum</i>	-	s	-	s	-	-	-	-	e	-	-	-	-	s	-	-	-
<i>Ceramium nodulosum</i>	e	s	s	-	e	v	s	d	s-v	v	s	v-d	d	v-d	d	v	d
<i>Ceramium</i> spp.	v	-	e	*	s	*	d	s	s	-	s	*	-	v	-	-	-
<i>Ceramium strictum</i>	*	-	-	-	-	-	*	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceramium diaphanum</i>	-	-	*	*	*	*	-	*	*	-	-	*	-	*	-	-	-
<i>Chondrus crispus</i>	s	-	s	-	s	s	e	s	v	v	v	v	s	-	s	-	s
<i>Corallina officinalis</i>	-	-	-	-	s	s	-	-	s	s	s	s-v	s	s	v	s	s
<i>Corralinaceae</i> (skorpeformet):	-	-	s	-	v-d	v-d	v	s	d	d	d	d	v	d	v	v	v
<i>Phymatolithon lenormandii</i>	-	-	*	-	*	-	*	-	*	-	*	-	*	-	*	-	*
<i>Lithothamnion glaciale</i>	-	-	*	-	-	-	*	-	*	-	-	-	*	-	*	-	*
<i>Cruoria pellita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	s	-	s	-	-
<i>Cystoclonium purpureum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	s-v	-	s-v	-	v	-	s	-	-
<i>Delesseria sanguinea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erythrotrichia carnea</i>	-	*	-	-	-	*	-	*	-	*	-	*	-	-	-	-	-
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	-	s	-	-	s	s	-	-	v	-	v	-	v	v	v	v	d
<i>Griffithsia corallinoides</i>	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hildenbrandia rubra</i>	v	s	d	v	v	v	d	d	v	v	v	v	s	-	v	d	v
<i>Laurencia pinnatifida</i>	-	-	-	s	e	s	s	v	s	*	-	s	-	-	-	-	-
<i>Phyllophora pseudoceranooides</i>	v-d	-	-	-	e	s	-	-	s	-	-	*	-	-	s	s	-
<i>Phyllophora truncata</i>	-	v	-	s-v	-	-	-	-	-	-	e-s	-	-	s	-	-	-
<i>Polyides rotundus</i>	-	*	s	-	-	-	-	-	e	-	-	-	-	*	-	-	-
<i>Polysiphonia brodiaei</i>	-	-	e	-	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysiphonia elongata</i>	-	-	-	*	v	s	-	-	s	-	s	s	-	-	e	-	-
<i>Polysiphonia nigrescens</i>	-	v	e	-	e	-	-	s	v	s	s	-	s	-	v	s	s
<i>Polysiphonia</i> sp.	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysiphonia urceolata</i>	-	-	e	-	-	-	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Porphyra purpurea</i>	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhodomela confervoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	s	-	-	-	-	s
<i>Rhodophyllis divaricata</i>	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	e	-	-	-	-
<i>Ectocarpus</i> sp.	v-d	-	-	v	s-v	-	-	d	d	-	s	-	s	-	-	-	-
<i>Pilayella littoralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s
<i>Spongonema tomentosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	e	-	-	-
<i>Asperococcus fistulosus</i>	-	-	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asperococcus turneri</i>	s	-	-	-	s	-	s	-	-	-	-	-	v	-	v	-	-
<i>Chorda filum</i>	s	s	v	v	v	v	v	v	v	v	v-d	s	v	v	v	v	v-d
<i>Desmarestia viridis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-
<i>Elachista fucicola</i>	-	s	-	v	-	-	-	v	-	-	-	-	-	-	-	-	-

