

Mesozooplankton i Mariager Fjord 1991, 1993-1999

Udarbejdet for:

Århus Amt, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg

Udarbejdet af:

Bio/consult as, Johs. Ewalds Vej 42-44, 8230 Åbyhøj
Tlf. 86251811, E-mail: bio@bioconsult.dk, www.bioconsult.dk

Tekst:

Per Andersen
E-mail: pa@bioconsult.dk

Rentegning:

Kirsten Nygaard

Redigering:

Gitte Spanggaard

02.09.2001

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion	1
2. Datagrundlag	2
2.1. Biomasseberegning.....	2
2.2. Beregning af filtrations-, græsnings- og sekundærproduktionsrater.....	3
2.3. Databehandling.....	4
3. Analysemetoder	5
4. Resultater og diskussion	6
4.1. Samfundsstrukturen af mesozooplankton i Mariager Fjord	6
4.1.1. Langtids"normal"-samfundet	6
4.1.2. Langtids"normal"biomasseniveaueu	7
4.1.3. Sammenligning med andre lokaliteter	8
4.2. Variation i Mariager Fjords mesozooplanktonsamfund mellem årene	18
4.2.1. Biomasseniveauer.....	18
4.2.2. Variationen i perioden 1991-1999	20
4.2.3. Den sæsonmæssige udvikling i biomassen af mesozooplankton i Mariager Fjord.....	23
4.2.4. Samfundsstruktur	26
4.3. Mesozooplanktonets og mikro- nanozooplanktonets (+ bakterier) rolle i det pelagiske kulstofkredsløbet.	30
4.4. Den pelagiske sekundærproduktion.....	32
5. Sammenfatning/konklusion	34
6. Referencer.....	38

1. Introduktion

Meso- og mikrozooplanktonet er blevet undersøgt i perioden 1991, 1993-1999 på station 5503 (Dybet) i Mariager Fjord.

I forbindelse med denne rapportering er der foretaget en gennemgang og kvalitetssikring af alle data med henblik på at få gjort data fra de forskellige år umiddelbart sammenlignelige. I den forbindelse er artslisten gennemgået og eventuelle synonymer identificeret og rettet, så alle arter kun forekommer i datasættet med ét navn. Endvidere er eventuelle afvigelser i de kvantitative data (koncentrationer og biomasser), som kunne skyldes fejl i opmåling og indtastning, identificeret og korrigerede i forhold til rådata. Alle data er herefter indlagt i databasen ALGESYS hos Århus Amt.

Formålet med rapporteringen er primært at præsentere og analysere mesozooplanktondata fra Mariager Fjord for undersøgelsesperioden. Mikrozooplanktonet er inddraget i mindre omfang.

Følgende temaer præsenteres og diskuteres:

- Mesozooplanktonets samfundsstruktur
 - normalsamfundet 1991-1999 (MDS-langtidsårsgns.)
 - udvikling/variation i samfundet i mellem årene (MDS + biomasse gns.)
 - udvikling/variation i biomasseniveauer mellem årene (Kendall-Tau + tidsvgt. gns. perioder)
 - sammenlignet med andre lokaliteter (MDS + biomasse gns.)
- Den sæsonmæssige (gennem året) udvikling i biomassen af mesozooplankton
 - normaludviklingen 1991-1999 (grafik på arts-/klasse/etc.niveau)
- Meso- og mikrozooplanktonets (+ bakterier) rolle i det pelagiske kulstofkredsløbet
- Meso- og mikrozooplanktonets sekundærproduktion

2. Datagrundlag

Alle meso- og mikrozooplanktondata er indsamlet på station 5503 - Dybet i den centrale del af Mariager Fjord. De kvantitative mesozooplanktonprøver er indsamlet enten vha. vertikale nettræk eller vha. pumpe. Parallelt med indsamlingen af de kvantitative prøver er der indsamlet kvalitative - opkoncentrerede prøver - vha. planktonnet. De kvantitative mikrozooplanktonprøver er indsamlet som blandingsprøver fra repræsentative dybder vha. vandhenter, sammen med fytoplanktonprøverne. Alle prøver blev konserveret i sur lugol.

Oparbejdning af heterotrofe ciliater og furealger: Den kvantitative oparbejdning af fytoplanktonprøverne blev foretaget ved hjælp af omvendt mikroskop ved anvendelse af Utermöhl's sedimentationsteknik (Utermöhl, 1958).

Heterotrofe nanoflagellater: Den kvantitative oparbejdning af det heterotrofe nanoplankton samt de pelagiske bakterier blev foretaget ved epifluorescens mikroskopi.

Mesozooplankton: Den kvantitative oparbejdning af mesozooplanktonet blev foretaget ved hjælp af en kombination af anvendelse af omvendt mikroskop og stereolup. I tilfælde med store koncentrationer af mesozooplanktonorganismer blev der udtaget passende delprøver til tælling.

2.1. Biomasseberegning

De forskellige planktonarter blev opmålt, og deres biovolumen og kulstofindhold blev beregnet ud fra de gennemsnitlige lineære dimensioner. Det traditionelle fytoplankton incl. heterotrofe furealger, det heterotrofe nanoplankton og ciliaterne blev opmålt og beregnet efter retningslinierne udarbejdet af "The Baltic Marine Biologist" (Edler, 1979), "Planteplankton - metoder" (Danmarks Miljøundersøgelser, 1991) og "Zooplankton i søer, del 1: metoder og artsliste" (Danmarks Miljøundersøgelser, 1992). For de planktonarters vedkommende, som ikke blev opmålt, blev der anvendt konstante volumener og kulstofværdier.

For bakteriernes vedkommende blev der regnet med en konstant volumen på $0,09 \mu\text{m}^3$ pr. bakterie og et kulstofindhold på $9,9 \times 10^{-15}$ g C pr. bakterie (Ferguson & Rublee, 1976).

De forskellige mesozooplanktonarter blev ligeledes opmålt, og deres biovolumen og kulstofindhold blev beregnet. For copepodernes og muslingelarvernes vedkommende blev der anvendt passende allelometriske funktioner, tabel 1. De andre mesozooplanktonarters biomasser blev estimeret ved anvendelse af faste biomasseværdier for forskellige størrelsesklasser af de pågældende arter ifølge Møhlenberg (1988). For de arters vedkommende, som der hverken fandtes allelometriske funktioner eller faste biomasser for, blev biomasserne estimeret ved at beregne organismernes biovolumen ud fra simple geometriske formler.

Følgende omregningsfaktorer blev anvendt ved omregning fra biovolumen til vådvægt til tørvægt til kulstof:

vådvægt	= biovolumen x massefylde (1 g pr. cm ³)
tørvægt	= vådvægt x 0,13
kulstof	= tørvægt x 0,37
kulstof	= vådvægt x 0,05

Rådata vedrørende planktonet blev inddateret på EDB og beregnet ved hjælp af databasen ALGESYS-BIO/CONSULT.

<p>Copepoder:</p> <p>Calanoide copepoder generelt:</p> <p>$W = 0,04 \times L^3$ (McCauley 1984)</p> <p>Cyclopoide copepoder:</p> <p>Oithona similis og Paroithona parvula</p> <p>$W = 0,016 \times L^{2,2}$ (Choen & Lough 1981)</p> <p>W = vådvægt i mg; L = total længde (mm) - børsterne på furcaen.</p> <p>Muslingelarver:</p> <p>$W = 2,78 \times 10^{-9} \times L^{3,49}$ (Jespersen & Olesen 1982)</p> <p>W = tørvægt i µg; L = skallængde (µm)</p>

Tabel 1. Anvendte formler ved beregning af zooplanktonbiomasse.

2.2. Beregning af filtrations-, græsnings- og sekundærproduktionsrater

Filtrationsrater: Ved beregning af de forskellige funktionelle heterotrofe planktongruppers potentielle græsning på den pelagiske biomasse er der anvendt en lang række grundlæggende forudsætninger vedrørende de forskellige organismegrupperes filtrationsrater, filtrationsraternes afhængighed af temperatur (Q10) og potentielle fødeemner (bilag 1). For protozoernes vedkommende er der anvendt volumenspecifikke filtrationsrater, som udtrykker, hvor mange gange de filtrerer et vandvolumen svarende til deres egen volumen pr. tidsenhed, som her er valgt til en dag. For copepodernes vedkommende er de anvendte filtrationsrater afhængige af copepodernes størrelse.

Græsningsrater: De potentielle ingestionsrater for de forskellige funktionelle grupper vedkommende er beregnet ved at multiplicere gruppernes populationsfiltrationsrate med biomassen af den tilgængelige føde:

$$G_{pop} = F_{pop} \times (\text{fødebiomassen})$$

De beregnede ingestionsrater korrigerede ved anvendelse af maksimale ingestionsrater pr. biomasse, I_{max}/B , bilag 1.

De pelagiske bakteriers ingestion ("græsning") (B_i) kan groft estimeres ved at sætte flagellatgræsningen på bakterier (F_g) lig med bakterieproduktionen (B_p), hvorefter bakterieingestionen beregnes ved at sætte $Y(C)$ til 60%:

$$B_p = F_g;$$

$$B_p = B_i \times Y$$

$$B_i = B_p/Y$$

$$B_i = F_g/0,6 = 1,66 \times F_g$$

Den pelagiske græsning er beregnet ved hjælp af databasen GRAZSYS BIO/CONSULT.

Det understreges her, at de beregnede filtrationsrater og deraf følgende græsningsrater skal opfattes som potentielle, det vil sige, at de ikke umiddelbart kan opfattes som absolutte, men at de tillader en realistisk overordnet vurdering af størrelsesordenen af den pelagiske stofomsætning fordelt på de overordnede funktionelle heterotrofe grupper af plankton (Andersen, 1988).

Sekundærproduktion: Sekundærproduktionen er beregnet ud fra de beregnede græsningsrater under forudsætning af, at 1/3 af ingestionen indbygges i biomasse.

2.3. Databehandling

Lagring og behandling af rådata er foretaget i Bio/consults database "ALGESYS".

3. Analysemetoder

Alle samfundsanalyser er udført vha. MDS på henholdsvis utransformerede og dobbelt kvadratrods transformerede kulstofbiomassedata ved anvendelse af programpakken PRIMER, Plymouth Marine Laboratory.

