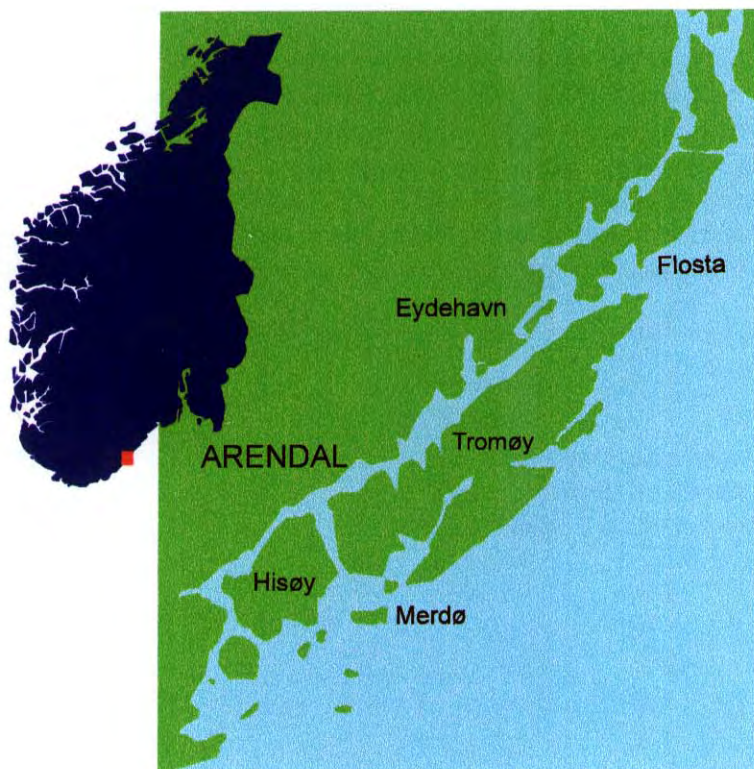


NIVA



RAPPORT LNR 3378-95

**Vannkvalitet**  
i kystområdene i  
Arendal kommune  
1992 - 1994



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-92227	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3378-95	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

<b>Rapportens tittel:</b> Vannkvalitet i kystområdene i Arendal kommune 1992-1994.	<b>Dato:</b> 18/1/96	<b>Trykket:</b> NIVA 1996
	<b>Faggruppe:</b> Marin eutrofi	
<b>Forfatter(e):</b> Tone Jacobsen Eivind Oug Jan Magnusson	<b>Geografisk område:</b> Aust-Agder	
	<b>Antall sider:</b> 100	<b>Opplag:</b> 100

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

Ekstrakt: Undersøkelse av miljøtilstanden er foretatt i indre kystområder i Arendal, fra Utnes (Hisøy) i vest til Eikelandsfjorden i øst. Undersøkelsen omfatter hydrografiske og hydrokjemiske målinger i vannmassene, undersøkelser av bløtbunnsfauna i dypområdene og undersøkelser av fastsittende alger og dyr i strandsonen. Undersøkelsene viser at Flosterfjorden og Eikelandsfjorden, samt delvis Strengereid og Kilsund er organisk belastet. Forholdene i Flosterfjorden og Eikelandsfjorden kan være naturlig betinget, men det er enkelte tegn som også tyder på lokale tilførsler. I Arendal havn viste både vannmasser og strandsonesamfunn effekter av lokale tilførsler. Ved det gamle utslippsstedet ved Utnes har bløtbunnsfaunaen gjennomgått en positiv utvikling etter at utslippet ble flyttet. Det er pr. idag ingen større effekter på bløtbunnsfaunaen ved det nye utslippsstedet ved Ærøy.

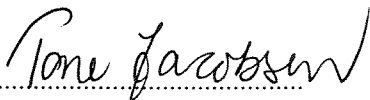
4 emneord, norske

1. Arendal
2. Miljøtilstand
3. Hydrografi og næringsalter
4. Hardbunn -/ bløtbunnsamfunn

4 emneord, engelske

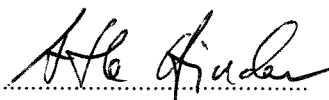
1. Arendal
2. Environmental quality status
3. Hydrography and nutrients
4. Hard bottom / soft bottom communities

Prosjektleder



Tone Jacobsen

For administrasjonen



Atle Hindar

ISBN 82-577-2909-4

Norsk institutt for vannforskning

**O-92227**

**VANNKVALITET I KYSTOMRÅDENE I ARENDAL  
KOMMUNE**

**1992 - 1994**

Prosjektleder: Tone Jacobsen

Medarbeidere: Rolf Høgberget  
Frank Kjellberg  
Mette C. Lie  
Jan Magnusson  
Frithjof Moy  
Kristoffer Næs  
Eivind Oug  
Lise Tveiten

## *Forord*

*Denne undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag fra Arendal kommune i henhold til programforslag av 2. oktober 1992. Kristoffer Næs har vært prosjektleder i perioden 1992 - 1993, og Tone Jacobsen i resten av perioden.*

*Undersøkelsen er en oppfølging av tidligere undersøkelser ved Utnes og i Tromøysund, men omfatter også områder som ikke tidligere er undersøkt.*

*Rolf Høgberget og Mette C. Lie har stått for innsamling av hydrografiske data.*

*Feltarbeid for bløtbunnsundersøkelsene ble gjennomført fra forskningsfartøyet til Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen: F/F "G.M.Dannevig". Frank Kjellberg, Eivind Oug og Tone Jacobsen utførte feltarbeidet. Vi takker mannskapet på F/F "G.M. Dannevig" for godt samarbeid.*

*Strandsoneundersøkelsene er gjennomført av Tone Jacobsen, Frithjof Moy og Lise Tveiten.*

*Jan Magnusson har vært ansvarlig for hydrografi-undersøkelsene, Eivind Oug for bløtbunnsundersøkelsene og Tone Jacobsen for strandsoneundersøkelsene.*

*Grimstad, 17. januar 1996*

*Tone Jacobsen  
Prosjektleder*

**INNHold**

<b>1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER.....</b>	<b>5</b>
<b>2. INNLEDNING.....</b>	<b>8</b>
2.1 BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSENE.....	8
2.2 FORURENSNINGSTILFØRSLER .....	8
2.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER .....	9
2.4 FORMÅL .....	10
2.5 UNDERSØKELSESPROGRAM.....	11
<b>3. HYDROGRAFI/HYDROKJEMI.....</b>	<b>13</b>
3.1 STASJONSVALG OG METODIKK .....	13
3.1.1 Stasjonsvalg .....	13
3.1.2 Prøvetaking.....	13
3.1.3 Analyser .....	13
3.1.4 Grunnlag for karakterisering av vannkvalitet .....	14
3.2 RESULTATER .....	17
3.2.1 Karakterisering av næringssaltinnhold ut fra SFT's klassifiseringstabell.....	17
3.2.2 Karakterisering av næringssaltinnhold i relasjon til saltholdighet og silikat. ....	21
3.2.3 Sammenligning med tidligere undersøkelser av næringssalter .....	23
3.2.4 Oksygenforhold.....	25
3.3 KONKLUSJONER .....	26
<b>4. BLØTBUNN .....</b>	<b>27</b>
4.1 STASJONSVALG OG METODIKK .....	27
4.1.1 Valg av prøvetakingslokaliteter .....	27
4.1.2 Prøvetaking.....	27
4.1.3 Analysemetoder.....	27
4.1.4 Tallbehandling.....	28
4.2 RESULTATER .....	29
4.2.1 Prøvetaking.....	29
4.2.2 Bunnsedimenter .....	30
4.2.3 Bunnfauna.....	32
4.2.4 Utviklingen i Utnes-området.....	36
4.3 VURDERING AV RESULTATENE .....	41
4.3.1 Utnes-området .....	41
4.3.2 Østlige områder i Arendal kommune.....	41
<b>5. MILJØGIFTER I SEDIMENTER.....</b>	<b>43</b>
5.1 STASJONSVALG OG METODIKK .....	43
5.1.1 Prøvetakingslokaliteter.....	43
5.1.2 Prøvetaking.....	43
5.1.3 Grunnlag for vurderinger .....	43
5.2 RESULTATER .....	43
5.3 VURDERINGER.....	44
<b>6. STRANDSONE .....</b>	<b>45</b>
6.1 METODER.....	45
6.1.1 Stasjonsplassering .....	45
6.1.2 Feltundersøkelser.....	45
6.1.3 Tallbehandling.....	47

---

6.2 RESULTATER .....	48
6.2.1 Organismesamfunn på lokalitetene .....	48
6.2.2 Likhet mellom lokalitetene .....	53
6.2.3 Utviklingen i Tromøysund.....	55
6.3 VURDERINGER.....	56
<b>7. LITTERATURLISTE.....</b>	<b>58</b>
<b>8. VEDLEGG.....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>

## **1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER**

På oppdrag fra Arendal kommune har NIVA gjennomført marine undersøkelser i Arendals indre kystområder. Formålet med undersøkelsene har vært å dokumentere dagens miljøtilstand, beskrive forandringer som følge av forurensningsbegrensende tiltak og gi grunnlag for prioriteringer av saneringsarbeid. Undersøkelsene har omfattet områdene fra Utnes (Hisøy) i vest til Eikelandsfjorden (Tverdalsøy) i øst. Utnes var hovedresipient for kommunale utslipp fram til 1989, da utslippet ble flyttet ut til Ærøy. Det er fortsatt enkelte direkteutslipp til indre kystområder i kommunen.

Undersøkelsen har bestått av følgende fagelementer:

- Hydrografiske og hydrokjemiske målinger av vannmasser. Temperatur, saltholdighet, oksygen og næringssalter ble målt på 17 stasjoner i desember 1992, januar 1993 og august 1993.
- Undersøkelser av bløtbunnsfauna på fire stasjoner ved Utnes/Ærøydypet og fire stasjoner ved Flosta/Tverdalsøy. I tillegg ble det foretatt analyse av kornfordeling, organisk innhold (TOC, TN), og visuell beskrivelse av sedimentene. Prøveinnsamlingen ble foretatt i mai 1994.
- Undersøkelse av miljøgiftinnholdet på to stasjoner ved Utnes. Prøvene ble innsamlet samtidig med bløtbunnsprøvene i mai 1994.
- Strandsonundersøkelse med semikvantitativ registrering av flora og fauna på grunt vann på 12 lokaliteter i kommunen. Rammeanalyser fra 2 stasjoner. Undersøkelsen ble gjennomført i juli 1993 og juli 1994.

### ***Hydrografi/hydrokjemi***

Undersøkelse av næringssaltinnholdet i overflatevann viste at området ved Arendal by samt beskyttede områder i Tromøysund og østområdene (Flosta/Tverdalsøy) gav klare signaler om påvirkning av utslipp. Relativt sett var området utenfor Arendal by mest påvirket. Enkelte andre områder ved Saltrød, Kilsund og Utnes kan muligens også være påvirket. Stasjoner ved utløpene til Nidelva var påvirket av nitrogentilførsler fra elva. Øvrige stasjoner i området viste liten påvirkning. Antall observasjoner i undersøkelsen var få (tre tokt), og det vil derfor være noe usikkerhet knyttet til årsvariasjoner og generell tilstand.

En enkel sammenligning mellom den foreliggende undersøkelsen og eldre observasjoner fra Utnes (1981-85) og Arendalområdet (1976-77), indikerer at området ved Utnes muligens var noe mindre belastet med fosfor enn tidligere. Imidlertid er antall observasjoner fra 1992-93 for få til å kunne fastslå forskjellene med statistisk sikkerhet.

Målinger av oksygenkonsentrasjoner viste at tilstanden var god i hele området unntatt i Hølen, Flosterfjorden og Eikelandsfjorden. Områdene med lav oksygenkonsentrasjon er delvis innelukkede fjorder med topografisk begrenset vannutskiftning, og innebærer at de lave oksygenkonsentrasjonene sannsynligvis er naturlig betingede.

### ***Bløtbunnsfauna***

Undersøkelsene viste at det var tilfredsstillende forhold i Utnes-bassenget og Ærøydypet. I Utnes-bassenget (30 m) var forholdene blitt vesentlig forbedret etter at utslippet av avløpsvann ble flyttet, men faunaen var fortsatt noe påvirket av organiske tilførsler. Det kunne ikke påvises noen negative

effekter ved nåværende utslippssted ved Ærøya (38 m). I Ærøydypet (110-164 m) var forholdene gode og tilsvarende som forholdene i andre dype områder på Sørlandskysten.

Flere av de undersøkte lokalitetene i området ved Flosta og Tverrdalsøy var påvirket av organiske tilførsler. I Kilsund (20 m) var det mørkt bunnsediment med høyt organisk innhold og lukt av hydrogensulfid. Faunaen var artsrik, men var tydelig preget av organiske tilførsler. I Eikelandsfjorden er det stagnerende dypvann med hydrogensulfid. Bunnprøver fra 40 og 32 m var uten fauna. Ved Rørvik i utløpet av forbindelsen til Strengereid (30 m) var det friskt bunnsediment og generelt gode forhold, men artssammensetning og høyt organisk innhold i sedimentet indikerte at lokaliteten var utsatt. Ved Narestø (56 m) var det gode forhold, men også denne lokaliteten hadde noe forhøyd organisk innhold i sedimentet.

### *Miljøgifter i sedimenter ved Utnes*

Sedimentene ved Utnes og Ærøy var *lite* til *moderat forurenset* av miljøgifter. Det ble målt overkonsentrasjoner for kvikksølv, bly og PAH.

### *Strandsoner*

Undersøkelsene viste at det var ingen tydelige effekter av overgjødning på stasjonen ved Utnes. Stasjonen var preget av stor eksponering for bølgeslag, og virket noe ferskvannspåvirket.

Stasjonene i Arendal havn, innelukkede deler av Tromøysund og innsiden av Flosta og Tverdalsøy var klart påvirket av forhøyde næringssaltkonsentrasjoner. Stasjonene hadde mye sedimentasjon og mange påvekstsalger. På enkelte stasjoner ble det i tillegg registrert få arter, lav diversitet og høy dominans.

Stasjonene i sentrale deler av Tromøysund hadde mange arter, og viste ingen tydelige tegn til stor belastning. Tilstedeværelse av mye påvekstsalger og noe sedimentasjon ved Trollenes og Skibvigen indikerer imidlertid en svak overgjødning i Tromøysund.

Undersøkelsen tyder på at det har vært store årsvariasjoner mellom 1990, 1993 og 1994.

## **KONKLUSJONER**

Undersøkelser av overflatevannets næringsinnhold, oksygenforhold i bunnvannet, bløtbunnsfauna og strandsonesamfunn viser at området på innsiden av Flosta og Tverdalsøy (Eikelandsfjorden og Flosterfjorden) og tildels Kilsund er organisk belastet. Overflatevannet er preget av forhøyde næringssaltkonsentrasjoner (tilstandsklasse *mindre god*) og noe unormale strandsonesamfunn. Bunnvannet i Eikelandsfjorden har dårlige oksygenforhold, og ingen dyr lever i bunnsedimentene. Området er delvis innelukket, og de lave oksygenkonsentrasjonene kan derfor være naturlig betinget. Næringssaltanalysene gav imidlertid signaler om lokale tilførsler. Området er svært sårbart for økte tilførsler. I Kilsund var vannkvaliteten *mindre god* m.h.p. næringssalter om vinteren, mens sommerobservasjonen var innenfor det som regnes for gode forhold. Det ble likevel registrert tegn til næringssaltpåvirkning i strandsamfunnet, og tegn til organisk anrikning i bunnsedimentene.

Undersøkelsene av hydrokjemi og gruntvannssamfunn viser at området ved Strengereid er påvirket av utslipp. De forhøyde næringssaltkonsentrasjonene har gitt utslag i begroing av endel



opportunistiske, trådformete alger. Det er enkelte kloakkutslipp til området, samtidig som området er mye brukt av båtturister. Bunnsedimentene i området mellom Klokkarøy og Buøya var relativt gode, men er utsatt for påvirkninger.

Overflatevannet ved Narestø hadde forhøyd næringssaltinnhold, men det har ikke gitt utslag på strandsamfunnet eller bunnsedimentene. Området har god vannutskiftning og forbindelse med ytre kyst.

I Tromøysund tydet strandsonesamfunnet på organisk belastning i enkelte avgrensede områder som Frisøy, og svak overgjødning i mer sentrale deler av sundet. Det ble målt noe forhøyde næringssaltverdier i Tromøysund, som trolig kan knyttes til Nidelva.

Undersøkelsen tyder på effekter av lokale tilførsler av næringssalter ved Arendal havn. Overflatevannet hadde forhøyde næringssaltkonsentrasjoner (tilstandsklasse *mindre god*), og gruntvannssamfunnet bar tydelig preg av overkonsentrasjoner av næringssalter. En tidligere undersøkelse har vist at overflatesedimentet i Arendal havn er forurenset av ulike miljøgifter. Størst er forurensningen av tjærestoffer (PAH) som plasserer området i forurensningsgrad V, *meget sterkt forurenset*.

Fram til 1985-1986 viste undersøkelser av bunnsedimentene ved Utnes at tilstanden var tilfredsstillende, til tross for at området var hovedresipient for kommunale utslipp. Etter 1986 var det imidlertid en negativ utvikling i området. Like før flytting av hovedutslippet for kommunal kloakk i 1989, var forurensningsgraden i bunnsedimentene betydelig/stor og det ble påvist hydrogensulfid i sedimentene. Etter flytting av utslipp fra kommunens hovedreanlegg, har bunnsedimentene forbedret seg slik at tilstanden i dag er som den var tidlig på 80-tallet. I overflatevannet er området fortsatt preget av overkonsentrasjoner av næringssalter, men dette skyldes trolig influens fra Nidelva.

Pr. idag har de kommunale utslippene ikke, eller bare i liten grad, påvirket stasjonen ved Ærøy (utslippssted for kommunal kloakk fra 1989). Det kan imidlertid ikke utelukkes at bunnforholdene over tid kan utvikle seg i negativ retning, slik som ved Utnes.

## 2. INNLEDNING

### 2.1 Bakgrunn for undersøkelsene

Siden begynnelsen av 1980-tallet har det foregått overvåking av utslippet fra kloakkrenseanlegget på Utnes, Hisøy (Moy og Wikander 1990). Overvåkingsprogrammet ble etablert i mars 1981. Undersøkelsene har omfattet målinger i vannmassene, dyrelivet på bløtbunn og organismesamfunn i strandsonen. På slutten av 1980-tallet ble det påvist en gradvis negativ utvikling i bløtbunnsfaunaen nær det opprinnelige utslippsstedet på innsiden av Ærøya. Dette dannet blant annet grunnlaget for flytting av utslippssted til utsiden av Ærøya. Før flytting av utslippssted ble bløtbunnsfaunaen på utsiden av Ærøya undersøkt for å dokumentere miljøforholdene (førtilstanden).

Videre er det gjennomført undersøkelser i Tromøysund i 1989 - 1990, hvor miljøgifter i sedimenter og organismer, plante- og dyrelivet i strandsonen og dyrelivet på bløtbunn inngikk (Næs et al. 1991). Undersøkelsen la vekt på å beskrive forholdene i hovedvannmassene i Tromøysund i området fra Songekilen til østenden av Tromøya. Rapporten ga anbefalinger om oppfølgende undersøkelser.

Arendal kommune ønsket å fortsette overvåkingen av Utnesområdet, og innhente opplysninger om miljøtilstanden også i andre deler av kommunens sjøområder. På et møte med miljøvernrådgiver Erik Andreassen og seksjonsleder Eva Boman (Fylkesmannens miljøvernnavdeling) den 27.05.92 fikk NIVA i oppdrag å utarbeide forslag til ny undersøkelse i Arendal som skulle dekke Utnes, Arendal havn, Tromøysund og områdene rundt Flosta og Tverdalsøy. Undersøkelsen skulle legge hovedvekt på virkningene av kommunale utslipp.

### 2.2 Forurensningstilførsler

#### *Kommunale tilførsler*

De samlede kommunale tilførslene av næringssalter til sjøområder i Arendal kommune er ca. 41 000 personekvivalenter (pe), tilsvarende 25,3 tonn fosfor og 189 tonn nitrogen pr. år (oppl. fra Fylkesmannen i Aust-Agder og tekn. etat, Arendal kommune). Av disse er ca. 6000 pe direkteutslipp. Kommunens hovedrenseanlegg ligger på Utnes, Hisøy, og mottar de største tilførslene (ca. 36 000 pe). Utslipet blir ført ut på 40 m dyp i skrånningen ut mot Ærøydypet. De kommunale utslipp til Kilsund og Strengereid er henholdsvis 1240 pe og 685 pe.

Fram til 1989 var Utnesbassenget ved Hisøy resipient for det kommunale hovedrenseanlegget. Utslipet ble ført ut på 30 meters dyp, og omfattet ca. 24 000 pe. I 1989 ble utslippet flyttet til Ærøybassenget, etter påvisning av en gradvis negativ utvikling i bunnområdene nær utslippsstedet. Samtidig ble det gjennomført saneringer i store deler av kommunen for å redusere utslippene til de øvrige delene av kommunen. Kommunale utslipp til Tromøysund ble overført til renseanlegget på Utnes i 1990, slik at utslippene til Tromøysund ble redusert fra 12-15 000 personekvivalenter (pe) til 3-4 000 pe. Det pågår fortsatt arbeid med sanering flere steder i kommunen.

Et nytt kjemisk-mekanisk renseanlegg på Utnes er planlagt, og skal etter planen stå ferdig i 1998/99.

### ***Tilførsler fra industri.***

Arendal Smelteverk A/S slipper årlig ut 300 - 400 tonn silisiumkarbid (SiC) på 15 m dyp ved Eydehavn i Tromøysund. Silisiumkarbidet har kornstørrelse mindre enn 10 µm (Næs et al. 1991). Det kjennes ikke til utslipp av miljøgifter fra smelteverket.

Det Norske Nitrideselskapet på Eydehavn produserte aluminium fram til ca. 1976. Området rundt Nitriden er fortsatt kilde til tjærestoffer (PAH) i Tromøysund, og er også trolig hovedkilden til PCB i området (Næs et al 1991, Helland 1993).

## **2.3 Tidligere undersøkelser**

Det foreligger en rapport som omtaler alle marine undersøkelser i Aust-Agder og som oppsummerer tilstanden basert på de seneste undersøkelsene (Jacobsen et al. 1994). Det henvises til denne rapporten for fullstendig oversikt over alle undersøkelser i Arendalsområdet. Kun undersøkelser som er av direkte relevans for den foreliggende rapporten, er omtalt nedenfor.

### ***Utnes***

En større overvåking av Utnes-området ble gjennomført av NIVA på 80-tallet for å vurdere tilstanden i området og dokumentere eventuelle utviklingstendenser som følge av utslipp fra kommunens hovedrenseanlegg. Elementer som inngikk i undersøkelsen var organismesamfunn på bløtbunn (Wikander 1985a, 1986a, 1988, 1989, Moy og Wikander 1990), organismesamfunn på hardbunn (Moy og Wikander 1990), hydrokjemiske målinger i vannmassene (Magnusson 1976, Boman 1982, Olsen 1984, Boman og Wikander 1983, Næs 1985, Wikander 1985b og Næs 1986 c) og innhold av miljøgifter i sedimentene (Wikander 1986a, Boman og Wikander 1983).

I undersøkelsene kunne det ikke spores effekter av utslippet på overflatevannet, men dypvannet viste økt oksygenforbruk nær utslippet fra renseanlegget (Næs 1986c). Bløtbunnsfaunaen var normal fram til 1985-1986, men fra 1987 til 1989 ble det registrert en forverring av tilstanden nær utslippet. Forurensningsgraden endret seg til betydelig/stor med hydrogensulfid i sedimentene (Moy og Wikander 1990).

### ***Tromøysund***

I 1989-90 ble det gjennomført en større undersøkelse i Tromøysund for å beskrive forurensningssituasjonen med hensyn på utslipp av kommunalt avløpsvann, sigevann fra Heftingdalen søppelplass og industritilførsler fra Nitriden og Arendal Smelteverk A/S (Næs et al. 1991). Undersøkelsen ble utført like før reduksjonen i utslippene og omfattet organisk materiale og miljøgifter i bunnsedimentene, sammensetning av dyre- og planteliv på grunt og dypt vann og innhold av miljøgifter i ulike organismer. Det ble funnet moderate effekter av organiske tilførsler i vest (Arendal - Trollenes) og lokale effekter av silisiumkarbidstøv nær Arendal Smelteverk A/S. I østlige deler av Tromøysund var forholdene generelt gode med hensyn på effekter av organiske tilførsler. Hele sundet hadde noe forhøyde verdier av PCB og PAH i sedimentene. Ved klassifisering av forurensningsgrad etter SFT's veiledningshefter (Knutzen et al. 1993), ble sedimentene i nærområdet til Nitriden funnet å være *sterkt forurenset* av PAH (forurensningsgrad

4), mens blåskjell var *moderat* til *markert forurenset* av PAH (forurensningsgrad 3). Påvirkning av metaller i organismer var liten (Næs et al. 1991). Forurensningene av PAH og PCB ble hovedsakelig knyttet til tidligere utslipp/dumping fra Nitriden.

Det er senere gjort oppfølgende undersøkelser i Tromøysund for å kartlegge nærmere industriforurensningen rundt Nitriden (Helland 1993, Helland et al. 1995). Undersøkelsene bekreftet at sedimentene hadde store konsentrasjoner av PAH og PCB. Sedimentene var *meget sterkt forurenset* av PAH (forurensningsgrad 5) og *sterkt forurenset* av PCB (forurensningsgrad 4). O-skjell var også *sterkt forurenset* av PAH, mens blåskjell som ble overført fra ytre Tromøya til Nitriden var *moderat forurenset* (forurensningsgrad 2) etter ca. 6 måneder i sjøen. Undersøkelsen påviste at organiske miljøgifter lekker ut i Heggedalsbukta fra deponiområder.

### **Andre områder**

Miljøgiftinnholdet i sedimenter (2 stasjoner) og blåskjell (1 stasjon) ble i 1993 kartlagt i Arendal havn i forbindelse med en landsomfattende, orienterende undersøkelse av miljøgiftinnhold i norske havner (Konieczny og Juliussen 1995). Datamateriale for hvert havneområde er lite, men gir likevel klare indikasjoner på forurensningsnivåene av de ulike miljøgiftene. Undersøkelsen viste at sedimentene i Arendal var *moderat* til *markert forurenset* av tungmetaller (grad 2-3), *sterkt forurenset* av PCB (forurensningsgrad 4) og *meget sterkt forurenset* av PAH (forurensningsgrad 5). Innhold av TBT (tri-butyl-tinn) var i overkant av 7 ganger høyere enn det foreslåtte bakgrunnsnivået. Arendal og fire andre norske havner ble anbefalt på sikt å gjennomføre supplerende undersøkelser (2. prioritet) på bakgrunn av disse resultatene.

Hvert år overvåkes faste hardbunns- bløtbunns- og hydrokjemistasjoner gjennom Kystovervåkningsprogrammet (Pedersen et al. 1995). I Arendal inngår en hardbunnsstasjon på nordenden av Tromøy, to hydrografiske stasjoner 1 og 5 nautiske mil utenfor Torungen, og tre bløtbunnsstasjoner på utsiden av Tromøya. Kystovervåkningsprogrammet startet i 1990, etter den giftige algeoppblomstringen i 1988.

Hver sommer utføres undersøkelser av badevannskvaliteten (bakteriemålinger) på de mest brukte badeplassene i kommunen. Resultatene rapporteres av Fylkesmannen i Aust-Agder. Badevannsundersøkelsen har vist godt badevann i alle undersøkte sjøvannslokalteter, men noe varierende kvalitet i Nidelva.

## **2.4 Formål**

Undersøkelsen har vært orientert rundt to problemområder:

### 1. Lokale problemstillinger:

- beskrive generell miljøtilstand
- gi grunnlag for prioriteringer av saneringsarbeid
- beskrive endringer som følge av tiltak

### 2. Regionale problemstillinger

- overvåke hovedvannmassene i kommunen
- dokumentere forbedringer som følge av lokale "Nordsjøtiltak".

## 2.5 Undersøkellesprogram

Undersøkelsen har lagt hovedvekt på følgende fagelementer:

- Hydrografi/hydrokjemi
- Bløtbunnsfauna
- Strandsonen

I tillegg er det gjort analyser av miljøgiftinnholdet i sedimenter ved Utnes og Ærøy.

SFT har gitt veiledninger for klassifisering av miljøkvalitet, basert på virkninger av næringssalter/oksygen (Rygg og Thélin, 1993a), organisk materiale (Rygg og Thélin, 1993b) og miljøgifter (Knutzen et al. 1993). Systemet omfatter klassifisering av tilstand (observert miljøkvalitet; naturbetinget og menneskeskapt) og bestemmelse av forurensningsgrad (menneskelig påvirkning). I denne rapporten er miljøforholdene i vannsøylen og på bløtbunn vurdert etter tilstandsklasser, mens miljøgiftinnhold er klassifisert etter forurensningsgrad.

Nedenfor følger en nærmere presentering av de ulike fagelementene i undersøkelsen.

### *Hydrografi/hydrokjemi*

Hydrografiske og hydrokemiske målinger omfatter blant annet målinger av næringssalter, saltholdighet og temperatur. Store tilførsler av løste næringssalter (naturlig eller menneskeskapt) medfører stor algeproduksjon som igjen gir grunnlag for et stort oksygenforbruk i forbindelse med nedbrytning av algebiomassen. I innelukkede områder med liten vannutskiftning kan dette medføre anoksisk bunnvann (uten oksygen). Målinger av oksygeninnhold i bunnvann er derfor ofte brukt til å vurdere resipienter. Sammenligning av forholdet mellom ulike næringssalter og saltholdighet kan avsløre eventuelle overkonsentrasjoner og sannsynlig opprinnelse.

### *Bløtbunn*

Undersøkelser av naturlig forekommende bunnlevende organismer gir et godt grunnlag for å beskrive tilstand og overvåke utviklingstendenser i de dypere deler av et sjøområde. Alle arter stiller bestemte krav til miljøet, de vil enten overleve eller gå til grunne, og dersom miljøet endrer seg vil nye arter komme til. Best informasjon får man ved å betrakte den totale sammensetningen av arter ('samfunn') i undersøkelsesområdet. Under normale og gode miljøforhold vil mange arter finne livsbetingelser, og samfunnet preges av høy artsrikhet. Ved forurensning eller andre miljøforstyrrelser avtar artsrikheten, men arter som klarer seg, kan finnes i store mengder. Samfunnenes sammensetning sammen med kjennskap til de enkelte artenes miljøkrav gir derfor grunnlag for å karakterisere tilstanden i et område.