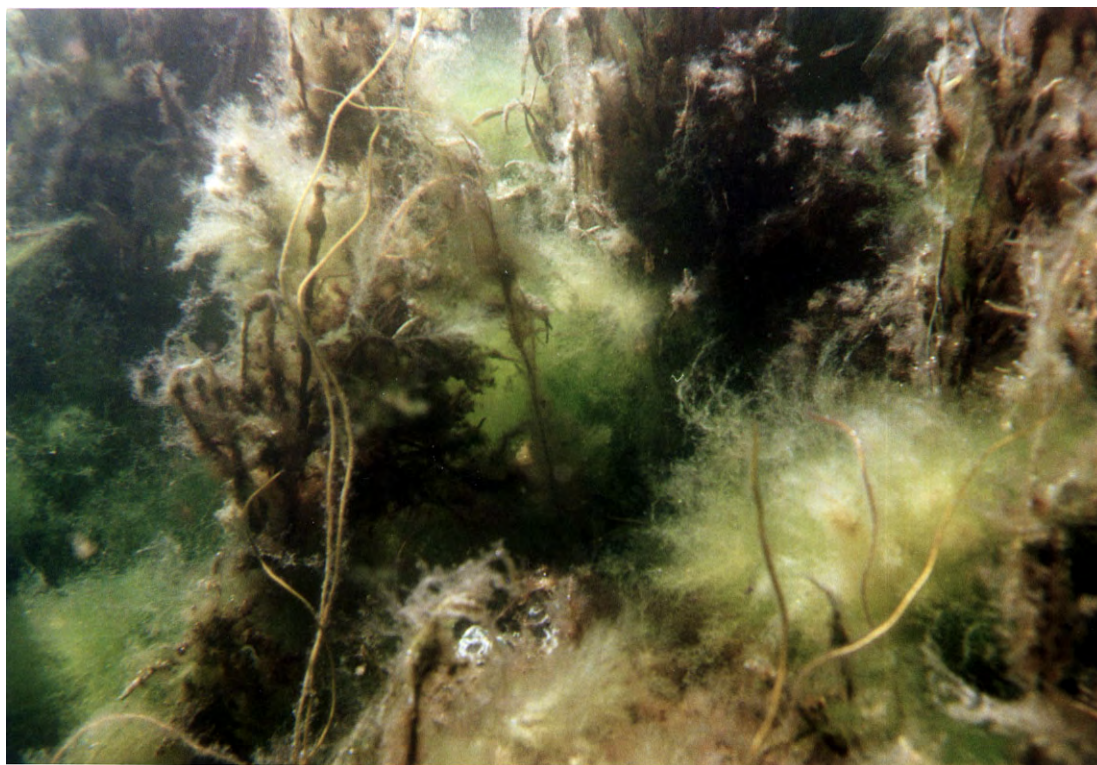
Vedleggstabell B1 fortsatt.

Stasjonsnr	Havna		Eplevik-tangen		Furøy vest		Sage-sund		Bukkhlm		Borøy vest		Bota S		Bota		Bota N	
	TV1	TV2	TV3	TV4	TV5	TV6	TV7	TV8	TV9	TV10	TV11	TV12	TV13	TV14	TV15	TV16	TV17	TV18
År	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97
<i>Mesogloia vermiculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	e	-	-
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ascophyllum nodosum</i>	s	s	v	s	s	s	v	s	d	v	v	v	v	v	v	v	v	v
<i>Fucus serratus</i>	-	-	s	d	d	d	s	v	d	d	d	d	s	d	d			d
<i>Fucus vesiculosus</i>	s	v	-	v	s	d	v	v	s	s	s	v	s	v	s	v	s	v
<i>Halidrys siliquosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	e	-	-	-	-	-
<i>Laminaria saccharina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	v	d	-	s	-	-
<i>Sargassum muticum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	e	-	-	-	-	-	s	-	-	-
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	s	v	s	v	v	s-v	s	s	s	v	s	s-v	e	-	e	-		*
<i>Chordaria flagelliformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladostephus spongiosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Feldmannia sp</i>	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
<i>Spermatocchnus paradoxus</i>	v	-	s	-	s	-	s-v	-	-	-	-	-	s	-	s	-	-	-
<i>Stilophora rhizoides</i>	-	s	-	-	-	s	-	*	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladophora rupestris</i>	s	v	-	-	s	-	-	-	s	s	-	e	v	-	s	s	-	-
<i>Cladophora sp.</i>	v-d	v-d	d	-	v	s	v	s	v	s	v	d	v	v-d	d	v	s	s
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	-	s	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enteromorpha sp.</i>	s	-	s	v-d	s	-	s	-	s	-	s	s	s	*	-	s	*	*
<i>Enteromorpha cf. flexulosa</i>	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	*
<i>Enteromorpha prolifera</i>	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizoclonium sp.</i>	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
<i>Spongomorpha sp.</i>	s	-	v	-	-	-	s	-	-	-	e	*	-	s	-	-	-	-
<i>Ulothrix/Urospora sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
<i>Ulva lactuca</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-
<i>Beggotia</i>	-	e	-	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
diatome-kjede på fjell	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
epifyttiske diatomeer	-	*	-	-	-	*	-	*	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
Bl.grønnalge. indet	-	-	-	-	-	*	-	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Actiniaria</i> indet.	-	-	-	-	e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asterias rubens</i>	s	s	s	s	v	s	v	s	v	s	s	-	v	v	v	s	-	-
<i>Balanus balanoides</i>	-	-	-	s	-	v-d	-	d	-	v	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Balanus sp.</i>	s	e-s	-	-	v	-	v	-	s	e	s	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ciona intestinalis</i>	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dynamena pumila</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	v	v
<i>Echinoidea</i> indet.	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Electra pilosa</i>	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	s	s	s	-	-	-
<i>Halichondria panicea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	v	-	s	-	v	v	v	s-v	s-v	s-v
<i>Littorina littorea</i>	s	s	s	-	s	s	v	s	s	-	s	-	-	-	-	-	-	-
<i>Membranipora membranacea</i>	-	v	-	s	-	v	-	v	-	v	-	s	-	-	-	-	-	s
<i>Mytilus edulis</i>	-	-	v-d	-	-	e	-	s	s	-	s	s	-	-	-	-	-	-
<i>Pomatoceros triqueter</i>	s	-	-	-	s	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spirorbis sp.</i>	s	*	-	-	v	v-d	-	v	v-d	v	v	v	s	v-d	s	v	v	v

