

**Oppfølgende
miljøundersøkelse i
Lundevågen, Farsund 1997
Rapport RF-98/040**

Vår referanse: 613/654461	Forfattere: Øyvind F. Tvedten¹, Veslemøy Eriksen¹, Staffan Hjohlman² og Stig Westerlund¹	Versjonsnr. / dato: Vers. 1 / 24.02.98
Ant. sider: 55 inkl. vedl.	Faglig kvalitetssikrer: Arne Myhrvold	Gradering: Åpen
ISBN: 82-7220-878-4	Oppdragsgiver: Farsund kommune	Åpen fra (dato):
Forskningsprogram:	Prosjektittel: Miljøundersøkelse i Lundevågen, Farsund 1997-1998	

Emne:

Sediment og vannsøyle er undersøkt i forbindelse med steinfylling og bro over Lundevågen, som anlegges for å øke areal til industri og næringsliv i Farsund kommune. Anleggsarbeidet pågikk våren 1997, og denne undersøkelsen vurderer endringer i miljøforholdene i Lundevågen etter utfyllingen. Resultatene sammenlignes også med undersøkelser som er gjort før utbyggingen startet. På grunnlag av undersøkelsene diskuteres endringer i miljøforholdene, forslag til videre undersøkelser og vurdering av eventuelle avbøtende tiltak.

Emne-ord:

Utfylling, vannutskiftning, grunnavannsområde, fuglefredningsområde

RF - Rogalandsforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

¹ Rogalandsforskning

² UNIFOB, Seksjon for anvendt miljøforskning

Forord

Undersøkelsen i Lundevågen er gjennomført på oppdrag fra Farsund kommune, og har i 1997 omfattet;

- hydrografi og vannkjemi,
- undersøkelser i fjæresonen
- sedimentforhold og bunndyr

Undersøkelsen omhandler marine miljøeffekter av etablering av et sjørelatert næringsareal i Lundevågen. Prøveinnsamling har pågått i perioden 27. juni til 30. september 1997. Undersøkelsesopplegget har vært godkjent av Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest Agder.

Feltarbeidet har vært utført av Arne Myhrvold, Renée Bechmann, Stig Westerlund, Staffan Hjohlman og Veslemøy Eriksen.

I løpet av prosjektperioden har O. K. Andersen overtatt for A. Myhrvold som prosjektleder.

Vi ønsker å rette en takk til Johan M. Mathiassen og andre personer i Farsund kommune for god hjelp og konstruktiv dialog under prosjektet. Takk til Stanley Larsen (Farsund kommune) og Åshild Finnestad (RF) for utarbeidelse av kart.

Takk til alle deltagere og diskusjonspartnere i forbindelse med gjennomføringen av prosjektet.

Stavanger 24. februar 1998

O. K. Andersen

Innhold

Forord	i
Sammendrag	iii
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Tidligere undersøkelser	1
1.3 Formål med undersøkelsen.....	3
2 Materiale og metoder.....	4
2.1 Beskrivelse av området og innsamlingsprogram	4
2.2 Innsamling- og analysemetoder	5
2.2.1 Hydrografi og vannkjemi	5
2.2.2 Fjæresonen	6
2.2.3 Bunnfauna	7
2.2.4 Sedimentkarakteristikk.....	9
3 Resultater og diskusjon.....	11
3.1 Hydrografi og vannkjemi	11
3.1.1 Temperatur	11
3.1.2 Saltholdighet	11
3.1.3 Oksygen.....	11
3.1.4 Nitrogen.....	16
3.1.5 Fosfor	16
3.1.6 Klorofyll og siktedyp	17
3.1.7 Oppsummering og sammenligning med 1996	18
3.2 Fjæresonen	20
3.3 Sedimentanalyser	25
3.3.1 Kornstørrelse	25
3.3.2 Organisk karbon, glødetap, total nitrogen og klorofyll <i>a</i>	25
3.3.3 pH og redoks	26
3.4 Bunndyr.....	26
3.4.1 Dominerende arter.....	28
3.4.2 Multivariate analyser.....	30
4 Konklusjoner	32
5 Videre undersøkelser og eventuelle avbøtende tiltak	33
5.1 Fremtidige undersøkelser	33
5.2 Avbøtende tiltak	33
6 Referanser.....	35
7 Vedleggsoversikt	37

Sammendrag

Miljøundersøkelsen i Lundevågen er gjennomført på oppdrag fra Farsund kommune, og har i 1997 omfattet;

- hydrografi og vannkjemi,
- undersøkelser i fjæresonen
- sedimentforhold og bunndyr

Undersøkelsen ble igangsatt som følge av utfylling av steinmasser og etablering av et sjørelatert næringsareal. Prøveinnsamlingen har pågått i perioden 27. juni til 30. september 1997. Undersøkelsesopplegget har vært godkjent av Fylkesmannens miljøvernavdeling i Vest Agder. I samme område har det tidligere vært utført tilsvarende undersøkelser.

Formålet med undersøkelsen har vært å;

- beskrive dagens miljøtilstand i indre del av Lundevågen
- vurdere endringer av miljøforholdene etter at utfyllingsarbeidet ble ferdig
- vurdere eventuelle avbøtende tiltak for å bedre vannsirkulasjon og miljøforhold

Resultatene viser at;

- *Det var forholdsvis like vannmasser på innsiden og utsiden av steinfylling og bro og dette betyr at det er bra vannutveksling mellom de to områdene. Det ble ikke avdekket uvanlige forhold i vannmassene.*
- *Sammenlignet med målingene i 1996 var det en del forskjell både i hydrografiske målinger og næringsalter. Trolig er dette bare et utslag av naturlig variasjon fra ett år til et annet. Nitrogeninnholdet var litt høyere i 1997, men det tilsvarte likevel beste SFT tilstandsklasse.*
- *I strandsonen ble det ikke avdekket uvanlige endringer i plante- og dyrelivet. I et innelukket område som Lundevågen med mye bløt bunn er det vanlig med et forholdsvis lavt artsantall og dominans av ettårige alger og grønnalger.*
- *Sedimentet var sandholdig og hadde lavt organisk innhold. Målinger av redokspotensial og pH viste at det ikke var oksygenmangel i bunnen.*
- *Som i de tidligere undersøkelsene var det forholdsvis få arter i bunnen. Det er vanlig at grunne mudderflater har stor variasjon i bunnfauna både i tid og rom. Det ble ikke funnet endringer i bunnfauna som kunne forklares med effekter fra utfyllingen.*

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Farsund kommune ønsket å øke sitt areal for sjørelatert næringsliv. Planleggingen før den endelige plasseringen pågikk i flere år og omfattet flere alternative utbyggingsområder og utforminger av arealet. Til slutt ble næringslivsarealet etablert ved Lundevågen kai. Utbyggingen omfatter en steinfylling (ca. 8 mål) i sjøen og en bro fra fyllingen og over til fylling og industriområde på nord siden av vågen. Det meste av anleggsarbeidet pågikk vinteren og våren 1997. I vest grenser utbyggingsområdet mot Lundevågen fuglefredningsområde. Se Figur 1 for oversiktskart over området.

I forbindelse med utbyggingen har det vært viktig å vurdere mulige konsekvenser for miljøforholdene i Lundevågen. Ikke minst fordi næringslivsarealet grenser opp mot fuglefredningsområdet innerst i Lundevågen. Det er få tilsvarende områder langs denne delen av kysten, og området har nasjonal verneverdi. Det er særlig blitt fokusert på mulige negative effekter av endret strømbilde i vågen. I tillegg var det viktig at utbyggingen ikke endret arealet av fuglefredningsområdet. Andre miljøeffekter av utbyggingen kan for eksempel være økt trafikk (støy), fysiske hindringer (bygninger) og endret bølge-eksponering i vågen.

Utbyggingen er gjennomført med tanke på å minimere miljøkonsekvensene. I steinfyllingen er det laget en 15m bred (målt på toppen) og 4m dyp kanal for å bedre vannutskiftning i vågen (dette var ikke planlagt opprinnelig). Broen er bygget på søyler ned i bunnen, for å være til lite hinder for vannbevegelse.

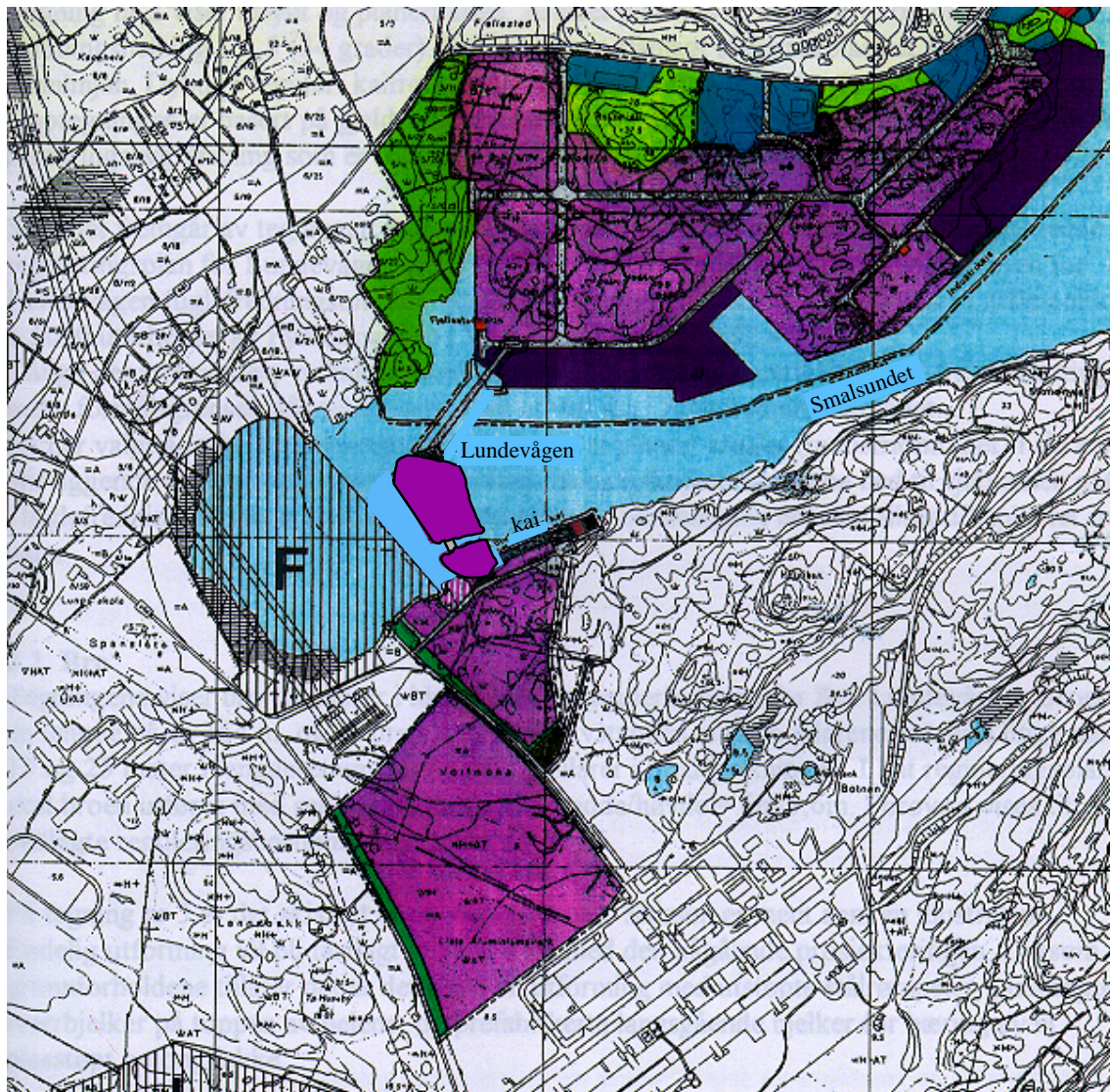
1.2 Tidligere undersøkelser

Lundevågen er tidligere undersøkt i forbindelse med resipientundersøkelser i fjordområdet (Oug m. fl. 1991; Jacobsen & Moy 1992; Myhrvold & Andersen 1994). Både fjæresone og sediment er undersøkt og området ble karakterisert som noe belastet av næringssalter. Bunnfaunaen i dypområdet innenfor Smalsundet var meget artsfattig (Myhrvold & Andersen 1994). Dette skyldes hovedsakelig at det er dårlig bunnvannutskiftning og dermed er det i perioder lite oksygen i vannet i tillegg er det høyt innhold av miljøgifter i bunnen.

Det er tidligere målt høye konsentrasjoner av PAH (Polysykliske aromatiske hydrokarboner), PCB (Polyklorerte bifenyler) og kvikksølv i sedimentet i Lundevågen (Myhrvold & Andersen 94; Konieczny & Juliussen 1995;).

I 1993 ble det gjennomført en vurdering av "konsekvenser for fugl og vannkvalitet ved utbygging i Lundevågen" (Jacobsen m. fl. 1993). Det ble konkludert med at utbyggingen ville medføre dårligere vannutskiftning og med dannelse av stagnerende vannmasser. Organismesamfunnet på mudderflaten ville endres, med tilsvarende endrede forhold for fuglelivet. Utbyggingen ville i tillegg legge beslag på deler av

arealet i fuglefredningsområdet. Undersøkelsen bygget imidlertid på et annet utbyggingsalternativ enn det som ble det endelige.



Figur 1. Kartutsnitt over Lundevågen med utfylling og bro inntegnet. F: Fuglefredningsområde.

I 1996 og vinteren og våren 1997 utførte Rogalandforskning to undersøkelser i Lundevågen (Myhrvold m. fl. 1996 og Cripps m. fl. 1997). Den første undersøkelsen omtalte miljøforholdene i Lundevågen før utbyggingen startet. Rapporten inneholder resultater fra vann-, strand-, sediment-, og bunndyrsanalyser og ble supplert med en tilleggsrapport (Myhrvold 1996). Resultatene var generelt sett tilsvarende det som er beskrevet i de tidligere undersøkelsene. Formålet med rapporten var også å foreslå tiltak for å i størst mulig grad opprettholde vannutskiftningen i Lundevågen.