Den tidsmæssige udvikling i perioden 1991, 1993-1999 er analyseret ved anvendelse af Kendall-Tau trend-analysen.

4. Resultater og diskussion

4.1. Samfundsstrukturen af mesozooplankton i Mariager Fjord

4.1.1. Langtids"normal"-samfundet

Langtids"normal"samfundet af mesozooplankton på station 3 - Dybet i Mariager Fjord, defineret som de arter, som på tværs af alle år i perioden 1991-1999 tilsammen er ansvarlige for >95% af similariteten mellem årene på årsplan, består af 10 arter, tabel 2. Similariteten i langtids"normal"samfundet er domineret af ganske få arter, deriblandt af hjuldyr fra slægten *Synchaeta*, som alene udgør 45% af den totale similaritet på tværs af alle årene. Meroplanktonet, repræsenteret ved børsteormelarver og muslingeveliger, følger efter med henholdsvis 17% og 10% af den samlede similaritet. De mest betydende holoplankton"arter" er gruppen af copepod-nauplier efterfulgt af den calanoide copepod *Acartia tonsa*, som hver især bidrager med henholdsvis 5% og 2% af similariteten, tabel 2.

Similaritet 1991-99 = 26,9% Art	Relative andel af similariteten (%)	Summeret relative andel af similariteten (%)
1. <i>Synchaeta</i> spp.	45	45
2. Spionider spp.	17	62
3. Muslingeveliger spp.	10	72
4. Hjuldyr æg - spp.	8	80
5. Copepodnauplier spp.	5	85
6. <i>Polydora</i> spp.	2	87
7. Fiske æg spp.	2	89
8. <i>Acartia tonsa</i>	2	91
9. <i>Acartia</i> spp.	2	93
10. Harpacticoide copepoder spp.	1	94

Tabel 2. Langtids"normal"samfundet defineret som de 10 mest betydende arter for similariteten (beregnet på utransformerede data) på station 3 - Dybet i Mariager Fjord i perioden 1991-1999.

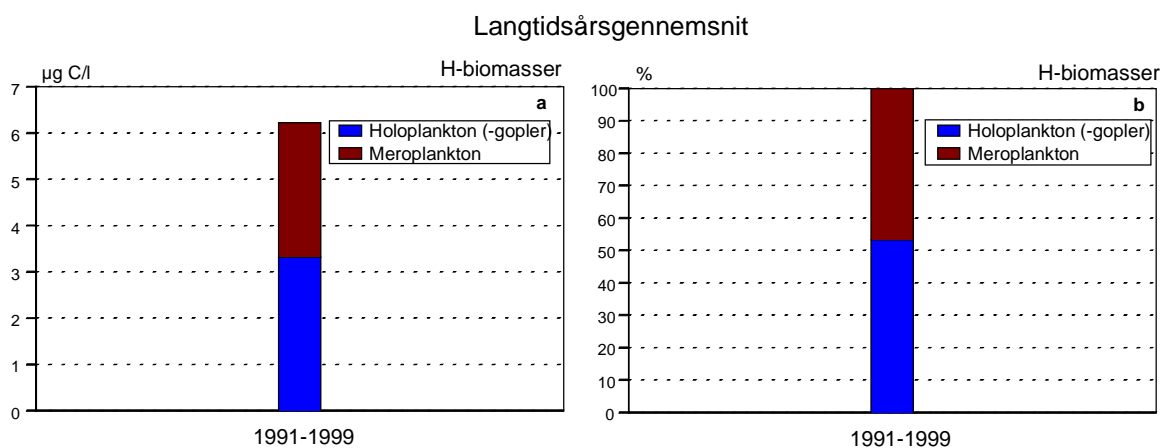
Til sammenligning med similaritetsbetragtningen kan de enkelte arters andel af den gennemsnitlige totale årlige biomasse beregnes, og de 10 mest betydende arter kan identificeres. Også ved denne analyse kommer hjuldyr fra slægten *Synchaeta* samt meroplanktonarter repræsenteret ved børsteormelarver og muslingeveliger ud som mest betydende, tabel 3.

Art	Relative andel af biomasse (%)	Summeret relative andel af biomasse (%)
1. Spionider spp.	22	22
2. Polydora spp.	17	39
3. Synchaeta spp.	15	54
4. Copepodnauplier	9	63
5. Para-/Pseudo-/Microcalanus spp.	8	71
6. Hjuldyr æg - spp.	6	77
7. Muslingeveliger spp.	5	82
8. Acartia tonsa	4	86
9. Acartia spp.	3	89
10. Cyclopoide copepoder spp.	2	91

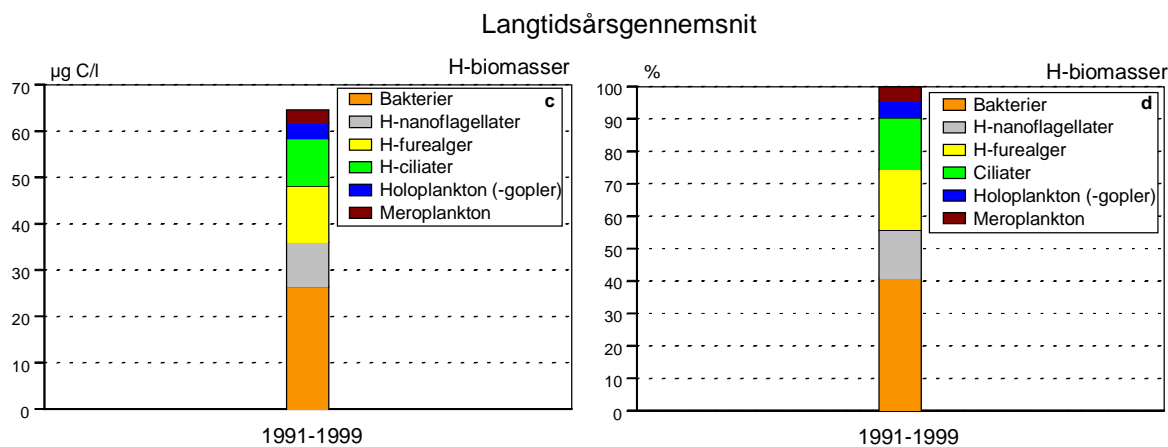
Tabel 3. Langtids"normal"samfundet af mesozooplankton defineret som de 10 mest betydende arter på station 3 - Dybet i Mariager Fjord beregnet som gennemsnittet af de tidsvægtede årgennemsnit i perioden 1991-1999.

4.1.2. Langtids"normal"biomasseniveaue

Langtids gennemsnittet af biomassen af mesozooplankton i Mariager Fjord er på ca. 6 ug C/l, figur 1a. Biomassen er ligeligt fordelt mellem holo- og meroplanktoniske arter, figur 1b. Holoplanktonet er domineret af hjuldyr og copepod-nauplier, mens meroplanktonet er domineret af børsteormelarver og muslingeveliger. Sammenlignet med den totale heterotrofe pelagiske biomasse udgør mesozooplanktonet kun en mindre andel (<10%). De resterende ca. 90% af biomassen består af pelagiske bakterier (ca. 40%) heterotrofe nanoflagellater (ca. 19%) heterotrofe furealger (ca. 18%) og ciliater (ca. 17%), figur 1c og d



Figur 1a og b. Tidsvægtede årgennemsnit af de heterotrofe pelagiske biomasser i Mariager Fjord 1991-99. a. Mesozooplankton fordelt på holoplankton og meroplankton; b. Som a, men med angivelse af den relative andel af biomassen.

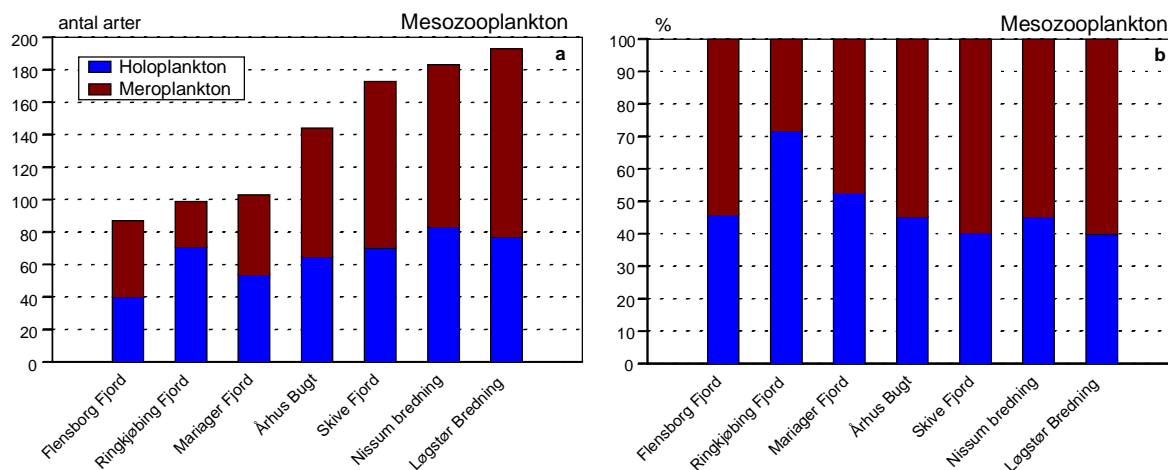


Figur 1c og d. Tidsvægtede årsgennemsnit af de heterotrofe pelagiske biomasser i Mariager Fjord 1991-99. c. Den totale heterotrofe pelagiske biomasse fordelt på de overordnede organismegrupper; og d. Som c, men med angivelse af den relative andel af biomassen.