Vedleggstabell B2. *Antall arter, forekomst, diversitet, dominans og jevnhet på stasjoner i Tvedestrandsfjorden 1996 og 1997.*

Stasjonsnr	TV1		TV2		TV3		TV4		TV5		TV6		TV7		TV8		TV9
	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	96	97	97
Sum antall arter(taxa)	27	29	24	22	30	28	25	28	35	24	32	31	32	21	28	19	22
Rødalger	10	12	12	9	13	12	10	9	17	11	15	12	14	9	13	8	10
Brunalger	7	6	6	8	8	6	8	10	9	6	7	6	10	6	9	4	6
Grønnalger	5	4	3	2	3	1	3	1	3	2	3	8	4	3	2	3	2
Fauna	5	5	3	3	6	7	4	6	6	5	7	3	4	3	4	4	4
Diverse (bl.gr, diat., planter)	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Forekomst alger	48	44	44	39.5	52	42.5	49	46.5	70	41.5	57.5	47	64	45	60	41	44.5
Dominansindeks	6.1	6.4	7.8	8.6	6.1	6.6	6.7	6.3	4.7	6.8	5.5	6.8	5.4	6.7	5.7	8.0	7.3
Diversitet (H')	3.2	3.2	3.1	3.0	3.3	3.2	3.2	3.2	3.5	3.1	3.4	3.3	3.4	3.0	3.3	2.9	3.0
Jevnhet	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9