Den andre rapporten omtalte sedimenteringsundersøkelser under utfyllingsarbeidet i vågen. Innsamlingen pågikk i fra januar til mars 1997, og det ble spesielt lagt vekt på å undersøke om sediment, som inneholdt organiske miljøgifter (PAH og PCB), ble virvlet opp og transportert rundt i bukta. Under utfyllingsarbeidet ble det lagt ut et skjørt rundt

fyllingen for å hindre partikkelspredning, men dette ble delvis ødelagt av is. I rapporten konkluderes det med at det var mye partikler som ble transportert ut fra fyllingen og at sedimentasjonsmengden avtok raskt med økende avstand til fyllingen. Miljøgiftinnholdet økte ikke under utfyllingsarbeidet og partiklene i sjøen stammet hovedsakelig i fra fyllmassen og ikke fra bunnsedimentet.

I rapportene er det også blant annet påpekt at det er ønskelig med en kartlegging av kilder til miljøgiftsforurensningen og effektene som miljøgiftinnholdet kan ha på fuglene som benytter organismer i Lundevågen som føde.

1.3 Formål med undersøkelsen

Formålet med undersøkelsen har vært å;

- beskrive dagens miljøtilstand i indre del av Lundevågen
- vurdere endringer av miljøforholdene etter at utfyllingsarbeidet ble ferdig
- vurdere eventuelle avbøtende tiltak for å bedre vannsirkulasjon og miljøforhold

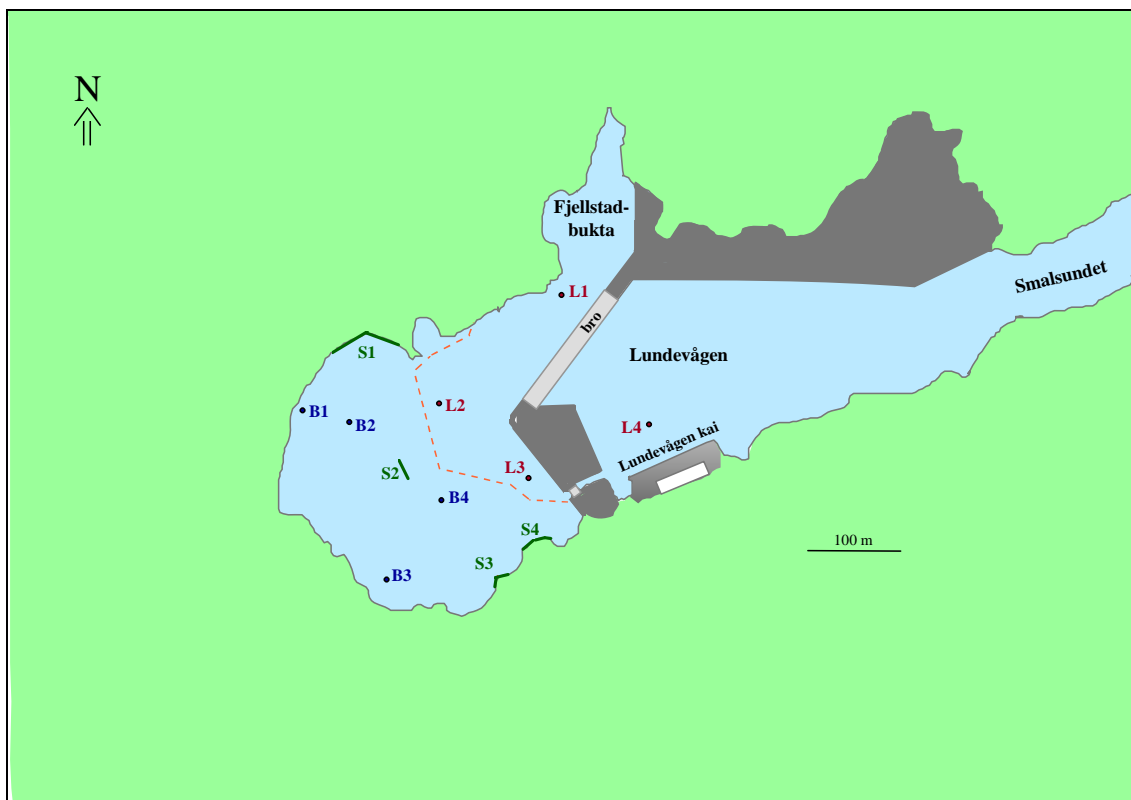
2 Materiale og metoder

2.1 Beskrivelse av området og innsamlingsprogram

Undersøkelsen har omfattet strandsone og vann- og bunnprøvetagning i Lundevågen ved Farsund. Stasjonsplasseringen er vist i Figur 2. Lundevågen er en fjord som strekker seg vestover fra Farsund sentrum og består av to bassenger. Det indre ligger innenfor Smalsundet og har et maksimaldyp på 27m. Ved Smalsundet er terskeldypet ca. 12 m og i bassenget utenfor terskelen er største dyp ca. 47m. Det er ingen terskel ut av vågen, men hele fjordsystemet er begrenset av en terskel på 25m mellom Skjoldnes og Langøya.

Mudderflaten er meget langgrunn og er ca. 350m bred fra innerst i bukta og ut til marbakken, hvor vandypet er ca. 80-100cm. Figur 3 viser et detaljert dybdekart over mudderflaten. Fra marbakken øker dypet raskt til ca. 5m for deretter å øke til ca. 18m øst for fyllingen.

For detaljert dybdekart og flere opplysninger om området, samt beskrivelse av mudderflaten, henvises det til tegning 2 i Farsund kommunes søknad om utfylling i sjø -Lundevågen syd og til Myhrvold m. fl. 1996. Kommunen er i gang med å utarbeide et detaljert kotekart over mudderflaten og dette vil bli rapportert sammen med resultatene fra undersøkelsen i 1998.



Figur 2. Kart over området med prøvestasjoner, fylling og bro inntegnet. S=fjæresone, B=bunndyr, L=vannspøyle (hydrografi og vannkjemi). Stiplet linje markerer omtrentlig plassering av marbakken.

Prøveinnsamlingen startet 27. juni 1997. Prøvetakningsprogrammet er vist i Tabell 1 og flere detaljer finnes i underkapitlene. Det ble tatt vannprøver fra fire stasjoner (L1- L4) og i marbakken. Avhengig av hvilket tidspunkt og stasjon, ble det tatt prøver av temperatur, oksygeninnhold, salinitet, næringsalter, klorofyll og siktedyp. Bunnprøvene ble tatt på stasjonene B1-B4 og strandsonen ble undersøkt på S1-S4.

Tabell 1. Innsamlingsprogram for miljøundersøkelse i Lundevågen.

Dato	Hydrografi	Vannkjemi	Fjæresone	Sediment-parametre	Bunndyr
27.06.97	x	x			
17.07.97	x	x			
14.08.97	x	x	x		
02.09.97	x	x			
17.09.97				x	
18.09.97	x	x			
30.09.97	x	x		x	x

2.2 Innsamling- og analysemetoder

2.2.1 Hydrografi og vannkjemi

Oksygen, temperatur og saltholdighet ble målt som vertikal profil fra overflaten og til bunnen. Det ble gjort seks prøveinnsamlinger (se Tabell 1). Målingene er utført med en Hydrolab Datasonde[®] 3 Multiprobe logger med avlesning i båten. Data ble logget for ca. hver 0,5m. Oksygensensoren ble kalibrert før hver prøvetaking. Det ble gjort målinger fra stasjon L1, L2, L3 og L4 (se Figur 2), som ble lokalisert ved hjelp av krysspeiling på land. Dette ble gjort for å sikre at samme lokalitet ble brukt hver gang. For å unngå drift under prøvetakingen, ble båten ankret opp. Det var en viss distanse mellom der ankeret lå på bunnen og stasjonen, for å unngå forstyrrelse av bunnvannet. L1 er plassert innenfor broen ved munning av Fjellestadbukta. L2 og L3 er plassert nær marbakken. L2 ligger nord for en grunne, mens L3 er plassert i området bak fyllingen og sør for grunnen. L4 ligger på utsiden av fyllingen.

Ved tre innsamlinger ble det også tatt oksygen-, temperatur-, og saltholdighetsmålinger på tre stasjoner inne på mudderflaten. Stasjonene er lokalisert rett innenfor L2 og L3, samt en stasjon midt mellom disse.

Under prøvetaking, ble det tatt hensyn til at avlesningene på displayet skulle stabilisere seg ved hvert målepunkt. Oksygen sensoren er den som trenger lengst tid på å stabilisere seg. På grunn av feil med utstyret måtte målinger av saltholdighet 17. juli forkastes.

Det ble også tatt vannprøver med vannhenter fra L3 og L4. Prøvene ble tatt på 2m dyp på begge stasjonene og fra 5m på L3 og 12m på L4. Hver prøve ble tatt som en blandprøve, hvor vann fra tre vannhenter ble blandet i en bønne, før dette ble overført til prøveemballasjen. Bønne og trakt ble skylt grundig mellom hver prøvetaking.

Prøvene ble samme kveld satt i kjølerom på laboratoriet på RF. Prøvene ble viderebehandlet påfølgende dag. Total nitrogen er analysert etter Norsk Standard 4743 2/93,

total fosfor etter NS 4725 3/84 og klorofyll etter en intern RF metode, modifisert etter Strickland og Parsons (1972).

Siktedyp ble målt som et enkelt mål på klarheten i vannet. En standard Secchi skive ble senket ned til den var ute av syne, og deretter trukket opp igjen. Snitt verdien av dypet hvor skiven forsvant og kom til syne igjen ble notert som siktedypet.

2.2.2 Fjæresonen

Målet med undersøkelsen i strandsonen er å gi en beskrivelse av den nåværende tilstanden, for å kunne fastsette om, og eventuelt i hvilken grad, den nyanlagte steinfyllingen har påvirket miljøet i indre del av Lundevågen. I tillegg kan beskrivelsen brukes som sammenligningsgrunnlag for fremtiden med tanke på eventuell langtidspåvirkning av naturinngrepet. Vurderingen tar utgangspunkt i en kartlegging av dyr og planter større enn ca. 1 mm som lever oppå bunnen (epifauna og benthiske makroalger). Dyr som lever nedgravd i mudder (infauna) er behandlet i bunndyravsnittene.

Noen av de mest kjente artene i strandsonen er tang, strandsnegl, rur og blåskjell, men mange andre grupper av makroalger og dyr er vanlige. Dette samfunnet er i stor grad påvirket av vannkvaliteten i overflatelagene. En eventuell reduksjon i vanngjennomstrømming vil kunne føre til en forhøyet konsentrasjon av næringssalter, avhengig av i hvilken grad tilførsel skjer fra f.eks. avløp og sigevann. Unormalt høye konsentrasjoner av næringssalter fører f.eks. til at artsantallet synker (Munda 1967; Borowitska 1972), at de hurtigvoksende ettårige makroalgene, særlig grønnalgene, øker i mengde (Knutzen 1986) og at de flerårige makroalgene minker i mengde eller forsvinner. Undersøkelser av artssammensetningen i strandsonen gir derfor verdifull informasjon om miljøtilstanden som kan brukes i miljøovervåking etter inngrep i naturen.

Strandsonen i området er tidligere undersøkt i 1990 (Oug m. fl. 1991), 1991 (Jacobsen og Moy 1992), 1993 (Jacobsen m. fl. 1993) og 1996 (Myhrvold m. fl. 1996).

Fire stasjoner i strandsonen ble undersøkt 14. august 1997 (se Figur 2) av Staffan Hjøhlman og Arne Myhrvold. Stasjonene er de samme som ble undersøkt i 1996 (Myhrvold m. fl. 1996). Ved årets undersøkelse ble det imidlertid registrert fysiske inngrep på ytre del av Stasjon S3, i form av nyanlagt rørledning for overflatevann som munner ut her, samt steinfylling og mur rundt rørledningen.

Stasjonene S1, S3 og S4 utgjøres hver av 50 m strandlinje. Stasjon S2 er lokalisert på en ansamling av steiner på ytre del av mudderflaten. Hver stasjon ble undersøkt for tilstedeværende planter og dyr på fjell, stein, samt på mudderoverflaten i ca. 30 minutter. Mengden av artene ble anslått semikvantitativt (enkeltfunn, spredt forekomst, vanlig eller dominerende). Det ble tatt prøver av arter som vanskelig kan bestemmes i felt, for senere identifisering under lupe og mikroskop. Det ble også tatt oversiktsbilder og detaljbilder med kamera på de 4 stasjonene. Bildematerialet oppbevares ved Rogalandsforskning.

2.2.3 Bunnfauna

Prøver for analyse av bunndyrssamfunnet ble tatt fra fire stasjoner (B1-B4) på mudderflaten (Figur 2) 30. september 1997. Disse stasjonene er også brukt i tidligere undersøkelser. Tabell 2 viser dyp og kommentarer til sedimentet på de fire stasjonene. To av stasjonene, B2 og B4 ble lagt under nivå for laveste lavvann.

Bunndyrsprøvene ble tatt med en Ekmann håndgrabb med et areal på 0,0225 m². Det ble tatt fire replikat på hver stasjon, og hvert replikat bestod av fire separate grabprøver. Det tilsvarer at hvert replikat representerer 0,09 m², og det totale prøveareal pr. stasjon 0,36 m². Prøvene ble siktet i 1 mm sikter, fiksert i 4% nøytralisert formalin. Etter sortering av materialet ble det overført til 70% etanol.

Bunndyrfaunaen er i hovedsak immobil. Faunaen kan derfor betraktes som et "speil" på den forurensningsbelastning området har vært utsatt for, og ikke bare representere et øyeblikksbilde, slik tilfellet er om det blir målt ulike parametre i vannsøylen. Derfor er bunndyrundersøkelser ofte benyttet for å vurdere effekten av ulike forurensning.

Antallet av arter og individer er primære resultater i bunndyrundersøkelser. Ettersom antallet arter og individer i upåvirkede marine sedimenter kan være høyt og derfor vanskelig å få oversikt over, er det hensiktsmessig å sammenfatte informasjonen ved bruk av ulike beregningsmetoder og grafiske fremstillinger.

Ved å redusere datasett med mange variable (her vil hver art representere en variabel) til enklere tall eller informative figurer, vil det på grunn av de enkelte metoders svakheter være fare for at vesentlig informasjon går tapt. Metodene har ulike fordeler og ulemper, og det er derfor vanlig å benytte flere utfyllende og til dels overlappende metoder. I denne undersøkelsen er analysene utført ved hjelp av beregninger og figurfremstillinger som er anbefalt og vanlig brukt i tilsvarende resipientundersøkelser.

