

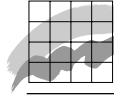


Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

# Test af metoder til marine vegetationsundersøgelser

*Faglig rapport fra DMU, nr. 323*

*[Tom side]*



Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

---

# Test af metoder til marine vegetationsundersøgelser

*Faglig rapport fra DMU, nr. 323  
2000*

*Dorte Krause-Jensen  
Jens Sund Laursen  
Afdeling for Sø- og Fjordøkologi*

*Karsten Dahl  
Jørgen Hansen  
Afdeling for Havmiljø*

*Søren Erik Larsen  
Afdeling for Vandløbsøkologi*

# Datablad

**Titel:** Test af metoder til marine vegetationsundersøgelser

**Forfattere:** Dorte Krause-Jensen<sup>1)</sup>, Jens Sund Laursen<sup>1)</sup>, Anne Lise Middelboe<sup>1)</sup>, Karsten Dahl<sup>2)</sup>, Jørgen Hansen<sup>2)</sup> & Søren Erik Larsen<sup>3)</sup>

**Afdelinger:** <sup>1)</sup>Afd. for Sø- og Fjordøkologi; <sup>2)</sup>Afd. for Havmiljø; <sup>3)</sup>Afd. for Vandløbsøkologi

**Serietitel og nummer:** Faglig rapport fra DMU nr. 323

**Udgiver:** Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser©

**URL:** <http://www.dmu.dk>

**Udgivelsestidspunkt:** Oktober 2000

**Faglig kommentering:** Jens Kjerulf Petersen  
**Layout & korrektur:** Pia Nygård Christensen og Anne van Acker

**Bedes citeret:** Krause-Jensen, D., Laursen, J.S., Middelboe, A.L., Dahl, K., Hansen, J. & Larsen, S.E. (2000): Test af metoder til marine vegetationsundersøgelser. Danmarks Miljøundersøgelser. 118 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 323.

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

**Sammenfatning:** Rapporten beskriver resultaterne af 3 forskellige undersøgelser, der alle har til formål at udvikle de metoder, der anvendes til at undersøge vegetationsforholdene i danske farvande. Den ene undersøgelse fokuserer på at bestemme ålegræsforekomster i kystområder. Dette arbejde sammenligner 4 forskellige metoder til at opgøre ålegræssets dækning og sammenligner opgørelser af ålegræssets arealudbredelse bestemt ud fra henholdsvis flyfotos og en nyudviklet GIS interpolationsmetode. Den anden undersøgelse evaluerer 5 forskellige metoder til at bestemme makroalgeforekomster på sten i kystnære områder, samt foretager en cost-benefit analyse af fordelingen af indsamlingsressourcer mellem delprøver og stationer. Den tredje undersøgelse omfatter ligeledes bestemmelse af makroalgeforekomster, men her på stenrev i åbne farvande. I arbejdet er der lagt vægt på at udvikle et koncept til at behandle data ved hjælp af multivariat statistik primært med fokus på ændringer i algesamfund langs en dybdegradient. Aspekter som indsamlingstidspunkt og dykkereffekt indgår også i arbejdet.

**Frie emneord:** Ålegræs, makroalge, dækningsgrad, dybdegrænse, cost-benefit, multivariat statistik, vertikal zonerings, metodetest, GIS interpolering, flyfoto

**Redaktionen afsluttet:** Oktober 2000

**Finansiel støtte:** Skov- og Naturstyrelsen

**ISBN:** 87-7772-558-1  
**ISSN (trykt):** 0905-815X  
**ISSN (elektronisk):** 1600-0048

**Papirkvalitet og tryk:** Cyclus Office, 100% genbrugspapir. Grønager's Grafisk Produktion A/S.  
Denne tryksag er mærket med det nordiske miljømærke Svanen.

**Sideantal:** 122  
**Oplag:** 120  
**Pris:** kr. 140,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)

**Internetversion:** Rapporten kan også findes som PDF-fil på DMU's hjemmeside; [faglige-rapporter.dmu.dk](http://faglige-rapporter.dmu.dk)

**Købes i boghandelen eller hos:** Danmarks Miljøundersøgelser  
Postboks 358  
Frederiksborgvej 399  
DK-4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

Miljøbutikken  
Information og Bøger  
Læderstræde 1  
DK-1201 København K  
Tlf.: 33 95 40 00  
Fax: 33 92 76 90  
e-mail: [butik@mem.dk](mailto:butik@mem.dk)  
[www.mem.dk/butik](http://www.mem.dk/butik)



# Indhold

	Forord	5
0	Summary	7
I	Baggrund	11
II	Formål	13
III	Udvikling og test af metoder til indsamling af algevegetation på sten med henblik på multivariate samfundsanalyser	15
IV	Metodetest på hård bund i fjorde	49
V	Metodetest på blød bund i fjorde	75
VI	Sammenfatning og konklusion	97
VII	Referencer	101
	Appendiks 1	105
	Appendiks 2	109
	Appendiks 3	111
	Appendiks 4	113
	Appendiks 5	115
	Appendiks 6	117
	Appendiks 7	119
	DMU	121
	Faglige rapporter fra DMU	122

*[Tom side]*

# Forord

Vi vil gerne rette en tak til Århus Amt, Vejle Amt og Sønderjyllands Amt samt Bio/consult og Hedeselskabet for deres store bidrag til feltarbejdet i disse metodeløb.

Desuden vil vi takke Skov- og Naturstyrelsen for økonomisk støtte til projektet.





## 0 Summary

Three series of investigations were performed in order to assess methods of optimising monitoring of benthic marine macrophytes in Danish waters. The investigations focused on qualitative and semi-quantitative analyses of different macroalgal and eelgrass communities. The tests were performed on three different types of communities in three different habitats: 1) complex macroalgal communities on a stone reef in open waters, 2) less complex, nearshore macroalgal communities on hard substrate (stones) in a fjord and 3) eelgrass beds on soft and sandy substrates in a fjord.

### **Macroalgal communities on stone reefs**

The reef investigation aimed at developing a sampling strategy to describe temporal and spatial variation in macroalgal communities. The tests measured precision of the methods and reproducibility among observers. Sampling was performed to identify the occurring species and estimation of percentage cover of each species. Individual stones were used as sampling units and one sampling included 8-10 stone replicates. In order to reduce sampling variation, a stone size of 30-40 cm was used throughout the tests. The samples were analysed with multivariate statistics. This method allowed statistically significant vertical separation of macroalgal communities with a resolution of 1 m depth, and identified significant temporal changes over a period of 5 weeks. On greater depths, it also identified significant differences between neighbouring locations. The tests showed significant differences between divers, but intercalibration on location reduced this difference to an acceptable level. Estimation of the species number on the stone reefs was highly variable and therefore with the present effort the method does not give a reliable measure of occurrence on stone reefs. The great variation in species number was ascribed to a community structure with a high proportion of rare species on stones of different sizes.

### **Nearshore macroalgal communities**

Five different methods of estimating species number and abundance were tested and compared. The methods differed with respect to sampling area (0.3-25 m<sup>2</sup>) and/or quantified species abundance, either by visual estimates of area cover or by frequency counts of presence/absence. Four divers tested all methods at each of 4 marked locations (25 m<sup>2</sup>). The methods were compared and evaluated with respect to reproducibility, precision and costs. The variations between methods and divers were analysed using a mixed ANOVA-model. Generally, frequency counts were less precise, less reproducible and required more resources than "visual cover estimates". Differences among methods in precision and reproducibility of cover estimates were, however, only significant in few cases, and the differences became non-significant when cover was expressed in relative units as opposed to absolute units. Coefficients of variation were relatively large, implicating that many subsamples were needed to obtain satisfactory results. The number of species found by the five methods also differed significantly, with species number depending

directly on sampling area. Overall, we concluded that the best results were obtained using visual cover estimates in a large area (25 m<sup>2</sup>).

The spatial variation in macroalgal communities was subsequently tested at different scales in a fjord in order to define an optimal sampling strategy with a given resource available. In this investigation, we applied the method based on visual cover estimates in a large area (25 m<sup>2</sup>). Species composition differed markedly among the inner and outer fjord area. The outer fjord showed larger variability within sites as compared to among sites. Cost-benefit analysis consequently recommended a sampling strategy involving few sites with many subsamples per site in the outer fjord. By contrast, the inner fjord showed similar variability within and among sites, and the sampling strategy was optimised by using many sites with few subsamples per site.

### **Seagrass beds**

This part of the investigation focused on parameters describing the distribution of seagrasses. All tests were done on eelgrass beds, but the methods also apply to beds of other seagrasses. We tested and compared four different methods of estimating percentage eelgrass cover. Method 1 included diver-reported estimates of average cover at depth intervals of 1 m. With method 2, the diver continuously reported any change in eelgrass cover, and for each observation, depth and position were recorded. Method 3 was similar to method 2 except that the diver reported observations at regular intervals defined by the tender. Finally, method 4 involved continuous video recordings along the transects and subsequent evaluation of percentage cover at intervals of 5 seconds on the video, which approximately corresponded to an observation for every 2-5 m along the transects. Two divers tested all methods at each of the 5 transects situated perpendicularly to the coastline. The results were analysed with respect to reproducibility, precision and costs using a mixed ANOVA-model. The results showed that methods 2 and 3 were very similar, but method 3 gave the most reproducible and precise results at the lowest cost. Observations based on video recordings were also precise but more time consuming. The video, on the other hand, had the advantage of serving as documentation.

An analysis of spatial variation in eelgrass cover showed greater variability among depth intervals than among transects, which implies that the former is decisive for the amount of transects that can be investigated for a given resource. If the resource is fixed to the present level of the Danish monitoring programme (NOVA 2003) the optimal sampling strategy in a typical Danish fjord would be 4-15 transects per area depending on the local variation between depth intervals. The investigation also showed that estimated depth limits of eelgrass should be based on 7-29 observations depending on the local variation in order to obtain a confidence interval of 0.5 m. Based on previously collected data, an analysis of temporal variation concluded that with 4-15 transects it was possible to identify a 2-10% change in percentage eelgrass cover per year during a 5-year period.

Finally, we compared estimates of eelgrass area cover based on aerial photographs and a newly developed GIS-interpolation method. With

the new GIS-interpolation method we could reduce the required number of observations considerably as compared to earlier interpolation methods. Aerial photographs and GIS-interpolations gave similar estimates of average area cover. The interpolation method might become useful in areas of limited size where the interpretation of aerial photographs is jeopardised (e.g. low contrast between vegetated and non-vegetated areas, mixed vegetation, banks of blueshells, reduced secchi depths).



# I Baggrund

## *Behov for nye metoder til vegetationsundersøgelser*

Den marine vegetation er blevet undersøgt mere eller mindre intensivt i mere end 100 år. Forskellige undersøgelsesmetoder har været anvendt. Generelt er de fleste undersøgelser før 1940 udelukkende kvalitative (artslistes), mens de senere undersøgelser i stigende grad er kvantitative. Selvom metoderne er blevet forbedret, indgår der ofte subjektive bedømmelser, hvilket giver anledning til stor variation i de undersøgte parametre, når forskellige dykkere foretager undersøgelserne (Middelboe et al., 1997). Mere reproducerbare kvantitative metoder er vigtige for at kunne sammenligne undersøgelser foretaget forskellige steder eller på forskellige tidspunkter. Med nye forbedrede metoder vil man ikke blive i stand til bedre at sammenligne med tidligere undersøgelser, men grundlaget for sammenligning mellem undersøgelser fra forskellige steder bliver bedre. Man vil også kunne forbedre grundlaget for fremover at vurdere de tidlige ændringer i artssammensætning og udbredelse af den marine vegetation for derigennem at vurdere effekter af menneskeskabte forstyrrelser på vegetationen.

## *De eksisterende metoder*

To ofte anvendte metoder til undersøgelse af den marine vegetation er *punktundersøgelser* og *transektundersøgelser* (Krause-Jensen et al., 1995 og 1998). Metoderne anvendes i dag i det nationale overvågningsprogram, NOVA, hvor vegetationen undersøges på hård og blød bund i de kystnære områder samt på en række stenrev. I et punkt eller i dybdeintervaller langs et transekt bestemmer en dykker artssammensætningen og arternes dækningsgrad. Metoderne er dog ikke optimale, idet interkalibreringer har vist, at der kan være store variationer i vegetationens sammensætning og meget store forskelle mellem bestemmelserne af arternes dækningsgrad, når forskellige dykkere har undersøgt det samme punkt eller transekt (Middelboe et al., 1997; Dahl et al., 2000). Interkalibreringerne har derfor rejst spørgsmålet om, hvorvidt der findes andre, mere velegnede metoder til at undersøge den marine vegetation end de punkt- og transektundersøgelser, der i dag anvendes i det nationale overvågningsprogram.

## *Subjektivitet på flere niveau*

Det største problem i de eksisterende metoder er, at de er subjektive på flere niveauer. Valget indgår dels i defineringen af undersøgelsesarealet, dels i vurderingen af arternes dækningsgrad i synsfeltet, og dels i vurderingen af arternes gennemsnitlige dækningsgrad i undersøgelsesarealet. Hverken ved punktundersøgelser eller transektundersøgelser har det undersøgte areal været veldefineret. Vegetationen undersøges i et område omkring punktet og langs transektet, men den egentlige radius eller bredde af området defineres af den enkelte dykker. Dykkerens vurdering af dækningsgraden vanskeliggøres desuden af, at dækningsgraden ofte skal estimeres inden for et stort areal, som dykkeren ikke umiddelbart kan overskue. Ved transektundersøgelser skal dækningsgraden vurderes inden for dybdeintervaller, som kan have en dybdeforskel på op til 2 meter. Dækningsgraden kan ændre sig betydeligt inden for et dybdeinterval, og det kan derfor være vanskeligt at estimere en gennemsnitlig dækningsgrad for intervallet. De metodiske problemer er typisk større for den diverse vegetation på hård bund end for vegetationen på blød

bund, der i de danske kystområder ofte er en monokultur af ålegræs (Middelboe et al., 1997), eller i nogle lavvandede bugter og fjorde af blandede bevoksninger af bl.a. *Ruppia* -, *Potamogeton* -, *Zannichellia* - og *Chara*.

## II Formål

### *Fælles projekt*

Skov- og Naturstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser har med dette fælles projekt haft som formål at udvikle nye og bedre metoder til indsamling og analyse af vegetationsdata.

### *3 delundersøgelser*

Projektet var opdelt i tre separate undersøgelser:

- Metodetest på stenrev i åbne farvande, udført af DMU's afdeling for Havmiljø
- Metodetest på hård bund i fjorde, udført af DMU's afdeling for Sø- og Fjordøkologi
- Metodetest på blød bund i fjorde, udført af DMU's afdeling for Sø- og Fjordøkologi.

### *Makroalgehabitaterne er forskellige på stenrev og i fjorde*

Selvom metodetestene på stenrevene og på den hårde bund i fjordene begge fokuserede på makroalgesamfundene, valgte vi at teste forskellige typer metoder i de to habitater. Det skyldes først og fremmest de forskellige vilkår, algerne har i de pågældende naturtyper.

Sten i mange størrelsesintervaller er hyppige på stenrevene, og stenene findes ofte over et stort dybdespænd. I metodetesten på stenrev indgik derfor dels den punktdykmethode, som i dag anvendes på de marine rev og dels en metode, der anvendte individuelle sten som undersøgelsesenhed.

I fjordene er større stenforekomster ofte en mangelvare, og stenenes vertikale udbredelse er bestemt af eksponeringsgraden, dvs. at det kan være svært at finde større sten på dybere vand. Metodetesten på fjordenes hårde bund omfattede derfor ikke individuelle sten som undersøgelsesenhed. I stedet testede vi metoder, hvor vegetationen blev undersøgt inden for rammer eller liner, som blev udlagt tilfældigt indenfor områder med hård bund.

I alle 3 delprojekter er vegetationens dækning blevet vurderet i procent. Detaljeringsgraden mht. artsbestemmelse af makroalgerne var også den samme, idet en fælles feltbestemmelsesliste beskrevet i Dahl et al. (2000) er blevet benyttet.

Nedenfor er kort beskrevet de overordnede formål med de enkelte dele af metodetesten.

#### **Metodetest på stenrev**

### *Rumlig variation*

Det primære formål med undersøgelserne på stenrev var at bestemme den rumlige opløsning i algesamfund, vi kan forvente at finde langs horisontale og i særdeleshed vertikale gradienter med en given indsamlingsmetode. I arbejdet indgik også undersøgelser af metode-sikkerhed med fokus på forskelle mellem to dykkere, reproducerbarheden af den enkelte dykker og ændringer i vegetationen som følge af korte tidsforskelle mellem dataindsamlinger. De nævnte undersøgelser blev designet således, at der kan foretages multivariate analy-

### *Tidslig variation*

### *Reproducerbarhed*

ser af algesamfund, hvilket stiller krav om, at replikate datasæt indsamles på de enkelte stationer.

### **Metodetest på hård bund i fjorde**

Denne del af metodetesten havde to hovedformål:

#### *Alternative metoder*

Det ene hovedformål var at finde en velegnet metode til at indsamle makroalgedata i fjordene. En række alternative metoder blev derfor testet, og den optimale metode blev fundet på basis af sammenligninger af metodernes reproducerbarhed, præcision og ressourceforbrug.

#### *Prøvetagningsstrategi baseret på analyser af rumlig variation*

Det andet hovedformål var at bestemme, hvor mange delprøver der skulle indsamles med den udvalgte metode, og hvordan disse delprøver skulle fordeles i en fjord for at opnå bedst mulig sikkerhed m.h.t. resultaterne. For at opfylde dette formål analyserede vi den rumlige variation i vegetationen på forskellige skalaer og vurderede omkostningerne forbundet med indsamlingerne.

### **Metodetest på blød bund i fjorde**

Denne del af metodetesten havde ligeledes to hovedformål:

#### *Alternative metoder*

Det ene hovedformål var at finde en velegnet metode til at indsamle ålegræsdata i fjordene. Vi testede derfor en række alternative metoder og fandt den optimale metode på basis af sammenligninger af metodernes reproducerbarhed, præcision og ressourceforbrug.

#### *Prøvetagningsstrategi baseret på analyser af rumlig variation*

Det andet hovedformål var at bestemme, hvor mange delprøver, der skulle indsamles med den udvalgte metode, og hvordan disse delprøver skulle fordeles i en fjord for at opnå bedst mulig sikkerhed på resultaterne. For at opfylde dette formål analyserede vi den rumlige variation i vegetationen på forskellige rumlige skalaer og vurderede omkostningerne forbundet med indsamlingerne.

Endelig vurderede vi muligheden for at kortlægge ålegræssets rumlige udbredelse på baggrund af et net af feltobservationer.



### III Udvikling og test af metoder til indsamling af algevegetation på sten med henblik på multivariate samfundsanalyser

*Af Karsten Dahl og Jørgen Hansen, Afdeling for Havmiljø*

#### 1. Indledning

Brug af makroalger i overvågningsøjemed kan have flere forskellige formål.

Overvågning kan foretages med det formål, at beskrive den biologiske diversitet i et område. For at kunne beskrive diversiteten er det vigtigt at have en metode, som giver en meget grundig beskrivelse af artssammensætningen. I langt de fleste tilfælde vil det ikke være tilstrækkelig blot at udarbejde artslistes i felten, men nødvendigt også at lave en grundig oparbejdning af indsamlet materiale under laboratorieforhold.

*Miljøtilstandens betydning for algevegetationen*

Makroalgerne kan også anvendes som indikatorer for en given miljøtilstand. Anvendelse af makroalger som indikatorer er oplagt til at belyse graden af næringssaltbelastning til et område. Øget mængde næringssalte kan føre til forskydninger i algevegetationens sammensætning ved at favorisere opportunistiske epifytiske alger på bekostning af flerårige arter. Øget næringssaltbelastning kan også medføre, at planktonbiomassen i vandsøjlen stiger med det resultat, at lysmængden, der trænger ned gennem vandsøjlen til bunden, reduceres. Lysmængden ved bunden er afgørende for hvilke makroalger, der kan trives på en given dybde.

Reduceret lysnedtrængning i vandsøjlen er også en typisk effekt ved råstofindvinding pga. spildte opslemmede partikler, der i værste fald tillige kan dække algerne og deres substrat. Den bentiske vegetation kan derfor også anvendes som effektindikator.

Der er flere mulige metoder at anvende makroalger på som indikatorer, som hver især ikke nødvendigvis stiller de samme krav til dataindsamling og oparbejdning.

*Artsdiversitet*

Artsdiversitet, enten i form af artslistes eller udtrykt ved et indeks, er en mulig indikator. Metoden forudsætter, som nævnt ovenfor, at indsamlingsmetoden giver en god beskrivelse af vegetationens samlede artsantal.

*Dybdegrænser*

Vegetationens samlede eller artsspecifikke dybdegrænser er andre mulige indikatorer. At anvende dybdegrænser forudsætter for det første, at der er substrat, hvor algerne fysiologiske grænse er, for det andet at det er praktisk muligt at gennemføre dykninger til de pågældende dybder og for det tredje, at der findes en robust metode til

at fastsætte dybdegrænsen. Det sidste er et ikke uvæsentligt problem, da arterne bliver mere og mere sjældne imod deres dybdegrænser. Sandsynligheden for at finde dem afhænger således af indsatsen, men også af tætheden af egnet substrat, hvorfor der kan rejses tvivl om metodens robusthed.

### *Ændringer i algevegetationen*

En mere robust måde at anvende algernes lysbetingede zoner på er at se på ændringer i vegetationens samlede dækning. Ændringerne kan betragtes som univariate størrelser, dvs. at man analyserer enkelte parametre hver for sig. Det kan være et mål for algevegetationens samlede dækning eller dækningen for en specifik art. I givet fald kan ændringerne opgøres enten i absolutte tal eller som relative procentvise ændringer. Endelig kan ændringer i hele algesamfund analyseres ved hjælp af multivariate metoder, hvor man udnytter, at selv mindre forskydninger hos mange arter samlet giver et måleligt respons på en eventuel påvirkning af algernes levevilkår.

## **2. Eksisterende viden om alger som indikatorer på hårbund**

Indsamling af flere replikate datasæt, frem for ét enkelt datasæt inden for relevante tidsintervaller, har stor indflydelse på styrken af de statistiske analyser, man kan anvende til at analysere sit datamateriale.

### *Salinitet og indsamlingsstrategi*

I indikatorprojektet (Dahl et al., 2000) blev det vist, at saliniteten ikke uventet har en stor strukturerende rolle for vegetationens sammensætning. Selv mindre forskydninger i saltholdigheden havde en stor indflydelse på arternes indbyrdes konkurrence og dermed dominansforhold. En konsekvens heraf er, at indsamlingsstationer skal ligge nær hinanden, før de registrerede artsdækninger kan betragtes som replikate data. Det betyder også, at undersøgelser af effekter på algevegetationens sammensætning langs en horisontal gradient, kun bør finde sted, såfremt saliniteten ikke ændres nævneværdigt. Sådanne ideelle forhold vil oftest være gældende ved fx sedimentspild i forbindelse med råstofindvinding, som typisk har en begrænset udbredelse inden for den enkelte hårbundslokalitet. Eutrofieringsbetingede gradienter har derimod generelt en væsentlig større geografisk udbredelse fra kildeområder og er ofte også sammenfaldende med en salinitetsgradient.

I mange tilfælde ønsker man at anvende biologiske indikatorer til at påvise ændringer i en given påvirkningsfaktor over tid. På grund af salinitetens strukturerende indflydelse på algevegetationen bør udgangspunktet for sådanne undersøgelser være parallelle analyser af eventuelle ændringer på de enkelte rev.

Den nuværende indsamlingsstrategi på de marine stenrev er fordelt over et større spænd i saliniteten med indsamling af ét datasæt pr. to meters dybdeinterval. Denne metode tilgodeser således ikke umiddelbart ønsket om replikate datasæt til analyser af en udvikling over tid. I statusrapporten for det marine miljøes tilstand i 1998 blev replikate data imidlertid opnået ved at beregne den relative ændring af vegetationens samlede dækning i de enkelt undersøgelsespunkter

### *År-til-år variationer i vegetationen*

givet ved et rev, en årstid og en dybde i forhold til et gennemsnit over en årrække på det samme rev, årstid og dybde (Markager et al., 1999). Enkelte år-til-år variationer kunne herefter påvises med en relativt simpel fortegnstest. Ulempen ved den anvendte metode er, at datagrundlaget begrænses til relativt dybvandede stationer, hvor algerne samlede dækningsgrad ikke fuldstændig dækker det anvendelige substrat. Antallet af egnede dybvandede stationer er begrænset med det nuværende nationale overvågningsprogram. Signifikante ændringer kan derfor kun vanskeligt påvises på grund af det lave antal frihedsgrader i fortegnstesten. Metoden har også den svaghed, at det ikke kan udelukkes, at artssammensætningen ændres ved ændrede lysforhold, uden at den samlede algedækning af substratet påvirkes.

### *Vertikal adskillelse af algesamfund*

I indikatorprojektet (Dahl et al., 2000) blev det på udvalgte revlokaliteter påvist, at det generelt var muligt signifikant at adskille algesamfund fra hinanden ved dybdeforskelle på mellem 2 og 4 meter med multivariat statistik. Ved analyserne blev der set bort fra år-til-år variationer for at opnå replikate datasæt. Ændringer i dybdeintervaller på 2 meter svarer til en gennemsnitlig reduktion af lyset på mellem 39 og 46% i dybdeintervallet fra 4 til 6 meter afhængig af farvand, hvorimod ændringer i dybdeintervaller på 4 meter ned til 8 meters dybde svarer til en reduktion i lyset på mellem 62 og 70% (Dahl et al., 2000). Resultaterne viste klart, hvilket potentiale analyser af makroalgesamfund har som indikator for lysforhold.

### *Foregående metodestudier*

Forud for dette projekt er gennemført mindre metodeundersøgelser i 1996 og 1998 (Dahl et al., 2000). Undersøgelserne i 1996 viste, at det var svært at bestemme antallet af arter på et stenrev trods gentagne punktdykninger på samme station med samme dykker og med en efterfølgende oparbejdning af indsamlede prøver i laboratoriet. Kun mellem 50 og 75% af arterne optrådte hver gang i de tre replikate dyk, som blev foretaget på to forskellige dybder for samme ankring.

Samme forhold blev bekræftet med nye metodestudier i 1998, hvor den eksisterende punktdykmetode blev suppleret med registreringer af alger i mindre replikatenheder. Replikatenhederne bestod af individuelle sten i fastlagte størrelsesintervaller. Antal arter registreret med et punktdyk var noget højere end det samlede antal, der blev registreret på 5-8 undersøgte sten, men hver af metoderne gav kun 60-80% af den samlede artsliste, der blev registreret ved begge metoder og af begge dykkere.

Forskellige metoder til estimering af lokaliteternes totale artsantal (Jackknife-estimer), baseret på de indsamlede stikprøver under metodestudierne, gav oftest et væsentlig lavere antal arter end det, der faktisk blev observeret med begge metoder. Alt i alt blev det konkluderet, at artsantallet - bestemt under det eksisterende program - ikke gav en robust beskrivelse af lokalitetens faktiske artsantal.

Metodestudierne i 1996 viste også, at der var en væsentlig forskel mellem største og mindste værdi af den kumulative dækningsprocent af algerne på de tre gentagne punktdyk med samme dykker (Dahl et al., 2000). Forskellen var på ca. 33% på 6,3 meters dybde og 25% på 10,8 meters dybde. Resultaterne indikerede, at dykkerne

havde svært ved at overskue algearternes individuelle dækninger ved brug af punktdykmetoden på rev med en flerlaget vegetationsdækning. På trods af disse forskelle var separeringen af algesamfundene på de to dybder signifikant og meget entydig. Som undersøgelsen var designet, kunne denne forskel skyldes en dykkereffekt såvel som den forventede dybdeeffekt.

#### *Effekt af dykkere*

I de efterfølgende metodestudier i 1998 blev den alternative metode med indsamling af replikate algedata på sten introduceret. Dataindsamlingen blev designet således, at eventuelle forskelle mellem 2 dykkere kunne synliggøres. Undersøgelserne viste en tydelig effekt af dykkeren. Der var nogle meget karakteristiske forskelle i bestemmelsen af nogle få arter, men selv når disse arter var samlet i entydige "artskomplekser", var der mindre men signifikante forskelle på to ud af tre lokaliteter. Forskellene kunne tilskrives nogle systematiske forskelle i den subjektive vurdering af algearternes dækning (Dahl et al., 2000).

Analyser af den kumulative dækning af alle fundne arter i undersøgelserne fra 1998 indikerede, at en beskrivelse af vegetationen ved et gennemsnit af replikate data fra sten gav en væsentlig mindre forskel mellem de 2 dykkere end ved brug af punktdykmetoden (Dahl et al., 2000).

#### *Horisontal variation*

På ét stenrev blev den horisontale variation undersøgt i et givet dybdeinterval på basis af replikate algedata indsamlet på sten. Resultatet var, at der overordnet set var en signifikant forskel i artssammensætningen mellem tre undersøgte stationer på samme dybde, om end forskellen kun lå mellem to af stationerne i en parvis test (Dahl et al., 2000).

#### *Effekt af stenstørrelse*

På en anden revlokalitet blev algevegetationen på mindre og større stabile sten sammenlignet for at fastslå, om stenstørrelsen havde en effekt. Der blev fundet signifikante forskelle mellem mindre og større sten, og en analyse af artssammensætningen viste, at der var systematiske forskydninger i dominansforholdet mellem arterne. Forskellene kunne ikke blot tilskrives forskellige prøvestørrelser, der umiddelbart favoriserede artsantallet og minimerede variationen på de større sten (Dahl et al., 2000).

### **3. Formål med metodeprojektet**

Erfaringerne fra stenrevsovervågningen og de forudgående metodestudier peger på, at algevegetationsdata indsamlet med replikate datasæt og behandlet med multivariat statistik har et meget stort potentiale som biologisk indikator.

#### *Multivariate statistiske analyser*

Med dette projekt og et sideløbende værktøjsprojekt har vi fokuseret på anvendelse af multivariate statistiske analyser direkte på de registrerede artsdækninger. Ændret vandkvalitet i form af ændret lysnedtrængning til bunden skal detekteres ved, at algesamfundene forskydes nedad, hvis lysforholdene forbedres, og opad hvis forholdene forringes. Som omtalt ovenfor skal sådanne analyser udføres lokalitetsvis for at undgå uønskede effekter af den horisontale forskel i salinitet, der råder i de fleste danske farvandsafsnit.

Som udgangspunkt for analyserne var der behov for at udvikle en god konsistent metode til indsamling af replikate vegetationsdatasæt, der kunne beskrive makroalgesamfund med en høj opløsning langs en dybdegradient på den enkelte lokalitet.

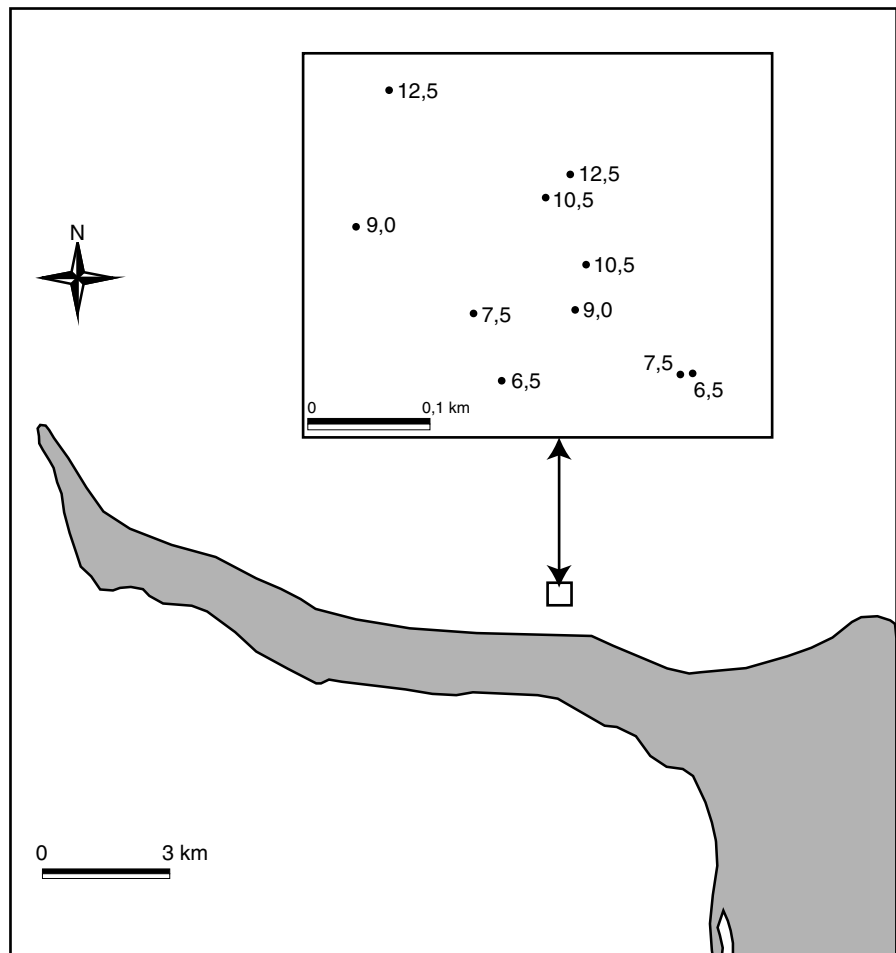
På baggrund af erfaringerne med de gennemførte pilotundersøgelser formulerede vi følgende problemstillinger, som vi ville forsøge at besvare med dette projekt:

- Hvor god er den eksisterende punktmetode i forhold til den foreslåede indsamling med replikater på sten?
- Hvor mange replikater skal der indsamles for at give en tilstrækkelig god beskrivelse af stationerne?
- Påvirker det resultaterne, at flere dykkere forestår indsamlingen, og hvor stor er dykkereffekten i givet fald?
- Hvor stor er den rumlige variation i vegetationen? - Resultaterne kan anvendes til at designe fremtidige indsamlingsprogrammer i forbindelse med biologisk kortlægning og effektovervågning.
- Hvor fintmasket en vertikal zonerings af vegetationen kan forventes fastlagt med multivariat statistisk behandling af de indsamlede data? - Resultatet er til brug for design af fremtidige overvågningsprogrammer.
- Varierer vegetationssammensætningen over sommermånederne?
- Hvor store er udgifterne ved at indsamle replikatdata på sten sammenlignet med den eksisterende punktdykmethode?

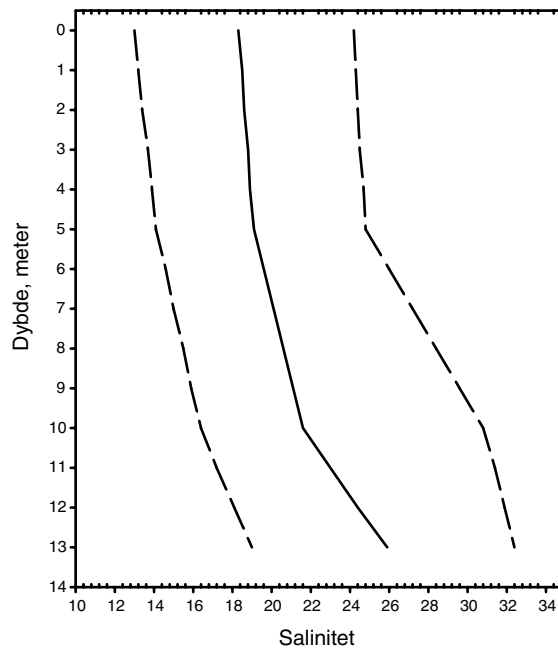
#### 4. Lokalitet og dataindsamling

Ebbelykke Rev nord for Sjællands Odde blev valgt som indsamlingslokalitet (*Figur III.1*). Revet var kendt fra tidligere besøg. Det ligger beskyttet for sydlige og rent vestlige vinde, men er eksponeret for nordvestlige, nordlige og østlige vinde. Revet har gode forekomster af sten fra ca. 6 meters dybde og ned til revets fod ved knap 13 meters dybde. Saliniteten ned gennem vandsøjlen er modelleret i Dahl et al. (2000) på basis af Rasmussen (1995). Median saliniteten med tilhørende 5 og 95% sandsynlighedsgrænser er vist i *Figur III.2*.

*Salinitet*



**Figur III.1** Placeringen af Ebbelykke Rev nord for Sjællands Odde samt de enkelte undersøgte stationer.



**Figur III.2** Vertikal salinitetsprofil på Ebbelykke Rev, baseret på data modelleret i Dahl et al. (2000) på baggrund af Rasmussen (1995).

Det gennemsnitlige lys, der er til stede for vegetationen og reduktionen i lyset fra dybdeinterval til dybdeinterval, fremgår af *Tabel III.1*. De gennemsnitlige lysniveauer er beregnet på baggrund af secchi-dybde målinger fra hele året i perioden 1990 til 1996 (Dahl et al., 2000).

**Tabel III.1** Gennemsnitlig lysintensitet som procent af overfladeindstrålingen, beregnet ud fra målinger af secchi-dybder (Dahl et al., 2000) samt den procentvise reduktion i lyset fra forrige dybdeinterval.

Dybde	Bælthav		Syd/centrale Kattegat	
	Relativ lysintensitet	Reduktion fra forrige dybde (%)	Relativ lysintensitet	Reduktion fra forrige dybde (%)
6,5	12,44		16,66	
7,5	9,24	25,7	12,85	22,9
9,0	5,91	36,0	8,69	32,3
10,5	3,9	33,0	6,02	30,7
12,5	2,25	42,4	3,69	38,7

Vegetationsdata blev indsamlet i form af dykkernes skøn over arts- eller artskompleksspecifikke dækningsprocenter. Artskomplekser omfatter grupper af arter, som dykkeren ikke var i stand til at skelne under feltforhold. Da vegetationen var tæt i mange lag, var det nødvendigt løbende at afrive algerne lag for lag under beskrivelsen. Sjældne arter blev tildelt dækningsprocenten 0,1.

To forskellige metoder til indsamling af dækningsprocenter blev anvendt:

*Punktdykmetoden*

- Punktdykmetoden er den, der i dag anvendes på stenrevsundersøgelserne under NOVA-programmet. Dykkeren afsøgte et område af variabel størrelse og skønnede de specifikke algedækninger. Dykningen fortsatte, indtil der blev "tilpas" langt mellem registreringer af nye arter. Anvendelse af et område med variabel størrelse frem for et fast areal blev valgt for i store træk at være uafhængig af stentæthed i undersøgelsesområdet. Undersøgelsen var også bevidst ikke tidsbegrænset, da tidsforbruget til en grundig vegetationsbeskrivelse varierer fra ca. 20 minutter på dybder større end 18 meter til mere end en time på vanddybder fra 4 til 10 meter. Ud over at indsamle vegetationsdata skulle hver dykker ved punktdykundersøgelserne skønne mindste stenstørrelse for stabilt substrat. Skønnet beror på en vurdering af, hvornår substratet er så stabilt, at vegetationssammensætningen ikke ændres ved stigende stenstørrelser.

*"Stenreplikat"-metoden*

- Undersøgelse af algedækninger på individuelle sten i et givet størrelsesinterval (herefter kaldet "stenreplikater"). Valget af stenreplikater blev foretaget "i blinde" af lineføreren, der bad dykkeren om først at vælge en svømmeretning og siden en sten i det fastlagte størrelsesinterval. Proceduren med at finde den konkrete sten, efter at lineføreren havde bestemt svømmeretning og svømmetiden, blev senere modificeret til at være første sten i det

fastlagte størrelsesinterval i en af lineholderen given retning og svømmetid for at spare tid. Maksimumlængde, bredde og højde af de valgte sten blev målt med tommestok. Enkelte sten, hvis form var for afvigende i forhold til en idealiseret halvkugle, blev forbigået.