4.1.3. Sammenligning med andre lokaliteter

Artsantallet

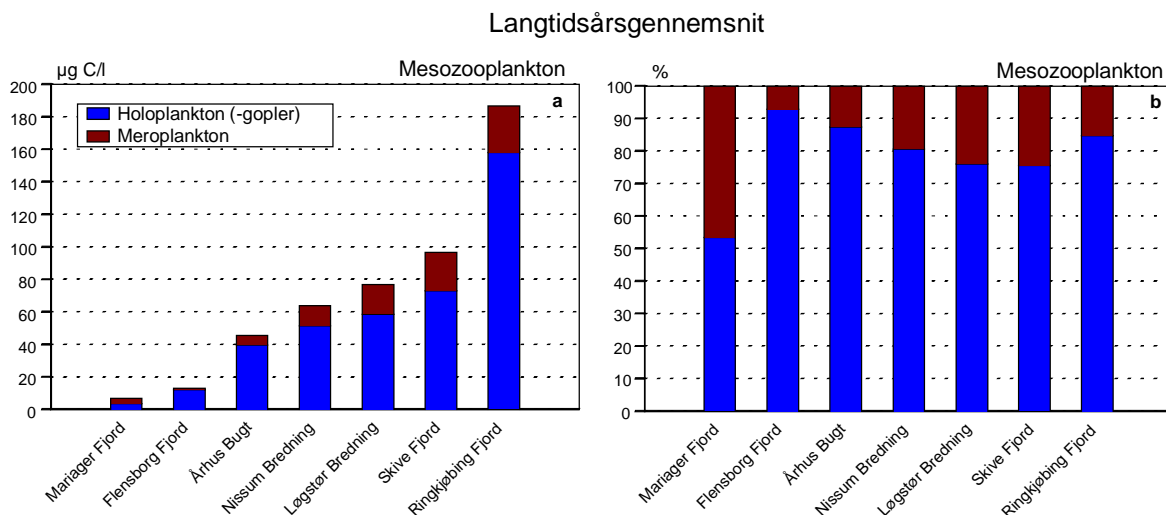
Sammenlignet med andre danske kystnære lokaliteter er antallet af mesozooplanktonarter i Mariager Fjord (ca. 100 arter/artsgrupper) lavt og på niveau med, hvad der er registreret i Flensborg Fjord og Ringkjøbing Fjord og er væsentligt lavere end registreret i Limfjorden og Århus Bugt, mens den relative fordeling mellem holo- og meroplanktoniske arter er ca. 50% af hver, som på de øvrige lokaliteter bortset fra i Ringkjøbing Fjord, hvor der er markant overvægt af holoplanktoniske arter, som afspejler det artsfattige bunddyrsamfund i fjorden figur 2a og b. Mesozooplanktonsamfundet i Mariager Fjord kan på denne baggrund karakteriseres som et **artsfattigt** fjordsamfund. Ud over, at der registreres relativt få arter i Mariager Fjord er biomasserne også domineret af få arter. Samfundet er ensidigt domineret af hjuldyr og meroplanktonarter, mens "rigtige" mesozooplanktonarter, f.eks. arter af calanoide copepoder, som er karakteristiske for samfund i mere åbne farvande, kun er af meget lille betydning i Mariager Fjord.



Figur 2a og b. Det registrerede antal af mesozooplanktonarter/artsgrupper for udvalgte danske kystnære lokaliteter. Mariager Fjord (1991, 1993-99), Flensborg Fjord (1993-97), Århus Bugt (1990-99), Nissum Bredning (1990-98), Løgstør Bredning (1990-98), Skive Fjord (1990-98) og Ringkjøbing Fjord (1990-99) Årstallene i parentes angiver år omfattet af analysen.

Biomasseniveauet

Biomasseniveauet af mesozooplankton i Mariager Fjord er meget lavt i forhold til, hvad der registreres i andre danske fjorde og kystnære områder, kun Flensborg Fjord har et tilsvarende lavt biomasseniveau, figur 3a. I Mariager Fjord udgør meroplanktonet en relativt stor andel af den totale mesozooplanktonbiomasse i forhold til de andre lokaliteter, figur 3b.



Figur 3a og b. Langtidsårs gennemsnit af mesozooplanktonbiomasser for udvalgte danske kystnære lokaliteter. Mariager Fjord (91, 93-99), Flensborg Fjord (93-97), Århus Bugt (90-99), Nissum Bredning (90-98), Løgstør Bredning (90-98), Skive Fjord (90-98) og Ringkjøbing Fjord (90-99).

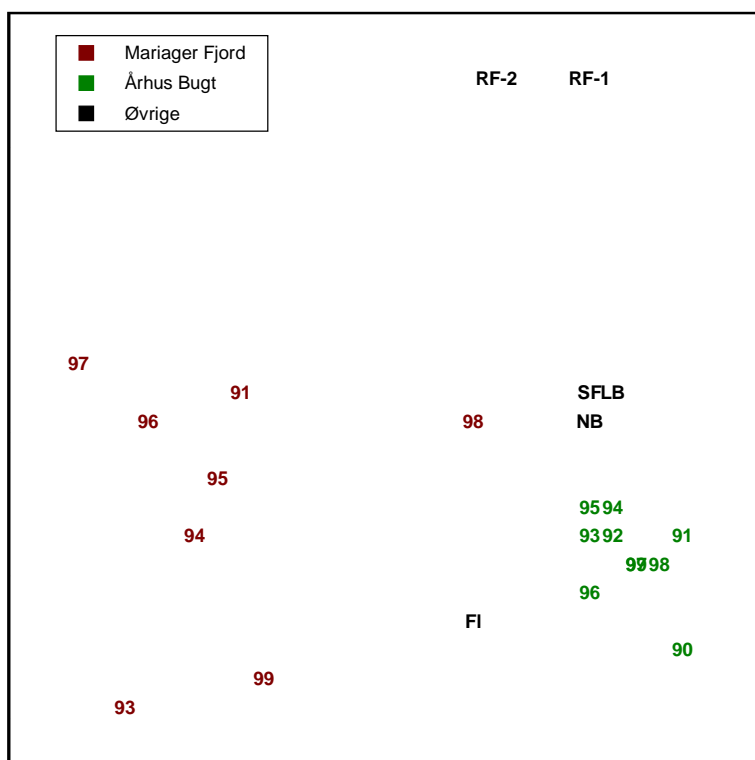
Samfundsstruktur

Mesozooplanktonets samfundsstruktur i Mariager Fjord er analyseret, i form af tidsvægtede årsgennemsnit af utransformerede data på artsniveau sammen med data fra de tidligere nævnte kystnære danske lokaliteter. Samfundsstrukturen i Mariager Fjord er markant forskellig fra samfundsstrukturen registreret på de øvrige lokaliteter, hvilket viser sig ved, at alle data fra Mariager Fjord ligger i en gruppe for sig - uden overlap med de øvrige lokaliteter og i øvrigt med en stor variation i samfundsstrukturen mellem årene, figur 4. MDS-præsentationen viser, at Mariager Fjord har størst lighed med Flensborg Fjord, som ligger som nabo til Århus Bugt. MDS-præsentationen viser, at Mariager Fjord ligger stort set med samme afstand til Århus Bugt og de 3 lokaliteter i Limfjorden, mens Ringkjøbing Fjord ligger fjernest fra Mariager Fjord. Analysen af similariteten mellem Mariager Fjord og de andre udvalgte lokaliteter viser ligeledes, at Mariager Fjord generelt er markant forskellig fra de andre lokaliteter.

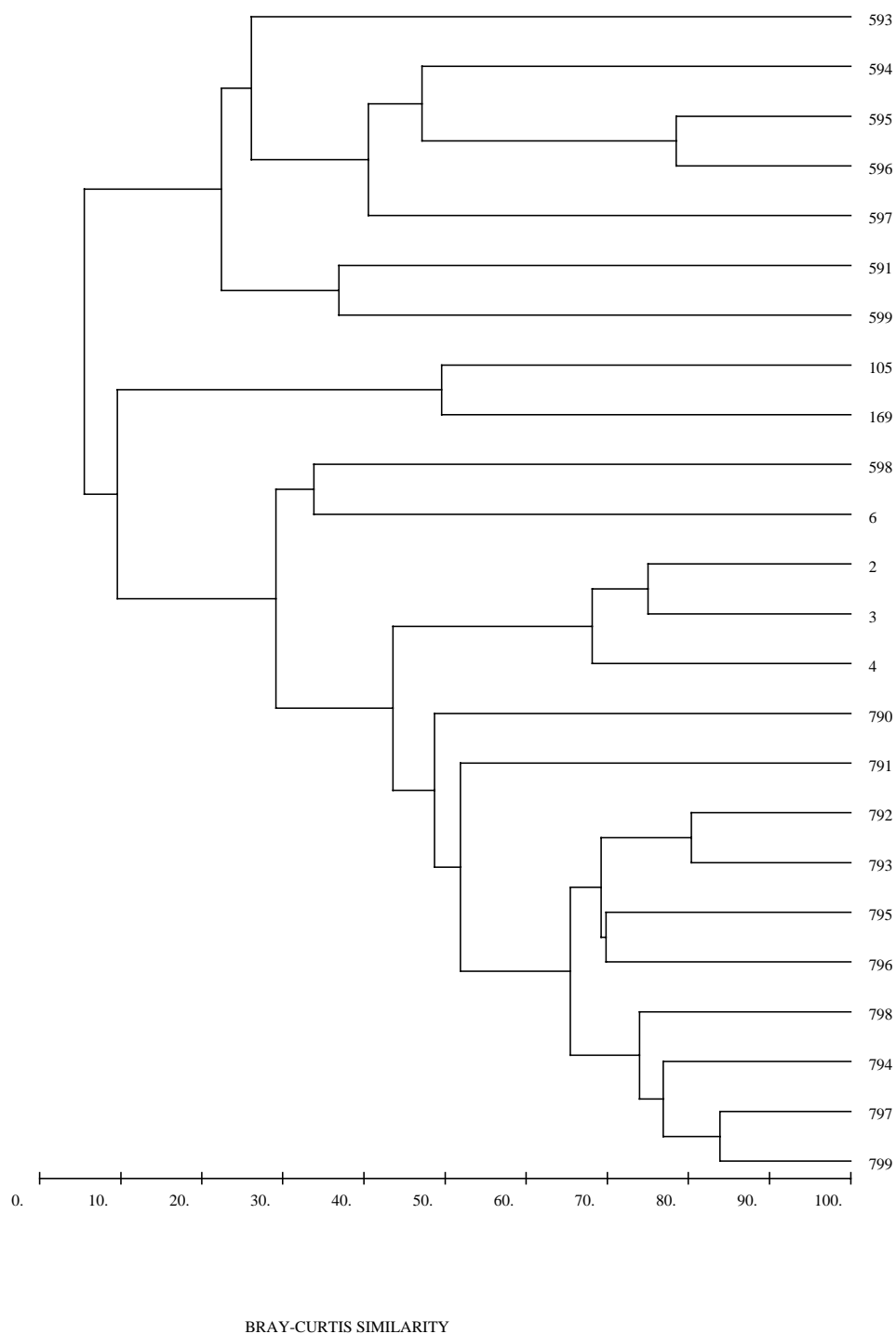
Det cladistiske plot viser samme gruppering som MDS-præsentationen, figur 5, og viser desuden, at Mariager Fjord 1998 kan grupperes sammen med Flensborg Fjord, mens de resterende år i Mariager Fjord grupperes i en adskilt Mariager-gruppe, dette diskuteres senere i afsnittet vedrørende den tidsmæssige udvikling af mesozooplanktonet i Mariager Fjord.