### *Strandsonen*

Mens bløtbunnsfaunaen gir indikasjoner på tilstanden i bunnområdene, gir planter og dyr i strandsonen grunnlag for å beskrive tilstanden på grunt vann. De to undersøkelsestypene utfyller således hverandre. De fleste plante- og dyreartene i fjæra er stedbundne og må være tilpasset forholdene på stedet. Mange arter har bestemte krav til miljøet, og ved varige endringer i miljøforholdene vil artssammensetningen og mengdefordelingen mellom artene endres.

Større næringssalttilførsler vil gi negative konsekvenser for strandsonen ved at artsantallet reduseres, artsutvalget endres og man får en ujevn fordeling mellom artene (noen få arter dominere mengdemessig over de andre artene). Ofte vil man finne en overvekt av små blad- og trådformete grønnalger og enkelte trådformete brunalger ('sly') i områder med overkonsentrasjoner av næringssalter. I slike områder vil mange rødalger og noen større tangarter reduseres i mengde eller forsvinne (Bokn 1978, Knutzen 1986, Mathieson & Penniman 1991, Bokn et al. 1992). De flerårige tangartene blir lett overgrodd av epifytter (påvekstalger) som hindrer lystilgang, og dette kan resultere i at tangen etterhvert forsvinner.

For å kunne kompensere for naturlige årsvariasjoner (pga. klimatiske forhold, isskuring etc) er det anbefalt å gjennomføre strandsonundersøkelser i 2-3 påfølgende år.

### 3. HYDROGRAFI/HYDROKJEMI

Hensikten med hydrografi/hydrokjemidelen av programmet var å gi en oversikt over vannkvaliteten i sjøområdene i kommunen (beskrive eventuelle horisontale nærings saltgradienter og vurdere oksygenforholdene i utvalgte dypområder). Undersøkelsen skulle være en fortsettelse av de tidligere undersøkelsene ved Utnes, men være mindre omfattende i antall prøveserier og i stedet dekke et større geografisk område. Det ble derfor lagt opp til et relativt tett stasjonsnett i indre kystområder med kommunale tilførsler, samt andre områder hvor kommunen ønsket en indikasjon på tilstanden. Det ble valgt å gjøre observasjoner kun tre ganger.

Dataene gir således en grov oversikt over tilstanden, men dekker ikke variasjoner over tid. Med få antall innsamlinger vil eventuelle ekstreme situasjoner kunne gi et noe feilaktig inntrykk av forholdene. Fastsetting av tilstanden må derfor gjøres med forsiktighet.

#### 3.1 Stasjonsvalg og metodikk.

##### 3.1.1 Stasjonsvalg

Innsamling av hydrografi-data ble gjort på 17 stasjoner i Arendalsområdet (Figur 1). Stasjonene dekker området ved Utnes, Galtesund, Arendal havn, Tromøysund og de indre områder ved Flosta og Tverdalsøy. Stasjonsutvalget ble foretatt i samarbeid med oppdragsgiver.

Resultatene er sammenlignet med observasjoner fra Kystovervåkingsprogrammet (St. Ar2, ca. 1 nautisk mil sør Torungen) samt eldre observasjoner fra 1976-77 og 1981-95 innsamlet av NIVA og Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen (HFF).

##### 3.1.2 Prøvetaking

På alle stasjoner ble overflatevannet analysert for nærings saltene total nitrogen (Tot-N), total fosfor (Tot-P), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), fosfat ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), silisium ( $\text{SiO}_3$ ) og ammonium ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), samt temperatur, saltholdighet, siktedyp og oksygen. På seks utvalgte stasjoner ble oksygen, temperatur og saltholdighet målt fra overflate til bunn i vinterhalvåret. Oversikt over analyseprogrammet er vist i Tabell 1.

Prøvetakingen ble gjennomført to ganger vinterstid og en gang sommerstid. Vintertoktene ble gjennomført den 16-17.12.92 og den 26.1.93. Sommertoktet ble gjennomført den 3-4.8.1993. Det var planlagt å analysere klorofyll-a den 3-4.8.1993, men dette ble ikke gjort. Øvrig innsamling fulgte planlagt program (Næs et al. 1992).

##### 3.1.3 Analyser

Det er brukt standard analysemetoder ved NIVA for samtlige analyser av nærings salter (se vedlegg H3). Temperatur og saltholdighet er observert med en STD-sonde (Gytte), oksygen er observert dels ved en sonde (ISO), dels ved titrering. Observasjonene fra St. Ar2 (Kystovervåkingsprogrammet) er analysert av Havforskningsinstituttet Forskningsstasjon Flødevigen. Samtlige metoder og analyser er beskrevet i kystovervåkingsprogrammet (Aure et al. 1994).

### 3.1.4 Grunnlag for karakterisering av vannkvalitet

#### *SFT's klassifisering av miljøkvalitet*

Statens forurensningstilsyn har gitt ut veiledninger for bedømmelse av miljøkvalitet (tilstanden) i norske fjorder og kystfarvann, deriblant en veiledning for virkning av næringssalter, siktedyp og oksygen (Rygg og Thélin, 1993a). Veiledningen tar utgangspunkt i målte konsentrasjoner. Veiledningen er brukt for fastsettelse av miljøkvaliteten i denne undersøkelsen. Det er ikke satt krav til antall observasjoner i veiledningen, men utsagnskraften ved tilstandsbedømming vil naturlig nok øke med antall observasjoner.

SFT's tilstandsklassifisering		
Tilstandsklasse I	God	
Tilstandsklasse II	Mindre god	
Tilstandsklasse III	Nokså dårlig	
Tilstandsklasse IV	Dårlig	
Tilstandsklasse V	Meget dårlig	

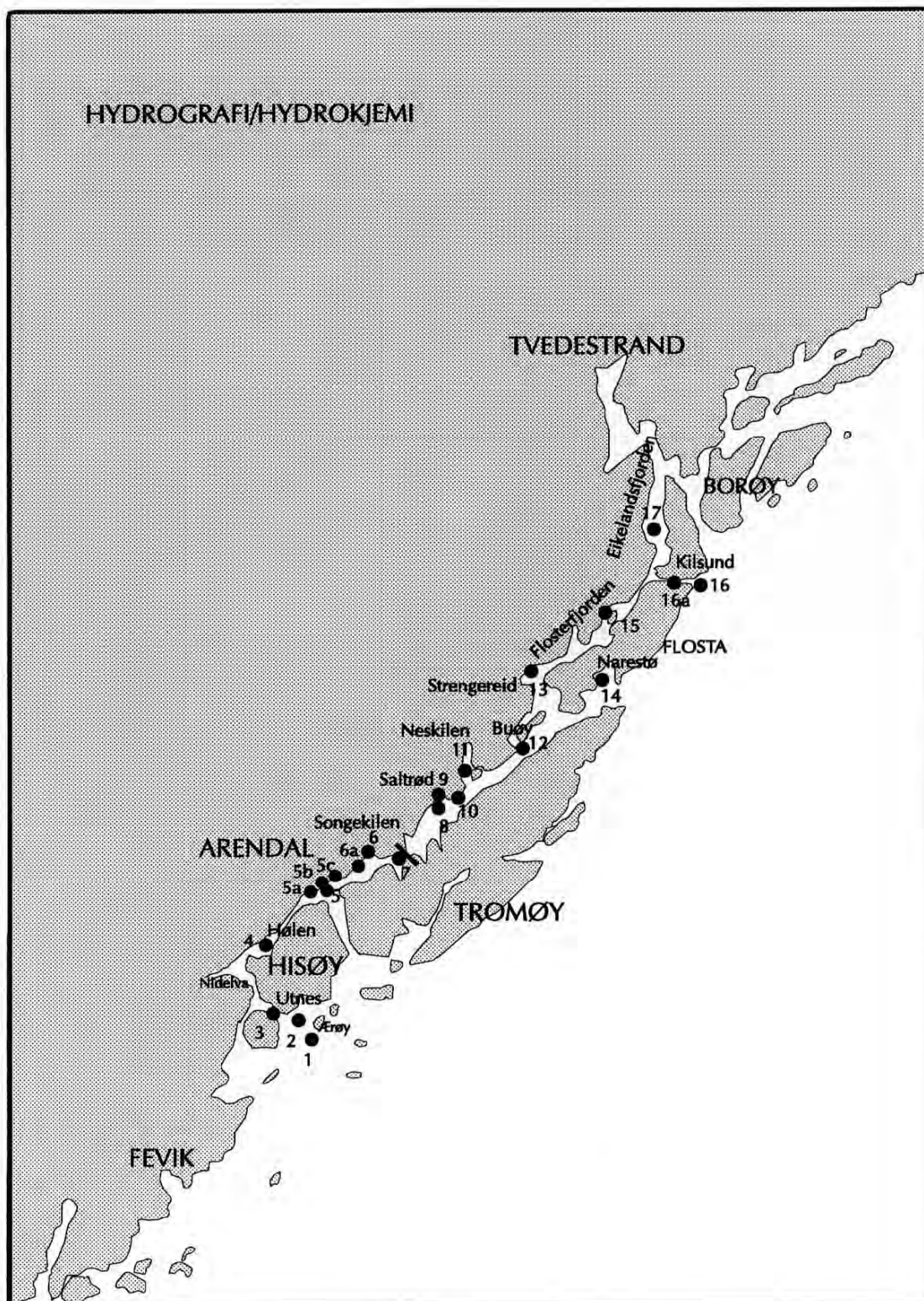
#### *Vurdering mot saltholdighet/silikat*

SFT's tilstandsklassifisering skiller ikke mellom høye konsentrasjoner forårsaket av naturlige forhold og høye konsentrasjoner forårsaket av menneskelig aktivitet (antropogene tilførsler). Dette kan imidlertid gjøres ved å vurdere verdiene mot saltholdighet og silikat. I denne undersøkelsen er det brukt lineær regresjon (99% konfidensintervall) som hjelpemiddel for å vurdere om enkelte stasjoner skiller seg fra andre ved overkonsentrasjoner.



Tabell 1. Stasjoner og observasjoner i Arendalsundersøkelsene 1992-93. Hydrografi/hydrokjem

Stasjon nr.	Navn	Tot-N, Tot-P, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P, SiO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> -N	Oksygen	Siktedyp (uten vann- kikkert)	Temperatur og PSU
1.	Ærøy	x	0 m - bunn	x	0 m - bunn
2	Utnes	x	0.5 m	x	overfl.
3	Nidelva	x	0.5 m	x	overfl.
4	Hølen	x	0 m - bunn	x	0 m - bunn
5	Arendal havn	x	0.5 m	x	overfl.
6	Sognekilen	x	0.5 m	x	overfl.
7	Tromøybrua	x	0.5 m	x	overfl.
8	Nattholmen	x	0 m - bunn	x	0 m - bunn
9	Saltrød	x	0.5 m	x	overfl
10	Skibvigen	x	0.5m	x	overfl
11	Neskilen	x	0 m - bunn	x	0 m - bunn
12	Buøy	x	0.5 m	x	overfl.
13	Strengereid	x	0.5 m	x	overfl.
14	Narestø	x	0.5 m	x	overfl.
15	Flosterfjorden	x	0 m - bunn	x	0 m - bunn
16	Kilsund	x	0.5 m	x	overfl.
17	Eikelandsfj.	x	0 m - bunn	x	0 m - bunn



Figur 1. Hydrografiske/hydrokjemiske stasjoner i Arendalsområdet.

## 3.2 Resultater

Det foreligger resultater fra 17 stasjoner i Arendalsområdet, innsamlet tre ganger over ett år. Antall parallelle målinger er få, og karakterisering av vannkvaliteten gir derfor rom for usikkerhet.

Næringssaltdata fra Kystovervåkingsprogrammets stasjon Ar 2 er tatt med for sammenligning. Tilstandsklassene for stasjon Ar2 er beregnet fra medianverdien av 12 observasjoner i august 1990-1994, og medianverdi av 16 observasjoner fra desember og januar i 1990-1994.

Alle rådata er i vedlegg H1 og H2.

### 3.2.1 Karakterisering av næringssaltinnhold ut fra SFT's klassifiseringstabell.

Resultatene er først vurdert ut fra enkeltvariable (Tabell 2). Det er deretter gjort en samlet vurdering ut fra alle variable, for å avhjelpe det lave antallet innsamlinger og for gi indikasjon på den gjennomsnittlige tilstanden ved hver stasjon. Til slutt er det gjort en samlet vurdering av sommer- og vinterverdiene.

Det må presiseres at en vurdering av alle variablene samlet *ikke* er en del av SFTs veiledning (Rygg og Thélin, 1993a).

Saltholdigheten på stasjonene ved Utnes (st. 3) og Hølen (st. 4) i Nidelvas utløpsområder, var under 15 ‰ (PSU). SFTs kriterier er beregnet på vann med saltholdighet over 15 ‰, og kan derfor ikke direkte brukes på disse to stasjonene.

#### *August 1993*

Det ble målt lavt næringssaltinnhold ved flere stasjoner i sommersesongen (Tabell 2). Stasjonene ved Ærøy (st.1), Nattholmen (st. 8), Saltrød (st. 9), Skibvigen (st. 10), Buøy (st. 12), Flosterfjorden (st. 15), Kilsund (st. 16) og Eikelandsfjorden (st.17) hadde *god* tilstand for samtlige målte næringssalter i sommersesongen.

Gjennomgående dårligere tilstand ble observert på stasjon 5a og 5b ved Arendal sentrum, hvor de fleste målte næringssalter hadde fra *mindre god* tilstand, til *nokså dårlig* tilstand.

De øvrige stasjonene hadde *mindre god* til *nokså dårlig* tilstand for kun enkelte næringssalter.

Ved Narestø (stasjon 14) kan forholdene med lavt siktedyp, relativt høy konsentrasjon av total fosfor og forhøyet ammoniumkonsentrasjon tyde på en påvirkning av kloakkutslipp. Stasjonene mellom Arendal sentrum og Tromøybrua (stasjonene 5 til 7) hadde forhøyde nitratkonsentrasjoner, men saltholdigheten på disse stasjoner var noe lavere og silikatkonsentrasjonen tildels noe høyere, slik at det er nærliggende å henføre de forhøyede nitratkonsentrasjonene til tilførsel fra Nidelva (muligens lokale overløp eller elver).

Sammenstilling av alle variablene samlet er vist i Figur 2. Her er *tilstandsklassen* (1-5) for hver variabel addert og summen er dividert med antall observasjoner. Verdien avrundes til nærmeste hele tilstandsklasse. Sammenstillingen er gjort for samtlige variable. Stasjonene ved Arendal havn (5a, 5b), Strengereid (13) og Narestø (14) er i tilstandsklasse *mindre god* når variablene vurderes samlet. Dersom sammenstillingen gjøres bare for ammonium og fosfat (som er de sterkeste

indikasjonene på direkte utslipp av kloakkvann), reduseres antall stasjoner i tilstandsklasse *mindre god* til 5a, 5b (Arendal havn) og 14 (Narestø).

### **Desember 1992 og januar 1993**

Saltholdigheten på stasjonene 5 - 11 (Arendal havn og Tromøysund) var noe lavere sammenlignet med Kystovervåkingsprogrammets stasjon Ar 2. Den lave saltholdigheten kan trolig forklares av meget mild vinter. Den milde vinteren gir større ferskvannstilførsel og lavere saltholdighet enn normalt, og derved skulle en forvente en større tilførsel av næringssalter fra land enn i kalde vintre.

Totalt sett hadde de fleste stasjoner dårligere tilstandsklasser enn ved augusttoktet (Tabell 2). Som i august 1992, var Arendal havn (st. 5a) den stasjonen som gjennomgående hadde den dårligste tilstandsklassen (*nokså dårlig* til *meget dårlig*). Stasjonene ved Saltrød (st. 9), Neskilen (st. 11), Strengereid (st. 13), Buøy (st. 14), Flosterfjorden (st. 15) og Kilsund (st. 16a) var i tilstandsklasse *mindre god* til *dårlig* for enkelte variable. Vinterverdiene viser for flere av stasjonene store variasjoner mellom desember og januar.

Sammenstilling av alle variablene samlet er vist i Figur 3. Den samlede vurderingen av vinterobservasjonene gir tilstandsklasse *dårlig* for stasjon 5a (Arendal havn) og tilstandsklasse *nokså dårlig* for stasjon 15 (Flosterfjorden). De fleste stasjonene er i tilstandsklasse *mindre god*. Ved bruk av bare ammonium og fosfat er fortsatt stasjon 5a (Arendal havn) i tilstandsklasse *dårlig*, mens stasjonene 2 (Utnes), 5b (Arendal havn), 13 (Strengereid), 14 (Narestø), 15 (Flosterfjorden), 16a (Kilsund) og 17 (Eikelfjorden) er i tilstandsklasse *mindre god*.

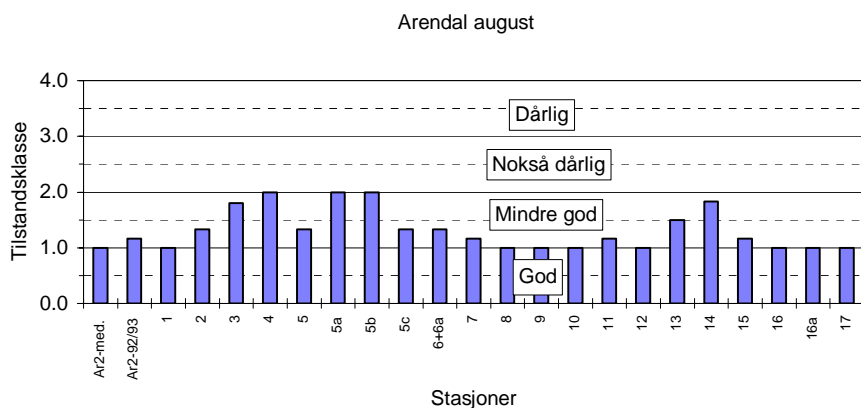
### **Samlet vurdering av august- og vintertoktene**

Vurdering av august- og vintertoktene samlet, gir noe mindre variasjoner enn toktene behandlet etter årstid (Figur 4). En stasjon kommer da i tilstandsklasse *nokså dårlig* (5a, Arendal havn). Stasjonene (3 og 4 Nidelva/Hølen), 5, 5b og 5c (Arendal havn), 13 (Strengereid), 14 (Narestø), og 15 (Flosterfjorden) havner i tilstandsklasse *mindre god* (Figur 4). Ved bruk av bare ammonium og fosfat reduseres antall stasjoner som kommer i dårligere tilstandsklasse enn god til 5a, 5b (Arendal havn), 13 (Strengereid), 14 (Narestø) og 15 (Flosterfjorden).

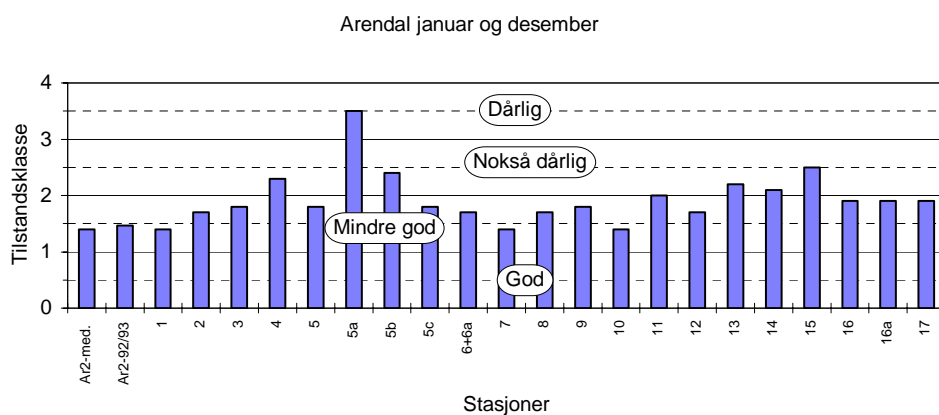
**Ut fra de gjennomførte analysene er det nærområdet til Arendal som klart peker seg ut med den dårligste tilstanden (spesielt stasjon 5a). Områder med mindre god tilstand er Strengereid (13), Narestø (14) og Flosterfjorden (15). Stasjonene i utløpet av Nidelva ved Utnes (st. 3) og ved Hølen (st. 4) har også tilstandsklassen *mindre god*, men klassifiseringssystemets krav til saltholdighet (>15 ‰) er ikke oppfylt.**

Tabell 2 Tilstandsklasser for samtlige næringsalter og siktedyp i Arendal i 1992 - 1993. Sommerobservasjonene er fra august 1993 og vinterobservasjonene er fra desember 1992 og januar 1993. I = Tilstandsklasse god, II = tilstandsklasse mindre god, III = tilstandsklasse nokså dårlig, IV = tilstandsklasse dårlig, V = tilstandsklasse meget dårlig. Stasjonene 3 Nidelva og 4 Hølen oppfyller ikke klassifiseringssystemets krav til saltholdighet (> 15 ‰), og er derfor satt i parentes.

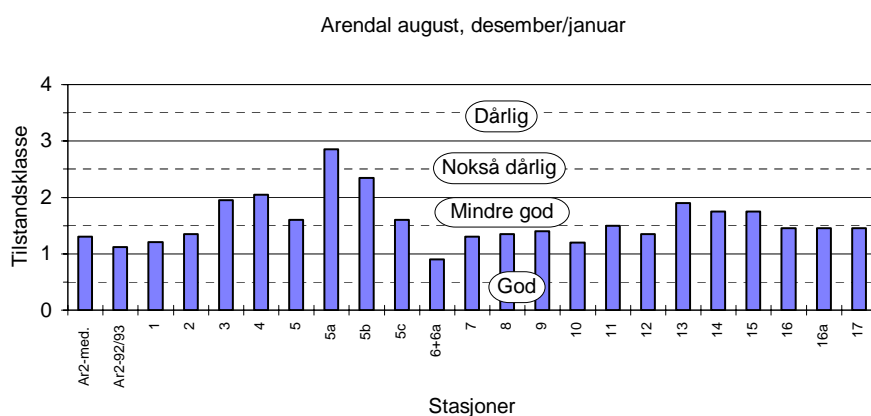
Navn	Sommer						Vinter				
	Tot-N	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Tot-P	PO <sub>4</sub>	Sikte dyp	Tot-N	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Tot-P	PO <sub>4</sub>
Ar 2 (referanse)	I	I	I	I	I	I	I-II	I-II	I		I-II
1 Ærøy	I	I	I	I	I	I	I-II	I-III	I	I-II	I
2 Utnes	I	III	I	I	I	I	I	I-II	I-II	II-III	II
(3 Nidelva)	(II)	(IV)	(I)	(I)	-	-	(II)	(III)	(I)	(I)	(I)
(4 Hølen)	(II)	(IV)	(I)	(I)	(I)	(III)	(III-IV)	(III)	(I-III)	(I)	-
5 Grandbrygga	I	III	I	I	I	I	II	III	I	I-II	I-II
5a Kittelsbukt	II	III	II	II	II	I	III-IV	III	II-IV	III-V	III-V
5b Pollen	I	III	II	II	II	-	II-III	III	I-II	II-III	II-III
5c Barbubukt	I	III	I	I	I	I	II	III	I	I-II	I
6 Sognekiln	I	III	I	I	I	-	II	III	I	I	I
6a	I	III	I	I	I	I	-		I	-	I
7 Tromøybrua	I	II	I	I	-	I	I-II	II-III	I	I	I
8 Nattholmen	I	I	I	I	-	I	II	III	I-II	I	I
9 Saltrød	I	I	I	I	I	-	II-III	III-IV	I	I	I
10 Skibvigen	I	I	I	I	-	I	I-II	II-III	I	I	I
11 Neskilen	I	I	I	II	I	I	II-III	III-IV	II	I	I
12 Buøy	I	I	I	I	I	I	II	II-III	I	I-II	I-II
13 Strengereid	I	III	I	II	I	I	II	II	II	I-III	II-III
14 Narestø	I	I	II	III	I	IV	I-III	II	I-III	II-III	II-III
15 Flosterfjorden	I	I	-	I	I	II	II-III	II	II	III	III
16 Kilsund	I	I	-	I	I	I	II	II	I	II	II
16a	I	I	I	I	I	I	I-II	II	I-II	II-III	II
17 Eikelandsfj.	I	I	I	I	I	I	I	II-III	I	II-III	II-III



Figur 2. Sammenstilling av samtlige observasjoner fra Arendalområdet i august i tilstandsklasser. For Arendal St. 2 er det vist to verdier, en basert på medianverdi for hele perioden 1990-94, og en for desember og januar 1992-1993.



Figur 3. Sammenstilling av samtlige observasjoner fra Arendalområdet i desember/januar i tilstandsklasser. For Arendal St. 2 er det vist to verdier, en basert på medianverdi for hele perioden 1990-94, og en for desember og januar 1992-1993.



Figur 4. Sammenstilling av samtlige observasjoner fra Arendalsområdet i august og desember/januar i tilstandsklasser. For Arendal St. 2 er det vist to verdier, en basert på medianverdi for hele perioden 1990-94, og en for desember og januar 1992-1993.

### 3.2.2 Karakterisering av næringssaltinnhold i relasjon til saltholdighet og silikat.

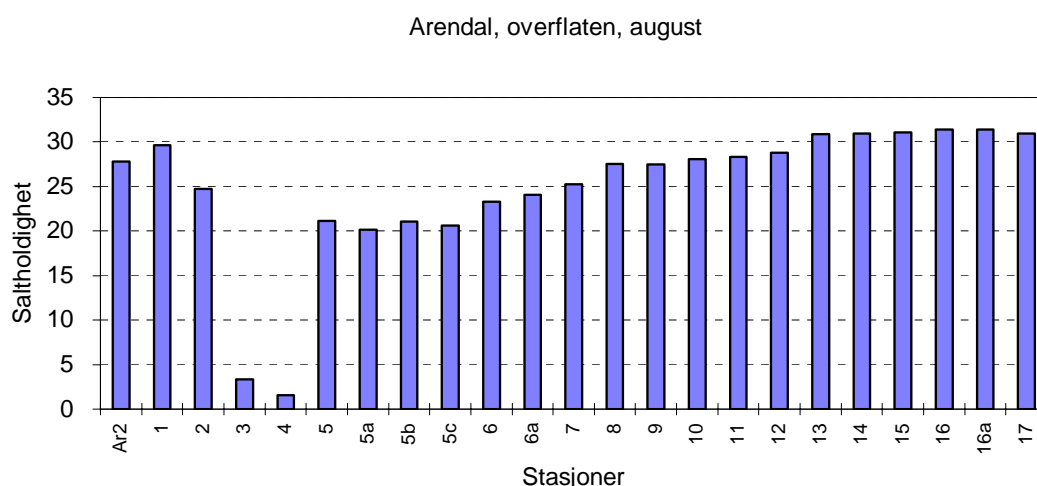
Næringssaltkonsentrasjonen i overflatelaget vil dels avhenge av antropogene (menneskeskapte) tilførsler som kloakkutslipp, men kan også tilføres overflatelaget fra dypere vannmasser eller via ferskvannet fra elver. I upåvirket sjøvann uten antropogene tilførsler, vil det være en sammenheng mellom saltholdighet og det enkelte næringssaltet. Sammenhengen er tydeligst om vinteren når ikke planteplanktonoppblomstringer forstyrrer bildet. Forholdet mellom saltholdighet og de ulike næringssaltene kan derfor brukes til å se om enkelte stasjoner skiller seg fra andre ved overkonsentrasjoner. Ettersom silikat tilføres via ferskvann og dypere liggende sjøvann, kan også denne variabelen brukes til å se avvik mellom en potensiell blanding av vannmasser, og f.eks. innflytelsen av et kloakkutslipp.

Saltholdighetsverdier for august og januar/desember er vist i Figur 5 og Figur 6.

Samtlige næringsalter er analysert mot saltholdighet og silikat (lineær regresjon med 99 % konfidensintervall) for å se om enkelte stasjoner skiller seg fra andre ved overkonsentrasjoner. Noen næringsalter korrelerer dårlig med saltholdighet og silikat, og gir ingen tilleggsinformasjon. Tabell 3 viser resultatet for de ulike næringssaltene.

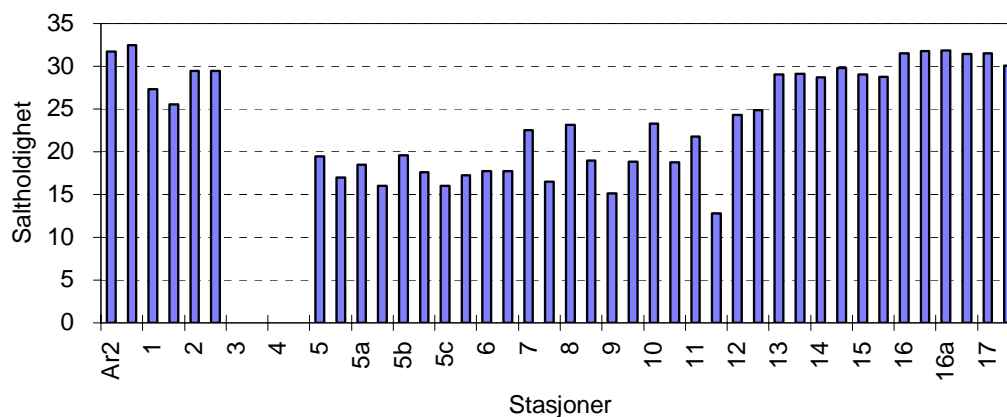
**Analysen peker på lokale tilførsler av næringsalter ved Arendal havn (5a og 5b), Saltrød (st. 9), Neskilen (st. 11), Strengereid (st. 13), Narestø (st. 14), Eikelandsfjorden (st. 17) samt mindre markert for Flosterfjorden (st.15). Stasjonene ved utløpet av Nidelva (st. 3 og 4) gir også overkonsentrasjoner, men høye nitratverdier er trolig nær knyttet til Nidelva.**

Figur 7 viser eksempel på korrelasjon mellom nitrat og saltholdighet i desember 1992 og januar 1993 (skravert felt i Tabell 3). Stasjoner som ligger betydelig over regresjonslinjen (i dette tilfellet stasjonene 5b, 9, 11, og 17), indikerer antropogene tilførsler.