Der var maksimalt tilladt +/- 20 cm afvigelse fra den planlagte indsamlingsdybde for begge metoder, og der blev løbende korrigeret for de mindre tidevandsbevægelser fra den nærliggende Odden Havn.

På hver station blev der udlagt en markeringsbøje, hvis anker dannede centrum for indsamlingsarealet. Arealet, hvorfra stenreplikaterne blev valgt og punktdykundersøgelsen fandt sted, blev skønnet til at være 3-4 meter bredt og 40-50 meter langt for hovedparten af stationerne. Arealets aflange form var bestemt af kravet til maksimal dybdeudsving på den relativt stejle bund.

Positionerne på indsamlingsstationerne blev bestemt med DGPS. Ved en fejl blev den nøjagtige position på den sidste 12,5 meters station ikke noteret. Positionen blev her skønnet i forhold den nærliggende 10,5 meters station

Dataindsamlingen var opdelt i to faser, hver med sit planlagte formål.

### **Fase 1: Test af dykkere og metoder til indsamling af vegetationsdata**

Fase 1 var planlagt til at omhandle analyser af hvilken af de to metoder, punktdyk eller stenreplikatmetoden, der gav de bedste data i relation til indsatsen. Fase 1 skulle også belyse, om der var en effekt af stenstørrelsen på vegetationssammensætningen, og om der kunne registreres en forskel mellem de to dykkere (A og B), der deltog i dataindsamlingen. På forhånd var det besluttet, at hver af de to dykkere på samme station skulle indsamle vegetationsdata fra 3 punktdyk, 10 store sten (30-40 cm på længste led) og 15 mindre sten 10-15 cm på længste led.

Dataindsamlingen under fase 1 fandt sted den 18. og 19. maj 1999 på 7,5 meters dybde.

Efter en foreløbig analyse af vegetationsdata fra den første dags registreringer på 10 store sten og to punktdyk fra hver dykker, viste det sig, at der var systematiske forskelle mellem de to dykkere (se senere under resultater). Forskellene var af et sådant omfang, at det planlagte program blev revideret i samråd med Skov- og Naturstyrelsen.

#### *Ændring i det planlagte program*

Det reviderede program indebar, at indsamlingen af vegetationsdata på små sten udgik. Arbejdet på andendagen den 19. maj blev i stedet for påbegyndt med en kalibrering mellem de to dykkere. Dykkerne undersøgte uafhængigt af hinanden den samme sten vegetationslag for vegetationslag. Mellem de enkelte lag blev de to dykkere konfronteret med eventuelle forskelle, og konsensus mellem dykkerne blev opnået, inden arbejdet blev genoptaget.

Efter kalibreringen gennemførte de to dykkere hver én vegetationsbeskrivelse med punktdykmetoden og herefter beskrivelse af vegeta-



tionen på hver af 10 større sten. Af ressourcemæssige årsager var det kun muligt at gennemføre ét punktdyk på andendagen. At der ikke foreligger tre punktdyk efter kalibreringsøvelsen har som konsekvens, at der ikke foreligger replikate datasæt for denne metode.

## **Fase 2: Fastlæggelse af horisontal og vertikal variation i algesamfund**

Fase 2 var planlagt til kun at omfatte den af de to undersøgte metoder, som under fase 1 havde vist sig mest anvendelig.

### *Indsamlingsdybder*

I fase 2 skulle kun én dykker stå for beskrivelsen af algenes dækningsgrader. Indsamlingen skulle finde sted på 9 tilfældigt udvalgte stationer på revet samt stationen på 7,5 meters dybde undersøgt under fase 1. De 10 stationer var fordelt på følgende 5 på forhånd fastlagte dybdeintervaller: 6½, 7½, 9, 10½ og 12½ meter.

Indsamling af vegetationsdata på de større enkeltsten (30-40 cm på længste led) blev valgt som replikatenhed til fase 2. Argumentet for at arbejde videre med stenreplikater frem for punktdykmetoden var kravet til replikater, som i forhold til de givne ressourcer blev væsentlig bedre tilgodeset med førstnævnte metode. Det blev også vurderet på baggrund af de indsamlede data i fase 1, samt erfaringerne fra de tidligere indsamlinger, at sikkerheden i beskrivelsen af de fleste vigtige arters dækning var højere ved denne metode, som følge af den mindre indsamlingsenhed. Tidsforbruget ved indsamling af replikate data fra 3 punktdyk svarede til indsamling af ca. 12 replikater på enkeltsten. Et replikatantal på 3 må anses for absolut minimum og ikke særligt tilfredsstillende ved sammenligninger mellem få stationer. Tabet ved at anvende mange mindre indsamlingsenheder frem for punktdyk er en større variation mellem delprøverne og en artsliste, hvor der muligvis mangler nogle sjældne arter.

Fase 2 blev gennemført over to nærliggende perioder: Fra den 8. til den 10. juni 1999 og igen fra den 18. til den 23. juni samme år. I disse perioder blev der som hovedregel indsamlet replikate algedatasæt fra 8 enkelte sten. Dykker A forestod dataindsamlingen under fase 2. De 10 indsamlingsstationers indbyrdes placering fremgår af *Figur III.1*.

På 7,5 meters dybde, på den station som også blev undersøgt i maj under fase 1, blev replikatantallet øget til 10. De første 5 stens vegetationsdækninger blev beskrevet den 10. juni og de sidste 5 blev beskrevet den 18. juni. Fremgangsmåden blev valgt som kontrol for en eventuel tidsmæssig ændring af algevegetationen under fase 2's to indsamlingsperioder.

Data fra alle øvrige stationers stenreplikater blev også opdelt i serier af to eller tre, som blev indsamlet med en eller flere dages mellemrum. Denne dataindsamlingsstrategi gjorde det muligt at teste, om dykkeren havde en "dagseffekt", dvs. at sten fra samme dag blev beskrevet mere lig hinanden end sten fra en anden dag på samme station.

## 5. Databehandling

De statistiske analyser af artssamfund blev foretaget med statistikpakkerne PRIMER (Carr, 1997) og PC-ord (McCune and Mefford, 1995).

### *Multivariate samfundsanalyser*

PRIMER er et non-parametrisk multivariat statistikprogram designet til behandling af artssamfund uden krav til specifikke fordelingsmønstre. Sammenligninger mellem prøvesæt var baseret på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis, 1957), hvor signifikansniveauet i form af en "p værdi", der beskriver sandsynligheden for at den fundne fordeling af delprøver er tilfældig, blev beregnet med proceduren ANOSIM (Analysis of similarity). ANOSIM kan betragtes som en parallel til en almindelig variansanalyse (ANOVAR). Ud over at beregne signifikansniveauer angav analysen også en Global R-værdi som indikation på, hvor ens de testede prøvestørrelser var. Global R varierer i praksis fra 0 (ingen forskel) til 1 (helt forskellig). Negative Global R-værdier ned til -1 kan også forekomme, hvis de enkelte delprøver i et prøvesæt er mere lig delprøver i andre prøvesæt end delprøver i eget sæt.

I PRIMER-programmet er det muligt at transformere data, således at sjældne arter vægtes højere i analyserne på bekostning af meget hyppige. Sådanne transformationer er almindelige i analyser af blødbundsfauna baseret på antal individer, hvor enkelte ofte nysettlede arter kan optræde i tusindtal. I denne vegetationsundersøgelse blev data opgjort i procent med 1 decimal, dvs. at der var en faktor 1000 fra største til mindste værdi. Da denne og de tidligere undersøgelser har vist, at der findes en del sjældne arter i hver prøve, og at der tilsyneladende er forskel på dykkernes fund af sjældne arter, har vi valgt ikke at transformere data. Vægten i dataanalyserne er derfor lagt på de almindelige og dominerende arter, skønt der også vil være et bidrag fra de mere sjældne.

### *Jackknife-estimation af artsantal*

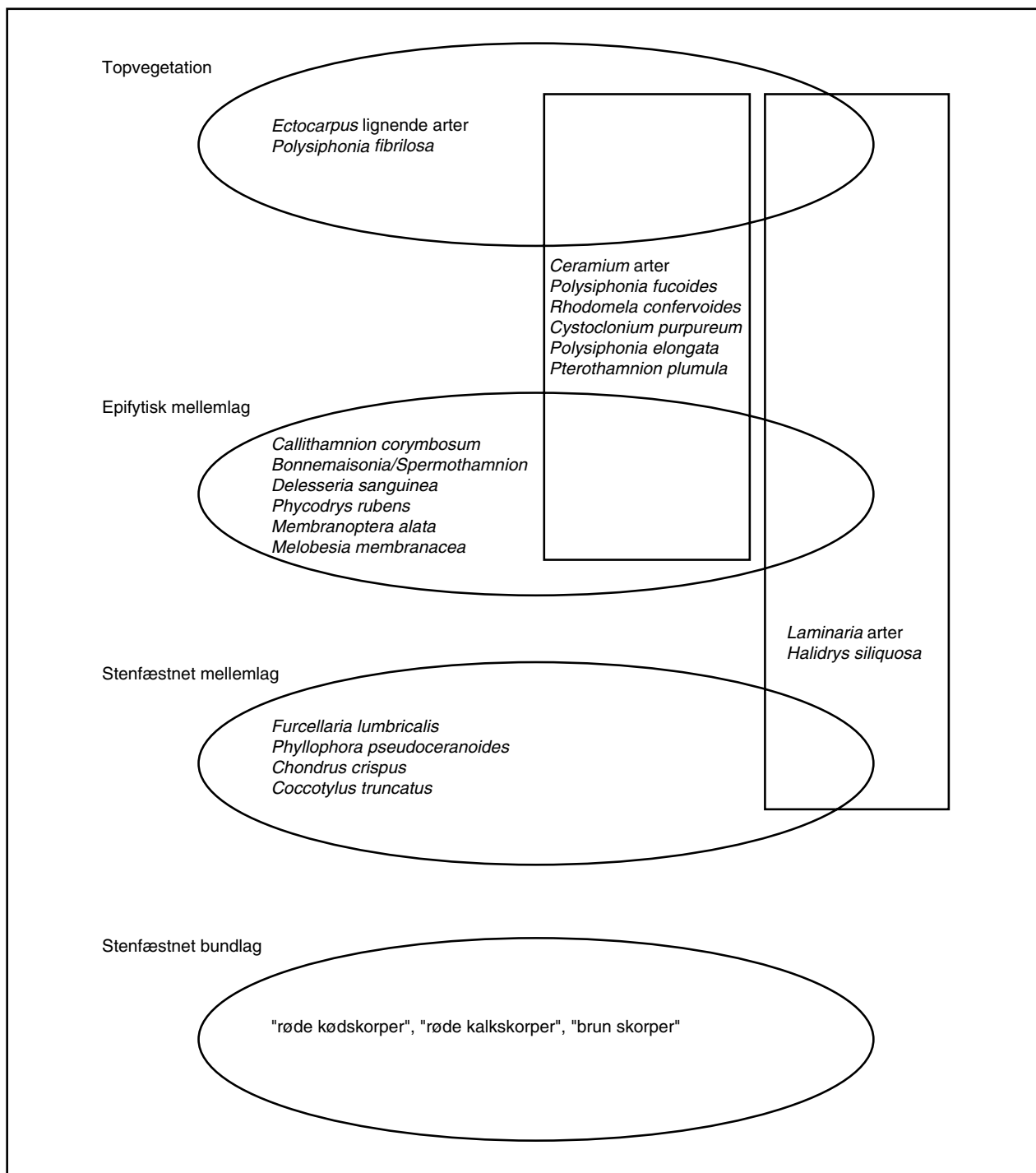
PC-ord programpakken er anvendt til såkaldt Jackknife-estimering af en lokalitets artsrigdom. Jackknifing er baseret på en non-parametrisk procedure med gentagne stikprøveudtagninger. Der findes to Jackknife-metoder. Et første ordens Jackknife er estimeret på baggrund af det totale antal registrerede arter, artsantal i én prøve og antal stikprøver (Heltshe & Forrester, 1983; Palmer, 1990). Et anden ordens Jackknife beror i stedet på antallet af arter i præcis to prøver (Burnham & Overton, 1979; Palmer, 1991). Brug af Jackknife-estimering har som forudsætning, at delprøvernes indsamlingsareal er konstant.

### *Funktionelle grupper*

Little & Little (1980, 1984) og Steneck & Dethier (1994) har begge argumenteret for at anvende funktionelle grupper i stedet for arter som indikatorer for fx fysisk stress. Deres argument for at anvende de funktionelle grupper er, at der er relativt få artsegenskaber, der afgørende strukturerer makroalgesamfund, og at disse egenskaber oftest findes på tværs af taksonomiske skel.

Steneck & Dethier inddeler arterne i følgende funktionelle grupper: Mikroalger (gr. 1), trådformede alger uden bark (gr. 2), trådformede med tynd bark eller flerradede tråde/grene (gr. 2,5), bladformede alger med 1 cellelag (gr. 3), tykkere bladformede alger (gr. 3,5), makroalger med tykkere bark (gr. 4), læderagtige alger (gr. 5), leddelte

kalkholdige alger (gr. 6) og skorpeformede alger (gr. 7). I Dahl et al. (2000) blev der lavet en inddeling af en del af den danske algeflora i funktionelle grupper efter Steneck og Dethiers skala. I denne analyse har vi også grupperet algerne efter samme funktionelle grupper. De funktionelle gruppers dækningsprocenter blev opnået ved at summere de enkelte arter eller artsgruppers dækningsprocenter.



Figur III.3 Algezonering på 7,5 meters dybde på Ebbelykke Rev, juni 1999.

## 6. Resultater

Indledningsvis skal det bemærkes, at vegetationen på Ebbelykke Rev var yderst vanskelig at beskrive for dykkerne. Den flerlagede vegetation på 7,5 meters vanddybde med de mest karakteristiske arter er vist på *Figur III.3*.

### 6.1 Evaluering af de to anvendte metoder til dækningsbeskrivelse og eventuel dykkereffekt (fase 1)

Metodevurderingen tog udgangspunkt i følgende forhold: Hvor mange arter kunne registreres med en given indsats? Hvor konsistente var data, der blev indsamlet, udtrykt ved den kumulative dækningsprocent, samt hvor omkostningsfuldt var det at opnå replikate data? En statistisk sammenligning mellem de to metoder, baseret på middelværdi og spredning af udvalgte arters dækningsprocent, som oprindeligt planlagt, var ikke mulig. Årsagen var, at der pga. ressource-mangel ikke blev indsamlet, hvad der kan betragtes som tre replikate punktdyk algedatasæt, efter at kalibreringen havde fundet sted.

#### Antal fundne arter og tilhørende Jackknife-estimer ved de to metoder

Det samlede antal arter/artsgrupper, der blev identificeret på 7,5 meter stationen uanset metode, var 43. Ved punktdykmetoderne fandt dykker A sammenlagt 36 og dykker B 31 arter. Det gennemsnitlige artsantal for den enkelte dykker og standardafvigelsen fremgår af *Tabel III.2*, der også viser 1. og 2. ordens Jackknife-estimer på stationens samlede artsantal. De tilsvarende artsantal og estimer for stenreplikaterne fremgår af *Tabel III.3*. Ikke uventet var det gennemsnitlige antal arter, der fandtes pr. replikat, større ved punktdykmetoden end ved stenindsamlingen, idet et større areal blev screenet for arter ved den første metode. Det gennemsnitlige antal arter pr. replikat var stort set identiske uanset dykker for hver af de to metoder. Det totale antal arter, der blev identificeret, var derimod væsentlig højere for dykker A sammenlignet med dykker B uanset metode. Der var ikke stor forskel mellem det samlede artsantal, der blev fundet af dykker A på 10 stenreplikater og 3 punktdykreplikater. Forskellen var derimod noget større for dykker B.

**Tabel III.2** Antal arter, der er identificeret pr. punktdyk og totalt ved 3 gentagne dyk på samme position, samt estimerede artsantal ved "Jackknife".

	Dykker A	Dykker B	Både A og B
Punktdyk 1	25	27	
Punktdyk 2	28	24	
Punktdyk 3	28	29	
Gennemsnit og standard pr. punktdyk	27 +/- 1,7	26,7 +/- 2,5	
Samlet artsantal/dykker (alle punktdyk)	36	31	
Jackknife-estimat 1. orden	46	35,3	
Jackknife-estimat 2. orden	49,2	36,5	
Samlet identificeret artsantal uanset dykker			37

*Usikre bestemmelser af samlet artsantal*

Det faktum, at dykker A fandt flere "sjældne" arter end dykker B, prægede i høj grad Jackknife-estimerne på det samlede artsantal på stationen (Tabel III.2 og Tabel III.3). Af tabellen fremgår det også, at den samme dykkers data førte til meget forskellige estimer for det samlede artsantal mellem de to dage.

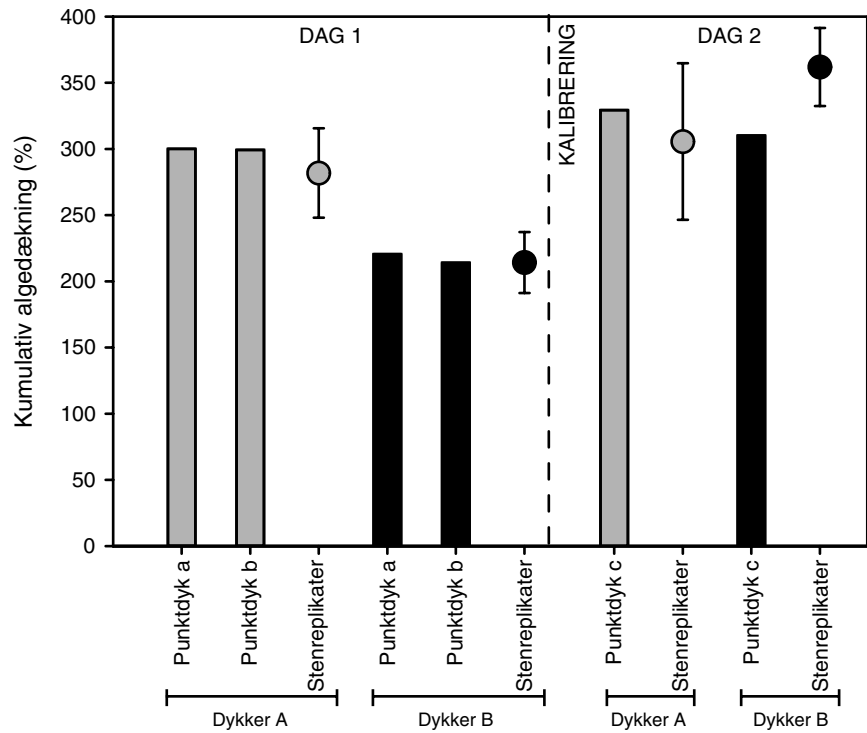
**Tabel III.3** Antal arter, der er identificeret pr. stenreplikat og totalt for 10 sten på samme position, samt estimerede artsantal ved "Jackknife".

	Dag 1		Dag 2	
	Dykker A	Dykker B	Dykker A	Dykker B
Sten 1	20	18	21	16
Sten 2	18	18	19	16
Sten 3	18	18	18	18
Sten 4	17	19	24	21
Sten 5	21	19	18	18
Sten 6	18	18	21	19
Sten 7	18	16	23	20
Sten 8	17	18	18	21
Sten 9	19	16	18	21
Sten 10	21	20	20	22
Gennemsnit og standard	18,7 +/- 1,5	18 +/- 1,2	20 +/- 2,2	19,2 +/- 2,1
Samlet artsantal/dykker/dag	35	27	33	24
Jackknife-estimat 1. orden	44	29,7	37,5	24,9
Jackknife-estimat 2. orden	50,6	30	37,2	25
Samlet identificeret artsantal uanset dykker	40			

### Kumulative dækningsprocenter

I dækningsprocentbestemmelserne var der en fin overensstemmelse mellem de to metoder for begge dykkere, men som tidligere nævnt var der en stor forskel mellem de to dykkere på den første dags indsamling (Figur III.4). Efter interkalibreringen var der fortsat en fin overensstemmelse med den første dags indsamlinger for begge metoder for dykker A. Dykker B tilnærmede sig dykker A for punktmetoden, men fremkom med noget højere kumulative dækninger for replikaterne indsamlet på sten.

De tidligere undersøgelser (Dahl et al., 2000) indikerede, at bestemmelsen af algernes dækning var mere ensartet mellem dykkerne, når den blev baseret på et gennemsnit af mindre enheder i form af enkelt sten fremfor ved punktdykmetoden.



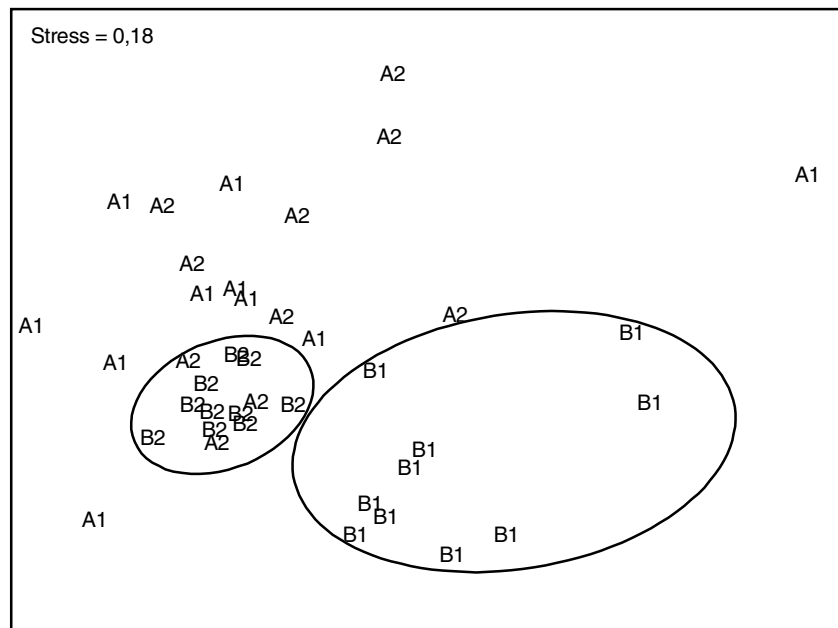
**Figur III.4** Kumulativ algedækning for dykker A og dykker B hver fordelt på 3 punktdyk (a-c) og som gennemsnit med standardvariation af data indsamlet på stenreplikater henholdsvis før og efter kalibrering.

### Dykkereffekt

Multivariat statistik, baseret på Bray-Curtis similariteter på arternes procentvise dækning, blev anvendt til at belyse dykkereffekten. Som udgangspunkt kræves mindst 3 replikater. Da dykkerne gennemførte en interkalibrering mellem den anden og tredje punktdykundersøgelse, kan kravet om tre replikater ikke umiddelbart siges af være tilgodeset for punktdykmetoden. De statistiske analyser er derfor baseret på "stenreplikaterne", som til gengæld tillader en analyse for en kalibreringseffekt med en Two Way Crossed Anosim test (Dykker A/B \* før/efter kalibrering). Testen viste, at der både var signifikante dykker- og kalibreringseffekter ( $P = 0,0\%$  i begge tilfælde) med Global R-værdier på henholdsvis 0,405 og 0,337. Som det fremgår af Figur III.5, der er et multidimensionelt plot (MDS) af de enkelte replikaters algedækning fordelt på dykker og før/efter interkalibrering, lå effekten af før/efter interkalibreringen alene hos dykker B. For hver af dykkerne blev det testet med en One Way Anosim test, om der var den samme algesammensætning før og efter interkalibreringen (dykker A: Global R = -0,000 og  $P = 46,9\%$ ; dykker B: Global R = 0,674 og  $P = 0,0\%$ ). Ud fra stenreplikaterne kunne man således ikke påvise, at dykker A havde ændret beskrivelse efter interkalibreringen. Det resultat var også i store træk i overensstemmelse med den konsensus, der blev opnået mellem dykkerne under kalibreringen.

Anosim test

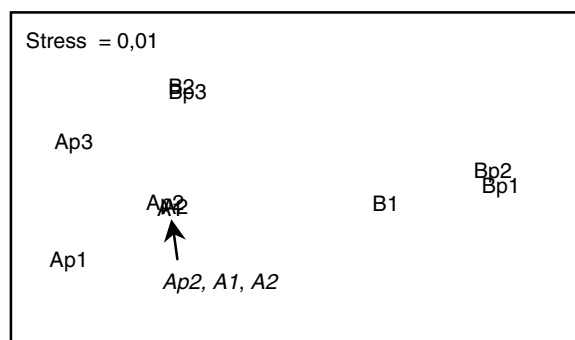
MDS-plot af algevegetation på stenreplikater



**Figur III.5** MDS-plot af dykker A's og dykker B's algesammensætninger indsamlet på sten før (1) og efter (2) kalibrering. Dykker B's registreringer af de 2 dage er fremhævet med elipser.

*MDS-plot af algesamfund bestemt ved begge metoder*

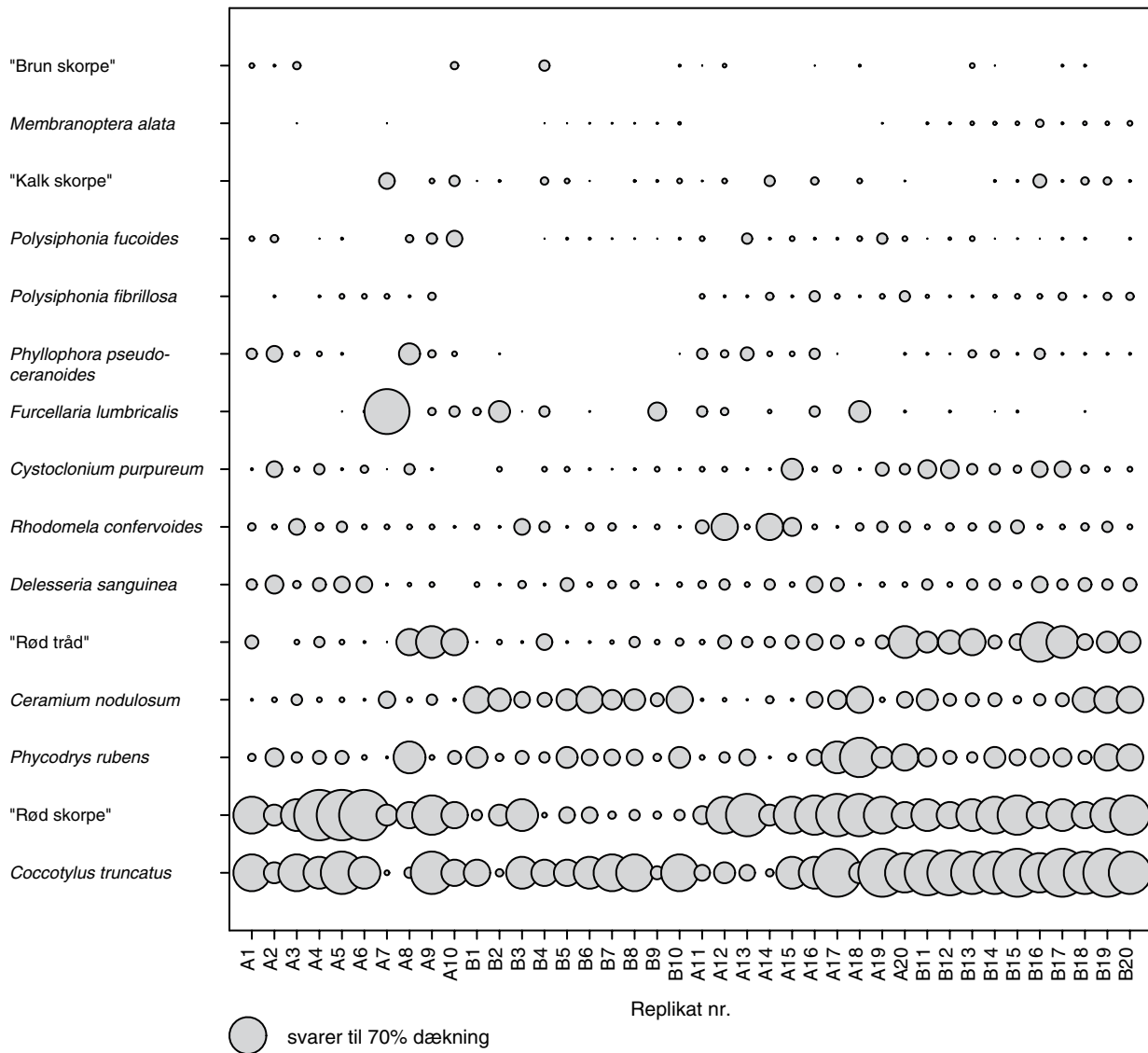
Figur III.6 viser et MDS-plot af de algesamfund, der er beskrevet før og efter kalibreringen af henholdsvis dykker A og B for hver af de to metoder. Også her er anvendt Bray-Curtis similariteter på arternes dækningsprocent. For metoden baseret på stenreplikater er gennemsnitsværdier af de indsamlede replikater anvendt som repræsentative størrelser for algesamfundene i de pågældende indsamlinger. Af figuren fremgår det, at der var en meget stor lighed mellem dykker A's to serier af stenreplikater (A1 og A2), hvorimod variationen mellem A's tre punktdyk var væsentlig større. Dykker B's resultater for stenreplikaterne og punktdyk efter kalibreringen lå indbyrdes tæt. Efter interkalibreringen var dykker B's resultater væsentlig mere lig dykker A's resultater.



**Figur III.6** MDS-plot af algesamfund beskrevet ved punktdyk og som gennemsnit af data fra stenreplikater. Ap (1-3) og Bp (1-3) refererer til algesammensætningen fra 3 punktdyk for hver dykker, hvoraf de to første for hver dykker er gennemført før interkalibrering. A (1-2) og B (1-2) refererer til gennemsnit af sten for hver dykker, igen således at (1) er indsamlet før kalibrering og (2) er indsamlet efter.

Fordeling af vigtigste arter

Figur III.7 viser en matrice med de 15 mest dominerende arters/arts-komplekseres dækningsprocenter fordelt på hver enkelt stenreplikat. Det ses umiddelbart, at dykker B har registreret arts-komplekserne "røde skorper" og "røde trådalger" og arterne *Phyllophora pseudoceranoides* og *Polysiphonia fibrillosa* med væsentlig lavere dækningsprocent end dykker A før kalibreringen.



Figur III.7 Dækningsprocenter af de 15 mest dominerende arter/arts-komplekser fordelt på de enkelte stenreplikater på 7,5 meters dybde. Replikaterne er nummereret således, at der refereres til henholdsvis dykker A og B samt et fortløbende nummer. Numrene 1-10 er indsamlet før interkalibreringen og 11-20 efter kalibreringen.



## SIMPER-analyse

En mere analytisk måde at anskue forskellene på er at beregne den gennemsnitlige Bray-Curtis dissimilaritet mellem de enkelte sæt sten-replikater, der blev indsamlet, og herefter bestemme de enkelte arters bidrag til de fundne similariteter. Similaritet inden for hvert sæt sten-replikater blev beregnet med SIMPER til mellem 61 og 83% (Tabel III.4) og dissimilariteten mellem replikatsættene blev beregnet til mellem 31 og 45%. Som det også fremgår af MDS-plottet i Figur III.5, var similariteten inden for det enkelte sæt replikater høj for dykker B efter kalibreringen, hvorimod den var lavest for dykker A, der registrerede en sten med meget afvigende vegetation. Den afvigende sten var helt domineret af *Furcellaria lumbricalis* på bekostning af *Phycodrus rubens* og *Phyllophora/Coccotylus* arterne. Forskellen (dissimilariteten) var størst mellem de to dykkers datasæt fra den første dag og mindst for de to replikatsæt hver af dykkerne indsamlede efter kalibreringen. De vigtigste arters forklaringsprocent for henholdsvis de fundne similariteter og dissimilariteter fremgår ligeledes af Tabel III.4. Det ses her, som i rådata (Figur III.7), at arterne/artskomplekserne *Coccotylus truncatus*, *Ceramium nodulosum*, "rød skorpe" og "rød tråd" bidrog væsentligt til de fundne forskelle mellem replikatsættene.

## Vigtigste arters forklaringsprocenter

**Tabel III.4** Gennemsnitlige similariteter mellem replikater, indsamlet af henholdsvis dykker A og B på Ebbelykke Rev samt dissimilariteter mellem de to dykkere. Tvivlsomme arter er samlet i artsgrupper. De vigtigste arter, som har størst forklaringsprocent på ligheder/forskelle, er anført.

Ebbelykke Rev - Dækningsprocent - Artsreduceret										
	Similariteter (%)				Dissimilariteter (%)					
	Før kalibrering		Efter kalibrering							
	Dykker A	Dykker B	Dykker A	Dykker B						
Testgruppe nr.	1	2	3	4	1 & 2	1 & 3	2 & 3	4 & 1	2 & 4	3 & 4
Gennemsnitlig similaritets-/dissimilaritetsprocent	60,9	70,1	66,2	83,1	45,1	35,9	42,6	33,6	37,6	30,9
<b>Vigtigst arters forklaringsprocent</b>										
<i>Coccotylus truncatus</i>	23,0	27,2	18,0	26,9	10	13	12	14	15	17
"Rød skorpe"	31,3	12,0	27,3	18,6	19	11	18	9	17	8
<i>Phycodrus rubens</i>	8,3	15,1	9,4	9,5	7	10	9	8	5	10
<i>Ceramium nodulosum</i>	4,8	22,5	4,9	8,3	12	6	11	10	6	10
"Rød tråd"	5,7	4,3	9,3	11,6	8	10	7	13	15	11
<i>Deleseria sanguinea</i>	6,4	5,3	5,5	5,8	5	5	4	5	5	4
<i>Rhodomela confervoides</i>	5,7	5,0	7,6	4,0	4	7	8	3	4	7
<i>Cystoclonium purpureum</i>	3,4	2,4	4,2	5,4	4	5	4	6	8	7
<i>Phyllophora pseudoceranoidea</i>	3,8	0,0	2,9	1,8	6	6	5	5	4	4
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	0,9	2,3	1,9	0,2	9	9	7	6	5	5

Ved kalibreringsøvelsen viste det sig, at dykker A var meget mere omhyggelig med afbørstning af sedimenteret detritus, svampe og planterester end dykker B. Denne procedureforskel havde stor indflydelse på vurderingen af skorpemængden. Dykker B havde også en systematisk tendens til at undervurdere *Cystoclonium* på bekostning af *Ceramium*, og endelig synes dykker B's opmærksomhed med hen-

syn til at finde *Polysiphonia*-arterne ikke tilstrækkelig skærpet. Den sidste større forskel var adskillelsen af *Coccotylus truncatus* og *Phyllophora pseudoceranoides*. Korrekt identifikation af de to arter er generelt vanskelig og tidligere dokumenteret som et problem under dykkerundersøgelse (Dahl et al., 2000). En væsentlig årsag til problemet kan tilskrives overvoksning med mosdyret *Electra pilosa*. *Electra* dækkede samlet 30-60% af vegetationen, men var især knyttet til *Phyllophora* og *Coccotylus*. En omhyggelig identifikation af disse arter kræver en omfattende og tidskrævende fjernelse af *Electra*-belæggingerne.

#### Godt resultat af kalibrering

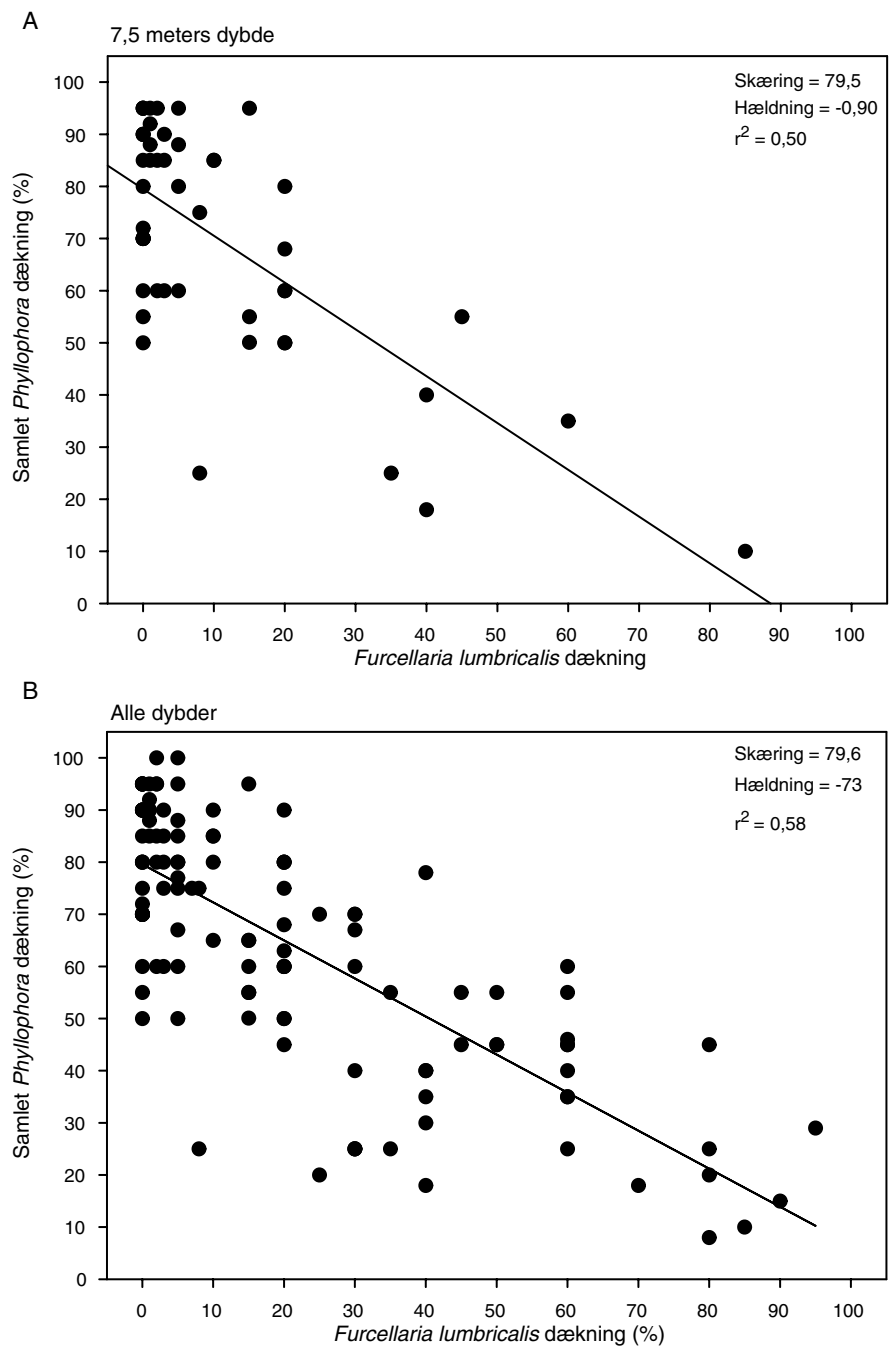
Efter kalibreringen var der god overensstemmelse i bestemmelsen af dækningsprocenten af røde skorper og *Phyllophora pseudoceranoides* mellem de to dykkere. Forskellen mellem *Ceramium*- og *Cystoclonium*-bestemmelserne var også mindsket væsentlig. For de små fine trådalger samlet i komplekset "rød tråd" var dykker B's dækningsprocent derimod øget en faktor fire til i gennemsnit ca. 44%, eller knapt det dobbelte af dykker A's to bestemmelser. En anden forskel ved dykker B's algebeskrivelse efter kalibreringen i forhold til de øvrige tre replikatsæt var manglen på *Furcellaria* og den højere dækning af *Coccotylus truncatus*. *Furcellaria lumbricalis* er ikke en art, der overses. Individierne var spredte og generelt store og i direkte konkurrence med *Phyllophora*-/*Coccotylus*-arterne om et fæstne på stenene, som dokumenteret i *Figur III.8a+b*. At replikater med en højere *Furcellaria*-dækning og hermed tilhørende lavere *Phyllophora*-/*Coccotylus*-dækning har en væsentlig betydning for variationerne mellem de indsamlede replikater er visualiseret i MDS-plottet i *Figur III.9*, som er baseret på de samme data som *Figur III.5*. Manglen på netop *Furcellaria* i dykker B's replikater efter kalibreringen kan derfor være en væsentlig forklaring på den lille variation i det indsamlede algemateriale.