På laboratoriet ble alle dyr plukket ut under lupe, og overført til egnet konserveringsmiddel. Dyrene ble identifisert til art så langt dette har vært mulig. Muslinger og snegler ble artsbestemt av Per B. Wikander, krepsdyrene av Kristin M. Nodland, mens Veslemøy Eriksen har stått for identifiseringen av de resterende gruppene.

Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm
- Individene er identifisert til art, slekt eller familie. Unntaket er fåbørstemarkene (Oligochaetae), disse er bare bestemt til gruppe, men er likevel tatt med i analysene.

Dette medfører at grupper som rundmakk samt kolonidannende arter som polyppdyr, mosdyr og svamper ikke er med i analysene. Krepsdyr uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analyser.

Mål på diversitet

Artsmangfold (diversitet) blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene mellom artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individfordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1963) og jevnhet (Pielou 1966). Artsmangfoldet kan også vurderes ved å beregne forventet antall arter ved 100 individer ($ES_{n=100}$) (Hurlbert 1971). De beregnede verdiene sammenlignes med grenseverdier gitt av SFT (Molvær m. fl. 1997) som erstatter Rygg og Thélin 1993.

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Hvor $p_i = n_i / N$, s = totalt antall arter, n_i = antall individer av i 'te art og N = totalt antall individer.

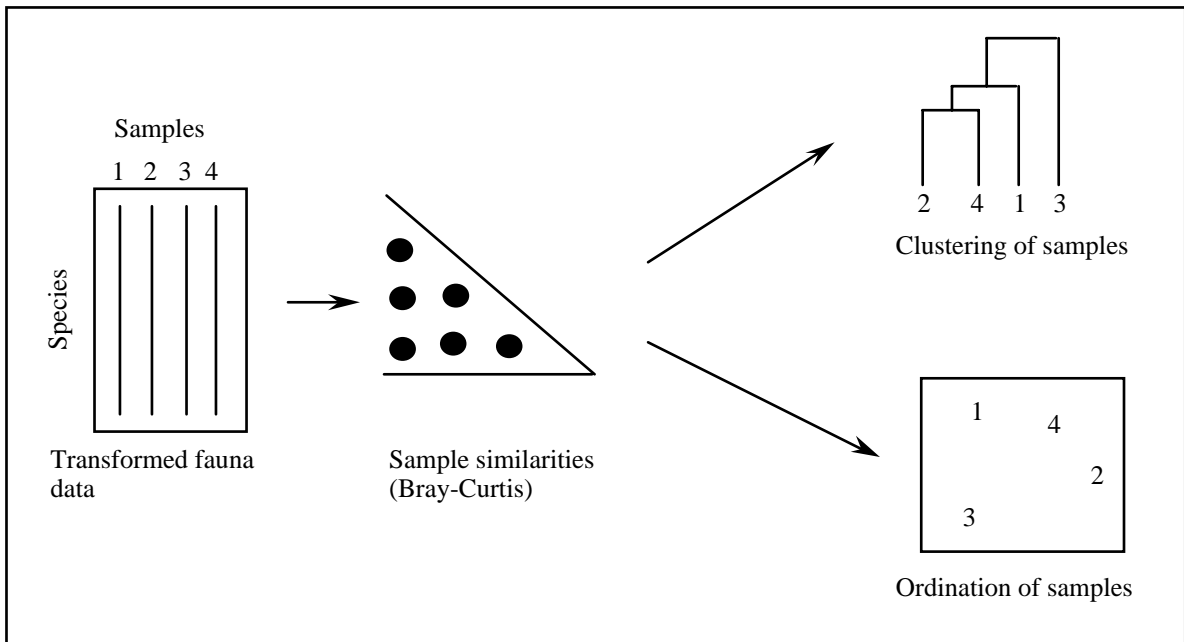
Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at $H' = \log_2 S = H_{\max}$. Forholdet mellom observert- (H') og maksimal diversitet (H_{\max}), kan derfor sees som et mål på jevnhet. Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Multivariate metoder

Klassifisering (klusteranalyse) og ordinerings (MDS) er benyttet for å undersøke likheten mellom bunndyrprøvene fra de ulike innsamlingstidspunkt. Jo flere arter som prøvene har felles jo mer like blir de. Analysene er utført på data fra hver prøve, og på dobbel rot transformerte data.

Multi Dimensional Scaling (MDS) og kluster analysen ble utført i programpakken PRIMER 4.0 (Carr 1994). Metodene begynner med å måle likheten mellom to og to prøver basert på Bray-Curtis similaritets indeks. Den resulterende similaritetsmatrisen brukes til å dele prøvene inn i grupper. Likheten mellom disse gruppene fremstilles deretter grafisk som dendrogram fra cluster analysen, eller som to dimensjonale plot fra MDS analysen. Skjematisk kan metoden fremstilles slik (Figur 3).



Figur 3. Skjematisk fremstilling av de ulike trinn i klassifisering og MDS analyse. Modifisert etter (Field m. fl. 1982).

I dendrogrammet er *grenene* som ligger nærmest hverandre de som ligner mest på hverandre. Forgreningspunktene forteller også kvantitativt hvor stor likheten mellom ulike prøver er.

MDS konstruerer et "kart" over prøvene, hvor dess mer like to prøver er med hensyn på forekomst av arter, dess nærmere vil de være til hverandre på "kartet" (Gray m. fl. 1988). MDS analysen forsøker å opprettholde den innbyrdes rekkefølgen av likheter fra dataanalysen, og frem til presentasjonen av resultatene i et to-dimensjonalt plot – med andre ord; prøve 1 er likere prøve 2, enn prøve 3 er til prøve 4, skal fremkomme i plottet som, prøve 1 er nærmere prøve 2 enn prøve 3 er til prøve 4 (Clarke & Warwick 1994).

Stress-faktoren for analyseresultatet forteller hvor godt det to-dimensjonale ordinasjonsplottet reflekterer mange-dimensjonaliteten i dataene. Clarke (1993) foreslår følgende "tommelfingerregler" for tolkning av *stress*-faktoren.

Stress < 0.05 – gir en meget god gjengiving

Stress < 0.10 – gir en god ordinering

Stress < 0.20 – krever varsom tolkning

Stress > 0.20 – plottet kan være "farlig" å tolke, og hvis verdien når 0,35-0,40 er prøvene tilfeldig plassert i plottet.

2.2.4 Sedimentkarakteristikk

Fra hver stasjon ble det (30. september) tatt én prøve til analyse av partikkelfordeling, én prøve til analyse av TOC (totalt organisk karbon) og TN (totalt nitrogen). På de samme fire stasjonene ble det gjort målinger av pH, redokspotensiale (redox, Eh) og klorofyll *a* innhold i sedimentet. De sistnevnte analysene ble tatt 17. og 30. september.

Partikkelsammensetningen i sedimentet ble analysert ved våtsikting etter standard metode beskrevet av Buchanan (1984).

Innhold av organisk karbon (TOC) og nitrogen (TN) er analysert på elementanalysator, etter at uorganiske karbonater som kalkskall o.l var fjernet med saltsyre. Mengden organisk materiale i sedimentet er også analysert som glødetap, og er beregnet etter innveiing av tre parallelle prøver etter tørking ved 105 °C og etter gløding ved 550 °C (NS 4764).

Tabell 2. Sedimentbeskrivelse og dyp på de fire bunndyrstasjonene. Prøvene ble samlet 30.09.97.

Stasjon	Dyp	Kommentarer
B1	0,3	Mye Nereis. En del krepsdyr (krabber). Gråsvart sediment, litt skjellrester. Ingen spesiell lukt.
B2	0,5	Gråsvart sand-leire. Mye fjæremarkrør og mollusker. Uten spesiell lukt.
B3	0,4	Svart sand. Ingen spesiell lukt. Mye liv.
B4	0,5	Gråsvart skjellsand, mye døde skjell. Ingen spesiell lukt.

Ph måles med en kombinasjonselektrode (NBS pH skala). Redokspotensial (Eh) måles med en Pt-elektrode og calomel som referanselektrode. Som kontroll ble det benyttet en Eh-buffer. Eh verdiene (redoks) er korrigerede i forhold til normalelektroden. Målingene ble utført i sedimentprøver som ble samlet med et rør, slik at det kunne måles i ulike sedimentdyp.

Klorofyll *a* prøvene ble tatt ved hjelp av et plexiglass rør og frosset inntil analyse. Mengde klorofyll *a* i sedimentet er bestemt ved modifisering av den spektrofotometriske metoden for bestemmelse av klorofyll *a* i vann (Dansk standard 2201). Målingene av klorofyll *a* i sedimentet er utført av Miljø Laboratoriet Østjylland a/s.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Hydrografi og vannkjemi

Resultatene er vist i Figur 4-11 og i vedleggstabeller. L1-L3 ligger innenfor broen og fyllingen mens L4 ligger på utsiden av fyllingen. L1-L3 ble plassert i ytterkant av marbakken. Saltholdighetsdata fra 17. juli mangler på grunn av feil med utstyret. I slutten av kapitelet vurderes resultatene opp mot resultater fra undersøkelsen i 1996.

3.1.1 Temperatur

Temperaturprofilene (Figur 4) viser at overflatevannet var varmest (21-23 °C) i midten av august og kaldest i slutten av juni og i midten av september. I slutten av september var det jevn temperatur i hele vannsøylen, mens det ved de andre innsamlinger var et tydeligere skille mellom overflatevann og vann lenger nede. Endringene i temperaturen viser en normal tidsutvikling med oppvarming utover sommeren, før vannet blir kaldere som følge av kaldere vær om høsten.

Temperaturen ved hvert prøveinnsamlingstidspunkt var nokså lik på de fire stasjonene. Det tyder på at det er bra vannutveksling mellom områdene, og det var ikke forskjell mellom vannet innenfor og utenfor fyllingen (Figur 4). Bare i overflaten 14. august var det litt forskjell i temperaturen mellom L3 og L4.

3.1.2 Saltholdighet

På de fire stasjonene er det et tydelig sjikt med overflatevann (0-4m), som har lav saltholdighet og under dette er saltholdigheten jevnere. Sprangsjiktet (der det er stor endring i vannets tetthet) er dypest (4m) og mest markert 27. juni. Den andre september og i slutten av måneden var det minst endring i saltholdighet med økende dyp, og dermed var sprangsjiktet lite markert. Ett overflatelag med lav tetthet ligger som et lokk på de underliggende vannmassene. Det er gunstig at denne sjiktningen reduseres med jevne mellomrom. Dette skjer naturlig med årstidsvariasjon og øker vannbevegelse og vannutskiftning.

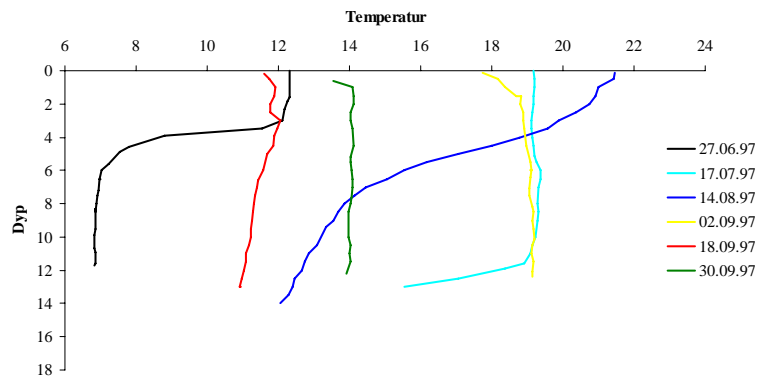
Det var lik tidsutvikling i saltholdighet på de fire stasjonene (Figur 5). Dette vises og så i Figur 6 hvor data fra L3 og L4 er satt sammen. Resultatene tyder på en bra vannutveksling mellom innsiden og utsiden av næringsarealet.

3.1.3 Oksygen

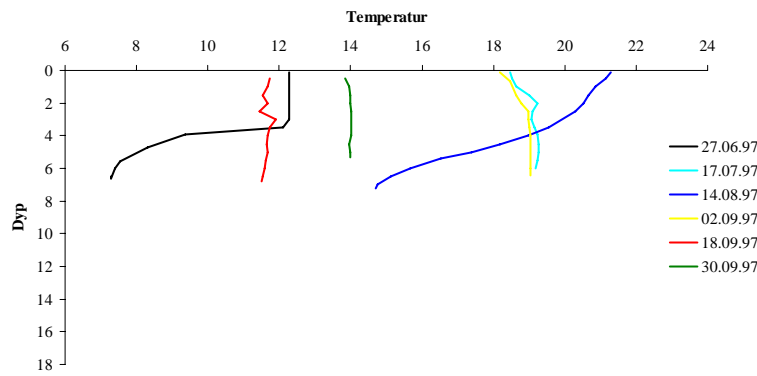
Generelt avtok oksygeninnholdet med økende dyp. Noen utslag på kurvene i Figur 7 kan skyldes at oksygensensoren ikke har stabilisert seg helt ved alle dyp. Det ble ikke målt kritisk lave oksygenverdier ved bunnen på noen av stasjonene utenfor marbakken eller inne på mudderflaten og resultatene tyder ikke på at det har vært oksygenmangel. Lavest innhold ble målt på L3 den 14. august og på L4 den 2. september.