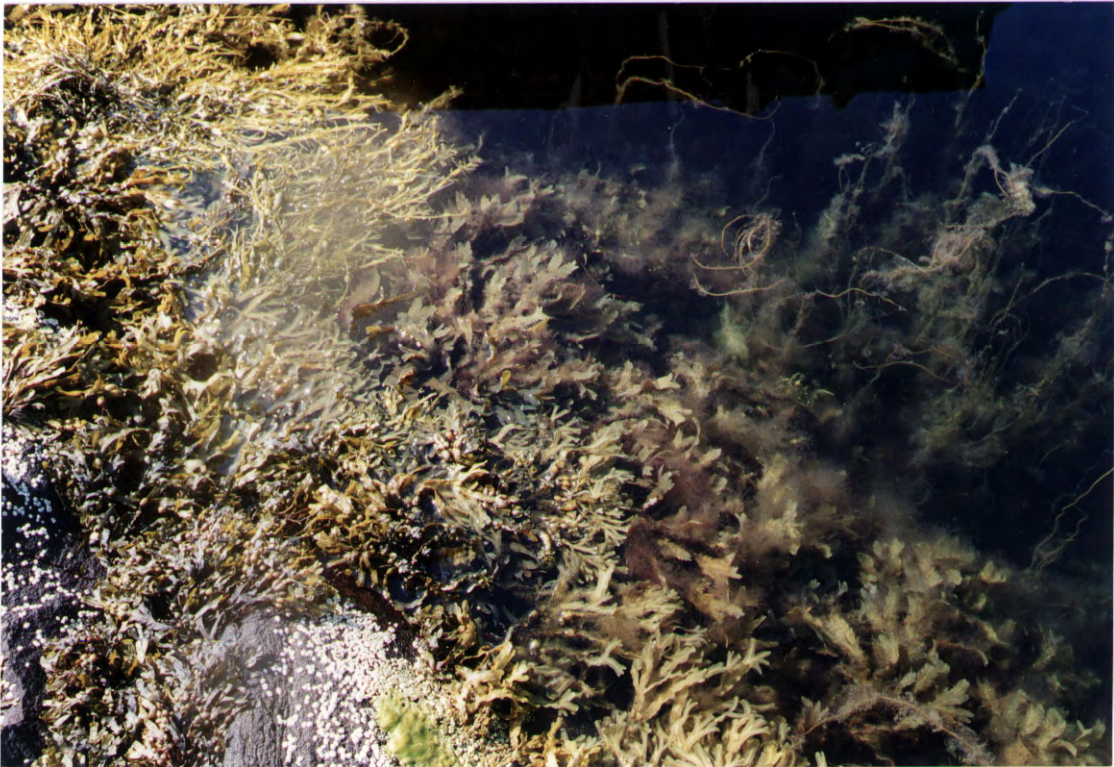
Vedlegg B3. Stasjonsbilder



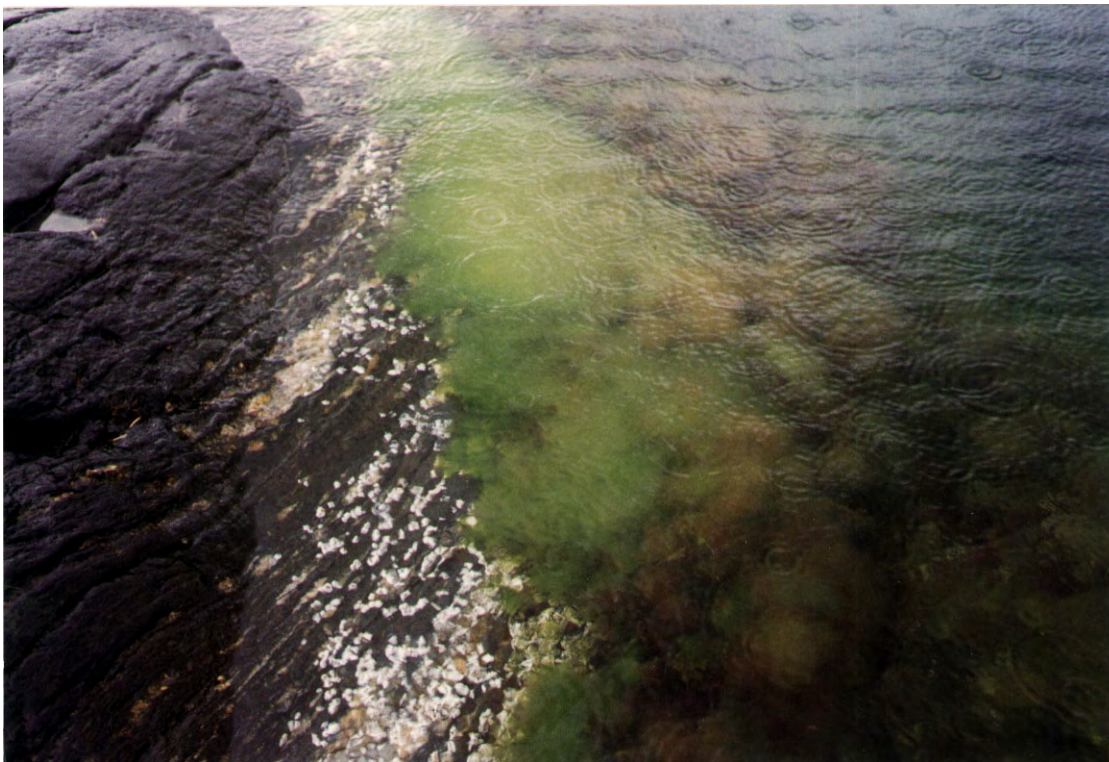
Stasjon TV1 Havna. Indre Tvedetrandsfjord. Bildet viser vegetasjonen på ca 0.5 meters dyp. Tang (grisetang) er fullstendig overgrodd av trådformete brun og grønnalger som i sin tur er nedslammet av epifyttiske diatomeer.



Stasjon TV2 Epleviktangen. Indre Tvedestrandsfjord. Frisk tangvegetasjon i tidevannssonen, men på noe dypere vann var tangen fullstendig dekket av trådformete brunalger.