#### *Furcellaria* kontra *Phyllophora* og *Coccotylus*

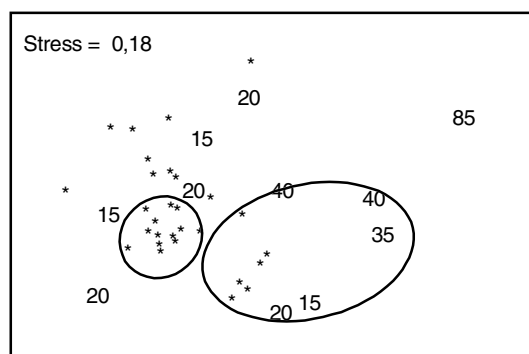
*Furcellarias* dækning varierede også ganske meget, fra 1 til 10% i begge dykkeres tre punktdykbestemmelser.

#### Tidsforbrug pr. replikat

Det gennemsnitlige tidsforbrug for registrering af vegetationsdækninger under et punktdyk var 57 minutter for dykker A og 48 minutter for dykker B. Et stenreplikatdatasæt tog derimod ca. 14 minutter for begge dykkere. Tidsforbruget svarer således til, at der kan indsamles ca. 4 stenreplikater for et punktdykreplikat. I fase 2 steg dykker A's tidsforbrug på samme station til først 18 minutter pr. sten og senere til ca. 22 minutter. Der blev ikke gennemført punktdykindsamlinger i fase 2, så der er ingen dokumentation for, om indsamlingstiden også løbende blev forøget ved denne metode.



**Figur III.8** Sammenhæng mellem dækning af *Furcellaria lumbricalis* og summen af *Phyllophora*-/*Coccotylus*-arter. A: kun på 7,5 meter stationen indsamlet af begge dykkere under fase 1 i maj. B: Data fra alle dybder, begge dykkere, indsamlet både i maj og juni.



**Figur III.9** MDS-plot som i *Figur III.5* men med fokus på de replikater, som har en *Furcellaria lumbricalis*-vegetation med mere end 10 procents dækning. Dykker B's registreringer de 2 dage er fremhævet med elipser.

## 6.2 Variation over tid

### Dagseffekt

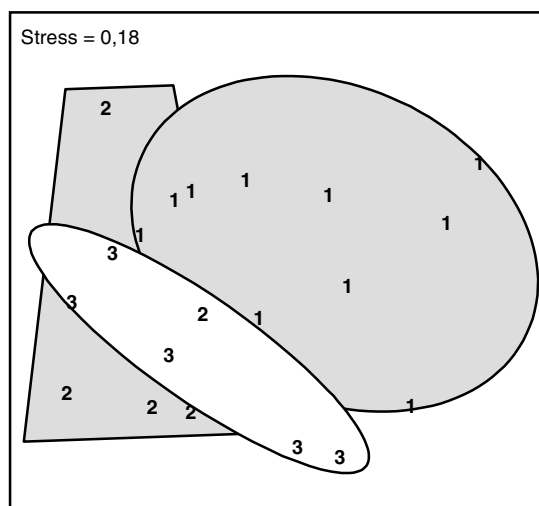
Indsamlingsproceduren på de enkelte stationer under fase 2 blev opdelt i to og i enkelte tilfælde i tre perioder. Årsagen var begrænsninger i dykkerens fysiske mulighed for at fortsætte arbejdet ud over 3-5 replikater. For at undersøge om dykkeren ubevidst blev påvirket i sin subjektive bedømmelse af vegetations sammensætningen fra sten til sten, blev indsamlingen på en station fordelt på flere dage, med indsamlinger på andre stationer imellem. Det blev hermed muligt at teste, om der var en dagseffekt. En Two Way Anosim test, hvor dag og station var de to variable, gav en signifikant dagseffekt ( $p = 4,5\%$ ). Global R-værdien var på 0,105, hvilket indikerer, at dagsforskellen ikke var stor. En nærmere analyse af data viste, at dagseffekten alene kunne tilskrives én station ud af de 9 undersøgte. En gennemgang af de indsamlede data på den pågældende station pegede på, at det var en tilfældig fordeling af sten med og uden den genkendelige art *Furcellaria*, og dermed mere eller mindre dækning af *Phyllophora*/*Coccolytus*-arter, som gjorde udfaldet. Den signifikante dagseffekt var derfor sandsynligvis et artefakt pga. det lille antal prøver, snarere end udtryk for, at dykkeren havde en tendens til at repetere sig selv i de subjektive bedømmelser af dækningsgrader. I de følgende analyser er replikaterne på en station derfor betragtet som uafhængige af hinanden.

### Månedseffekt

Undersøgelsens design med en fase 1 i maj og en fase 2 forskudt over to delperioder i juni gjorde det muligt at teste for en eventuel ændring i vegetations sammensætningen over den samlede periode på 35 dage. Som omtalt i afsnittet om lokalitet og dataindsamling, blev der indsamlet 5 replikater hver den 10. og 18. juni på den samme 7,5 meter station, som blev undersøgt i maj med 10 replikater. Da interkalibreringen ikke kan udelukkes at have påvirket dykker A's bestemmelse, ses der bort fra replikaterne indsamlet før kalibreringen. En One Way Anosim test på algef fordelingerne fra de 3 indsamlinger viste, at der var en signifikant forskel ( $p = 2,7\%$  og Global R = 0,211). En parvis sammenligning mellem de tre indsamlingstidspunkter viste, at den største forskel lå mellem indsamlingen i maj og den første indsamling i juni ( $p = 2,3\%$ ), hvorimod der ikke kunne påvises forskel mellem de to indsamlinger i juni måned ( $p = 20,6\%$ ). P-værdien mellem den første og sidste indsamling var 5,5%. *Figur III.10* viser de enkelte replikater fra de 3 indsamlinger. Similariteter og dissimilariteter indenfor og mellem de 3 respektive replikatdatasæt fremgår af *Tabel III.5*. Tabellen angiver også de vigtigste arters procentvise forklaringsandel af de fundne similariteter og dissimilariteter. Blandt de mest markante forskelle mellem algevegetationen i maj og juni var fremvæksten af *Polysiphonia fibrillosa* og *Ectocarpus*-lignende arter. I maj var dækningsgraden af de to arter henholdsvis 10 og 0,4%, hvorimod dækningen var øget til henholdsvis 40-50 og 20% i juni indsamlingerne.

Signifikant forskel i algesamfund

Arter med markant fremvækst



**Figur III.10** MDS plot af replikaternes algesammensætning fra 19. maj (punkterne 1), 10. juni (punkterne 2) og 18. juni (punkterne 3).

**Tabel III.5** Gennemsnitlige similariteter og dissimilariteter mellem replikater, indsamlet af dykker A på Ebbelykke Rev fordelt på 3 datoer på samme 7,5 meters station. Tvivlsomme arter er samlet i artsgrupper. De vigtigste arter og artskomplekser, som har størst forklaringsprocent på ligheder/forskelle, er anført.

Ebbelykke Rev på 7,5 meters dybde						
	Indsamlingsdato					
	19. maj	10. juni	18. juni			
Antal replikater	10	5	5			
Gruppe nr.	1	2	3	1 & 2	1 & 3	2 & 3
Gennemsnitlig similaritets-/dissimilaritetsprocent	66,2	69,1	68,4	37,5	36,4	32,4
<b>Vigtigst arters forklaringsprocent</b>						
"Rød skorpe"	27,3	22,7	24,1,0	7,3	5,7	5,2
<i>Coccotylus truncatus</i>	18,0	23,8	15,8	10,5	10,5	8,1
<i>Phycodrus rubens</i>	9,4	9,4	6,1	7,4	8,7	6,4
"Rød tråd"	9,3	8,1	10,9	5,4	8,6	8,3
<i>Rhodomela confervoides</i>	7,6	2,4	3,7	6,9	5,8	3,4
<i>Delesseria sanguinea</i>	5,5	4,8	4,4	4,8	3,7	5,4
<i>Ceramium nodulosum</i>	4,9	1,8	4,0	5,4	8,4	8,9
<i>Cystoclonium purpureum</i>	4,2	2,8	1,7	8,5	6,4	10,4
<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	3,5	13,9	11,8	17,2	11,0	11,2
<i>Polysiphonia fucoides</i>	3,1	0,7	2,0	4,9	2,3	4,4
<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	2,9	3,0	3,4	3,1	3,8	3,2
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	1,9	2,5	2,9	4,5	9,1	9,0
" <i>Ectocarpus</i> lignende arter"	0,0	3,1	5,6	7,4	8,2	7,2
"Brun skorpe"	0,4	0	1,7	,8	2,8	3,2



**Tabel III.6** Two Way Crossed Anosim test for forskel mellem dybder og stationer.

	Global R	p-værdi
<b>Test for forskel mellem dybder</b>		
Global test:	0,638	0,0%
Parvis test:		
6,5 og 7,5 m	0,174	0,5%
6,5 og 9 m	0,583	0,0%
6,5 og 10,5 m	0,834	0,0%
6,5 og 12,5 m	0,993	0,0%
7,5 og 9 m	0,361	0,0%
7,5 og 10,5 m	0,688	0,0%
7,5 og 12,5 m	0,992	0,0%
9 og 10,5 m	0,275	0,0%
9 og 12,5 m	0,934	0,0%
10,5 og 12,5 m	0,750	0,0%
<b>Test for forskel mellem stationer</b>		
Global test	0,158	0,0

**Tabel III.7** One Way Anosim test for forskel mellem stationerne på de enkelte dybdeintervaller.

Dybder	Global R	p-værdier
6,5 meter	-0,044	65,9%
7,5 meter	0,038	25,0%
9,0 meter	0,121	7,8%
10,5 meter	0,177	3,5%
12,5 meter	0,537	0,0%

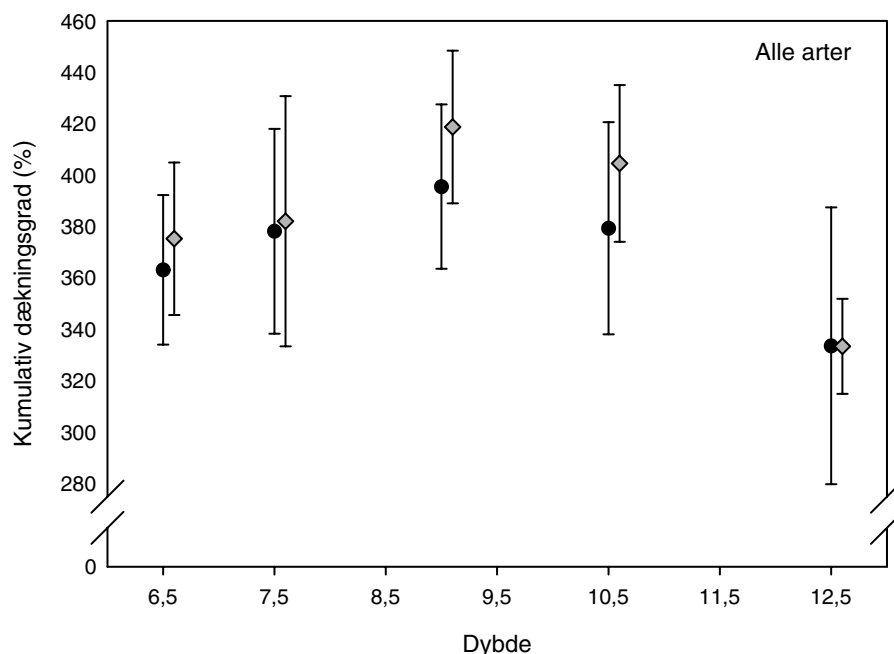
Kumulative  
dækningsprocenter

Figur III.12 viser den gennemsnitlige dækningsprocent og spredning af alle arter kumuleret på de ti stationer fordelt på de fem dybder. Det antages, at spredningen er normalfordelt omkring middelværdien. Den kumulative dækningsprocent synes stort set ens uanset dybde i de pågældende dybdeintervaller dog med en tendens til et fald på den dybeste station.

Vertikal zonerings af  
dominerende enkeltarter

På trods af at den samlede vegetationsdækning ikke udviste stor dybdemæssig variation, gjorde det sig gældende på artsniveau. I Figur III.13, som omfatter de 12 arter, som gennemsnitligt har den største dækningsprocent, fremgår det, at arter/artskomplekser som "rød skorpe", *Cystoclonium purpureum*, *Delesseria sanguinea* og *Ectocarpus*-lignende arter har en mere eller mindre tydelig præference for de lavere vanddybder. *Polysiphonia fibrillosa* og *Coccotylus truncatus* klarerede sig godt fra 6,5 til 10,5 meters dybde, men ikke på den dybeste station på 12 meter. *Phycodryis rubens* og kalkskorperne derimod klarerede sig begge markant bedre med øget vanddybde. Arter som *Fur-*

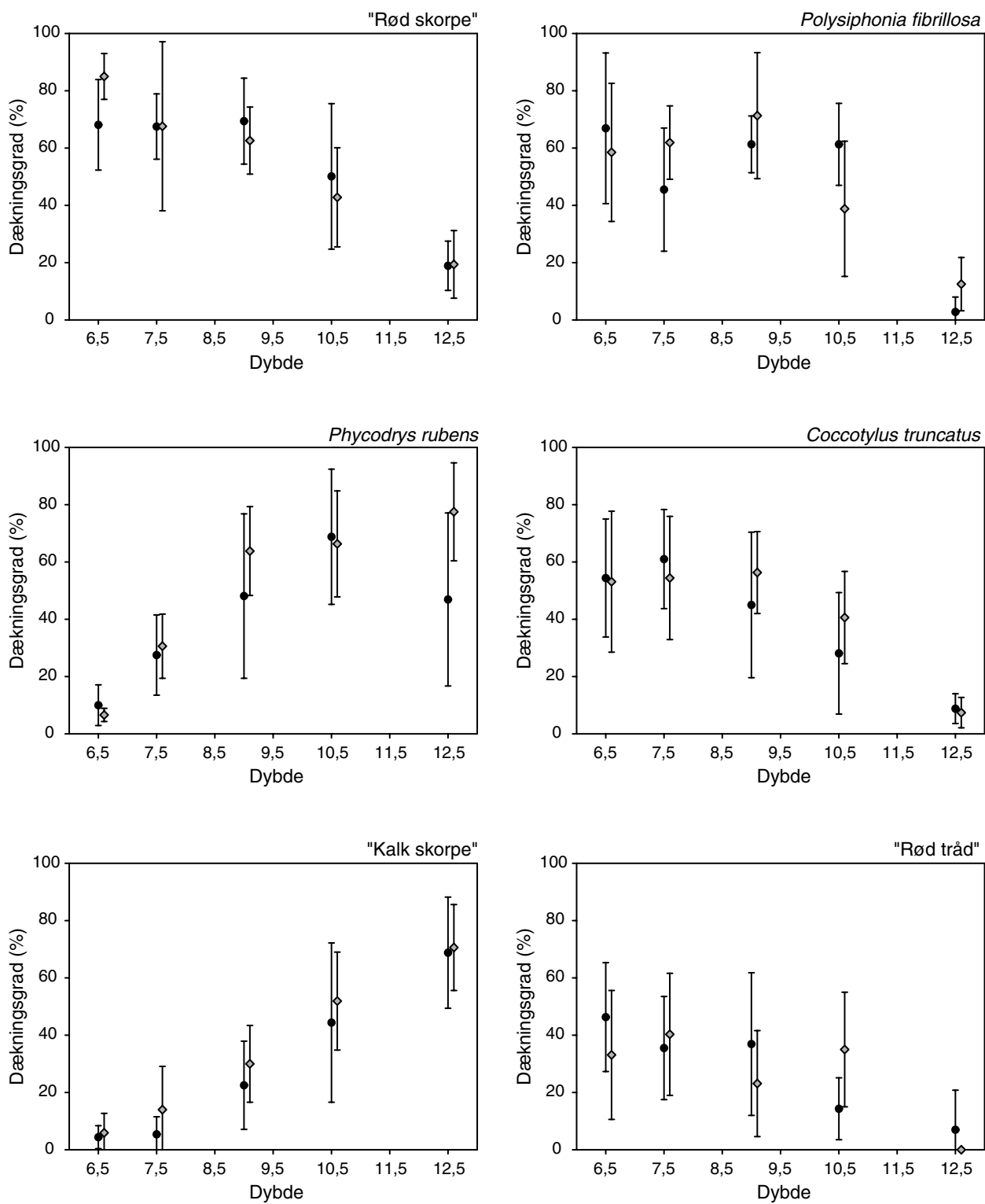
*celaria lumbricalis* og *Phyllophora pseudoceranoides* udviste ikke tydelige dybdepræferencer men derimod stor variation fra sten til sten og oftest, som tidligere vist, i direkte konkurrence med hinanden.



**Figur III.12** Den gennemsnitlige kumulative dækningsprocent med tilhørende standardafvigelse af alle algearter fordelt på de enkelte indsamlingsstationer.

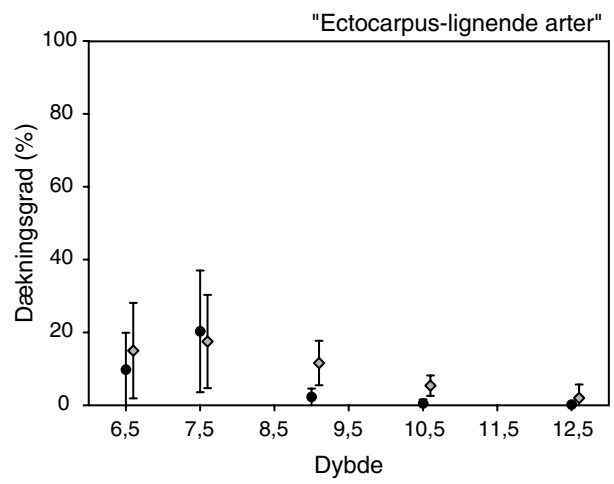
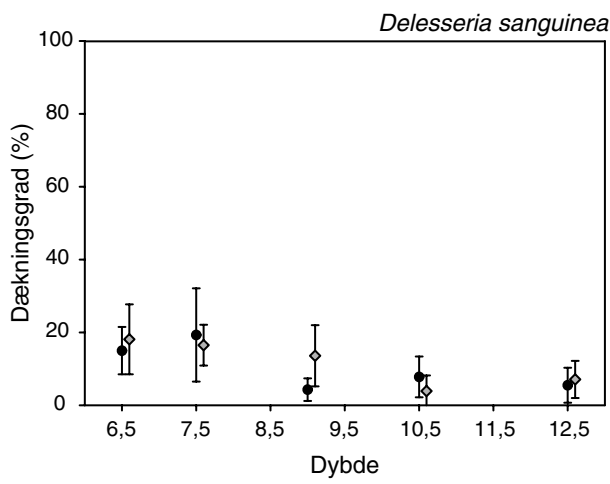
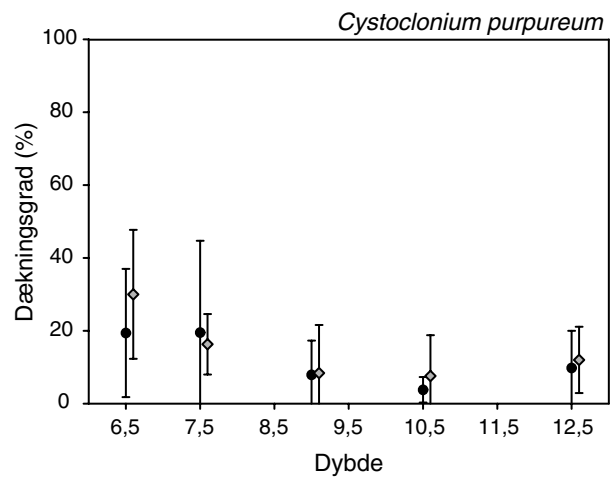
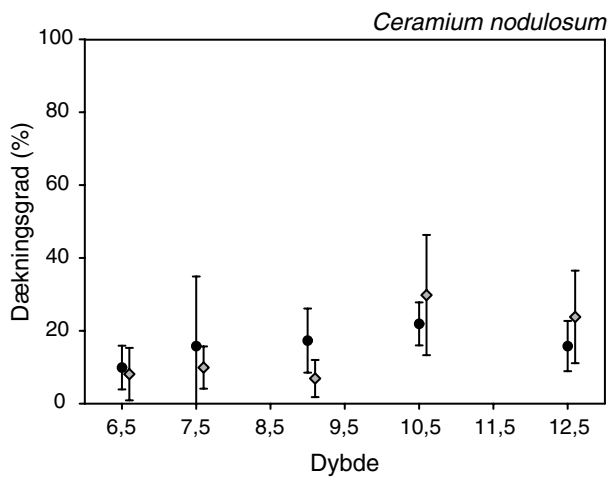
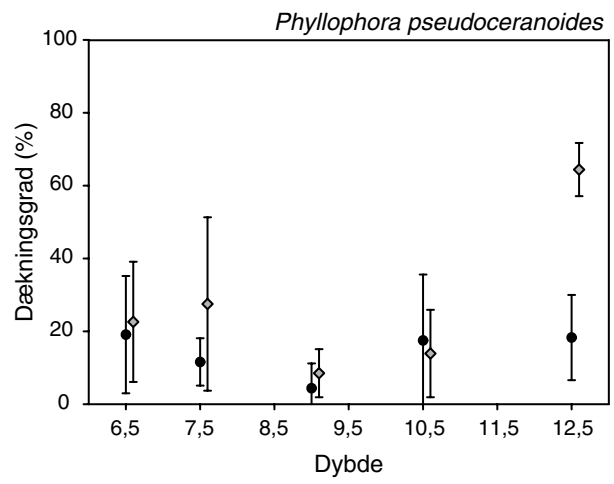
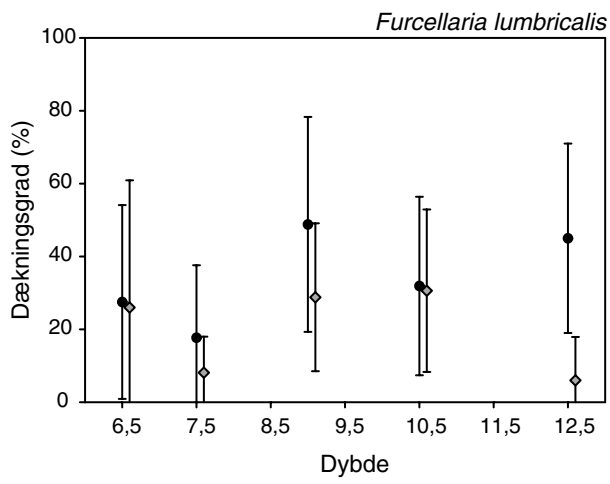
Forekomsten af *Furcellaria lumbricalis* har ikke kun en indflydelse på vegetationen, der oftest hæfter direkte på stenenes overflade. Der var tilsvarende en negativ sammenhæng mellem *Furcellaria* og en anden dominerende rødalge *Phycodryis rubens* på de dybder, hvor denne art har sin hovedudbredelse (Figur III.14). *Phycodryis* sidder oftest epifytisk i vegetationens mellemlag i artens øvre vertikale udbredelsesområde men, som det fremgår af figuren, i mindre omfang på *Furcellaria*.



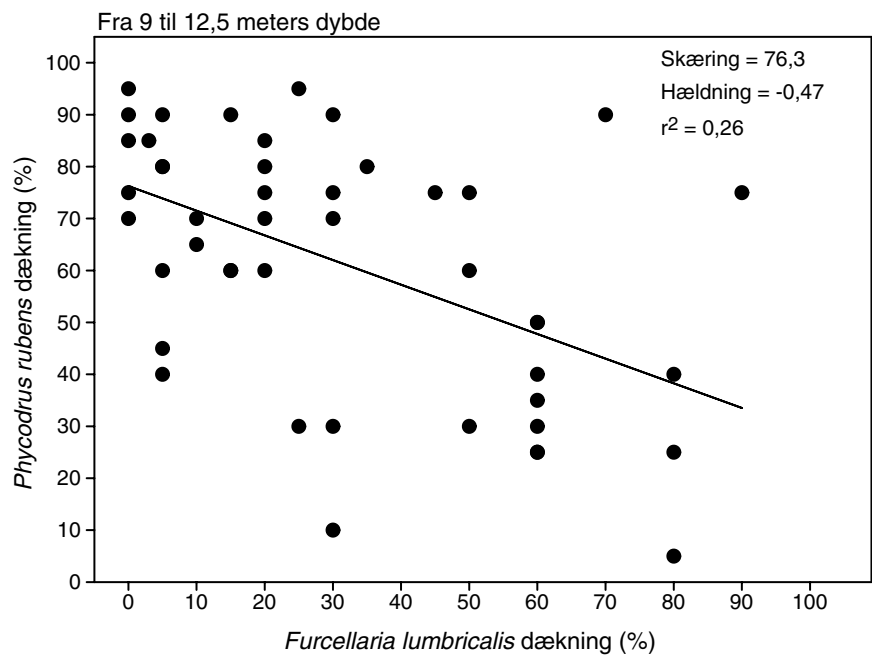


**Figur III.13** Den gennemsnitlige dækningsprocent med tilhørende standardafvigelse af 12 arter fordelt på de enkelte indsamlingsstationer. De 12 arter var udvalgt på baggrund af deres dominerende rolle på Eb-belykke Rev, som blev bestemt ved at beregne de enkelte arters gennemsnitlige dækning på alle stationer uanset dybde.

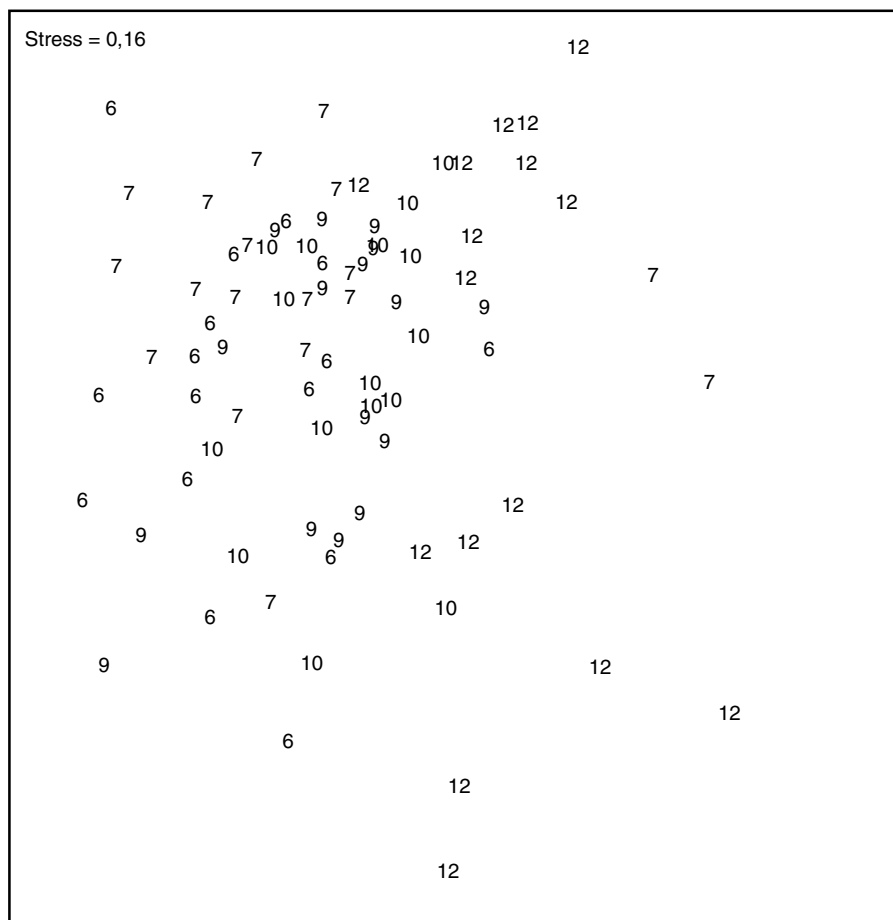
(figur fortsætter på næste side)



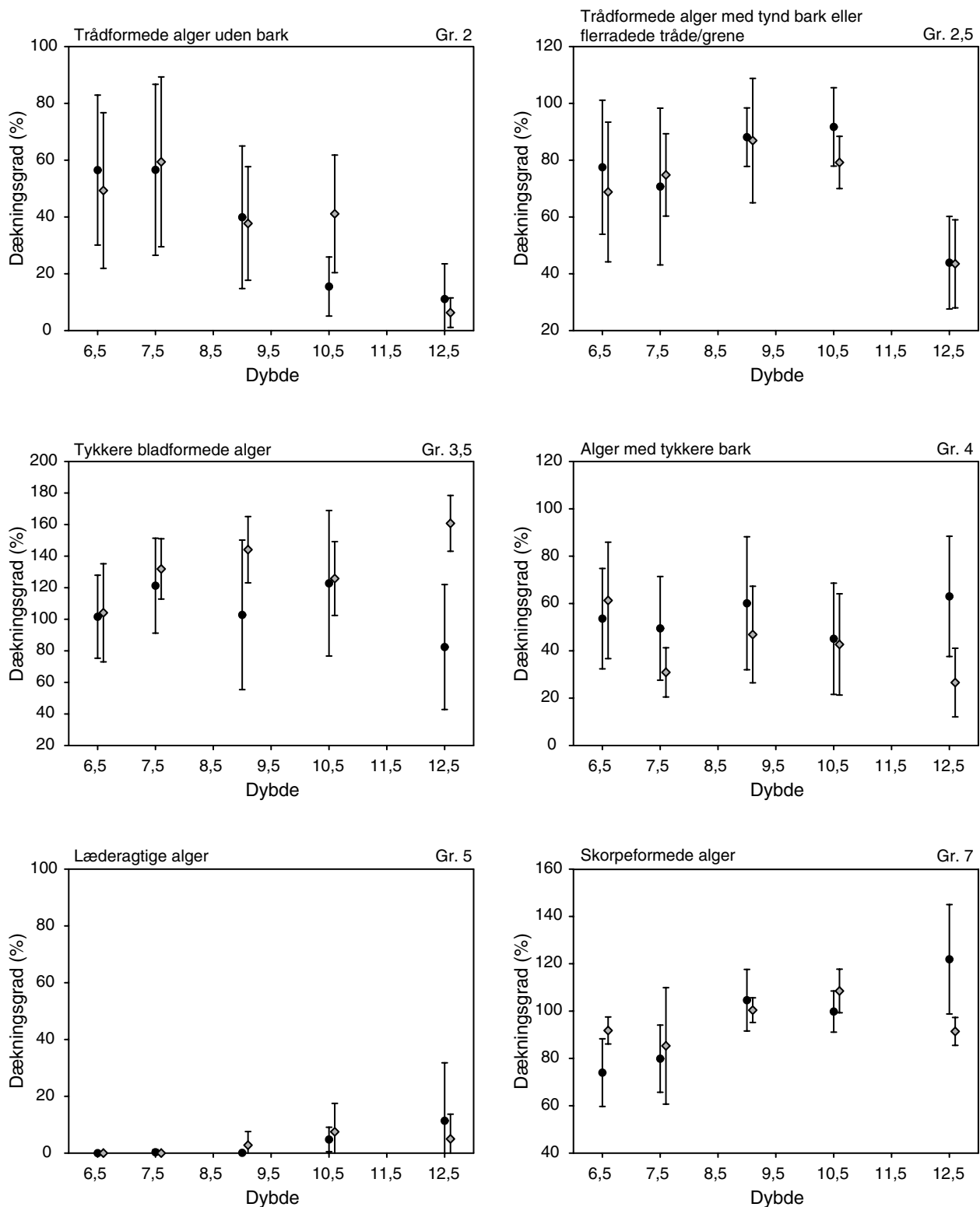
Figur III.13 (fortsat)



**Figur III.14** Sammenhæng mellem forekomst af *Furcellaria lumbricalis* og *Phycodryus rubens* på vanddybder fra 9 til 12,5 meters dybde på Ebbelykke Rev.



**Figur III.15** MDS-plot af algesammensætningen grupperet i funktionelle grupper og fordelt på fem forskellige dybder. Tallene angiver dybden på den enkelte replikat.



**Figur III.16** Den gennemsnitlige kumulative dækningsprocent med tilhørende standardafvigelse for alger samlet i de 6 vigtigste funktionelle grupper efter Steneck & Dethiers (1994) inddeling, fordelt på de enkelte indsamlingsstationer.

*Vertikal zonerings af funktionelle grupper*

I MDS-plottet, *Figur III.15*, er algesamfundenes vertikale zonerings vist på baggrund af en inddeling af vegetationen i funktionelle grupper, jævnfør kapitlet om databehandling. Den markante adskillelse i algesamfund, som kunne iagttages på baggrund af artsanalyser i *Figur III.11*, er ikke længere så tydelig. Det fremgår også af Two Way

Anosim testen i *Tabel III.8*. Der var stadig en overordnet signifikant dybdeforskel, men Global R var mindre, end når artssammensætningen blev testet. I den parvise test kunne samfundene, udtrykt ved funktionelle grupper, ikke adskilles fra 6,5 til 7,5 meters dybde og fra 9 til 10,5 til meters dybde.

**Tabel III.8** Two Way Crossed Anosim test for forskel mellem dybder og stationer, hvor alger er grupperet i funktionelle grupper.

		Global R	p-værdi
<b>Test for forskel mellem dybder</b>			
Global test:		0,300	0,00%
Parvis test:	6,5 og 7,5 m	0,017	32,20%
	6,5 og 9 m	0,139	2,00%
	6,5 og 10,5 m	0,248	0,10%
	6,5 og 12,5 m	0,635	0,00%
	7,5 og 9 m	0,126	2,70%
	7,5 og 10,5 m	0,191	0,20%
	7,5 og 12,5 m	0,624	0,00%
	9 og 10,5 m	0,020	31,80%
	9 og 12,5 m	0,520	0,00%
	10,5 og 12,5 m	0,533	0,00%
<b>Test for forskel mellem stationer</b>			
Global test		0,156	0,00%

I *Figur III.16* er de funktionelle gruppers dækningsprocent plottet som funktion af dybden. Funktionel "gr. 2" udviste tydeligst respons som funktion af dybden. Grupperne "3,5" og "4" udviste ingen respons og de øvrige et svagt respons.

## 7. Diskussion

En væsentlig forudsætning for dette studium af metoder til beskrivelse af algevegetation har været en grundig vurdering af reproducerbarheden af de indsamlede algedata, både mellem dykkere og for den enkelte dykker. Ebbelykke Rev blev valgt dels ud fra logistiske grunde men i høj grad også på grund af, at algesammensætningen er en flerlaget vegetation domineret af rødalger. Lokaliteten repræsenterer den type algesamfund, som stiller størst krav til dykkernes faglige formåen.

På trods af at det var to meget erfarne og kompetente dykkere, der udførte feltarbejdet ved Ebbelykke Rev, resulterede beskrivelserne ikke i identiske artslistor. Forskellene var til stede, uanset om data blev indsamlet med punktdykmeteren eller som replikater på sten. Tilsvarende forskelle er fundet ved de tidligere pilotundersøgelser rapporteret i Dahl et al. (2000). Et sådant resultat er i en vis grad for-

*Artslistor/antal er ikke en robust parameter*

venteligt, når der er tale om algesamfund med mange sjældne arter, men der synes også at være en systematisk forskel mellem dykkerne. Fordelingen med mange sjældne arter fører også til, at Jackknife-estimerer på det totale artsantal på en given station ikke er robuste, hvilket også diskuteres i Palmer (1995). Fra overvågningsprogrammet på stenrev ved vi, at det registrerede artsantal øges betragteligt, når de indsamlede algeprøver efterfølgende oparbejdes i laboratoriet. På trods af den grundige behandling af data viste pilotundersøgelsen på Lysegrund i 1996, at der fortsat var stor forskel på artsantallet mellem gentagne dykninger på samme punkt udført af samme dykker (Dahl et al., 2000). Usikkerheden på bestemmelsen af artsantallet i samme punkt var så stor, at det må konkluderes, at artslister ikke er en særlig robust overvågningsparameter.

### Kalibreringsøvelsen

Der var systematiske forskelle i de to dykkers bedømmelse af visse arter og artsgruppers dækningsprocenter ved starten af undersøgelsen. En meget detaljeret interkalibreringsøvelse fjernede dog hovedparten af forskellene. Væsentlige forskelle kunne tilskrives rensningsprocedure af algevegetation for mosdyret *Electra pilosa* og stenflader for svampe og sedimenteret detritus. Der var også forskelle, som kunne tilskrives dykkernes subjektive vurdering af algernes dækning. De største forskelle var forbundet med vurdering af de tynde trådformede arter, som var meget dominerende på undersøgelsesdybden, og som fandtes i flere lag i vegetationen. Data indsamlet af dykker A var ikke signifikant forskellige før og efter interkalibreringen.

Under de tidligere undersøgelser (Dahl et al., 2000) blev andre systematiske forskelle mellem de to dykkere påvist, hvoraf adskillelsen af *Laminaria digitata* og *Laminaria hyperborea* var den mest iøjefaldende på lokaliteter i det nordlige Kattegat. Generelt må det anbefales, at der sker en løbende kvalitetskontrol med interkalibreringer mellem dykkere, hvis data skal være sammenlignelige. Udvikling af robuste metoder til bestemmelse af *Laminaria*-arterne, fx ved farvning af et antal indsamlede bladplader efter endt dykning, ville være ønskeligt. Alternativt bør det overvejes at samle de to *Laminaria*-arter i et arts-kompleks. En anden og radikal løsning på problemerne med dykker-effekt er, at dykkerne alene foretager en algeindsamling, og at biomassebestemmelser afløser de subjektive dækningsprocentbestemmelser. I forbindelse med dette projekt var størsteparten af data i fase 2 rent faktisk indsamlet, konserveret og gemt. Det anbefales, at en laboratorieoparbejdning foretages i nærmeste fremtid som en udbygning af projektet. Oparbejdningen kan eventuelt begrænses til de vigtigste arter og en restgruppe, når hovedvægten lægges på de multivariate analyser.

Effekten af dykkeren er et generelt problem ved denne type monitoring, som omfatter subjektive skøn af artsdækninger. I forbindelse med indikatorprojektet (Dahl et al., 2000) er der blevet konstrueret en liste, hvor arter, der kan forveksles, er blevet samlet i artsgrupper, som er operationelle i felten. Problemet vil kunne minimeres ved at gøre samlegupperne i listen større. Ulempen i overvågningssammenhæng er naturligvis tab af information. Erfaringer fra bundfaunadatasæt (Clarke & Warwick, 1998) har imidlertid vist, at analyserne er robuste overfor tab af information ved reduktion i artsantallet,

og fordelene ved at minimere fejlagtige observationer overstiger selvfølgelig langt ulemperne. Samtidigt kan man eventuelt forvente en lille tidsmæssig besparelse.