Resultater og diskusjon

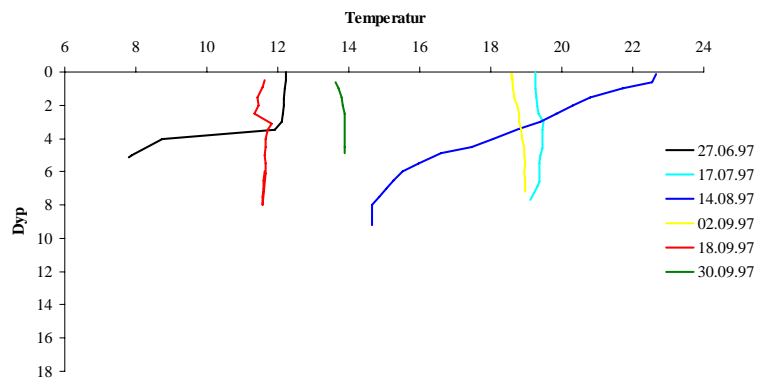
Lundevågen 1997, stasjon L 1



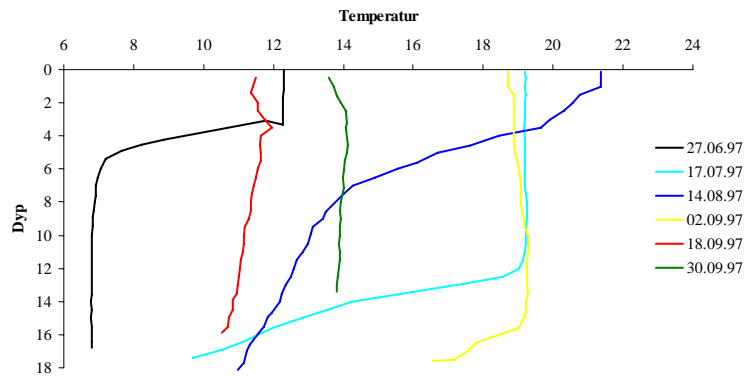
Lundevågen 1997, stasjon L 2



Lundevågen 1997, stasjon L 3



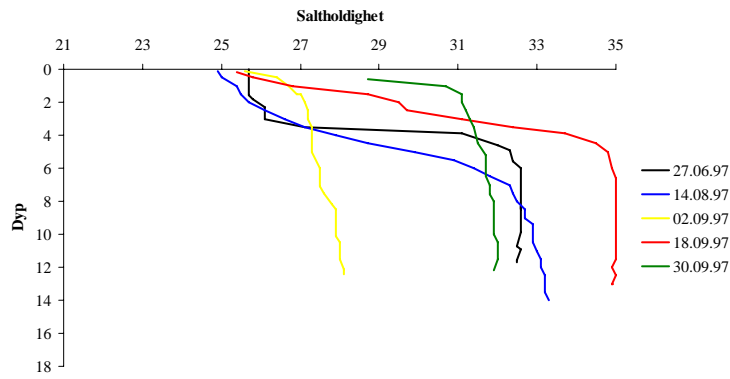
Lundevågen 1997, stasjon L 4



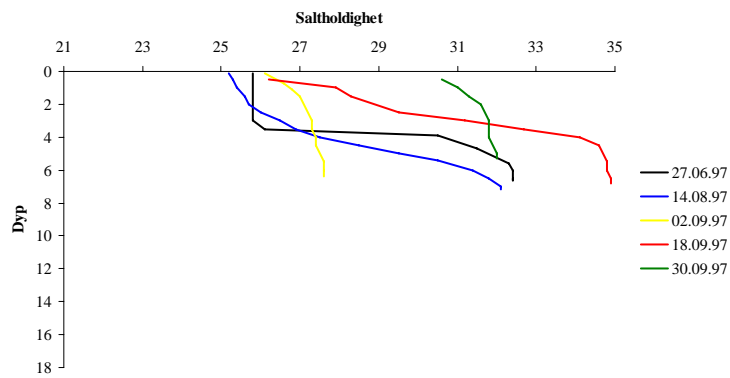
Figur 4. Temperaturprofiler fra L1-L4 i Lundevågen.

Resultater og diskusjon

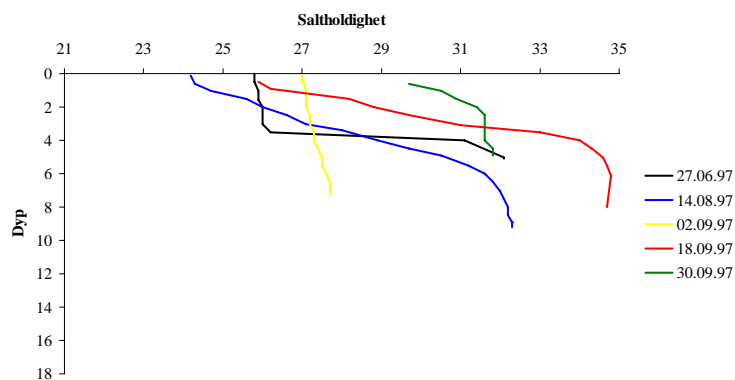
Lundevågen 1997, stasjon L 1



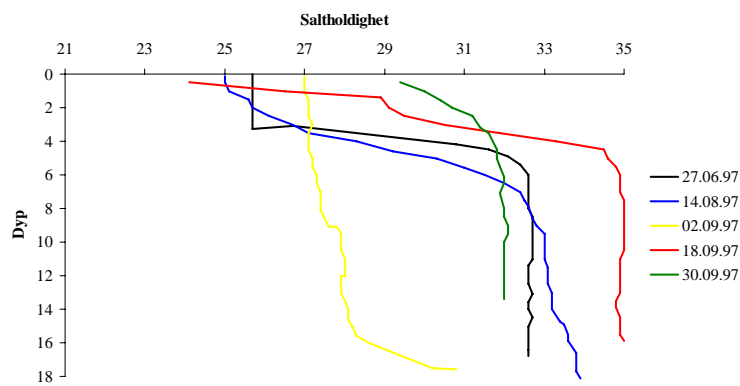
Lundevågen 1997, stasjon L 2



Lundevågen 1997, stasjon L 3



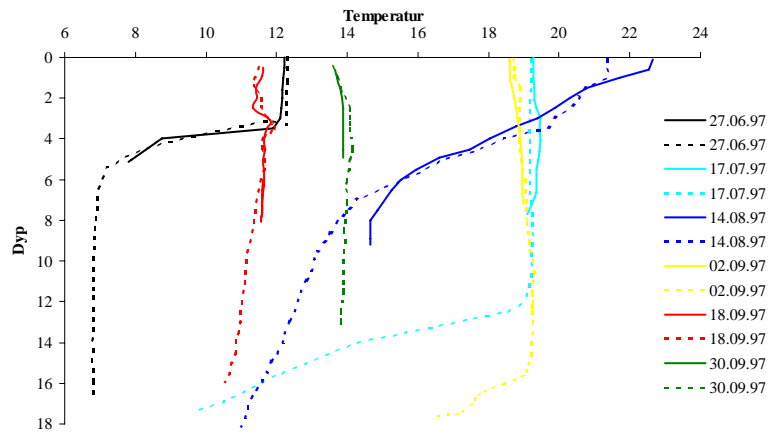
Lundevågen 1997, stasjon L 4



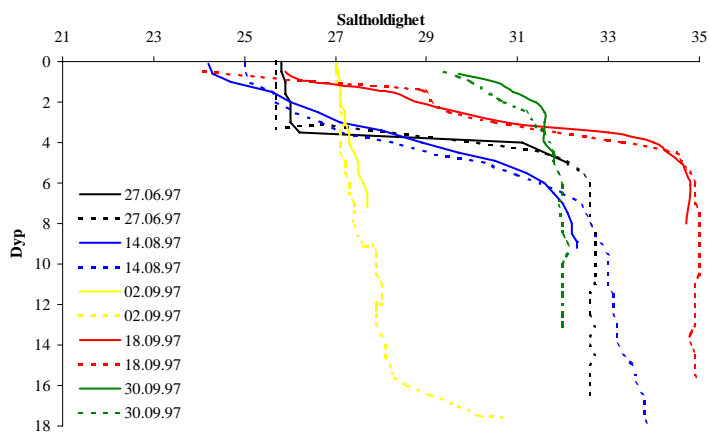
Figur 5. Saltholdighetsprofiler fra L1-L4 i Lundevågen.

Resultater og diskusjon

Lundevågen 1997, sammenligning mellom stasjon L 3 og L4

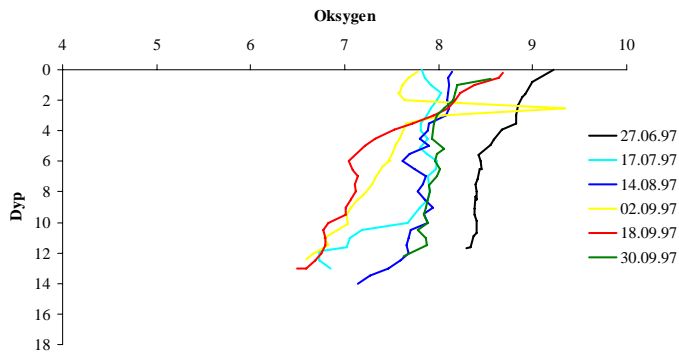


Lundevågen 1997, sammenligning mellom stasjon L 3 og L4

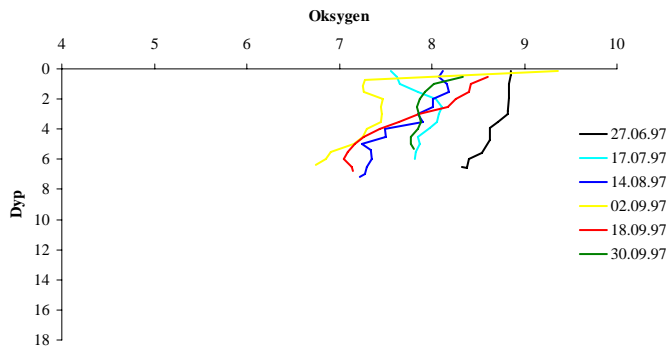


Figur 6. Temperatur- og saltholdighetsprofiler fra stasjon L3 (heltrukken linje) og L4 (stiplet linje) i Lundevågen.

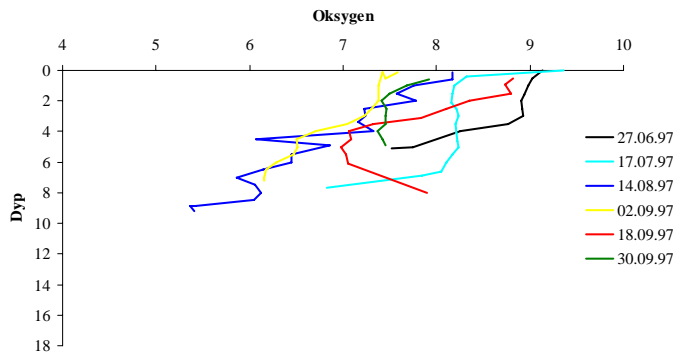
Lundevågen 1997, stasjon L 1



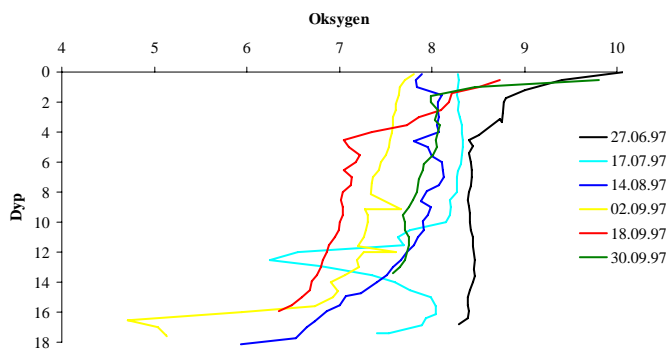
Lundevågen 1997, stasjon L 2



Lundevågen 1997, stasjon L 3



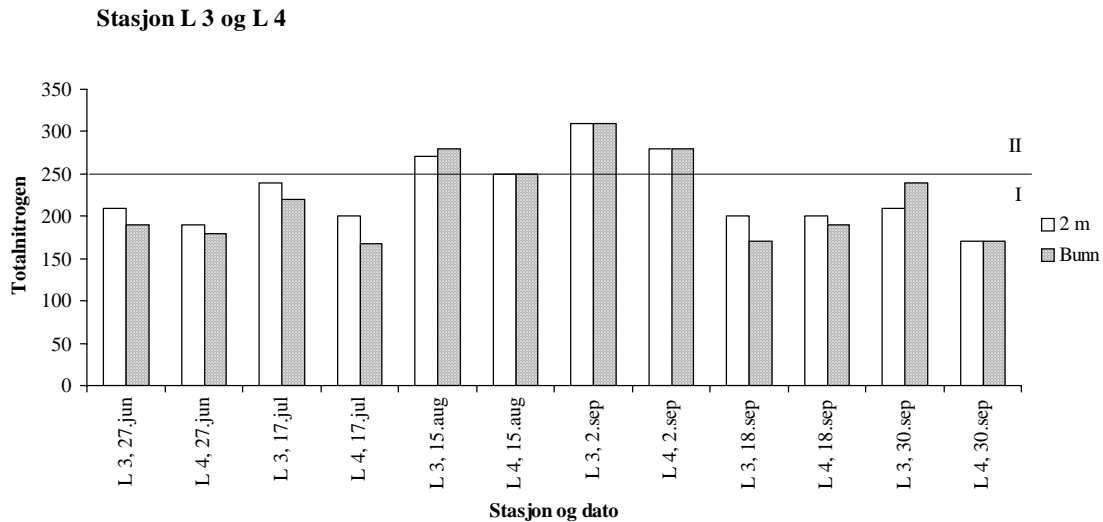
Lundevågen 1997, stasjon L 4



Figur 7. Oksygenprofiler (mg/l) fra L1-L4 i Lundevågen.

3.1.4 Nitrogen

Nitrogeninnholdet på L3 og L4 var høyest 15. august og 2. september og lå da over SFT's grense for beste tilstandsklasse (Figur 8). Før og etter disse målingene lå innholdet rundt 200 µg N/l. Det var litt lavere total nitrogeninnhold ved bunn i forhold til på 2 m dyp, men tidsutviklingen var den samme i begge vandypene og på begge stasjonene. Jevnt over hadde L4 noe lavere nitrogeninnhold i forhold til L3. Dette kan tyde på en tilførsel av nitrogen til vannet innenfor utfyllingen, men forskjellene mellom stasjonene er nokså små. Tilførsel av nitrogen er vanligvis knyttet til kloakk eller ferskvannsavrenning.