Sammenholdes MDS-præsentationen baseret på de utransformerede data med MDS-præsentationen baseret på de rod-rod transformererede data, figur 6, ses den samme grundlæggende gruppering af data, men med en forstærket tendens til, at Mariager Fjord 1998 ligger nær Flensborg Fjord. Similariteten/ligheden mellem Mariager Fjord 1998 og Flensborg Fjord forstærkes således, når biomassernes betydning nedtones, så analysen lægger mere vægt på artssammensætningen. Samfundsstrukturen af mesozooplanktonet i Mariager Fjord 1998 ligner altså i høj grad, hvad der registreres i Flensborg Fjord, mere herom senere i afsnittet vedrørende den tidsmæssige udvikling af mesozooplanktonet i Mariager Fjord.

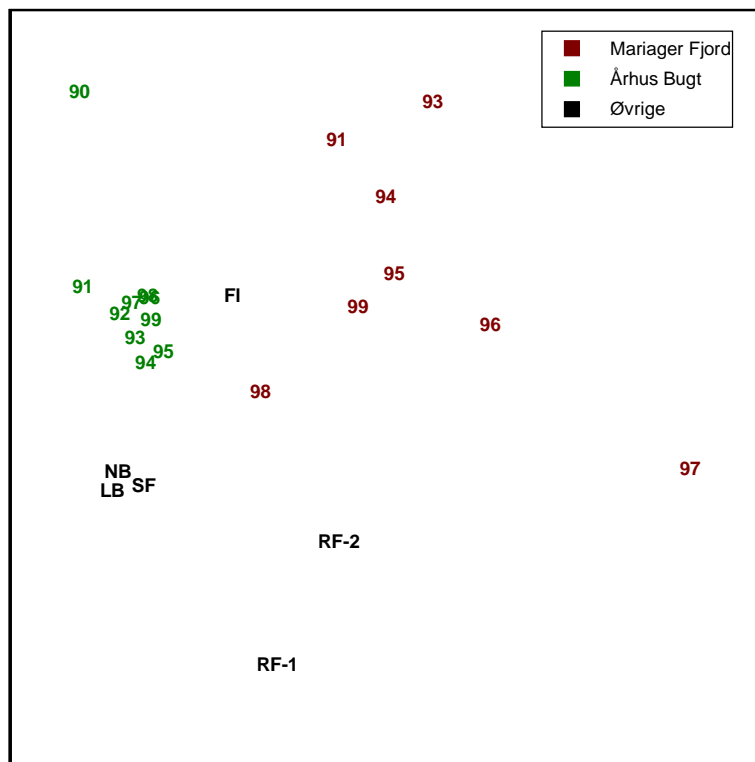
Ved analysen på de utransformerede data, dvs. hvor biomassen får fuld vægt på de enkelte arter, har Mariager Fjord størst lighed (= mindst dissimilaritet) med Flensborg Fjord, mens den største forskel registreres i forhold til Ringkjøbing Fjord. Ved analysen af de dobbelt kvadratrod transformererede data, hvor biomassen af de enkelte arter nedtones i forhold til artssammensætningen, beregnes igen den største lighed med Flensborg Fjord, mens den største forskel registreres i forhold til Limfjorden og Århus Bugt, hvilket skyldes de artsrige samfund med repræsentanter fra både fjordsamfund, det baltiske område og Nordsøen.



Figur 4. MDS-plot (utransformerede data) af Mariager Fjord sammen med udvalgte danske kystnære lokaliteter. Mariager Fjord (rød signatur) 1991, 1993-99; FI = Flensborg Fjord (gns:1993-97); RF-1 og RF-2 = Ringkjøbing Fjord; NB = Nisum Bredning (gns: 1990-98); LB = Løgstør Bredning (gns: 1990-98); 29 = SF (gns: 1990-98); Århus Bugt (grøn signatur) 1990-99.



Figur 5. Cladistisk plot (utransformerede data) af Mariager Fjord sammen med udvalgte danske kystnære lokaliteter. Lokaliteter: 591-599 = Mariager Fjord 1991, 1993-99; 6 = Flensborg Fjord (gns:1993-97); 105 og 169 = Ringkøbing Fjord; 3 = Nissum Bredning (gns: 1990-98); 17 = Løgstør Bredning (gns: 1990-98); 29 = Skive Fjord (gns: 1990-98); 790-799 = Århus Bugt (1990-99).



Figur 6. MDS-plot (Transformerede data: rod-rod) af Mariager Fjord sammen med udvalgte danske kystnære lokaliteter. Mariager Fjord (grøn signatur) 1991, 1993-99; FI = Flensborg Fjord (gns:1993-97); RF-1 og RF-2 = Ringkjøbing Fjord; NB = Nissum Bredning (gns: 1990-98); LB = Løgstør Bredning (gns: 1990-98); SF = Skive Fjord (gns: 1990-98); Århus Bugt (rød signatur) 1990-99.

Dissimilaritet	Utransformerede data	Rod-rod transformerede data
Ringkjøbing Fjord	96	68
Århus Bugt	93	71
Limfjorden (Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Skive Fjord)	91	74
Flensborg Fjord	84	56

Tabel 4. Beregnede dissimilariteter mellem mesozooplanktonets samfundsstruktur i Mariager Fjord og en række danske kystnære lokaliteter.

De mest markante forskelle mellem Mariager Fjord og de øvrige udvalgte danske kystnære lokaliteter kan opsummeres således:

Mariager Fjord - Ringkjøbing Fjord

Der er markante kvantitative og kvalitative forskelle i samfundsstrukturen mellem Mariager Fjord og Ringkjøbing Fjord. Biomasseniveauet i Ringkjøbing er markant forhøjet i forhold til Mariager Fjord. Mesozooplanktonet i Ringkjøbing Fjord er mere "ferskt" end i Mariager Fjord og adskiller sig fra Mariager Fjord ved dominans af calanoide vandlopper, specielt brakvandsvandloppen *Eurytemora*, den marine art *Acartia tonsa* samt calanoide copepoditter og nauplier. Endvidere registreres en række ferskvandshjuldyr i Ringkjøbing Fjord, som ikke registreres i Mariager Fjord. *Eurytemora* og de calanoide nauplier samt *Acartia tonsa* bidra-

ger alene med 77% af dissimilariteten mellem Mariager Fjord og Ringkjøbing Fjord, se tabel 5.

Gennemsnitlig DISSIMILARITET mellem grupperne 3 & 1 = 95.50

ART	Mariager Fjord (GRUPPE 3)		Ringkjøbing Fjord (GRUPPE 1)		KUM %
	Gns. ABUN		Gns. ABUN	PROCENT	
Euryt spp.	.01		47.26	23.99	23.99
Calan naup	.25		31.07	22.94	46.93
Acart tons	.30		28.47	20.54	67.47
Copep naup	.36		10.83	5.05	72.52
Cyclo div.	.14		4.68	4.62	77.14
Polyc spp.	.08		7.30	4.12	81.26
Hexar fenn	.00		5.35	2.51	83.77
Synch sum	1.04		4.31	2.42	86.19
Brach spp.	.00		5.18	2.39	88.57
Oitho spp.	.03		2.19	2.18	90.76
Spion spp.	1.55		2.43	1.58	92.33
Harpa div.	.04		1.44	1.19	93.52
Acart spp.	.23		2.29	1.08	94.61
Kerat spp.	.00		2.23	1.03	95.63

Tabel 5. Opsummering af resultatet af dissimilaritetsanalysen af Mariager Fjord sammen med Ringkjøbing Fjord. Gns. ABUN = den gennemsnitlige biomasse af den pågældende art i den pågældende gruppe af data. PROCENT angiver artens procentvise bidrag til dissimilariteten. KUM % angiver den akkumulerede dissimilaritet.

Mariager Fjord - Limfjorden

Der registreres også markante kvantitative og kvalitative forskelle i samfundsstrukturen mellem Mariager Fjord og Limfjorden (som består af data fra de 3 lokaliteter: Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Skive Fjord). Biomasseniveauet i Limfjorden er markant forhøjet i forhold til Mariager Fjord. Mesozooplanktonet i Limfjorden adskiller sig fra Mariager Fjord ved dominans af marine arter, blandt andet en række calanoide vandlopper, incl. nauplier, samt marine dafnier, som enten ikke registreres i Mariager Fjord, eller som kun registreres med meget lave biomasser. Det største bidrag til dissimilariteten mellem Mariager Fjord og Limfjorden stammer fra gruppen af copepod-nauplier, som alene bidrager med 23 %. Herefter følger en række calanoide vandlopper og marine dafnier, som pga. deres højere biomasser i Limfjorden alle bidrager med 2-6 % dissimilaritet. Bemærk, at biomasseniveauet af muslingeveliger i Limfjorden er ca. 10 gange højere end i Mariager Fjord, og at denne forskel bidrager med 5 % dissimilaritet i analysen, tabel 6. På figur 6 ses det at Skive Fjord er den Limfjordsstation som ligger nærmest Mariager Fjord, men dog stadig meget langt fra Mariager Fjord. Dette skyldes at såvel artsrigdom og biomasseniveauer af mesozooplankton er markant forhøjede i Skive Fjord i forhold til Mariager Fjord. Den lighed som kan registreres i sammensætningen af fytoplanktonsamfundene i Skive Fjord og Mariager Fjord ses således ikke for mesozooplanktonets vedkommende.