Stasjon TV3 Furøy vest. Stasjonen sett ovenfra. Blæretang, rur, martaum.



Stasjon TV4 Sagesund. Stasjonen sett ovenfra. Rur etterfulgt av grønnalgebelte.



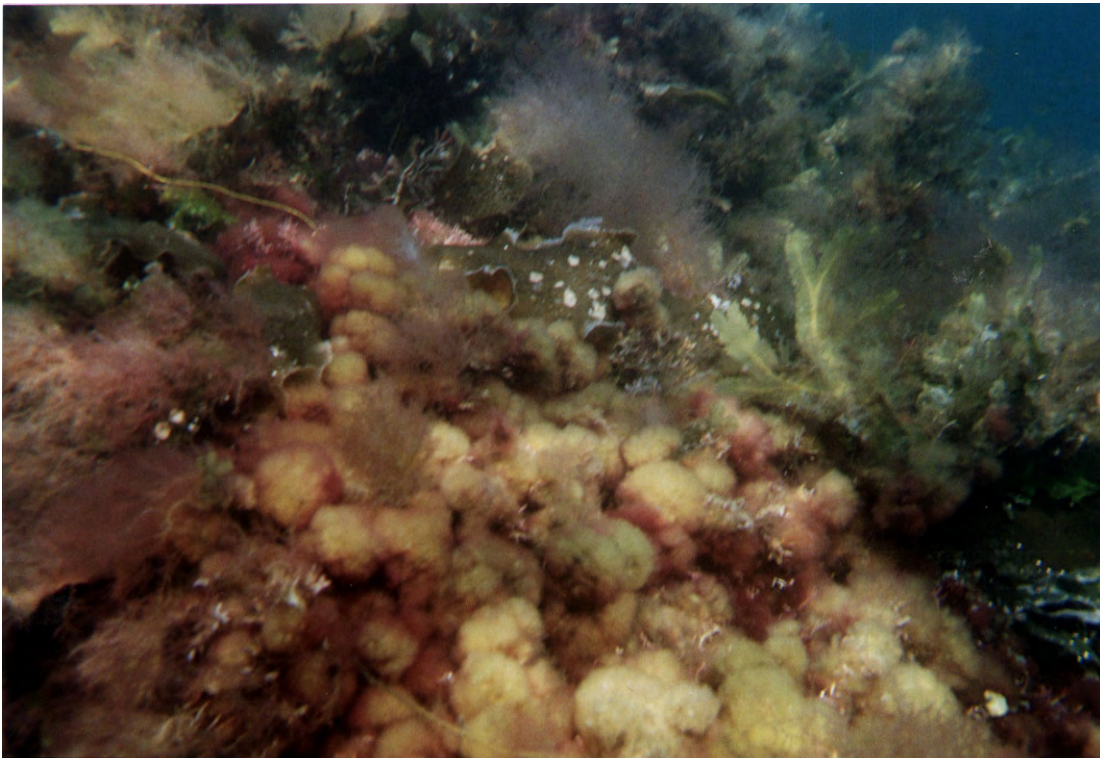
Stasjon TV4 Sagesund. Vegetasjonen på ca. 0.5 meters dyp. Svært tett begroing av trådformete påvekstalger og fastsittende diatomeer gav et tydelig inntrykk av eutrofiering.



Stasjon TV5 Bukkholmen. Oksefjorden. Algevegetasjonen i strandsonen. Blæretang, grisetang og sagtang vokste i tette bestander på stasjonen.



Stasjon TV6 Borøy. Oksefjorden. Flytende teppe av grønnalger på stasjonen i 1997. Frisk tangvegetasjon under algeteppe, med liten grad av påvekstalger.



Stasjon TV7 Bota S. Oksefjorden. Sør for oppdrettsanlegget. Bildet viser vegetasjonen på ca. 1 meters dyp. Tett forekomst av røddlo (*Trailiella intricata*) i forgrunnen.



Stasjon TV8 Bota. Oksefjorden. Stasjon på innsiden av oppdrettsanlegget, ved bratt helning på fjellet. Opphoping av løsrevne alger.



Stasjon TV9 Bota N. Oksefjorden. Stasjon på en liten odde, nord for oppdrettsanlegget på Bota. Bildet viser frisk tangvegetasjon, med mange påvekstalger.

Vedlegg C. Bløtbunnsfauna

Vedleggstabell C1. Oversikt over bunnprøver i Tvedestrandsfjorden 28. november 1996.