Bedømmelserne af substratets stabilitet er en vigtig parameter for det gældende indsamlingsprogram under NOVA, uanset om det er en transektundersøgelse eller en punktundersøgelse. Algedata skal indsamles på stabilt substrat for at repræsentere de miljøfaktorer, som ikke forårsages af fysiske forstyrrelser som følge af vindgenereret stress.

#### *Stabilt substrat*

At der vitterlig er stor forskel på vegetationen afhængig af stenstørrelsen er dokumenteret i Dahl et al. (2000). Her er det påvist, at stabile sten er domineret af flerårige algearter, hvorimod det ustabile substrat på samme lokalitet og dybde er domineret af enårige arter og generelt har en meget mindre mængde alger opgjort ved at kumulere dækningsprocenterne for de forskellige arter.

Efter de gældende retningslinier for vegetationsundersøgelser (Krause-Jensen et al., 1998) beskrives den gennemsnitlige vegetationssammensætning på det stabile substrat, uanset substratets type og størrelse. Det stabile substrat varierer selvsagt fra station til station som følge af eksponering for strøm og vindgenererede bølgeeffekter. Data fra pilotundersøgelserne viste, at der var en god overensstemmelse mellem dykkernes bestemmelse af den mindste stenstørrelse for stabilt substrat på flere lokaliteter. På Ebbelykke Rev var der en noget større forskel, idet dykkerne havde bedømt størrelsesgrænserne for sten til henholdsvis 7 og 10 cm. På Ebbelykke Rev, med en stor dominans af sten større end 10 cm, betyder forskellen i vurdering næppe nogen rolle, men på lokaliteter med færre og mindre sten kan vurderingsforskelle sagtens få en afgørende betydning på den gennemsnitlige vegetationssammensætning, som beskrives.

På trods af at dykkeren beskrev et substrat som stabilt, pegede de foregående replikatundersøgelser fra 1998 på, at vegetationens artsammensætning og dominans også var afhængig af stenstørrelsen. (Dahl et al., 2000). Denne forskel behøver ikke at bero på, at stenene flytter sig under stormvejr, men afspejler nok snarere det faktum, at mindre sten, der ligger i skygge af større, har en anderledes artsammensætning og algedækning. Det var planlagt, at undersøgelsen ved Ebbelykke Rev skulle verificere disse resultater, men af ressource-mæssige årsager måtte indsamlingen af mindre sten i den stabile fraktion opgives. Fortsatte undersøgelser af dette aspekt vil være formålstjenlige.

#### *Standardisering af indsamlingen på én substratfraktion*

Usikkerheden med stenstørrelsens betydning for artssammensætningen er et godt argument for at standardisere indsamlingen til en bestemt stenstørrelse, hvad enten data indsamles med punktdykmetoden eller på mindre replikatenheder. Prisen for en sådan standardisering er, at det kan være svært at finde substrat med den ønskede størrelse på alle lokaliteter, og at man kun fokuserer på en del af algesamfundet.

### Strukturerende parametre for algesamfund i åbne farvande

I Dahl et al. (2000) viste vi, på et stort datamateriale fordelt i åbne indre danske farvande, at lys, dybde og salinitet er de væsentligste strukturerende parametre for makroalgesamfund. I forhold til disse variable udviste indsamlingstidspunktet (juni eller august) mindre betydning bortset fra de år, hvor indsamlinger i april også indgik i analyserne. I denne undersøgelse, med flere replikater på en enkelt lokalitet, viste analyser af algevegetationens sammensætning, at vegetationen ændrede sig signifikant over en måned fra maj til juni. Det var særligt mængden af trådalger, omfattende *Ectocarpus*-komplekset og *Polysiphonia fibrillosa*, der blev øget. En inspektion to måneder senere - den 26. august på samme 7,5 meters station - viste, at dækningsprocenten af *Ectocarpus* og *Polysiphonia* igen var faldet. Faldet var ganske betydeligt for *Ectocarpus*-lignende arter, og ændringerne kan eventuelt tilskrives kraftige vindhændelser med deraf følgende bølgeeksponering på revet mellem juni og august. Studier af de fineste trådalgers respons på bølgegenereret fysisk stress, det være sig på lavt vand i beskyttede områder eller på større vanddybder i åbne farvande, bør iværksættes for at belyse, om disse arter i deres forekomst som fasthæftede alger er egnede indikatororganismer i relation til miljøovervågning.

### Adskillelse af algesamfund langs en vertikal gradient

I indikatorprojektet (Dahl et al., 2000) fandt vi også på 4 udvalgte stenrev, at algesamfund kunne skelnes med forskelle i dybden, der generelt varierede fra 2 til 4 meter. Det skal her bemærkes, at dybdeintervallet mellem stationerne på de undersøgte rev oftest var 2 meter. For at kunne lave analyserne på de pågældende revlokaliteter, var det nødvendigt at se bort fra år til år variationer for at få replikate data. Denne undersøgelse på Ebbelykke Rev viser, at med 2 sæt á 8 replikater, indsamlet på hver dybde inden for et kort tidsrum, kan algesamfund uden problemer adskilles med en meget højere vertikal opløsning. Signifikant forskellige algesamfund blev fundet på alle 5 undersøgte dybdeintervaller. For stationerne placeret nær toppen af revet på 6,5 og 7,5 meters dybde betyder det, at algesamfundene kan skelnes med en opløsning, der er mindre end 1 meter. En ændring på 1 meter i det dybdeinterval svarer til en beregnet svækkelse i det årlige gennemsnitlige lysniveauet på ca. 25%, og stigningen i saliniteten modelleret til 0,5‰ for medianværdien. Forskellene i lysniveauer og median saliniteten mellem de øvrige valgte undersøgelsesdybder er noget større.

### Enkeltarters respons på en vertikal gradient

Mange enkeltarter udviste et positivt eller negativt vertikalt respons, dog ikke stærkere, end at de kun i få tilfælde tydeligt kunne adskille et eller få dybdeintervaller med det her anvendte replikatantal. Tilsvarende er det vist, at en vertikal adskillelse af algesamfund, beskrevet ved hjælp af funktionelle grupper, ikke kan gøres med samme fine opløsning, som når arter anvendes i analyserne.

### Horisontal variation i algesamfund

Analyserne viste også, at der ud over den tydelige vertikale opløsning var en mindre horisontal variation i algesamfundene på samme rev. De horisontale forskelle var signifikant forskellige på de større undersøgelsesdybder. Det er dokumenteret, at arterne *Furcellaria lumbricalis* på den ene side og *Coccotylus truncatus* + *Phyllophora pseudoceranoides* optrådte i skarp indbyrdes konkurrence om fæste direkte på substratet. På de dybere stationer var der tilsvarende en vis negativ sammenhæng mellem *Furcellaria* og *Phycodrys rubens*. Fordelingen



af sten med og uden væsentlig forekomst af *Furcellaria* registreret under fase 1 på 7,5 meters dybde tyder på, at den horisontale variation lå inden for det område, der er udtaget stikprøver fra. Punktdykundersøgelsen viste samme variation for de pågældende arter som data indsamlet på sten uanset dykker. Det kunne tyde på, at replikatantallet har været for lille til at give en god beskrivelse af en art som *Furcellaria*, der forekommer på få sten i det valgte størrelsespektrum, men med en relativ stor dækning når den træffes. Tilsvarende har indsatsen ved punktdykmetoden ikke været tilstrækkelig med hensyn til at bestemme det nederste vegetationslag.

*Omkostninger ved  
punktdyk vs.  
"stenreplikat"-metoden*

De multivariate analyser kræver som minimum tre replikater, men kvaliteten af data og analysernes styrke øges betragtelig med et øget antal. Erfaringer fra denne og tidligere undersøgelserne fra 3 forskellige stenrev (Dahl et al., 2000) har vist, at der kan indsamles replikate vegetationsdata fra ca. 4 sten i det samme tidsrum, som det tager at indsamle vegetationsdata fra ét punktdyk. Dykkertid går let hen og bliver en begrænsende faktor på undersøgelsesdybder over 9 meters dybde, og indsamling af data fra 3 eller flere punktdyk er en omkostningskrævende affære. På den baggrund synes stenreplikater at være et rigtig godt alternativ, forudsat at sten i rette størrelsesintervaller findes i passende mængder i de dybder, som ønskes sammenlignet.

## 8. Konklusion

Undersøgelserne på de marine stenrev har vist, at der er en dykkereffekt knyttet til den subjektive vurdering af algernes dækningsgrader. Effekten er til stede, uanset om data indsamles med såkaldt punktdykning eller med mindre replikatenheder som fx sten. Undersøgelsen peger dog også på, at en grundig kalibrering kan minimere forskellene til et niveau, der er acceptabelt.

De indsamlede artslistor og estimer på det reelle artsantal viste både i denne og i de foregående undersøgelser, at ingen af de her anvendte metoder er særligt anvendelige til beskrivelse af biodiversiteten selv i samme punkt ved gentagne indsamlinger med samme dykker. Mange sjældne arter og måske også en forskel mellem dykkerne gør, at ingen af metoderne vurderes som særligt robuste. Det medfører, at en god beskrivelse af artsantallet kræver en meget stor indsamlingsindsats.

Den påviste udvikling i vegetationssammensætningen over en 5 ugers periode viste, at det er vigtigt at gennemføre de årlige dataindsamlinger inden for et relativt snævert tidsrum.

Analysen af de indsamlede algedata på Ebbelykke Rev viste også, at der er meget markante rumlige fordelinger på stenrevene. Horisontalt kan forskellene tilskrives relativt få arter og deres indbyrdes konkurrence om hæftemulighed direkte på stenenes overflade. Fordelingsmønstret tyder på, at forskellene ligger inden for det undersøgte område, dvs. at effekten muligvis kan elimineres ved at øge replikatantallet. Den vertikale forskel i algevegetationen var derimod meget udtalt. Algesamfund indsamlet med ned til én meters forskel i dybde kunne uden problemer skelnes fra hinanden. En endnu finere opløs-

ning kunne sandsynligvis være påvist med samme replikatantal, hvis undersøgelsesdybderne havde været lagt nærmere hinanden. Den meget skarpe adskillelse i algesamfund langs den vertikale akse kunne ikke genfindes på enkeltartsniveau, og multivariate analyser på alger samlet i funktionelle grupper udviste heller ikke samme tydelige respons.

De gennemførte undersøgelser og erfaringer fra tidligere studier dokumenterer, at algesamfund er meget velegnede som indikatorer for ændrede lysforhold, når data analyseres ved hjælp af multivariat statistik. De metodiske problemer, der er dokumenteret som følge af dykkernes forskellige skøn over nogle af algearternes dækning, og den usikkerhed, der altid vil være forbundet med en subjektiv vurdering, kan helt fjernes ved at ændre metoden til at bero på biomasseopgørelser.

# IV Metodetest på hård bund i fjorde

*Af Dorte Krause-Jensen, Anne Lise Middelboe, Jens Sund Laursen og Søren Erik Larsen*

## 1. Introduktion

Metodetesten på hård bund i fjorde var opdelt i to faser her benævnt "Del I" og "Del II".

*1. hovedformål:  
Valg af metode*

Formålet med metodetestens del I var at finde den mest velegnede metode ud af 5 forskellige til at beskrive vegetationen i et punkt. Vi testede, om det var en fordel at undersøge vegetationen i punktet som helhed, eller om det var bedre at underinddele punktet og undersøge vegetationen i delprøver. Vi sammenlignede derfor vegetationsundersøgelser i punktet som helhed med 4 forskellige metoder til at underopdele punktet: store og små rammer samt korte og lange liner. Det areal, dykkeren skulle undersøge, var i alle tilfælde veldefineret og overskueligt, hvilket tjente til at øge objektiviteten i undersøgelsen.

*Udvælgelseskrav*

Udvælgelsen af den bedste metode skete på baggrund af en cost-benefit analyse, der sammenlignede metodernes reproducerbarhed, præcision og ressourceforbrug. Metodernes reproducerbarhed er udtrykt som variansen mellem forskellige dykkeres resultater. Præcision er udtrykt som variansen mellem delprøver foretaget af samme dykker. Ressourceforbruget er udtrykt som tidsforbruget ved undersøgelsen.

*2. hovedformål:  
Valg af prøvetagningsstrategi*

Metodetestens del II tog udgangspunkt i resultatet af del I. Med den metode, som vi gennem metodetestens del I fandt bedst, testede vi, hvor mange observationer der skulle til for bedst muligt at beskrive vegetationens rumlige variation. Den rumlige variation i vegetationens udbredelse kan være forskellig afhængigt af, hvilke områder der undersøges. Der kan fx være forskel i de rumlige variationer mellem de indre og de ydre fjordafsnit. Undersøgelsen af den rumlige variation blev derfor foretaget både i en inderfjord og i en yderfjord.

## 2. Materialer og metoder

### DEL I

#### Feltarbejde

*Omfang*

Undersøgelsen blev gennemført i den ydre del af Vejle Fjord den 26. og 27. august 1998. Undersøgelsen fandt sted på hård bund på ca. 1 meters dybde. Her var udlagt 4 punkter på 5 x 5 meter. Metodetesten omfattede 4 dykkere, som alle undersøgte vegetationen i hvert punkt med 5 forskellige metoder:

**Metode 1:** Punktet som helhed (1 delprøve)  
Punktstørrelse: sidelinie: 5 m – dvs. 25 m<sup>2</sup> undersøgelsesareal

**Metode 2:** Små rammer (3 delprøver)  
Rammestørrelse: diameter: 36 cm - dvs. 0,1 m<sup>2</sup> undersøgelsesareal

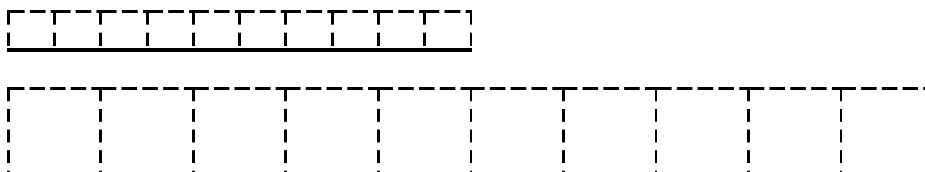
**Metode 3:** Store rammer (3 delprøver)  
Rammestørrelse: diameter: 71 cm - dvs. 0,4 m<sup>2</sup> undersøgelsesareal

**Metode 4:** Korte liner (3 delprøver)  
Linelængde: 1 m med 10 intervaller - dvs. 0,1 m<sup>2</sup> undersøgelsesareal

**Metode 5:** Lange liner (3 delprøver)  
Linelængde: 2 m med 10 intervaller - dvs. 0,4 m<sup>2</sup> undersøgelsesareal

### Fremgangsmåde

Ved hver metode bestemte dykkerne antal, taksonomi og dækningsgrad af makroalgarter, samt beskrev bundforholdene inden for det undersøgte areal. Ved punkt- og rammemetoderne (metode 1-3) vurderede dykkerne makroalgernes dækningsgrad subjektivt som algerne procentvise dækning af den hårde bund. Ved linemetoderne (metode 4 og 5) noterede dykkerne, hvilke arter der var til stede inden for de enkelte intervaller (se *Figur IV.1*). Dette blev gjort på følgende måde: Linerne var inddelt i 10 intervaller. Man skulle forestille sig, at hvert interval udgjorde siden i et kvadrat, som lå ud for linen. For hvert af de 10 kvadrater langs linen markerede dykkeren i feltskemaet, hvilke arter der var til stede. Hvis en art eksempelvis forekom i 2 ud af de 10 intervaller langs linen, var artens dækningsgrad 20%. Linemetoderne havde derved den fordel, at dykkeren ikke skulle foretage en subjektiv vurdering af dækningsgraden.



**Figur IV.1** Skitse af princippet i vegetationsundersøgelser langs liner. Der blev benyttet hhv. lange (2 m) og korte (1 m) liner, og begge typer var inddelt i 10 intervaller. Man skal forestille sig, at hvert interval udgør siden i et kvadrat, som ligger ud for linen. Kvadraterne er her markeret som stiplede linier. For hvert af de 10 kvadrater langs linen markerer dykkeren, hvilke arter der er til stede. Hvis en art eksempelvis forekommer i 2 ud af de 10 intervaller langs linen, er artens dækningsgrad 20%.

Hver dykker undersøgte hvert punkt med alle 5 metoder. Rækkefølgen af metodetyperne blev valgt tilfældigt. Rammer og liner blev ligeledes udlagt tilfældigt på den hårde bund inden for det afgrænsede område. Rammerne og linerne blev så vidt muligt udlagt på 100% hård bund. I nogle tilfælde var områderne med hård bund dog mindre end rammen, og i sådanne situationer blev dækningsgraden vurderet i forhold til den hårde bund inden for rammen. Ligeledes blev frekvensen af arter langs linerne kun vurderet for intervaller med hård bund.

## Tidsforbrug

Tidsforbruget pr. prøve blev noteret for hver metode. Dykkerne indsamlede desuden materiale som dokumentation. Materialet blev indsamlet uden for det afmærkede punkt, så indsamlingen ikke påvirkede de efterfølgende bestemmelser inden for punktet.

## Prøveoversigt

I alt omfattede metodetesten følgende antal prøver:

- 16 punktobservationer
- 96 rammeprøver
  - ◆ prøver med store rammer
  - ◆ prøver med små rammer
- 96 lineprøver
  - ◆ 48 prøver med korte liner
  - ◆ 48 prøver med lange liner

## Databehandling

### Vegetationsparametre

Den statistiske analyse er udført for følgende vegetationsparametre:

- Dækningsgrad af udvalgte individuelle arter. For at kunne sammenligne metoderne rent statistisk var det nødvendigt at udvælge arter, der var udbredte på alle stationerne for at undgå for mange 0-observationer<sup>1</sup>. Følgende arter blev udvalgt:
  - ◆ *Fucus serratus*
  - ◆ *Fucus vesiculosus*
  - ◆ *Ceramium rubrum*
  - ◆ *Chondrus crispus*
  - ◆ *Polysiphonia fucoides*
- Relativ dækningsgrad af de udvalgte individuelle arter
  - ◆ Den relative dækningsgrad af en given art beregnes som artens dækningsgrad divideret med dækningsgraden af samtlige arter.
- Artsantal
- Artssammensætning

Der er 3 hovedspørgsmål, som skal besvares:

1. *Hvilken metode er mest reproducerbar ("within station" præcision)?*

### Reproducerbarhed

Metodernes reproducerbarhed er et udtryk for, hvor ensartede resultater forskellige dykkere opnår, når de benytter samme metode på samme station. Metodernes reproducerbarhed blev derfor vurderet ved at sammenligne standard errors (s.e.) (dvs. middelfejlen på midtallet) over de 4 dykkere for en given værdi af station og metode. Sammenligningerne blev gennemført ved brug af en varianskomponentmodel (Mixed model; Snedecov & Cochran, 1989). Modellen kan skrives op som:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ij}$$

---

<sup>1</sup> 0-observationer var generelt knyttet til sjældne arter, som i nogle områder forekom med en dækningsgrad på få procent og i andre områder slet ikke var til stede.

hvor  $i$  angiver metode ( $i = 1,2,3,4,5$ ), og  $j$  angiver station ( $j = 1,2,3,4$ ). Parameteren  $\mu$  angiver et fælles niveau,  $\alpha_i$  angiver error fra niveauet hørende til metode  $i$ , og  $\beta_j$  angiver den tilfældige afvigelse hørende til station  $j$ . Endelig er  $E_{ij}$  fejlløbet. Vi antager, at:

$$\beta_j \sim N(0, \sigma_s^2), \quad j=1,2,3,4$$

$$E_{ij} \sim N(0, \sigma^2), \quad \text{for alle } i, j$$

Observationer af dækningsgrader fra 0-100% er binomial-fordelte, og data er derfor arc sin-transformerede for at tilnærme normal-fordeling. Arc sin-transformationen er foretaget på følgende måde:

$$p' = \arcsin \sqrt{\frac{p}{100}}$$

hvor  $p$  = dækningsgrad i procent (Zar, 1996). Transformationen blev foretaget før standard error blev beregnet.

## 2. Hvilken metode er mest præcis ("within dykker" præcision)?

### Præcision

Metodernes præcision er et udtryk for ensartetheden mellem delprøver udtaget af samme dykker på samme station. Metodernes præcision blev derfor vurderet ved at sammenligne standard errors (s.e.) beregnet på grundlag af de 3 delprøver for hver kombination af dykker, station og metode.

Sammenligningerne blev foretaget ved anvendelse af en varianskomponentmodel (Snedecov & Cochran, 1989). Det skal bemærkes, at s.e. = 0 for punktmetoden (metode 1), da der ikke er delprøver, så denne metode indgår ikke i analysen. Præcisionen sammenlignes derfor kun blandt rammemetoderne og linemetoderne.

Varianskomponentmodellen kan skrives op som:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \gamma_{ij} + \eta_{ik} + \vartheta_{jk} + E_{ijk}$$

hvor  $i$  angiver metode ( $i = 2,3,4,5$ ),  $j$  angiver station ( $j = 1,2,3,4$ ), og  $k$  angiver dykker ( $k = 1,2,3,4$ ).

$\mu$  er et generelt niveau, og  $\alpha_i$  er afvigelsen fra dette niveau for metode  $i$ ,  $\beta_j$  er den tilfældige afvigelse for station  $j$ , og  $\delta_k$  er afvigelsen for dykker  $k$ . Parametrene  $\gamma_{ij}$ ,  $\eta_{ik}$  og  $\vartheta_{jk}$  er vekselvirkninger, og  $E_{ijk}$  er fejlløbet. Det antages, at:

$$\beta_j \sim N(0, \sigma_s^2)$$

$$\gamma_{ij} \sim N(0, \sigma_{MS}^2)$$

$$\eta_{ik} \sim N(0, \sigma_{SD}^2)$$

$$\vartheta_{jk} \sim N(0, \sigma^2)$$

Det er en forudsætning for analyserne af metodeeffekt, at der ikke er en signifikant vekselvirkning mellem dykker og metode, dvs. interaktionsledet  $\eta_{ik}$  skal kunne testes væk. Disse test af vekselvirkningen mellem dykker og metode er anført i Appendiks 2.

Dækningsgrader angivet i procent blev transformeret med  $p' = \arcsin\left(\sqrt{\frac{p}{100}}\right)$ , før s.e. blev beregnet.

For parameteren "artsantal" blev den statistiske analyse udført på rådata fremfor standard errors, idet der ikke findes delprøver for artsantallet.

For hver metode beregnede vi også det gennemsnitlige antal arter, der blev fundet i et givet antal delprøver. Dette blev gjort ved tilfældigt at udtrække det givne antal delprøver 500 gange og på baggrund heraf beregne det gennemsnitlige artsantal.

### 3. Hvilken metode kræver færrest ressourcer?

#### Tidsforbrug

Metodernes ressourceforbrug blev testet ved varianskomponentmodellen beskrevet i foregående afsnit, hvor  $y$  er parameteren tid. For rammemetoderne og linemetoderne er det samlede tidsforbrug for alle tre delprøver, der er opgjort og anvendt i analysen. For punktundersøgelsen er det ligeledes det samlede tidsforbrug, der er anvendt.

Igen er det en forudsætning for analyserne af metodeeffekt, at der ikke er en signifikant vekselvirkning mellem dykker og metode, dvs. interaktionsledet  $\eta_{ik}$  skal kunne testes væk. Disse test af metodeeffekt er anført i Appendiks 3.

## DEL II

### Feltundersøgelser

#### Omfang

I metodetestens del II analyserede vi makroalgernes rumlige variation med henblik på at fastlægge prøvetagningsstrategien, hvilket vil sige, hvor mange transekter og delprøver pr. transekt undersøgelsen skal omfatte for at opnå tilfredsstillende præcision i resultaterne. Undersøgelserne fandt sted i Vejle Fjord i juni 1999. Vi udlagde 10 transekter i hhv. den ydre og indre del af fjorden (*Figur IV.2*). Transekterne blev udlagt inden for områder med hård bund, således at der var basis for fasthæftet algevegetation. Af ressourcemæssige årsager begrænsede vi undersøgelsen til udelukkende at omfatte dybdeintervallet 1-2 m.

#### Fremgangsmåde

Langs hvert af de 10 transekter blev vegetationen undersøgt i 3 tilfældigt valgte punkter inden for dybdeintervallet 1-2 m. Punkterne blev udlagt ved at placere en pløk tilfældigt på den hårde bund. Til pløkken var fastgjort en line med en længde på 2,8 m, og dykkeren undersøgte området på ca. 25 m<sup>2</sup>, som linen afgrænsede. Vi anvendte den metode, der gennem metodetestens del I blev fundet bedst egnet mht. reproducerbarhed, præcision og ressourceforbrug. To dykkere

deltog i undersøgelsen; den ene undersøgte samtlige transekter i inderfjorden, mens den anden undersøgte yderfjorden.

#### Vegetationsparametre

Følgende vegetationsparametre blev undersøgt:

- Dækningsgrad af udvalgte arter
  - ◆ *Fucus serratus*
  - ◆ *Fucus vesiculosus*
  - ◆ *Ceramium rubrum*
  - ◆ *Chondrus crispus*
  - ◆ *Polysiphonia fucoides*
- Artsantal
- Artssammensætning

#### Rumlige variation på forskellig skala

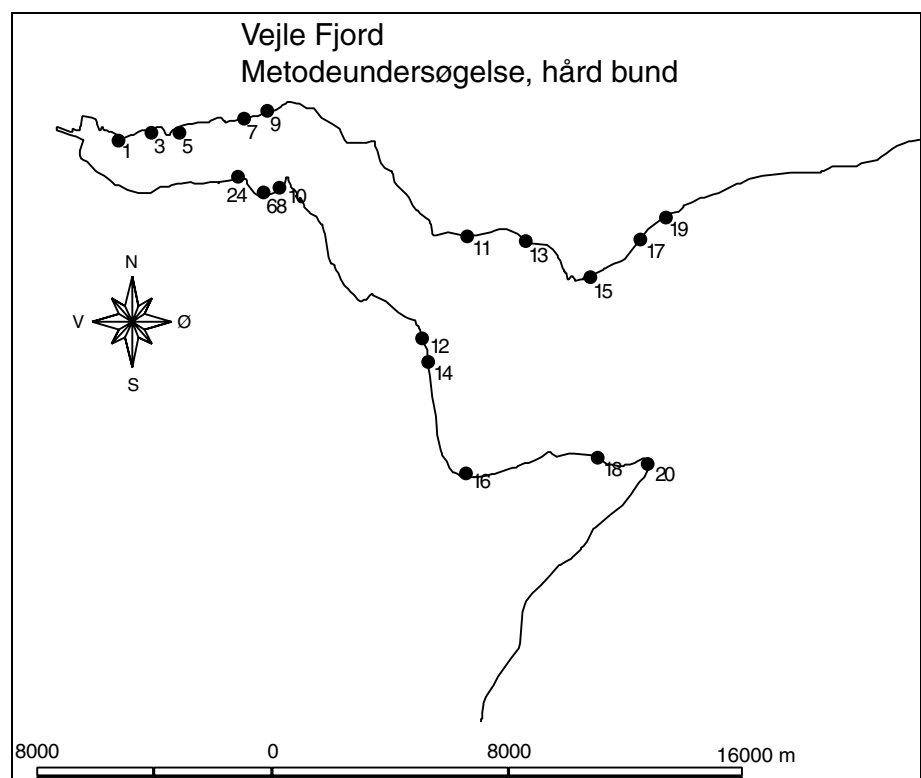
Variationen i vegetationsparametrene i dybdeintervallet 1-2 m blev bestemt på 3 skalaer:

- inden for et transekt i hhv. den indre og ydre del af Vejle Fjord
- mellem forskellige transekter i hhv. den indre og ydre del af Vejle Fjord
- mellem Vejle inderfjord og yderfjord.

#### Tidsforbrug

Tidsforbruget blev noteret for hver punktundersøgelse, og tidsforbruget ved sejladsen blev opgjort ud fra afstanden mellem transekterne.

**Figur IV.2** Placering af vegetationstransekter i Vejle Fjord: 10 transekter i både den ydre og den indre del af fjorden. Transekterne blev undersøgt med henblik på at vurdere makroalgernes rumlige variation.





## Databehandling

### *Rumlig variation*

Den rumlige variation i vegetationsparametrene blev udtrykt som variansen:

- mellem delprøver udtaget inden for samme transekt
- mellem transekter

Beregningen blev foretaget for dybdeintervallet 1-2 m dybde i hhv. inder- og yderfjorden.

### *Cost-benefit analyser*

Den optimale fordeling mellem antallet af delprøver på det enkelte transekt og antallet af transekter blev beregnet ud fra kendskab til:

- udbyttet - i form af præcision
- omkostningen - i form af tidsforbrug.

Beregningen blev foretaget for hhv. indre og ydre fjordafsnit.

Følgende model blev anvendt:

$$y_{ij} = \mu + T_{ij} + E_{ij}$$

hvor:

i = transekt (1-10)

j = delprøve (1-3)

T = tid

$\mu$  = generelle niveauer

E = fejlløbet

$$\text{og } T_i \sim N(0, \sigma_T^2)$$

$$E_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

Det optimale antal delprøver (n) blev bestemt ved følgende formel (Benedetti-Cecchi et al., 1996):

$$n = \sqrt{\frac{S^2 \cdot C_T}{S_T^2 C}}$$

hvor:

$S^2$  = den estimerede varians mellem delprøver ( $\hat{\sigma}^2$ )

$S_T^2$  = den estimerede varians mellem transekter

$C_T$  = tidsforbrug på sejlads mellem 2 transekter

$C$  = tidsforbrug pr. delprøve.

Beregningen blev foretaget efter arc sin transformation af makroalgernes dækningsgrader.

Det optimale antal transekter ( $n_T$ ) blev efterfølgende bestemt ved følgende formel (Benedetti-Cecchi et al., 1996):

$$n_T = \text{Tidsforbrug pr. fjordafsnit} / (n \cdot C + C_T)$$

#### *Supplerende analyser af rumlig variation*

*Antal arter pr. transekt*

Vi estimerede det gennemsnitlige antal arter, man finder langs et givet antal transekter. Dette blev gjort ved tilfældigt at udtrække et givet antal transekter (1, 2, 3 ... 10) 500 gange blandt de 10 transekter i hvert fjordafsnit. Derefter blev det gennemsnitlige artsantal plottet som funktion af antallet af transekter.

Tilsvarende blev standard error på bestemmelsen af artsantallet estimeret som funktion af antallet af transekter.

Den rumlige variation i makroalgernes artssammensætning i fjorden blev analyseret ved Twinspan-metoden (Gauch & Whittaker, 1981). I analysen indgik de i alt 60 delprøver fra de 10 stationer i inderfjorden og de 10 stationer i yderfjorden.

### **3. Resultater**

#### **DEL I**

##### **Reproducerbarhed**

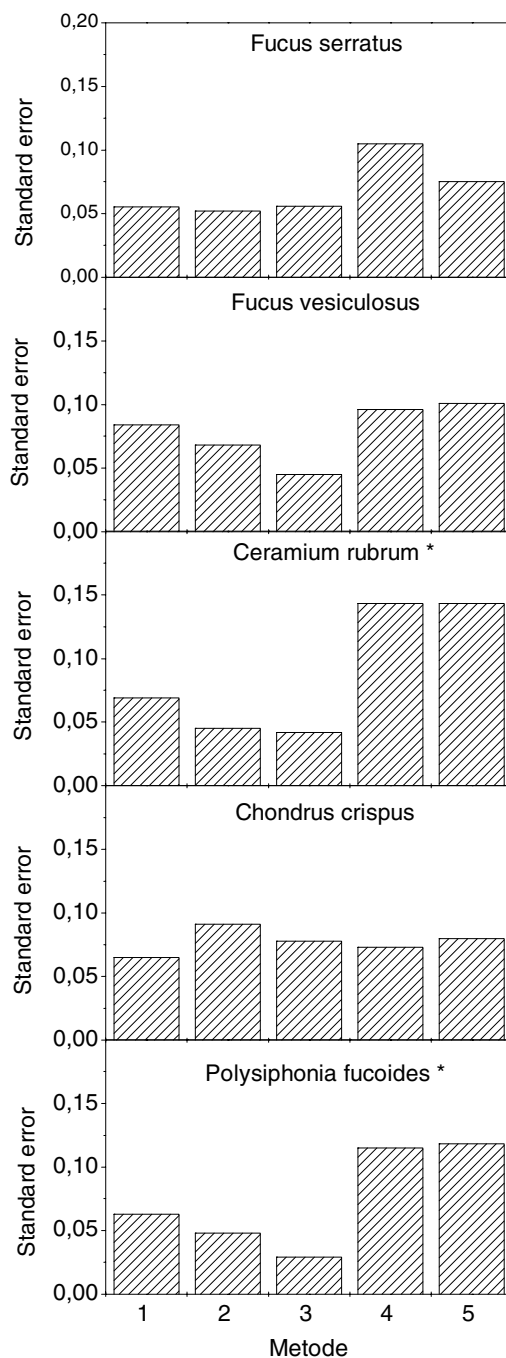
###### *Arternes absolutte dækningsgrad*

*Ramme- og punktmetoderne var mere reproducerbare end linemetoderne*

Metodernes reproducerbarhed blev udtrykt som standard error af de 4 dykkes bestemmelser af en given arts dækningsgrad for en given kombination af station og metode. En lille standard error udtrykker stor reproducerbarhed. Metodernes reproducerbarhed var signifikant forskellig for 2 ud af de 5 undersøgte arter (*Figur IV.3*; Appendiks 1). Det gjaldt *Ceramium rubrum* ( $F_{(4,12)} = 6,79$ ;  $p = 0,0043$ ) og *Polysiphonia fucoides* ( $F_{(4,12)} = 4,57$ ;  $p = 0,018$ ). For disse arter var metode 3 (stor ramme) mest reproducerbar, mens metode 4 og 5 (linemetoderne) var mindst reproducerbare. Der var ikke signifikante forskelle mellem reproducerbarheden af metode 1 (punktmetode), 2 (lille ramme) og 3 (stor ramme), når analyserne blev foretaget separat for disse 3 metoder (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

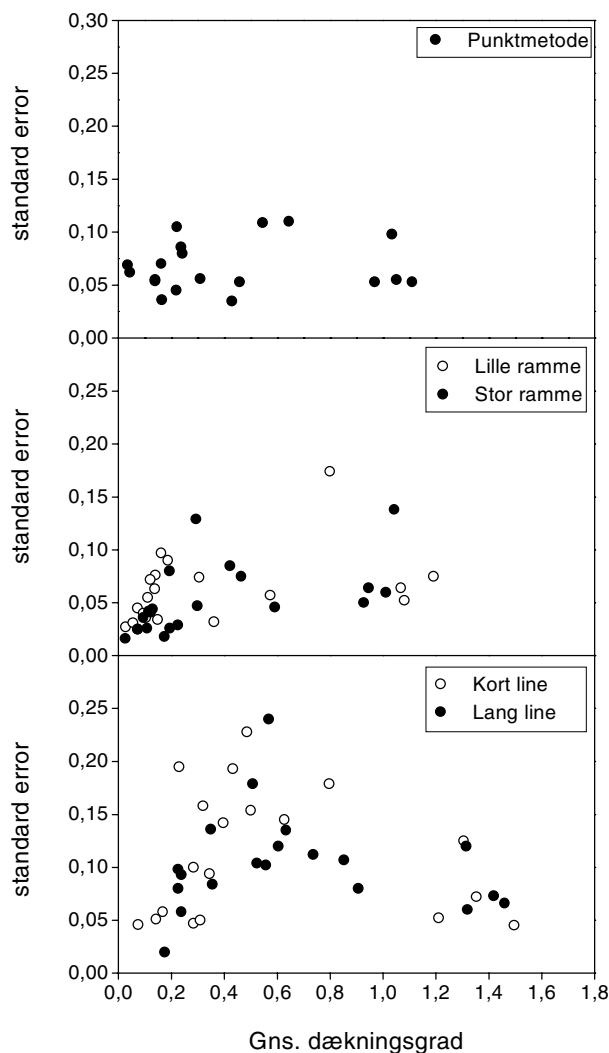
Rent statistisk var det kun muligt at teste reproducerbarheden på bestemmelser af dækningsgraden, når der ikke var for mange 0-observationer. Vi kunne derfor ikke teste reproducerbarheden på dækningsgraden af sjældne arter. Da de sjældne arter typisk blev registreret med en dækningsgrad på 0 eller få procent var den absolutte standard error på bestemmelsen af disse arters dækningsgrad

dog ganske lav. Der er imidlertid risiko for, at enkelte sjældne arter er så ualmindelige, at nogle dykkere ikke kender arterne og derfor ikke har dem med i registreringen. I sådanne tilfælde vil der være dårlig reproducerbarhed mellem dykkerne.



**Figur IV.3** Reproducerbarhed - udtrykt som den gennemsnitlige standard error på bestemmelse af makroalgernes absolute dækningsgrad ved 5 forskellige undersøgelsesmetoder. Søjlerne angiver den gennemsnitlige standard error på bestemmelserne. Resultaterne er vist for 5 udvalgte makroalgearter. Metode 1: punktundersøgelse, metode 2: undersøgelse med lille ramme, metode 3: undersøgelse med stor ramme, metode 4: undersøgelse med kort line og metode 5: undersøgelse med lang line. \* indikerer, at der var signifikante forskelle på metodernes reproducerbarhed.

For punktmetodens vedkommende var reproducerbarheden uafhængig af dækningsgraden (Figur IV.4, øverste panel). Rammemetodernes reproducerbarhed var derimod generelt størst, når dækningsgraden var lav (Figur IV.4, midterste panel). Linemetodernes reproducerbarhed fulgte snarere et klokkeformet forløb som funktion af dækningsgraden, således at reproducerbarheden var størst ved lave og høje dækningsgrader og mindst ved intermediaære dækningsgrader. Samtidig var der tendens til, at linemetoderne vurderede dækningsgraden højere end de øvrige metoder (Figur IV.4, nederste panel).



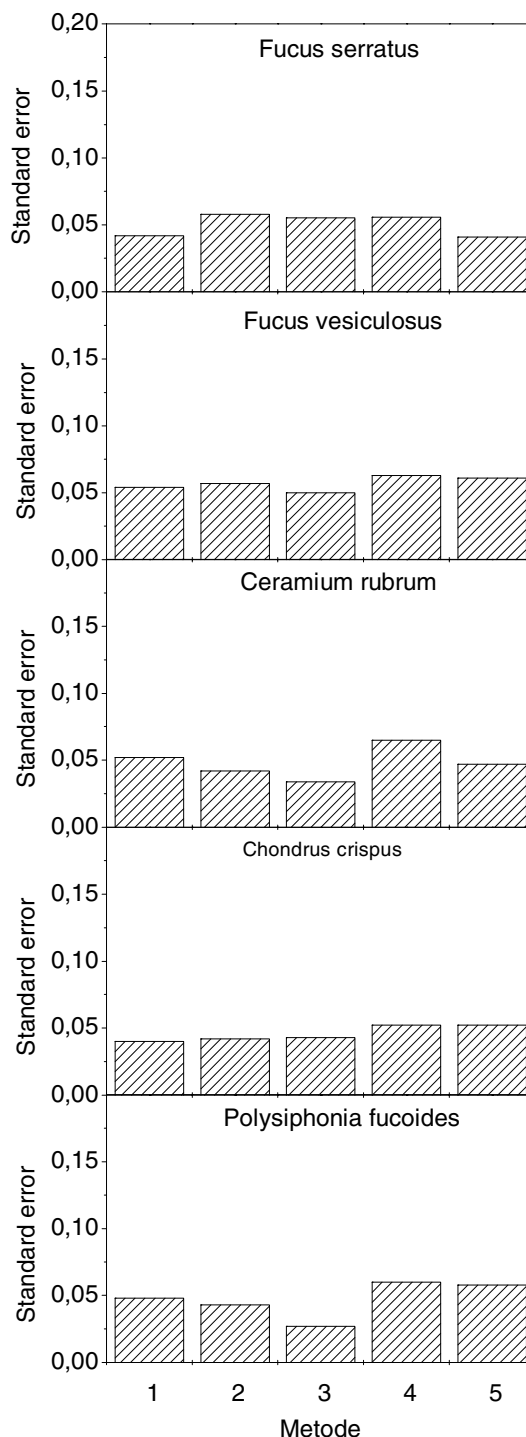
**Figur IV.4** Akserne udtrykker gennemsnit og standard error af 4 dykkers bestemmelser af 5 makroalgers dækningsgrad ved brug af samme metode på samme station. Resultaterne er vist for punktmetoden (øverste panel), rammemetoderne (midterste panel) og linemetoderne (nederste panel). Data er arc sin transformerede.