Figur 5. Saltholdighet ‰ (PSU) målt i Arendalsområdet i august 1993. Ar2 viser medianverdi av 12 observasjoner i august 1990-94 ved Kystovervåkingsprogrammets stasjon utenfor Torungen.

Arendal, overflaten, januar og desember

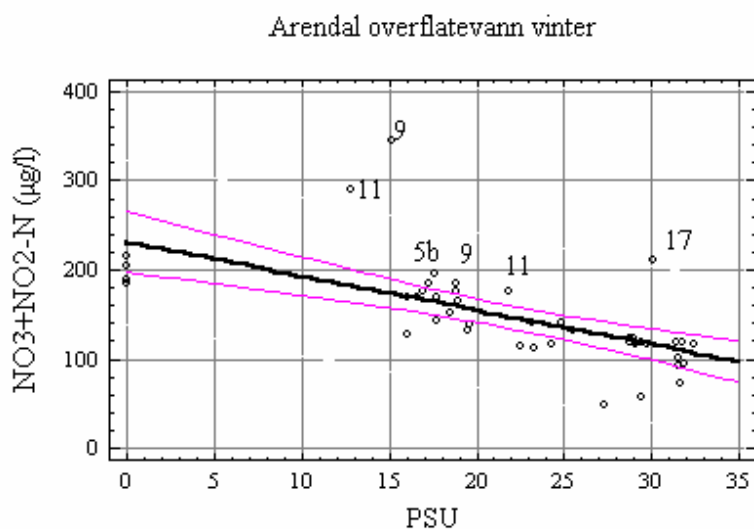


Figur 6. Saltholdighet (%=PSU) i desember og januar 1992/93 i Arendalsområdet.

Tabell 3. Regresjonsanalyse av næringsalter mot saltholdighet og silikat fra desember og januar 1992/93 (vinter) og august 1993 (sommer). Korrelasjonskoeffisient (R) og stasjoner med overkonsentrasjoner. Skravert felt markerer eksempel vist i Figur 7.

Variable (Y)	Variabel (X)	Årstid	R	Stasjoner med markert overkonsentrasjon	Mindre markert overkonsentrasjon
Tot-N	PSU	Vinter	0.64	5a, 9	11, 15, 14, 5b
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N	PSU	Vinter	-0.80	9, 11, 17	5b, 9, 11
NH <sub>4</sub> -N	PSU	Vinter	-0.2	ikke god nok korr.	
Tot-P	PSU	Vinter	0.87	5a	5a, 5b, (14?)
PO <sub>4</sub> -P	PSU	Vinter	0.90	5a	5a, 5b, 5b (13, 17?)
Tot-N	Silikat	Vinter	0.55	4, 5a, 9	15
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N	Silikat	Vinter	0.87	9	3, 3, 4, 4, 17
NH <sub>4</sub> -N	Silikat	Vinter	0.09	ikke god nok korr.	
Tot-P	Silikat	Vinter	-0.12	ikke god nok korr.	
PO <sub>4</sub> -P	Silikat	Vinter	-0.07	ikke god nok korr.	
Tot-N	PSU	Sommer	-0.75	5a, 17, 14	(15?)
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N	PSU	Sommer	0.98	13	
NH <sub>4</sub> -N	PSU	Sommer	-0.16	ikke god nok korr.	
Tot-P	PSU	Sommer	0.83	5a, 5b, 14	11 (13?)
PO <sub>4</sub> -P	PSU	Sommer	0.43	ikke god nok korr.	
Tot-N	Silikat	Sommer	0.56	5a, 14, 17	
NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N	Silikat	Sommer	0.98	3	4, 13
NH <sub>4</sub> -N	Silikat	Sommer	0.4	ikke god nok korr.	
Tot-P	Silikat	Sommer	0.61	5a, 14	5b, 13, 11
PO <sub>4</sub> -P	Silikat	Sommer	-0.23	ikke god nok korr.	





Figur 7. Nitrat+nitritt ( $NO_3+NO_2-N$ ) og saltholdighet ( $\text{‰}=PSU$ ), i desember 1992 og januar 1993.

### 3.2.3 Sammenligning med tidligere undersøkelser av næringssalter

Næringssaltsobservasjoner er tidligere innsamlet fra Ærøy, Arendal havn og Tromøysund av HFF (Sand 1979) og fra Utnes av NIVA (Boman 1982, Olsen 1984, Næs 1985). Det er ikke mulig å foreta en statistisk sammenligning med disse observasjonene ettersom antall observasjoner i 1992/93 er for få. Imidlertid kan en grov sammenligning av tilstandsklasser gi indikasjoner på en eventuell forandring.

I tidsrommet 1981-85 (sommerstid) var stasjonen ved Utnes (St. 2) i tilstandsklasse *mindre god* eller *dårligere* for Tot-P og Tot-N. I denne undersøkelsen var tilstanden i august 1992 i tilstandsklasse *god* (Tabell 4). Det var ingen større forskjell i vinterobservasjonene mellom 1981-85 og 1992. Med bare en observasjon i august 1993 er det ikke grunnlag for å fastslå en eventuell forbedring.

Prøver fra Ærøy, Arendal havn og Tromøysund ble tatt av HFF i 1976-77. Av disse var 5 stasjoner i omtrent samme posisjoner som observasjonene fra 1993-93 (Stasjonene 1, 5, 6a, 8 og 12). Resultatene er vist i Tabell 5. For nitrat lå observasjonene i 1992/93 innenfor variasjonen av tilstandsklasser fra 1976/77 på de fleste stasjoner. Unntaket var stasjon 8 og 12, som hadde noe lavere tilstandsklasse i 1993 enn i 1976-77 (sommerstid). For ammonium hadde tre stasjoner (stasjonene 5, 6a og 12) noe lavere tilstandsklasse i 1993 enn i 1976-77. For fosfat var bildet noe annerledes. Her lå mange observasjoner i tilstandsklasse *mindre god* til nokså *dårlig* i 1976/77, mens observasjonene i 1992/93 var i tilstandsklasse *god*. Dette kan muligens tyde på en forbedring av tilstanden i området i form av lavere fosforbelastning. Imidlertid gjenstår det å vise dette statistisk, som krever økt observasjonsfrekvens på de aktuelle stasjoner.

Tabell 4. Tilstandsklasser ved stasjon 2 (Utnes) 1982-85 og 1992-93. So=sommer (1982-85), vi=vinter (1982-84). III = tilstandsklasse nokså dårlig, II=tilstandsklasse mindre god, I=tilstandsklasse god. Antall observasjoner i 1981-85: so = 17 og vi=5. Antall observasjoner i 1992-93: So=1 og vi= 2.

Stasjon/årstid	Tot-N		Tot-P	
	1982-85	1992-93	1982-85	1992-93
St. 2 (Utnes), so	I-IV	I	I-IV	I
St. 2 (Utnes), vi	I-III	I-II	II-III	II-III

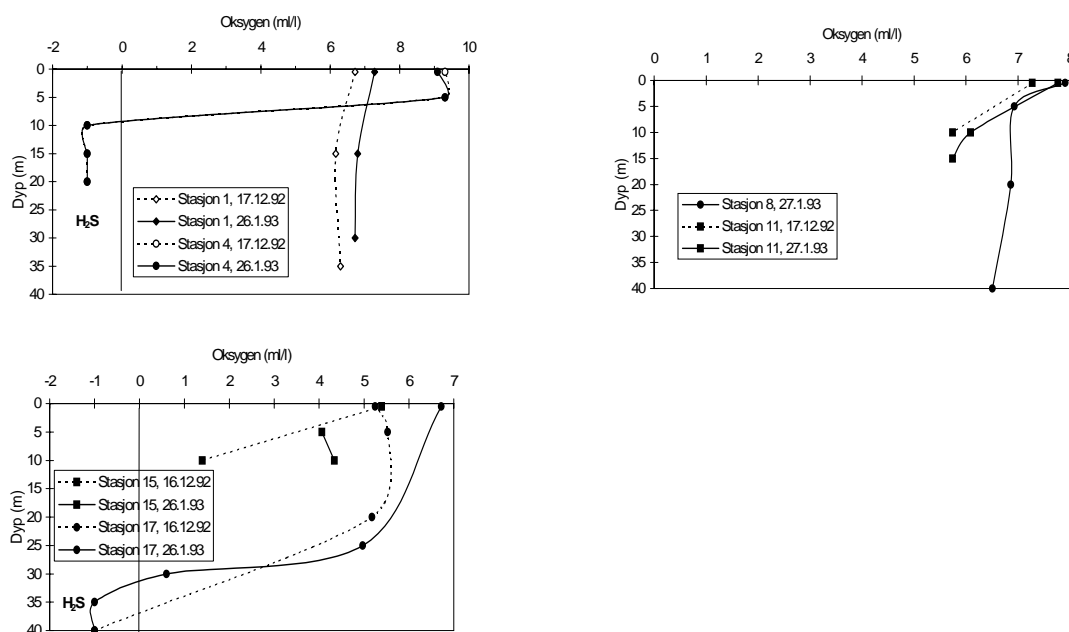
Tabell 5. Tilstandsklasser ved ulike stasjoner i Arendalsområdet i 1976-77 og 1992-93. So=sommer, vi= vinter. III = tilstandsklasse nokså dårlig, II=tilstandsklasse mindre god, I=tilstandsklasse god. Antall observasjoner i 1976-77: so = 2-4 og vi= 2. Antall observasjoner i 1992-93: So= 1 og vi= 2.

Stasjon/årstid	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N		NH <sub>4</sub> -N		PO <sub>4</sub> -P	
	1976-77	1992-93	1976-77	1992-93	1976-77	1993-93
St. 1, so	II-IV	III	I-II	I	II-III (I)	I
St. 1, vi	I-II	I-III	I	I	I-II	I-II
St. 5, so	II-III	III	I-II	I	III (I)	I
St. 5, vi	II	III	II	I	II-III	I-II
St. 6a, so	I-III	III	I	I	II-III (I)	I
St. 6a, vi	I-III	III	II-III	I	II-III	I
St. 8, so	II	I	I	I	I-III (I)	I
St.8, vi	I-III	III	I-II	I-II	II	I
St.12, so	I-II	I	I	I	II-III (I)	I
St.12, vi	I-III	II-III	II	I	I-II	I-II

### 3.2.4 Oksygenforhold.

Formålet med oksygenobservasjonene var dels å få en oversikt av oksygensituasjonen i området, dels å beregne oksygenforbruket i de avgrensede bassengene i området.

Oksygenforholdene i området var meget varierende, avhengig av topografi og vannutskifting. Oksygeninnholdet på stasjonene 1 (Ærøy), 4 (Hølen), 8 (Nattholmen), 11 (Neskilen), 15 (Flosterfjorden) og 17 (Eikelandsfjorden) er vist i Figur 8. På figurene er hydrogensulfidholdig vann bare markert med et negativt oksygeninnhold på -1 ml/l. Både Hølen og Eikelandsfjorden hadde hydrogensulfid i bunnvannet, og i Hølen var forholdene ekstremt dårlige med 406 mg H<sub>2</sub>S /l. Overgangen mellom oksygenholdig og hydrogensulfidholdig vann lå ved ca 6-10 meters dyp i Hølen ved ca. 30 meters dyp i Eikelandsfjorden.



Figur 8. Oksygen (ml/l) og hydrogensulfid (kun markert, ikke verdier) på stasjon 1, 4, 8, 11, 15 og 17 i desember 1992 og januar 1993.

Sammenlignet med SFTs kriterier for vannkvalitet i fjorder og kystfarvann, var oksygenkonsentrasjonen i tilstandsklasse *god* i hele området unntatt i Flosterfjorden (tilstandsklasse *mindre god*), Hølen (tilstandsklasse *meget dårlig*), og Eikelandsfjorden (tilstandsklasse *meget dårlig*). Klassifiseringen er vist i Tabell 6.

Tabell 6. Tilstand i dypvannet vurdert fra oksygenforholdene.

Stasjoner	Maks dyp, m	Desember '92	Januar '93
1 Ærøy	30	I	I
4 Hølen	20	V	V
11 Neskilen	15	I	I
15 Flosterfjorden	10	II	I
17 Eikelandsfjorden	40	V	V

Områdene med lave oksygenkonsentrasjoner (Hølen, Flosterfjorden og Eikelandsfjorden) er alle delvis innelukkede fjorder med topografisk begrenset vannutskiftning. Det innebærer at de lave oksygenkonsentrasjonene kan være naturlig betingede. I slike områder vil effekten av en eventuell antropogen belastning bare kunne avgjøres ved lange tidsserier kombinert med beregning av oksygenforbruk. Beregning av oksygenforbruk krever stagnerende bunnvann. Det var vannutskiftning i området mellom desember 1992 og januar 1993, og oksygenforhold er derfor ikke beregnet i denne undersøkelsen.

Sondemålingene av oksygen viste ikke tilstrekkelig nøyaktighet, og er derfor ikke behandlet i resultatene.

### 3.3 Konklusjoner

Stasjoner som i denne undersøkelsen har vist relativt klare signaler av påvirkning fra utslipp, er stasjonene nær Arendal by (5a-5c), samt stasjonene 11 (Neskilen), 13 (Strengereid), 14 (Narestø), 15 (Flosterfjorden) og 17 (Eikelandsfjorden). Stasjoner som muligens kan være påvirket, er stasjonene 2 (Utnes), 9 (Saltrød), og 16a (Kilsund). Den sørvestre delen av området var dominert av nitrogen-tilførsler fra Nidelva (nitrat). Forholdene i øvrige deler var lite påvirket av utslipp.

En enkel sammenligning med eldre observasjoner fra Utnes (1981-85) og Arendalområdet (1976-77) med observasjonene fra 1992-93 indikerer noe lavere fosforverdier i denne undersøkelsen enn tidligere. Det foreligger imidlertid ikke tilstrekkelig grunnlag for med sikkerhet å fastslå en eventuell forbedring, hverken i Tromøysund eller Utnes.

Oksygentilstanden i bunnområdene i Flosterfjorden er *mindre god*, og *meget dårlig* i Eikelandsfjorden og Hølen. De delvis innelukkede fjordområdene har begrenset vannutskiftning, og vil derfor ha naturlig lave oksygenkonsentrasjoner eller hydrogensulfid under terskeldyp. Eikelandsfjorden har i tillegg forbindelse med Tvedestrandsfjorden, hvor det i indre deler også er stagnerende forhold. Dette kan ha innvirkning på effekten av vannutskiftninger. Alle de tre nevnte områdene er sårbare for økte tilførsler.

For en fremtidig overvåking av oksygenforholdene i området bør tokter gjennomføres tidligere om høsten (f.eks. august - september).

## 4. BLØTBUNN

### 4.1 Stasjonsvalg og metodikk

#### 4.1.1 Valg av prøvetakingslokaliteter

Ved Utnes har tre faste stasjoner (U5, U10, U11) vært overvåket ved tidligere undersøkelser (Moy & Wikander 1990). St. U5 i Utnesbassenget er plassert i en fordypning nær det gamle utslippsstedet. Utslippet ble flyttet i desember 1989 etter at lokaliteten hadde hatt en markert negativ utvikling, men fungerer nå som overløp. Stasjon U10 ved Ærøya er nær det nåværende utslippsstedet. Stasjon U11 i Ærøydypet ble opprinnelig plassert i det antatt dypeste partiet for å overvåke mulige virkninger for området som helhet. Alle tre stasjonene ble prøvetatt i denne undersøkelsen for å kontrollere for mulige endringer etter flyttingen av utslippet. I tillegg ble det lagt en ny stasjon (U12) på det dypeste punktet i Ærøydypet etter at dette er klarlagt gjennom nyere dybdemålinger. Denne stasjonen sammenfaller også med HFFs lokalitet for oksygenmålinger i Ærøydypet.

I kommunens østlige områder ble det prøvetatt stasjoner ved innløpet mot Strengereid (T20), Narestø (E14), Kilsund (AD5) og Eikelandsfjorden (AD 6). Stasjonen i Narestø ble undersøkt i 1985 i forbindelse med en vurdering av egnethet for fiskeoppdrett (Wikander 1986c). De andre områdene har tidligere ikke vært undersøkt.

#### 4.1.2 Prøvetaking

Prøvene ble tatt med en 0.1 m<sup>2</sup> 'Petersen' type bunngabb. På hver stasjon ble det tatt fire parallelle grabbhugg. Under prøvetakingen ble det gjort en visuell beskrivelse av bunnsedimentet og det ble kontrollert for innhold av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S).

Fra ett grabbhugg på hver stasjon ble det tatt en liten delprøve av overflatesedimentet til analyse av kornfordeling (sedimentfraksjon < 63 µm) og organisk innhold (TOC-total organisk karbon og TN - total nitrogen).

Prøvene ble innsamlet 27. og 30. mai 1994 fra HFFs forskningsfartøy 'G.M. Dannevig'.

#### 4.1.3 Analysemetoder

Faunaprøvene ble siktet på 5 og 1 mm sikter og restmaterialet konserverert i 4 % nøytralisert formaldehydløsning. De parallelle grabbprøvene ble slått sammen til en samleprøve fra hver stasjon, med unntak for U5 hvor parallellprøvene ble holdt adskilt. Ved opparbeidingen i laboratoriet ble dyrene sortert fra siktematerialet, identifisert og telt.

Sedimentfraksjonen < 63 µm ble bestemt ved våtsikting. Organisk innhold, som totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN), ble analysert ved en elementanalysator etter at uorganiske karbonater var fjernet med saltsyre.

#### 4.1.4 Tallbehandling

Bunnfaunaen på hver av stasjonene er karakterisert ved totalt antall arter, individtall for artene, artsmangfold (= diversitet) og artssammensetning. Disse parametrene gir grunnlag for å beskrive miljøtilstanden på lokalitetene. Ved bruk av såkalt 'clusteranalyse' er det foretatt sammenligninger av faunaen mellom stasjoner og til tidligere prøver fra de samme stasjonene. Denne analysen illustrerer forskjeller og likheter i sted eller tid, som igjen gir grunnlag for å beskrive tidsutvikling og geografiske forskjeller på stasjonene.

Utfyllende beskrivelser av metodene og formler for benyttede indekser er gitt i vedlegg BL3.

#### *Artsmangfold*

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

*Shannon-Wiener indeks (H')*. H' er en indeks som øker i tallverdi ved økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Indeksen har et verdiområde som varierer fra null til ca. 5. Lave verdier markerer dårlige forhold, mens verdiområdet 3-5 indikerer normale til gode forhold. I SFTs veiledning for klassifisering av miljøkvalitet er 'god tilstand' representert ved verdier > 3.1 (Rygg og Thélin 1993a, b).

*Hurlbert's funksjon*. Dette er et grafisk mål for artsmangfold hvor antall arter plottes som en kurve mot antall individer. Fra kurven blir det beregnet en indeks,  $E(S_{100})$ , som gir forventet antall arter ved 100 individer. I denne undersøkelsen er bare denne indeksen gitt. Ved gode forhold skal indeksverdien (antall arter) overstige 18.5 (Rygg og Thélin 1993a, b).

#### *Likhet mellom prøver - 'clusteranalyse'*

I clusteranalysen sammenlignes alle prøvene innbyrdes på basis av artssammensetningen og mengdeverdiene (individtall) for artene i prøvene. Analysen foregår i to trinn. I første trinn beregnes grad av likhet mellom alle prøver, tatt to og to, ved bruk av et matematisk mål for likhet. I denne undersøkelsen er Bray-Curtis likhetsindeks benyttet. Denne tar verdien 100 (%) for identisk like prøver, og verdien 0 for prøver som ikke har noen felles arter. I annet trinn fremstilles det et diagram som illustrerer relasjonene mellom prøvene. Prøvene forbindes i grupper i et hierarkisk system fra de som er mest like til de som viser størst forskjell. Hvordan prøvene forbindes og hvilke prøver som danner tette grupper, gir grunnlag for å tolke stabilitet og forandringer på de enkelte stasjonene.

Alle verdier er logaritmetransformert  $\ln(x + 1)$  før analysene.

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

## 4.2 Resultater

### 4.2.1 Prøvetaking

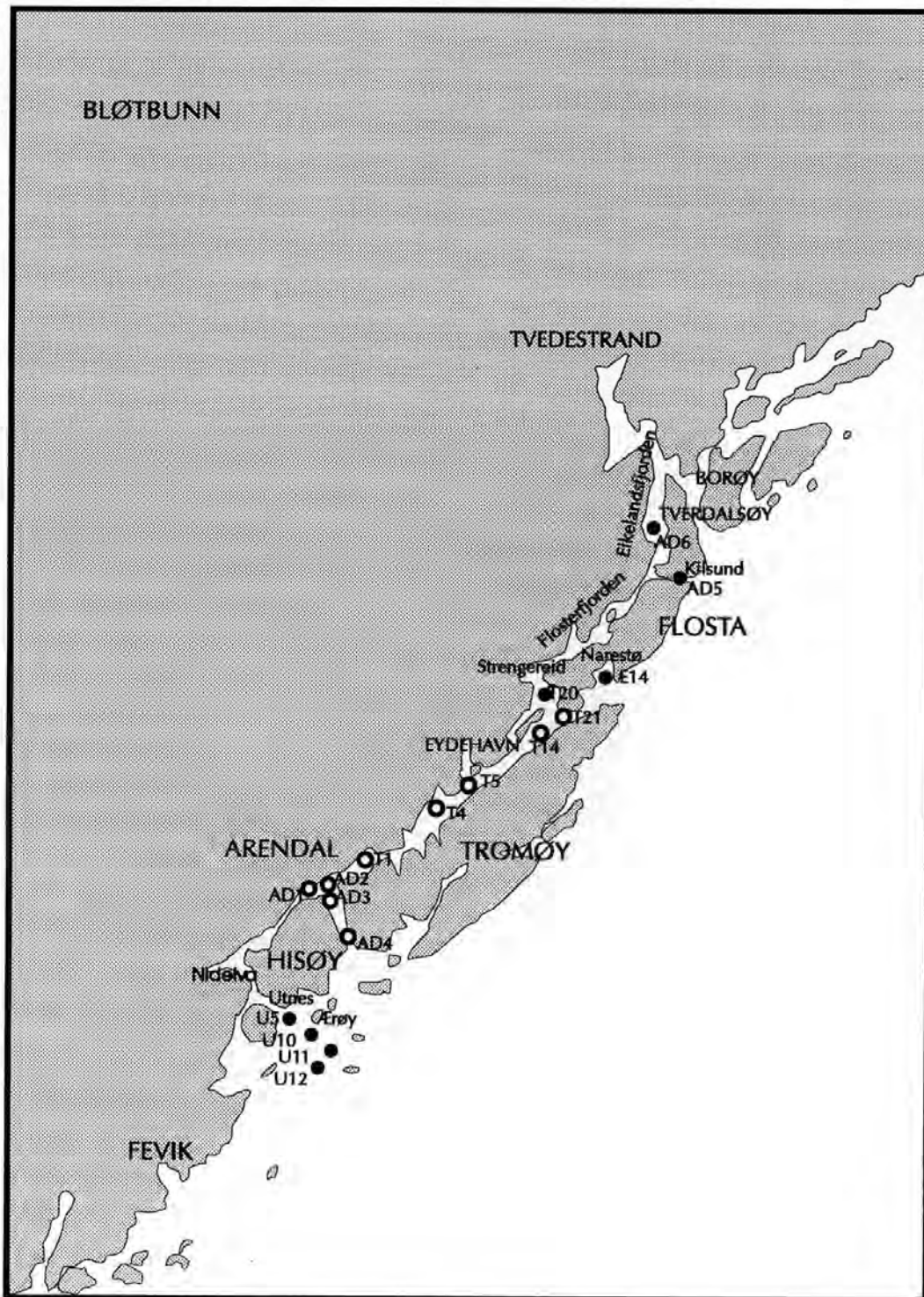
Tabell 7 gir en sammenfatning av prøvetakingen og visuelle observasjoner på stasjonene. Beliggenheten av stasjonene er vist på kart i Figur 9. Tokrapport med detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i vedlegg BL1.

Ved Utnes hadde alle stasjonene gråbrunt fint sediment. Det var ikke lukt av hydrogen sulfid i noen av prøvene. På stasjon U5 innebærer dette en klar forbedring fra 1989 da det var hydrogen sulfid i alle prøvene på denne stasjonen. To av de fire prøvene er opparbeidet for fauna.

I de østlige områdene var det normalt lyst sediment ved Rørvik, ved Strengereid (T20) og ved Narestø (E14). I Kilsund var det mørkt sediment med noe lukt av hydrogen sulfid, mens det i Eikelandsfjorden var sort topplag med markert til sterk lukt av hydrogen sulfid. I Eikelandsfjorden ble det tatt prøver både på 32 og 40 m, men bare prøvene fra 32 m er opparbeidet.

Tabell 7. Prøvetaking ved Utnes og Flosta 1994. Lokaliteter, antall prøver, visuelle observasjoner av bunnforhold og antall opparbeidede prøver for bunnfauna. Samf = samfengt opparbeiding, dvs. at parallelle grabbprøver er slått sammen til en samleprøve. H<sub>2</sub>S: +++ sterk lukt, ++ moderat lukt, + svak lukt.

Stasjon	Lokalitet	Dyp	Antall prøver	H <sub>2</sub> S	Visuelle observasjoner	Opparb. prøver
U5	Utnesbassenget	30	4	-	Siltig leire. Gråbrunt topplag, 2-3 mm.	2
U10	Ærøy	38	4	-	Grå silt. Gråbrunt topplag, 2-3 mm.	4 samf
U11	Ærøydypet	110	4	-	Grå silt. Gråbrunt topplag, 2-3 mm.	4 samf
U12	- " -	164	4	-	Grå silt. Gråbrunt topplag, 2-3 mm. Mye rør av børstemark.	4 samf
T20	Rørvik, Strengereid	30	4	-	Grå silt med lys grått topplag.	4 samf
E14	Narestø	56	4	-	Grå silt med lys grått topplag.	4 samf
AD5	Kilsund	20	4	+	Mørk grå sandig silt med lys brunt topplag.	4 samf
AD6	Eikelandsfj	32	4	++	Mørk grå sandig silt. Tynt sort topplag.	4 samf



Figur 9. Stasjoner for prøvetaking av bløtbunnsfauna i Arendal kommune i 1994. ● : stasjoner rapportert i denne rapporten, ○ : stasjoner som vil bli rapportert senere.

#### 4.2.2 Bunnsedimenter

##### Utnes-området



Stasjon U5 i Utnesbassenget hadde et finkornet sediment med godt og vel 60 % silt og leire (Tabell 8). Ved Ærøy (St. U10) var det et vesentlig grovere sediment med bare 10 % finmateriale, mens stasjonene i Ærøydypet (U11, U12) hadde et svært finkornet sediment. Innholdet av organisk materiale må betegnes som normalt på alle stasjonene. Både på U5, U11 og U12 var det vel 2.5 % organisk karbon (24-26 mg/g), mens det var lavere på U10. Også nitrogenverdiene og forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) var omtrent som normalt. Etter SFTs kriterier for miljøkvalitet faller TOC-verdiene for alle stasjonene i tilstandsklasse I 'God'. Nitrogenverdiene faller i klasse I for St. U5, mens de faller i klasse II 'Mindre god' for U11 og U12 (grenseverdi for N = 2.7 mg/g) (Rygg og Thélin 1993a,b).

I finkornede sedimenter i kystområder er det vanlig å observere 1-5 % (10-50 mg/g) organisk karbon. I sand- og grusholdige sedimenter er innholdet lavere, ofte mindre enn 1 %. C/N-forholdet indikerer noe om materialets art. I sedimenter hvor det organiske materialet i hovedsak har marin opprinnelse (f. eks. dødt plankton) vil forholdstallet være 6-9, mens det i sedimenter som tilføres vesentlige mengder materiale fra land, vil overstige 10. C/N-verdier omkring 10 er vanlige i fjordsedimenter som mottar endel organiske tilførsler fra land.

### **Østlige områder**

De fire østlige stasjonene hadde alle svært finkornede sedimenter med mer enn 90 % silt og leire (Tabell 8). Det organiske innholdet var *nokså høyt til høyt*. TOC-verdiene for Rørvik (T20) og Kilsund (AD5) faller i tilstandsklasse III 'Nokså dårlig', mens Eikelandsfjorden faller i klasse IV 'Dårlig'.

Tabell 8: Data for bunnsedimentene ved Utnes og Flosta 1994. Resultater for finpartikulært materiale ( % < 0.063 mm), totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN) og forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N-forhold) er vist. Tilstandsklasser i henhold til SFTs kriterier for vurdering av miljøkvalitet er også vist: I 'god', II 'mindre god', III 'nokså dårlig', IV 'dårlig', V 'meget dårlig' (Rygg og Thélín 1993a,b).

Stasjon	Finfraksjon < 0.063 mm	TOC mg/g	TN mg/g	C/N-forhold	Klasse TOC / TN
U5 Utnesbassenget	62.4	24.4	2.5	9.8	I / I
U10 Ærøy	10.3	4.8	< 1.0	-	I / I
U11 Ærøydypet	95.1	25.4	3.1	8.2	I / II
U12 - " -	98.9	26.2	3.3	7.9	I / II
T20 Rørvik, Strengereid	94.2	61.4	6.5	9.4	III / IV
E14 Narestø	97.2	38.6	5.1	7.6	II / III
AD5 Kilsund	94.3	65.3	8.4	7.8	III / V
AD6 Eikelandsfj	97.2	83.0	9.1	9.1	IV / V

### 4.2.3 Bunnfauna

Tabell 9 gir en oversikt over artstall, individtettheter og beregnede verdier for artsmangfold for stasjonene. De viktigste artene er gitt i Tabell 10 og Tabell 11. Fullstendige artslistene er gitt i vedleggstabell (BL2).

#### *Utnes-området*

Det var normale til høye artstall på alle stasjonene (Tabell 9). Individtetthetene var svært høye på U5 i Utnesbassenget, mens det var normale til nokså høye verdier på de andre stasjonene. Det var nedsatt artsmangfold på U5, mens det var normalt artsmangfold på de andre stasjonene. Artsmangfoldet på U5 faller i klasse II etter SFTs kriterier.