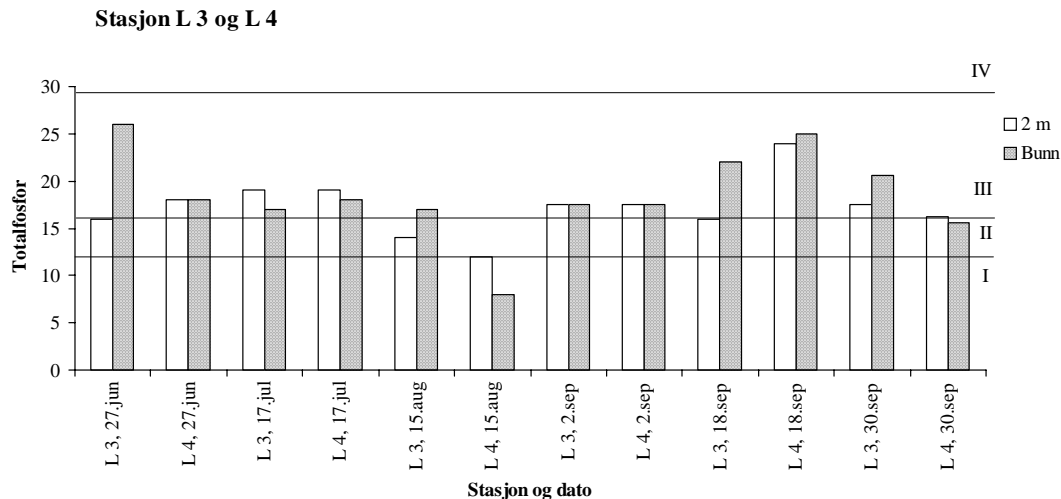


Figur 8. Totalnitrogeninnhold (µg N/l) på L3 og L4 på 2m dyp og ved bunn (5m på L3 og 12m på L4). Horizontal strek markerer grenseverdi (overflatevann, sommer: juni-august) mellom SFTs tilstandsklasse I og II.

3.1.5 Fosfor

Det er ikke noen systematisk forskjell mellom L3 og L4 (Figur 9). Ved noen innsamlinger var det høyest innhold på L3 og til andre tider var det høyest på L4. På begge stasjonene var det imidlertid høyest totalfosforinnhold på 2m dyp, men også enkelte målinger ved bunn var høye. Dette tyder på at tilførselen av fosfor er knyttet til overflatevann. De fleste resultatene fra 2m dyp lå over 16 µg P/l, som er SFTs grenseverdi mellom tilstandsklasse II (god) og III (mindre god). Det var ikke like tydelig tidsutvikling som for nitrogeninnholdet, men generelt var det lavest fosforinnhold i midten av måleperioden. Som for nitrogen var det vanligvis høyest fosforinnhold i 2m dypet.

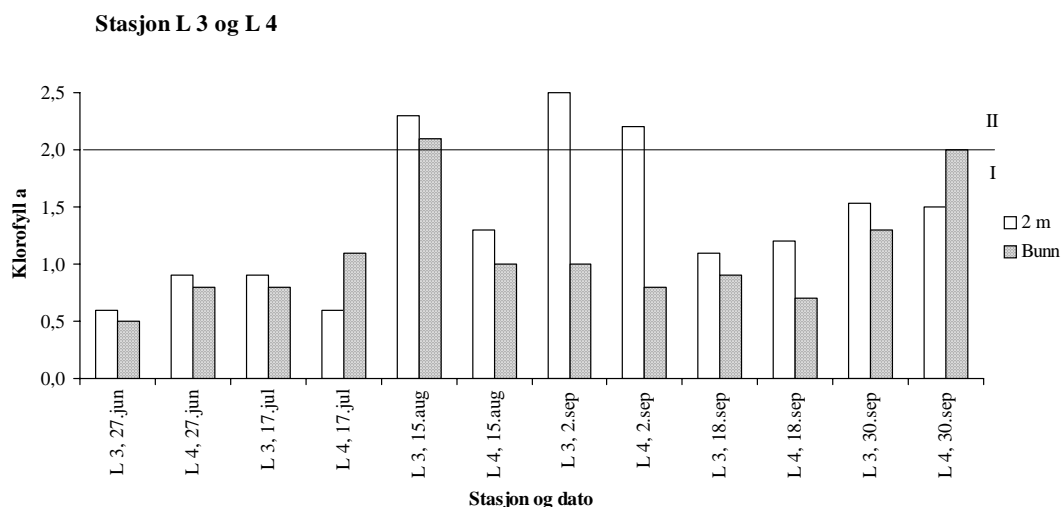
Forholdstallet mellom totalt nitrogen (TN) og totalt fosfor (TP) ligger på 2m dyp rundt 10 i begynnelsen og slutten av måleperioden. I august og 2. september er N:P forholdet rundt 20. Dette kommer av at nitrogeninnholdet øker, og fosforinnholdet minker i midten av måleperioden. Det var altså forholdsvis mye fosfor og lite nitrogen i begynnelsen og slutten av prøveinnsamlingen. Det er vanlig med et N:P forholdstall på rundt 16 i atlantisk sjøvann, men det er ofte høyere i kystvann fordi nitrogentilførsel i første rekke er knyttet til ferskvann.



Figur 9. Totalfosforinnhold ($\mu\text{g P/l}$) på L3 og L4 på 2m dyp og over bunn (5m på L3 og 12m på L4). Horisontale streker markerer grenseverdi (overflatevann sommer: juni-august) mellom SFTs tilstandsklasser.

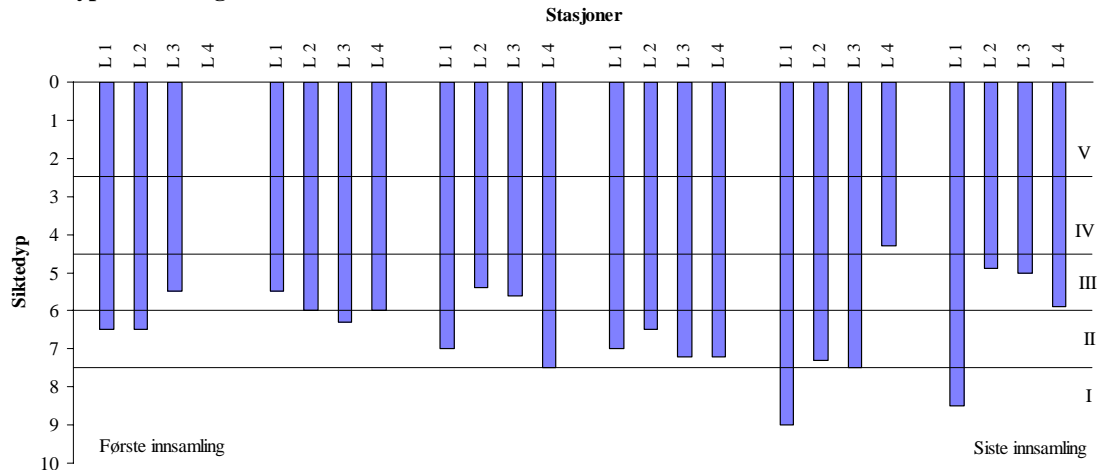
3.1.6 Klorofyll og siktedyp

Det var ikke noen tydelig sammenheng med høyt innhold av klorofyll (mye alger) og dårlig sikt i sjøen. Dette kan skyldes at det generelt var nokså lave klorofyllverdier. Nesten alle målingene var lavere enn $2 \mu\text{g kl.f. a/l}$, som er SFTs grense mellom tilstandsklasse I og II. Klorofyllinnholdet i bunnvannet var lavere enn i 2m dypet og dette er naturlig siden lysmengden avtar raskt med økende dyp. Det var ingen tydelig forskjell mellom L3 og L4. Det var heller ikke noen tydelig tidsutvikling i klorofyllverdiene, men det var lavest innhold i begynnelsen av perioden og høyest i august - september (Figur 10). Ved prøveinnsamlingen 18. september lå det en muddringspram på utsiden av fyllingen og det ble da målt dårligst sikt på L4 (Figur 11). Dette tyder på at arbeidet med muddringsprammen førte til spredning av partikler i vannet.



Figur 9. Klorofyll a innhold ($\mu\text{g/l}$) på L3 og L4 på 2m dyp og over bunn (5 m på L3 og 12 m på L4). Horizontal strek markerer grenseverdi (overflatevann, sommer: juni-august) mellom SFT's tilstandsklasser.

Siktedyp i Lundevågen 1997



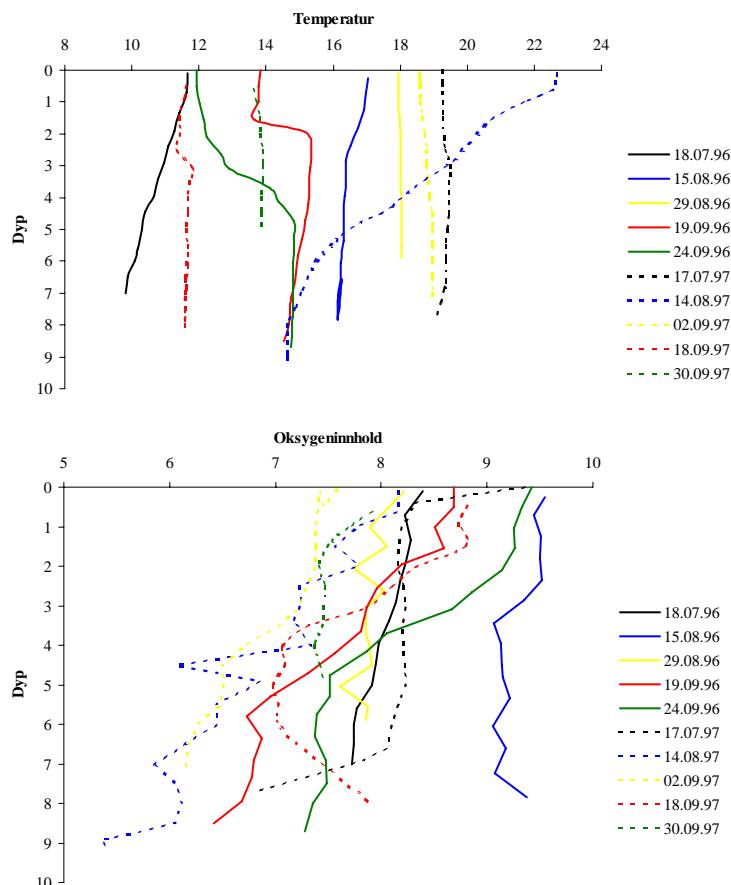
Figur 11. Siktedyp på stasjon L1-L4 i Lundevågen 1997. Horisontale streker markerer grenseverdi (overflatevann, sommer: juni-august) mellom SFT's tilstandsklasser. Data mangler på L4 ved første innsamling.

3.1.7 Oppsummering og sammenligning med 1996

Vannkvaliteten varierer mye i undersøkelsesperioden, men det er stor likhet mellom stasjonene. Endringene over tid gjenspeiler naturlig årstidsvariasjon som følge av oppvarming og økt lysmengde om sommeren og avkjøling om høsten. Likheten mellom stasjonene tyder på at det er bra forbindelse og vannutveksling mellom området innenfor og utenfor fyllingen. Det var vanligvis et 2-4m tykt overflatelag med lav saltholdighet, men 2. og 30. september var sprangsjiktet mindre markert. Næringssaltinnholdet tilsvarte tilstandsklasse I for nitrogen og III for fosfor.

I Figur 12 er det vist temperatur- og oksygenprofiler fra L3 i 1996 og 1997. Det er tatt utgangspunkt i målinger som er gjort omtrent på samme dato hvert år. I fra figurene kan en se at det er stor forskjell mellom årene og det er ikke mulig å finne en trend i resultatene som skulle tilsi at fyllingen har gitt en ny vannkvalitet i Lundevågen. Begge årene ligger saltholdigheten i overflatelaget vanligvis mellom 25-27. Det er naturlig med store forskjeller i overflatevann fra år til år.

Resultater og diskusjon



Figur 12. Temperatur og oksygeninnhold på stasjon L 3 i 1996 (heltrukken linje) og i 1997 (stiplet linje). Prøver som er tatt på omtrent samme tid på året er gitt lik farge.

Næringssaltinnholdet i Lundevågen var omtrent på samme nivå begge årene. Det er bare på L3 det er tatt næringssaltinnhold begge år og som dermed kan sammenlignes direkte. For å få et svært grovt anslag over næringssaltinnholdet kan vi bruke gjennomsnittet av målingene som er gjort (Tabell 3). Det er gjort forskjellig antall målinger hvert år, og prøvene er tatt på litt ulike tidspunkt. For å få et sikkert mål på tidsutvikling må det gjøres flere målinger over flere år. Resultatene i tabellen kan tyde på en økning i nitrogeninnhold (på L3), mens fosforinnholdet var det samme i 1996 og 1997. Endringene i nitrogeninnhold kan for eksempel skyldes naturlig forandring i ferskvannstilførsel (dermed også nitrogen), endret utslipp, forandringer som følge av utfyllingen og endret forbruk av nitrogen av algene i sjøen. Ved steindumping andre steder (ferskvann) er det gjort målinger av nitrogeninnholdet i vannet for å undersøke om rester av sprengstoff, som inneholder nitrogen, har ført til økt nitrogentilførsel. I Lundevågen mener vi at en slik tilførsel vil være liten i forhold til andre nitrogenkilder.

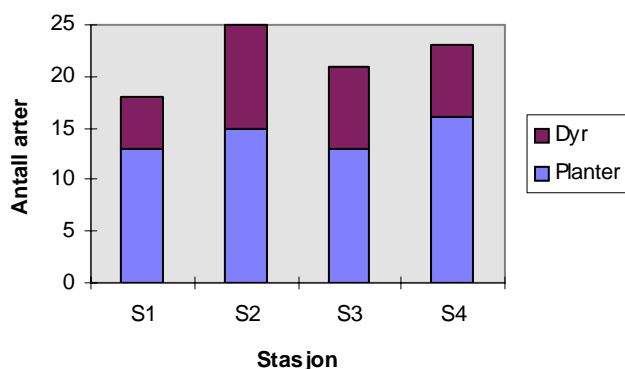
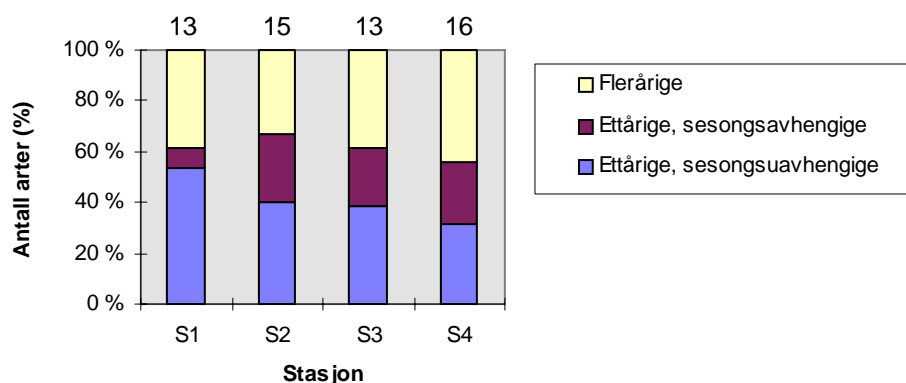
Tabell 3. Gjennomsnittsverdier av næringssaltinnholdet på stasjon L3 i 1996 og 1997. Antall målinger i 1996 var 9 og 6 i 1997.