De absolutte dækningsgrader af de udvalgte arter er vist i Appendiks 1, og det samme gælder varianskoeficienterne (CV) på dækningsgradsbestemmelserne.

Variationskoefficienterne (CV) viste, at standard error på bestemmelserne af dækningsgrad var høje sammenlignet med middelværdierne. Da beregningerne af CV er baseret på division med middelværdien er der tendens til, at høje dækningsgrader har lavest CV. De høje

CV'er viser, at det generelt er vanskeligt at foretage ensartede estimater af dækningsgraden. Variationerne kan ikke tilskrives egentlige dykkereffekter (se senere), dvs. de skyldes ikke, at nogle dykkere konsekvent over- eller undervurderer dækningsgraden, men skyldes snarere en generel usikkerhed på bestemmelserne.

**Figur IV.5** Reproducerbarhed på bestemmelse af makroalgernes relative dækningsgrad ved 5 forskellige undersøgelsesmetoder. Reproducerbarheden er udtrykt som standard error af 4 dykkeres observationer på hver af 5 stationer. Søjlerne angiver den gennemsnitlige standard error på bestemmelserne. Resultaterne er vist for 5 udvalgte makroalgearter. Metode 1: punktundersøgelse, metode 2: undersøgelse med lille ramme, metode 3: undersøgelse med stor ramme, metode 4: undersøgelse med kort line og metode 5: undersøgelse med lang line. Der er ingen signifikante forskelle mellem metodernes reproducerbarhed (ANOVA,  $p > 0,05$ ).



#### Arternes relative dækningsgrad

Metoderne havde ikke signifikant forskellig reproducerbarhed i bestemmelserne af de udvalgte arters relative dækningsgrad (ANOVA,  $p > 0,05$ ; Figur IV.5). Der var heller ikke signifikante forskelle mellem reproducerbarheden af punktmetoden (metode 1), og undersøgelses-

*Metodernes reproducerbarhed var ens mht. bestemmelsen af relativ dækningsgrad*

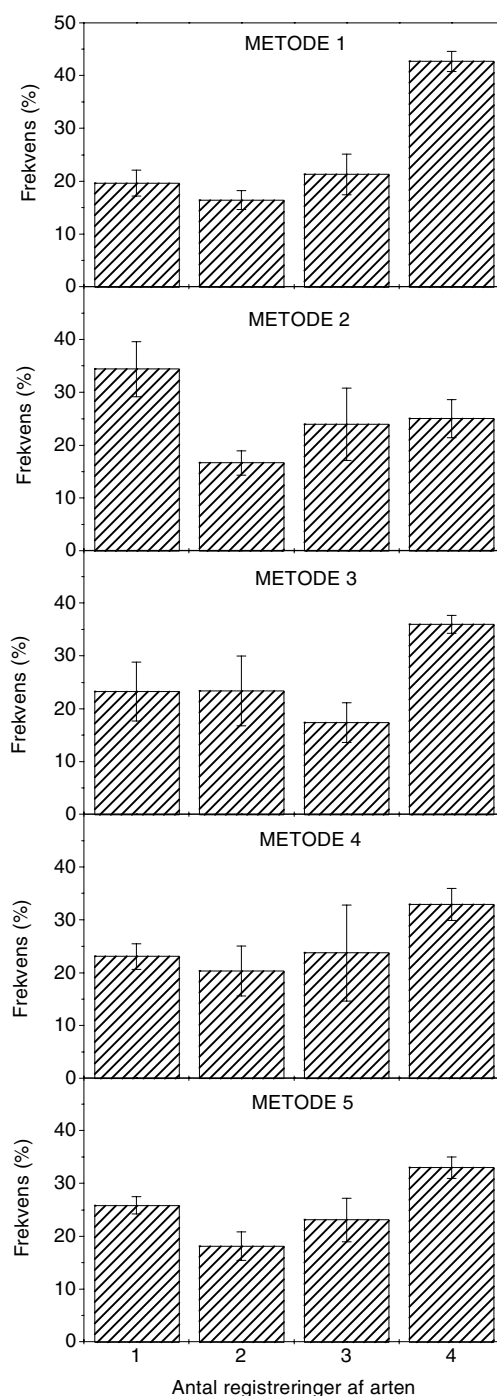
ne med lille ramme (metode 2) og stor ramme (metode 3), når analyserne blev foretaget separat for disse 3 metoder (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

Linemetoderne (metode 4 og 5) var mere reproducerbare mht. bestemmelse af den relative dækningsgrad end den absolutte dækningsgrad. For punkt- og rammemetoderne (metode 1-3) var der ikke signifikant forskel på reproducerbarheden mht. bestemmelse af relativ og absolut dækningsgrad.

#### Artsantal

Der var ikke signifikant forskel på metodernes reproducerbarhed mht. bestemmelse af artsantallet (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

**Figur IV.6** Reproducerbarhed af 4 dykkeres artslisters opgjort ved 5 forskellige undersøgelsesmetoder. Artslisternes ensartethed er illustreret ved at vise, hvor mange arter der er registreret af hhv. én dykker, 2 dykkere, 3 dykkere og af alle 4 dykkere. Hvis alle arter er registreret af alle 4 dykkere, er artslisterne 100% ens. Søjlerne viser gennemsnit for de 4 stationer, mens error bars angiver standard error. Metode 1: punktundersøgelse, metode 2: undersøgelse med lille ramme, metode 3: undersøgelse med stor ramme, metode 4: undersøgelse med kort line og metode 5: undersøgelse med lang line.



### Artssammensætning

Metodernes reproducerbarhed kan også karakteriseres ud fra overensstemmelsen mellem de artslisters, dykkerne opnår ved en given metode. Som udtryk for overensstemmelsen mellem artslisterne har vi for hver metode og for hver station opgjort, hvor mange arter der er registreret af hhv. 1 dykker, 2 dykkere, 3 dykkere og af alle 4 dykkere. Hvis artslisterne var fuldkommen ens, ville samtlige arter være registreret af alle 4 dykkere, og metoden ville være 100% reproducerbar. Punktundersøgelsen (metode 1) gav størst overensstemmelse mellem artslisterne, idet 43% af arterne blev registreret af alle 4 dykkere (Figur IV.6). Undersøgelsen med små rammer (metode 2) var mindst reproducerbar, idet kun ca. 25% af arterne blev registreret af alle 4 dykkere, mens 38% af arterne kun blev registreret af en enkelt dykker.

Sammenligningen af artslisters viste også, at de arter, der ikke blev registreret ved punktundersøgelsen (metode 1), havde lav dækningsgrad, mens man med den lille ramme (metode 2) eller den korte line (metode 4) risikerede at mangle arter med høj dækningsgrad.

### Præcision

Metodernes præcision blev vurderet ved at sammenligne standard error (s.e.) på grundlag af de 3 delprøver for hver kombination af dykker, station og metode. En lille standard error udtrykker stor præcision.

Præcisionen kunne desværre ikke testes for punktmetoden (metode 1), da der ikke er delprøver. Det ville have været misvisende at gennemføre delprøver i punktundersøgelsen, da den samme dykker så skulle have undersøgt præcis det samme punkt flere gange, og delprøverne ville derfor ikke have været uafhængige. I det følgende sammenligner vi derfor præcisionen af ramme- og linemetoder.

### Dækningsgrad

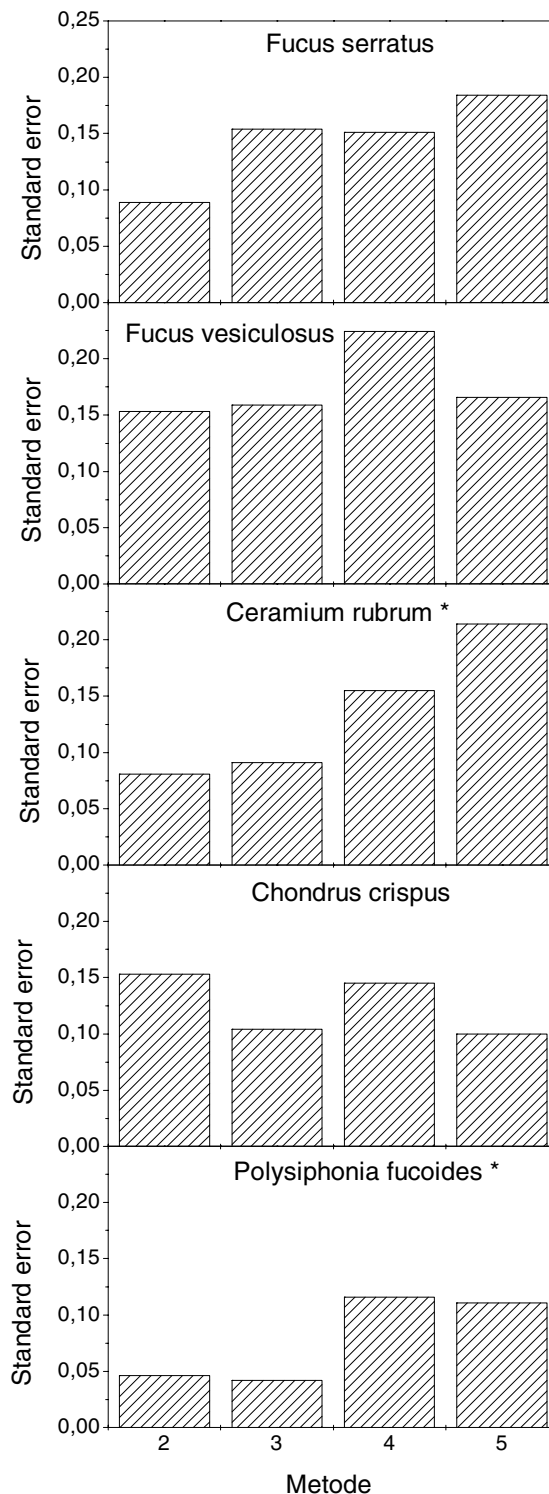
Metodernes præcision var signifikant forskellig for 2 ud af 5 arter mht. at bestemme arternes dækningsgrad (Figur IV.7). De signifikante forskelle blev registreret for *Ceramium rubrum* ( $F_{(3,9)} = 6,48$ ,  $p = 0,013$ ) og *Polysiphonia fucoides* ( $F_{(3,9)} = 11,93$ ,  $p = 0,0017$ , se Appendiks), og her var rammemetoderne mere præcise end linemetoderne. For *P. fucoides* var der imidlertid en signifikant vekselvirkning mellem dykker og metode, således at metodernes præcision afhang af, hvilken dykker der benyttede dem (se Appendiks 2.1). Den signifikante effekt af metode ved vurdering af præcisionen på *P. fucoides*' dækningsgrad var derfor behæftet med usikkerhed. Der var ingen signifikante forskelle mellem metodernes præcision på bestemmelsen af de øvrige 3 arters dækningsgrad.

*I nogle tilfælde var ramme-  
metoderne mere præcise end  
linemetoderne*

*Dykkereffekter var ikke et  
generelt problem*

Vi testede også for dykkereffekter, og kun bestemmelsen af *P. fucoides*' dækningsgrad viste en signifikant effekt af dykker ( $F_{(3,9)} = 6,94$ ,  $p < 0,05$ ). Dykkereffekter var således ikke et generelt problem i bestemmelserne af dækningsgrad.

**Figur IV.7** Præcision på bestemmelse af makroalgernes dækningsgrad ved 5 forskellige undersøgelsesmetoder. Præcisionen er udtrykt som standard error af 3 delprøver indsamlet med samme metode af samme dykker på samme station. Søjlerne viser den gennemsnitlige præcision blandt 4 dykkes observationer på 4 stationer. Resultaterne er vist for 5 udvalgte makroalgearter. Metode 2: undersøgelse med lille ramme, metode 3: undersøgelse med stor ramme, metode 4: undersøgelse med kort line og metode 5: undersøgelse med lang line. \* indikerer, at der var signifikante forskelle på metodernes præcision (ANOVA,  $p < 0,05$ ).



Der var ikke gennemgående tendens til, at rammernes eller linernes størrelse påvirkede præcisionen i en bestemt retning – i nogle tilfælde opnåede vi størst præcision med korte liner/små rammer, og i andre tilfælde var præcisionen størst med lange liner/store rammer.

#### Relativ dækningsgrad

Det var ikke tydeligt, hvilken metode der var mest præcis til at bestemme arternes relative dækningsgrad (Figur IV.8). Kun for 1 ud af de 5 arter, *Chondrus crispus*, var metodernes præcision signifikant forskellig ( $F_{(3,9)} = 29,33$ ;  $p < 0,0001$ ). For denne art var den lange line mest præcis, men præcisionen afhang af, hvilken dykker der gen-

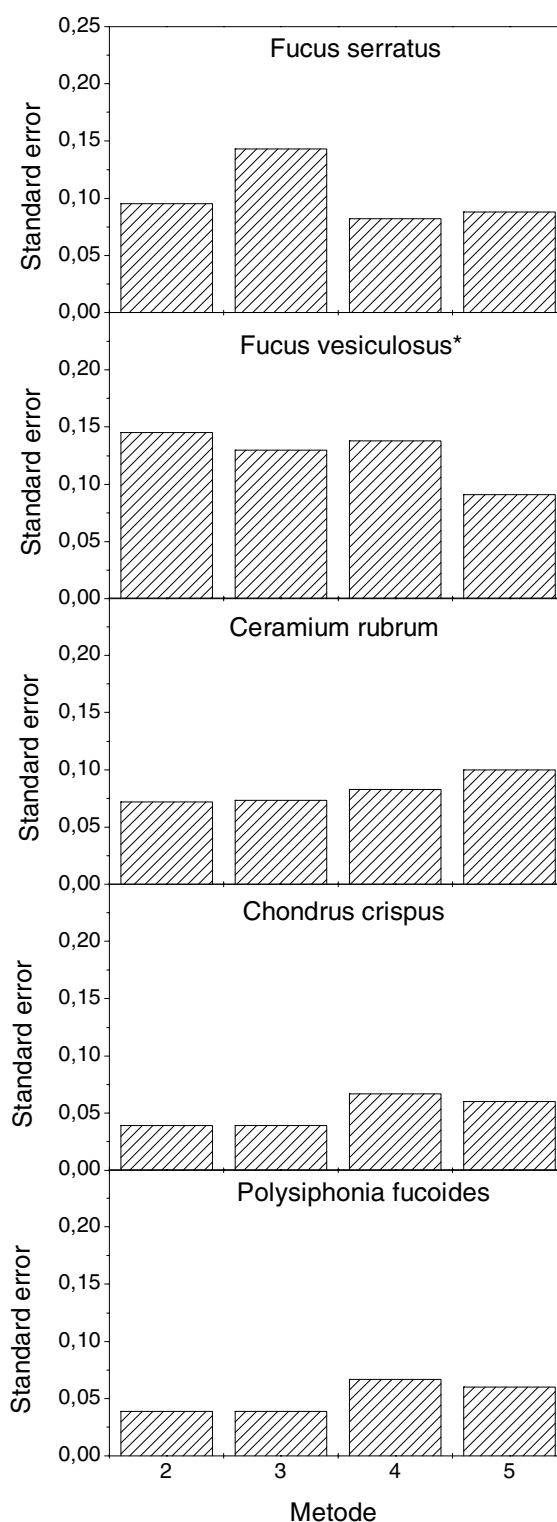
*Metodernes præcision var ens mht. bestemmelse af relativ dækningsgrad*



nemførte undersøgelsen, idet der var en signifikant vekselvirkning mellem dykker og metode (se Appendiks 2.2).

Analysen viste signifikante dykkereffekter på bestemmelsen af den relative dækningsgrad af *Chondrus crispus* ( $F_{(3,9)}=6,48$ ,  $p<0,05$ ) og *Polysiphonia fucoides* ( $F_{(3,9)}=8,9$ ,  $p<0,05$ ). Der var ingen signifikante dykkereffekter på bestemmelsen af de øvrige arters relative dækningsgrad.

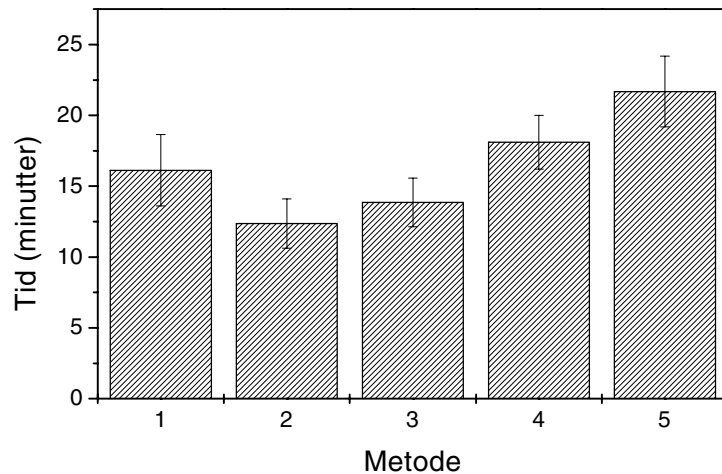
**Figur IV.8** Præcision på bestemmelse af makroalgernes relative dækningsgrad ved 5 forskellige undersøgelsesmetoder. Præcisionen er udtrykt som standard error af 3 delprøver indsamlet med samme metode af samme dykker på samme station. Søjlerne viser den gennemsnitlige præcision blandt 4 dykkeres observationer på 4 stationer. Resultaterne er vist for 5 udvalgte makroalgearter. Metode 2: undersøgelse med lille ramme, metode 3: undersøgelse med stor ramme, metode 4: undersøgelse med kort line og metode 5: undersøgelse med lang line. \* indikerer, at der var signifikante forskelle på metodernes præcision (ANOVA,  $p<0,05$ ).



Rammemetoderne var hurtigst

### Ressourceforbrug

Metodernes tidsforbrug var signifikant forskelligt (Figur IV.9; ANOVA:  $F_{(4,12)} = 14,3$ ;  $p = 0,0002$ ; Appendiks 3). Rammemetoderne var hurtigst; i gennemsnit tog det kun 12-14 min. at gennemføre 3 delprøver, og tidsforbruget var omtrent ens for små og store rammer. Punktundersøgelsen tog gennemsnitligt 16 min. Linemetoderne var mest tidskrævende, idet 3 delprøver kostede 18-23 min.

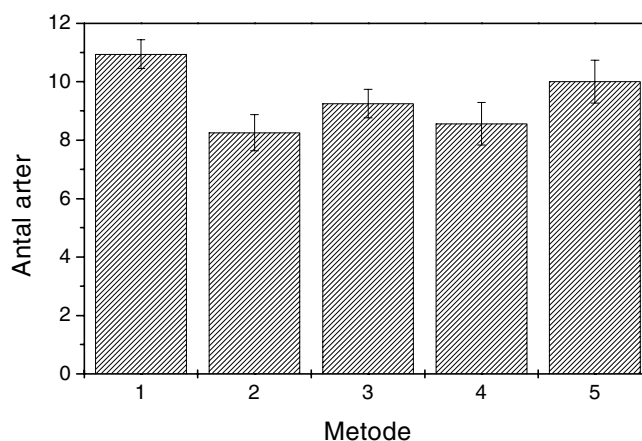


**Figur IV.9** Ressourceforbrug ved 5 forskellige undersøgelsesmetoder. Metode 1: punktundersøgelse, metode 2: undersøgelse med lille ramme, metode 3: undersøgelse med stor ramme, metode 4: undersøgelse med kort line og metode 5: undersøgelse med lang line. Tidsforbruget blev opgjort som et gennemsnit for de 4 dykkere for en given værdi af station og metode. Kolonnerne viser gennemsnittene, og error bars angiver standard error af dykkernes tidsforbrug på de 4 stationer.

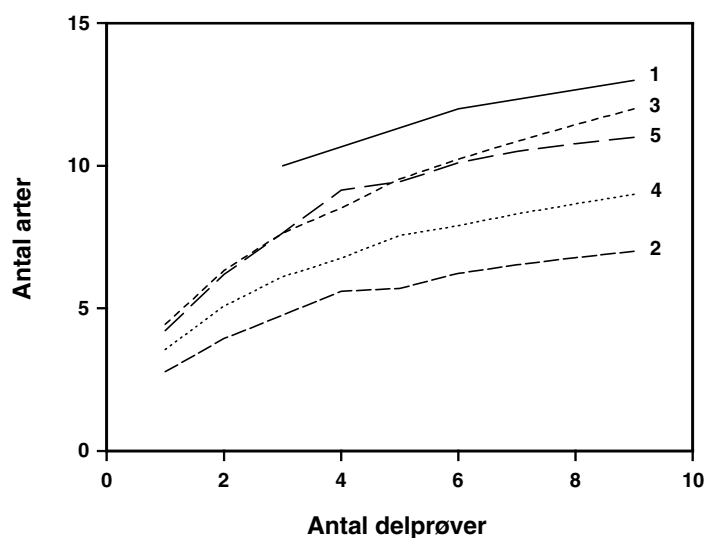
Jo større undersøgelsesareal, jo flere arter

### Artsantal

Der var signifikant forskel på det antal arter, der blev fundet med de forskellige metoder ( $F_{(4,12)} = 11,46$ ;  $p = 0,0005$ , Figur IV.10, Appendiks 3). Det er tydeligt, at jo større areal man undersøger, jo flere arter finder man (Figur IV.10). Dykkerne fandt færrest arter med de små rammer og korte liner, som omfattede et undersøgelsesareal på kun  $0,3 \text{ m}^2$  i de 3 delprøver. De store rammer og lange liner, som omfattede et undersøgelsesareal på  $1,2 \text{ m}^2$  i de 3 delprøver gav flere arter. Punktundersøgelsen i de  $25 \text{ m}^2$  gav signifikant flest arter. Man skal derfor undersøge mange delprøver med rammer eller liner for at finde ligeså mange arter, som i punktet som helhed (Figur IV.11).



**Figur IV.10** Gennemsnitligt antal makroalgearter registreret ved 5 forskellige undersøgelsesmetoder. Metode 1: punktundersøgelse, metode 2: undersøgelse med lille ramme, metode 3: undersøgelse med stor ramme, metode 4: undersøgelse med kort line og metode 5: undersøgelse med lang line. Hver kolonne viser et gennemsnit af 4 dykkeres observationer på 4 forskellige stationer.



**Figur IV.11** Modelling af det antal makroalgearter, man finder med et givet antal delprøver for hver af de 5 undersøgelsesmetoder. Metode 1: punktundersøgelse, metode 2: undersøgelse med lille ramme, metode 3: undersøgelse med stor ramme, metode 4: undersøgelse med kort line og metode 5: undersøgelse med lang line. Modellingeringen er foretaget ved tilfældigt at udtrække et givet antal delprøver 500 gange og derefter beregne det gennemsnitlige antal arter, der blev fundet ved det givne antal delprøver. Modellingeringen er baseret på samtlige 4 dykkeres observationer. Kurven for metode 1 er plottet forskudt af de andre kurver, således at 1 prøve med metode 1 svarer til 3 delprøver med de øvrige metoder.

## Opsummering af metodeltestens del I på hård bund

*Linemetoderne var dårligst*

Alt i alt opnåede linemetoderne de dårligste resultater i metodeltesten. Linemetoderne var mest tidskrævende, men gav alligevel den dårligste reproducerbarhed, når forskellige dykkere benyttede metoden til at vurdere algerne dækningsgrad. Linemetoder havde heller ingen fordele mht. præcision (dvs. ensartethed mellem delprøver indsamlet af samme dykker) eller estimering af det samlede artsantal (Tabel IV.1).

**Tabel IV.1** Opsummering af resultaterne af metodeltestens del I på hård bund. Metoderne har fået tildelt karaktererne \*, \*\*, eller \*\*\* (bedst) alt efter deres kvaliteter inden for metodeltestens discipliner.

	PUNKT	LILLE RAMME	STOR RAMME	KORT LINE	LANG LINE
<b>REPRODUCERBARHED</b>					
· Dækning	**(*)	**(*)	***	*	*
· Rel. dækning	***	***	***	***	***
· Artsantal	***	***	***	***	***
· Artslister	***	*	**	*	**
<b>PRÆCISION</b>					
· Dækning	-----	***	***	**	**
· Rel. dækning	-----	***	***	***	***
· Artsantal	***	*	**	*	**
TID	**	***	***	*	*

Der var også ulemper forbundet med den lille ramme. Ganske vist var metoden hurtig, men den gav ikke reproducerbare artslisters og heller ikke et godt estimat af det totale artsantal.

*Punktmetoden og den store ramme var bedst*

Tilbage er der punktundersøgelsen og undersøgelsen med stor ramme. Disse to metoder er omtrent lige tidskrævende og giver omtrent lige stor reproducerbarhed. Punktundersøgelsen har den fordel, at den giver en bedre beskrivelse af artsantallet og artssammensætningen som følge af det store areal, den omfatter. Til gengæld har vi ikke kunnet teste punktmetodens præcision.

Da punktmetoden og undersøgelsen med stor ramme er omtrent lige gode, kunne vi vælge at benytte en hvilken som helst af disse metoder. Vi stræbte efter en ny metode til overvågningsprogrammet, og vi valgte punktmetoden, da den bedst ligner de metoder, der tidligere er benyttet i programmet og derfor formentlig vil give det bedste grundlag for at sammenligne med gamle data. Vi gik derfor videre med punktmetoden i metodeltestens del II.

Fjordenes substrat er præget af sandbund med spredte stenforekomster. Da de fleste makroalger kræver substrat, skulle undersøgelserne foregå ved stenforekomsterne, dvs. punkterne skulle udlægges i områder med størst mulig forekomst af hård bund. Inden for hvert punkt skulle dykkeren vurdere, hvor stor en andel af det samlede bundareal, der er egnet substrat for flerårige makroalger. Bundforholdene kan derved indgå som parameter i efterfølgende analyser af vegetationsforholdene.

## DEL II

### Ressourceforbrug

Tidsforbruget pr. delprøve i punktundersøgelsen lå på omtrent samme niveau i det indre og det ydre fjordafsnit. Tidsforbruget på sejlads mellem 2 transekter var væsentligt større i det ydre fjordafsnit end i det indre pga. de større afstande i yderfjorden (*Tabel IV.2*).

**Tabel IV.2** Tidsforbrug ved vegetationsundersøgelserne.

	Tidsforbrug (min)	
	pr. delprøve	pr. sejlads ml. transekter
Indre fjord	7,5	7
Ydre fjord	5	21

### Rumlig variation

*Forskellig rumlig variation i inder- og yderfjord*

Den rumlige variation i makroalgernes fordeling blev beregnet for dækningsgraden af de 5 udvalgte makroalgarter samt for artsantallet.

I det indre fjordafsnit var variansen mellem delprøver ( $S^2$ ) og variansen mellem transekter ( $S_T^2$ ) af samme størrelsesorden (*Tabel IV.3*). I det ydre fjordafsnit var variansen mellem delprøver generelt større end variansen mellem transekter (*Tabel IV.4*).

### Cost-benefit analyse

For en given ressource kan vi beregne den optimale fordeling mellem antallet af transekter og antallet af delprøver pr. transekt. Vi tog udgangspunkt i den ressource, der er afsat til vegetationsundersøgelser i fjordene i det nationale overvågningsprogram for havmiljøet (NOVA 2003), og beregnede ud fra denne ressource den optimale strukturering af vegetationsprogrammet.

I NOVA 2003 indgår to typer af områder: "repræsentative områder" og "typeområder". I de repræsentative områder er der afsat ca. 3 dage pr. fjordafsnit til feltundersøgelser, mens der i typeområderne er afsat ca. 4,5 dage pr. fjordafsnit. Efter samråd med forskellige amter regnede vi med en effektiv arbejdstid på fjorden på 4 timer pr. dag, idet resten af dagen typisk går med transport og klargøring af udstyr. Det vil sige, at der er 12 timer til rådighed pr. fjordafsnit i repræsentative områder og 18 timer til rådighed pr. fjordafsnit i typeområderne. Hvis der skal undersøges 6 dybdeintervaller pr. fjordafsnit, er der 120 min. til rådighed pr. dybdeinterval i repræsentative områder og 180 min. til rådighed pr. dybdeinterval i typeområder.

Indre fjord: 1-3 delprøver  
pr. dybdeinterval pr.  
transekt

I det indre fjordafsnit var variansen mellem delprøver af samme størrelse som variansen mellem transekter, og analysen anbefalede derfor relativt få (1-3) delprøver pr. transekt ( $n$ ) (Tabel IV.3). Dvs. i hvert dybdeinterval langs transekterne skal vegetationen undersøges i 1-3 punkter. Antallet af transekter ( $n_T$ ) kan nu beregnes ud fra den tilgængelige ressource. I det indre fjordafsnit opnår man det optimale udbytte af en ressource på 120 min ved at undersøge ca. 6 transekter med ca. 2 delprøver pr. transekt. Det optimale udbytte af en ressource på 180 min. fås ved at undersøge ca. 9 transekter med ca. 2 delprøver pr. transekt (Tabel IV.3).

**Tabel IV.3** Rumlig variation i makroalgernes dækningsgrad og artsantal samt den optimale fordeling mellem antal transekter og antal delprøver pr. dybdeinterval i den indre del af Vejle Fjord.  $S^2$  angiver variansen mellem delprøver,  $S_T^2$  angiver variansen mellem transekter,  $n$  angiver det optimale antal delprøver pr. transekt, mens  $n_T$  (v. 120 min) og  $n_T$  (v. 180 min) angiver antallet af transekter, der kan undersøges for en ressource på hhv. 120 min og 180 min.

Variabel	$S^2$	$S_T^2$	$n$	$n_T$ (v. 120 min)	$n_T$ (v. 180 min)
<i>C. crispus</i>	0,0270	0,0056	3	4	6
<i>F. serratus</i>	0,0136	0,0204	1	8	12
<i>C. rubrum</i>	0,0027	0,0007	2	5	8
<i>P. fucoides</i>	0,0261	0,0040	3	4	6
<i>F. vesiculosus</i>	0,0427	0,0598	1	8	12
Artsantal	0,0377	0,1002	1	8	12

Ydre fjord: 3-4 delprøver pr.  
dybdeinterval pr. transekt

I det ydre fjordafsnit er variansen mellem delprøver stor sammenlignet med variansen mellem transekter. Derfor er det en fordel at undersøge relativt mange (3-4) delprøver pr. transekt ( $n$ ) (Tabel IV.4). Det optimale antal transekter ( $n_T$ ) kan nu beregnes ud fra den tilgængelige ressource. I det ydre fjordafsnit opnår man den optimale fordeling af en ressource på 120 min ved at undersøge ca. 3 transekter med ca. 3 delprøver pr. transekt. Det optimale udbytte af en ressource på 180 min. fås ved at undersøge ca. 5 transekter med ca. 3 delprøver pr. transekt (Tabel IV.4).

**Tabel IV.4** Rumlig variation i makroalgernes dækningsgrad samt den optimale fordeling mellem antal transekter og antal delprøver pr. dybdeinterval i den ydre del af Vejle Fjord.  $S^2$  angiver variansen mellem delprøver,  $S_T^2$  angiver variansen mellem transekter,  $n$  angiver det optimale antal delprøver pr. transekt, mens  $n_T$  (v. 120 min.) og  $n_T$  (v. 180 min.) angiver det optimale antal transekter, der kan undersøges for en ressource på hhv. 120 min. og 180 min.

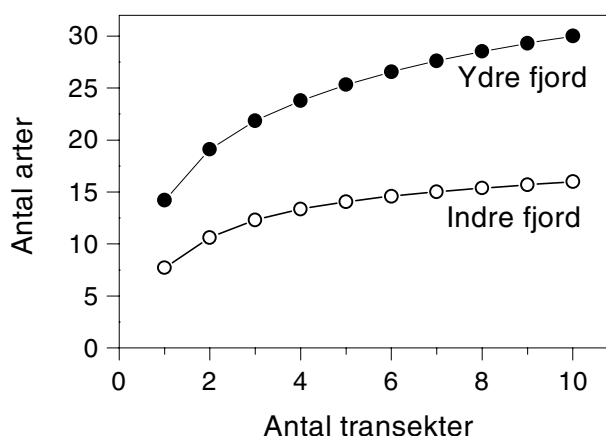
Variabel	$S^2$	$S_T^2$	$n$	$n_T$ (v. 120 min)	$n_T$ (v. 180 min)
<i>C. crispus</i>	0,0311	0,0106	4	3	4
<i>F. serratus</i>	0,0238	0,0064	4	3	4
<i>C. rubrum</i>	0,0295	0,0247	3	3	5
<i>P. fucoides</i>	0,0364	0,0149	4	3	4
<i>F. vesiculosus</i>	0,0069	0,0127	2	4	6
Artsantal	0,0458	0,0335	3	3	5

## Supplerende analyser af den rumlig variation og undersøgelsesintensitet

### Artsantal som funktion af antal transekter

Jo større undersøgelsesareal,  
jo flere arter

I den indre del af Vejle Fjord blev der i alt fundet 16 arter på de 10 transekter. Ved Jackknifing estimerede vi, at der i alt var 20 arter i den indre del af fjorden. Tilsvarende beregnede vi, hvor mange arter man i gennemsnit finder, hvis man undersøger et dybdeinterval langs hhv. 1, 2, 3, ..., 10 transekter. Kurven over artsantal som funktion af antal transekter fladede ud ved 8-10 transekter, og estimatet viser derfor, at man skal undersøge mange transekter, hvis man skal finde samtlige arter (Figur IV.12).



**Figur IV.12** Estimat af det gennemsnitlige antal arter man finder, hvis man undersøger ét dybdeinterval langs hhv. 1, 2, 3, ..., 10 transekter i den indre og ydre del af Vejle Fjord.

Yderfjorden er mest artsrig

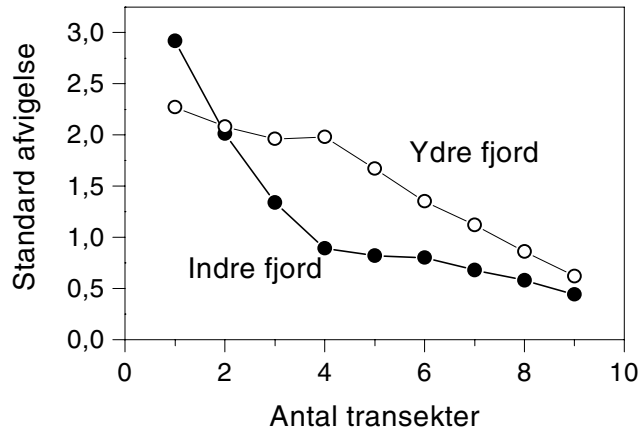
I den ydre del af Vejle Fjord blev der i alt fundet 30 arter på de 10 transekter. Det gennemsnitlige artsantal, der blev fundet på et givet antal transekter, blev plottet som funktion af antallet af transekter, og her ud fra estimerede vi, at der i alt er 39 arter i den ydre del af fjorden. Kurven over artsantal som funktion af antal transekter begyndte først at flade ud ved 8-10 transekter. Dvs. 8-10 transekter er et minimum, hvis man skal give et rimeligt estimat af artsantallet (Figur IV.12).

### Præcision som funktion af antal transekter

Jo flere transekter, jo større præcision

Jo flere transekter, der indgik i bestemmelsen af vegetationsparametrene, jo større sikkerhed opnåede vi på bestemmelsen (Figur IV.13).

I den indre del af Vejle Fjord var standard error på bestemmelsen af artsantallet knap 3 arter, hvis bestemmelsen var baseret på kun ét transekt. Hvis antallet af transekter blev forøget til 4, faldt standard error markant til under 1, og standard error mindskedes ikke væsentligt, hvis antallet af transekter blev forøget yderligere (Figur IV.13). I den ydre del af Vejle Fjord faldt standard error mindre stejlt som funktion af antallet af transekter. Ved 1 transekt var standard error ca. 2,3 arter, mens den var omkring 1, hvis antallet af transekter blev forøget til 7-8 (Figur IV.13).



**Figur IV.13** Estimat af den gennemsnitlige standard error på bestemmelsen af artsantallet i et dybdeinterval i den indre og ydre del af Vejle Fjord som funktion af antallet af transekter, der indgår i undersøgelsen.

Inder- og yderfjorden har markant forskellig artssammensætning

#### Rumlig variation i fjordens artssammensætning

Twin-span analysen viste karakteristiske forskelle i artsantal og artssammensætning mellem stationerne i Vejle Fjord. Analysen gennemførte 3 niveauer af parvise opdelinger af stationerne.

Den første opdeling resulterede i to markant forskellige hovedgrupper af stationer (Tabel IV.5):

- En gruppe i den indre del af fjorden, som var karakteriseret ved få arter og domineret af *Fucus vesiculosus*
- En gruppe i den ydre del af fjorden karakteriseret ved stor forekomst af *Fucus serratus*, *Polysiphonia fucoides* og *Furcellaria lumbri-calis*.

Inden for fjordafsnittene var der en svag gradient i artssammensætningen

I Twin-span analysens andet trin blev hovedgruppen i både inder- og yderfjorden underopdelt i en gruppe af indre stationer og en gruppe af ydre stationer, så der nu i alt forekom 4 grupper af stationer. De indre stationer i hhv. inder- og yderfjorden var karakteriserede ved større forekomst af *Ceramium rubrum* og/eller mindre forekomst af *Cystoclonium purpureum* end de ydre stationer (Tabel IV.5; appendiks 4).

Twin-span analysens sidste inddeling splittede de 4 grupper op i 8. Adskillelsen var primært baseret på, at forekomsten af *Fucus vesiculosus* og *Elachista fucicola* var større på nogle stationer, mens forekomsten af *Dumontia contorta* var større på andre stationer (Tabel IV.5).

Artssammensætningen inden for de enkelte grupper af stationer er vist i nedenstående tabel (Tabel IV.5), mens den detaljerede opgørelse af arternes sammensætning og dominansforhold på de enkelte stationer er vist i Appendiks 4.