De viktigste artene på stasjonene i Utnes-området er vist i Tabell 10. Stasjon U5 var sterkt dominert av den røde slangestjernen *Amphiura filiformis* og den lille muslingen *Mysella bidentata* som ofte forekommer sammen med *Amphiura*. Også vanlig var den lille børstemarken *Pholoe minuta*, båndmark og sjøpølsen *Labidoplax buski*. Dette er alle arter som er vanlige i finkornede fjordsedimenter. *Amphiura* og *Mysella* øker gjerne i antall der det er noe organiske tilførsler, men de er ikke typiske for lokaliteter der det er tung organisk belastning. Alle faunaparametre (individtall, artsmangfold, artssammensetning) viser at U5 er stimulert, dvs. moderat påvirket, av organiske tilførsler.

På U10, U11 og U12 var det normal artssammensetning for kystnære fjordområder. Den dominerende arten på U11 og U12 i Ærøydypet, børstemarken *Heteromastus filiformis*, er også en art som synes å foretrekke organisk anrikede sedimenter. Dette kan være tegn på en påvirkning, men sterk er den ikke.

### Østlige områder

Det var normale arts- og individtall på stasjonene ved Rørvik (T20), Narestø (E14) og Kilsund (AD5) (Tabell 9). I Eikelandsfjorden var prøvene så godt som uten liv, de få individene som ble funnet er nok tilfeldige i prøvene. Artsmangfoldet var normalt ved Rørvik og Narestø, mens det var noe nedsatt i Kilsund. Denne lokaliteten faller i klasse II 'Mindre god' etter SFTs kriterier.

De viktigste artene er vist i Tabell 11. Stasjonen ved Rørvik (T20) var i likhet med U5 ved Utnes dominert av slangestjernen *Amphiura* og muslingen *Mysella*. Artssammensetningen indikerer at denne stasjonen var stimulert av organiske tilførsler. Ved Narestø (E14) var det en ganske normal artssammensetning for kystområder. I Kilsund (AD5) dominerte børstemarken *Polydora socialis* som er en rørbyggende form. Denne arten er også kjent for å opptre i tette bestander i områder med organiske tilførsler.

Tabell 9. Antall arter, individtall, individtettheter og diversiteter på stasjonene. Diversitetsindekser:  $H' = \text{Shannon-Wiener indeks } (\log_2)$ ,  $E(S_{100}) = \text{Hurlberts funksjon}$ . Tilstandsklasse i henhold til SFTs kriterier for vurdering av miljøkvalitet er også vist: I 'god', II 'mindre god', V 'meget dårlig' (Rygg og Thélin 1993a,b).

Stasjon	Areal	Artstall	Individer	Ind/m <sup>2</sup>	H'	E(S <sub>100</sub> )	Klasse	
U5	Utnesbassenget	0.2	60	2991	14955	2.40	13.10	II
U10	Ærøy	0.4	91	902	2255	5.03	36.79	I
U11	Ærøydypet	0.4	71	1507	3768	4.01	24.48	I
U12	- " -	0.4	73	2475	6188	3.83	18.77	I
T20	Rørvik, Strengereid	0.4	65	1293	3233	3.34	22.00	I
E14	Narestø	0.4	64	796	1990	4.57	30.09	I
AD5	Kilsund	0.4	53	1710	4275	2.41	16.33	II
AD6	Eikelandsfj	0.4	3	3	8	-	-	(V)

Tabell 10. Individtettheter (ind/m<sup>2</sup>) for de vanligste artene på stasjonene ved Utnes i 1994. Alle arter med individtall > 90 ind/m<sup>2</sup> på en eller flere stasjoner er tatt med.

Stasjon	U5	U10	U11	U12
<b>CNIDARIA (nesledyr)</b>				
Edwardsiidae indet	140	63	-	-
<b>NEMERTINI (båndmark)</b>				
Nemertinea indet	255	218	75	113
<b>POLYCHAETA (mangebørstemark)</b>				
<i>Caulleriella sp</i>	30	8	135	8
<i>Chaetozone setosa</i>	25	13	855	-
<i>Chaetozone sp</i>	-	-	-	728
<i>Exogone sp</i>	-	90	13	-
<i>Heteromastus filiformis</i>	15	3	853	1118
<i>Melinna cristata</i>	-	-	33	205
<i>Myriochele oculata</i>	-	413	250	500
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	-	8	130	690
<i>Paraonis lyra</i>	5	110	20	3
<i>Pholoe minuta</i>	1110	88	13	25
<i>Prionospio malmgreni</i>	95	-	275	15
<i>Prionospio ockelmanni</i>	-	148	-	-
<i>Proclea graffii</i>	-	-	-	570
<i>Sosane sulcata</i>	-	128	-	-
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	-	-	95	48
<i>Tharyx sp</i>	-	-	8	228
<b>GASTROPODA (snegl)</b>				
<i>Cylichna alba</i>	95	-	5	-
<b>BIVALVIA (muslinger)</b>				
<i>Abra nitida</i>	10	-	70	123
<i>Corbula gibba</i>	105	25	-	-
<i>Mysella bidentata</i>	4870	5	3	3
<i>Nucula sulcata</i>	85	-	40	20
<i>Nuculoma tenuis</i>	30	3	153	653
<i>Thyasira equalis</i>	-	-	110	673
<i>Thyasira flexuosa</i>	90	35	-	-
<b>ECHINODERMATA (pigghuder)</b>				
<i>Amphiura filiformis</i>	6815	50	-	20
<i>Labidoplax buski</i>	415	75	-	3

Tabell 11. Individtettheter (ind/m<sup>2</sup>) for de vanligste artene på stasjonene ved Rørvik, Narestø, Kilsund og Eikelandsfjorden i 1994. Alle arter med individtall > 40 ind/m<sup>2</sup> på en eller flere stasjoner er tatt med.

Stasjon	Rørvik T20	Narestø E14	Kilsund AD5	Eikelandsfj. AD6
<b>NERMERTINI (båndmark)</b>				
Nemertinea indet	190	63	403	-
<b>POLYCHAETA (mangebørstemark)</b>				
<i>Brada villosa</i>	5	50	-	-
<i>Caulleriella sp</i>	40	-	-	-
<i>Chaetozone setosa</i>	35	98	13	-
<i>Diplocirrus glaucus</i>	8	290	3	-
<i>Glycera alba</i>	15	3	63	-
<i>Heteromastus filiformis</i>	13	115	45	-
<i>Myriochele oculata</i>	8	-	63	-
<i>Pholoe minuta</i>	45	113	175	-
<i>Polyphysia crassa</i>	38	73	-	-
<i>Polydora socialis</i>	-	-	2750	-
<i>Prionospio malmgreni</i>	258	160	113	-
<i>Scalibregma inflatum</i>	100	38	45	3
<i>Terebellides stroemi</i>	3	40	3	-
<b>GASTROPODA (snegl)</b>				
<i>Cingula vitrea</i>	40	3	-	-
<i>Nassarius reticulatus</i>	-	3	63	-
<b>BIVALVIA (muslinger)</b>				
<i>Abra longicallus</i>	-	-	88	-
<i>Abra nitida</i>	28	108	-	-
<i>Mysella bidentata</i>	1483	10	5	3
<i>Nucula turgida</i>	-	-	80	-
<i>Thyasira flexuosa</i>	-	35	93	-
<b>CRUSTACEA (krepsdyr)</b>				
<i>Diastylis lucifera</i>	-	-	43	-
<b>ECHINODERMATA (pigghuder)</b>				
<i>Amphiura chiajei</i>	98	333	-	-
<i>Amphiura filiformis</i>	408	33	13	-

#### 4.2.4 Utviklingen i Utnes-området

Stasjon U5 i Utnesbassenget hadde en negativ utvikling fra overvåkingen startet i 1981 og fram til 1989 da utslippet ble flyttet (Moy & Wikander 1990). Figur 10 illustrerer forandringene i artstall og arts mangfold (Shannon-Wiener indeks) i hele undersøkelsesperioden, inkludert resultatene fra foreliggende undersøkelse. Det fremgår tydelig at både artstall og arts mangfold stiger etter 1989 og er på nivå med verdiene før 1987. Det kan neppe være tvil om at lokaliteten er i en positiv utviklingsfase etter at utslippet ble flyttet.

Forandringene i artssammensetningen på U5 viser også dette (Tabell 12). I 1989 var stasjonen sterkt dominert av børstemarken *Capitella capitata*, som over hele verdien opptre i områder med meget tung organisk belastning. *Capitella* var også dominerende i de prøvene fra 1987 og 1988 som luktet av hydrogensulfid (gruppe A prøver). Sammen med *Capitella* forekom arten *Malacoceros fuliginosus*, som har en lignende opptreden ved tung organisk belastning. Ingen av disse artene ble registrert i 1994. *Amphiura filiformis* og *Mysella* som nå var dominerende, var også svært tallrike i perioden 1981-85.

En fremstilling av generelle forløp for alle de fire stasjonene i hele undersøkelsesperioden er vist ved clusteranalysen i Figur 11. Nesten alle prøvene grupperer seg sammen stasjonsvis med høy grad av innbyrdes likhet. Unntaket er stasjon U5 hvor prøvene fra 1987-89 som var preget av hydrogensulfid (1989 og gruppe A prøver 1987, 1988), skiller seg klart ut og er de mest ulike i hele materialet (< 20 % likhet til de andre prøvene). Også U10 i 1989 skiller seg endel ut. Dette illustrerer igjen de store forandringene på U5, mens det på de andre stasjonene ikke har vært på langt nær så store endringer. Prøvene fra U11 i Ærøydypet danner en tett gruppe (> 60 % innbyrdes likhet) som viser at denne stasjonen har hatt stabile forhold i hele perioden. Den nye stasjonen på det dypeste punktet i Ærøydypet (U12) er svært lik U11.

Figur 12 viser en clusteranalyse hvor Utnes-området er sammenlignet med andre stasjoner fra Arendal og Grimstadorrådet. Analysen er begrenset til prøvene fra 1989 og 1994. Stasjoner som det sammenlignes med er fra kommunens østlige områder (denne undersøkelsen: St T20, E14, AD5), Tromøysund 1989-1990 (St. T1, T5, T14) (Næs et al. 1991) og SFTs kystovervåkingsprogram 1994 (St. B05, B10, B19, B20, B35) (Rygg og Alve 1995). Prøvene fra Narestø (E14) i 1989 (Wikander 1986a) er også tatt med.

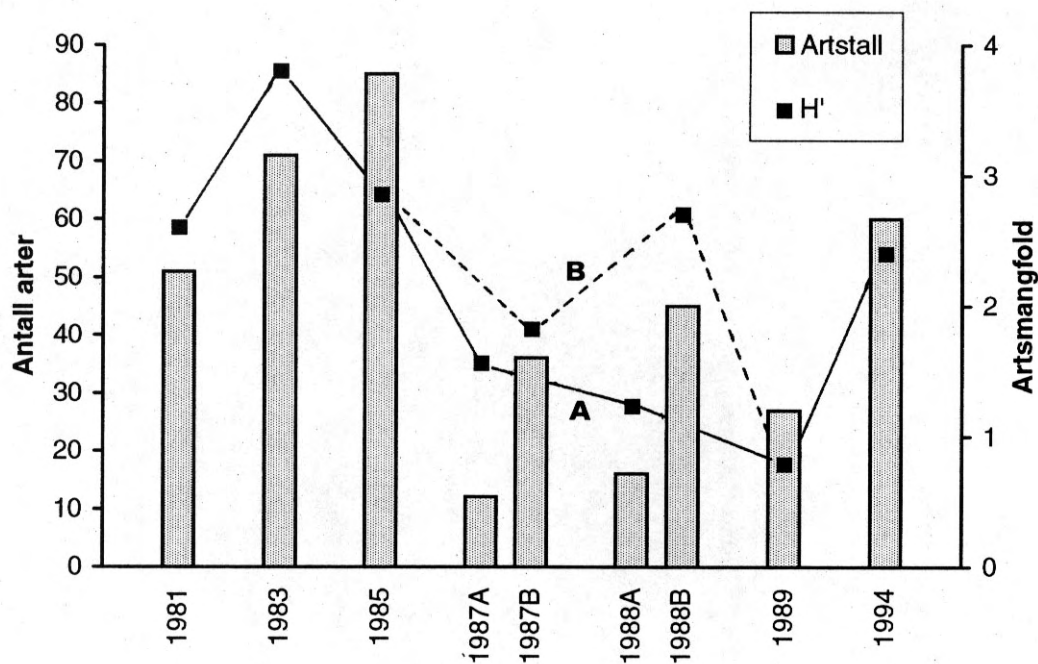
Analysen viser at U5 og U10 i 1994 har størst likhet til stasjonene fra Rørvik (T20) og Kilsund (AD5). U5 har særlig høy likhet med T20. Tilsammen danner disse en gruppe moderat dype kyststasjoner hvor innbyrdes likhet nok gjenspeiler en viss påvirkning fra organiske tilførsler. Denne gruppen av stasjoner viser moderat likhet til Tromøysund (T1, T5, T14). Stasjonene i Ærøydypet (U11, U12) viser høy likhet til de dype stasjonene i kystovervåkingsprogrammet (B19, B20, B35). Dette betyr at faunaen i Ærøydypet ikke skiller seg fra andre dype områder på kysten. Ellers viser analysen at Narestø (E14) ligner mest på de grunne stasjonene i kystovervåkingsprogrammet. Disse stasjonene har ingen spesielle organiske tilførsler. Også denne analysen viser at U5 og U10 i 1989 skiller seg ut.

På kystovervåkingsstasjonene blir det også analysert for sedimenter med samme metodikk som i denne undersøkelsen. Resultater for stasjon B19 (Ryvingdypet nord for Fevik) og B20 (utenfor Tromøy), som er mest aktuelle for sammenligning med Ærøydypet, var i 1994 (Rygg og Alve 1995):

St. B19 (190 m): finfraksjon 98.5 %, TOC 22.7 mg/g, TN 2.7 mg/g, C/N-forhold 8.4

St. B20 (200 m): finfraksjon 76.6 %, TOC 12.2 mg/g, TN 1.3 mg/g, C/N-forhold 9.4

Prøvene ble tatt bare noen uker før prøvetakingen i Ærøydypet. Resultatene viser at det var litt lavere verdier for TOC og TN på kystovervåkingsstasjonene enn i Ærøydypet (sml. Tabell 8). Dette kan indikere en viss forskjell, men med bare en prøve fra hver stasjon, er det neppe grunnlag for å tolke dette nærmere.

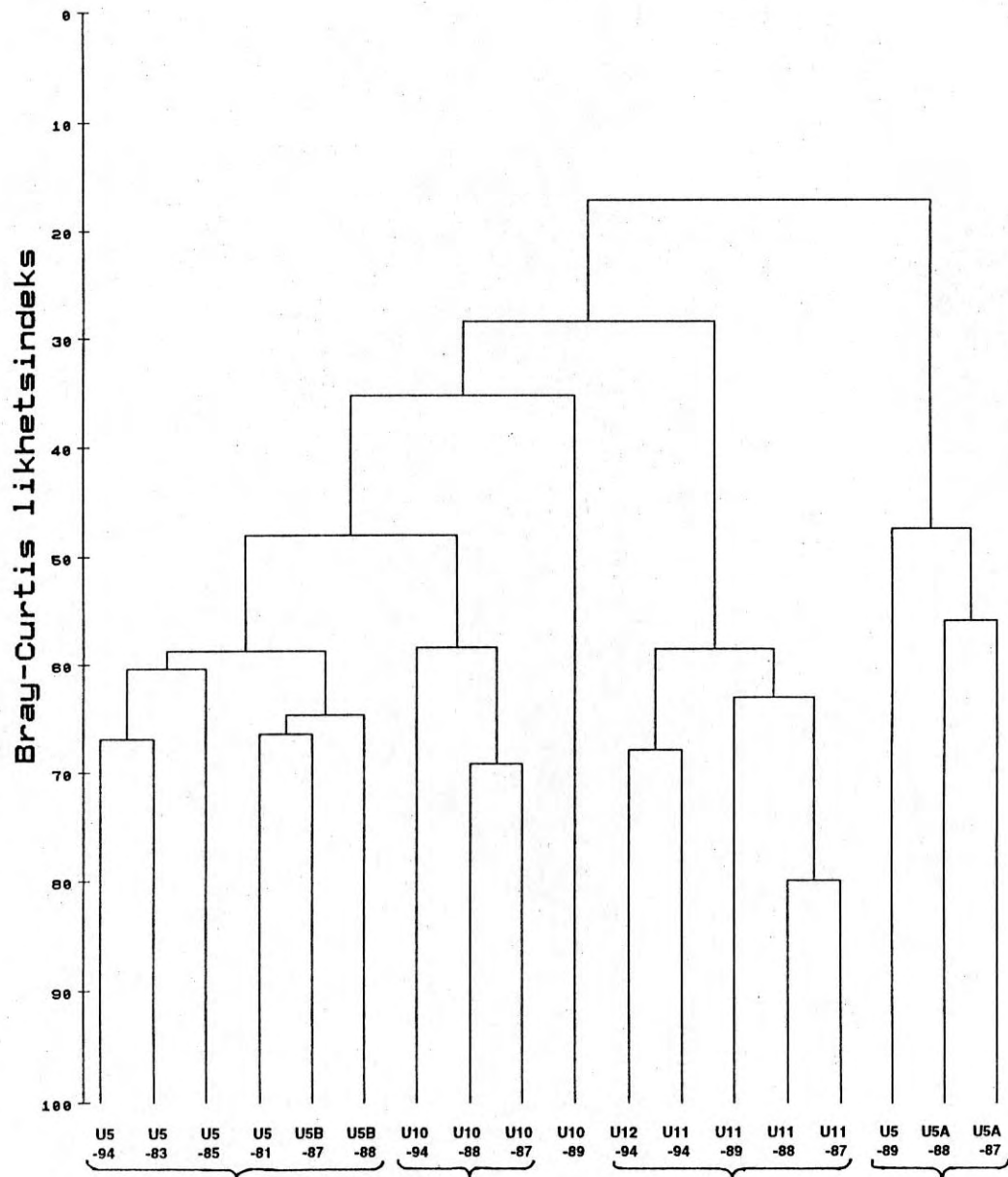


Figur 10. Antall arter og arts mangfold (= Shannon-Wiener diversitet) på stasjon U5 ved Utnes i perioden 1981-94. I 1987 og 1988 ble prøvene inndelt i (A): mørkt sediment med hydrogensulfid og (B): normalt sediment.

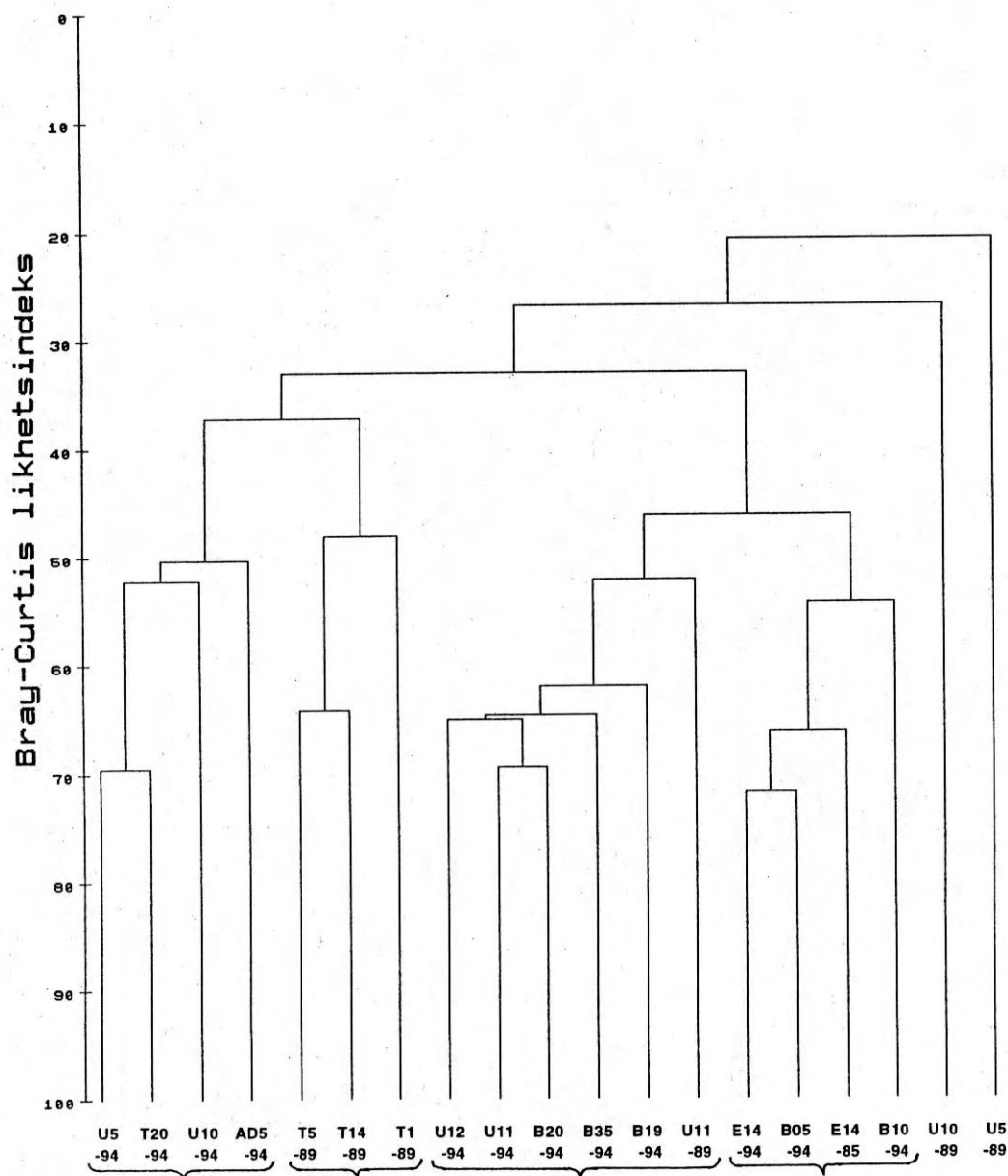
Tabell 12. Individtettheter ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) for de viktigste artene på stasjon U5 ved Utnes i perioden 1981 - 1994. I 1987 og 1988 ble prøvene inndelt i (A): mørkt sediment med hydrogensulfid og (B): normalt sediment.

	1981	1983	1985	1987 A	1987 B	1988 A	1988 B	1989	1994
<b>NEMERTINI (båndmark)</b>									
Nemertinea ind.	96	60	184	-	9	-	54	4	255
<b>POLYCHAETA (børstemark)</b>									
<i>Pholoe minuta</i>	18	22	436	-	18	-	219	12	1110
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	-	-	-	160	-	550	18	40	-
<i>Prionospio malmgreni</i>	610	160	712	-	57	10	54	46	95
<i>Scalibregma inflatum</i>	26	2	530	-	15	-	63	2	15
<i>Capitella capitata</i>	-	-	-	1210	6	2065	45	2008	-
<i>Pectinaria koreni</i>	-	-	-	60	2793	-	6	2	-
<b>BIVALVIA (muslinger)</b>									
<i>Nucula nitidosa</i>	30	-	132	5	147	-	3	4	-
<i>Thyasira sarsi/flexuosa</i>	72	28	78	-	33	5	21	14	90
<i>Mysella bidentata</i>	1842	402	6518	65	7137	-	1302	2	4870
<i>Corbula gibba</i>	22	14	24	5	54	-	3	24	105
<b>ECHINODERMATA (pigghuder)</b>									
<i>Amphiura filiformis</i>	668	818	1496	115	2169	50	1467	-	6815
<i>Labidoplax buski</i>	96	124	368	5	33	10	165	-	415





Figur 11. Likhetsanalyse (clusteranalyse) av bunnsfaunaprøver fra Utnes-området 1981-1994. Følgende prøver er inkludert: st. U5 (1981, 1983, 1985, 1987A, B, 1988A, B, 1989, 1994); st. U10 (1987, 1988, 1989, 1994); st. U11 (1987, 1988, 1989, 1994); st. U12 (1994). I diagrammet angir horisontale forbindelseslinjer graden av likhet mellom prøvene - jo lavere prøvene er forbundet, jo større likhet. For eksempel er det stor likhet mellom prøvene fra U11 i 1987 og 1988. Graden av likhet (%) er vist på ordinaten. Grupper av prøver innenfor et valgt likhetsnivå på ca 50 % er markert med klammeparentes. Arter med svært lave individtall og som kan forekomme tilfeldig i prøvene, er utelatt fra analysene.



Figur 12. Likhetsanalyse (clusteranalyse) av bunnfaunaprøver fra Arendal 1994 sammenlignet med tidligere prøver og prøver fra SFTs kystovervåkingsprogram 1994. Følgende prøver er inkludert: Utnes-området - st. U5, U10, U11 (1989, 1994) og U12 (1994); Tromøysund - st. T1, T5, T14 (1989), østlige områder - st. T20, AD5 (1994) og E14 (1985, 1994); SFTs kystovervåkingsprogram - st. B05, B10, B19, B20, B35 (1994). Stasjonene i kystovervåkingsprogrammet ligger ved Gråholmen i Grimstad (B05: 50 m), Rivingdypet nord for Fevik (B19: 190 m) og utenfor Tromøy (B10: 100 m, B20: 200 m, B35: 350 m). Øvrige stasjoner er vist på Figur 9. Grupper av prøver innenfor et valgt likhetsnivå på ca 50 % er markert med klammeparentes. Arter med svært lave individtall og som kan forekomme tilfeldig i prøvene, er utelatt fra analysene.

## 4.3 Vurdering av resultatene

### 4.3.1 Utnes-området

Undersøkelsene viser at det var tilfredsstillende forhold i Utnes-bassenget og Ærøydypet. I Utnes-bassenget er forholdene blitt vesentlig forbedret etter at utslippet av avløpsvann ble flyttet. Det kan ikke påvises noen spesielle negative virkninger av utslippet i Ærøydypet hvor forholdene er liknende forholdene i tilsvarende dype områder på kysten.

Kort oppsummert var resultatene for de enkelte lokalitetene:

#### St. U5 (Utnesbassenget, ved gammelt utslipp)

Lokaliteten hadde friskt bunnsediment med normalt organisk innhold. Bunnfaunaen hadde noe nedsatt artsmangfold. I forhold til 1989 var tilstanden vesentlig forbedret med en fauna som var omtrent som tidlig på 80-tallet, før forverringen av tilstanden begynte.

#### St. U10 (Ærøya, ved nåværende utslipp)

Stasjonen har sandholdig bunnsediment med lavt organisk innhold. Faunaen var artsrik og hadde høyt artsmangfold. Det var ingen vesentlige endringer i fauna i forhold til prøver tatt i 1987 og 1988, men prøvene fra 1989 skilte seg noe ut. Faunaen hadde normal sammensetning, men det var et visst innslag av arter som ofte forekommer i organisk belastede områder. Flyttingen av utslippsstedet for kommunalt avløpsvann synes ikke, eller bare i liten grad, å ha påvirket stasjonen.

#### St. U11 (Ærøydypet, 110 m)

Stasjonen hadde normalt bunnsediment med normale til litt forhøyde verdier for organisk innhold. Faunaen var artsrik og hadde høy diversitet. Det var ingen vesentlige endringer i faunaen i forhold til prøvene tatt i 1987, 1988 og 1989. Forholdene må betegnes som gode.

#### St. U12 (Ærøydypet, 164 m)

Stasjonen er ny og ligger på det dypeste punktet i Ærøydypet. Sediment og fauna var svært likt U11, men faunaen hadde litt lavere artsmangfold. Forholdene må betegnes som gode.

### 4.3.2 Østlige områder i Arendal kommune

Flere av de undersøkte lokalitetene i området ved Flosta og Tverdalsøy var preget av tilførsler av organisk materiale. Eikelandsfjorden og områdene ved Strengereid er delvis innelukkede og har svak vannutskiftning. I disse områdene er det naturlig kritiske oksygenforhold og tildels råttent bunnvann. Det kan derfor være vanskelig å skille mellom naturgitte forhold og hva som skyldes tilførsler fra menneskelig virksomhet.

Kort oppsummert var resultatene for de enkelte lokalitetene:

#### St T20 (Rørvik)

Stasjonen hadde friskt bunnsediment, men det var høyt organisk innhold i sedimentet. Faunaen var artsrik og hadde normalt artsmangfold, men var dominert av arter som ofte finnes i organisk anrikede områder. Faunaen viste stor likhet til st. U5 ved Utnes. Basert på artsmangfoldet må tilstanden betraktes som god, men artssammensetningen og det høye organiske innholdet i sedimentet viser at lokaliteten er utsatt. Tilstanden kan raskt endre seg ved økte tilførsler.

**St. E14** (Narestø)

Stasjonen hadde friskt bunnsediment med nokså høyt organisk innhold. Faunaen var artsrik og hadde høyt artsmangfold. Artssammensetningen var lik det man finner i andre ytre områder på kysten. Tilstanden hadde endret seg lite siden stasjonen ble undersøkt i 1985 under egnethetsundersøkelsen for havbruk i Aust-Agder.

**St. AD5** (Kilsund)

Bunnsedimentet var mørkt med lukt av hydrogensulfid og hadde høyt organisk innhold. Faunaen var normalt artsrik, men hadde noe nedsatt artsmangfold og var dominert av arter som ofte finnes ved organisk anrikning. Generelt var tilstanden på lokaliteten ikke god. Faunaen er ikke så mye påvirket som tilstanden i sedimentene skulle tilsi, men dette kan skyldes at området har god vannutskiftning.

**St. AD6** (Eikelandsfjorden)

Det ble tatt prøver både på 32 og 40 m. Begge prøvene hadde mørkt sediment med lukt av hydrogensulfid. Det var ikke dyr i prøvene. Fjorden har grunne terskler og har nok naturlig stagnerende dypvann med hydrogensulfid. Prøvetakingen gir ikke grunnlag for å vurdere i hvilken grad dagens tilførsler påvirker tilstanden.

SFTs miljøkvalitetskriterier gir nokså forskjellig resultater for sedimenter og bunnfauna både for Rørvik (T20), Narestø (E14) og Kilsund (AD5). Til nå er det ikke vunnet nok erfaring med dette systemet til å avgjøre hva som er mest pålitelig. Det er mulig at klasseverdiene for sedimenter ikke er gode for forholdene på Sørlandet, spesielt indre fjordområder, og at sedimentene derfor blir karakterisert som dårligere enn de egentlig er. På den annen side er det flere forhold som tyder på at artsmangfold ikke er en tilstrekkelig følsom parameter for svak eller begynnende organisk påvirkning. I noen tilfeller synes artssammensetning og innslag av karakteristiske arter å være bedre. Inntil mer erfaring er vunnet, bør derfor en samlet vurdering av alle forhold legges til grunn når tilstanden på lokalitetene skal angis.