Gennemsnitlig DISSIMILARITET mellem grupperne 3 & 2 = 91.11

ART	Mariager Fjord		Limfjorden		KUM %
	(GRUPPE 3)		(GRUPPE 2)		
	Gns. ABUN	Gns. ABUN	PROCENT		
Copep naup	.36	18.51	23.17		23.17
Centr hama	.01	4.96	6.58		29.74
Oitho spp.	.03	4.61	6.16		35.90
Podon poly	.11	4.51	5.77		41.67
Evadn nord	.10	4.21	5.50		47.18
Lamel veli	.33	4.38	5.48		52.66
Acart spp.	.23	3.90	4.86		57.51
Spion spp.	1.55	3.33	3.80		61.31
Para- SUM	.53	3.06	3.63		64.93
Synch sum	1.04	3.32	3.14		68.08
Acart disc	.00	2.49	3.12		71.20
Temor spp.	.00	1.92	2.86		74.05
Podon leuc	.04	1.91	2.46		76.51
Polyd spp.	1.18	1.49	2.29		78.80
Acart tons	.30	2.05	2.24		81.04
Balan bala	.00	1.57	2.12		83.16
Gastr veli	.04	1.53	2.03		85.20
Harpa div.	.04	1.27	1.73		86.93
Balan cren	.04	1.12	1.52		88.45
Acart clau	.00	.80	1.15		89.60

Tabel 6. Opsummering af resultatet af dissimilaritetsanalysen af Mariager Fjord sammen med Limfjorden (som består af data fra Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Skive Fjord). Gns. ABUN = den gennemsnitlige biomasse af den pågældende art i den pågældende gruppe af data. PROCENT angiver artens procentvise bidrag til dissimilariteten. KUM % angiver den akkumulerede dissimilaritet.

Mariager Fjord - Flensborg Fjord

Der registreres mindre markante kvantitative og kvalitative forskelle i samfundsstrukturen mellem Mariager Fjord og Flensborg Fjord end mellem Mariager Fjord og de øvrige udvalgte lokaliteter. Biomasseniveauet i Flensborg Fjord er svagt forhøjet i forhold til Mariager Fjord, mens mesozooplanktonet i Flensborg Fjord i øvrigt adskiller sig fra Mariager Fjord ved dominans af marine calanoide vandlopper fra gruppen af *Para-/Pseudo-/Microcalanus*, arten *Centropages hamatus* og calanoide nauplier. Mesozooplanktonet i Mariager Fjord domineres af børsteormelarver og hjuldyr fra slægten *Synchaeta*, som bidrager med 5-7% dissimilaritet. De største bidrag til dissimilariteten mellem Mariager Fjord og Flensborg Fjord stammer fra vandloppegruppen *Para-/Pseudo-/Microcalanus*, copepod-nauplier og den calanoide vandloppe *Centropages hamatus*, som tilsammen bidrager med 54% af dissimilariteten. Herefter følger en række børsteormelarver, som forekommer med den højeste biomasse i Mariager Fjord. Bemærk, at biomasseniveauet af muslingeveliger i Flensborg Fjord er ca. ½ af, hvad der registreres i Mariager Fjord, og at denne forskel bidrager med 1% dissimilaritet i analysen, tabel 7.

Gennemsnitlig DISSIMILARITET mellem grupperne 4 & 3 = 84.13

Art	Flensborg Fjord		Mariager Fjord		KUM
	(GRUPPE 4)		(GRUPPE 3)		
	AV	ABUN	AV	ABUN	PROCENT
Para- SUM	3.37	.53			25.64
Copep naup	2.16	.36			15.24
Centr hama	1.65	.01			12.97
Spion spp.	.08	1.55			6.71
Synch sum	.16	1.04			5.22
Acart disc	.58	.00			4.57
Acart tons	.62	.30			4.44
Polyd spp.	.20	1.18			4.33
Acart spp.	.55	.23			3.91
Hjuld æg s	.05	.44			3.16
Oitho spp.	.26	.03			1.93
Podon leuc	.24	.04			1.83
Lamel veli	.16	.33			1.36
Evadn nord	.11	.10			1.06

Tabel 7. Opsummering af resultatet af dissimilaritetsanalysen af Mariager Fjord sammen med Flensborg Fjord. Gns. ABUN = den gennemsnitlige biomasse af den pågældende art i den pågældende gruppe af data. PROCENT angiver artens procentvise bidrag til dissimilariteten. KUM % angiver den akkumulerede dissimilaritet.

Mariager Fjord - Århus Bugt

Der registreres markante kvantitative og kvalitative forskelle i samfundsstrukturen mellem Mariager Fjord og Århus Bugt. Biomasseniveauet i Århus Bugt er markant forhøjet i forhold til Mariager Fjord, og mesozooplanktonet i Århus Bugt adskiller sig markant fra Mariager Fjord ved dominans af marine mesozooplanktonarter som de calanoide vandlopper fra gruppen *Para-/Pseudo-/Microcalanus*, arten *Centropages hamatus*, calanoide nauplier og flere arter af marine dafnier. Mesozooplanktonet i Mariager Fjord domineres af børsteormelarver og hjuldyr fra slægten *Synchaeta*, som bidrager med 2-3% dissimilaritet. De største bidrag til dissimilariteten mellem Mariager Fjord og Århus Bugt stammer fra vandloppegruppen *Para-/Pseudo-/Microcalanus*, copepod-nauplier, den calanoide vandloppe *Centropages hamatus* og den marine dafnie *Evadne nordmanni*, som tilsammen bidrager med 62% af dissimilariteten. Bemærk, at biomasseniveauet af muslingeveliger i Århus Bugt er ca. 10 gange større, end hvad der registreres i Mariager Fjord, og at denne forskel bidrager med 3% dissimilaritet i analysen, tabel 8.

Gennemsnitlig DISSIMILARITET mellem grupperne 5 & 3 = 92.90

Art	Århus Bugt (GRUPPE 5)		Mariager Fjord (GRUPPE 3)		KUM %
	Gns. ABUN		Gns. ABUN	PROCENT	
Para- SUM	15.93		.53	31.79	31.79
Copep naup	7.46		.36	14.98	46.78
Centr hama	4.10		.01	8.98	55.76
Evadn nord	2.82		.10	6.23	61.99
Oitho spp.	2.53		.03	5.59	67.58
Lamel veli	2.74		.33	5.15	72.73
Podon leuc	1.58		.04	2.65	75.38
Spion spp.	.27		1.55	2.62	78.00
Balan cren	1.12		.04	2.26	80.26
Polyd spp.	.11		1.18	1.80	82.06
Synch sum	.27		1.04	1.73	83.79
Temor spp.	.81		.00	1.61	85.40
Evadn spp.	.75		.00	1.21	86.61
Acart clau	.35		.00	1.05	87.66
Gastr veli	.50		.04	1.04	88.70

Tabel 8. Opsummering af resultatet af dissimilaritetsanalysen af Mariager Fjord sammen med Århus Bugt. Gns. ABUN = den gennemsnitlige biomasse af den pågældende art i den pågældende gruppe af data. PROCENT angiver artens procentvise bidrag til dissimilariteten. KUM % angiver den akkumulerede dissimilaritet.

OPSAMLING

Mesozooplanktonsamfundet i Mariager Fjord kan således karakteriseres som et artsfattigt lavbiomasse fjordsamfund - som er domineret af få arter af meroplankton, mens holoplanktoniske arter, som dominerer biomasserne på de andre udvalgte lokaliteter, udgør en mindre andel af biomassen eller mangler helt. Samfundet i Mariager Fjord har langt større lighed med samfundet i Flensborg Fjord, som vender mod Kattegat/Østersøen end den mere ferskvandspåvirkede Ringkjøbing Fjord som vender mod Nordsøen. Sammenholdt med samfundene i Limfjorden og Århus Bugt er samfundet i Mariager Fjord meget artsfattigt - der mangler en række marine holoplanktonarter i Mariager Fjord, som ellers er af stor kvantitativ betydning i Limfjorden og Århus Bugt. Meroplanktonets relativt store andel af mesozooplanktonbiomassen i Mariager Fjord skyldes en kombination af, at holoplanktonet er så dårligt udviklet og det forhold, at fjorden er relativt lavvandet, at vandvolumet er relativt lille, og at vandskiftet med Kattegat er ringe, hvilket medfører stor potentiel tilførsel af meroplankton til fjorden fra fjordens egne bunddyrpopulationer. Det er karakteristisk, at de eneste holoplanktoniske arter, som klarer sig godt i Mariager Fjord, er små hurtigtvoksende hjuldyr, mens langsomtvoksende holoplanktoniske arter af f.eks. vandlopper og dafnier kun registreres med få arter og lave biomasser, trods rigelig tilgængelighed af potentiel føde i form af auto- og mixotrofe biomasser samt heterotrofe ciliater og furealger. Det forhold, at hurtigtvoksende holoplanktonarter har succes i fjorden, mens langsomtvoksende arter har fiasko, diskuteres nærmere i næste afsnit, som omhandler den tidsmæssige udvikling af mesozooplanktonet i Mariager Fjord.