St.		Dyp (m)	koordinater	Prøvetaking	Fyll.- grad	Sikting/prøver
TVE 3	Bjørnevikhalsen	85	58° 36.68' N 8° 56.57' Ø	1 TOC/korn	1/1	kjemi
TVE 4	Hestøy	59	58° 35.08' N 8° 58.14' Ø	1 TOC/korn	1/1	kjemi
TVE 6	Bota	62-65	58° 34.57' N 8° 59.53' Ø	4 samf. fauna 1 TOC/korn	1/1	1 grovfraksj. 1 finfraksj.
TVE 8	Tangen	31	58° 37.13' N 8° 56.56' Ø	4 samf. fauna 1 TOC/korn	1/1	1 grovfraksj. 1 finfraksj.
TVE 9	Sagesund	40	58° 36.20' N 8° 58.12' Ø	4 samf. fauna 1 TOC/korn	1/1	1 grovfraksj. 1 finfraksj.
TVE 10	Oksefjorden	52	58° 34.74' N 8° 59.49' Ø	2 sep. fauna 1 TOC/korn 1 korn/gl.tap*	1/1	

* egen grabbprøve for sedimenter

Vedleggstabell C2. Fullstendige resultater for bunnfaunaprøver i Tvedestrandsfjorden 28. november 1996. Alle individtall er pr. 0.4 m²

Stasjon		TVE 6	TVE 8	TVE 9
NEMERTINEA	<i>Nemertinea</i> indet	2		9
POLYCHAETA	<i>Paramphinome jeffreysii</i> (McIntosh 1868)			3
	<i>Pholoe</i> cf. <i>baltica</i>			6
	<i>Pholoe</i> sp	4		
	<i>Phyllodocidae</i> indet			1
	<i>Ophiodromus flexuosus</i> (Delle Chiaje 1822)	1		12
	<i>Typosyllis cornuta</i> (Rathke 1843)	7		9
	<i>Glycera alba</i> (O.F.Mueller 1776)	1		7
	<i>Goniada maculata</i> Oersted 1843	1		1
	<i>Protodorvillea</i> sp	1		
	<i>Trochochaeta multisetosa</i> (Oersted 1843)	1		
	<i>Polydora caulleryi</i> Mesnil 1897			32
	<i>Prionospio fallax</i> Soederstroem 1920			6
	<i>Spiochaetopterus typicus</i> M.Sars 1856	29	1	6
	<i>Chaetozone setosa</i> Malmgren 1867	54		83
	<i>Cirratulus cirratus</i> (O.F.Mueller 1776)	1		
	<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren 1867)	1		1
	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede 1864)	12		188
	<i>Mediomastus fragilis</i> Rasmussen 1973			22
	<i>Maldane sarsi</i> Malmgren 1865	372	2	
	<i>Rhodine gracilior</i> Tauber 1879	1		
	<i>Myriochele oculata</i> Zaks 1922	24		152
	<i>Pectinaria koreni</i> Malmgren 1865	1		8
	<i>Melinna cristata</i> (M.Sars 1851)	31		3
	<i>Terebellides stroemi</i> M.Sars 1835			5
	<i>Chone</i> sp			1
	<i>Euchone papillosa</i> (M.Sars 1851)	9		46
	<i>Sabella penicillus</i> Linne 1767			1
CAUDOFOVEATA	<i>Caudofoveata</i> indet	13		9
BIVALVIA	<i>Nuculoma tenuis</i> (Montagu)	84		
	<i>Thyasira flexuosa</i> (Montagu 1803)	137		
	<i>Thyasira sarsi</i> (Philippi 1845)			311
	<i>Mysella bidentata</i> (Montagu 1803)			1
	<i>Macoma calcarea</i> (Gmelin 1790)			1
	<i>Abra nitida</i> (Mueller 1789)			3
	<i>Corbula gibba</i> (Olivi 1792)	10		2
CIRRIPEDIA	<i>Verruca stroemi</i> O.F.Mueller	3		
CUMACEA	<i>Diastylis rostrata</i> Sars	1		
AMPHIPODA	<i>Orchomene serratus</i> Boeck	1		
SIPUNCULIDA	<i>Phascolion strombi</i> (Montagu 1804)			1
	<i>Sipunculida</i> indet			1
PRIAPULIDA	<i>Priapulidus caudatus</i> Lamarck 1816			2
Sum arter		26	2	31
Sum individer		802	3	933