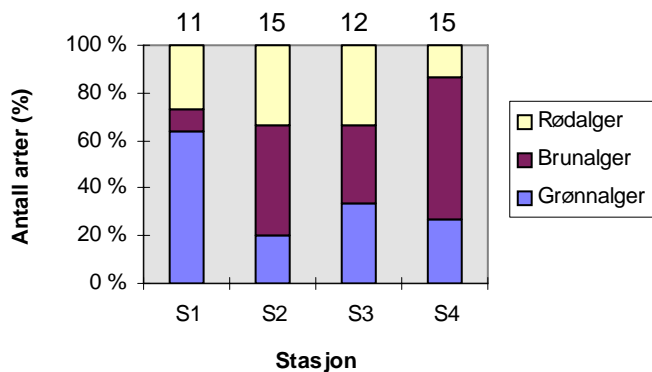
Prøvedyp	Parameter	1996	1997
2 m	TN	186	240
2 m	TP	18	17
5 m	TN	184	235
5 m	TP	20	20

3.2 Fjæresonen

I årets undersøkelse ble det registrert totalt 44 arter i strandsonen (Tabell 4). Artsantallet per stasjon varierte mellom 18 og 25 (Figur 13). Som året før ble det registrert et forholdsvis høyt antall ettårige arter og grønnalger (Figur 14 og Figur 15).

De fleste organismene levde på stein og fjell. På mudderflater inn mot strandeng forekom stedvis matter av grønnalger (*Codiales* indet., *Rhizoclonium tortuosum*, *Percursaria percursa* og blågrønnalger). Flyndrer og mindre, svømmende krepsdyr (sannsynligvis strandreker og pungreker) ble observert sporadisk, men ikke inkludert i undersøkelsen, da de i stor grad flykter når observatøren nærmer seg. For øvrig ble det observert mye ekskrementer fra fjæremark, som heller ikke er inkludert i undersøkelsen, da disse ikke tilhører epifaunaen.

**Figur 13.** Antall arter av planter og dyr på stasjonene i strandsonen.**Figur 14.** Fordelingen av antallet plantearter på 3 ulike livsformer. Flere av de ettårige sesongsuavhengige artene blir også kalt opportunistiske pga. at de kan opptre når som helst på året, under gunstige vekstvilkår (f.eks. ved forhøyet næringssaltkonsentrasjon i sjøen). Tallene over søylene er totalt antall planter på angjeldende stasjon.



Figur 15. Fordelingen av antallet plantearter på rød-, brun- og grønnalger. Tallet over søylene angir summen av antall rød-, brun- og grønnalger.

Det generelle inntrykket av plante- og dyrelivet på stasjonene var mye det samme som året før. Dette blir bekreftet ved studier av fotomaterialet fra begge tidspunktene. Nærmere analyser av resultatene har heller ikke vist forandringer som entydig tilsier at endringer i vannkvalitet har funnet sted. Likevel ble det funnet noen mindre forandringer i løpet av siste år.

Antall registrerte arter har minket fra 30 til 23 på Stasjon S4 i løpet av det siste året. Fem av disse artene er hydroider, mosdyr og posthornmark, som lever fastvokst på tangplanter. En del av forandringene kan skyldes usikkerhet mht. hvorvidt de enkelte tangplantene var fastvokst på stein eller bare løstliggende. Dette har betydning fordi dyr på drivende tang ikke nødvendigvis gjenspeiler vannkvaliteten i området hvor tangen tilfeldigvis er drevet inn ved tidspunktet for undersøkelsen, men kan heller gjenspeile miljøet der hvor planten kommer fra. Derfor blir løstliggende planter rutinemessig ekskludert fra resultatene. Ved årets undersøkelse ble det observert 2 arter fra de nevnte dyregruppene (hydroidene *Electra pilosa* og *Laomedea flexuosa*) på tang som ble tolket som løstliggende på Stasjon S4. Disse artene ble derfor ekskludert fra resultatene. På grunn av nevnte usikkerhet vil vi ikke trekke konklusjoner om eventuelle forandringer av vannkvalitet på stasjonen med bakgrunn i forandringen i artsantall.

På samme stasjonen (S4) har antallet ettårige, sesongsuavhengige alger minket fra 8 til 5, hvilket kan være et godt tegn. Vi kan imidlertid ikke trekke sikre slutninger på forandringer i denne størrelsesorden. En videre oppfølging av utviklingen på denne stasjonen anbefales, ikke minst fordi stasjonen er lokalisert i det området som antas å være mest berørt av den nye steinfyllingen.

Den høye andelen grønnalgearter og ettårige algearter (særlig sesongsuavhengige "opportunist") i 1997, som i 1996, er tegn på anrikning av næringssalter og/eller ferskvann. De forandringer som har funnet sted siden 1996 er uten betydning, sett i forhold til det lave antallet arter som beregningene bygger på. Mengden av grønnalger synes å ha økt på Stasjon S2, fra spredt i 1996 til dominerende i 1997. Det er derfor grunn til å følge opp denne stasjonen videre.

Tilstedeværelsen av gyldengrønne (*Capsosiphon fulvescens*, tabell 4) kan tyde på næringssaltbelastning, da denne arten tidligere er funnet i forurensede havneområder (Rueness 1977). Arten ble funnet på Stasjon S3, på steiner ved utløpet til den nylig etablerte rørledningen. Året før ble arten funnet både på Stasjon S3 og på Stasjon S1.

Figur 16 og 17 viser noen bilder i fra undersøkelsene av strandsonen i Lundevågen.

Resultater og diskusjon

Tabell 4. Samtlige registrerte arter på stasjonene i strandsonen i 1997. Mengden er anslått i forhold til tilgjengelig substrat (f.eks. fjell og stein for tangartene). ●: enkeltfunn; ●●: spredt forekomst; ●●●: vanlig; ●●●●: dominerende;) : mengden er usikker pga. at arten ikke ble registrert enkeltvis, men sammen med andre arter. Livsformer hos algene: e (ephemerophyceae): ettårige, sesongsuavhengige alger; h (hypnophyceae): ettårige, sesongsavhengige alger; f: flerårige alger.

Latinske navn	Norske navn	Livs- form	Stasjon			
			S1	S2	S3	S4
RØDALGER						
<i>Audouinella</i> sp.	rødpusling	f			●●	
<i>Ceramim strictum</i>	rekeklo	h		●●	●●	●●●
<i>Ceramium nodulosum</i>	vanlig rekeklo	e		●●●		
<i>Erythrotrichia carnea</i>	rød stjernetråd	h	●●	●●		
<i>Hildenbrandia rubra</i>	fjæreblo	f	●●●	●●	●●●●	●●●●
<i>Polysiphonia fucoides</i>	svartdokka	e		●●		
<i>Polysiphonia stricta</i>	røddokka	f	●			
<i>Porphyra</i> sp.	fjærehinne	e			●	
BRUNALGER						
<i>Ascophyllum nodosum</i>	grisetang	f				●●
<i>Chorda filum</i>	martaum	h		●●		
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	finsveig	h		●●	●●●	●●●
Ectocarpales indet.	sli	e		●●●●		●●
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	brunslie	e				●●●
<i>Elachista fucicola</i>	tanglo	h			●●●	●●)
<i>Fucus serratus</i>	sagtang	f		●●●●		●●
<i>Fucus spiralis</i>	spiraltang	f			●●●	●●●
<i>Fucus vesiculosus</i>	blæretang	f	●●●	●●●	●●●●	●●●●
<i>Ralfsia</i> sp.	fjæreskorpe	f		●●		●●
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	bruntufs	f		●●		
GRØNNALGER						
<i>Blidingia minima</i>	dverggrønske	h				●●●
<i>Capsosiphon fulvescens</i>	gyldengrønske	e			●●●	
<i>Cladophora</i> sp.	grønn dusk	e	●●●		●●●	●●●
Codiales indet.	grønnalge	f	●●●●)			
<i>Enteromorpha crinita</i>	grønskeart	e	●●	●●●●	●●●	●●●)
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	tarmgrønske	e	●●)		●●●●	●●●)
<i>Enteromorpha prolifera</i>	grønskeart	e	●●)			
<i>Percursaria percursa</i>	tvetråd	e	●●)			
<i>Rhizoclonium tortuosum</i>	kryptråd	e	●●	●●●●)		
<i>Ulothrix</i> sp.	grønnhår	e		●●●●)		
ANDRE PLANTER						
Cyanophyceae indet.	blågrønnalger	e	●●●●)			
<i>Verrucaria maura</i> / <i>Calothrix</i>	marbek	f	●●●		●●●●	●●●●
DYR						
<i>Asterias rubens</i>	korstroll			●●●		●●
Bryozoa indet. (forkalket)	mosdyr			●		
<i>Carcinus maenas</i>	strandkrabbe		●●	●●	●●	●●●
<i>Clava squamata</i>	hydroide		●●	●●	●●	
<i>Electra pilosa</i>	mosdyr		●●	●●	●●	
Gastropoda indet.	snegl			●●●	●●●	●●●
<i>Laomedea flexuosa</i>	hydroide			●●		
<i>Littorina littorea</i>	vanlig strandsnegl				●●●	●●●●
<i>Littorina saxatilis</i>	spiss strandsnegl				●●●●	●●●
<i>Membranipora membranacea</i>	mosdyr			●●●		
<i>Mytilus edulis</i>	blåskjell		●●	●●	●●	●●●
<i>Pomatoceraos triqueter</i>	trekantmark			●●		
<i>Semibalanus balanoides</i>	fjærerur		●●●		●●	●●●



Figur 16. Strandkanten med mudderflate inn mot strandeng innerst i Lundevågen (øverste bilde). Deler av mudderflaten er dekket av grønnalger. Fordypning i sedimentet (til venstre i nederste bilde) viser hvor fjæremarken spiser sediment og haugen med ekskrement ligger til høyre.



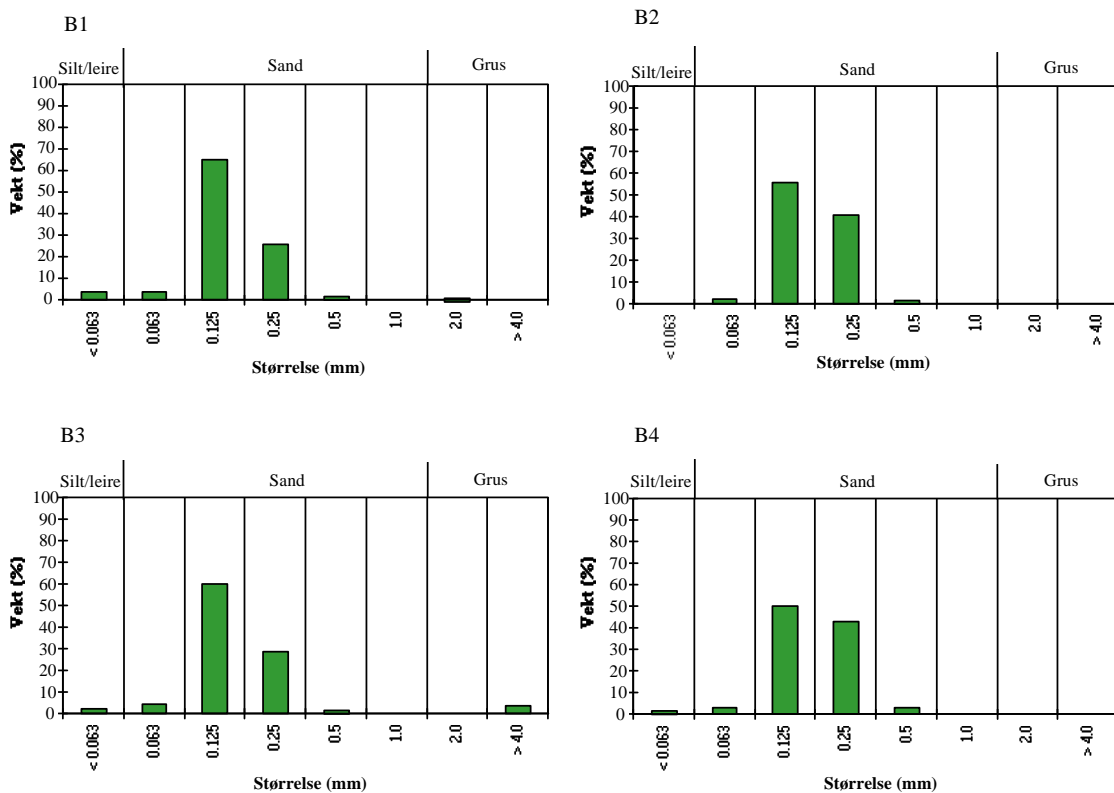
Figur 17. Strandsoneundersøkelser i indre deler av Lundevågen (øverst) og en samling av grønnalger (nederst).

3.3 Sedimentanalyser

Resultatene er vist i Tabell 5-7, Figur 18-23 og i vedleggene.

3.3.1 Kornstørrelse

Sedimentet på de fire stasjonene bestod hovedsakelig av sandpartikler (Figur 18). Partikkelstørrelsen varierer lite mellom stasjonene og den høye andelen av sandpartikler tyder på at strømmen i området er god.



Figur 18. Partikkelstørrelsesfordeling i sedimentet for stasjonene B1-B4.

3.3.2 Organisk karbon, glødetap, total nitrogen og klorofyll *a*

De målte TOC og TN verdiene var lave for alle stasjonene (Tabell 5). Etter SFTs klassifikasjons system (Molvær m. fl. 1997) kan tilstanden, med hensyn på de målte TOC verdiene, klassifiseres som *Meget god*. Glødetapet var lavt. Klorofyllinnholdet i sedimentet var svært varierende, både med hensyn på tidsutvikling og mellom noen replikater (Vedleggstabell 4). På B1 og B4 økte klorofyllinnholdet i tiden mellom innsamlingene, mens det ble kraftig redusert på B2 og B4.