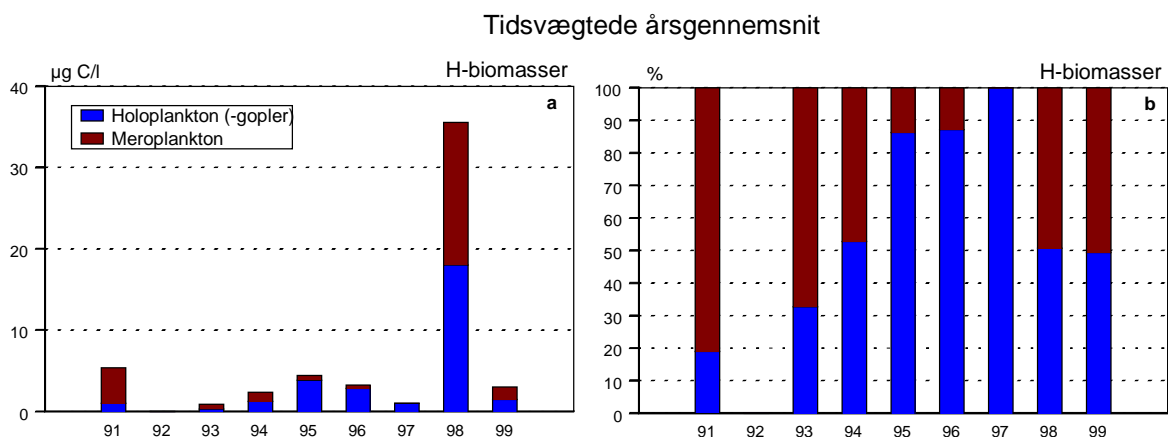
4.2. Variation i Mariager Fjords mesozooplanktonsamfund mellem årene

4.2.1. Biomasseniveauer

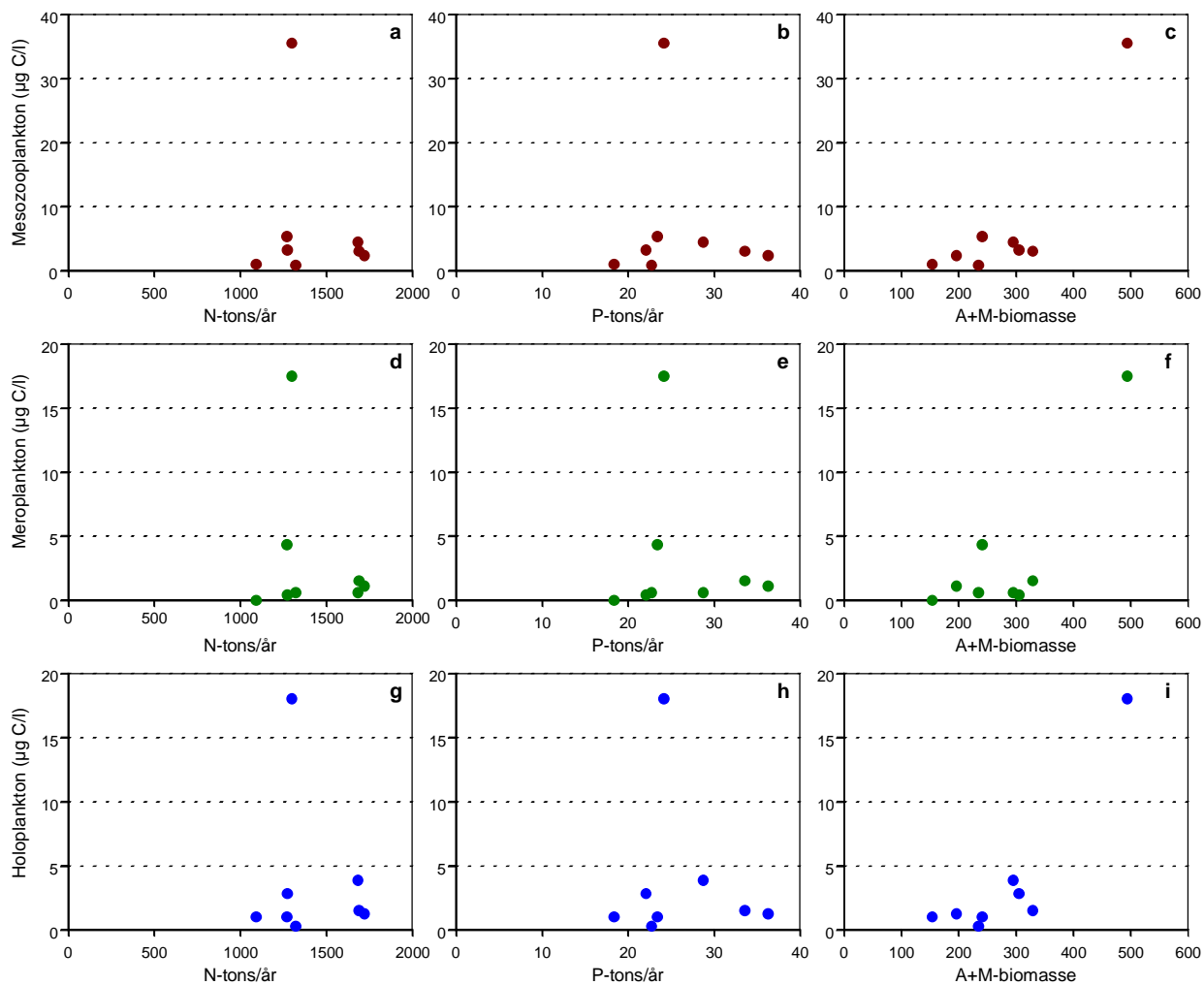
I løbet af perioden 1991-1999 har det tidsvægtede årsgennemsnit af biomassen af mesozooplankton ligget på et lavt niveau, $<5 \mu\text{g C/l}$, bortset fra i 1998, året efter iltsvindet, hvor der blev registreret en markant forøgelse i forhold til de øvrige år. I løbet af perioden 1991-1999 bliver der ikke registreret nogen egentlig tendens til hverken stigende eller faldende biomasser, men derimod periodevist stigende biomasser efterfulgt af faldende biomasseniveauer, se Kendall-Tau analysen i næste afsnit. Biomassen var relativt høj i 1991, hvorefter der blev registreret en markant lav biomasse i 1992. I de efterfølgende år blev der registreret stigende biomasser, som kulminerede i 1995-96. I 1997, iltsvindsåret, blev der igen registreret lave biomasser. I det efterfølgende år, 1998, blev det hidtil højeste biomasseniveau af mesozooplankton registreret i Mariager Fjord. Biomassen i 1998 bestod af en lang række holoplanktonarter, som ellers ikke tidligere har været registreret i tilsvarende biomasser i fjorden. I 1999 registreres der igen lave biomasser af mesozooplankton, som i perioden før 1998, figur 7a-b. Såvel saliniteten og temperaturen som iltforholdene i Mariager Fjord i 1998 var ikke markant forskellige fra den tidligere periode 1991-1997 (Århus Amt & Nordjyllands Amt, 1999), det kan derfor udelukkes, at ændringer i salinitet og temperatur samt iltforhold har været årsag til den pludselige succes hos mesozooplanktonet i 1998. I efterårsperioden 1997 og vinter-/forårsperioden 1998 blev der registreret stigende salinitet i Mariager Fjord som indikation på indstrømning af vand fra Kattegat. Tilsvarende stigninger er dog også set i tidligere år, f.eks. i perioden 1991-93, uden tilsvarende forøget biomasse af holo- og meroplankton i fjorden. På den baggrund kan det sandsynligvis afvises, at en markant tilstrømning fra Kattegat skulle have været årsag til den markante mesozooplankton opblomstring i 1998. En simpel analyse af sammenhængen mellem belastningen af Mariager Fjord med N og P samt fødetilgængeligheden i perioden 1991-1999 viser heller ingen klare sammenhænge, figur 8a-i. Mesozooplankton biomasseniveauet er tilsyneladende ikke kontrolleret af fødetilgængeligheden eller fjordens belastning med N og P. Hvis den markante stigning i mesozooplanktonbiomassen ikke kan tilskrives:

- ændringer i salinitet og temperatur
- ændringer i iltforholdene
- markant tilstrømning fra Kattegat
- ændringer i belastningen af fjorden
- ændringer i fødetilgængeligheden i form af auto- og mixotrofe biomasser

er der ændringer i græsningkontrol fra blåmuslinger og eventuelt også storgopler/fisk tilbage som mulige forklaringer på den markante kvantitative og kvalitative ændring i 1998 i forhold til de tidligere år samt 1999. Det vides med sikkerhed, at blåmuslingebestanden blev markant reduceret i store dele af den indre Mariager Fjord i forbindelse med iltsvindet i 1997. Det er også vist, at bestanden af blåmuslinger var lav i 1998, og at den var godt på vej tilbage til sit gamle niveau i 1999. Der er således god grund til at pege på sammenbruddet i blåmuslingebestanden i 1997, med et deraf følgende lavt benthisk græsningstryk på de pelagiske biomasser i 1998 som forklaring på de kvantitative og kvalitative forandringer i mesozooplanktonets kvantitative og kvalitative forekomst i 1998. Det kan dog ikke udelukkes, at et sammenbrud i *Aurelia aurita*'s fastsiddende stadier, med en deraf følgende reduktion i bestanden af det planktoniske gople-stadie ikke også har spillet en rolle. Det er værd, at bemærke at reduktionen i blåmuslingebestanden og i bestanden af *Aurelia aurita* **begge** vil medføre en reduktion i græsningstrykket på mesozooplanktonbiomasserne i Mariager Fjord.



Figur 7a og b. Tidsvægtede årsgennemsnit af de heterotrofe pelagiske biomasser i Mariager Fjord 1991-99. a. Mesozooplankton fordelt på holoplankton og meroplankton; b. Som a, men med angivelse af den relative andel af biomassen.



Figur 8a-i. Samhørende værdier af de tidsvægtede årsgennemsnit af mesozooplankton og henholdsvis belastningen med N og P samt den auto- og mixotrofe biomasse (a-c); holoplankton og henholdsvis belastningen med N og P samt den auto- og mixotrofe biomasse (d-f) og meroplanktonet og henholdsvis belastningen med N og P samt den auto- og mixotrofe biomasse (g-i) i perioden.