**Tabel IV.5** Oversigt over artssammensætning på de 8 grupper af stationer fremkommet ved Twinspan-analyse.

Stationer	12b, 14abc, 16abc, 8a	15abc,1 7abc,19 abc, 20abc	5a,7abc, 8ab, 9abc, 10ab, 11abc, 13abc	8c, 12ac, 18bc	5bc, 6ab,10c,	6c	1abc, 3abc	2abc, 4abc	
<b>Opdelingsniveau:</b>	<b>1.</b>	0	0	0	0	1	1	1	1
	<b>2.</b>	0	0	1	1	0	0	1	1
	<b>3.</b>	0	1	0	1	0	1	0	1
<b>Art</b>									
<i>Bryopsis hypnoides</i>		x		x					
<i>Ceramium tenuicorne</i>			x		x				
<i>Chaetomorpha melagonium</i>			x						
<i>Cladophora rupestris</i>			x						
<i>Ulva lactuca</i>			x						
<i>Spongomorpha tomentosum</i>	x	x		x					
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>			x						
<i>Phyllophora pseudoceranooides</i>			x						
<i>Polyides rotundus</i>	x	x							
<i>Ceramium rubrum</i>	x	x	x	x					
<i>Cystoclonium purpureum</i>	x	x	x						
<i>Rhodomela confervoides</i>	x	x							
<i>Chorda filum</i>	x	x							
<i>Halosiphon tomentosa</i>	x								
<i>Phyllophora truncata</i>	x								
<i>Laminaria saccharina</i>	x	x	x	x					
<i>Ahnfeltia plicata</i>		x	x						
<i>Polysiphonia fibrillosa</i>		x	x	x					
<i>Polysiphonia fucoides</i>	x	x	x	x	x				
<i>Ectocarpus siliculosus</i>	x	x	x	x		x			
<i>Furcellaria lumbricalis</i>	x	x	x		x		x		
<i>Chordaria flagelliformis</i>	x		x						
<i>Fucus serratus</i>	x	x	x	x					
<i>Laminaria digitata</i>	x	x							
<i>Cladophora sericea</i>	x	x	x	x		x			x
<i>Polysiphonia elongata</i>		x	x			x			
<i>Chondrus crispus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Chaetomorpha linum</i>			x		x		x		x
<i>Elachista fucicola</i>	x								x
<i>Fucus vesiculosus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Dumontia contorta</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x

## 4. Diskussion

Punktundersøgelsen og undersøgelsen med stor ramme gav omtrent lige stor reproducerbarhed og var omtrent lige tidskrævende. Vi kunne derfor vælge frit mellem disse metoder.

*Fordele og ulemper ved små og store undersøgelsesarealer*

De metoder, som omfattede det største undersøgelsesareal, gav de bedste estimater af antallet af makroalgarter. Ved estimering af artsantallet er det derfor en fordel at benytte et stort areal. Imidlertid kan der også være ulemper forbundet med store undersøgelsesarealer. Store arealer er vanskelige at overskue og kan give dykkeren problemer med at foretage reproducerbare vurderinger af dækningsgraden (Middelboe et al., 1997). Det optimale undersøgelsesareal er derfor stort uden at være uoverskueligt. Punktet på 25 m<sup>2</sup> opfylder dette

krav, idet det giver et stort artsantal uden at nedsætte reproducerbarheden på bestemmelsen af algernes dækningsgrad.

*Subjektive vurderinger af dækningsgrad var mere reproducerbare end frekvensanalyser*

Linemetoderne er principielt forskellige fra punkt- og rammemetoderne. Punkt- og rammemetoderne giver et subjektivt estimat af arternes dækningsgrad. Linemetoderne opgør derimod tilstedeværelsen af arter i intervaller og beregner arternes relative hyppigheder. Linemetoderne er derfor mindre subjektive end de øvrige metoder. Resultaterne viser imidlertid, at punkt- og rammemetoderne generelt var mere reproducerbare end linemetoderne. Vi kan derfor anbefale subjektive estimater af dækningsgraden fremfor frekvensanalyser. Vi skal dog være opmærksomme på, at varianskoefficienten, dvs. spredningen i forhold til middelværdien på bestemmelserne er ganske stor, og det betyder, at opgørelserne skal baseres på mange delprøver for at gennemsnittet er bestemt med tilstrækkelig stor sikkerhed.

*Absolutte og relative dækningsgrader*

Metodernes reproducerbarhed og præcision var mere ensartet ved estimering af arternes relative dækningsgrad end ved estimering af den absolutte dækningsgrad. Samtidig var både reproducerbarhed og præcision generelt større ved anvendelse af relativ end absolut dækningsgrad. Årsagen til de bedre resultater for relative end absolutte dækningsgrader er formentlig, at subjektive forskelle udlignes, når dækningsgraderne udtrykkes relativt. Hvis en dykker eksempelvis overvurderer dækningsgraden af samtlige arter, men rangerer dækningsgraderne korrekt i forhold til hinanden, vil den relative dækningsgrad alligevel være korrekt.

*Rumlige variationer på forskellig skala*

Der er forskel i heterogeniteten i algernes fordeling i inder- og yderfjorden. Variansen mellem delprøver og transekter er af samme størrelsesorden i den indre del af fjorden, mens variansen mellem delprøver er større end mellem transekter i den ydre del af fjorden. Variansen mellem delprøver er generelt større i ydre end i indre fjordafsnit, mens variansen mellem transekter ikke er nævneværdig forskellig i de to fjordafsnit. Den større varians mellem delprøver i den ydre del af fjorden tyder på en større heterogenitet i yderfjordens habitater.

Den større varians mellem delprøver i yderfjorden betyder, at det er nødvendigt med 3-4 delprøver i hvert dybdeinterval langs transekterne i yderfjorden, mens man kan nøjes med 1-3 delprøver i inderfjorden. Med den ressource der er til rådighed i NOVA-programmets typeområder, kan man undersøge ca. 5 transekter i yderfjorden og ca. 9 transekter i inderfjorden. I inderfjorden opnår man imidlertid en tilfredsstillende sikkerhed på bestemmelsen af fx artsantallet ved at undersøge 4 transekter, mens det i yderfjorden er nødvendigt at undersøge flere, eksempelvis 8 transekter (*Figur IV.13*). Det ser derfor ud til, at det ville være en fordel at fordele den samlede ressource, således at den største andel går til yderfjorden og den mindste andel går til inderfjorden.

Undersøgelserne af den rumlige variation er foretaget inden for ét dybdeinterval (1-2 m) i en enkelt fjord, og resultaterne er derfor ikke universelle. Det er dog sandsynligt, at de generelle forskelle mellem vegetationens rumlige variation i inder- og yderfjorden også er repræsentative for andre fjorde, eftersom også andre undersøgelser viser,

at vegetationen generelt er mest kompleks i yderfjorde, hvor de mest variable habitater findes (se fx Middelboe & Sand-Jensen, indsendt).

*Rumlig variation i artssammensætning*

Twin span-analysen viste tydeligt, at forskellene i artssammensætning er mest markante mellem inderfjorden og yderfjorden (Twin span analysens første inddeling), og dette resultat fortæller, at det er fornuftigt at opdele fjorden i to undersøgelsesområder. Forskellene mellem stationerne inden for hhv. inderfjorden og yderfjorden var mindre markante, men viste tegn på, at der er en gradient i artssammensætning ud gennem fjorden, som kan give supplerende oplysninger i vegetationsundersøgelserne.



# V Metodetest på blød bund i fjorde

af Jens Sund Laursen, Dorte Krause-Jensen og Søren Erik Larsen

## 1. Introduktion

Ålegræs dominerer ofte den bløde bund

Mens vegetationen på den hårde bund ofte består af mange arter af makroalger, er der kun få arter på den bløde bund. Den dominerende blomsterplante i de danske fjorde og kystområder er ålegræs (*Zostera marina*), som kan forekomme ved saltholdigheder fra 5 til 35 psu. Ålegræs forekommer ofte fra ca. 1 meters dybde og ud til sigtdybden. Tæt ved kysten på det helt lave vand findes der ofte havgræs (*Ruppia sp.*) og ved lav saltholdighed kan der tillige forekomme børstebladet vandaks (*Potamogeton pectinatus*), vandkrans (*Zannichellia sp.*) og kransnålsalger (*Chara sp.*).

På grund af de få arter er vegetationen på den bløde bund lettere at overskue end vegetationen på den hårde bund. En interkalibrering af vegetationsundersøgelser i 1997 viste da også, at der var en større overensstemmelse mellem forskellige dykkes beskrivelser af dækningsgraden af ålegræsset end af diverse makroalger på de spredte sten (Middelboe et al., 1997). Selvom den eksisterende undersøgelsesmetode tilsyneladende virker bedre for vegetationen på blød bund end på den hårde bund, har undersøgelsesmetoderne fortsat det problem, at det undersøgte areal ikke er veldefineret og overskueligt.

1. hovedformål:  
Valg af metode

Formålet med denne metodetest er at sammenligne 4 forskellige metoder til at bestemme ålegræssets dækningsgrad. Metoderne sammenlignes mht. reproducerbarhed, præcision og ressourceforbrug. I metodetesten er ålegræsbevoksninger anvendt som testparametre, men metoden anses også at være gyldig for vurderinger af bevoksninger af andre blomsterplanter.

2. hovedformål:  
Valg af prøvetagningsstrategi

Metodetestens anden del har til formål at bestemme den rumlige variation i ålegræssets dækningsgrad og dybdegrænse for dermed at beregne, hvor mange transekter/punkter det er nødvendigt at undersøge for at få en rimelig beskrivelse af ålegræssets forekomst i et givet område. Desuden testes, om punktobservationer af ålegræssets dækningsgrad kan anvendes til GIS-kortlægninger af ålegræsbevoksninger.

## 2. Materialer og metoder

### DEL I

#### Feltarbejde

Omfang

Følgende 4 metoder indgår i testen:

**Metode 1:** Den eksisterende metode i det nationale overvågningsprogram (Krause-Jensen et al., 1998). Dykkeren svømmer eller træk-

kes i paravane langs transektet og vurderer ålegræssets gennemsnitlige dækningsgrad i hvert af dybdeintervallerne: 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 og 5-6 m.

**Metode 2:** Dykkeren trækkes/svømmer langs transektet og vurderer løbende ålegræssets dækningsgrad. Dykkerne rapporterer via dykkertelefonen, hver gang dækningsgraden ændres. Samtidig noteres position og dybde.

**Metode 3:** Dykkeren trækkes langs transektet. På anmodning fra lineholder melder dykkeren den øjeblikkelige dækningsgrad (ca. 5-6 observationer pr. dybdeinterval). Dækningsgraden noteres sammen med afstand og dybde.

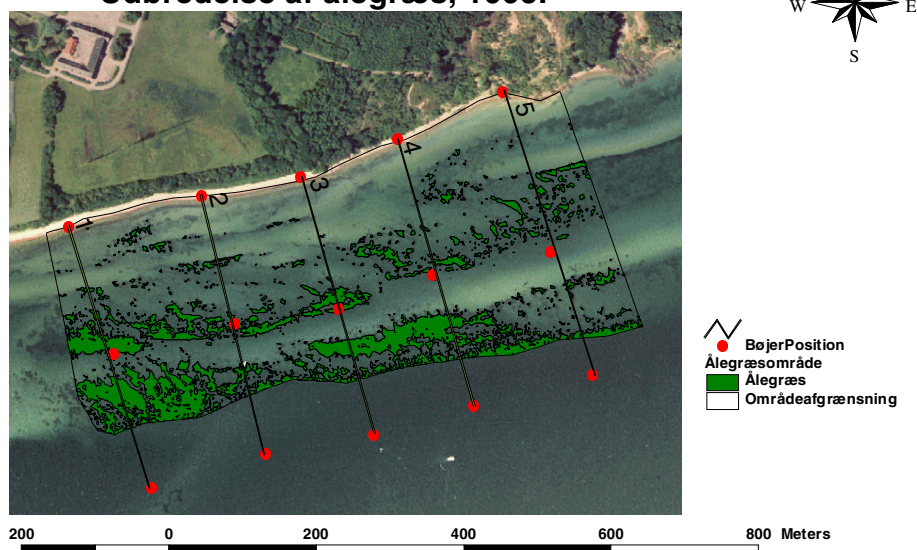
**Metode 4:** Der optages en videosekvens langs hvert transekt og ålegræssets dækningsgrad og dybdeudbredelse vurderes ud fra videoen. Resultaterne sammenlignes med resultaterne af dykkerundersøgelserne i felten.

### Testområde

Et område ved Rosenvold i den ydre del af Vejle Fjord blev udvalgt som testområde (Figur V.1). Området blev udvalgt på baggrund af flyfotos, som viste et karakteristisk udbredelsesmønster for ålegræs. Metodetestene blev gennemført langs 5 transekter og gennemført uafhængigt af 2 dykkere. Begge dykkere undersøgte de 5 transekter med hver af de 4 metoder. Til markering af transekterne blev der udlagt en blyline med markeringer for hver 10. meter. Ålegræssets dækningsgrad blev vurderet i et 2 m bredt bælte - 1 m på hver side af linen. Dybden ved hver observation blev fastlagt med en digital dybdemåler, som forinden var blevet kalibreret ved hjælp af en lodline med dybdeangivelse for hver meter. De 2 dykkere anvendte samme dybdemåler. Tidsforbruget blev noteret for hvert transekt med hver metode.

Metodetesten fandt sted i august 1999.

### Vejle Fjord, Rosenvold Placering af transekter. Udbredelse af ålegræs, 1995.



**Figur V.1** Testområdet i Vejle Fjord, Rosenvold med angivelse af transekternes placering. De formodede ålegræsområder er indtegnet på baggrund af en billedanalyse af flyfoto fra 1995. (Kilde: Vejle Amt).

## Fremgangsmåde

Dækningsgraden af ålegræs blev vurderet som dækningsgraden af den sammenhængende bevoksning i forhold til sandbunden omkring bevoksningerne. Det vil sige, at der ikke blev taget hensyn til tætheden i bevoksningen, så længe denne var sammenhængende.

Video-registreringerne af dækningsgrader blev foretaget hvert 5. sekund, således at vurderingen var et gennemsnit af de forudgående 5 sekunders video. Ved feltmetoder gjaldt dykkernes observationer synsfeltet foran dykkeren, hvorimod video-observationerne var bagudrettede. Tidskoderne for video-observationerne blev derfor reduceret med 5 sekunder for at bringe positionerne for disse i overensstemmelse med *in situ* observationerne. Observationerne blev efterfølgende positioneret og tillagt en dybde ved at sammenholde tidskoderne med afstandsmærkerne på blylinen.

For at sammenligne metode 1 med de øvrige metoder blev dækningsgraderne korrigeret i henhold til det antal meter langs dybdeintervallet, de repræsenterede, i det efterfølgende refereret til som dybdeinterval-niveau. I sammenligningen mellem transekterne blev dækningsgraderne tilsvarende korrigeret i henhold til det antal meter af hele transektet, de repræsenterede, hvilket i det efterfølgende bliver refereret til som transekt-niveau.

## Databehandling

### Vegetationsparametre

Den statistiske analyse er udført for følgende vegetationsparametre:

- ålegræssets dækningsgrad på transektniveau
- ålegræssets dækningsgrad i dybdeintervaller
- ålegræssets dybdegrænse.

Analyserne er gennemført samlet for alle 4 metoder på henholdsvis transekt- og dybdeinterval-niveau. Resultatet af analyserne angiver et mål for reproducerbarhed og præcision for hver metode. I analysen indgår tillige en beregning af, om metoderne er indbyrdes forskellige.

Der er 3 hovedspørgsmål, som skal besvares:

1. *Hvilken metode er mest reproducerbar ("within station" præcision)?*

### Reproducerbarhed

Databehandlingen er foretaget efter tilsvarende metode, som blev anvendt ved behandling af vegetationen på hårdbund i fjerde (kapitel IV). Observationer af dækningsgrader fra 0-100% er binomialfordelte, og data er derfor arc sin-tranformeret for at tilnærme disse en normalfordeling. Arc sin-transformationen er foretaget på følgende måde:  $p' = \arcsin(\sqrt{p/100})$ ;  $p =$  dækningsgrad (Zar, 1996).

Der er efterfølgende beregnet en middeldækningsgrad for hver kombination af dykker, metode og transekt eller for hver kombination af dykker, metode, transekt og dybdeinterval. Standard error for middeldækningsgraden for hver kombination af dykker og metode er beregnet og brugt som responsvariabel ( $y_{ij}$ ). Modellen for transektniveau er:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

hvor  $\mu$  = et fælles niveau for standard error på bestemmelsen af dækningsgraden,  $\alpha_i$  = bidraget fra metode  $i$ ;  $\beta_j$  = bidraget fra dykker  $j$  og  $\varepsilon_{ij}$  = restbidraget.  $\beta_j$  og  $\varepsilon_{ij}$  antages at være normalfordelte ( $\beta_j \sim N(0, \sigma^2)$ ,  $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ ).

Modellen for intervalniveauet er:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

hvor  $\mu$  = et fælles niveau for standard error,  $\alpha_i$  = bidraget fra metode,  $\delta_{jk}$  = bidraget fra dybdeinterval og  $\varepsilon_{ijk}$  = restbidraget ( $\delta_{jk} \sim N(0, \sigma^2)$ ,  $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$ ).

### 2. Hvilken metode er mest præcis ("within dykker" præcision)?

Præcision

I analysen af metodernes præcision blev data ligeledes arc sin-transformeret. Standard error blev beregnet og anvendt som teststørrelse i modellen:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

hvor  $\mu$  = et fælles niveau for standard error,  $\alpha_i$  = bidraget fra metode  $i$ ;  $\beta_j$  = bidraget fra transekt  $j$  og  $\varepsilon_{ij}$  = restbidraget ( $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ ).

### 3. Hvilken metode kræver færrest ressourcer?

Tidsforbrug

Metodernes tidsforbrug blev analyseret på baggrund af modellen:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

hvor  $\mu$  = middelværdi af tidsforbruget,  $\alpha_i$  = bidraget fra metode  $i$ ;  $\beta_j$  = bidraget fra dykker  $j$  og  $\varepsilon_{ij}$  = restbidraget ( $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ ).

## DEL II

### Datagrundlag

For at få information om ålegræssets rumlige variation på forskellige skalaer, har vi benyttet 2 forskellige datasæt i analyserne:

#### 1. Datasættet fra metodetestens del I i Vejle Fjord

Rumlig variation i et delområde

Datasættet omfatter 5 transekter i et afgrænset område i den ydre del af Vejle Fjord, og datasættet giver oplysninger om den rumlige variation som funktion af dybden inden for et afgrænset område. Datasættet giver mulighed for at beregne den optimale fordeling mellem antal transekter og dybdeintervaller i et afgrænset område.

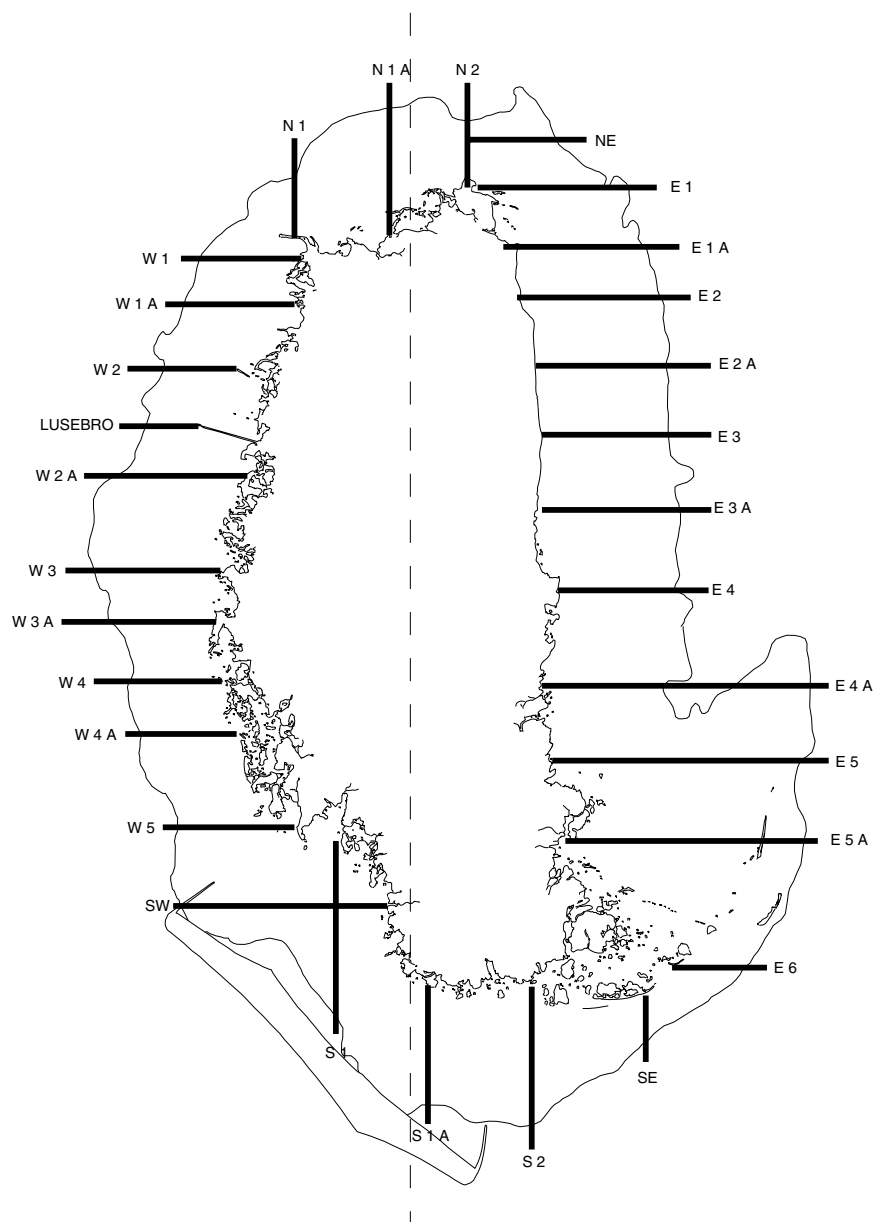


## 2. Data fra Saltholm

### Rumlig variation i et større område

Datasættet er indsamlet af DMU, Afdeling for Kystzoneøkologi i forbindelse med overvågningsprogrammet for Øresundsforbindelsens kyst-til-kyst anlæg (Petersen & Noer, 1993; Kahlert et al., 1997, 1998, 1999, indsendt). Datasættet giver en meget detaljeret beskrivelse af ålegræssets dækningsgrad i en zone på 1-3 meters dybde omkring Saltholm. Ålegræssets dækningsgrad er bestemt langs 29 transekter i august 1995-1999 (Figur V.2). Dækningsgraden er bestemt i punkter for hver 50 meter langs transekterne ved brug af vandkikkert fra en lille båd. Analyserne omfatter kun punkter, som er undersøgt samtlige år 1995-1999.

Datasættet giver information om variationen mellem delprøver i dybdeintervallet 1-3 meter og mellem transekter. Datasættet giver desuden den optimale fordeling mellem antal delprøver og antal transekter i et stort undersøgelsesområde.



**Figur V.2** Kort over Saltholm med angivelse af transekter, hvor ålegræssets dækningsgrad er bestemt i perioden 1995-1999.

## Databehandling

### Rumlige variation

Rumlige variation på forskellige skala

Den rumlige variation i ålegræssets dækningsgrad blev udtrykt som variansen:

- mellem transekter
- mellem dybdeintervaller.

Den rumlige variation blev beregnet dels mellem transekter og dels mellem dybdeintervaller efter følgende model:

$$y_{ij} = \mu + T_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

hvor  $\mu$  = standard error,  $T$  = bidraget fra det  $i$ 'te dybdeinterval eller det  $j$ 'te transekt og  $\varepsilon_{ij}$  = restbidraget. Analysen blev udført på arc sin-transformerede dækningsgrader (transformation:  $y = \arcsin(\sqrt{x/100})$ ). Vi antog, at  $\varepsilon$  var normalfordelt ( $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_T^2)$ ).

### Cost-benefit

Cost-benefit

Den optimale fordeling mellem antallet af delprøver på det enkelte transekt og antallet af transekter blev beregnet ud fra kendskab til:

- udbyttet - i form af præcision
- omkostningen - i form af tidsforbrug.

Det optimale antal dybdeintervaller pr. transekt blev beregnet ved følgende formel (Benedetti-Cecchi et al., 1996):

$$n = \sqrt{(S^2 * C_T) / (S_D^2 * C_D)}$$

hvor  $S^2$  = variansen mellem transekter for fastholdt dybdeinterval,  $S_D^2$  = variansen mellem dybdeintervaller,  $C_D$  = tidsforbruget pr. dybdeinterval og  $C_T$  = tidsforbruget på sejlads mellem transekter incl. klarlægning af dykker.

Antallet af transekter blev bestemt ved følgende formel (Benedetti-Cecchi et al., 1996):

$$n_T = T / ((n * C_D + C_T) * N_D)$$

$T$  = den samlede tid, der er til rådighed for undersøgelsen af et fjord-afsnit,  $N_D$  = antal dybdeintervaller i et transekt.

### Tidsserie-analyse

Tidslig udvikling i ålegræsset

Datasættet fra Saltholm indeholder information om den tidslige variation i ålegræssets dækningsgrad og giver derfor mulighed for at analysere, hvor mange år der skal monitoreres for at observere en given ændring i dækningsgrad fra år til år.

Vi har analyseret, hvor mange år der skal monitoreres for at observere en ændring i dækningsgrad på hhv. 10%, 4%, 3% og 2% pr. år. Analysen er foretaget for situationer med hhv. 30 transekter, 15 transekter og 10 transekter.

Analysen er foretaget ved hjælp af poweranalyseprogrammet MONITOR (Thomas og Krebs, 1997). Programmet antager en lineær regressionsmodel og anvender Monte Carlo-simuleringer til at beregne styrke og antal år (Thomas, 1996).

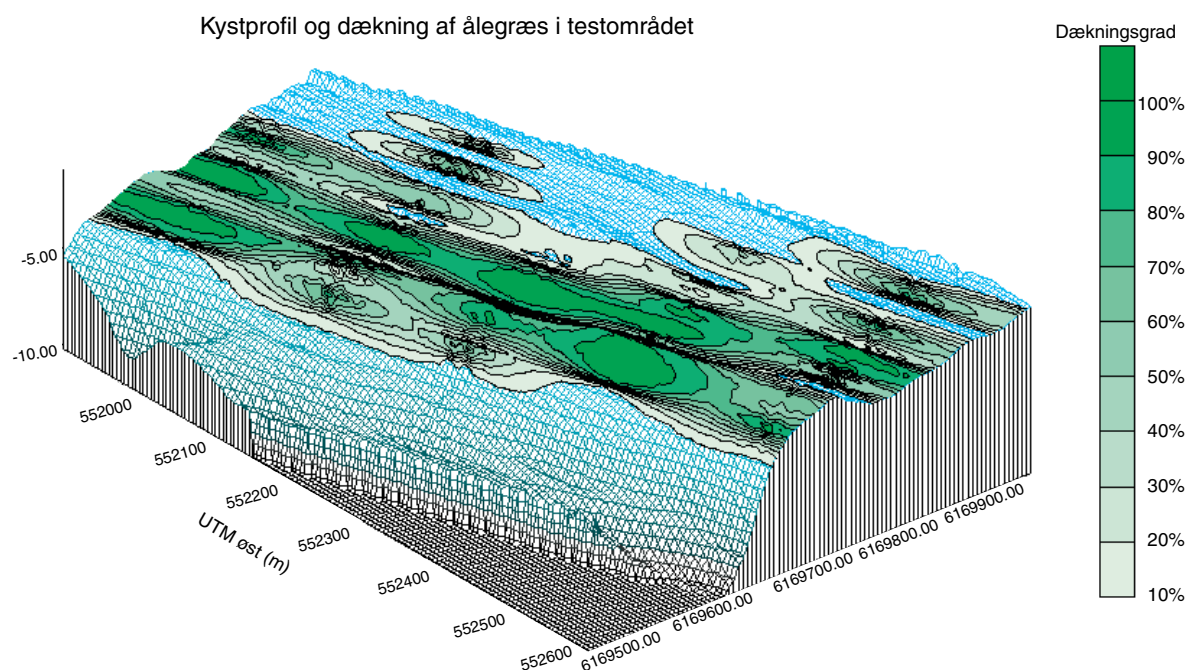
### 3. Resultater

#### DEL I

#### Ålegræssets udbredelse og dækningsgrad i undersøgelsesområdet

*Ålegræsset voksede i bælter langs kysten*

Bevoksninger af ålegræs var udbredt i 2 bælter med varierende dækningsgrad langs ca. 300 m lange transekter (Figur V.3). Dækningsgraderne var størst i intervallerne 2-3 m og 3-4 m (i gennemsnit 38-56%). I de øvrige dybdeintervaller er dækningsgraden i gennemsnit under 10%. De observerede dækningsgrader i de enkelte dybdeintervaller er vist i Appendiks 5.



**Figur V.3** Testområdet ved Rosenvold i den ydre del af Vejle Fjord vist som en 3D-model. De grønne områder angiver udbredelsen og dækningsgraden af ålegræs.

#### Tidsforbrug

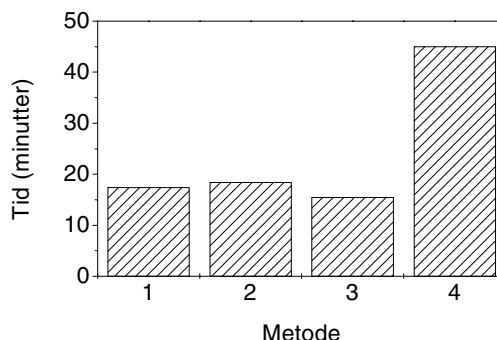
Tidsforbruget blev målt som den tid, der gik fra dykkeren var i vandet og kunne påbegynde transektundersøgelsen, til denne var afsluttet og dykkeren tilbage i båden.

Analysen viste ingen signifikante effekter af kombinationerne mellem metode og dykkere ( $p = 0,26$ ). Der var ligeledes heller ingen signifikant metode- og dykkereffekt ( $p_{\text{metode}} = 0,15$ ,  $p_{\text{dykker}} = 0,62$ ).

*Metode 3 var hurtigst*

Feltmetoderne 1 og 2 var omtrent lige hurtige, men metode 3 var signifikant hurtigere end disse (Figur V.4, Appendiks 6.1).

Videometoden (metode 4) tog væsentlig længere tid, fordi den inkluderer både feltoptagelse og efterfølgende gennemsyn med vurdering af dækningsgrader.



Figur V.4 Tidsforbruget pr. transekt ved anvendelse af metode 1, 2, 3 og 4.

### Reproducerbarhed

Analysen af reproducerbarhed skal afklare, hvor enige de 2 dykkere var i vurderingerne af dybdegrænser og dækningsgrader.

Reproducerbarheden blev udtrykt som standard error på de to dykkeres bestemmelser. En lille standard error er udtryk for stor reproducerbarhed.

#### Dybdegrænse

Variationerne i angivelserne af dybdegrænserne blev analyseret på baggrund af metode 2 og 3. Der var ingen signifikante effekter fra kombinationerne i analysen ( $p_{\text{dykker-metode}} = 0,84$ ;  $p_{\text{metode}} = 0,99$ ,  $p_{\text{dykker}} = 0,22$ ).

Der var ej heller signifikante forskelle mellem dykkernes vurderinger af dybdegrænserne.

#### Dækningsgrad

Analysen af dækningsgrader blev foretaget dels på transekt-niveau og dels på dybdeinterval-niveau.

Der var ingen signifikant metode-effekt i dykkernes vurderinger af dækningsgrader i felten, dvs. feltmetodernes reproducerbarhed var ikke signifikant forskellige ( $p = 0,12$ ). Transekt-effekten var heller ikke signifikant, dvs. der var heller ingen signifikant forskel på ålegræssets dækningsgrad mellem de 5 transekter ( $p = 0,29$ ).

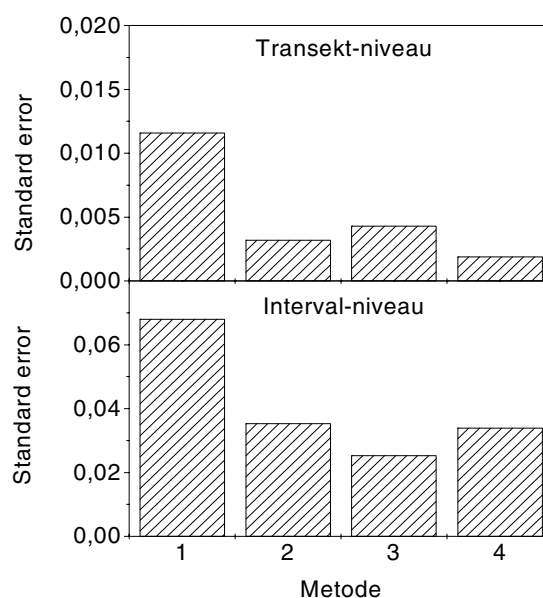
I den parvise analyse af metoderne var metode 1 signifikant forskellig fra metode 2, 3 og 4, hvorimod der ikke var nogen signifikante forskelle mellem de sidstnævnte. Metode 4 var den mest reproducerbare, metode 1 den mindst reproducerbare, og mellem metode 2 og 3 var der ingen nævneværdig forskel i reproducerbarheden (Figur V.5; Appendiks 6.2).

Der var en signifikant metodeeffekt i reproducerbarheden af dykkernes vurderinger af dækningsgrader i dybdeintervallerne i felten ( $P = 0,0016$ ).

Metode 2 og 3 var lige reproducerbare mht. bestemmelse af dybdegrænse

Transekt-niveau

Dybdeinterval-niveau



**Figur V.5** Reproducerbarhed af metode 1, 2, 3 og 4 vist som standard errors på bestemmelsen af ålegræssets dækningsgrad på henholdsvis transekt-niveau og dybdeinterval-niveau.

Blandt feltmetoderne var metode 3 den mest reproducerbare, metode 2 fulgte tæt efter, og metode 1 var mindst reproducerbar (Figur V.5, Appendiks 6.3). Video-metoden havde større reproducerbarhed end metode 1 og mindre reproducerbarhed end metode 2 og 3. Parvise sammenligninger af metodernes reproducerbarhed viste, at metode 1 var signifikant forskellig fra de øvrige metoder, hvorimod der ikke var signifikante forskelle mellem de øvrige metoder indbyrdes.

## Præcision

### Dybdegrænse

Der var ikke nogen signifikant forskel mellem dykkernes vurdering af dybdegrænserne, men variationen var stor (middel: 6,1; min: 4,4; max: 7,9 m). Konfidensintervallet (95%) beregnet ved  $(\pm 1,96 * \sigma / \sqrt{n})$  var  $\pm 0,43$  m. Samtlige observationer (alle metoder og begge dybder) indgik i analysen, eftersom observation af dybdegrænse ikke var en del af metodetesten. Det nødvendige antal observationer til fastlæggelse af dybdegrænsen med 95% sikkerhed blev efterfølgende beregnet på baggrund af spredningen på hver transekt samt for alle transekter samlet (Tabel V.1). Hvis dybdegrænsen ønskes bestemt med en nøjagtighed på 0,5 m, skal der anvendes 7-29 observationer afhængig af den aktuelle spredning. Med kun 1 observation kan dybdegrænsen i bedste fald fastlægges med en sikkerhed på  $\pm 1,5$  m.

**Tabel V.1** Antal observationer for givent konfidensinterval.

95% konfidensinterval (m)	Tr 1	Tr 2	Tr 3	Tr 4	Tr 5	Alle Tr
0,1	703	182	253	715	549	458
0,25	112	29	40	114	88	73
0,5	28	7	10	29	22	18
1	7	2	3	7	5	5
1,5	3	1	1	3	2	2
2	2	1	1	2	1	1

Metodernes præcision var ikke signifikant forskellig mht. bestemmelse af dybdegrænsen

Der er brug for mange observationer pr. transekt

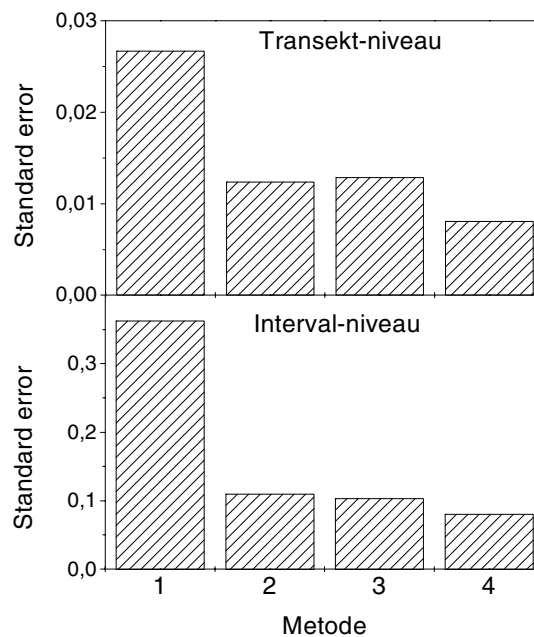
### Dækningsgrad

Metodernes præcision er udtrykt som standard error på de to dykkernes bestemmelser af dækningsgraden langs transekterne og langs dybdeintervallerne.

#### Transekt-niveau

Feltmetodernes præcision var ikke signifikant forskellige, når analysen blev foretaget på transekt-niveau ( $p = 0,25$ ). Der var heller ingen forskel mellem dykkernes vurderinger af dækningsgraderne ( $p = 0,75$ ).

Den parvise sammenligning af metoderne viste, at metode 1 var signifikant forskellig fra metode 4, men ikke fra metode 2 og 3 om end p-værdierne var tæt på signifikansgrænsen ( $p_{1-2} = p_{1-3} = 0,08$ ). Metode 4 var den mest præcise, og metode 1 den mindst præcise. Der var ingen forskel i præcisionen mellem metode 2 og 3 (Figur V.6; Appendiks 6: Tabel V.4).



**Figur V.6** Præcisionen af metode 1, 2, 3 og 4 vist som standard error på bestemmelserne af ålegræssets dækningsgrad på henholdsvis transekt-niveau og dybdeinterval-niveau.

#### Dybdeinterval-niveau

Når dækningsgraderne blev analyseret på dybdeinterval-niveau var der heller ingen signifikante forskelle mellem dykkernes vurderinger ( $P = 0,35$ ), hvorimod metodernes præcision var signifikant forskellig ( $P = 0,034$ ).

Parvise sammenligninger viste igen, at metode 1 var signifikant forskellig fra de øvrige metoder, mens disse ikke var indbyrdes forskellige. Metode 4 var igen den mest præcise metode, metoderne 2 og 3 lige præcise og metode 1 var den mindst præcise (Figur V.6; Appendiks 6.5).

## DEL II

### Rumlige variation

Den rumlige variation i ålegræsbevoksninger i et fjordafsnit er beregnet på baggrund af variansen mellem transekter og variansen mellem dybdeintervaller. Beregningerne er dels foretaget på testområdet i Vejle Fjord og dels på data fra Saltholm.

*Ålegræsset fordelte sig ensartet mellem transekterne, men forskelligt mellem dybdeintervallerne*

I begge områder var variansen mellem transekter ( $S_T^2$ ) lille i forhold til variansen mellem dybdeintervaller ( $S^2$ ) (Tabel V.2). Det betyder, at transekterne var forholdsvis ensartede, hvorimod der var stor variation mellem dybdeintervaller. For ålegræsområder i samme fjordafsnit (dvs. indre fjord- eller ydre fjordafsnit) er det sandsynligt, at variationen mellem dybdeintervaller generelt er større end variationen mellem transekter. Variansen mellem dybdeintervaller er derfor afgørende for, hvor mange transekter der kan gennemføres med en given ressource. I den efterfølgende cost-benefit analyse anvendes derfor variansen mellem dybdeintervaller til at bestemme det optimale antal transekter med en given tidsmæssig ressource.