Tabell 5. Totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN) og klorofyll *a* i sedimentet på stasjon B1-B4. Verdiene for TOC og TN er oppgitt i mg/g, klorofyll *a* (gjennomsnitt) verdiene er oppgitt som mg/kg tørrstoff.

Stasjon	TOC	Glødetap	TN	Klorofyll <i>a</i> (17/9-97)	Klorofyll <i>a</i> (30/9-97)
B1	3,2	1,1	0,33	17,0	82,4
B2	1,4	0,7	0,18	108	8,0
B3	4,3	1,4	0,49	13,7	25,3
B4	1,3	0,7	0,13	140	6,0

3.3.3 pH og redoks

En måte å gi en tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene i sedimentet er å måle redokspotensialet og pH. Ved Havforskningsinstituttet har man utviklet et system der tilstanden deles inn i 1, 2, 3 og uakseptabelt (Hansen m. fl. 1997). Tilstand 1, er den beste. Inndelingen bygger på pH og redokspotensial og benyttes fordi disse parametrene endrer (blir lavere) seg når oksygeninnholdet i porevannet i sedimentet reduseres og sulfider dannes.

Resultatene (se vedlegg) fra samtlige stasjoner, basert på 3 sedimentprøver fra hver av de fire sediment stasjonene (B1-B4), viste at sedimentet i Lundevågen har tilstand 1 i henhold til denne inndelingen. Både målingene 17. og 30. september 1997 viste samme resultat. Sannsynligvis er miljøforholdene gode i hele viken, for de arter som trives i denne type grunne vikene med sandholdige sediment. Dersom utfyllingen endrer miljøforholdene ved at vannsirkulasjonen minsker, så vil trolig dette kunne måles som reduksjon i redoks og pH. Redokspotensialet og pH ble ikke målt i 1996.

3.4 Bunndyr

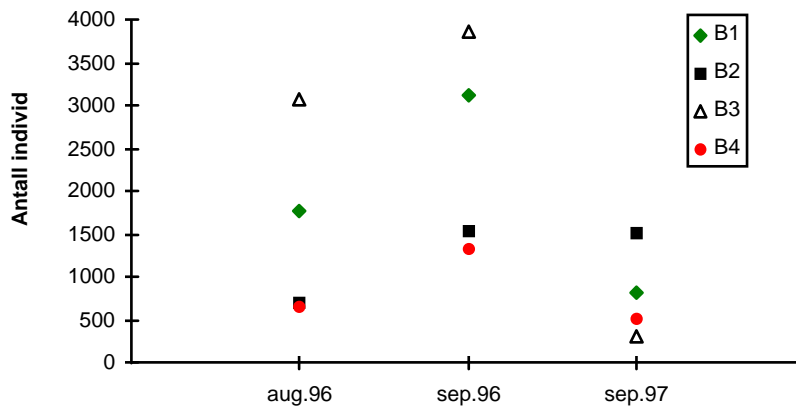
Antall individ, antall arter, total biomasse, diversitet og jevnhet på de fire stasjonene er gitt i Tabell 6. Antall arter, antall individ og total biomasse var høyest på stasjon B2. Antall arter var lavest på de to stasjonene nærmest land (B1 og B3). Felles for de fire stasjonene var at det ble funnet få arter, og artsrikheten klassifiseres henholdsvis som *Meget dårlig* på stasjon B1 og B3 og som *Dårlig* på stasjon B3 og B4. Klassifisering av artsmangfold for bløtbunnsfauna følger SFTs klassifisering av i fjorder og kystfarvann (Molvær m. fl. 1997). Lundevågen er et gruntvanns område hvor det er målt lave saltholdighetsverdier, og tilstanden er ikke direkte sammenlignbar med tilstanden i en fjord eller i et kystfarvann. Undersøkelser av sand- og mudderflater i Weddelhavet viser også at antall arter er lavere i denne type habitat sammenlignet med fjorder og kystfarvann (Reise m. fl. 1994). Artslisten fra bunndysundersøkelsen er gitt i Vedleggstabell 5.

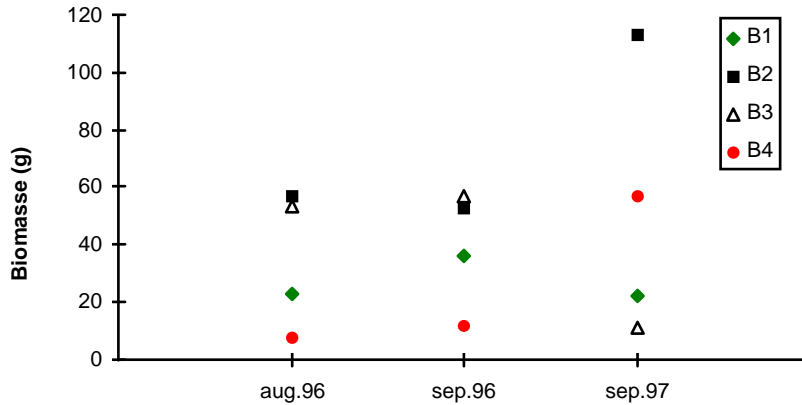
Tabell 6. Antall individ, antall arter, total biomasse (våtvekt i gram), Shannon-Wiener indeks og jevnhetsindeks på stasjonene B1-B4. Tilstandsklasse er gitt i henhold til SFT (Molvær m. fl. 1997).

Stasjon	Antall individ	Antall arter	Total biomasse (g)	Shannon-Wiener indeks	SFT klasse	Jevnhetsindeks
B1	806	9	22,16	0,72	Meget dårlig	0,23
B2	1501	19	113,12	1,82	Dårlig	0,43
B3	311	9	11,12	0,71	Meget dårlig	0,22
B4	505	15	56,66	1,94	Dårlig	0,50

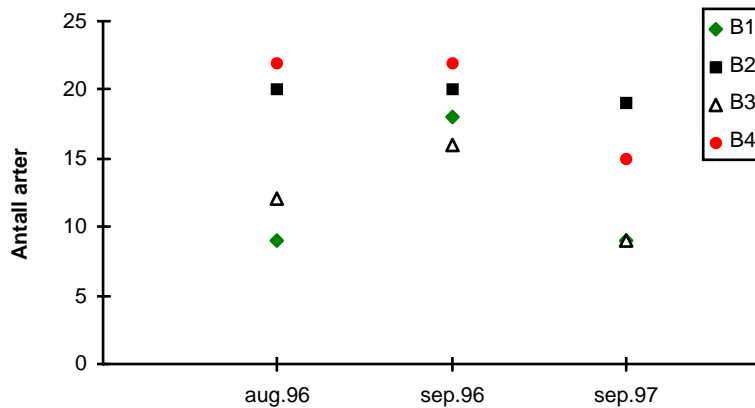
Antall individ, antall arter og den totale biomassen varierer en del mellom de tre prøvetakingsperiodene (Figur 19-21). Antall arter og antall individ ser ut til å variere mest på stasjonene nærmest land. Stasjonene nærmest land er utsatt for de største variasjonene i sitt fysiske miljø, det er derfor som forventet at variasjonen i antall individ og antall arter er høyest her. Antall individ er sterkt redusert på de to stasjonene B1 og B3 fra 1996 til 1997. Stasjon B3 var i 1996 den stasjonen hvor det ble funnet flest individ, i 1997 ble det laveste individ antall funnet på B3. Den totale biomassen har økt på de to stasjonene B2 og B4 fra 1996 til 1997. Biomassen på stasjon B3 er redusert fra 1996 til 1997, for stasjon B1 er det bare små endringer. (Vedleggstabell 6 gir tørrvekt for hver enkelt dyregruppe fra hvert hugg.)

Ved alle prøvetakingsperiodene ble det funnet flest arter på stasjonene lengst ute på mudderflaten. Bortsett fra stasjon B1 er antall arter redusert fra 1996 til 1997.

**Figur 19.** Antall individ på stasjonene B1-B4 ved de tre prøvetakingsperiodene.



Figur 20. Total biomasse for stasjonene B1-B4 ved de tre prøvetakingsperiodene. Biomassen er oppgitt som våtvekt i gram.



Figur 21. Antall arter på stasjonene B1-B4 ved de tre prøvetakingsperiodene.

3.4.1 Dominerende arter

Muslinger dominerte faunamaterialet numerisk, mens mangebørstemarkene var nest mest dominerende. Det ble funnet få krepsdyr og bare en pigghud. Dominans av muslinger er typisk for sand- og mudderflater (f.eks. Reise m. fl. 1994 og Zwarts 1991). Dominerende arter på de fire stasjonene er vist i Tabell 7.

Mangebørstemarken *Nereis diversicolor* var den numerisk dominerende arten på de to stasjonene nærmest land (B1 og B3). Arten utgjorde ca 90 % av faunamateriale på hver av de to stasjonene. De fleste *N. diversicolor* individene var små, noe som tyder på at populasjonen består av juvenile individer. *N. diversicolor* er en vanlig art på mudderflater og på sandbunn hvor den danner gangsystemer rett under sedimentoverflaten. Arten er i utgangspunktet et rovdyr, men den kan også leve av alger, detritus og diatomeer, den har også evne til å rekolonisere raskt. *N. diversicolor* er også meget tolerant overfor lave saltholdighetsverdier (Kirkegaard 1992).

Tabell 7. Dominerende arter på hver av de fire stasjonene i september 1997. N = totalt antall individ pr 0,36 m², juv. betyr juvenile, dvs. unge individ). Artene er oppført med tilhørende dyregruppe hvor FBM=fåbørstemark, MBM=mangebørstemark, M=musling, S=snegl og K=krepsdyr.

Stasjon og arter	Dyre gruppe	Antall individ	% av N	Stasjon og arter	Dyre gruppe	Antall individ	% av N
B1				B2			
<i>Nereis diversicolor</i>	MBM	715	88,7	<i>Cerastoderma edule</i> juv.	M	1006	67,0
<i>Pygospio elegans</i>	MBM	57	7,1	<i>Spisula subtruncata</i>	M	176	11,7
<i>Cerastoderma edule</i> juv.	M	9	1,1	<i>Tellina tenuis</i>	M	105	7,0
<i>Carcinus maenas</i>	K	7	0,9	<i>Cerastoderma glaucum</i> juv.	M	67	4,5
<i>Cerastoderma glaucum</i> juv.	M	7	0,9	<i>Hydrobia ulvae</i>	S	50	3,3
<i>Oligochaetae</i> indet.	FBM	6	0,7	<i>Mya arenaria</i> juv.	M	34	2,3
B3				B4			
<i>Nereis diversicolor</i>	MBM	281	90,4	<i>Cerastoderma edule</i> juv.	M	329	65,1
<i>Pygospio elegans</i>	MBM	8	2,6	<i>Mya arenaria</i> juv.	M	45	8,9
<i>Cerastoderma edule</i>	M	4	2,3	<i>Cerastoderma glaucum</i> juv.	M	41	8,1
<i>Oligochaetae</i> indet.	FBM	6	1,9	<i>Nereis diversicolor</i>	MBM	32	6,3
<i>Tellina tenuis</i>	M	4	1,3	<i>Tellina tenuis</i>	M	23	4,6
<i>Carcinia</i> indet.	K	2	0,3	<i>Oligochaetae</i> indet.	FBM	9	1,8

Nereis diversicolor var den dominerende arten på B1 ved de to undersøkelsene i 1996 og den dominerende arten på B3 i september 1996. Sneglen *Hydrobia ventrosa*, som er vanlig på mudderflater, dominerte faunamateriale numerisk på stasjon B3 i august 1996. *H. ventrosa* var også tallrik på B1 i september 1996 og den nest mest dominerende arten på B3 i september 1996. Denne arten har forsvunnet helt fra stasjon B1, og det ble bare funnet et individ av *H. ventrosa* på stasjon B3 i 1997.

Faunaen på de to stasjonene B2 og B4 domineres i hovedsak av muslinger. Den dominerende arten på de to stasjonene er *Cerastoderma edule* og de fleste individene er juvenile. *C. edule* kan forekomme i store mengder på sandbunn og arten bunnsår i områder med liten organisk belastning. Andre dominerende arter på stasjon B2 var muslingene *Spisula subtruncta*, *Tellina tenuis* som begge er typiske arter på sandbunn. På stasjon B4 var muslingen *Mya arenaria* den nest mest dominerende arten. Brakkvannsarten *Cerastoderma glaucum* var blant de dominerende artene på både B2 og B4.

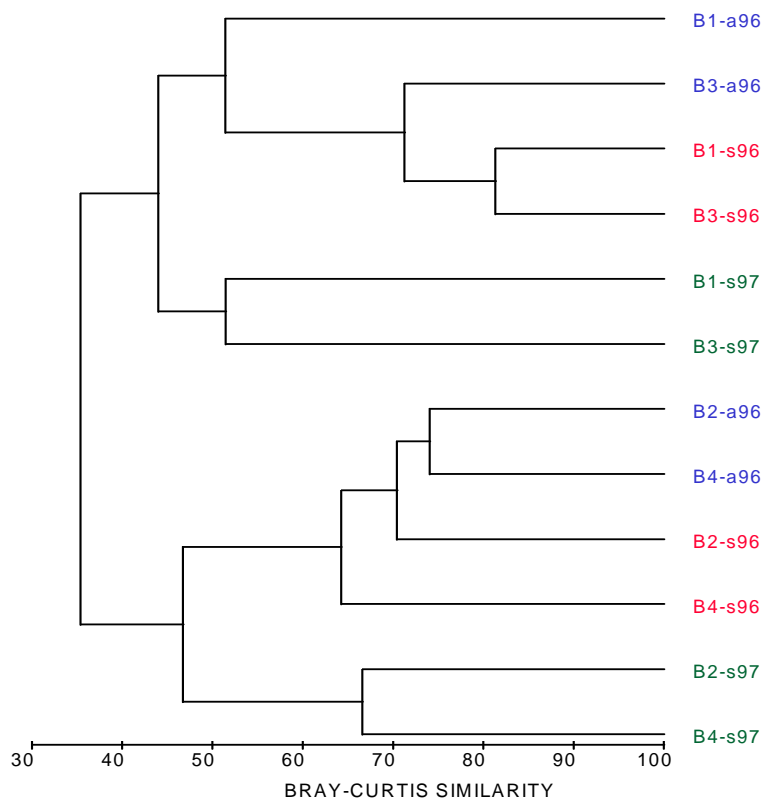
Cerastoderma edule var blant de dominerende artene på stasjon B2 ved begge de to prøvetakings periodene i 1996, på stasjon B4 ble det i den samme perioden bare funnet noen få individ. Muslingen *Mya arenaria* dominerte fauna materiale på stasjon B2 både i august og september i 1996 og på stasjon B4 i august 1996. Børstemarken *Nereis diversicolor* var også blant de dominerende artene på stasjonene B2 og B4 ved begge prøvetakings tidspunktene i 1996.