4.2.2. Variationen i perioden 1991-1999

Ved analyse af data (tidsvægtede årsgennemsnit, forårsgennemsnit, sommergennemsnit og efterårsgennemsnit) registreres ingen signifikante langtidstendenser i biomasseudviklingen af meso- og mikrozooplanktonet på station 3 - Dybet i Mariager Fjord, hverken på overordnet taxonomisk niveau (mesozoo-/holo-/meroplankton), på klasse eller slægtsniveau af de udvalgte arter i perioden 1991-1999. Derimod registreres der markante forskelle mellem årene i en række tilfælde. Den mest markante forskel registreres i forbindelse med iltsvindsåret i 1997. I året 1997 og 1998 blev der registreret en markant stigning i biomasseniveauerne af pelagiske bakterier og heterotrofe nanoflagellater. For de heterotrofe furealger og hjuldyrenes vedkommende blev der registreret markante fald i biomasseniveauerne i alle analyserede perioder i 1997, incl. forårsperioden. For hjuldyrenes vedkommende var faldet mest markant, fordi de som helhed havde været inde i en periode med markante stigninger i biomasseniveauerne i hele perioden 1993-1996. Faldet i biomasseniveauerne af heterotrofe furealger og hjuldyr i forårsperioden 1997 indikerer, at året allerede på dette tidspunkt var på vej ind i en anden udvikling end registreret i de tidligere år. I 1998, året efter iltsvindet, var det karakteristisk, at stort set alle mesozooplanktongrupper blev registreret i exceptionelt forhøjede biomasser, mens biomasseniveauene var nede på "normalniveauet" igen i det efterfølgende år, 1999. I perioden/året efter iltsvindet var mulighederne for, at mesozooplanktonarterne kunne opbygge - for Mariager Fjord - markante, men dog stadig relativt lave biomasser, således forbedret i forhold til tidligere. Den umiddelbart mest sandsynlige årsag hertil har sandsynligvis været, at blåmuslingebestanden i hele den indre del af Mariager Fjord var udslettet i forbindelse med iltsvindet. Blåmuslingernes græsning på mesozooplanktonet har således været markant nedsat i 1998 i forhold til de tidligere år, hvilket sandsynligvis har været af afgørende betydning for udviklingen af mesozooplanktonbiomasserne.

Af andre forhold af betydning for udviklingen af mesozooplanktonets biomasser i 1998 kan nævnes, at biomasserne af vandmænd også var lav i 1998 i forhold til tidligere - hvilket også har medført et formindsket græsningstryk på mesozooplanktonet. Sandsynligvis har bestanden af planktivore fisk, blandt andet sild, brisling også været formindsket i 1998 i forhold til tidligere på grund af iltsvindet, hvilket også har medført et formindsket græsningstryk.

Det var således karakteristisk for 1998, at alle bestande af græssere på mesozooplanktonet var markant reducerede i forhold til de tidligere år:

- blåmuslinger	--- medfører mindsket græsning på mesozooplankton
- fisk	--- medfører mindsket græsning på mesozooplankton
- meduser ?	--- medfører mindsket græsning på mesozooplankton
+/- iltsvind ("normalt")	--- sandsynligvis status quo

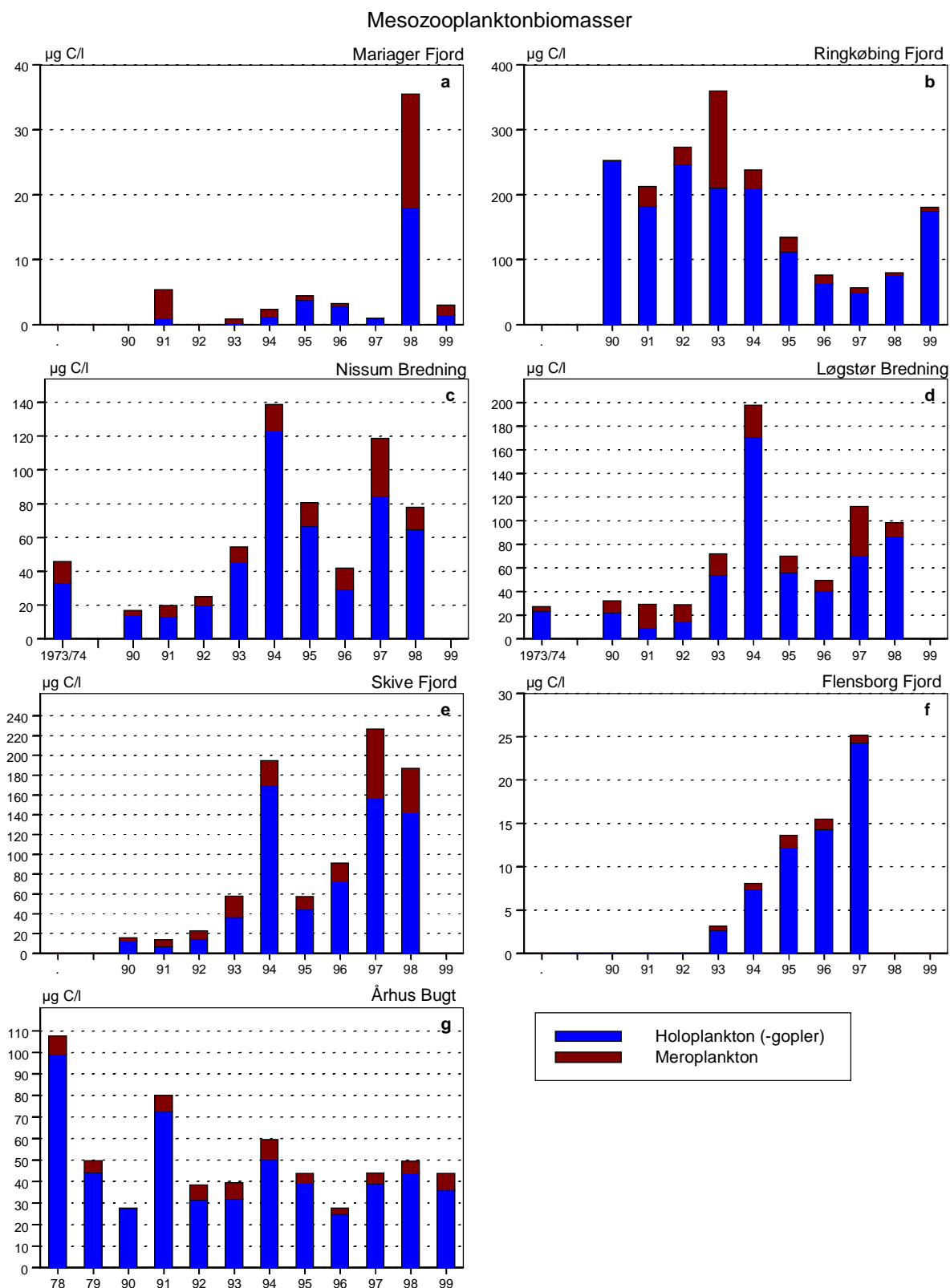
På de andre udvalgte lokaliteter registreres der 3 karakteristiske langtidsudviklingsmønstre i perioden 1990-1999.

I Ringkjøbing Fjord registreres der et markant, ikke kontinuert, fald i mesozooplanktonbiomassen i perioden 1990-99. Faldet sker rent faktisk fra et højt niveau i perioden 1990-1994 til et markant lavere niveau i perioden 1995-99. Faldet er sammenfaldende med introduktionen af sandmuslinger i fjorden. I Limfjorden registreres der markante stigninger i biomasseniveauerne i perioden 1990-1998 på alle 3 lokaliteter. Observationer fra 1973/74 indikerer, at biomasseniveauet dengang var højere end i starten af perioden 1990-1998 og på samme niveau som registreret i midten af perioden 1990-1998. Tendensen til stigende biomassenive-

auer i perioden 1990-1998 blev også registreret i Flensborg Fjord i perioden 1993-97. I Århus Bugt var biomasseniveauet svagt stigende i perioden 1990-1999.

Langtidsudviklingen i biomasseniveauet af mesozooplanktonet i Mariager Fjord følger ikke nogle af de beskrevne mønstre herover, heller ikke mønstret, som er registreret i de andre fjorde, som fjorden ellers er mest "beslægtet" med - Flensborg Fjord og lokaliteterne i Limfjorden. Mariager Fjord er således ikke kun meget forskellig i samfundsstruktur og biomasseniveauer i forhold til de andre fjorde - også den tidsmæssige udvikling er markant anderledes end i andre fjorde - dette peger alt samme i den retning, at Mariager Fjord er enestående mht. mesozooplankton i forhold til de andre lokaliteter, som er taget med i denne sammenligning.

De primære årsager til Mariager Fjords forskellighed i forhold til de andre lokaliteter er sandsynligvis, at Mariager Fjord er isoleret på grund af det ringe vandskifte med Kattegat samt det forhold, at blåmuslingerne, bortset fra sidste halvdel af 1997 og 1998, optræder i meget høj abundans i Mariager Fjord med et højt græsningstryk på specielt de tidlige livsstadier af mesozooplankton som resultat. Det naturlige eksperiment, som "blev udført" i forbindelse med iltsvindet i 1997, viste, at mesozooplanktonet i det efterfølgende år 1998 - hvor blåmuslingerne var "fjernet" fra fjorden, responderede med markant stigende biomasser og forekomst af en række arter, som ellers ikke registreres eller kun registreres med meget lave biomasser i fjorden. Denne observation samt det forhold, at biomasseniveau og samfundsstruktur vendte tilbage til den tidligere situation igen i det efterfølgende år 1999, hvor der atter var blåmuslinger i fjorden giver en klar indikation på at muslingernes græsning på mesozooplanktonet er af afgørende betydning for mesozooplanktonets artssammensætning og kvantitative forekomst i Mariager Fjord. Iltsvind som regulerende faktor på biomasseniveauer og samfundsstruktur af mesozooplankton i Mariager Fjord ser ud til at være af sekundær betydning i forhold til blåmuslingernes græsning, da mesozooplanktonets udvikling i 1998 fandt sted i forbindelse med, for Mariager Fjord, helt normale dårlige iltforhold i bundvandet i den centrale del af fjorden.