**Tabel V.2** Varians mellem transekter og mellem dybdeintervaller i Vejle Fjord og ved Saltholm.

	Transekt ( $S_T^2$ )	Dybdeinterval ( $S^2$ )
Testområde, Vejle Fjord	0,0334	0,1221
Saltholm	0,0098	0,1027

### Cost-benefit analyse

*Det optimale forhold mellem antal transekter og antal dybdeintervaller afhænger af ålegræssets rumlige variation*

For en given ressource blev den optimale fordeling mellem antallet af transekter og antallet af delprøver pr. transekt beregnet. Vi tog udgangspunkt i den ressource, der er afsat til vegetationsundersøgelser i fjordene i det nationale overvågningsprogram for havmiljøet (NOVA 2003).

I NOVA 2003 indgår der to typer af områder: "repræsentative områder" og "typeområder". I de repræsentative områder er der afsat ca. 3 dage pr. fjordafsnit til feltundersøgelser, mens der i typeområderne er afsat ca. 4,5 dage pr. fjordafsnit. Efter samråd med forskellige amter regner vi med en effektiv arbejdstid på fjorden på 4 timer pr. dag, idet resten af dagen typisk går med transport og klargøring af udstyr. Det vil sige, at der er 12 timer til rådighed pr. fjordafsnit i repræsentative områder og 18 timer til rådighed pr. fjordafsnit i typeområderne. Antallet af dybdeintervaller pr. transekt sættes til 6.

I Tabel V.3 er det optimale antal transekter beregnet på baggrund af to scenarier for tidsforbruget pr. dybdeinterval svarende til variationen af tidsforbruget under testen af de 4 metoder. Scenarierne omfattede en undersøgelsestid på hhv. (3 og 9 min. pr. dybdeinterval) 10 og 20 min. i sejl tid fra et transekt til det næste inkl. klargøring til dykning. Analysen viste, at det med de nuværende ressourcer skulle være muligt at undersøge 4-9 transekter pr. fjordafsnit i repræsentative områder og 7-14 transekter pr. fjordafsnit i typeområder.

**Tabel V.3** Det optimale antal transekter/dybdeintervaller (tr/dyb) pr. fjordafsnit. Antallet af transekter er beregnet på baggrund af 6 dybdeintervaller pr. transekt i testområdet i Vejle Fjord.

Tid (min) til sejlads og klargøring	Tidsforbrug pr. dybdeinterval (min)	Antal transekter repræsentativ område	Antal transekter typeområde
10	3	9	14
20	3	5	7
10	9	8	12
20	9	4	6

Ålegræssets rumlige variation fra det afgrænsede område i Vejle Fjord afspejler måske ikke i tilstrækkelig grad den variation, der vil være inden for et større område. Derfor er cost-benefit analysen gentaget på datasættet fra Saltholm. Variansen i ålegræssets dækningsgrad blev beregnet for hvert år gennem den 5-årige undersøgelsesperiode. Hvis vi antager, at ålegræssets rumlige variation omkring Saltholm svarer til variationen i et fjordafsnit, skulle det, med de nuværende ressourcer, være muligt at undersøge 4-10 transekter pr. fjordafsnit i repræsentative områder og 7-15 transekter pr. fjordafsnit i typeområder (Tabel V.4).

**Tabel V.4** Det optimale antal transekter/dybdeintervaller (tr/dyb) pr. fjordafsnit. Antallet af transekter er beregnet på baggrund af 6 dybdeintervaller pr. transekt (variation = Saltholm (DMU, Kalø)).

Tid (min) til sejlads og klargøring	Tidsforbrug pr. dybdeinterval (min)	Repræsentativ område (tr/dyb)	Typeområde (tr/dyb)
10	3	10/62	15/92
20	3	5/32	8/48
10	9	9/56	14/83
20	9	4/30	7/45

### Tidsserieanalyse

På baggrund af datamaterialet fra Saltholm blev det beregnet, hvor mange transekter og hvor mange år det er nødvendigt at monitere for statistisk at identificere en ændring af en given størrelse. Rent statistisk er det nødvendigt at inkludere mindst 5 år i en trend-analyse, så 5 år er den korteste periode, der kan ligge til grund for analysen.

*4 transekter pr. fjordafsnit er nok til at afsløre en ændring i dækningsgraden på 10% p.a. over en 5-årig periode*

Med 29 transekter er det muligt over en 5-årig periode at identificere en ændring i dækningsgraden på 2% pr. år (Tabel V.5). Datasættet fra Saltholm giver således en ekstremt præcis bestemmelse af ålegræssets dækningsgrad. Antages det, at man er tilfreds med at kunne identificere en ændring på 10% pr. år over en 5-årig periode, er det tilstrækkeligt med 4 transekter.

**Tabel V.5** Statistisk identificerbar ændring i dækningsgrad pr. år ved anvendelse af forskellige antal transekter.

Antal transekter	Antal år	Potentiel identificerbar ændring i dækningsgrad
29	5	2%
15	5	3%
10	5	4%
4	5	10%



## Kortlægning af ålegræs

Undersøgelserne på de 5 transekter i Vejle Fjord blev desuden anvendt til at undersøge mulighederne for at udtegne et kartografisk kort over udbredelsen af ålegræs alene på baggrund af dykkerobservationer. Til dette blev programmet SURFER anvendt.

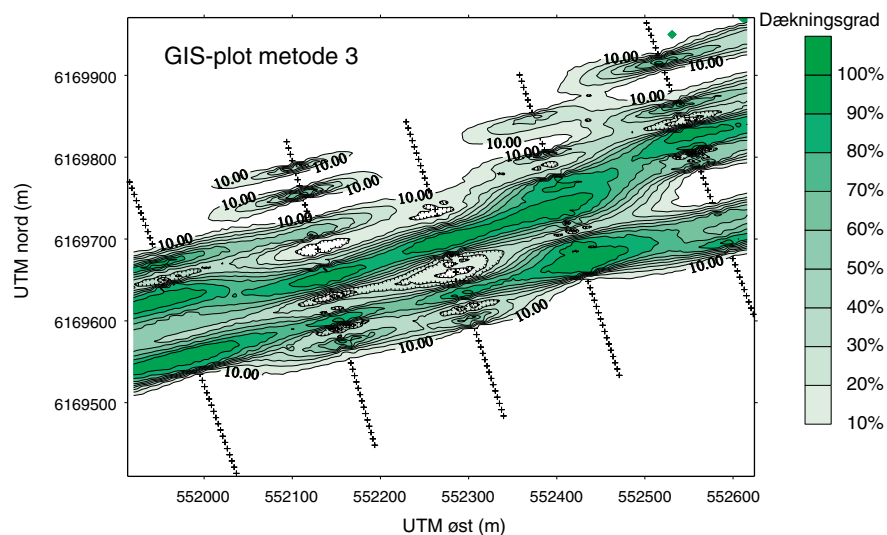
### Princip

SURFER kan udtegne konturer på baggrund af et gridnet over et område. Gridnettet bliver beregnet på baggrund af observationer/målinger af en række xyz-data, i dette tilfælde UTM-øst, UTM-nord og dækningsgrad. Værdien i hvert gridpunkt bliver beregnet ved hjælp af interpolation mellem de omkringliggende observationspunkter. Interpolationsproceduren beregner således værdier i punkter, hvor der ingen originale observationer er. Valget af interpolationsmetode må derfor ske med fornødent omhu for at undgå for stor uoverensstemmelse mellem de observerede og de beregnede værdier.

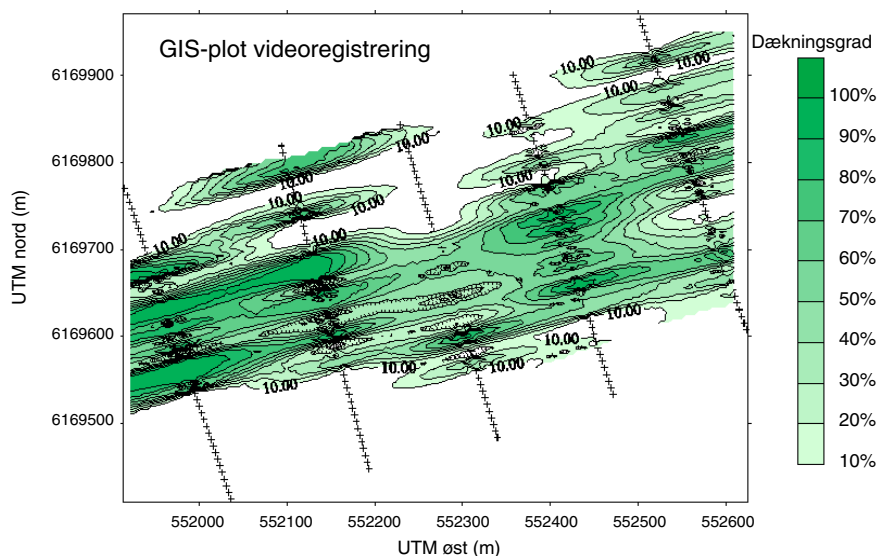
Der findes en lang række forskellige metoder til interpolering af gridpunkt-værdierne. De fleste metoder i SURFER anvender forskellige algoritmer for vægtede gennemsnit, således at jo tættere et datapunkt er ved et gridpunkt, jo større vægt får det i beregningen af værdien i gridpunktet. Hvis der ikke ligger nogle bindinger i forhold til fordelingen af observationsdata, kan man med fordel anvende samtlige data i beregningerne af gridnettet, men i forhold til ålegræsset kan denne metode ikke anvendes. Ålegræs forekommer ikke ligeligt fordelt langs kysterne. De afgørende faktorer er i høj grad korreleret med dybden. Det betyder, at kun datapunkter med samme dybde som dybden i gridpunktet skal anvendes i interpolationsberegningen. I praksis betyder det, at for hvert gridpunkt begrænses området for acceptable datapunkter til et dybdeinterval omkring gridpunktet. I denne beregning blev dette område afgrænset af en elipse med centrum i gridpunktet og radierne 200 og 20 m. Elipsens længste akse følger det generelle forløb af dybdekurverne langs kysten. Interpolationsparametrene er nærmere beskrevet i Appendiks 7.

### GIS-metoden fremstiller tilfredsstillende udbredelseskort ud fra dykkerobservationer

Der blev beregnet udbredelseskort på baggrund af dækningsgradvurderingerne fra metode 3 samt på baggrund af videoregistreringen med henholdsvis 175 og 525 observationer (Figur V.7 og V.8). Der var en rimelig overensstemmelse mellem observerede data og gridpunkter. Den samlede dækning af ålegræsbevoksning (> 10%) var henholdsvis 14,7 ha, når analysen baseres på data fra metode 3, og 16 ha, når analysen baseres på videoregistreringerne.



**Figur V.7** Interpoleret grid af udbredelsen af ålegræs i testområdet ved Rosenvold, Vejle Fjord. Interpolationen blev foretaget på baggrund af data fra metode 3.



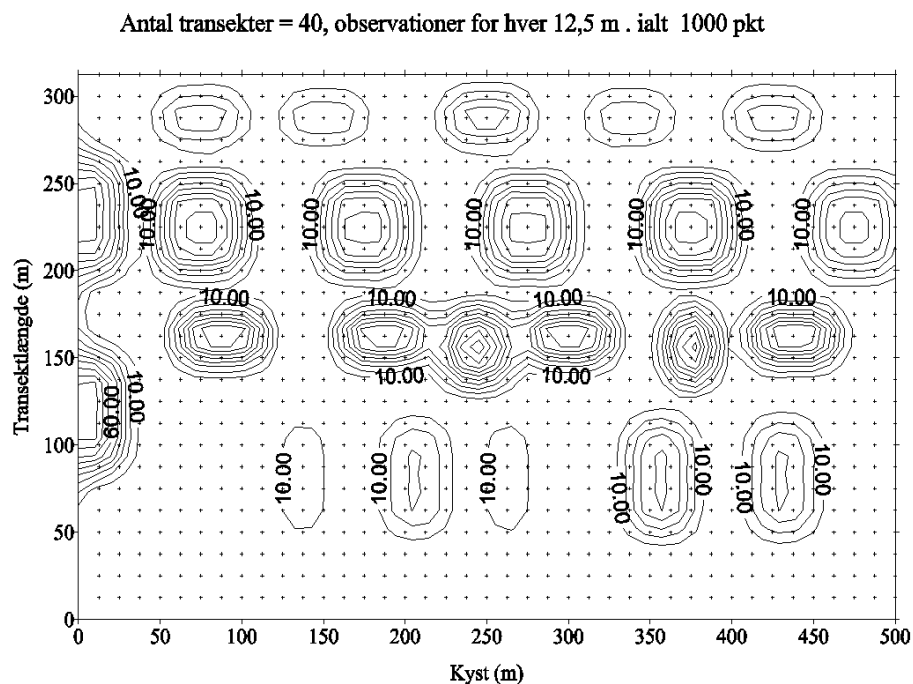
**Figur V.8** Interpoleret grid af udbredelsen af ålegræs i testområdet ved Rosenvold, Vejle Fjord. Interpolationen blev foretaget på baggrund af data fra videoregistreringen (metode 4).

Undersøgelsesområdet blev bl.a. udpeget på baggrund af flyfotos fra 1995. En digital billedbehandling tegner et anderledes billede af bevoksningernes udbredelse (Figur V.1). Den samlede dækning korriigeret på baggrund af feltundersøgelserne var ca. 15,5 ha., hvilket ligger meget tæt på den beregnede på baggrund af GIS-analyserne. Flyfotoet var som nævnt fra 1995. Efterfølgende vil billedbehandlingen søges gentaget med tidssvarende flyfoto, idet Vejle Amt i forbindelse med NOVA-overvågningsprogrammet har gennemført en ny flyfoto-grafering af hele fjorden i efteråret 1999.

Der er behov for mange observationer for at opnå detaljerede udbredelseskort

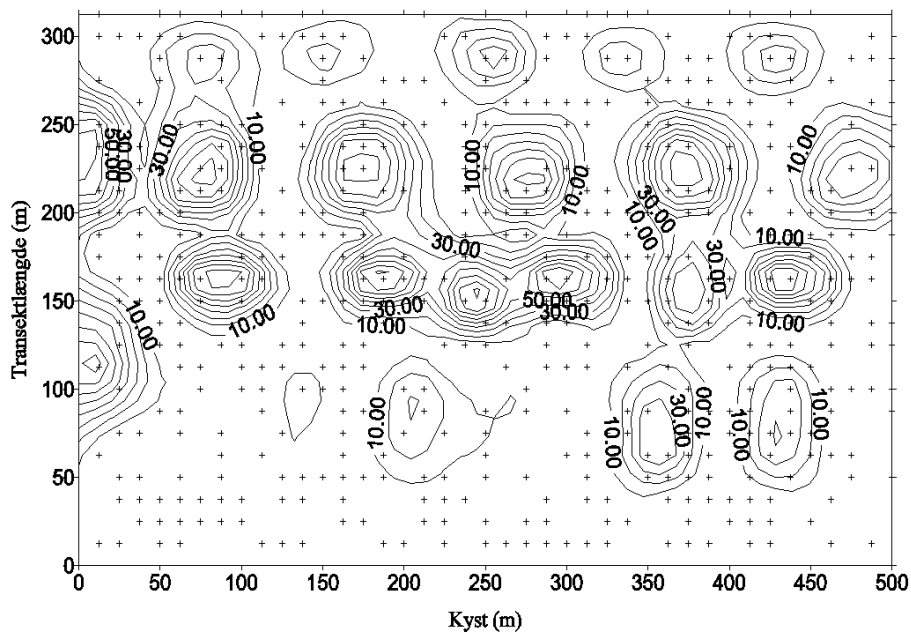
### Nødvendigt antal observationer

For at undersøge, hvor mange observationer der var nødvendige for at lave et tilstrækkeligt pålideligt udbredelseskort over en ålegræsbevoksning uden bindinger i interpolationsmetoden, konstruerede vi en virtuel bevoksning i et 500 \* 300 m stort område. Bevoksningen var patchy med forskellige dækningsgrader i de enkelte patches. Derefter indlagde vi et gridnet i intervaller á 12,5 m og "observerede" dækningsgraden i hvert knudepunkt. I alt 1000 "observationer". Disse blev efterfølgende lagt til grund for beregningen af kartografiske kort. Efter hver kørsel blev antallet af observationer reduceret og beregningen gentaget. Resultatet blev, at med samtlige observationspunkter (1000 pkt.) lå det beregnede kort meget tæt på originalen (Figur V.9), men allerede ved en halvering af observationerne var kortet temmelig forskelligt fra originalen, og blev samme antal punkter udvalgt tilfældigt viste kortene forskellige udbredelsesmønstre. Ved henholdsvis 250 og 125 tilfældigt udvalgte punkter havde kortene mistet enhver lighed med originalen (Figur V.10 og V.11). Forsøget faldt ikke mere heldigt ud, hvis observationerne i stedet blev udvalgt langs transekter. Med en halvering af de oprindelige 40 transekter var der fortsat en vis lighed med originalen, men herefter ophørte enhver lighed.



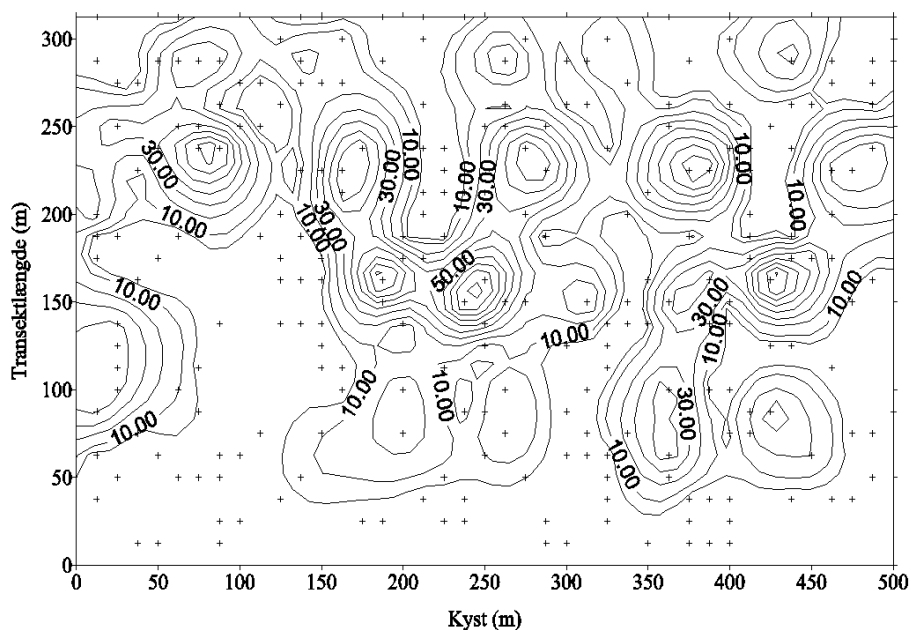
Figur V.9 Kartering af et virtuelt ålegræsbevoksning med anvendelse af 1000 pkt. til interpolationsberegningen (+ = observationspunkt).

Randomfordelte observationspunkter = 500



Figur V.10 Kartering af et virtuelt ålegræsbevoksning med anvendelse af 500 pkt. til interpolationsberegningen (+ = observationspunkt).

Randomfordelte observationspunkter = 250



Figur V.11 Kartering af et virtuelt ålegræsbevoksning med anvendelse af 250 pkt. til interpolationsberegningen (+ = observationspunkt).

Anvendes ålegræsområdets areal som indikator for overensstemmelsen mellem "original" og beregnede udbredelse, var det beregnede areal op til 37% højere end originalen afhængig af antallet af observationspunkter (Tabel V.6).

**Tabel V.6** Areal af virtuel ålegræsområde afhængig af antallet af transekter eller antallet af vilkårligt valgte observationspunkter.

Antal transekter/pkt.	m <sup>2</sup> (> 10%)	% af original
Original	58152	100
40 transekter = 1000 punkter	65278	112.25
20 transekter = 500 punkter	68284	117.42
10 transekter = 250 punkter	79469	136.66
500 punkter - tilfældigt udlagt	70799	121.75
250 punkter - tilfældigt udlagt	73528	126.44
125 punkter - tilfældigt udlagt	80055	137.67

Resultatet af arealberegningen er generelt en overestimering af arealet. Afvigelsen stiger jo færre observationer, der indgår i beregningen.

## 4. Diskussion

### *Tidsforbrug*

Tidsforbruget var mindst ved anvendelse af metode 3. På trods af at denne metode var signifikant hurtigere end de øvrige, var det kun få minutter, der adskilte den fra de 2 andre feltmetoder. Tidsforbruget svarede stort set til den tid, det tog at gennemsejle transektet for langsom fart. Tidsforbruget for metode 4 var væsentligt større end de øvrige på grund af tidsforbruget til gennemsyn af videooptagelserne. Uanset hvilken metode der anvendes, vil en rutineret dykker kunne foretage undersøgelsen løbende, dvs. uden ophold under gennemsejlingen. Det største problem i denne forbindelse er antagelig fastlæggelsen af dybdeintervaller ved anvendelse af metode 1. Revler langs mange kyststrækninger medfører, at dybdeprofilen næsten aldrig er jævnt faldende ud langs transekterne. Der er ofte områder mellem revle og kyst med større vanddybde end vanddybden over revlen. Det betyder, at fastlæggelsen af skæringspunkterne mellem dybdeintervallerne kan være meget vanskelig at definere. Hvis transektet startes fra kysten, vil dybdeintervallet formentligt ikke blive fastlagt til det samme sted, som hvis transektet startes fra det yderste punkt på transektet. Det kan have medført, at der i tidligere undersøgelser har været ålegræsområder, der det ene år har været tilskrevet ét dybdeinterval og andre år et andet. Problemet optrådte tillige klart ved interkalibreringen af bundvegetationsmetoder mellem amter og konsulentfirmaer i 1997 (Middelboe et al., 1997). Denne usikkerhedsparameter er, om ikke helt elimineret ved brug af metode 2, 3 eller 4, så dog væsentlig minimeret, fordi hver observation af dækningsgrad bliver tilskrevet den aktuelle dybde (korrigeret i forhold til DNN). I den efterfølgende databehandling bliver observationerne samlet i dybdeintervaller uanset deres placering langs transektet.

I denne opgørelse af tidsforbruget indgår en evt. udlæggelse af blyline ikke, idet det antages, at positioneringen vil kunne foretages løbende ved hjælp af en PC eller datalogger koblet til GPS-modtager. Blyline er dog fortsat anvendelig til positionering, blot kræver det, at man bestemmer minimum 2 positioner langs linen med reference til afstandsmærkerne på linen. Positioneringen af de enkelte observationer kan derefter beregnes.

### *Dybdegrænse*

Der var ingen signifikante forskelle i dykkernes vurderinger af dybdegrænserne. Den variation, der trods alt var, skyldtes primært fore-

komsten af små (5-10 cm) frøspirede skud, som kan være vanskelige at se, hvis sigten ved bunden er dårlig, og selv med rimelig sigt kan det kræve et vågent øje. I monitoringsøjemed kan det være relevant både at angive dybdegrænsen for den flere år gamle bevoksning (skud med rhizomer) og dybdegrænsen for nye frøspirede skud (skud uden rhizomer). Hvis metode 2, 3 eller 4 anvendes, kan der yderligere fastsættes en dybdegrænse for hovedudbredelsen, hvilket dog forudsætter, at denne på forhånd fastsættes til et alment gældende niveau (fx dækningsgrad på 10%).

Der var en del variation mellem de tilgængelige dybdemålere inden for dybdeintervallet 0-10 m. Det må derfor understreges, at det er meget vigtigt at dybdemåleren kalibreres før gennemførelse af en undersøgelse. De fleste digitale dybdemålere tændes automatisk, når de kommer under vand, men først på ca. 1,5-2 meters dybde. Til dybdemåling i intervallet 0-2 m kan det derfor være hensigtsmæssigt at anvende en analog dybdemåler (tømmestok, line eller rør-dybdemåler). Desuden er det yderst nødvendigt at kalibrere dybdeangivelserne efter hver dag i forhold til vandstandssvingningerne. Selv i sommerperioden kan vandstanden svinge betydeligt (40-45 cm), hvilket er væsentlige svingninger i relation til de år til år ændringer i dybdegrænser, der kan forventes.

Metodetestens bestemmelser af dybdegrænserne viste en del variation mellem transekterne og til dels også på de enkelte transekter. Tager man transektet med den laveste spredning, skal der anvendes 7 observationer til at fastlægge dybdegrænse med et konfidensinterval på 0,5 m. En analyse af variationen mellem transekterne vil kunne sige, at der skal undersøges  $x$  transekter for at få en acceptabel måling af dybdegrænsen, men hvis der ikke er behov for at analysere lige så mange transekter for at få et mål på dækningsgraden, bør dybdegrænsefastsættelsen ikke være afgørende for antallet af transekter. Cost-benefit analysen viser, at der kan gennemføres 4-9 transekter i repræsentative områder og 6-14 i typeområder. Hvis spredningen på dybdegrænseobservationerne i et fjordafsnit er lav, er der nogenlunde sammenfald mellem antallet af transekter og antal dybdegrænseobservationer. I et fjordafsnit vil spredningen sandsynligvis være større end i testområdet, som er afgrænset og afmærket for hver transekt. Det medfører derfor, at der skal være flere dybdegrænseobservationer, end der er transekter.

Med de hidtil anvendte metoder bliver dybdegrænsen fastlagt på baggrund af 1 observation. Metodetesten viser, at dette er helt utilstrækkeligt. Med kun 1 observation kan dybdegrænsen kun fastlægges med et konfidensinterval på  $\pm 1,5$  m. Dette betyder, at selv med en betydelig reduktion af belastningen vil en forventet forbedring af dybdegrænsen i mange områder ligge inden for konfidensintervallet og dermed ikke være statistisk signifikant. Det anbefales, at dybdegrænsen bliver bestemt med et konfidensinterval på maks. 0,5 m. Dette kræver i størrelsesordenen 7-29 observationer afhængig af spredningen på det enkelte transekt eller inden for fjordafsnittet.

Det anbefales, at der fremover arbejdes med T-formede transekter, hvor en linie vinkelret på kysten undersøges med de her anbefalede

metoder, og der foretages en række observationer af dybdegrænsen i en linie parallel med kysten ud for transektet.

### Reproducerbarhed

Der var ingen signifikante forskelle mellem dykkernes vurderinger af dækningsgraderne på et givet transekt eller i et givet dybdeinterval. Begge dykkere var rutinerede med hensyn til undersøgelser af bundvegetation, men i forbindelse med en evt. ændring af metoder vil det være hensigtsmæssigt at gennemføre periodiske kalibrerings-/justeringskurser af dykkernes vurdering af dækningsgrader.

Vurderingerne af dækningsgrader med metode 1 gav den dårligste reproducerbarhed og var signifikant forskellig fra de øvrige metoder. Mellem de øvrige metoder var der ingen signifikante forskelle. Vurderet på transekt-niveau var metode 4 den mest reproducerbare. På dybdeinterval-niveau var metode 3 den mest reproducerbare. Korrigeringen af dækningsgrader til det antal meter, de repræsenterede langs dybdeintervallet eller langs transektet, medfører, at metode 2 og 3 i det aktuelle tilfælde kom til at ligge meget tæt på hinanden, fordi der var tilnærmelsesvis lige mange observationer i anvendelsen af de 2 metoder. Video-metoden har yderligere det fortrin fremfor metode 2 og 3, at den kan gentages af flere personer om nødvendigt, anvendes af ikke-dykkere eller til optræning af nye personer.

### Præcision

Præcisionen var størst med anvendelse af metode 4. Metoden var på transekt-niveau væsentlig bedre end metode 2 og 3, men dog ikke signifikant bedre. Det betyder, at denne metode er mest følsom over for en ændring i vegetationens dækningsgrad. Vil man eksempelvis gerne kunne teste en eventuel ændring af dækningsgraden i et område så tidligt som muligt, vil video-metoden være bedst at anvende. Metoden er dog mere tidskrævende end de øvrige, men den større præcision kan omvendt betyde, at man antagelig kan nøjes med færre transekter.

Den samlede vurdering af metodetestene er vist i *Tabel V.7*, hvor metoderne er klassificeret efter deres rang i metodetestens parametre.

**Tabel V.7** Opsummering af resultaterne af metodetestens del I på blød bund. Metoderne har fået tildelt karaktererne \*, \*\*, eller \*\*\* alt efter deres rang inden for metodetestens discipliner.

	Metode 1	Metode 2	Metode 3	Metode 4
Tidsforbrug	*	**	***	*
Reproducerbarhed	*	***	**	***
Transekt				
Reproducerbarhed	*	**	***	**
Dybdeinterval				
Præcision, transekt	*	**	**	***
Præcision, dybdeinterval	*	**	**	***
Total	6	10	12	12

Det må klart anbefales at forlade den tidligere anvendte metode (metode 1). Både i reproducerbarhed og præcision adskiller metoden sig signifikant fra de øvrige. Metoden tager samme tid som de øvrige feltmetoder. Af feltmetoderne må metode 3 siges at være det bedste bud. Den adskiller sig fra metode 2 ved at have en større reproducerbarhed på dybdeinterval-niveau samt at være hurtigere. Den er desuden mere objektiv og friholder dykkeren fra at vurdere, om en given

ændring i dækningsgrad er tilstrækkelig til at afgive en ny melding, blot kræver det, at antallet af observationer er tilstrækkelig høj. I disse test var antallet ca. 4 observationer pr. minut.

I fastlæggelsen af hovedudbredelsesgrænser vil metoderne 2, 3 eller 4 være at anbefale, idet grænserne fastlægges ret præcist efter, at hele transektet er undersøgt. Dykkeren behøver således ikke at tage stilling til, hvorvidt grænsen er nået under selve dykningen. Fastlæggelsen af hovedudbredelsesgrænserne bør desuden fastlægges ud fra et fælles alment niveau (fx dækningsgrad 10%). Hvis udbredelsen generelt ikke er væsentlig højere end 10%, er det diskutabelt, om man overhovedet kan tale om en hovedudbredelse.

Video-metoden er afgjort en anvendelig metode, og den giver flere fordele. Den er lige så præcis og reproducerbar som metode 3. Desuden giver den dokumentation for dækningsgraden fra år til år. Metoden er derfor ikke så afhængig af persons-kift, idet tidligere optagelser kan anvendes til oplæring af nye personer, ligesom hele tidsserier kan gennemføres af én og samme person. Videometoden har ydermere den fordel, at antallet af observationer kan tilpasses det enkelte transekt og kan verificeres af flere personer. Metoden kræver ekstra tid til gennemsyn af video, men dette opvejes delvist af metodens større præcision. Monteres et videokamera på en slæde, kan metoden muligvis helt erstatte anvendelsen af dykker, men dette kan være særdeles vanskeligt i områder med tæt ålegræs.

#### *Rumlige variation*

Den rumlige variation i et område med ålegræs er større mellem dybdeintervaller end mellem forskellige transekter. Dette gælder, uanset om det er et mindre begrænset område, som i testområdet i Vejle Fjord, eller det er et større område, som området ved Saltholm. Metoden, der blev anvendt ved Saltholm, modsvarer metode 3 eller 4, idet observationerne er foretaget på foruddefinerede positioner uafhængigt af, hvad dykkeren eller personen med vandkikkerten i øvrigt observerede på bunden. Det er derfor rimeligt at antage, at det generelt er variationen mellem dybdeintervallerne, der er afgørende for, hvor mange transekter der kan undersøges med en given ressource for at give den bedste udnyttelse af ressourcerne. Variationen mellem dybdeintervaller vil antagelig i mange andre områder være større end mellem transekter, medmindre man sammenligner blødbundstransekter med transekter, hvor der udelukkende forekommer hård bund og dermed intet ålegræs. Den relativt større variation mellem dybdeintervaller skyldes, at variationen dækker alt mellem intervaller helt uden ålegræs og intervaller med høj dækningsgrad (50-100%).

Cost-benefit analysen viser, at med de givne antagelser omkring tidsforbrug skulle der i det nationale overvågningsprogram (NOVA 2003) være ressourcer til at undersøge mellem 4-9 transekter i hvert delområde i repræsentative områder og 6-14 transekter i typeområderne. Beregningen gælder for transekter, der er ca. 300 m lange. Da tidsforbruget primært afhænger af sejltiden langs transektet, skal tidsforbruget i de enkelte områder justeres herefter. I det eksisterende program er der beregnet 3 transekter pr. delområde. Antallet af transekter justeres desuden efter, hvor lang tid man påregner at kunne være på vandet.



## Tidsserieanalyse

Det nødvendige antal transekter for at kunne identificere en statistisk signifikant udvikling af dækningsgraden i ålegræsbevoksninger afhænger primært af år til år variationen. Datamaterialet fra Saltholm viser, at der med ændringerne i perioden 1995-99 skal anvendes 4 transekter til at bestemme en statistisk signifikant ændring i dækningsgraden på 10% pr. år, og med 15 transekter kan en ændring på kun 3% pr. år identificeres signifikant, forudsat at observationerne har været tilfældige. Fastlæggelsen af en acceptabel detektionsgrænse afhænger af de forventede ændringer i vegetationen samt de tilgængelige ressourcer. Analysen viser dermed, at med mindst 4 transekter i hvert delområde vil en ændring på  $\leq 10\%$  kunne påvises statistisk signifikant. På baggrund af cost-benefit analyserne skulle dette antal transekter kunne etableres i hvert delområde uden større omlægninger af ressourcerne under det igangværende overvågningsprogram.

## Kortlægning

Kortlægning på baggrund af dykker-/videoobservationer alene er afgjort mulig, blot der indgår det tilstrækkelige antal transekter, samt at datasættet ikke kun indeholder dækningsgrader i ålegræsområder men også angiver, hvor dækningsgraden er nul. Interpoleringsmetoden forudsætter et detaljeret kendskab til dybdeforholdene langs kysterne, hvilket dog ikke er noget problem, idet disse opsamles sideløbende med vurderingerne af dækningsgrad. Der kan være risiko for, at beregningen af ålegræssets arealudbredelse overestimeres, hvis datapunkterne er for spredte. I eksemplet med testområdet i Vejle Fjord var afstanden mellem transekterne ca. 100 m. Denne afstand kan formentlig ikke øges væsentligt uden at medføre et væsentligt dårligere udfald af interpoleringen. Afstanden mellem transekter kan dog justeres efter kendskab i øvrigt til undersøgelsesområdet. I nogle delområder kan tætheden af transekter afgøres på baggrund af et simpelt gennemsyn af ordinære flyfotos. Skal et større område, som fx Vejle fjord, kortlægges, skal der anvendes ca. 400 transekter. Antallet kan formentlig reduceres efter gennemsyn af ordinære flyfotos, idet en del transekter i den indre del kan udelades. Med det anvendte tidsforbrug i metodetestene (ca. 15 min. pr. transekt) vil en sådan operation kræve ca. 100 timers dykning eller ca. 25 dage, hvis den effektive dykkertid er 4 timer pr. dag. Sammenholdt med omkostningerne i forbindelse med gennemførelsen af en flyfotografering og efterfølgende digital billedbehandling, kan metoden være et brugbart alternativ.

GIS-interpoleringer af dækningsgrad har tidligere været anvendt til kortlægning af ålegræsområder, bl.a. ved Shaw Island, Washington, USA (Norris et al., 1997). Her var afstanden mellem transekterne kun ca. 10 m. I alt blev et område på ca. 4 ha kortlagt ved hjælp af 32 transekter. Denne undersøgelse viser, at antallet af transekter kan reduceres betydeligt i forhold til de amerikanske undersøgelser ved at anvende en interpolationsmetode, hvor data til beregning af gridpunktet er begrænset til et dybdeinterval omkring gridpunktet.

I overvågningsprogrammet er opløseligheden i flyfotograferingen fastsat til 1\*1 m (pixelstørrelsen). I dykkerobservationerne er den observerede opløsning ca. 5 x 100 m, hvorpå der er beregnet en opløsning (gridnet) på 5 x 5 m. Dette betyder således, at dykkerkarteringen giver en dårligere opløsning end flyfotograferingen. Omvendt kan flyfoto-opløsningen ikke umiddelbart omsættes til

dækningsgrader. I den digitale billedbehandling anvendes ofte flere pixels til at fastlægge vegetationens dækningsgrad, hvilket medfører, at den reelle opløsning er væsentlig mindre end 1 x 1 m.

På trods af den grovere arealmæssige opløsning er der også fordele ved at basere en vegetations kortlægning på GIS-interpolationer af feltobservationer fremfor flybilleder.

I områder, hvor der forekommer flere arter af blomsterplanter, kræves særlig mange feltobservationer til kalibrering af flybilleder. Her kan feltobservationer give en mere sikker og præcis kortlægning af de enkelte arters udbredelse. Tyndt bevoksede områder kan være vanskelige at erkende på flyfotos og i særdeleshed kan bevoksninger nær dybdegrænsen være vanskelige at skelne på flybillederne, idet farvetegningen kun adskiller sig lidt fra farvetegningen på større dybder. Feltobservationerne giver her en præcis vurdering af dækningsgraden og desuden en angivelse af dybdegrænsen for bevoksningen. Flybilleder kan, kalibreret med tilstrækkelig mange feltobservationer, skelne mellem forskellig dækningsgrad i bevoksningen, men gradueringen er langt større ved anvendelse af dykker/videometoden. Den større graduering betyder samtidig et lavere konfidensinterval, hvilket dermed sikrer, at selv en evt. lille ændring i dækningsgrad kan identificeres statistisk signifikant. Videoptagelserne kan ikke alene anvendes som dokumentation, men vurderingerne af dækningsgrader kan foretages af flere uafhængige personer, til oplæring i vurdering af dækningsgrad, til senere analyse af øvrige forhold, som har betydning for bevoksningernes udbredelse, mængden af trådalger, dækningsgraden af epifytter, sedimentforhold, etc.

Det ville være relevant at følge denne undersøgelse op med en sammenligning af dykker-/videometoden og flyfotograferingsmetoden til at kortlægge ålegræssets udbredelse og dækningsgrad i et større område. Sammenligningen skulle fokusere på de to metoders præcision, reproducerbarhed og ressourceforbrug.

## Konklusion

Dybdegrænsen af ålegræs bør ikke kun bestemmes på baggrund af én enkelt observation, men i stedet på baggrund af et antal observationer, som er tilstrækkelig til at sikre, at konfidensintervallet maks. er  $\pm 0,5$  m.

Dækningsgraden af ålegræs og andre blomsterplanter anbefales fastlagt med anvendelse af metode 3 eller metode 4. Fastlæggelsen af dybdeintervaller skal afpasses variationen i de enkelte arters dybdeudbredelse. Eksempel ålegræs: 1 meters intervaller.

Kortlægningen af den arealmæssige udbredelse af ålegræs og andre blomsterplanter kan foretages såvel ved flyfoto som ved feltobservationer. Supplerende undersøgelser er dog påkrævet for at undersøge præcision og reproducerbarhed i fastlæggelsen af den arealmæssige udbredelse for såvel flyfoto som feltobservationsmetode.

## VI Sammenfatning og konklusion

### *Makroalger*

#### **Undersøgelsesenhedernes størrelse**

Både i fjordene og på stenrevene undersøgte vi, om det var en fordel at undersøge makroalgevegetationen i et større punkt, eller om det var bedre at underinddele punktet i mindre undersøgelsesenheder.

I fjordene viste resultaterne, at det er muligt at foretage reproducerbare og kost-effektive analyser af vegetationen i et større punkt (25 m<sup>2</sup>), når blot punktet er overskueligt og veldefineret og består af relativt tæt stendække. Man kan opnå samme reproducerbarhed i undersøgelsen, hvis man underinddeler punktet i mindre enheder (0,3 eller 1,2 m<sup>2</sup>) og derved sparer en smule tid. Til gengæld overser man nogle af arterne, når man undersøger mindre arealer. Vi kunne ikke teste præcisionen på undersøgelserne i de større punkter (25 m<sup>2</sup>), men der var ingen forskel i præcisionen af undersøgelserne i arealerne på hhv. 0,3 og 1,2 m<sup>2</sup>.