## 5. MILJØGIFTER I SEDIMENTER

### 5.1 Stasjonsvalg og metodikk

#### 5.1.1 Prøvetakingslokaliteter

Sedimentprøver ble innsamlet fra to stasjoner ved Utnes, ved det gamle utslippsstedet for kommunal kloakk (U5) og ved det nye utslippsstedet ved Ærøy (U10) (Figur 9).

#### 5.1.2 Prøvetaking

Sedimentprøvene ble innsamlet med en 'Petersen' type bunngrabb den 27.05.94. Prøvene ble tatt samtidig med prøvetaking av bløtbunnsfauna.

Sedimentene ble analysert for metaller (kobber, kvikksølv, lithium, bly og sink) og miljøgiftene PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) og PCB (polyklorete bifenyler).

Prøvene er analysert etter standard metoder (se vedlegg M1).

#### 5.1.3 Grunnlag for vurderinger

De målte miljøgiftkonsentrasjonene er vurdert etter SFT's veiledningshefte for klassifisering av miljøkvalitet (Knutzen et al. 1993). Det er her benyttet forurensningsgrad, men for miljøgiftene PAH og PCB er forurensningsgraden lik tilstandsklassen.

## 5.2 Resultater

Analyseresultatene er vist Tabell 13, Tabell 14 og Tabell 15, sammen med resultater fra tidligere undersøkelser i 1981 (Boman og Wikander 1983) og 1993 (Koniczny og Juliussen 1995). Analysene fra 1981 er gjort med en annen metodikk, og er derfor ikke direkte sammenlignbare. Stasjonsplasseringen er også noe endret fra 1981. Analysene er likevel tatt med i tabellen. I undersøkelsen fra 1993 er det brukt samme analysemetoder for metaller som i denne undersøkelsen (se vedlegg).

Resultatene viser at stasjon U5 var *moderat forurenset* (forurensningsgrad 2) av PAH, kvikksølv (Hg) og bly (Pb), og *lite forurenset* (forurensningsgrad 1) av de øvrige miljøgiftene (kobber, sink og PCB). Ved Ærøy var det kun svakt forhøyde verdier av PAH (*moderat forurenset*, men nær grensen til *lite forurenset*).

Alle miljøgiftene hadde tilsynelatende høyere konsentrasjoner ved Utnes enn ved Ærøy. Sedimentene ved de to stasjonene hadde imidlertid ulik kornstørrelse (siltig leire ved U5 og grå silt ved U10), som betyr at man ikke kan sammenligne de to stasjonene direkte. Grove sedimenter vil ha lavere miljøgiftinnhold enn finkornete sedimenter. Verdiene må derfor normaliseres mot innhold av lithium (Li). De normaliserte verdiene av Cu, Hg, Pb og Zn viser at Utnes hadde de høyeste nivåene av kobber og kvikksølv, mens Ærøy hadde de høyeste verdiene av bly og sink (Tabell 15).

Tabell 13. Innhold av miljøgifter i sedimenter fra Utnes og Ærøy (U5, U10) i mai 1994.

Stasjon	Org. innhold		Metaller					Organiske miljøgifter			
	TN µg/g	TOC µg/g	Cu µg/g	Hg µg/g	Li µg/g	Pb µg/g	Zn mg/g	ΣPAH µg/kg	NPD µg/kg	KPAH %	ΣPCB µg/kg
<b>1994</b>											
U5 Utnes 30m	2,5	24,4	20	0,18	21,7	41,0	97	1417	191	31,8	4,6
U10 Ærøy 38m	<1,0	4,8	4	0,02	6,7	19,5	40	372	23	29,6	0,7
<b>1993</b>											
A2 Arendal havn			163	2,37	-	163		22942	-	37,0	74,5
A1 Galtesund			80,0	1,16	-	157		17928	-	37,2	28,1
<b>1981</b>											
U2 Utnes 35m	-	-	12	0,20	-	17	57	-	-	-	7,2
U6 Ærøy 35 m	-	-	41	0,47	-	81	180	-	-	-	-
U5 Ærøy 100m			12	0,14	-	27	49	-	-	-	4,7
<b>Bakgrunnsverdi</b>	<b>&lt;2,7</b>	<b>&lt;30</b>	<b>&lt;35</b>	<b>&lt;0,15</b>	<b>-</b>	<b>&lt;30</b>	<b>&lt;150</b>	<b>&lt;300</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>&lt;5</b>

Tabell 14. Klassifisering av miljøgiftinnhold i marine sedimenter ved Arendal (etter Knutzen, Rygg og Thélin 1993). Forurensningsgrad 1 "Lite forurenset", 2 "Moderat forurenset", 3 "markert forurenset", 4 "Sterkt forurenset", 5 "Meget sterkt forurenset".

Stasjon		Metaller							
		TN	TOC	Cu	Hg	Pb	Zn	PAH	PCB
<b>1994</b>									
U5 Utnes	30m	1	1	1	2	2	1	2	1
U10 Ærøy	38 m	1	1	1	1	1	1	2	1
<b>1981</b>									
U2 Utnes	30 m	-	-	1	2	1	1	-	2
U6 Ærøy	30 m	-	-	2	2	2	2	-	-
U5 Ærøy	100 m	-	-	1	1	1	1	-	1
Arendal havn	'93	-	-	3	3	3	2	5	3
Galtesund	'93	-	-	2	3	3	2	5	3

Tabell 15. Metallverdier normalisert med litium.

Stasjon	Li	Cu/Li	Hg/Li	Pb/Li	Zn/Li
<b>1994</b>					
U5 Utnes 30m	21,7	0,92	0,008	1,90	4,47
U10 Ærøy 38m	6,7	0,60	0,003	2,91	5,97

### 5.3 Vurderinger

Resultatene viser at sedimnetene ved Utnes og Ærøy har relativt lavt miljøgiftinnhold. Det kan likevel være grunn til å følge opp området med jevne mellomrom for å overvåke eventuelle endringer i tilstanden.

## 6. STRANDSONE

### 6.1 Metoder

#### 6.1.1 Stasjonsplassering

Stasjonene ble plassert fra Utnes i vest til Flosta i øst i Arendal kommune. Stasjonene dekker de indre skjærgårdsområdene hvor det er, eller har vært, utslipp av kommunal kloakk. Stasjonene er konsentrert rundt Utnes, Arendal havn, Tromøysund og fjordsystemet på innsiden av Flosta og Tverdalsøy. Stasjonsplasseringen er vist i Figur 13.

Stasjonsoversikt med posisjonsangivelser er gitt i vedlegg S1.

#### 6.1.2 Feltundersøkelser

##### *Semi-kvantitativ strandsoneregistrering*

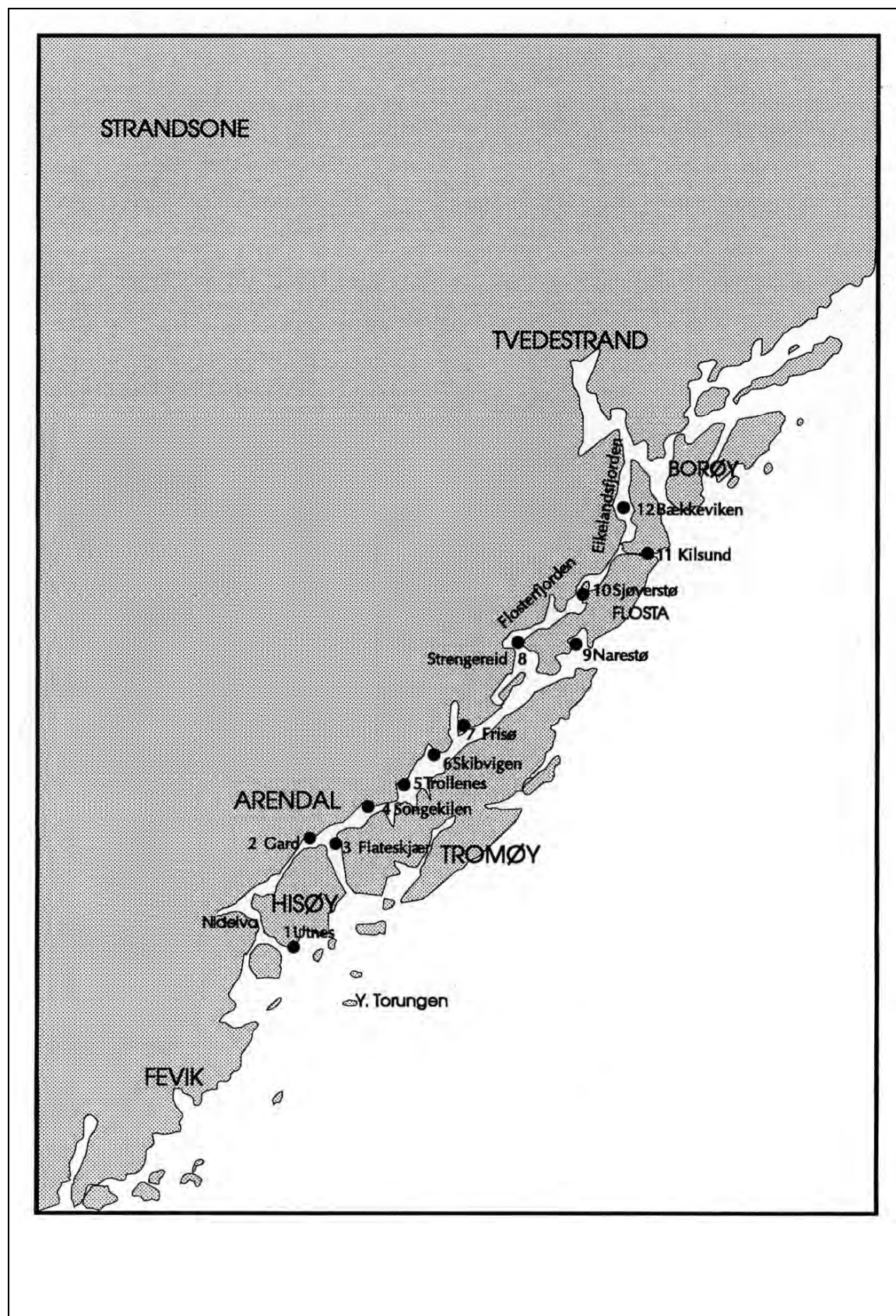
Organismesamfunnet i strandsonen (0 - 1 meter) ble undersøkt ved å registrere alle makroskopiske alger (større enn 1 mm) og dyr i et ca. 50 meter langt belte langs stranden. Metoden innebærer registrering ved fridykking i maksimalt 20 minutter ved hver stasjon. Registreringen er kvalitativ og dels kvantitativ ved at artenes forekomst ble angitt etter en subjektiv skala: enkeltfunn(e), spredt(s), vanlig(v) og dominerende(d).

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

##### *Registreringsrammer*

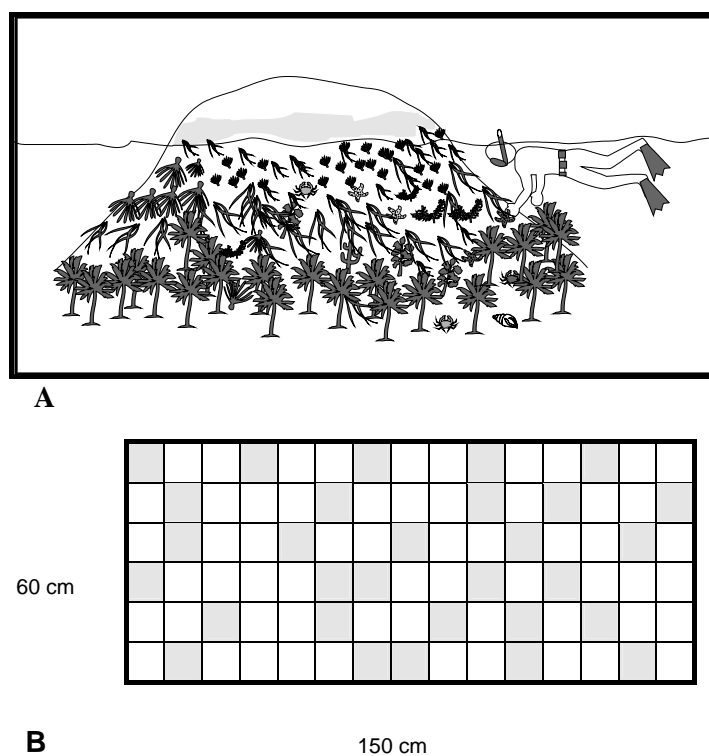
På to stasjoner ble registreringsrammer lagt ut på fjellet under vannoverflaten. Rammene måler 1,5 x 0,5 meter og er delt inn i 90 ruter à 10 x 10 cm (Figur 14). Innen hver ramme ble alle arter i 30 tilfeldig utvalgte ruter registrert. Artenes mengder ble ikke vurdert, men metoden gir et mål på hvor hyppig artene opptrer.

Feltarbeidet ble gjennomført 28.-29. juli 1993 og 25.-26. juli 1994.



Figur 13. Stasjoner for strandsoneundersøkelser i Arendal i 1993 og 1994





Figur 14. Skjematisk tegning av registreringsmetode og registreringsramme. Rammen er ferdig markert med 30 tilfeldig utvalgte ruter (skraverte).

### 6.1.3 Tallbehandling

Ved tallbehandlingen ble alle mengdeangivelsene erstattet med tall: enkeltfunn = 2, spredt = 4, vanlig = 8 og dominerende = 16.

#### *Diversitet (H')*

For å beregne diversiteten (artsmangfold) ble en modifisert Shannon-Wiener indeks (H') brukt. Shannon-Wiener indeks er basert på antall (n), men er her brukt på mengde. Indeksen er gitt ved formelen:

$$H' = -\sum_{i=1}^s n_i/N \ln(n_i / N)$$

hvor  $n_i$  er mengdeverdien (forekomstangivelsen) av art i, N er summen av mengdeverdiene for alle artene og s er antall arter. Indeksen tar hensyn både til antall arter og mengdefordeling mellom artene, og øker i tallverdi ved økende antall arter og like mengdeverdier mellom artene.

**Dominansindeks (I).**

Denne indeksen er foreslått av Shaw et al. (1983) for å gi et enkelt tall som reflekterer dominansforholdet i et samfunn. Deres definisjon 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**

Prosentfordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger i uforurensede fjorder og kystfarvann er beregnet til R:B:G = 45:35:15. Prosentforholdene for rødalger og brunalger vil variere med  $\pm 10\%$  innenfor normalen, og grønnalgeprosenten vil variere med ca.  $\pm 5\%$  (Bokn 1978).

I tillegg til artsantall og diversitet brukes gjerne forholdet mellom rødalger, brunalger og grønnalger for å beskrive eventuelle effekter av kloakkvann.

**Likhetsanalyse (Clusteranalyse)**

Clusteranalyser kan vise i hvilken grad samfunnene på ulike stasjoner er like eller forskjellige. Analysen foregår i flere trinn. Likheten mellom stasjonene blir beregnet vha. Bray-Curtis similaritetsindeks. Deretter sorteres likhetsverdiene for å gi et grafisk bilde av likhet (dendrogram), hvor stasjoner som er mest like blir plassert nærmest hverandre. Likhetsanalyser er beskrevet av bl.a. Clifford & Stephenson (1975).

$$\text{'Bray-Curtis ulikhetsmål'} \quad (\text{BC}) = \frac{\sum |x_{pi} - x_{qi}|}{\sum (x_{pi} + x_{qi})}$$

der  $x_{pi}$  er mengden av art i på prøve p,  $x_{qi}$  er mengden av art i på prøve q.

Det har ikke lyktes å utarbeide klassifiseringstabeller for hardbunnssamfunn, som det er gjort for bløtbunn og hydrokjemiske parametre. Vurderingene av de ulike analysene er derfor basert på skjønn.

**6.2 RESULTATER****6.2.1 Organismesamfunn på lokalitetene**

Sammenstilling av resultatene fra 1993 og 1994 er vist i Tabell 16. Fullstendige artslistene er gitt som vedlegg, sammen med visuell beskrivelse av stasjonene.

**Artssammensetning**

De fleste stasjonene var dominert av en eller flere tangarter (blæretang, grisetang, sagtang) mens mindre algearter som rekeklo (*Ceramium spp.*), krusflik (*Chondrus crispus*), -dokker (*Polysiphonia spp.*), brunt "sly" (*Ectocarpales*), grønn dusk (*Cladophora spp.*), tarmgrønske (*Enteromorpha*) og skorpeformet kalkalger (*Phymatolithon spp.*) vokste spredt eller var vanlige. Av fauna var blåskjell (*Mytilus edulis*), strandsnegl (*Littorina spp.*), rur (*Balanus sp.*) og sjøstjerne (*Asterias rubens*)

vanlig forekommende på de fleste stasjonene. Små kolonidyr som hydroider (*Dynamena pumila*, *Laomedea sp.*) og mosdyr (*Membranipora membranacea*, *Electra pilosa*) var vanlige påvekstorganismer på tang.

Flateskjær (3FLA), Songekilen (4SON), Frisø (7FRI) Strengereid (8STR) og tildels Kilsund (11KIL) og Bækkeviken (12BÆK) var overgrodd av påvekstalger og hadde mye sedimentert (løst) materiale på fjell og alger.

På stasjonene Utnes (1UTM), Gard (2GAR) og Narestø (9NAR) ble det ikke registrert grisetang (*Ascophyllum nodosum*), en vanlig art på bølgebesskyttede steder. Ved Utnes ble det heller ikke registrert blæretang.

Den varmekjære rødalgen strømgarn (*Dasya baillouviana*) ble registrert på to stasjoner i Tromøysund (Songekilen og Frisø). Arten har spredd seg fra Middelhavet til nordeuropeiske farvann, og ble registrert for første gang i Norge i 1966 (Tjøme). Arten finnes spredt i Sør-Norge.

Det ble ikke registrert større forekomster av japansk drivtang (*Sargassum muticum*) på noen av stasjonene. Denne arten er også introdusert til våre farvann, og kan forekomme i større mengder i enkelte områder.

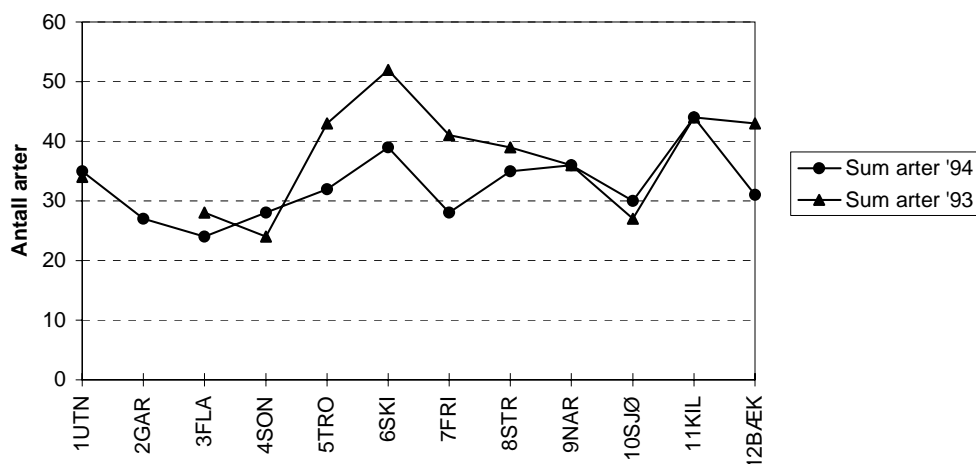
### **Artsantall**

Det ble registrert til sammen 114 ulike arter/taxa i strandsoneundersøkelsen. Av disse var 71 alger, 41 dyr, og to bentiske diatomeer. På stasjonene varierte antall arter mellom 52 og 24 arter. Skibvigen (6SKI) og Kilsund (11KIL) hadde relativt høye artsantall i både 1993 og 1994. I 1993 hadde også Bækkeviken (12BÆK) og Trollenes (5TRO) mange arter, mens Strengereid (8STR) og Narestø (9NAR) var blandt stasjoner med mange arter i 1994 (Figur 15). Få arter ble registrert på Flateskjær (3FLA), Gard (2GAR), Songekilen (4SON) og Sjøverstø (10SJØ).

Det ble totalt sett registrert flere arter i 1993 enn i 1994, og enkelte stasjoner hadde markert høyere artstall i 1993 enn i 1994. Stasjonene Trollenes (5TRO), Skibvigen (6SKI), Frisø (7FRI) og Bækkeviken (12BÆK) hadde de største forskjellene i artsantall, med en forskjell på 11-18 arter mellom 1993 og 1994. Mange arter som ble registrert i 1993 og ikke i 1994, var ettårige. Det var i tillegg en overvekt av trådformete og bladformete arter som ble funnet i 1993 og ikke i 1994. På de øvrige stasjonene har det vært mindre forskjeller i antall arter mellom 1993 og 1994, men også her har det vært forskjeller i forekomsten av enkeltarter. Registreringen ble gjort av de samme personene, og med de samme metodene begge årene.

Tabell 16. Midlere forekomst av de vanligste artene funnet i Arendalsområdet i 1993 og 1994. Tegnforklaringer: e = enkeltfunn, s = spredt, v = vanlig, d = dominerende.

Stasjoner	Utnes												
	Gard											Bækkeviken	
Stasjonsnummer	Flateskjær												
	Songekilen										Kilsund		
Trollenes									Sjøverstø				
Skibvigen							Narestø						
Frisøy					Strengereid								
Narestø				Sjøverstø									
Kilsund			Bækkeviken										
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
UTN	GAR	FLA	SON	TRO	SKI	FRI	STR	NAR	SJØ	KIL	BÆK		
<b>RØDALGER</b>													<b>Latinske artsnavn</b>
Rekeklo	v-d	e	e-s	v	s-v	s-v	e	e-s	v		d		<i>Ceramium rubrum</i>
Tynn rekeklo		v	s-v	e	s-v	v	v	s	s	e	s	s	<i>Ceramium strictum</i>
Krusflik	s	s		s	s	v	s	v	v	e	s	s-v	<i>Chondrus crispus</i>
Svartkluft	e			e	s	s-v	e	s		s		e	<i>Furcellaria lumbricalis</i>
Rugl	v	-	s	s	s-v	s		s	v-d	d	s	v	<i>Phymatolithon</i> sp.
-dokke	s-v		s-v	s	v	s-v	e	s	e		e	s	<i>Polysiphonia</i> spp.
<b>BRUNALGER</b>													
Blæretang		s	v	v-d	v-d	v	v-d	s	s-v	v	s-v	e	<i>Fucus vesiculosus</i>
Grisetang			s	s-v	e	s	s-v	d		s	s	v	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Sagtang	s	s	d	v-d	v-d	s-v	s-v	s	d	s	d	s	<i>Fucus serratus</i>
Bruntufs			e	e-s	e	e-s	e	e			e-s	s-v	<i>Sphacelaria cirrosa</i>
Brunsliperlesli	s		s-v	s	s-v	s-v	e	s-v	e	s	e	s	<i>Ectocarpales</i> indet.
Tanglo		s	s-v		s-v				s		e	e	<i>Elachista fucicola</i>
<b>GRØNNALGER</b>													
Vanlig grønnndusk	s-v	v		e	s	s	e	e	s		e	e	<i>Cladophora rupestris</i>
Grønnndusk	s	s	s	s	s-v	s	s-v	s-v	s	s	s-v	v-d	<i>Cladophora</i> spp.
Tarmgrønske	e	s	s	s	s	e	e		e	e	s	e	<i>Enteromorpha</i> spp.
Havsalat	s		e						e		s-v	e	<i>Ulva lactuca</i>
<b>FAUNA</b>													
Blåskjell	d	v	v	v	v	s-v	s	s-v	v	s-v	v	s-v	<i>Mytilus edulis</i>
Korstroll	v	e	s	v	s-v	s-v	s-v	s-v	s	s	s-d	s	<i>Asterias rubens</i>
Hydroide I	v	s	s	e	v	v	s-v	s	v	e	s-v	s	<i>Laomedea</i> sp.
Hydroide II	v		s-v		s-d	s-d		e	v-d		v-d	e	<i>Dynamena pumila</i>
Brødsvamp	v			s	v	s-v	s-v	v	v		s	s	<i>Halichondria paniceae</i>
Mosdyr I	v	e	v	v	v	v	s-v	s	d	e	s-d	v-s	<i>Electra pilosa</i>
Mosdyr II	v	v	s	s	e	v	s	e	v	e	s	s	<i>M. membranaceae</i>
Rur	v-d	s	s-v	s	s	s-d	s		d	s	v	d	<i>Balanus</i> sp.
Strandsnegl	s-v	s	v	v	v	v	d	v	v	v	s-v	v	<i>Littorina</i> spp.



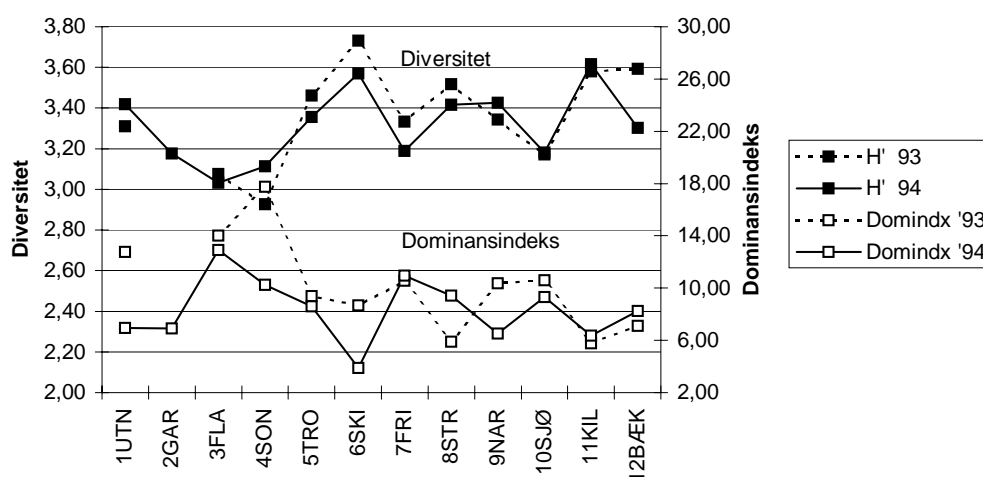
Figur 15. Antall arter registrert på 12 stasjoner i Arendalsområdet i 1993 og 1994.

### Diversitet og dominans

Figur 16 viser diversitet og dominans på de ulike stasjonene.

Stasjoner som skilte seg ut med høy diversitet (høyt artsmangfold) var Skibvigen (6SKI) og Kilsund (11KIL). I tillegg hadde Bækkevigen (12BÆK) høy diversitet i 1993. Stasjonene Flateskjær (3FLA), Songekilen (4SON) og tildels Sjøverstø (10SJØ), Frisø (7FRI) og Gard (2GAR) hadde lav diversitet i både 1993 og 1994.

Dominansindeksen varierte mye fra 1993 til 1994, men generelt kan det trekkes frem at Strengereid og Kilsund hadde lav dominans i både 1993 og 1994, mens Flateskjær og Songekilen hadde høy dominans begge årene.

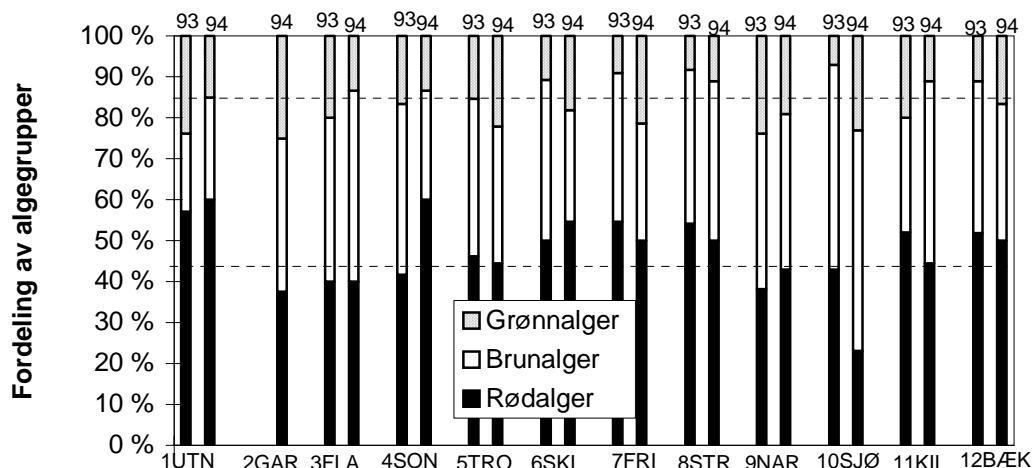


Figur 16. Diversitet og dominans beregnet for 12 strandsonestasjoner i Arendalsområdet i 1993 og 1994.

### Forholdet mellom rødalger, brunalger og grønnalger

Figur 17 viser den prosentvise fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger i 1993 og 1994. Stort sett ligger fordelingen for de enkelte stasjoner innenfor det som regnes for normalt ( $45 \pm 10$  :  $35 \pm 10$  :  $15 \pm 10$ ), men det er enkelte avvik f.eks. ved Sjøverstø (10SJØ) og Utnes (1UTN). Utnes har høyere andel rødalger og tildels høyere andel grønnalger enn det som regnes som normalt, men er trolig påvirket av både ferskvannstilførsler og gode næringsforhold. Sjøverstø hadde i 1994 svært lav andel rødalger, mens den i 1993 var normal.

Fordelingen av algegrupper varierte noe mellom de to årene, men generelt er det færrest andel rødalger på Gard (2GAR), Flateskjær (3FLA), Narestø (9NAR) og Sjøverstø (10SJØ). Størst andel rødalger er registrert på Utnes (1UTN).



Figur 17. Prosentvis fordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger i 1993 og 1994. Stiplede linjer indikerer normal andel av rødalger (45 %) og grønnalger (15 %) i upåvirkede områder. Andelen kan variere med  $\pm 10$  % for rødalger og  $\pm 5$  % for grønnalger. (se Kap. 6.1).

### Registeringsrammer

Resultater fra rammeundersøkelsen er vist i Tabell 17 og Tabell 18. Rammene dekker kun et lite areal av fjæra i motsetning til de semi-kvantitative strandoneregistreringene som dekker et relativt stort område. Hver rute blir imidlertid nøye gjennomgått, og man får ofte registrert flere mindre arter som blir oversett gjennom en vanlig strandsonundersøkelse.