3.4.2 Multivariate analyser

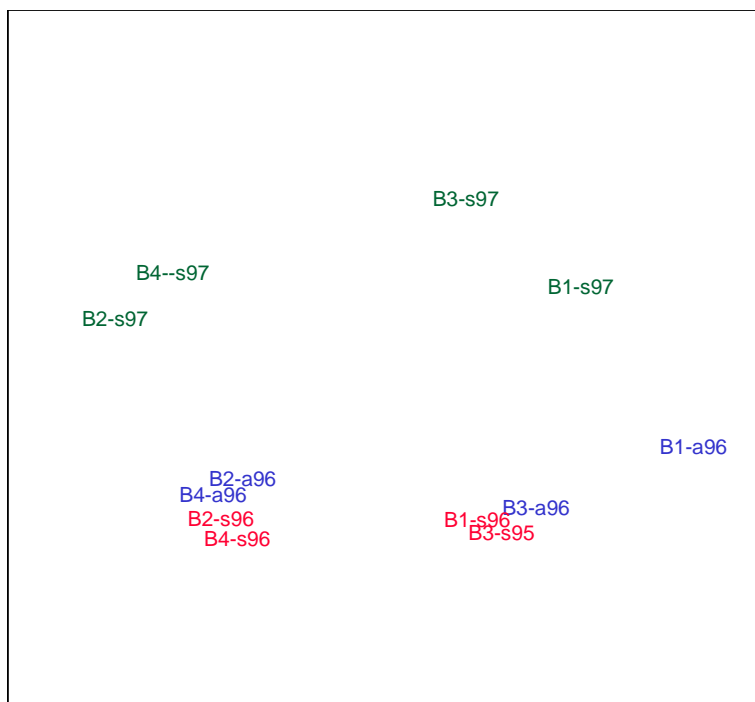
Analysene er utført for å sammenligne de enkelte stasjonene ved de tre ulike prøve innsamlingene.

Resultatene fra Cluster- og MDSanalysene viser god overensstemmelse (Figur 22 og 23). Stress i MDS analysen er 0,07, som indikerer at plottet gir en god gjengivelse av dataene. Resultatene fra Cluster analysen viser at stasjons plassering er mer avgjørende enn prøvetakingstidspunktet. Stasjonene som ligger nærmest land (B1 og B3) grupperes sammen, og stasjonene lengst ute på mudderflaten (B2 og B4) grupperes sammen.

MDS analysen indikerer tydelig at det har skjedd endringer i fauna-sammensetning fra 1996-1997. I et økosystem vil det alltid være en naturlig variasjon fra år til år og naturlig variasjon kan forklare endringer i faunasammensetning i Lundevågen. Deler av endringene i faunasammensetning kan skyldes de atypiske værforholdene i 1997, med en kald vinter og en lang og varm sommer.



Figur 22. Dendrogram for analyse av bunnfauna data fra august (a) og september (s) 1996 og september 1997.



Figur 23. MDS plot fra analyse av bunnfauna data fra august og september 1996 og september 1997.

4 Konklusjoner

Vannanalysene viste at det var forholdsvis like vannmasser på innsiden av og utsiden av steinfylling og bro. Dette betyr at det er bra vannutveksling mellom de to områdene, og så langt ser det ut til at utformingen på fyllingen har vært vellykket ut fra marinbiologiske miljøforhold. På de fire stasjonene er det vanligvis et markert skille mellom et overflatelag (2-4m tykt) med en saltholdighet mellom 25 og 27 og underforliggende vann med høyere saltholdighet. I henhold til SFTs klassifisering av miljøtilstand var nitrogeninnholdet i beste tilstand (I) og fosforinnholdet i tilstand III (Tabell 8).

Sammenlignet med målingene i 1996 var det en del forskjell både i hydrografiske målinger og næringssalter. Trolig er dette bare et utslag av naturlig variasjon fra ett år til et annet. Det ble ikke funnet klare tegn til at fyllingen hadde gitt endret miljøforhold i vannet innenfor. Ved å ta flere målinger på tilsvarende måte og årstid gjennom flere år, vil mulighetene øke for å finne eventuelle endringer i miljøforholdene.

Tabell 8. Resultatene inndelt i forhold til SFT's klassifisering av tilstand for sommer overflatelag. Det er brukt skjønn der tilstandsklassen har variert i undersøkelsesperioden.

Parameter	Meget god I	God II	Mindre god III	Dårlig IV	Meget dårlig V
Totalnitrogen	X				
Totalfosfor			X		
Klorofyll	X				
Siktedyp		X	(X)		

I strandsonen ble det ikke avdekket uvanlige endringer i plante- og dyrelivet. I et inne-lukket område som Lundevågen med mye bløt bunn er det vanlig med et forholdsvis lavt artsantall og dominans av ettårige alger og grønnalger.

Sedimentet var sandholdig og hadde lavt organisk innhold. Målingene av oksygen forholdene i sedimentet (målt som redoks) viste også at forholdene var gode. Klorofyllinnholdet varierte mye mellom prøveinnsamlingene og mellom stasjonene.

I følge bunndyrsanalysene er det tydelig at faunasammensetningen har endret seg fra 1996 til 1997. Ut i fra artssammensetningen av bunnfauna er det ikke noe som tyder på at utfyllingen i Lundevågen er årsak til den endrede fauna sammensetningen. Naturlig variasjon kan forklare endringer i faunasammensetning i Lundevågen. Faunaen domineres av typiske opportunistiske arter, men artene er ikke kjent for å dominere i områder utsatt for organisk belastning. Deler av endringene i faunasammensetning kan skyldes de atypiske værforholdene i 1997, med en kald vinter og en lang og varm sommer.

5 Videre undersøkelser og eventuelle avbøtende tiltak

5.1 Fremtidige undersøkelser

Farsund kommune har satt av midler til videre undersøkelser av miljøforholdene i Lundevågen i 1998. Et detaljert forslag til videre undersøkellesopplegg utarbeides av RF og skal godkjennes av kommunen og Fylkesmannens miljøvernnavdeling før det iverksettes. I korte trekk går undersøkelsen i 1998 ut på å videreføre de undersøkelsene som ble gjort i 1996 og 1997. Undersøkelsen i 1998 vil omfatte:

- Hydrografi og næringsalter
- Bunnundersøkelser

Det gjøres to innsamlinger av vannprøver. I 1998 planlegges det å ta bunnprøver om våren og om høsten, for å studere årstidsvariasjoner på mudderflaten. Undersøkelser andre steder, samt innsamlingen i 1997, har vist at det er store endringer i bunndyrssammensetning innen korte tidsperioder i slike grunne områder. Undersøkelsen rapporteres som i 1996 og 1997.

5.2 Avbøtende tiltak

De avbøtende tiltakene som har vært diskutert i forbindelse med utbyggingen har i hovedsak omhandlet vannsirkulasjon og miljøgifter. Resultater i forbindelse med selve anleggsarbeidet og spredning av miljøgifter er omtalt i en egen rapport (Cripps m. fl. 1997). Effekter av miljøgifter både på marine arter og fugl, samt undersøkning av utslippskilde(r), må eventuelt gjennomføres i et eget prosjekt. Utformingen på næringslivsarealet er endret i forhold til opprinnelige planer og det er lagt inn en kanal i sør-østlig del av fyllingen. Dette er gjort for å sikre tilstrekkelig vannutskiftning innenfor steinfyllingen. Ytterligere tiltak vil i første rekke være å sette strømsettere i drift for å øke vanngjennomstrømming i kanalen. Det er utarbeidet ferdige planer og kostnadsoverslag for igangsettelse og drift av strømsettere. For lite vannutskiftning kan føre til at oksygenet brukes opp i vannet, og det dannes H₂S, som er illeluktende og giftig. Under slike forhold dør alle organismer (unntatt noen typer bakterier).

Det er tidligere gjort forsøk på å sette opp kriterier for når avbøtende tiltak skal iverksettes. Et klart tilfelle var om marinbiologiske miljøundersøkelser avdekker store negative endringer i plante- og dyrelivet i Lundevågen. Andre forslag har vært å se på isdannelse og andre visuelle endringer som for eksempel matter av grønnalger, samt dannelse av oksygenfritt vann. Det kan imidlertid være vanskelig å skille naturlige svingninger i klimaforhold og følgene som dette kan ha for livet i vågen, fra effekter av fyllingen. I tillegg burde man ha god tilgang på historiske observasjoner av miljøet i Lundevågen. Vi foreslår derfor å fortsette med marinbiologisk miljøovervåking med jevne mellomrom, og sette i gang spesielle undersøkelser eller tiltak dersom det blir

nødvendig. Ved langvarig isdekke i vågen kan det være nyttig å følge med i oksygeninnholdet i vannet under isen.

Med bakgrunn i resultatene fra denne undersøkelsen foreslår vi at ytterligere avbøtende tiltak utsettes til vi får enda bedre kunnskap om miljøeffektene av fyllingen. Det er ikke i 1997 funnet en endring av miljøforholdene som tilsier at avbøtende tiltak bør iverksettes straks. Slik fyllingen nå er utformet ser ut til å gi tilstrekkelig vannbevegelse i vågen.

6 Referanser

- Borowitzka, M. A. 1972. Intertidal algal species diversity and the effect of pollution. - *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 23: 73-84.
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. *Methods for the study of marine benthos*. N. A. Holme and A. D. Mc Intyre. Oxford, Blackwell Scientific Publications: 41-65.
- Carr, M. 1994. *PRIMER. Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research*. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. - *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. - *Marine Biology* 118:167.
- Field, J. G., K. R. Clarke & R. M. Warwick 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. - *Marine Ecology Progress Series* 8:37-52.
- Gray, J.S., M. Aschan, M.R. Carr, K.R. Clarke, R.H. Green, T.H. Pearson, R. Rosenberg & R.M. Warwick 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. - *Marine Ecology Progress Series* 46:151-165.
- Cripps, S., R. K. Bechmann & A. Myhrvold 1997. Miljøundersøkelse ved utfylling i Lundevågen, Farsund. RF-Rogalandsforskning. RF-97/225. 47 s.
- Hurlbert, S. H. 1971. "The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters." *Ecology* 52: 577-586.
- Jacobsen, T. & F. Moy 1992. Strandsoneundersøkelse i fjordområdet ved Farsund, NIVA rapport 2741.
- Jacobsen, T., O. Reitan, J. Magnusson & A. Stigebrandt 1993. Konsekvenser for fugl og vannkvalitet ved utbygging av sjørelatert industriområde i Lundevågen, Farsund, NIVA rapport 2944.
- Kirkegaard, J.B. 1992. Havbørsteorme II. - Dansk Naturhistorisk forening. 416 pp.
- Knutzen, J. 1986. Effekter av kloakkvannutslipp og overgjødning på fastsittende marine alger. - *Blyttia* 44:15-21.
- Konieczny, R. M. & A. Juliussen 1995. Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Fase I. Miljøgifter i sedimenter på strekningen Narvik-Kragerø. SFT rapport 587/94.
- Kupka Hansen, P., A. Ervik, J. Aure, P. Johannessen, T. Jahnsen, A. Stigebrandt & M. Scanning 1997. MOM (Matfiskanlegg - Overvåking - Modelling). Konsept og revidert utgave av overvåingsprogrammet 1997. *Fisken og Havet* nr. 5, 1997. 55 s.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning, SFT 97:03. ISBN 82-7655-367-2. TA-1467/1997. 36 s.

- Munda, I. 1967. Observations on the benthic marine algae in a land-locked fjord (Nordåsvatnet) near Bergen, western Norway. - *Nova Hedwigia* 14 : 519-546.
- Myhrvold, A. U. & O. K. Andersen 1994. Sediment og strandsone undersøkelse i Lundevågen ved Farsund, RF-Rogalandsforskning. RF-277/94. 19 s.
- Myhrvold, A. 1996. Miljøundersøkelse i Lundevågen, Farsund -Tilleggsrapport-. RF-Rogalandsforskning. RF-96/278. 15 s. + vedlegg
- Myhrvold, A., S. Cripps & S. Hjøhlman 1996. Miljøundersøkelse i Lundevågen, Farsund. RF-Rogalandsforskning. RF-96/253. 63 s.
- Oug, E., J. Molvær, F. Moy & K. Næs 1991. Resipientundersøkelse i fjordområdet ved Farsund. Vannutskiftning, vannkvalitet, strandsoneregistreringer og bløtbunnsfauna, NIVA rapport 2661.
- Pielou, E. C. 1966. "Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession." *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.
- Reise, K., E. Herre & M. Sturm 1994. Biomass and abundance of macrofauna in intertidal sediments of Königshafen in the northern Wadden Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 48:201-215.
- Rygg, B. and I. Théliin 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Generell del, SFT. SFT. 93:01. ISBN 82-7655-101-7
- Shannon, C. E. and W. Weaver 1963. *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons 1972. *A practical handbook of seawater analysis*, Fish. Res. Board Can. Bull. 167. 2.nd. edition.
- Zwarts, L. 1991. Seasonal variation in body weight of the bivalves *Macoma Balthica*, *Scrobicularia plana*, *Mya arenaria* and *Cerastoderma edule* in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 28 (3):231-245.

7 Vedleggsoversikt

Vedlegg 1. Hydrografi

Vedlegg 2. Vannkjemi

Vedlegg 3. Redox og pH

Vedlegg 4. Geologi

Vedlegg 5. Biologi artsliste

Vedlegg 6. Biologi tørrvekt