Fjordenes substrat er præget af sandbund med spredte stenforekomster. Det er nødvendigt, at undersøgelserne af makroalger finder sted ved stenforekomsterne, og at undersøgelserne suppleres med en angivelse af, hvilken andel af bunden der er egnet substrat for flerårige makroalger.

På stenrevet var det på forhånd fastlagt, at der skulle indsamles replikate data af hensyn til de multivariate analyser, som var en del af metodeundersøgelseskonceptet. Undersøgelserne på revene viste, at det er en fordel at foretage vegetationsundersøgelser inden for relativt små og veldefinerede undersøgelsesenheder i form af individuelle sten, fremfor at foretage replikate punktundersøgelser over et større areal på stenrevet. Tidsforbruget ved at beskrive makroalgedækningen ved tre replikate punktdyk, som er et minimum for de statistiske metoder, som ligger bag metodekonceptet på stenrevsundersøgelsen, oversteg langt tidsforbruget ved at beskrive vegetationen på de 8-10 stenreplikater i størrelsesintervallet 30-40 cm, som viste sig at give et godt datagrundlag.

Resultaterne fra tidligere metodeundersøgelser efter samme koncept (Dahl et al., 2000) viste, at der er forskel på vegetationssammensætningen og arternes dominansforhold på små og store sten. Variationen i artssammensætningen er størst blandt de mindste sten. For at reducere variationen mellem replikate stenundersøgelser er det derfor en fordel at benytte ensartede, relativt store sten med en diameter på 30-40 cm.

Undersøgelserne påviste, at der også på stenrevene var en sammenhæng mellem det undersøgte areals størrelse og antallet af arter. Uanset hvilken metode, der blev anvendt på stenrevene, var bestemmelsen af artsantallet imidlertid usikker pga. tilstedeværelse af mange sjældne arter. Artsantal som overvågningsparameter på de artsrige stenrev kan derfor ikke betragtes som robust med de ressourcer, der er til rådighed, hvilket også bliver diskuteret i Dahl et al. (2000).

For ålegræsset på den bløde bund testede vi også prøveenhedernes størrelse. Vi sammenlignede dykkerbestemmelser af ålegræssets dækningsgrad inden for et helt dybdeinterval med bestemmelser i mindre punkter langs et dybdeinterval. Punktobservationer gav større overensstemmelse mellem dykkerne end observationer langs hele dybdeintervaller. Resultaterne viste således, at overensstemmelsen mellem dykkernes vurderinger af ålegræssets dækningsgrad er størst, når man benytter mange små undersøgelsesenheder fremfor få store.

### **Metoder til kvantificering af vegetationens forekomst**

Både på stenrevne og i fjordene foretog dykkerne en subjektiv vurdering af arternes procentvise dækningsgrad. I fjordundersøgelsen testede vi kvaliteten af de subjektive dækningsgradsbestemmelser ved at sammenligne dem med mere objektive bestemmelser af frekvensen af algearternes forekomst. Det viste sig, at dækningsgradsbestemmelserne er mere reproducerbare end frekvensanalyserne, når man sammenligner forskellige dykkeres undersøgelser på de samme lokaliteter. Samtidig er dækningsgradsbestemmelserne mere præcise end frekvensanalyserne, dvs. variationen mellem delprøver indsamlet på samme lokalitet af samme dykker er mindre for dækningsgradsbestemmelserne end for frekvensanalyserne. Vi kan derfor anbefale subjektive bestemmelser af dækningsgraden fremfor frekvensanalyser. Variationskoefficienten, dvs. spredningen i forhold til middelværdien, på bestemmelserne er dog ganske stor. Det betyder, at beskrivelsen af vegetationsforholdene i et område skal baseres på mange delprøver, for at gennemsnittet er bestemt med tilstrækkelig stor sikkerhed.

Undersøgelserne viste også, at man opnår større reproducerbarhed og præcision på kvantificeringen af arternes indbyrdes dominansforhold ved at benytte relative dækningsgrader, hvor dækningsgraden af den enkelte art normaliseres i forhold til summen af alle arternes dækningsgrader. I beregningen af relative dækningsgrader udvises den type forskelle mellem dykkere, der skyldes, at en dykker generelt over- eller undervurderer dækningsgrader. Relative dækningsgrader har dog nogle begrænsninger sammenlignet med absolutte dækningsgrader, idet det relative mål ikke giver mulighed for at følge udviklingen i forekomsten af en enkelt art uafhængigt af de øvrige arter.

### **Dykkereffekter**

Der blev fundet signifikante dykkereffekter på bestemmelsen af makroalgernes artssammensætning på stenrevne, som har en meget kompleks, flerlaget vegetation. Interkalibreringsøvelsen på stenrevne viste dog, at det var muligt at minimere forskellene til et acceptabelt niveau.

I fjordene blev der i enkelte tilfælde konstateret dykkereffekter på bestemmelsen af makroalgernes dækningsgrad. Desuden viste undersøgelsen, at sjældne arter kan være problematiske, idet der er risiko for, at ikke alle dykkere kender arterne. Sådanne forskelle mellem dykkere kan evt. også udlignes gennem regelmæssige interkalibreringer.

### Rumlige variationer og prøvetagningsstrategi

Analyserne af makroalgernes rumlige heterogenitet viste markante forskelle mellem Vejle inder- og yderfjord og peger derfor på, at det er hensigtsmæssigt at lægge prøvetagningsstrategien an efter, at fjorden består af 2 adskilte områder med hver sin vegetationssammensætning. Analyserne af den rumlige variation mellem delprøver inden for samme transekt og mellem forskellige transekter gav mulighed for at beregne den optimale fordeling af antal delprøver og antal transekter i fjorden. Hvis variationen mellem delprøver er stor, sammenlignet med variationen mellem stationer, er det eksempelvis en fordel at benytte relativt mange delprøver og få stationer. Inden for hhv. yder- og inderfjorden blev der også registreret gradvise overgange mellem forskellige vegetationstyper, som peger på, at det også ville være muligt at foretage gradientundersøgelser af makroalgevegetationen i fjorden.

Tidligere analyser af makroalgесamfundene på stenrev i danske farvande viser, at rev ikke skal ligge langt fra hinanden, før vegetationsforholdene er væsentlig forskellige (Dahl et al., 2000) Dataindsamling og statistisk behandling bør derfor tilrettelægges, således at de enkelte rev kan analyseres hver for sig. De gennemførte metodestudier på Ebbelykke Rev viste, at der var en betydelig og meget signifikant vertikal variation i algesamfundene. Denne klare adskillelse i samfund inden for små dybdeforskelle har et meget stort potentiale som overvågningsparameter for lysnedtrængningen i vandsøjlen. De dybdebetingede ændringer er ikke nær så markante, når algearterne betragtes enkeltvis. Der var også horisontale variationer i vegetationen på de dybere stationer, som kan tilskrives indbyrdes konkurrence mellem enkelte arter.

Undersøgelsen på stenrevet viste desuden, at vegetationsforholdene blev ændret signifikant inden for en 5 ugers periode. Ændringerne kunne tilskrives fremvækst af to trådformede arter.

Ålegræs danner mere eller mindre sammenhængende bestande af varierende størrelse afbrudt af bar sandbund. Gennem en række punktobservationer langs dybdeintervallerne kan vi få et mål for ålegræssets gennemsnitlige dækningsgrad i hvert dybdeinterval i fjorden. Den tidlige udvikling i ændringer i dækningsgraden af ålegræs i et område vurderes at kunne identificeres med ca. 10% sikkerhed med anvendelse af 4 transekter. Ønskes sikkerheden forbedret yderligere ( $\leq 5\%$ ), skal der anvendes mere end 10 transekter.

I NOVA-programmet foretages en enkelt observation af ålegræssets dybdegrænse langs hvert transekt, men metodetesten viser, at det er en fordel at basere opgørelsen af dybdegrænser på flere observationer for hvert transekt. Dvs. metodetesten anbefaler, at vi benytter T-formede ålegræstransekter, som udgår vinkelret fra kysten ud til ålegræssets dybdegrænse, og derefter danner en linie langs dybdegrænsen, så dybdegrænsen kan fastlægges ud fra flere observationer for hvert transekt.

Ålegræsbevoksningernes rumlige udbredelse kortlægges i NOVA-programmet ved hjælp luftfoto. I dette projekt har vi undersøgt, om det på baggrund af *in situ* observationer alene er muligt at fremstille

et pålideligt kort over ålegræssets horisontale udbredelse. Normalt vil et *in situ* baseret kort kræve uoverkommeligt mange observationspunkter, men med en særlig interpolationsteknik kan antallet af observationspunkter reduceres betydeligt, og herved bliver det muligt at fremstille kort, som på visse områder kan konkurrere med luftfotograferingsteknikken. Det særlige i interpolationsteknikken består i, at værdien i et givet punkt interpoleres fra værdier inden for samme dybdeinterval. Herved genskabes det rumlige mønster af smalle ålegræsbælter, der strækker sig på langs af kysten. Metoden har nogle fortrin fremfor luftfotografering bl.a. i tyndt bevoksede områder og i områder med blandede bevoksninger af ålegræs, alger og muslingebanker.

## VII Referencer

- Benedetti-Cecchi, L., Airoidi, L., Abbiati, M. & F. Cinelli** (1996). *Estimating the abundance of benthic invertebrates: a comparison of procedures and variability between observers*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 138: 93-101.
- Bray, J.R. and Curtis, J.T.** (1957). *An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin*. Ecol. Monogr. 27: 325-349.
- Burnham, K. P. and W. S. Overton** (1979). *Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals*. Ecology 60:927-936.
- Carr, M. R.** (1997). *PRIMER User Manual 1997*. Plymouth Marine Laboratory.
- Clarck and Warwick** (1998). *Quantifying structural redundancy in ecological communities*. Oecologia 113: 278-289.
- Gauch, H.G., Jr. And R.H. Whittaker** (1981). *Hierarchical classification of community data*. Journal of Ecology 69: 135-152.
- Dahl, K., Hansen, J., Helmig, S., Nielsen, R. & Larsen, S.H.** (2000) *Naturkvalitet på stenrev. Hvilke indikatorer kan vi bruge?* Faglig rapport fra DMU, in prep.
- Heltshe, J. F. and N. E. Forrester.** (1983). *Estimating species richness using the jackknife procedure*. Biometrics 39:1-12.
- Kahlert, J., Clausen, P., Andersen-Harild, P. & Nilsson, L.** (1997). *Monitoring of moulting Mute Swans on Saltholm, 1996*. 48 pp. NERI Technical report, Commissioned by Øresundskonsortiet, National Environmental Research Institute.
- Kahlert, J., Clausen, P., Andersen-Harild, P. & Nilsson, L.** (1998). *Monitoring of Moulting Mute Swans on Saltholm, 1997*. 49 pp. NERI Technical report, commissioned by Øresundskonsortiet, National Environmental Research Institute.
- Kahlert, J., Clausen, P. & Nilsson, L.** (1999). *Monitoring of Moulting Mute Swans on Saltholm, 1998*. 40 pp. NERI Technical report, commissioned by Øresundskonsortiet, National Environmental Research Institute.
- Kahlert, J., Clausen, P. & Nilsson, L.** (indsendt). *Monitoring of Moulting Mute Swans on Saltholm, 1999*. NERI Technical report, commissioned by Øresundskonsortiet, National Environmental Research Institute.
- Krause-Jensen, D., Christensen, P.B. & P. Sandbeck** (1995). *Retningslinier for marin overvågning - bundvegetation*. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 9. Danmarks Miljøundersøgelser.

**Krause-Jensen, D., Middelboe, A.L., Christensen, P.B. & P. Sandbeck** (1998). *Kapitel 12: Bundvegetation*. In: Kaas, H. & Markager, S. (eds.) (1998): Teknisk anvisning for marin overvågning, NOVA.

**Littler, M.M. and D.S Littler** (1984). *Relationship between macroalgae functional form groups and substrata stability in subtropical rocky-intertidal systems*. J. Exp. Mar. Biol Ecol. 74:13-34.

**Littler, M.M. and D.S Littler** (1980). *The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae: field and laboratory tests of a functional form model*. - Am. Nat. 116: 25-44.

**Markager, S., Nielsen, T.G., Carstensen, J., Conley, D., Dahl, K., Hansen, J., Henriksen, P., Josefson, A., Larsen, M.M., Pedersen, B., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Fossing, H., Lauersen, J.S., Hertel, O., Skov, H., Svendsen, L.M., Cleemann, M. & Pritzl G.** (1999). *Marine områder. Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003*. Danmarks Miljøundersøgelser. 164 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 290.

**McCune B. and M. J. Mefford** (1995). *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 2.0*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.

**Middelboe, A.L., Krause-Jensen, D., Nielsen, K. & K. Sand-Jensen** (1997). *Interkalibrering af bundvegetationsundersøgelser*. Faglig rapport fra DMU nr. 220. Danmarks Miljøundersøgelser.

**Middelboe, A.L. & K. Sand-Jensen** (indsendt). *Patterns of species richness and abundance in macroalgal communities in coastal waters*.

**Norris, J.G., S. Wyllie-Echeverria, T. Mumford, A. Bailey, T. Turner** (1997). *Estimating basal area coverage of subtidal seagrass beds using underwater videography*. Aquatic Botany, Vol. 58, pp. 269-287.

**Palmer, M. W.** (1990). *The estimation of species richness by extrapolation*. Ecology 71: 1195-1198.

**Palmer, M. W.** (1991). *Estimating species richness: the second-order jack-knife reconsidered*. Ecology 72: 1512-1513.

**Palmer, M. W.** (1995). *How should one count species?* Natural Areas Journal 15:124-135.

**Petersen, B.M. & Noer, H.** (1993). *Mapping of submergent vegetation around Saltholm, July 1993*. 32 pp. NERI Technical report, Commissioned by Øresundskonsortiet, National Environmental Research Institute.

**Rasmussen, B.** (1995). *Stratification in Kattegat*. Ph.D Thesis 3-145. National Environmental Research Institute, dep. of Marine Ecology and Microbiology, Denmark 145 pp.

**Snedecov, G.W. & Cochran, W.G.** (1989). *Statistical methods, 8 ed.* IOWA State University Press.

**Steneck, R.S and M. N. Dethier** (1994). *A functional group approach to the structure of algae-dominated communities*. - Oikos 69:476-498.



**Thomas L.**, (1996). *Monitoring long-term Population Change: Why are there so many Analysis Methods?* Ecology, 77, 49-58.

**Thomas, L. og Krebs, D.J.** (1997). *A Review of Statistical Power Analysis Software.* Bulletin of the Ecological Society of America, 78, 126-139.

**Zar, J.H** (1996). *Biostatistical Analysis.* Prentice Hall 1996.



# Appendiks 1 – Reproducerbarhed (Hård bund i fjorde – Del I)

## 1.1 Dækningsgrad

Test af metodeeffekt for effekt-parameteren "dækningsgrad". Signifikante effekter er angivet ved \* ( $p < 0,05$ ).

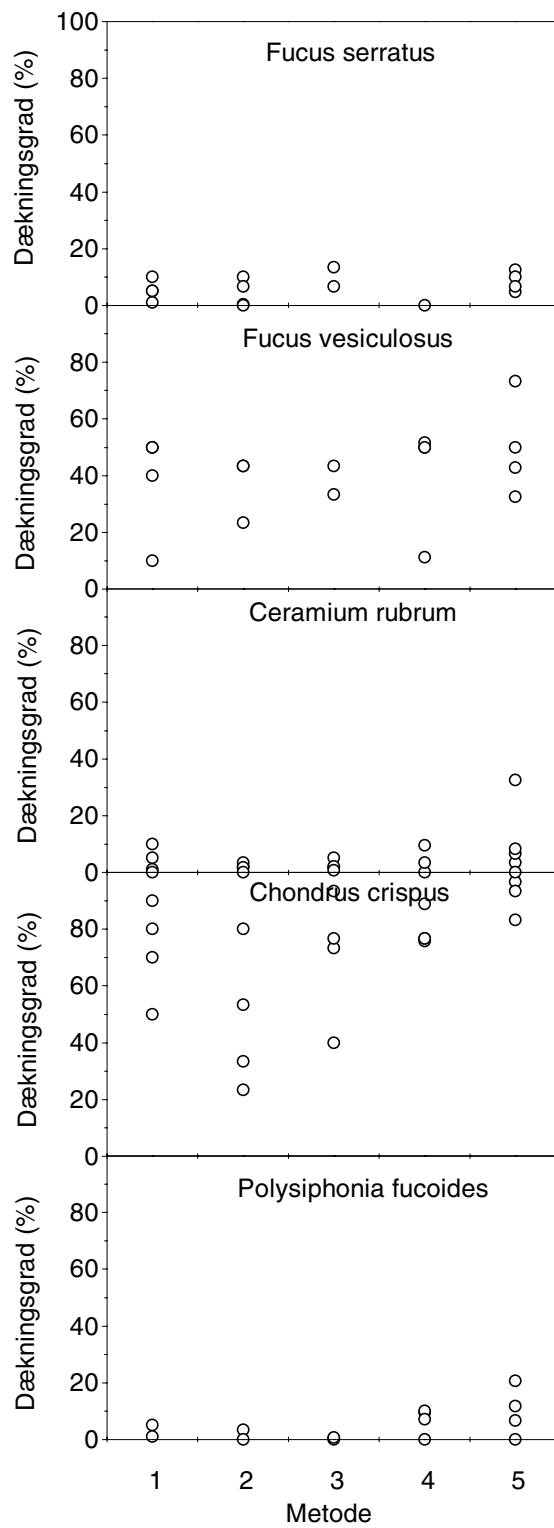
Art	F-værdi	p-værdi
<i>Fucus serratus</i>	$F_{(4,12)}=1,05$	0,42
<i>Fucus vesiculosus</i>	$F_{(4,12)}=2,38$	0,11
<i>Ceramium rubrum</i>	$F_{(4,12)}=6,79$	0,0043*
<i>Chondrus crispus</i>	$F_{(4,12)}=0,34$	0,84
<i>Polysiphonia fucooides</i>	$F_{(4,12)}=4,69$	0,016*

Estimerede middelværdier af reproducerbarheden på bestemmelse af "dækningsgrad" med de forskellige metoder.

Metode	<i>F. serratus</i>	<i>F. vesiculosus</i>	<i>C. rubrum</i>	<i>C. crispus</i>	<i>P. fucooides</i>
1	0,055	0,084	0,069	0,065	0,063
2	0,052	0,068	0,045	0,091	0,048
3	0,056	0,045	0,042	0,078	0,029
4	0,105	0,096	0,143	0,073	0,115
5	0,075	0,101	0,143	0,080	0,118

Variationskoefficienter ( $CV = \frac{s.d.}{x} 100\%$ ) på bestemmelsen af arternes dækningsgrad.

Metode	<i>F. serratus</i>	<i>F. vesiculosus</i>	<i>C. rubrum</i>	<i>C. crispus</i>	<i>P. fucooides</i>
1	56,4	50,1	80,1	15,3	97,1
2	93,4	103,8	67,0	23,0	115
3	51,7	56,9	54,6	20,0	87,9
4	65,8	54,5	90,4	9,3	108,6
5	44,9	43,0	78,7	10,3	73,7



Faktiske dækningsgrader af de 5 udvalgte arter bestemt med 5 forskellige metoder på én af de undersøgte stationer.

## 1.2 Relativ dækningsgrad

Test af metodeeffekt for effekt-parameteren "relativ dækningsgrad". Signifikante effekter er angivet ved \* ( $p < 0,05$ ).

Art	F-værdi	p-værdi
<i>Fucus serratus</i>	$F_{(4,12)}=0,40$	0,81
<i>Fucus vesiculosus</i>	$F_{(4,12)}=0,18$	0,94
<i>Ceramium rubrum</i>	$F_{(4,12)}=2,1$	0,14
<i>Chondrus crispus</i>	$F_{(4,12)}=0,75$	0,58
<i>Polysiphonia fucoides</i>	$F_{(4,12)}=2,04$	0,15

Estimerede middelværdier af reproducerbarheden på bestemmelse af "relativ dækningsgrad" med de forskellige metoder.

Metode	<i>F. serratus</i>	<i>F. vesiculosus</i>	<i>C. rubrum</i>	<i>C. crispus</i>	<i>P. fucoides</i>
1	0,042	0,054	0,052	0,040	0,048
2	0,058	0,057	0,042	0,042	0,043
3	0,055	0,050	0,034	0,043	0,027
4	0,056	0,063	0,065	0,052	0,060
5	0,041	0,061	0,047	0,052	0,058

## 1.3 Artsantal

Test af metodeeffekt for effekt-parameteren "artsantal". Signifikante effekter er angivet ved \* ( $p < 0,05$ ).

	F-værdi	p-værdi
Artsantal	$F_{(4,12)}=1,06$	0,42

Estimerede middelværdier af reproducerbarheden på bestemmelse af "artsantal" med de forskellige metoder.

Metode	Artsantal
1	1,03
2	1,12
3	0,99
4	1,44
5	1,38



## Appendiks 2 – Præcision (Hård bund i fjorde – Del I)

For hver effekt-parameter er der opstillet 3 tabeller:

- Tabel over test af vekselvirkningen (interaktionen) mellem dykker og metode ( $\eta_{ik}$ ). Det er en forudsætning for de efterfølgende analyser af metodeeffekt, at der ikke er en signifikant vekselvirkning mellem dykker og metode.
- Tabel over test af metodeeffekt.
- Tabel over den gennemsnitlige standard-afvigelse ved bestemmelse af vegetationsparameteren ved hver af metoderne.

### 2.1 Dækningsgrad

Test af vekselvirkningen (interaktionen) mellem dykker og metode ( $\eta_{ik}$ ) for effekt-parameteren "dækningsgrad". Interaktionen er testet vha. variansanalyse. Signifikante interaktioner er angivet ved \* ( $p < 0,05$ ).

Art	F-værdi	p-værdi
<i>Chondrus crispus</i>	$F_{(9,27)}=1,76$	0,12
<i>Fucus serratus</i>	$F_{(9,27)}=2,35$	0,041*
<i>Ceramium rubrum</i>	$F_{(9,27)}=0,46$	0,89
<i>Polysiphonia fucooides</i>	$F_{(9,27)}=2,40$	0,038*
<i>Fucus vesiculosus</i>	$F_{(9,27)}=1,57$	0,17

Test af metodeeffekt for effekt-parameteren "dækningsgrad". Signifikante effekter er angivet ved \* ( $p < 0,05$ ).

Art	F-værdi	p-værdi
<i>Chondrus crispus</i>	$F_{(3,9)}=3,24$	0,074
<i>Fucus serratus</i>	$F_{(3,9)}=2,17$	0,17
<i>Ceramium rubrum</i>	$F_{(3,9)}=6,48$	0,013*
<i>Polysiphonia fucooides</i>	$F_{(3,9)}=11,93$	0,0017*
<i>Fucus vesiculosus</i>	$F_{(3,9)}=1,29$	0,34

Estimerede middelværdier af præcisionen på bestemmelsen af den dækningsgrad med de forskellige metoder.

Metode	<i>F. serratus</i>	<i>F. vesiculosus</i>	<i>C. rubrum</i>	<i>C. crispus</i>	<i>P. fucooides</i>
2	0,089	0,153	0,081	0,153	0,046
3	0,154	0,159	0,091	0,104	0,042
4	0,151	0,224	0,155	0,145	0,116
5	0,184	0,166	0,214	0,1	0,111

## 2.2 Relativ dækningsgrad

Test af vekselvirkningen (interaktionen) mellem dykker og metode ( $\eta_{ik}$ ) for effekt-parameteren "relativ dækningsgrad". Vekselvirkningen er testet vha. **variationsanalyse**. Signifikante interaktioner er angivet ved \* ( $p < 0,05$ ).

Art	F-værdi	p-værdi
<i>Chondrus crispus</i>	$F_{(9,27)}=3,60$	0,0047*
<i>Fucus serratus</i>	$F_{(9,27)}=2,07$	0,07
<i>Ceramium rubrum</i>	$F_{(9,27)}=0,20$	0,99
<i>Polysiphonia fucoides</i>	$F_{(9,27)}=1,53$	0,19
<i>Fucus vesiculosus</i>	$F_{(9,27)}=2,75$	0,02*

Test af metodeeffekt for effekt-parameteren "relativ dækningsgrad". Signifikante effekter er angivet ved \* ( $p < 0,05$ ).

Art	F-værdi	p-værdi
<i>Chondrus crispus</i>	$F_{(3,9)}=29,35$	<0,0001*
<i>Fucus serratus</i>	$F_{(3,9)}=1,67$	0,24
<i>Ceramium rubrum</i>	$F_{(3,9)}=1,10$	0,40
<i>Polysiphonia fucoides</i>	$F_{(3,9)}=2,25$	0,15
<i>Fucus vesiculosus</i>	$F_{(3,9)}=0,81$	0,52

Estimerede middelværdier af præcisionen på bestemmelsen af den relative dækningsgrad med de forskellige metoder.

Metode	<i>F. serratus</i>	<i>F. vesiculosus</i>	<i>C. rubrum</i>	<i>C. crispus</i>	<i>P. fucoides</i>
2	0,095	0,145	0,072	0,117	0,039
3	0,143	0,130	0,073	0,081	0,039
4	0,082	0,138	0,083	0,074	0,067
5	0,088	0,091	0,100	0,031	0,060

## 2.3 Artsantal

Test af vekselvirkningen (interaktionen) mellem dykker og metode ( $\eta_{ik}$ ) for effekt-parameteren "artsantal". Interaktionen er ikke signifikant.

	F-værdi	p-værdi
Artsantal	$F_{(12,36)}=1,46$	0,19

Test af metodeeffekt for effekt-parameteren "artsantal". Effekten er signifikant ( $p < 0,05$ ).

Art	F-værdi	p-værdi
Artsantal	$F_{(4,12)}=11,46$	0,0005*

Gennemsnitligt artsantal bestemt med de forskellige metoder.

Metode	Artsantal
1	11
2	8,31
3	9,44
4	8,50
5	10,06



## Appendiks 3 – Ressourceforbrug (Hård bund i fjerde - Del I)

For effekt-parameteren "tid" er der opstillet 3 sæt resultater:

1. Analyse af vekselvirkningen (interaktionen) mellem dykker og metode ( $\eta_{ik}$ ). Det er en forudsætning for de efterfølgende analyser af metodeeffekt, at der ikke er en signifikant vekselvirkning mellem dykker og metode.

Test af vekselvirkningen (interaktionen) mellem dykker og metode ( $\eta_{ik}$ ) for effekt-parameteren "ressource". Interaktionen er ikke signifikant.

Parameter	F-værdi	p-værdi
Ressource	$F_{(12,36)}=1,59$	0,14

2. Analyse af metodeeffekt.

Test af metodeeffekt for effekt-parameteren "ressource". Effekten er signifikant ( $p < 0,05$ ).

Parameter	F-værdi	p-værdi
Ressource	$F_{(4,12)}=14,3$	0,0002*

3. Tabel over det gennemsnitlige ressourceforbrug ved de 5 metoder.

Estimer af det gennemsnitlige tidsforbrug for de forskellige metoder.

Metode	Tidsforbrug (min)
1	16,13
2	12,37
3	13,86
4	18,11
5	21,68







## Appendiks 5 - Observerede dækningsgrader

Dækningsgrad, gennemsnit			Dybdeinterval (m)								Grand Total	
Dykker	Metodenr	Transekt	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	>7		
1	1	1	0	5	85	90	2	1			31	
		2	0	15	30	90	60	5	1		29	
		3	0	0	20	30	20	0			12	
		4	0	2	60	80	1	0			24	
		5	0	5	60	40	5	2			19	
	1 Total			0	5	51	66	18	2	1		23
	2	1	0	20	77	45	2	0	0		40	
		2		26	53	60	12	2	1	0	36	
		3		0	46	50	8	1	0	0	29	
		4		6	57	52	1	0	0	0	40	
		5		8	47	33	8	0		0	31	
	2 Total			0	14	55	48	6	1	0	0	35
	3	1	0	1	61	80	3	0		0	36	
		2	35	18	56	65	14	0			33	
		3		0	33	67	8	0			24	
		4	0	8	61	66	3	0	0	0	43	
		5		15	46	46	8	0	1	0	33	
	3 Total			18	9	53	66	7	0	1	0	34
	1 Total			7	11	54	57	8	1	0	0	34
2	1	1	0	4	25	50	0	0			13	
		2	0	25	50	75	20	1	1		25	
		3	0	1	40	30	2	1	1		11	
		4	0	2	60	50	1	1	1		16	
		5	0	15	30	40	15	1	1		15	
	1 Total			0	9	41	49	8	1	1		16
	2	1		1	60	70	1	1		1	34	
		2		28	39	31	10	3	1	0	25	
		3	1	0	33	50	1	1	1	0	24	
		4	0	10	42	50		1	1	1	33	
		5		5	38	32	10	2	1	1	22	
	2 Total			1	10	42	45	5	2	1	1	27
	3	1		0	42	79	1	1	1	0	40	
		2		21	24	57	12	1	1	0	25	
		3		0	29	53	2	1	1		22	
		4		17	46	78	1				46	
		5		5	33	50	10	2	1	0	30	
	3 Total				8	35	64	4	1	1	0	32
	2 Total			0	9	38	56	5	1	1	0	28



## Appendiks 6 – Præcision og reproducerbarhed (Blød bund i fjorde – Del I)

1. Gennemsnitligt tidsforbrug ved de forskellige metoder.

Metode	Tid (min)
1	17,4
2	18,4
3	15,5
4	45,0

2. Reproducerbarhed, transekt-niveau. Estimerede middelværdier af standard error og standard error af denne med anvendelse af de forskellige metoder.

Metode	Middelværdi	Standard error
1	0,0116	0,0027
2	0,0032	0,0027
3	0,0043	0,0027
4	0,0019	0,0025

3. Reproducerbarhed, dybdeinterval-niveau. Estimerede middelværdier af standard error og standard error af denne med anvendelse af de forskellige metoder.

Metode	Middelværdi	Standard error
1	0,0681	0,0083
2	0,0353	0,0079
3	0,0235	0,0084
4	0,0340	0,0100

4. Præcision, transekt-niveau. Estimerede middelværdier af standard error og standard error af denne med anvendelse af de forskellige metoder.

Metode	Middelværdi	Standard error
1	0,0267	0,0046
2	0,0124	0,0046
3	0,0129	0,0046
4	0,0081	0,0038

5. Præcision, dybdeinterval-niveau. Estimerede middelværdier af standard error og standard error af denne med anvendelse af de forskellige metoder.

Metode	Middelværdi	Standard error
1	0,3629	0,0279
2	0,1097	0,0279
3	0,1028	0,0279
4	0,0799	0,0239





## Appendiks 7 – Surfer-interpolations- settings

```
*****
;*          Surfer Settings          *
;*          *                          *
*****

;===== Grid Data =====
gdXcol* = 5          ;X data column (0-255)
gdYcol* = 6          ;Y data column (0-255)
gdZcol* = 9          ;Z data column (0-255)
gdXmin* = 551920     ;Minimum X of grid in data units
gdXmax* = 552616     ;Maximum X of grid in data units
gdYmin* = 6.16948e+006 ;Minimum Y of grid in data units
gdYmax* = 6.16997e+006 ;Maximum Y of grid in data units
gdNrow* = 99         ;Number of grid lines in Y direction
gdNcol* = 140        ;Number of grid lines in X direction
gdMethod* = i        ;Grid Method = InvDist
;===== Grid Data Search =====
gdsMethod* = 0        ;Search method
(All, Simple, Quadrant, Octant)
gdsDatPerSect* = 3   ;Number of nearest points for search
gdsMaxEmpty* = 8     ;Max number of empty sectors
gdsMinData* = 5      ;Min number of data points for a valid sector
gdsRad1* = 200       ;Search ellipse radius in data units
gdsRad2* = 20        ;Search ellipse radius in data units
gdsAngle* = 15       ;Search ellipse angle

;===== Grid Data Options =====
gdoIgnoreOut* = n    ;Ignore points outside grid (Y,N)
gdoDupMethod* = i    ;Duplicate data handling Ignore, Delete, Average, Sum)
gdoPower* = 2        ;Inverse Distance power
gdoSmooth* = 0       ;Smoothing factor for Inverse distance, Shepards
gdoRatio* = 7.7      ;Anisotropy ratio for Inverse distance, Radial Basis
gdoAngle* = 15       ;Anisotropy angle
;=====
```



# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat*  
*Forsknings- og Udviklingssektion*  
*Afd. for Atmosfærisk Miljø*  
*Afd. for Havmiljø*  
*Afd. for Mikrobiel Økologi og Bioteknologi*  
*Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Systemanalyse*  
*Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejsøvej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Sø- og Fjordøkologi*  
*Afd. for Terrestrisk Økologi*  
*Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12-14, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 15

*Afd. for Landskabsøkologi*  
*Afd. for Kystzoneøkologi*

## Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

### 1999

- Nr. 296: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1998. By Kemp, K. & Palmgren, F. 64 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 297: Preservatives in Skin Creams. Analytical Chemical Control of Chemical Substances and Chemical Preparations. By Rastogi, S.C., Jensen, G.H., Petersen, M.R. & Worsøe, I.M. 70 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 298: Methyl t-Butylether (MTBE) i drikkevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B., Kvamm, B.L. 51 s., 50,00 kr.
- Nr. 299: Blykontaminering af grønlandske fugle - en undersøgelse af polarlomvie til belysning af human eksponering med bly som følge af anvendelse af blyhagl. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F.F. 27 s., 60,00 kr.
- Nr. 300: Kragefugle i et dansk kulturlandskab. Feltundersøgelser 1997-99. Af Hammershøj, M., Prang, A. & Asferg, T. 31 s., 40,00 kr.
- Nr. 301: Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996. Af Illerup, J.B., Geertinger, A., Hoffmann, L. & Christiansen, K. 66 s., 75,00 kr.
- Nr. 302: Pesticider 1 i overfladevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 322 s., 150,00 kr.
- Nr. 303: Ecological Risk Assessment of Genetically Modified Higher Plants (GMHP). Identification of Data Needs. By Kjær, C., Damgaard, C., Kjellsson, G., Strandberg, B. & Strandberg, M. 32 pp., 50,00 DKK.
- Nr. 304: Overvågning af fugle, sæler og planter 1998-99, med resultater fra feltstationerne. Af Laursen, K. (red.). 81 s., 70,00 kr.
- Nr. 305: Interkalibrering omkring bestemmelse af imposex- og intersexstadier i marine snegle. Resultat af workshop afholdt den 30.-31. marts 1999 af Det Marine Fagdatacenter. Af Strand, J. & Dahl, K. (i trykken).
- Nr. 306: Mercury in Soap in Tanzania. By Glahder, C.M., Appel, P.W.U. & Asmund, G. 19 pp., 60,00 kr.

### 2000

- Nr. 307: Cadmium Toxicity to Ringed Seals (*Phoca hispida*). An Epidemiological Study of possible Cadmium Induced Nephropathy and Osteodystrophy in Ringed Seals from Qaanaaq in Northwest Greenland. By Sonne-Hansen, C., Dietz, R., Leifsson, P.S., Hyldstrup, L. & Riget, F.F. (in press)
- Nr. 308: Økonomiske og miljømæssige konsekvenser af merkedsordningerne i EU's landbrugsreform. Agenda 2000. Af Andersen, J.M., Bruun et al. 63 s., 75,00 kr.
- Nr. 309: Benzene from Traffic. Fuel Content and Air Concentrations. By Palmgren, F., Hansen, A.B., Berkowicz, R. & Skov, H. 42 pp., 60,00 DKK.
- Nr. 310: Hovedtræk af Danmarks Miljøforskning 1999. Nøgleindtryk fra Danmarks Miljøundersøgelsers jubilæumskonference Dansk Miljøforskning. Af Secher, K. & Bjørnsen, P.K. 104 s., 100,00 kr.
- Nr. 311: Miljø- og naturmæssige konsekvenser af en ændret svineproduktion. Af Andersen, J.M., Asman, W.A.H., Hald, A.B., Münier, B. & Bruun, H.G. 104 s., 110,00 kr.
- Nr. 312: Effekt af døgnregulering af jagt på gæs. Af Madsen, J., Jørgensen, H.E. & Hansen, F. 64 s., 80,00 kr.
- Nr. 313: Tungmetalledfald i Danmark 1998. Af Hovmand, M. & Kemp, K. 26 s., 50,00 kr.
- Nr. 314: Virkemidler i pesticidpolitikken. Reduktion af pesticidanvendelsen på behandlede jordbrugsarealer. Af Hasler, B., Schou, J.S., Ørum, J.E. & Gårn Hansen, L. 71 s., 75,00 kr.
- Nr. 315: Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review. By Kruse, M., Strandberg, M. & Strandberg, B. 64 pp., 75,00 DKK.
- Nr. 316: Overvågning af trafikens bidrag til lokal luftforurening (TOV). Målinger og analyser udført af DMU. Af Hertel, O., Berkowicz, R., Palmgren, F., Kemp, K. & Egeløv, A. 28 s. (Findes kun i elektronisk udgave)
- Nr. 317: Overvågning af bæver *Castor fiber* efter reintroduktion på Klosterheden Statsskovdistrikt 1999. Red. Berthelsen, J.P. 37 s., 40,00 kr.
- Nr. 318: Order Theoretical Tools in Environmental Sciences. Proceedings of the Second Workshop October 21st, 1999 in Roskilde, Denmark. By Sørensen, P.B. et al. 170 pp., 150,00 DKK.
- Nr. 319: Forbrug af økologiske fødevarer. Del 2: Modellering af efterspørgsel. Af Wier, M. & Smed, S. 184 s., 150,00 kr.
- Nr. 320: Transportvaner og kollektiv trafikforsyning. ALTRANS. Af Christensen, L. 154 s., 110,00 kr.
- Nr. 321: The DMU-ATMI THOR Air Pollution Forecast System. System Description. By Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Berkowicz, R., Kemp, K. & Palmgren, F. 60 pp., 80,00 DKK.
- Nr. 322: Bevaringsstatus for naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet. Af Pihl, S., Søgaard, B., Ejrnæs, R., Aude, E., Nielsen, K.E., Dahl, K. & Laursen, J.S. (i trykken)

*[Tom side]*

Rapporten beskriver resultaterne af 3 forskellige undersøgelser, der alle har til formål at udvikle de metoder, der anvendes til at undersøge vegetationsforholdene i danske farvande. Den ene undersøgelse fokuserer på at bestemme ålegræsforekomster i kystområder. Dette arbejde sammenligner 4 forskellige metoder til at opgøre ålegræssets dækning og sammenligner opgørelser af ålegræssets arealudbredelse bestemt ud fra henholdsvis flyfotos og en nyudviklet GIS interpolationsmetode. Den anden undersøgelse evaluerer 5 forskellige metoder til at bestemme makroalgeforekomster på sten i kystnære områder, samt foretager en cost-benefit analyse af fordelingen af indsamlingsressourcer mellem delprøver og stationer. Den tredje undersøgelse omfatter ligeledes bestemmelse af makroalgeforekomster, men her på stenrev i åbne farvande. I arbejdet er der lagt vægt på at udvikle et koncept til at behandle data ved hjælp af multivariat statistik primært med fokus på ændringer i algesamfund langs en dybdegradient. Aspekter som indsamlingstidspunkt og dykkereffekt indgår også i arbejdet.

Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

ISBN 87-7772-558-1  
ISSN (trykt) 0905-815x  
ISSN (elektronisk)1600-0048