Som for strandsonundersøkelsen, ble det registrert flere arter i 1993 enn i 1994. På begge stasjonene ble det registrert 4 flere arter i 1993 enn i 1994.

Sammenligninger mellom rammeregistreringene og strandoneregistreringene viser at tilnærmet samme antall arter ble registrert på Flateskjær (3FLA) både i 1993 og 1994. Det kan tyde på at vegetasjonen er homogen. På Trollenes (5TRO) ble det registrert flere arter gjennom

strandsoneundersøkelsen enn rammeregistreringen. Spesielt i 1993 var det forskjell på de to undersøkelsestypene.

Tabell 17. Antall arter på to rammestasjoner i Arendal i 1993 og 1994.

	<b>3FLA Flateskjær</b>		<b>5TRO Trollenes</b>	
	1993	1994	1993	1994
Totalt antall arter	28	23	33	29
Antall rødalger	5	4	9	9
Antall brunalger	7	7	6	8
Antall grønnalger	4	2	5	2
Antall dyr	12	9	13	11

Tabell 18. Arter som opptrådte hyppigst innenfor 60 x 150 cm rammer på to stasjoner i Arendal i 1993 og 1994.

	1993	1994
<b>3FLA Flateskjær</b>	Fjæreblod ( <i>Hildenbrandia rubra</i> ) Brunt på fjell Mosdyr ( <i>Electra pilosa</i> ) Brunslie ( <i>Ectocarpus</i> sp.) Tang ( <i>Fucus</i> sp. juv.)	Fjæreblod ( <i>Hildenbrandia rubra</i> ) Tanglo ( <i>Elachista fucicola</i> ) Blæretang ( <i>Fucus vesiculosus</i> ) Hydroider ( <i>Dynamena pumila</i> ) Tarmgrønske ( <i>Enteromorpha</i> sp.)
<b>5TRO Trollenes</b>	Hydroide ( <i>Dynamena pumila</i> ) Blåskjell ( <i>Mytilus edulis</i> ) Fjæreblod ( <i>Hildenbrandia rubra</i> ) Mosdyr ( <i>Electra pilosa</i> ) Strandsnegl ( <i>Littorina</i> spp.)	Hydroide ( <i>Dynamena pumila</i> ) Blåskjell ( <i>Mytilus edulis</i> ) Fjæreblod ( <i>Hildenbrandia rubra</i> ) Lys grønndusk ( <i>Cladophora</i> sp.) V. grønndusk ( <i>Cladophora rupestris</i> )

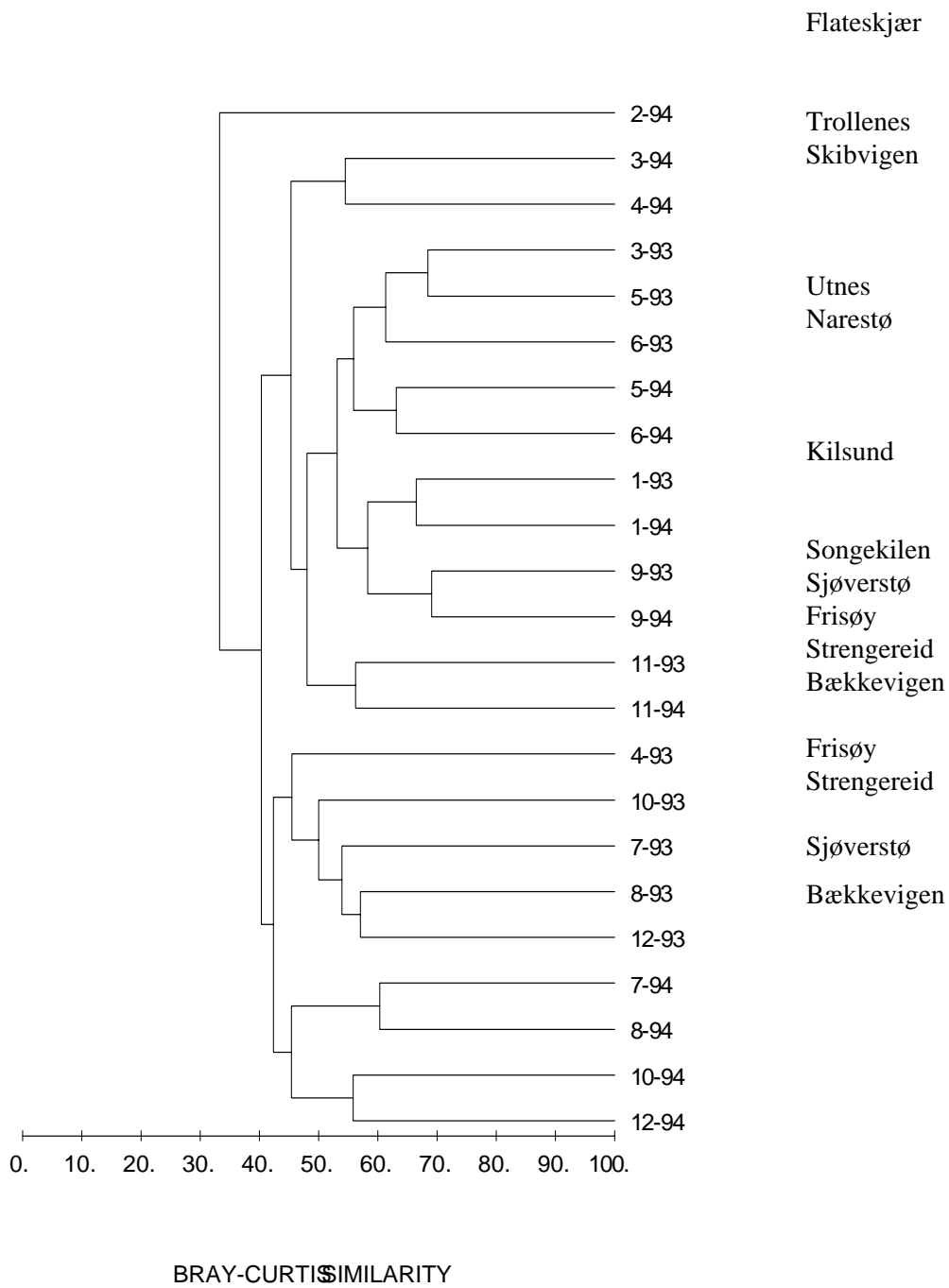
## 6.2.2 Likhets mellom lokalitetene

Likhetsanalysen er vist i Figur 18. I figuren er stasjoner som viser høy innbyrdes likhet markert med klammeparantes. De fire indre stasjonene i østområdet (Sjøverstø, Frisøy, Strengereid, Bækkeviken) danner klare grupper. Analysen viser at det var større forskjeller mellom årene enn det var mellom stasjonene innbyrdes.

De to stasjonene i sentrale deler av Tromøysund (Trollenes og Skibvigen) danner en egen gruppe som har relativ stor likhet med Utnes (1UTN) og Narestø (9NAR). Flateskjær i 1993 faller innenfor samme gruppe. Utnes og Narestø er de ytterste og mest eksponerte stasjonene. Det kan derfor tolkes som positivt at stasjonene i Tromøysund er mer lik de ytre stasjonene enn de indre, begrodde stasjonene i østområdet.

Stasjonen ved Kittelsbukta nær Arendal sentrum (Gard) skilte seg klart ut fra de andre stasjonene i likhetsanalysen.

Arendal2, -enkeltfunn



Gard

Flateskjær  
Songekilen



Figur 18. Likhetsanalyse av 12 stasjoner i Arendal i 1993 og 1994. Stasjoner med mer enn 50% likhet er markert som grupper.

### 6.2.3 Utviklingen i Tromøysund

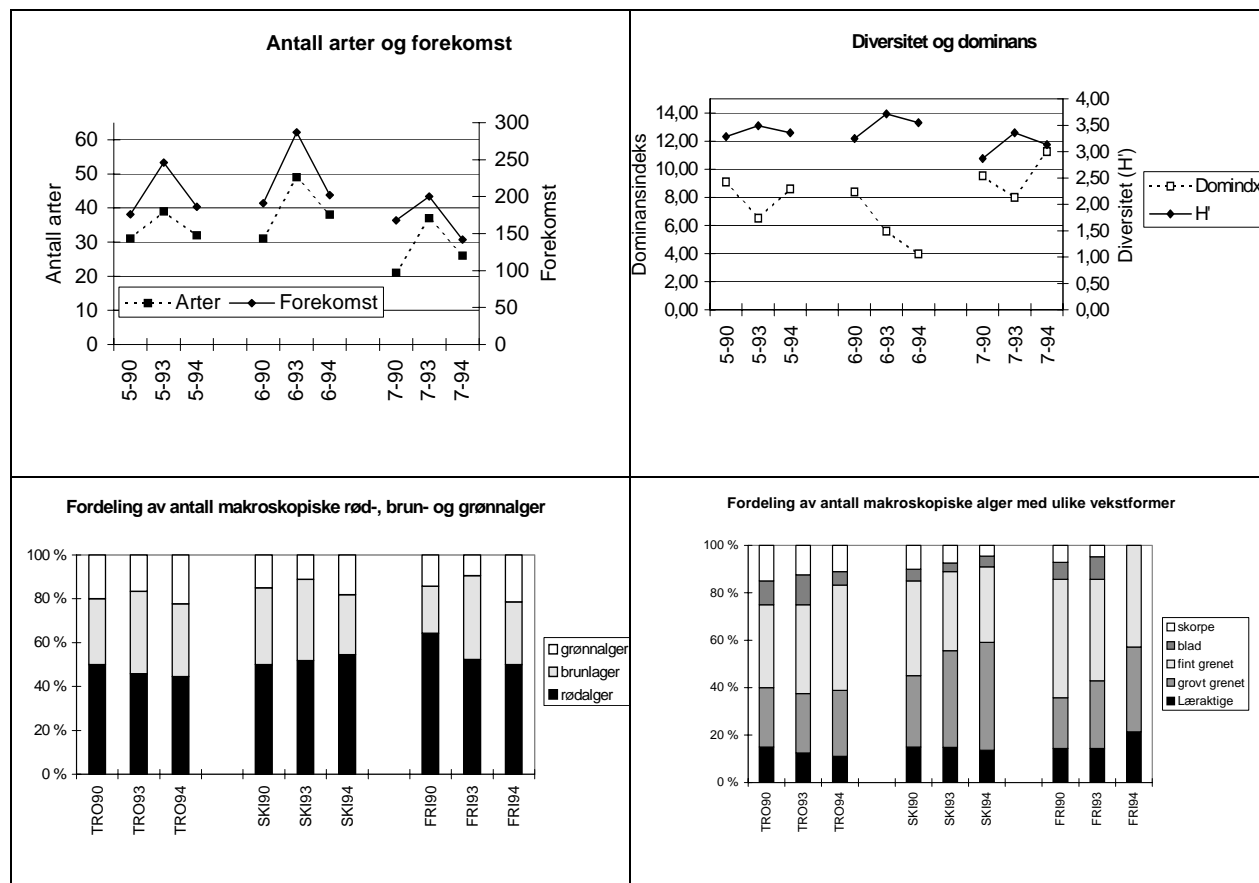
Organismesamfunn ved stasjonene Trollenes (5TRO), Skibvig (6SKI) og Frisø (7FRI) er blitt registrert i både 1990, 1993 og 1994. Ved sammenligning av artsantall mellom 1990, 1993 og 1994, ser man at artsantallet økte fra 1990 til 1994, men ble tydelig redusert fra 1993 til 1994. Den samme tendensen ble registrert for diversitet. Dominansindeksen viser det motsatte bildet, med nedgang i dominans fra 1990 til 1993 og økning i dominans fra 1993 til 1994. Unntaket er for Skibvigen, der dominansen har blitt redusert også fra 1993 til 1994. Resultatene tyder på at algesamfunnet var i bedre tilstand i 1993 enn i 1990, men ble noe redusert i 1994.

Enkelte opportunistiske arter (brunslisli, tarmgrønske) er noe redusert i mengde siden 1990. Andre arter viser mer variert forekomst mellom de tre årene og stasjonene, og peker ikke i noen bestemt retning.

Forholdet mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger i 1990, 1993 og 1994 kan tyde på at andelen rødalger har blitt noe redusert siden 1990. Samtidig synes det å ha vært en økning i antall grovt grenet alger og reduksjon i skorpeformete alger. Endringene er små (Figur 19).

Tabell 19. Forekomst av utvalgte arter på tre stasjoner i Tromøysund i 1990, 1993 og 1994. Tegnforklaringer: d = dominerende, v = vanlig, s = spredt, e = enkeltfunn, - = ikke registrert.

	Trollenes			Skibvigen			Frisø		
	1990	1993	1994	1990	1993	1994	1990	1993	1994
Tarmgrønske ( <i>Enteromorpha spp</i> )	v	s	s	s	-	s	v	e	-
Brunslisli ( <i>Ectocarpales spp.</i> )	v-d	v	s	v	v	s	v	e	-
Lys grønnndusk ( <i>Cladophora sp.</i> )	s	s	v	v	s	s	v-d	s	v
Havsalat ( <i>Ulva lactuca</i> )	s	-	-	-	-	-	-	-	-
Rekeklo ( <i>Ceramium spp</i> )	v	s	v	d	v	v	d	v	v
-dokke ( <i>Polysiphonia</i> )	e	v	v	s	s	v	s	s	-
Krusflik ( <i>Chondrus crispus</i> )	s	s	s	v	v	v	s	e	v
Pepperalge ( <i>Laurentia pinnatifida</i> )	-	-	-	e	e	s	-	-	-
Grisetang ( <i>Ascophyllum nodosum</i> )	s	s	?	s	s	s	v	s	v
Blæretang ( <i>Fucus vesiculosus</i> )	d	d	d	d	v	v	d	d	v



Figur 19. Antall arter, forekomst, diversitet, dominansindeks og relativ fordeling mellom ulike algegrupper i 1990, 1993 og 1994. Tall fra 1990 er hentet fra Næs et al. (1991).

### 6.3 Vurderinger

Stasjonen ved Utnes kommer noe dårlig ut m.h.p. diversitet, dominans og antall arter. Andelen rødalger var høy, og andelen brunalger noe lav. Resultatene gjenspeiler trolig at stasjonen er mer eksponert mot bølgeslag enn de andre stasjonene. Man kan ikke utelukke at stasjonen også er noe ferskvanns- og næringssaltpåvirket, men disse effektene ser ut til å være maskert av eksponeringen. I 1989 var hardbunnsorganismer på grunt vann i Stølsvika - Utnesområdet noe påvirket av næringssalter og organisk stoff. Det kan ikke påvises større endringer i fjæresamfunnet mellom undersøkelsen i 1989 og 1993/1994, til tross for flytting av utslippspunktet.

Ved Gard utenfor Kittelsbukta ble få arter registrert, og grisetang var fraværende. Grisetang er trolig den tangarten som er mest følsom for forurensninger, og har forsvunnet fra bl.a. indre Oslofjord (Rueness 1973, Bokn og Lein 1978, Bokn 1978). Fravær av grisetang kombinert med sparsom vegetasjon og lav diversitet tyder på at denne stasjonen er negativt påvirket av høye næringssaltkonsentrasjoner. De hydrografiske målingene har også påvist høye næringssaltkonsentrasjoner i området.

Stasjonen ved Flateskjær (Knubben) og enkelte stasjoner i Tromøysund og østområdene (Songekilen, Frisøy og Strengereid) hadde mange påvekstalger og sedimentasjon. På Flateskjær og i Songekilen ble det registrert få arter, og stasjonene hadde lav diversitet og høy dominans. Det tyder på at stasjonen er negativt påvirket av næringssalter. Stasjonene kan også være noe ferskvannspåvirket. Ved Frisøy og Strengereid ble det registrert relativt mange arter og høyere diversitet enn Flateskjær og Songekilen, men stasjonene var også her preget av mange påvekstalger og stor sedimentasjon som tyder på næringssaltbelastning.

Kilsund og Bækkeviken i øst-området hadde mange arter, men også disse stasjonene gav inntrykk av overkonsentrasjoner av næringssalter med mange påvekstalger på tangen og mye sedimentert materiale.

Sjøverstø i Flosterfjorden hadde få arter og lav diversitet. Stasjonen kan være påvirket av forhøyde næringssalter, men er trolig mest preget av områdets innelukkede beliggenhet.

Trollenes, Skibvigen og Narestø i Tromøysund hadde mange arter, og viste ingen tydelige tegn til stor belastning. Tilstedeværelse av påvekstalger og noe sedimentasjon ved Trollenes og Skibvigen indikerer imidlertid en svak overgjødning i Tromøysund.

Det ble registrert stor forskjell i artsantall, diversitet, dominans og tildels artssammensetning på flere stasjoner i Tromøysund mellom 1990, 1993 og 1994. Jevnt over ble det registrert flere arter og høyere diversitet i 1993 enn i 1994. Det samme mønsteret er registrert i ytre kyst gjennom Kystovervåkingsprogrammet (økning i artsantall, forekomst og diversitet fra 1990 til 1993 og en tydelig nedgang i disse indekser i 1994), og tyder på at det har vært store variasjoner mellom årene. Variasjonene kan knyttes til klimatiske forhold. Etter flere år med milde vintre (1990 - 1993) kom det en kald vinter i 1994. Det var også stor forskjell mellom sommerne i 1993 og 1994 - sommeren 1993 var blant de kaldeste, og sommeren 1994 var blandt de varmeste siden 1924 (Pedersen et al. 1995). Generelt tyder resultatene på noe bedre forhold i 1993/94 sammenlignet med 1990, men på grunn av den store naturgitte variasjonen, er det vanskelig å knytte dette til utslippsreduksjonene i Tromøysund.

## 7. LITTERATURLISTE

- Aure, J., E. Dahl, H. Hovind og J. Magnusson 1994. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Hydrografi/hydrokjemi. Datarapport 1993. SFT-rapport 556/94. 63s.
- Bokn T. og T.E. Lein 1978. Long term changes in fucoid association of the inner Oslofjord, Norway. *Norw. J. Bot.* 25: 9-14.
- Bokn T. 1978. Klasser av fastsittende alger brukt som indikator på eutrofiering i marine vannmasser. NIVA årbok pp 53-59.
- Bokn, T.L., S.N. Murray, F.E. Moy og J. Magnusson 1992. Changes in fucoid distributions and abundances in the inner Oslofjord, Norway: 1974-80 versus 1988-90. *ACTA PHYTOGEOGR. SUEC.* 78: 117-124.
- Boman, E. 1982. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Overflatens vannkvalitet i perioden juni 1981 - april 1982. Rapport fra Norsk institutt for vannforskning, O-81112. 24 s.
- Boman, E. og P.B. Wikander 1983. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Delrapport 2. Dypvann og sedimenter i perioden juni - november 1982. Rapport fra Norsk institutt for vannforskning, O-81112, 29s.
- Clifford, H.T. og W. Stephenson 1975. An introduction to numerical classification. Academic press. 229 pp.
- Helland, A. 1993. Nitriden-industriområde i Arendal. Prosjektområde 6: Sedimenter i Tromøysund og Heggedalsbukta. NIVA-rapport nr. 2846. 73s.
- Helland, A., T. Bakke, T. Jacobsen, og J. Magnusson 1995. Nitriden. Utvidete undersøkelser av den marine resipient. Heggedalsbukta, Buesund og Tromøysund. NIVA-rapport nr. 3315. 44 pp + vedl.
- Jacobsen, T., E. Oug og E. Dahl 1994. Miljøstatus i vannforekomster i Aust-Agder. Del II. Marine resipienter. NIVA-rapport 3154, 115s + vedl.
- Knutzen J. 1986. Effekter av kloakkutslipp og overgjødning på fastsittende marine alger. *Blyttia* 44.: 15-21.
- Knutzen, J., B. Rygg og I. Thélin 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkningen av miljøgifter. SFT-veiledning nr. 93:03. TA923/1993.
- Konieczny og Juliussen 1995. Sonderende undersøkelser i Norske havner og utvalgte kystområder. Fase 1: Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik - Kragerø. Overvåkingsrapport nr. 587/94, TA nr. 1159/1994. NIVA-rapport nr. 3275. 185 pp.
- Magnusson 1976. Strømundersøkelser ved Utnes, Arendalsområdet. Rapport fra Norsk Institutt for vannforskning. O-84175. 93s.

- Mathieson A.C, and C.A. Penniman 1991. Floristic patterns and numerical classification of New England estuarine and open coast seaweed populations. *Nova Hedwigia* 52 (3-4), 453-485.
- Moy, F. og P.B. Wikander 1990. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy, Aust-Agder. Bløtbunns- og hardbunnsundersøkelser i 1989. Fellesrapport. NIVA rapport nr. 2490.
- Næs, K. 1985. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Overflatens vannkvalitet i perioden juni 1983 - juni 1985. Delrapport 4. Rapport fra Norsk institutt for vannforskning, O-81112. 21 s.
- Næs, K. 1986c. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Konklusjonsrapport for undersøkelser i perioden 1981 - 1985. Rapport fra Norsk institutt for vannforskning, O-81112. 12 s.
- Næs, K., Oug, E., Knutzen, J. og Moy, F. 1991. Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunnsedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer. NIVA rapport O - 89170, L.nr. 2645.
- Næs, K., T. Jacobsen, E. Oug og J. Magnusson 1992. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal kommune. NIVA prosjektforslag. Grimstad, 2.10.95.
- NIVA 1994. Vannkvalitet i kystområdene i Arendal kommune. Prøvetaking på bløtbunn mai 1994. Toktrapport. 21.06.94. 5s.
- Olsen, S. 1984. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Delrapport 3. Overflatens vannkvalitet i perioden mai 1982 - mai 1983. NIVA-rapport nr. 1644. 38s.
- Pedersen A., J. Aure, E. Dahl, N.W. Green, T. Johnsen, J. Magnusson, F. Moy, B. Rygg, M. Walday 1995. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Fem års undersøkelser: 1990 - 1994. Hovedrapport. Overvåkingsrapport nr. 624/95. TA-nr. 1264/1995. NIVA-rapport nr.3332.
- Rueness J. 1973. Pollution effects on littoral algal communities in the inner Oslofjord, with special reference to Ascophyllum nodosum. *Helgolander Meeresunters.* 24: 446-454.
- Rygg, B, og I.Thélin. 1993a. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkning av næringssalter. SFT-veiledning nr 93:04. TA924/1993.
- Rygg, B, og I.Thélin. 1993b. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av organiske stoffer. SFT-veiledning nr. 93:05. TA925/1993.
- Rygg, B. og E. Alve 1995. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Bløtbunn. Datarapport 1994. Overvåkingsrapport 616/95. TA-1237/1995. NIVA-rapport nr. 3301.
- Sand, Nils-Petter (1979). En fysisk/kjemisk helårsundersøkelse i Arendalsområdet (1976-77). Hovedfagsoppgave ved institutt for marin biologi, avd A/C, Universitetet i Oslo.
- Shaw, K.M., P.J.D.Lambshead and H.M.Platt 1983. Detection of pollution-induced disturbance in marine benthic assemblages with special reference to nematodes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 11, 195-202.

- Wikander, P.B. 1985a. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Delrapport 5. Bløtbunnsfauna 1981-1983. NIVA-rapport 1792.
- Wikander, P.B. 1985b. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Delrapport 6. Dypvannets kvalitet i perioden januar 1983-juni 1985. NIVA-rapport nr. 1797.
- Wikander, P.B. 1986a. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Delrapport 7. Bløtbunnsfauna 1981, 1983 og 1985. Sedimenter. NIVA-rapport nr. 1939. 79s.
- Wikander, P. B. 1986b. Lokalteter for marin - økologisk datainnsamling langs kysten av Aust - Agder. NIVA -rapport O - 86179. L.nr.1902.
- Wikander, P.B. 1986c. Egnethetsundersøkelser for havbruk i Aust-Agder fylke. NIVA-rapport 1898. 159s.
- Wikander, P.B. 1988. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Delrapport 8. Bløtbunnsfauna ved eksisterende utslipp, fremtidig utslipp og fremtidig hovedresipient 1987. NIVA-rapport nr. 2166.
- Wikander, P.B. 1989. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy. Delrapport 9. Bløtbunnsfauna ved eksisterende utslipp, fremtidig utslipp og fremtidig hovedresipient 1988. NIVA-rapport nr. 2252. 47s.

## **8. VEDLEGG**

### **HYDROGRAFI**

## Vedlegg H1. Hydrografiske og hydrokjemiske overflateobservasjoner (ca. 0.5 m dyp) i 1992 og 1993

--

Stasjon	Dato	Tid	Temp. (°C)	PSU	Oksygen (ml/l)	Tot-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> -P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N (µg/l)	NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	SiO <sub>2</sub> (µg/l)	Siktedyp (m)
17	16.12.92	1235	7.99	31.51	5.25	25	20	245	102	15	102	13.5
16a	16.12.92	1430	7.82	31.83	5.74	27	21	340	94	38	173	11.5
16	16.12.92	1440	7.73	31.53	5.88	26	20	325	93	30	243	
15	16.12.92	1502	7.70	29.03	5.39	30	24	425	124	53	126	8.5
13	16.12.92	1535	7.07	29.04	6.16	25	20	310	117	35	320	9.0

Stasjon	Dato	Tid	Temp. (°C)	PSU	Oksygen (ml/l)	Tot-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> -P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N (µg/l)	NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	SiO <sub>2</sub> (µg/l)	Siktedyp (m)
5b	17.12.92	1013	4.90	19.59	6.90	31	23	340	139	35	407	5.0
5	17.12.92	1024	5.15	19.47	7.20	25	19	360	132	30	315	9.0
5a	17.12.92	1031	4.40	18.47	5.50	75	64	650	152	232	567	4.2
4	17.12.92	1052	2.48	0.00	9.30	4	< 1	645	190	143	111	5.0
3	17.12.92	1139	2.48	0.00	9.20	3	1	365	185	33	137	3.2
2	17.12.92	1223	7.32	29.43	6.30	28	21	250	57	63	87	
1	17.12.92	1232	6.53	27.31	6.70	20	15	190	49	5	56	9.5
5c	17.12.92	1327	5.07	16.03	7.40	23	16	300	127	25	385	5.5
6	17.12.92	1354	4.72	17.74	7.30	14	10	325	142	35	463	9.0
14	17.12.92	1421	4.79	28.71	6.90	32	23	385	119	86	277	
12	17.12.92	1434	6.01	24.32	7.10	19	13	295	117	23	188	10.7
11	17.12.92	1445	6.09	21.79	7.30	18	12	365	175	40	281	5.5
10	17.12.92	1505	5.62	23.31	7.40	16	11	265	112	25	226	10.2
9	17.12.92	1515	4.76	15.15	6.90	19	13	555	345	306	7.8	
8	17.12.92	1523	5.59	23.16		17	12	315	140	35	337	
7	17.12.92	1549	5.29	22.56		16	12	265	114	28	264	

---

Stasjon	Dato	Tid	Temp. (°C)	PSU	Oksygen (ml/l)	Tot-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> -P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N (µg/l)	NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	SiO <sub>2</sub> (µg/l)	Siktedyp (m)
1	26.01.93	942	3.39	25.56	7.30	19	16	360	133	20	286	5.0
2	26.01.93	1028	3.86	29.46	7.07	23	19	260	119	15	181	4.9
3	26.01.93	1038	0.57	0.00	9.20	2	< 1	340	205	23	137	6.0
4	26.01.93	1147	0.60	0.00	9.10	2	< 1	385	215	28	141	6.1
13	26.01.93	1305	3.43	29.12	6.30	31	26	305	118	48	385	8.5
14	26.01.93	1322	2.37	29.78		22	18	265	117	18	262	
16	26.01.93	1348	3.86	31.80		25	20	310	118	18	176	4.5
16a	26.01.93	1355	3.39	31.47		25	21	285	118	20	215	4.6
17	26.01.93	1411	2.40	30.08	6.70	28	23	275	212	23	273	14.6
15	26.01.93	1459	2.47	28.74		31	26	315	124	48	108	10.0



## Vedlegg H1 forts.

---

Stasjon	Dato	Tid	Temp. (°C)	PSU	Oksygen (ml/l)	Tot-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> -P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N (µg/l)	NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	SiO <sub>2</sub> (µg/l)	Siktedyp (m)
5a	27.01.93	841	0.35	16.02		37	31	390	170	38	306	5.2
5b	27.01.93	902	0.75	17.58		24	20	415	195	30	576	4.7
5	27.01.93	912	1.00	16.98		15	12	340	175	25	433	5.6
5c	27.01.93	922	2.10	17.29		14	11	335	185	23	599	5.3
6a	27.01.93	932	0.67	17.71	8.00	14	11	335	170	23	607	6.3
7	27.01.93	1022	0.20	16.54		14	11	332	170	20	599	6.8
8	27.01.93	1044	0.58	18.95	7.90	15	12	315	165	20	494	6.8
9	27.01.93	1119	1.13	18.83		16	12	355	185	30	480	7.1
10	27.01.93	1207	-0.40	18.77	8.20	14	11	325	175	23	354	6.1
11	27.01.93	1227	1.35	12.84	7.80	14	10	500	290	35	***	5.1
12	27.01.93	1248	1.83	24.85		23	17	295	140	20	306	4.9

---

Stasjon	Dato	Tid	Temp. (°C)	PSU	Oksygen (ml/l)	Tot-P (µg/l)	PO <sub>4</sub> -P (µg/l)	Tot-N (µg/l)	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N (µg/l)	NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	SiO <sub>2</sub> (µg/l)	Siktedyp (m)
16	5.08.93		14.43	31.42		9	2	155	1	< 5	29	
16a	5.08.93		14.57	31.43		10	3	150	3	6	32	
1	5.08.93		14.85	29.63		9	3	143	7	15	69	
10	5.08.93		14.95	28.06		8	< 1	155	10	6	126	
8	5.08.93		15.04	27.55		8	< 1	165	8	12	40	
12	5.08.93		15.07	28.81		10	1	170	10	9	69	
9	5.08.93		15.10	27.49		11	2	190	10	18	74	
2	5.08.93		15.19	24.74		8	3	170	38	15	137	
7	5.08.93		15.30	25.24		9	< 1	165	23	9	127	
6	5.08.93		15.52	23.27		7	1	195	36	15	150	
5a	5.08.93		15.63	20.17		15	5	270	63	33	145	
11	5.08.93		15.64	28.33		13	2	175	7	12	101	
5	5.08.93		15.67	21.14		9	2	205	50	9	280	
5b	5.08.93		15.68	21.07		13	4	215	54	21	145	
6a	5.08.93		15.70	24.10		11	2	220	30	15	116	
17	5.08.93		15.73	30.95		10	2	250	2	6	27	
5c	5.08.93		15.80	20.59		9	2	210	59	15	226	
14	5.08.93		16.09	30.94		18	3	245	7	24	55	
15	5.08.93		16.32	31.06		11	2	210	2	< 5	39	
13	5.08.93		16.58	30.90		14	2	210	46	5	79	
3	5.08.93		16.89	3.33		3	< 1	255	141	9	202	
4	5.08.93		17.00	1.54		2	1	255	142	9	267	

---

## Vedlegg H2. Hydrografiske dyp-observasjoner 1992 og 1993

-----  
 Stasjon: 1 Dato: 17.12.92

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	6.53	27.31	21.42		6.7	93
5.0	8.09	33.74	26.27			
10.0	8.13	33.94	26.42			
15.0	8.15	33.96	26.44		6.2	93
20.0	8.26	34.04	26.48			
25.0	8.28	34.06	26.49			
30.0	8.35	34.13	26.54			
35.0	8.36	34.14	26.54		63	96
40.0						

-----  
 Stasjon: 1 Dato: 26.01.93

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	3.39	25.56	20.33		7.3	93
5.0	4.39	32.12	25.46			
10.0	4.51	32.31	25.60			
15.0	4.56	32.36	25.63		6.8	93
20.0	4.60	32.37	25.63			
25.0	4.92	32.65	25.82			
30.0	4.90	32.70	25.86		6.7	93
35.0	5.06	33.02	26.10			
39.0	5.13	32.92	26.01			

-----  
 Stasjon: 11 Dato: 17.12.92

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	6.09	21.79	17.13		7.3	97
5.0	8.45	32.97	25.61			
10.0	8.15	33.19	25.83		5.7	86
15.0	8.00	33.33	25.96			

-----  
 Stasjon: 11 Dato: 27.01.93

Dyp	Temperatur	PSU	Sigma-t	H2S	Oksygen	Oksygen
-----	------------	-----	---------	-----	---------	---------

---

(m)	(°C)			(mg/l)	(ml/l)	(%)
0.5	1.35	12.84	10.26		7.8	
5.0	5.64	32.44	25.57			
10.0	5.83	33.17	26.13		6.1	
15.0	6.08	33.35	26.24		5.7	

---

---

## Vedlegg H2 forts.

---  
 Stasjon: 15 Dato: 16.12.92

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	7.70	29.03	22.63		5.4	78
5.0	9.53	31.44	24.25			
10.0	9.25	31.95	24.69		1.4	21

---  
 Stasjon: 15 Dato: 26.01.93

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	2.47	28.74	22.93			
5.0	7.04	31.87	24.95		4.1	59
10.0	6.84	32.28	25.30		4.3	63

---  
 Stasjon: 17 Dato: 16.12.92

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	7.99	31.51	24.54		5.3	78
5.0	8.13	33.05	25.72		5.5	83
10.0	9.12	33.39	25.84			
15.0	8.87	33.61	26.05			
20.0	8.60	33.67	26.14		5.2	79
25.0	8.30	33.81	26.29			
30.0	7.33	33.97	26.56			
40.0	6.72	34.08	26.73	8.2	0.0	0

---  
 Stasjon: 17 Dato: 26.01.93

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	2.40	30.08	24.00		6.7	86
5.0	6.60	33.15	26.01			
10.0	6.45	33.37	26.21			
15.0	6.62	33.52	26.30			
20.0	6.47	33.51	26.32			
25.0	6.49	33.55	26.34		5.0	72

---

30.0	6.86	33.77	26.47		0.6	9
35.0	6.95	34.01	26.65	4.9	0.0	0
40.0	6.87	34.08	26.71	6.9	0.0	0

---

---

## Vedlegg H2 forts.

--

Stasjon: 4 Dato: 17.12.92

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	2.48	0.00	-0.04		9.3	98
5.0	2.70	0.00	-0.04		9.3	98
10.0	10.07	28.75	22.07	> 20.0		
15.0	9.48	29.20	22.51	> 20.0		
20.0				> 20.0		
23.0				> 20.0		

-

-

Stasjon: 4 Dato: 26.01.93

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	.60	0.00	-.12		9.1	91
5.0	.72	0.00	-.11		9.3	93
6.0	3.67	0.00	-.03			
10.0	8.50	28.68	22.25	43.0	0.0	0
15.0	9.13	29.36	22.69	175.0	0.0	0
20.0	8.61	29.90	23.19	406.0	0.0	0

--

--

Stasjon: 8 Dato: 27.01.93

Dyp (m)	Temperatur (°C)	PSU	Sigma-t	H2S (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oksygen (%)
0.5	.58	18.95	15.16		7.9	
5.0	4.56	32.24	25.53		6.9	
10.0	4.92	32.68	25.85			
15.0	5.21	33.07	26.12			
20.0	5.52	33.41	26.35		6.9	
25.0	5.66	33.54	26.44			
30.0	5.75	33.64	26.51			
35.0	5.74	33.63	26.50			
40.0	5.74	33.65	26.52		6.5	

---

## Vedlegg H3. Analysemetoder hydrokjemii

### D 1. FOSFAT, RESIPIENTVANN, FOTOMETRI (AA)

Metoden gjelder for bestemmelse av fosfat i naturlig ferskvann og sjøvann. Den maksimale fosforkonsentrasjon som bestemmes uten fortynning er 500 µg/l P. Prøver med høyere innhold av fosfor må fortynnes. Nedre bestemmelsesgrense er 1 µg/l P.

**Prinsipp:** I en løsning med svovelsyrekonsentrasjon ca. 0.1 mol/l reagerer ortofosfat med molybdat og treverdig antimon til en gulfarget molybdofosforsyre. Denne reduseres av askorbinsyre til et blåfarget heteropolykompleks (molybdenblått). Absorbansen til komplekset måles ved 880 nm.

### D 2-1. TOTALFOSFOR, RESIPIENTVANN, FOTOMETRI (AA)

Metoden gjelder for bestemmelse av totalfosfor i naturlig ferskvann og sjøvann med Skalar autoanalysator, og er ikke egnet for avløpsvann med høyt innhold av organisk materiale. Den maksimale fosforkonsentrasjon som bestemmes uten fortynning er 500 µg/l P. Prøver med høyere innhold av fosfor må fortynnes. Nedre bestemmelsesgrense er 1 µg/l P.

**Prinsipp:** Komplekse, uorganiske fosfater og organisk bundet fosfor omdannes til ortofosfat ved oppslutning med peroksodisulfat i surt miljø. Oppslutningen skjer ved koking i lukket teflon-beholder i autoklav. I en løsning med svovelsyrekonsentrasjon ca. 0.1 mol/l reagerer ortofosfat med molybdat og treverdig antimon til en gulfarget molybdofosforsyre. Denne reduseres av askorbinsyre til et blåfarget heteropolykompleks (molybdenblått). Absorbansen til komplekset måles ved 880 nm. For prøver med høyt innhold av organisk stoff må en kraftigere oksidasjonsmetode benyttes. Oksidasjon av prøver med høyt kloridinnhold (sjøvann og brakkvann) gir fritt klor. Interferens fra klor elimineres av askorbinsyren under den fargefrem-kallende reaksjon.

### D 5-1. AMMONIUM-NITROGEN, RESIPIENTVANN, FOTOMETRI (AA)

Denne metoden gjelder for bestemmelse av ammonium-nitrogen i ferskvann og sjøvann. Minste bestembare konsentrasjon er 5 µg/l. Høyeste konsentrasjon for direkte bestemmelse er 500 µg/l. Ved å bruke en 1:10 fortynning kan man analysere opptil 5000 µg/l. Prøver med høyere ammoniuminnhold, forurensede prøver og sulfidholdig sjøvann analyseres med ammonium elektrode.

**Prinsipp:** Ammonium reagerer i svakt alkalisk løsning (pH 10.8 til 11.4) med hypokloritt under dannelse av monokloramin, som i nærvær av fenol og overskudd av hypokloritt gir en blåfarget forbindelse, indofenolblått. Absorbansen til denne forbindelsen måles ved bølge-lengden 630 nm. Reaksjonen blir katalysert av pentacyanonitrosylferrat (nitroprussid).

### D 3. NITRAT + NITRITT-NITROGEN, FOTOMETRI, (AA)

Metoden gjelder for bestemmelse av summen av nitrat- og nitritt-nitrogen i naturlig ferskvann og sjøvann, samt i rensed avløpsvann. Metoden er ikke egnet for direkte bestemmelse i avløpsvann med høyt innhold av metaller eller organisk materiale. Avløpsvann som inneholder partikulært materiale må filtreres før analyse. Metoden er tilpasset syrekonserverte prøver. Forskriften beskriver en automatisert metode som gjelder for analysesystemer der det anvendes luftsegmentering. Den maksimale nitrogenkonsentrasjon som kan bestemmes uten fortynning av prøven er 1200 µg/l, og nedre bestemmelsesgrense er 1 µg/l.

**Prinsipp:** Nitrat reduseres av kobberbelagt kadmium til nitritt i en bufret løsning der pH = 8.0 - 8.5. Nitritt reagerer i sur løsning (pH = 1.5 - 2) med sulfanilamid til en diazoforbindelse, som kobles med

N-(1-naftyl)-etylendiamin til et azofargestoff. Absorbansen til dette måles spektrofotometrisk ved bølgelengden 540 nm.

#### D 6-1. TOTALNITROGEN, RESIPIENTVANN, FOTOMETRI (AA)

Metoden gjelder for bestemmelse av "totalnitrogen" i ferskvann og sjøvann etter oppslutning med peroksoedisulfat. Metoden er tilpasset syrekonserverte prøver. Forskriften beskriver en automatisert metode som gjelder for analysesystemer der det anvendes luftsegmentering. Den maksimale nitrogenkonsentrasjon som kan bestemmes uten fortynning av prøven er 1500 µg/l, og nedre bestemmelsesgrense settes da til 10 µg/l. Prøvene fortynnes maksimalt 1:4. Prøver med høyere nitrogeninnhold sendes til bestemmelse av TOT-N/H.

**Prinsipp:** Organiske og uorganiske nitrogenforbindelser oksideres til nitrat ved oppslutning med kaliumperoksoedisulfat i alkalisk miljø. Nitrat bestemmes som nitritt etter reduksjon i en kobberbelagt kadmiumkolonne i en bufret løsning med pH = 8.0 - 8.5. Nitritt reagerer i sur løsning (pH = 1.5 - 2.0) med sulfanilamid til en diazoforbindelse, som kobles med N-(1-naftyl)etylendiamin til et azofargestoff. Absorbansen til dette måles spektrofotometrisk ved bølgelengden 540 nm.



**Vedlegg**  
**Bløtbunn**

## Vedlegg BL1. Toktrapport

NIVA Sørlandsavdelingen Prosjekt O-92227 21.06.94

# VANNKVALITET I KYSTOMRÅDENE I ARENDAL KOMMUNE

## PRØVETAKING PÅ BLØTBUNN MAI 1994 TOKTRAPPORT

### Prøvetaking

Prøver av bløtbunnsfaunaen i kystområdene rundt Arendal ble tatt 27. og 30. mai 1994. Det ble valgt ut 17 prøvetakingsstasjoner som dekker skjærgården fra Utnes i vest til Tverrdalsøya i øst (figur). Prøvene ble tatt med grabb ('Petersen'-type, 0.1 m<sup>2</sup>) fra Flødevigens forskningsfartøy "G. M. Dannevig". På alle stasjonene ble det tatt fire grabbhugg som alle ble spylt, siktet og fiksert med formalin. Ved opparbeidelse av prøvene vil alle arter registreres og individene telles.

Ved alle stasjonene ble det i tillegg tatt prøver av overflatesedimentet for analyse av organisk innhold (TOC og TN) og kornstørrelse.

Det var pent vær med rolig sjø og gode arbeidsforhold under prøvetakingen.

Utvalgte prøver vil opparbeides i løpet av høsten og vinteren, og resultatene vil foreligge i den samlede rapportering av prosjektet i 1995. Ikke alle bløtbunnsprøvene vil kunne opparbeides innenfor foreliggende prosjektramme, men vil bli oppbevart for eventuell senere opparbeiding og referansemateriale.

### Stasjonsvalg og visuelle inntrykk av stasjonene

#### Utnes

Ved Utnes, i resipienten for avløpet til det kommunale renseanlegget i Saulekilen, ble fire stasjoner prøvetatt. Tre av stasjonene (U5, U10 og U11) er undersøkt flere ganger tidligere og det var derfor naturlig å prøveta disse igjen for å sikre kontinuitet i overvåkingen. Stasjonen U5 ligger ved det gamle utslippsstedet som ble brukt fram til desember 1989, og stasjon U10 ligger ved det nye utslippsstedet ved Ærøya. Stasjon U11 ligger i det man tidligere trodde var det dypeste partiet av Ærøydypet (ca. 110 m). Nye målinger har imidlertid avdekket dyp på over 160 m, og det ble derfor besluttet å legge en stasjon til i dette området (U12). Flødevigen har tidligere registrert lave oksygenverdier ved denne stasjonen.

Fram til 1985-1986 var bløtbunnsfaunaen ved det gamle utslippsstedet utenfor Saulekilen (U5) normal. Fra 1987 til 1989 ble det imidlertid registrert økende grad av påvirkning med utarming av faunaen og påvisning av hydrogensulfid i sedimentene (Moy og Wikander 1990). Alle grabbprøvene fra 1989 hadde hydrogensulfid i sedimentet. Samme år ble avløpsledningen forlenget til skråningen ned mot Ærøydypet. Ved årets prøvetaking, over fire år etter endring av utslippssted, ble det ikke registrert hydrogensulfid ved denne stasjonen, som tyder på en klar forbedring.

Det ble heller ikke funnet tegn til hydrogensulfid ved U10 og U11. Ut fra sedimentenes lukt og farge kunne det ikke sees større endringer fra 1989. Alle prøvene fra Utnes vil bli opparbeidet og videre rapportert.

#### Galtesund

To stasjoner i Galtesund ble prøvetatt, én utenfor og én innenfor terskelen. Den ytterste stasjonen (AD4) er tidligere prøvetatt (Wikander 1986a), mens den innerste stasjonen ved Jomfruholmen (AD3) er ny. Begge stasjonene hadde flis- og barkrester i sedimentene, og det var ikke tegn til hydrogensulfid. Prøvene vil bli oppbevart for eventuell senere opparbeidelse. 1983 ble det funnet høyt artsmangfold ved AD4.

#### Arendal havn

En stasjon i munningen av Kittelsbukta (AD1) og en stasjon utenfor Pollen (AD2) dekker nærområdene til Arendal by. Begge stasjonene ble prøvetatt i 1983 hvor det ble funnet moderat artsmangfold og ikke tegn på hydrogensulfid i sedimentene (Wikander 1986a). Ved årets prøvetaking ble det heller ikke påvist hydrogensulfid. Begge stasjonene hadde flis- og slaggrester i sedimentene, som er vanlig for havneområder. Stasjonene vil ikke bli videre opparbeidet i denne omgang.

#### Tromøysund

Det ble tatt bløtbunnsprøver fra fire stasjoner i sentrale deler av Tromøysund (T1, T4, T5 og T14). Alle stasjonene ble prøvetatt i 1989 under "Tromøysundundersøkelsen" (Næs et al. 1991). I tillegg ble det tatt prøver fra to nye stasjoner, en ved Hvideberget (T21) og en ved Rørvik (T20) i de østlige deler av Tromøysund. Ved Bråten (T4) var det hydrogensulfid i sedimentet, mens de tre østligste stasjonene virket friske ut fra sedimentenes farge og lukt. Stasjon T20 ved Rørvik vil bli opparbeidet.

#### Flosta/Eikelandsfjorden

Bløtbunnsprøver ble tatt i Narestø, Kilsund og Bækkeviken (EXIV, AD5 og AD6). Bløtbunnsfaunaen i Narestø er tidligere undersøkt under egnethetsundersøkelsen for havbruk (Wikander 1986b). De to andre stasjonene er ikke prøvetatt tidligere, men det foreligger bløtbunnsprøver fra innsiden av Flosta (Oug 1992). Sedimentene i Kilsund hadde lukt av hydrogensulfid til tross for relativt åpen beliggenhet og liten terskel (15 m). Sedimentene i Bækkeviken hadde tydelig lukt av hydrogensulfid både på 40 m og 32 m dyp. Denne fjordarmen har grunne terskler i forhold til største dyp og ligger beskyttet til. På stasjonen i Narestø ble det ikke registrert hydrogensulfid i sedimentet, og stasjonen virket frisk. Stasjonene i Narestø og Kilsund vil bli videre opparbeidet.

### **Henvisninger**

- Moy, F. & Wikander, P. B. 1990. Overvåking av sjøområdet utenfor Utnes, Hisøy, Aust-Agder. Bløtbunns- og hardbunnsundersøkelser i 1989. Fellesrapport. NIVA rapport O - 89120 O - 88127.L. nr 2490.
- Næs, K., Oug, E., Knutzen, J. & Moy, F. 1991. Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunn-sedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer. Rapport fra Norsk institutt for vannforskning. Rapportnr. 2645.
- Oug, E. 1992. Bunnfauna i terskelfjorder i Aust-Agder. Undersøkelser etter vannutskiftningene vinteren 1989. NIVA rapport nr. 2686. 26 s.

Wikander, P. B. 1986a. Farvannet Tromøysund-Galtesund. Sammenfatning av preliminær undersøkelse. Forslag til overvåkingsprogram. Norsk Institutt for vannforskning, notat O-83138, 14s.

Wikander, P.B. 1986b. Egnethetsundersøkelser for havbruk i Aust-Agder fylke. NIVA-rapport 1898. 59s.

Tabell 1. Oversikt over bunnfaunaprøvene tatt med Petersen's grabb i Arendal mai 1994. Gjennomsnittlig dyp, posisjon, antall prøver (grabbhugg), gjennomsnittlig fyllingsgrad og dato for prøvetakingen.

Stasjoner	Dyp (m)	Koordinater	Antall prøver	Fyllingsgrad	Dato	Antall prøveflasker	Posisjon/peiling
<b>UTNES</b>							
U5	Utnesbassenget	30	58°24.92 N 8°45.6 E	4	3/4	27.05.944	Øst for ledning.
U10	Ærøya v/ utslipp	38	58°24.58 N 8°46.20 E	4	1/4	27.05.941	150 m fra Ærøya syd
U11	Ærøydypet	110	58°24.33 N 8°46.76 E	4	1/1	27.05.941	
U12	Ærøydypet	164	58°23.83 N 8°45.90 E	4	1/1	27.05.941	Samme lok. som HFF
<b>GALTESUND</b>							
AD4	Sandviga	60	58°26.27 N 8°47.5 E	4	1/1	27.05.941	v/ Jenkesbakke
AD3	Jomfruholmen	57	58°27.1 N 8°47.1 E	4	1/1	27.05.943	0,077 n.mil fra Jomfruhlm
<b>ARENDALE HAVN</b>							
AD2	Grand hotell	32	58°27.4 N 8°46.8 E	4	1/1	27.05.941	0,051 n.mil fra brygga (Grand)
AD1	Kittelsbukta	21	58°27.3 N 8°46.8 E	4	1/1	27.05.942	0,037 n.mil fra brygga m/stor bygning
<b>TROMØYSUND</b>							
T1	Songekilen	27	58°27.9 N 8°48.4 E	4	1/1	27.05.941	0.01 n.mil fra Aker betong
T4	Bråten	47	58°28.7 N 8°51.1 E	4	1/1	30.05.942	0,1 n.mil fra land (Moland)
T5	Frisøy	40	58°29.35 N 8°52.4 E	4	1/1	30.05.942	0,085 n.mil fra nærmeste land
T14	Buøy	43	58°30.3 N 8°54.5 E	4	1/1	30.05.942	0,166 n.mil fra Tromøya
T20	Rørvik	30	58°30.9 E 8°54.4 E	4	1/1	30.05.941	0,071 n.mil fra liten holme
T21	Hvideberget	45	58°30.55 N 8°55.3 E	3	3/4	30.05.942	
<b>FLOSTA / EIKELANDSFJORDEN</b>							
EXIV	Narestø	56	58°30.9 N 8°56.7 E	4	1/1	30.05.942	
AD5	Kilsund	20	58°33.0 N 8°59.2 E	4	1/1	30.05.942	0,11 n.mil fra brua. 4 små buer
AD6	Bækkeviken	32	58°34.2 N 8°58.8 E	4	1/1	30.05.942	0,086 n.mil fra land (øya)
AD6b	Bækkeviken	40		1	1/1	30.05.941	0,06 n.mil fra land (øya)

Tabell 2. Stasjonsbeskrivelse av bløtbunnsstasjoner i Arendal 1994. Lukt av  $H_2S$  : +++ sterk, ++ moderat, + svak, - ingen lukt. Årstall i parentes indikerer forenklet bløtbunnsundersøkelse.

Stasjon	Tidl. innsamlet	Dyp (m)	$H_2S$	Sedimentbeskrivelse
<b>UTNES</b>				
U5 Utnesbassenget	1989	30	-	Siltig leire. Grå-brunt topplag, 2-3 mm. Mange små slangestjerner. På østsiden av utslippsledningen fra Utnes.
U10 Ærøya v/ utslipp	1989	38	-	Grå silt. Gråbrunt topplag, 2-3 mm.
U11 Ærøydypet	1989	110	-	Grå silt. Gråbrunt topplag, 2-3 mm tykt.
U12 Ærøydypet	-	164	-	Grå silt. Gråbrunt topplag, 2-3 mm tykt. Mange mudderrør etter børstemark.
<b>GALTESUND</b>				
AD4 Sandviga	(1983)	60	-	Grå leire med silt og noe fin sand. Brunt topplag, 4-5 mm tykt. Enkelte barkrester som var helt svarte, men luktet ikke $H_2S$ . Litt slagg.
AD3 Jomfruholmen	-	57	+	Mørk grå silt/leire med brunt topplag. Mye tremateriale, både større trebiter og mindre flis og fiberrester. sagbruk i nærheten. Mye døde muslinger, lite mark. En stor (20 cm) rød sjøpølse i grabben.
Gammelt				
<b>ARENDALE HAVN</b>				
AD2 Grand hotell Ingen	(1983)	32	-	Mørk grå siltig leire med gråbrunt topplag, 3-4 mm. lukt. Mye smått treflis og slagg. Mye slangestjerner og mudderrør etter mark.
AD1 Kittelsbukta	(1983)	21	-	Mørk grå silt med lys brunt topplag. Noe trebiter, småstein og slagg.
<b>TROMØYSUND</b>				
T1 Songekilen og direkte	1989	27	-	Sandig leire med brunt topplag, ca 2mm tykt. Endel flis mindre steiner. Luktet ikke friskt, men heller ingen lukt av $H_2S$ .
T4 Bråten topplag. Mange	1990	47	+	Mørk grå leire/silt med et tynt, (1-2mm) lys brunt Noe svart sediment til noen cm under overflaten. mudderrør etter mark. Rør av <i>Spiochaetopterus</i> .
T5 Frisøy	1989	40	-	Grå silt/leire med lys brunt topplag. Klebrig sediment.
T14 Buøy tykkelse.	1989	43	-	Grå silt med noe lysere topplag, ca. 2-3 cm i Virket artsrik.

---

T20 Rørvik	-	30	-	Grå silt med lys grått topplag. Liten forskjell i farge mellom topplag og sedimentet under. Mye slangestjerner.
------------	---	----	---	---

T21 Hvideberget	-	45	-	Grå silt med noe lysere topplag. Svært lik T14 og EXIV.
-----------------	---	----	---	---

**FLOSTA / EIKELANDSFJORDEN**

EXIV Narestø	1985	56	-	Grå silt med lys grått topplag, 2-3 cm. Liten forskjell i farge mellom topplag og sedimentet under. En stor (2-3 cm), ubestemt, levende musling.
--------------	------	----	---	--

AD5 Kilsund	-	20	+	Mørk grå sandig silt med lys brunt topplag. Mye døde, gamle skjell.
-------------	---	----	---	---

AD6 Bækkeviken	-	32	++	Mørk grå siltig sand. Tynt, svart topplag.
----------------	---	----	----	--

---

## Vedlegg BL2. Fullstendig faunaliste

Fullstendige resultater fra bunnfaunaprøvene

Stasjon	U5-2	U5-3	U10	U11	U12	E14	T20	AD5	AD6
Areal, m2	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
ANTHOZOA									
Anthozoa indet			1				1		
Cerianthus lloydi Gosse	2		2						
Edwardsiidae indet	18	10	25				1	7	
Funiculina quadrangularis Pallas			1						
PLATYHELMINTHES	5		3			1	3		
Platyhelminthes indet						25	76	161	
NEMERTINEA	26	25	87	30	45				
POLYCHAETA				2	1	10	10		
Amaeana trilobata (M.Sars 1863)						1		2	
Ampharetidae indet									
Anobothrus gracilis (Malmgren 1865)			5	1	8				
Aphrodita aculeata Linne 1758					1				
Apistobranthus tullbergi (Theel 1879)			1	3			14		
Arenicola sp	1								
Aricidea sp			1						
Brada villosa (Rathke 1843)					1	20	2		
Cauleriella sp	1	5	3	54	3		16		
Ceratocephale loveni Malmgren 1867				1	9				
Chaetozone setosa Malmgren 1867	2	3	5	342		39	14	5	
Chaetozone sp					291				
Chone sp	8	3	18				4		
Cossura longocirrata Webster & Benedict 1887					1	3			
Diplocirrus glaucus (Malmgren 1867)		2	3	35	12	116	3	1	
Dodecaceria concharum Oersted 1843			1						
Eteone cf. barbata Malmgren 1865					1				1
Eteone cf. flava (Fabricius 1780)					2				
Eteone cf. longa (Fabricius 1780)					2				
Eteone sp									
Euclymene sp				1					
Eumida cf. bahusiensis Bergstroem 1914			2						
Exogone sp			36	5				2	
Exogoninae indet	1								
Glycera alba (O.F.Mueller 1776)	2	5	14			1	6	25	
Glycera capitata Oersted 1843			4						
Glycinder nordmanni (Malmgren 1865)	1	1		1					
Glycera rouxii Audouin & Milne Edwards 1833				13		2			
Goniada maculata Oersted 1843	2	1	1	2	1	7	4		
Gyptis rosea (Malm 1874)				9					
Harmothoe sp		1	1	2	2		1	1	
Hesionidae indet			1				1	1	
Heteromastus filiformis (Claparede 1864)	3		1	341	447	46	5	18	
Kefersteina cirrata (Keferstein 1862)			4						
Laonice cirrata (M.Sars 1851)			3	2			1		
Leanira tetragona (Oersted 1844)					1				
Lumbrineris sp			2	15	5	3			
Macrochaeta clavicornis (Sars 1835)			9						
Magelona minuta Eliason 1962			6				2	2	
Magelona papillicornis F. Mueller 1858			2						
Mediomastus fragilis Rasmussen 1973		1	11						
Melinna cristata (M.Sars 1851)				13	82				
Myriochele oculata Zaks 1922			165	100	200		3	25	
Nephtys hombergii Savigny 1818			1	1					
Nephtys incisus Malmgren 1865						7	1		
Nephtys paradoxa Malm 1874				2					
Nephtys cf. paradoxa Malm 1874					2				
Nephtys sp							1		
Nereiphylla lutea (Malmgren 1865)			1						
Notomastus latericeus Sars 1851		1		1			1		
Ophelina sp				2	4	2	1	2	
Ophiodromus flexuosus (Delle Chiaje 1822)	1	1		1		8	6	3	
Orbinia norvegica (M.Sars 1872)				1	5				
Orbinia sertulata (Savigny 1820)						1			
Owenia fusiformis Delle Chiaje 1841			7				1		
Paraonis gracilis (Tauber 1879)		1	19	34	8	8			
Paramphinome jeffreysii (McIntosh 1868)			3	52	276	2			
Paraonis lyra (Southern 1914)			44	8	1		1	5	
Pectinaria auricoma (O.F.Mueller 1776)	1		1					3	
Pectinaria belgica (Pallas 1766)					1				





	Nuculana minuta (Mueller 1776)				1					
	Nuculana pernula (Mueller 1776)			2						
	Nucula sulcata (Bronn 1831)	6	11		16	8	9	10		
	Nuculoma tenuis (Montagu)	6		1	61	261	11	9		
	Nucula turgida Leckenby & Marshall								32	
	Parvicardium minimum (Philippi 1836)							1		
	Parvicardium scabrum (Philippi)						1	2		
	Tellina tenuis daCosta								3	
	Thracia sp						1			
	Thyasira equalis (Verrill & Bush)				44	269	2			
	Thyasira ferruginea (Forbes)					2				
	Thyasira flexuosa (Montagu 1803)	9	9	14			14		37	
	Thyasira pygmaea (Verrill & Bush)					1				
	Thyasira sarsi (Philippi 1845)								1	
	Thyasira cf. flexuosa (Montagu 1803)							6		
	Thyasira cf. pygmaea (Verrill & Bush)							3		
	Tropidomya abbreviata (Forbes 1843)				2	2				
	Venus fasciata (daCosta)	1	1				5	2	4	
	Venus ovata Pennant			12						
SCAPHOPODA	Dentalium entale Linne			1						
PYCNOGONIDA	Pycnogonida indet			2						
OSTRACODA	Concheocia borealis G.O.Sars					3				
CUMACEA	Diastylis lucifera (Kroeyer)				1	1			17	
	Diastylis rostrata Sars		1	1						
	Diastylis rugosa G.O.Sars								1	
	Eudorella emarginata Kroeyer					22				
	Eudorella truncatula Sp.Bate					24				
	Leucon nasica (Kroeyer)				2	5				
TANAIDACEA	Tanaidacea indet			10		1				
ISOPODA	Eugerdia tenuimana G.O.Sars				1					
AMPHIPODA	Ampelisca tenuicornis Lilljeborg		1				4	1	2	
	Ampelisca cf. tenuicornis Lilljeborg			2						
	Aora gracilis Bate								1	
	Arrhis phyllonx (M.Sars)					3				
	Atylus vedlomensis (Bate & Westwood)			2						
	Eriopisa elongata Bruzelius				5	4				
	Harpinia sp				1					
	Leucothoe lilljeborgi Boeck						1			
	Monocolodes cf. packardii Boeck				8	3				
	Neohela monstrosa (Boeck)				2					
	Synchelidium haplocheles (Grube)			3	1					
	Westwoodilla caecula (Sp.Bate)			2			3			
DECAPODA	Calocaris macandreae Bell 1846					3				
	Ebalia tuberosa (Pennant)			2						
	Eurynome aspera (Pennant)			1						
	Pagurus bernhardus (L.)					1				
SIPUNCULIDA	Golfingia sp	3		18	1	1				
	Phascolion strombi (Montagu 1804)					1				
	Sipunculida indet						1	1		
PRIAPULIDA	Priapulus caudatus Lamarck 1816		1				1	1		
ASTEROIDEA	Astropecten irregularis (Pennant)			3						
OPHIUROIDEA	Amphiura chiajei Forbes			2	1	1	133	39		
	Amphiura filiformis (O.F.Mueller)	692	671	20		8	13	163	5	
	Ophiura sp	8	8	5		2		1	2	
ECHINOIDEA	Brissopsis lyrifera (Forbes)				1		1			
	Echinocardium cordatum (Pennant)					1	1		7	
	Echinocardium flavescens (O.F.Mueller)			1						
	Echinocyamus pusillus (O.F.Mueller)			5						
HOLOTHUROIDEA	Cucumaria elongata Dueben & Koren								1	
	Labidoplax buski (McIntosh)	50	33	30		1	5	10	1	
	Leptosynapta inhaerens (O.F. Mueller)	1								
	Phylloporus pellucidus (Fleming)			1						
VARIA	Ubestemt indet							7	1	
	Vermiformis indet	6	3	9					1	
<b>Artstall</b>		<b>48</b>	<b>38</b>	<b>91</b>	<b>71</b>	<b>73</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>53</b>	<b>3</b>
<b>Individtall</b>		<b>1333</b>	<b>1658</b>	<b>902</b>	<b>1507</b>	<b>2475</b>	<b>796</b>	<b>1293</b>	<b>1710</b>	<b>3</b>
<b>Shannon-Wiener H'</b>		<b>2,52</b>	<b>2,20</b>	<b>5,03</b>	<b>4,01</b>	<b>3,83</b>	<b>4,57</b>	<b>3,34</b>	<b>2,41</b>	
<b>ES100</b>		<b>15,19</b>	<b>11,11</b>	<b>36,79</b>	<b>24,48</b>	<b>18,77</b>	<b>30,09</b>	<b>22,00</b>	<b>16,33</b>	

## Vedlegg BL3. Tallbehandling

### Artsmangfold

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

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

### Shannon-Wiener indeks

Indeksens verdi beregnes

ved formelen:

der  $p_i$  ( $= n_i/N$ ) er den relative andel av art  $i$  av totalt individtall ( $N$ ) i prøven og  $s$  er antall arter. Indeksen tar verdier fra null (bare en art tilstede) til 5-6 for svært artrike samfunn. Verdier  $> 3-4$  indikerer gode forhold. Grenseverdier benyttet av NIVA i ulike undersøkelser er gitt i tabellen nedenfor. Tilstandsklasser i SFT's klassifiseringssystem (SFT 1993) er også vist.

H' log 2	Betegnelse	SFT	klassifisering
< 0.8	-	V	Meget dårlig
0.8 - 1.3	Svært lav	IV	Dårlig
1.3 - 2.1	Lav	III	Nokså dårlig
2.1 - 3.1	Moderat	II	Mindre god
3.1 - 4.3	Normal	I	God
4.3 - 4.8	Høy	I	-
> 4.8	Svært høy	I	-

### Hurlbert rarefaction funksjon

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

$$ES = \sum_{i=1}^S \left[ 1 - \frac{\binom{N-N_i}{i}}{\binom{N}{i}} \right]$$

der  $E(s)$  er forventet antall arter i en delprøve på  $n$  individer, og hele prøven består av  $N$  individer,  $s$  arter og  $N_i$  individer av hver art. Fra funksjonen kan det beregnes forventet antall arter ved et gitt individtall, et mål som kan brukes som en diversitetsindeks. Standard er å gi antall arter ved 100 individer ( $E(s_{100})$ ). Ved gode forhold overstiger indeksverdien 20 og ved svært høy diversitet overstiger verdien 40. I SFT's klassifiserings-system er verdien 18.5 satt som grense for tilstandsklasse I (god).

### 8.1.1 Clusteranalyser

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

I analysene ordnes prøvene i grupper (clustre) etter graden av innbyrdes likhet. De vanligste analysene illustrerer dette i et hierarkisk oppbygd diagram (dendrogram), begynnende med prøvene med størst innbyrdes likhet. Matematisk forløper beregningene i to trinn: først beregnes likhet mellom alle prøver/stasjoner tatt to og to ved bruk av et matematisk mål for likhet (similaritetsindeks), dernest konstrueres dendrogrammet på basis av de beregnede likhetsverdiene.

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

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

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

I de fleste tilfeller må verdiene transformeres før beregningene. Vanligst benyttet er rot-, dobbel rot-, eller logaritme-transformering. Transformeringen reduserer den relative effekten av høye verdier (f. eks. høye individtall på enkeltprøver) og sikrer en logisk balanse mellom dominerende og individfattige arter i prøvene.

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

## **Vedlegg Miljøgifter**

## 8.2 Vedlegg M1. Analyseresultater miljøgifter



## NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet :  
 Oppdragsnr. : "NÆS"  
 Prøver mottatt : 1.12.94  
 Lab.kode : FKK1-2  
 Jobb.nr. : 94/207  
 Prøvetype : Sediment  
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt  
 Dato : 7.12.94  
 Analytiker : EMB

1: U5, 1 av 4, 30m, 27/5-94, FKK1 4:  
 2: U10, 27/5-94, FKK2 5:  
 3: 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	0.1	<0.1				
a-HCH	<0.1	<0.1				
HCB	0.2	<0.1				
g-HCH	<0.1	<0.1				
PCB 28	0.2	0.1				
PCB 52	0.3	0.1				
OCS	<0.1	<0.1				
PCB 101	0.5	0.1				
p, p-DDE	0.5	0.1				
PCB 118	0.6	0.1				
p, p-DDD	0.4	0.1				
PCB 153	0.7	0.1				
PCB 105	0.2	<0.1				
PCB 138	0.9	0.1				
PCB 156	0.2	<0.1				
PCB 180	0.5	<0.1				
PCB 209	0.5	0.1				
SUM PCB	4.6	0.7				
SUM SEVEN DUTCH PCB	3.7	0.6				
%Fett						
%Tørrstoff						



## NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Næs  
 Oppdragsnr. : T E 94457  
 Prøver mottatt : 1.12.94  
 Lab.kode : FXX  
 Jobb.nr. : 94/210  
 Prøvetype : Sedimenter  
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt  
 Dato : 12.12.94  
 Analytiker : Brg

1: U5, 1 av 4, 30 m 27.5.94  
 2: U10, 27.5.94  
 3:  
 4:  
 5:  
 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5
-----------------	---	---	---	---	---

## Disykliske:

## Naftalen

C1-Naftalener

Bifenyl

C2-Naftalener

C3-Naftalener

6

## PAH:

## Acenaftylen

Acenaften

29

32

Fluoren

24

20

Fenantren

79

14

Antracen

33

18

C1-Fenantrener

C2-Dibenzotiofen

180

23

C2-Fenantrener

Fluoranten

165

42

Pyren

126

36

C3-Dibenzotiofener

Benz(a)antracen\*

73

19

Chrysen

106

19

Benzo(b)fluoranten\*

148

33

Benzo(j,k)fluoranten\*

60

19

Benzo(e)pyren

90

26

Benzo(a)pyren\*

86

30

Perylen

36

7

Ind.(1,2,3cd)pyren\*

75

10

Dibenz.(a,c/a,h)ant.\* 1)

9

Benzo(ghi)perylene

93

25

## Heterosykliske

Dibenzofuran

i.a.

i.a.

Dibenzotiofen

i.a.

i.a.

Carbazol

i.a.

i.a.

Sum disykliske

6

0

Sum NPd

191

23

Sum PAH

1417

372

Sum KPAH

451

110

%KPAH

31.8

29.6

Sum heterosykliske

TOT.SUM FORBINDELSER

1423

372

## %Tørrstoff

I.a.-ikke analysert

Det.grænse 5 ug/kg tørrvekt

\* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor

mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier

2A-2B (sannsynlige+trolige cancerogene).

Sum av \* utgjør KPAH.

ANALYSERESULTATER fra NIVÅS LIMS.

Rapportert: 04/01-95

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m. rapporterings-dato. Oppgi rekvisisjonsnr og PrNr.

Kontaktperson : **NMS** Prosjektnr : **E 94457** Stikkord :Rekvisisjonsnr: **1994-02672** Godkjent av: **IMB** Godkjent dato: **950104**Rekvisisjon registrert : **941202**

Analysevariabel	TN/F	TOC/F	Cu-Sm	Hg-Sm	Li-Sm	Pb-Sm	Zn-Sm
Enhet	µg/mg TS	µg/mg TS	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	mg/g
Metode	G6	G6	E2	E4-2*	E1	E2	E1
PrNr Prdato Merking							
001 940527 SEDIMENT U5 I AV IV 30m	2.5	24.4	20	0.18	21.7	41.0	97
002 940527 U10	<1.0	4.8	4	0.02	6.7	19.5	40

OBS !!! Metoder som er markert med "\*", er foreløpig ikke akkreditert.  
PrNr 001 + Dobbel pris for organisk, trippelpris for de andre analys.



## 8.3 Vedlegg M2. Analysemetoder miljøgifter

### E 1. METALLER, FLAMME ATOMABSORPSJON

Denne metoden benyttes når metallkonsentrasjonene er så høye at de kan bestemmes direkte i flamme. Prinsipp: Prøver konserverte med salpetersyre, eventuelt tilsatt cesiumklorid (K) eller lantanklorid (Ca), suges inn i en luft/acetylen - lystgass/acetylen flamme hvor elementene atomiseres. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes, eller en "electrodeless discharge lamp". Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og det metallet som skal bestemmes. Metallkonsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorbans med kjente kalibreringsløsningers absorbans.

**Tabell E-1. Konsentrasjonsområdet for direkte bestemmelse i flamme ( $\mu\text{g/l}$ ).**

	Nedre grense	Øvre grense
Li	0.005	10
Zn	0.01	5

### E 2. METALLER, ATOMABSORPSJON GRAFITTOVN

Denne metoden benyttes når metallkonsentrasjonene i løsningene er så lave at de ikke kan bestemmes ved atomisering i flamme uten oppkonsentrering. Atomisering i grafittovn omfatter bestemmelse av sølv, aluminium, kadmium, kobolt, krom, kobber, jern, mangan, molybden, nikkel, bly, sink, strontium og vanadium. Tabell E-2 nedefor angir nedre og øvre grense ( $\mu\text{g/l}$ ) for bestemmelse kobber og bly med grafittovn, når det injiseres et prøvevolum på 20  $\mu\text{l}$  direkte i grafitrøret. Prøvene konserveres med salpetersyre. Metallkonsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorbans med kjente kalibreringsløsningers absorbans.

**Tabell E-2. Nedre og øvre grense ( $\mu\text{g/l}$ ) for bestemmelse av metaller i vandige løsninger når prøven injiseres direkte i grafittovn.**

Metall	Nedre grense	Øvre grense
Cu	0.5	50
Pb	0.5	200

### E 4-2. KVIKKSØLV, KALDDAMP ATOMABSORPSJON, SLAM etc.

Denne metoden skal anvendes til avløpsvann, slam, sedimenter og biologisk materiale. Kvikksølv analyseres i våt prøve så raskt som mulig etter prøvetaking eller i homogenisert, frysetørret prøve. Tørking i varmeskap bør unngås p.g.a. tap av flyktige organiske kvikksølv-forbindelser og fordamping av metallisk kvikksølv. Dersom man allikevel velger denne metoden, må temperaturen ikke overstige 80 °C. Deteksjonsgrensen for avløpsvann er 0.1  $\mu\text{g/l}$ , og for faste prøver ved innveing av 1 g tørket materiale 0.01  $\mu\text{g/g}$ .

**Prinsipp:** En nøyaktig innveid mengde prøve oppsluttes ved autoklaving med salpetersyre. Organisk bundet kvikksølv oksideres til toverdigg kvikksølv i ioneform ( $\text{Hg}^{++}$ ). Deretter reduseres

kvikksølvet til elementær tilstand med tinnklorid, og drives ut som damp ved hjelp av helium som bæregass. Kvikksølvet amalgamerer på gullfellen, og blir senere frigjort ved elektrotermisk oppvarming av denne. Bæregassen fører kvikksølvdampen gjennom kvarts-kyvetten hvor absorbanse måles ved 253.7 nm ved kalddamp atomabsorpsjon.

## G 6. TOTALKARBON, FORBRENNINGSMETODE

Metoden gjelder for bestemmelse av nitrogen og karbon i tørt stoff og i ikke-flyktige, tungt-flytende væsker, samt frafiltrert materiale på glassfiberfiltre. Konsentrasjonsområdet for bestemmelsen er 0.1 % - 100 %. Tørkede prøver må kunne homogeniseres til pulverform da uttaket pr. prøve er fra 0.5 mg til 10 mg. Deteksjonsgrenser

0.1% nitrogen	-	1.0 µg/mg N
0.1% karbon	-	1.0 µg/mg C

For filtre er deteksjonsgrensen avhengig av blindfilterverdiene og mengde filtrert prøve.

**Prinsipp:** Tørr prøve veies inn i tinnkapsler som forbrennes i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800 °C. Ved hjelp av katalysatorer vil forbrenningen bli fullstendig. Overskudd av oksygen fjernes ved hjelp av kobber ved ca. 650 °C. Her reduseres også nitrogenoksyder til N<sub>2</sub>-gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og N<sub>2</sub>- og CO<sub>2</sub>-gassene detekteres i en varmetråddetektor. Arealet under toppene integreres, og integralverdiene behandles av et PC-programm. Resultatene regnes ut i prosent, skrives ut og lagres på diskett.

## H 2-2. PAH I SEDIMENTER

Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i sedimenter. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden og er i praksis 0.2 µg/kg tørket materiale.

**Prinsipp:** Prøvene tilsettes indre standarder og PAH ekstraheres i Soxhlet med cyklohexan. Ekstraktet gjengår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/FID eller GC/MSD. PAH identifiseres med FID ut fra retensjonstider og med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.

## H 3. PCB

Metodene benyttes for bestemmelse av klororganiske komponenter i sedimenter og slam, renvann og avløpsvann samt ulike typer av biologisk materiale fra det vandige miljø. Med klororganiske komponenter menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyl (PCB).

**Prinsipp:** Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.

**Vedlegg  
Strandsone**

## 8.4 Vedlegg S1. Stasjonsplassering

Stasjoner for strandsoneregistrering i områdene rundt Arendal i 1993 og 1994. Eksponeringsgrad: 1=svak, 2= middels, 3=sterk.

Stasjonsnavn	Stasjons- kode	Koordinater		Eksponering	Himmel- retning
		UTM	grader		
Utnes (Hisøy)	1UTN	MK 853 754	08°45'20" Ø 58°24'90" N	2-3	S
Gard (Strømsbubukt)	2GAR	MK 859 795	08°46'00" Ø 58°27'30" N	1	S
Flateskjær (Skilsøy)	3FLA	MK 871 795	08°47'20" Ø 58°27'30" N	1	S
Songekilen (Tromøysund)	4SON	MK 883 812	08°48'60" Ø 58°28'20" N	1	S-SV
Trollenes (Tromøysund)	5TRO	MK 898 815	08°50'20" Ø 58°28'40" N	1-2	S
Skibvigen (Tromøysund)	6SKI	MK 915 831	08°51'70" Ø 58°29'20" N	1-2	S-SØ
Frisøy (Tromøysund)	7FRI	MK 923 841	08°52'50" N 58°29'70" Ø	1	N
Strengereid (Klokkøya)	8STR	MK 941 870	08°54'40" Ø 58°31'20" N	1	S-SV
Narestø (Flosta)	9NAR	MK 960 870	08°56'30" Ø 58°31'20" N	2	SØ
Sjøverstø (Flosterfjorden)	10SJØ	MK 966 890	08°57'00" Ø 58°32'30" N	1	S
Kilsund	11KIL	MK 990 904	08°59'40" Ø 58°33'00" N	1	S
Bækkeviken (Eikelandsfjorden)	12BÆK	MK 982 921	08°58'60" Ø 58°34'00" N	1	Ø

## 8.5 Vedlegg S2. Visuelle inntrykk fra stasjonene

- Stasjon 1 Utnes. Stasjonen ligger åpent (middels eksponert), med god forbindelse til ytre skjærgård. Stasjonen er trolig influert av ferskvann fra Nidelva. Gruntvannssamfunnet var tydelig preget av eksponeringen med lite tangvegetasjon og mange små, kortvokste arter (rekeklo, -dokker, grønndusk, brunsl). Tare dominerte fra ca 1 meters dyp. Stasjonen virket frisk, men hadde stort innslag av hydroider og mosdyr.
- Stasjon 2. Gard. Stasjonen ligger øst for Gard-bygget, mellom Strømsbubukt og Kittelsbukt i Arendal havnebasseng. Det vokste spredt med tang på stasjonen, som ellers var preget av rekeklo, grønndusk og blåskjell. Stasjonen var tydelig påvirket og virket artsfattig. Stasjonen ble kun undersøkt i 1994.
- Stasjon 3 Flateskjær. Stasjonen ligger i Arendal havnebasseng, på en liten holme nord for Knubben. Sagtang dominerte på stasjonen, mens blæretang var vanlig og grisetang vokste spredt. Av mindre arter var rekeklo, brunsl, tanglo, hydroider, mosdyr, blåskjell, rur og strandsnegl vanlige. Det var mye sedimentert materiale på fjell og alger.
- Stasjon 4. Songekilen. Stasjonen ligger på et lite skjær midt i Songekilen, Tromøysund. Stasjonen virket tydelig påvirket med mange påvekstorganismer og mye sedimentasjon. Arter som forekom i tette bestander (dominerende) var blæretang, sagtang, sli, og mosdyr. Stasjonen hadde relativt få arter, men mye vegetasjon.
- Stasjon 5. Trollenes. Stasjonen ligger øst for Tromøybrua, på odde nedenfor en hytte. Bratt skrånende fjell. Stasjonen var dominert av blant andre blæretang, sagtang og blåskjell, og hadde relativt mange arter. Stasjonen viste ingen tydelige tegn til påvirkning.
- Stasjon 6. Skibvigen. Stasjonen ligger i Tromøysund, tvers ovenfor Kongshavn. Bratt skrånende fjell. Stasjonen virket artsrik og var preget av tangvegetasjon med mange rødalger innimellom.
- Stasjon 7. Frisø. Stasjonen ligger på innsiden av Frisø, vest for Arendal Smelteverk A/S, og er svært beskyttet for bølgeslag. Blæretang vokste i tette bestander på stasjonen, mens blæretang og sagtang var vanlige. Stasjonen var svært overgrodd av trådformete alger, som dekket både tang og fjell. Mye sedimentert materiale. De mest framtrede påvekstalgene var rekeklo og grønndusk. Ellers var det en rik undervegetasjon med krusflik, krusblekke, svartkluft og blåskjell. Mosdyr og hydroider var vanlige på stasjonen og strandsnegl dominerte. Rødalgen 'strømgarn' (*Dasya baillouviana*) ble funnet spredt på stasjonen. Arten er hovedsakelig utbredt i varmere farvann, men har etterhvert spredt seg til Skandinavia. I Norge ble den først observert på Tjøme i 1966.
- Stasjon 8. Strengereid. Stasjonen ligger på den sørøstligste odden av Store Klokkøy. Stasjonen virket overgrodd, og hadde mye påvekstalger i tillegg til en variert undervegetasjon. De mest framtrede artene var grisetang, blæretang, rekeklo, krusflik, svartkluft, pepperalge og rugl. Sjøstjerner, blåskjell, brødsvamp og strandsnegl var vanlige dyr på stasjonen. Stasjonen hadde mye løst, partikulært materiale (sedimentert).

Stasjon 9. Narestø. Stasjonen ligger på en fjellodde i den vestlige delen av Narestø. Stasjonen er delvis eksponert mot bølgeslag. Stasjonen gav et friskt inntrykk, med stor dominans av tang og tare. Stasjonen hadde relativt lite påvekstalger.

Stasjon 10. Sjøverstø. Stasjonen ligger i Flosterfjorden, på sydspissen av Rollsøy. Stasjonen virket noe artsfattig. De vanligste artene i 1994 var grønnndusk, rugl, blæretang, martaum og vortetuste (*Stilophora rhizoides*). I 1993 var også svartkluft og sli vanlige.

Stasjon 11. Kilsund. Stasjonen ligger på den østlige siden av Strømsund. Stasjonen virket artsrik. De vanligste artene på stasjonen var sagtang, blæretang, rekeklo, krusflik, fiskeløk, ulike grønnlager, blåskjell, rur, sjøstjerner, mosdyr og hydroider.

Stasjon 12. Bækkeviken. Stasjonen ligger på østsiden av Fårholmen i Eikelandsfjorden. Stasjonen virket artsrik, med mange små arter. Stasjonen var imidlertid noe overgrodd av opportunistiske brun- og grønnalger. De vanligste artene på stasjonen var grisatang, martaum, bruntufs, grønnndusk, krusflik, rur, mosdyr og strandsnegl.







Stasjon	1993												1994											
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Bacillariophyceae</b>																								
<i>Diatomee-påvekst</i>		4				8							2		2									
<i>Berkeleya rutilans</i>			2		2																			
<b>Fauna</b>																								
<i>Acmaea virginea</i>						2			2								2	2			2			
<i>Actinia sp.</i>	8	4		8	8		4	4		8		8	2			4	4		2	4		8		
<i>Alcyonidium hirsutum</i>		6		8	4	4							8		2		4	8	4	4	4			
<i>Anomoniidae indet.</i>									6															
<i>Asterias rubens</i>	8	4	8	4	8	8	8	4	4	8	5	8	2	4	8	8	4	4	4	4	2	16	4	
<i>Balanus balanoides</i>		4	4	2	16	8		16		8	16	16	4				8	2		16	8	8	16	
<i>Balanus balanus</i>																						2		
<i>Balanus cf. improvisus</i>	2	8		4				8		8		4	4	2	4	4								
<i>Botrylloides cf. leachi</i>																			2					
<i>Bryozoa indet. skorp.</i>					4																			
<i>Cancer pagurus</i>					2																			
<i>Carcinus maenas</i>			4			2	4			4			2				2	4	4	4		8		
<i>cf. Sagartiogeton sp.</i>		4		4	4																			
<i>Ciona intestinalis</i>																					2			
<i>Clava squamata</i>				8	4						8													
<i>Clavelina lepadiformis</i>					2	2			4															
<i>Dynamena pumila</i>	12	8		8	16		4	16		16	4	8		4		16	8			8		8		
<i>Electra pilosa</i>	8	12	12	12	12	8	4	16	4	16	8	8	2	4	8	8	8	4	4	16		8	4	
<i>Gibbula cineraria</i>										8	2										8	2		
<i>Halichondria panicea</i>	8		2	12	8	8	8	6		2	8	8			4	4	4	4	8	16		8		
<i>Hydroida indet.</i>																			4					
<i>Laomedea sp.</i>	12	4		8	8	8	2	8		4	8	8	4	4	4	8	8	4	4	8	2	8	2	
<i>Leucosolenia complicata</i>					4	4	2												4				8	
<i>Littorina littorea</i>	4	8	8	6	8	16	8	8	8	2	8	8	4	8	8	8	16	8	8	8	8	4	8	
<i>Littorina obtusata</i>						2		8										2	4	8	4	2		
<i>Littorina saxatilis</i>	4		4	4	4	4		4	8	4	8	8			4		4				4			
<i>Membranipora membranacea</i>	8				6			8		4		8	8	8	8	4	8	8	2	16	4	4	8	
<i>Metridium senile</i>	2								4	4		2												
<i>Mytilus edulis</i>	16	8	12	12	8	4	8	8	4	12	8	16	8	8	4	8	4	4	4	8	8	8	4	
<i>Nassarius reticulatus</i>			2				4		2		4								2		4		4	
<i>Ophiura</i>																								
<i>Pomatoceros triqueter</i>	4		4	4	8	8	8	4	8	4	8				2	4		4	4		4		4	
<i>Porifera indet.</i>				2	4	4					4	2												
<i>Psammechinus miliaris</i>					3	4	4		12		8										8		4	
<i>Sagartiidae indet.</i>													4			4	4					8		
<i>Spirorbidae indet.</i>		4	4	8	8	2	8			8	8				4		8		8	4	4	8	4	
<i>Strongylocentrotus droebach.</i>																								
<i>Urticina felina</i>					4		2	2	2	8						2	4		4		4	4	8	
Tårnsnegl															16						16		8	
Østers																					4			
Sandmusling																		2						

Stasjon	1993												1994											
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Antall arter	34	28	24	43	52	41	39	36	27	44	43	35	27	24	28	32	39	28	35	36	30	44	31	
Antall alger	21	16	13	26	29	23	24	21	14	25	27	20	17	15	16	18	22	14	18	21	13	27	18	
Antall dyr	13	12	11	17	23	18	15	15	13	19	16	15	10	9	12	14	17	14	17	15	17	17	13	
Antall rødalger	12	6	5	12	14	12	13	8	6	13	14	12	6	6	9	8	12	7	9	9	3	12	9	
Antall brunalger	4	6	5	10	11	8	9	8	7	7	10	5	6	7	4	6	6	4	7	8	7	12	6	
Antall grønnalger	5	3	2	4	3	2	2	5	1	5	3	3	4	2	2	4	4	3	2	4	3	3	3	

## 8.7 Vedlegg S4. Artsliste for gruntvannssamfunn 1990 - 1994

Alger og dyr i strandsonen (0-1 m) registrert på tre stasjoner i Arendal i 1990, 1993 og 1994. Tegnforklaring: d = dominerende, v = vanlig, s = spredt, e = enkeltfunn - = ikke registrert.

	Trollenes			Skibvigen			Frisø		
	1990	1993	1994	1990	1993	1994	1990	1993	1994
<b>RØDALGER</b>									
Ceramium rubrum	v	s	v	d	e	v	v-d	e	e
Ceramium strictum	-	s	v	-	v	v	d	v	v
Audouinella spp.	s	e	e	s	v	e	v	e	s
Polysiphonia spp.	e	v	v	s	s	v	s	s	-
Brogniartella byssoides	-	e	-	-	e	-	-	-	-
Dasya baillouviana	-	-	-	e-s	-	-	v	s	s
Rhodomela confervoides	-	-	-	-	-	e	-	-	-
Chondrus crispus	s	s	s	v	v	v	s	e	v
Phyllophora pseudoceranoioides	-	v	-	-	s	-	v	-	v
Phyllophora truncata	s	-	-	-	-	s	d	d	-
Furcellaria lumbricalis	s	s	s	d	v	s	-	-	s
Polyides rotundus	-	-	-	-	-	-	v	-	-
Laurentia pinnatifida	-	-	-	e	e	s	-	-	-
Ahnfeltia plicata	s	-	-	v	v	v	s	e	-
Cystoclonium purpureum	-	s	-	-	-	s	-	-	-
Nemalion helminthoides	-	-	-	-	s	-	-	-	-
Hildenbrandia rubra	v	d	v	v	d	v	d	d	?
Corallinales, skorpef.	s	s	v	v	v	-	-	-	-
Cruoria pellita	s	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>BRUNALGER</b>									
Ascophyllum nodosum	s	s	-	s	s	s	v	s	v
Fucus vesiculosus	d	d	v	d	v	v	d	d	v
Fucus serratus	v-d	d	v	v	v	s	-	s	v
Laminaria saccharina	-	-	-	-	e	-	-	-	-
Chorda filum	s	-	s	-	s	s	-	s	s
Ectocarpales	v-d	v	s	v	v	s	v	e	-
Elachista fucicola	v	v	s	v	-	-	-	-	-
Pilayella littoralis	v	s	-	s	s	-	v	-	-
Sphacelaria cirrosa	-	e	e	s	e	s	-	s	-
Striaria attenuata	-	-	-	e	-	-	-	-	-
Spermatoxus paradoxus	-	s	-	-	e	-	-	s	-
Asperococcus turneri	-	e	-	-	e	-	-	e	-
<b>GRØNNALGER</b>									
Cladophora rupestris	v	s	s	s	s	s	-	-	s
Cladophora spp.	s	s	v	v	s	s	v-d	s	v
Enteromorpha spp.	v	s	s	s	-	s	v	e	-
Ulva/Monostroma	s	e	-	-	-	-	-	-	-
Codium fragile	-	-	-	-	s	-	-	-	-

**FAUNA**

Alcyonidium	s	v	s	s	s	v	-	s	s
Halichondria panicea	-	v-d	s	e	v	s	-	v	s
Porifera indet.	s	e	-	-	s	-	-	-	-
Actinia sp.	-	v	s	-	v	s	-	-	-
Utricina felina	-	-	e	-	s	s	-	-	-
Mytilus edulis	v	v-d	v	s	s	s	s	s	s
Balanus spp.	e	s	s	s	d	v	-	v	s
Pomatoceros triqueter	-	s	s	e	v	-	s	v	s
Spirorbis sp.	-	v	-	-	v	v	-	e	-
Dynamena pumila	v	v	d	-	d	v	-	-	-
Clava squamata	-	v	-	-	s	-	-	-	-
Laomedea spp.	-	v	-	-	v	v	-	v	s
Hydroidae indet.	-			e			-		
Electra pilosa	s	v-d	v	v	v-d	v	s	v	s
Membranipora membranacea	-	-	s	-	s-v	v	-	-	v
Bryozoa indet.	-	-	-	-	s	-	-	-	-
Littorina spp.	s	s-v	v	v	v	v	v	d	d
Acmeae	-	-	-	-	-	e	-	e	e
Ophiura sp.	e			-			-		
Psammechinus miliaris	-	-	-	-	s	-	-	s	-
Strongylocentrotus	-	-	-	e	-	-	e	-	-
Leucosolenia complicata	-	-	-	-	s	-	-	s	-
Asterias rubens, små	s	s	v	s	v	s	s	v	s
Asteria rubens, store	e	-	-	s	-	-	-	-	-
Carcinus maenas	e	-	-	e	-	e	e	e	s