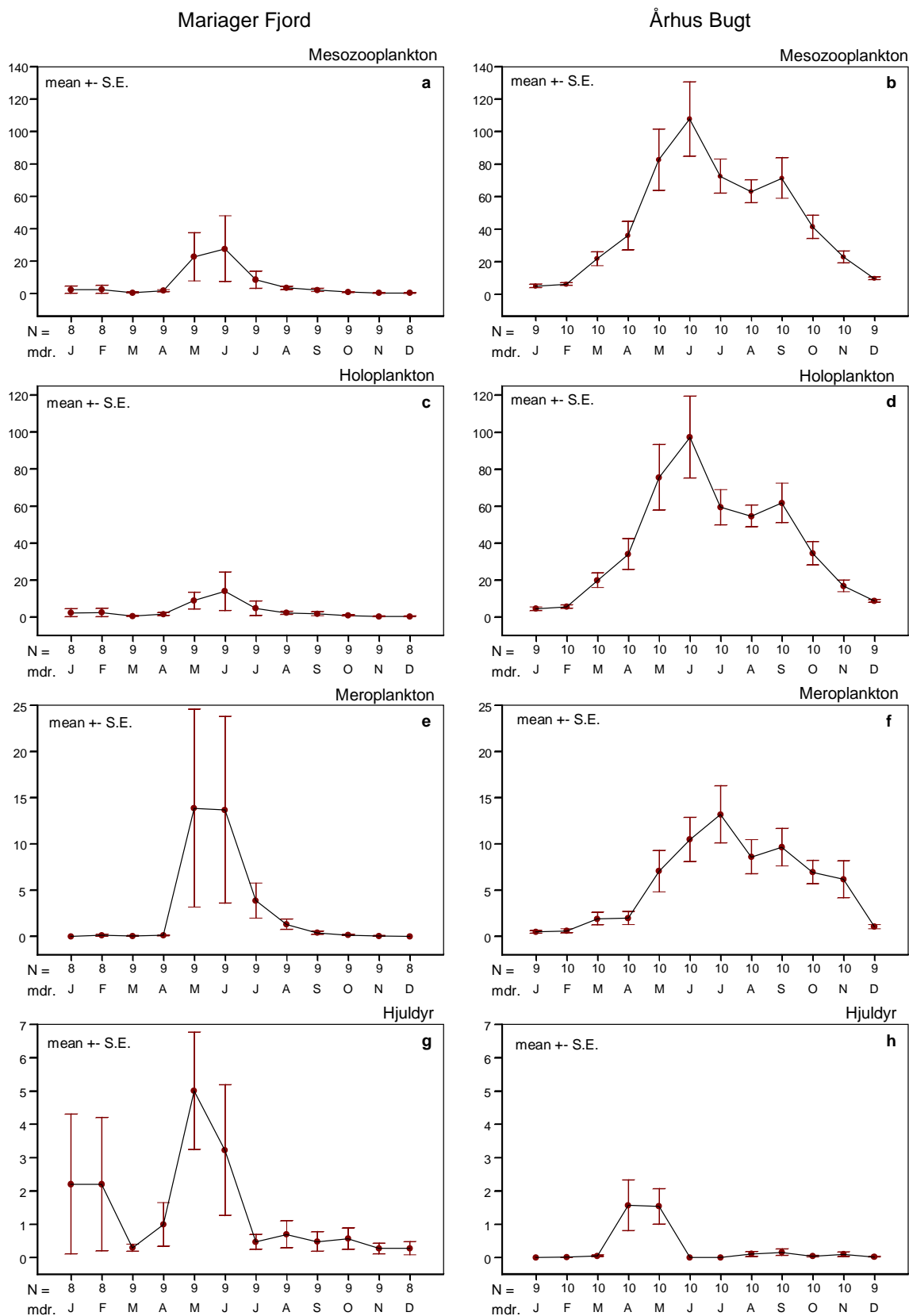
Figur 9a-g. Den tidsmæssige udvikling i det tidsvægtede årgennemsnit af holo- og meroplanktonbiomasserne i a. Mariager Fjord; b. Ringkøbing Fjord; c. Nissum Bredning; d. Løgstør Bredning; e. Skive Fjord; f. Flensborg Fjord og g. Århus Bugt i perioden 1990-1999.

4.2.3. Den sæsonmæssige udvikling i biomassen af mesozooplankton i Mariager Fjord

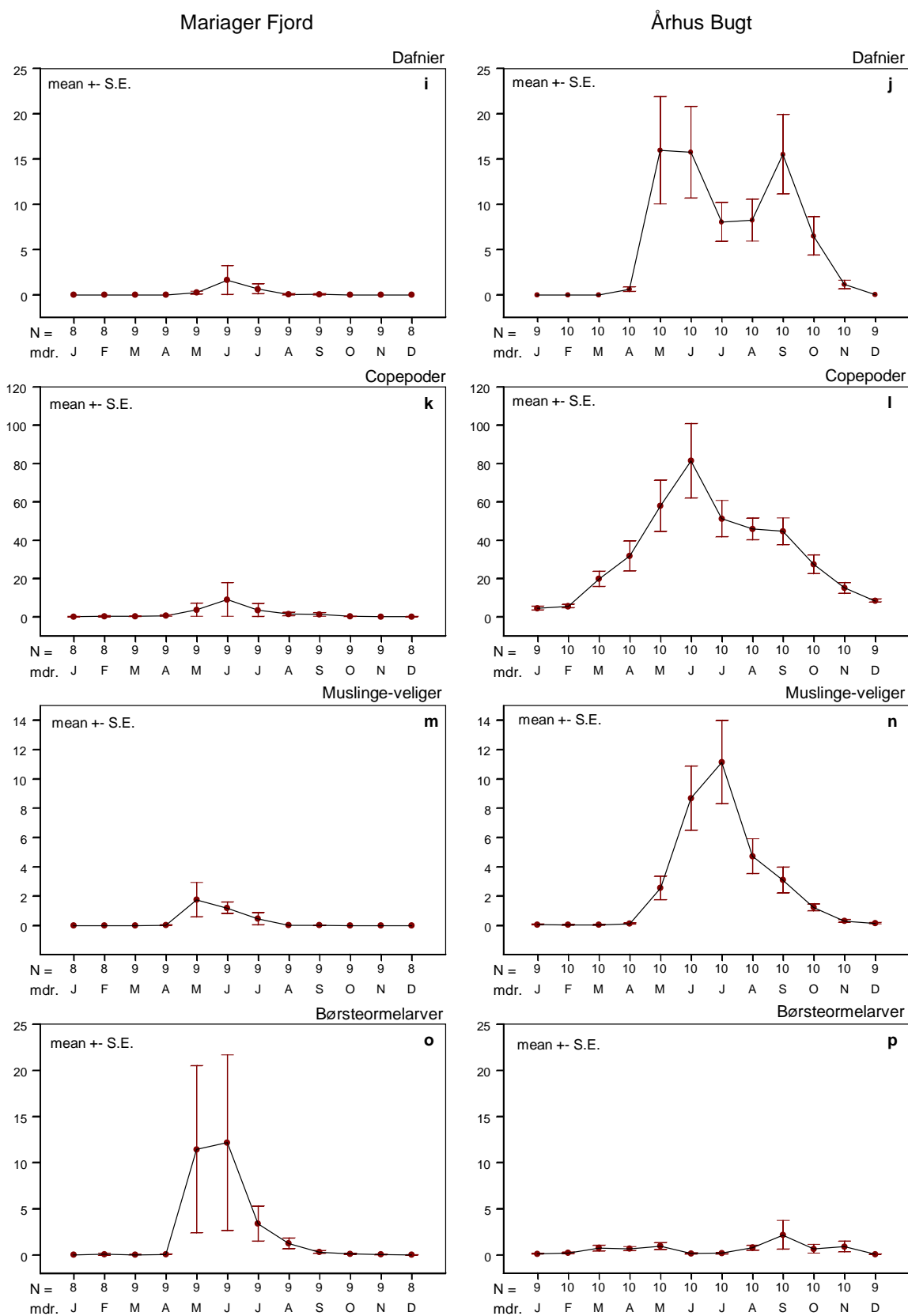
Den sæsonmæssige udvikling i biomassen af mesozooplankton i Mariager Fjord, baseret på langtidsmånedsgennemsnit, viser en kortvarig relativt lille opblomstring i maj-juni. Sammenholdt med Århus Bugt er varigheden af opblomstringen markant forkortet og biomasseniveauerne markant lavere, figur 10a-b. Samme tendens går igen for holoplanktonets vedkommende, figur 10c-d, mens biomasseniveauet af meroplankton i Mariager Fjord er på niveau med, hvad der registreres i Århus Bugt, men opblomstringsperioden er væsentligt kortere i Mariager Fjord end i Århus Bugt, figur 10 e-f.

Den maksimale tidsmæssige forekomst af hjuldyr i Mariager Fjord registreres i maj-juni, mens den registreres i april-maj i Århus Bugt. Biomasseniveauerne i forbindelse med opblomstringerne i Mariager Fjord er ca. dobbelt så høje som i Århus Bugt, figur 10g-h. Den tidsmæssige forekomst og de registrerede biomasseniveauer af marine dafnier og vandlopper er meget forskellige i Mariager Fjord sammenlignet med Århus Bugt. I Mariager Fjord er opblomstringerne meget kortvarige og ligger i juni, mens opblomstringerne i Århus Bugt dækker det meste af sommerperioden maj-september. Endvidere er biomasseniveauerne i Mariager Fjord kun ca. 1/8-1/10 af hvad der registreres i Århus Bugt, figur 10i-l. Børsteormelarverne er de eneste mesozooplanktonorganismer, som registreres med højere biomasseniveauer i Mariager Fjord end i Århus Bugt (ca. 5 gange højere). Som for de andre organisme-grupper vedkommende er den tidsmæssige forekomst i Mariager Fjord markant kortere end registreret i Århus Bugt, figur 10o-p.

Det kan således konkluderes, at den tidsmæssige forekomst af alle grupper af mesozooplankton i Mariager Fjord er markant kortere end registreret i Århus Bugt, og at de registrerede biomasseniveauer for alle grupper, på nær hjuldyr og børsteormelarver, er markant reducerede i Mariager Fjord sammenlignet med Århus Bugt. Specielt den tidsmæssige dynamik viser, at de forskellige mesozooplanktonorganismer ikke er i stand til overleve tilstrækkeligt længe til at opbygge markante biomasser - dette understøttes af, at de mesozooplanktonorganismer, som faktisk registreres med relativt markante biomasser, enten er små hurtigtvoksende organismer (hjuldyr), juvenile stadier af vandlopper (planktoniske/benthiske) eller meroplanktoniske stadier af bunddyr, som ikke er afhængige af moderdyrenes overlevelse i de frie vandmasser i længere tid. Den mest sandsynlige forklaring på den lave overlevelse af "rigtige" planktonorganismer som vandlopper og dafnier er et voldsomt græsningstryk, som nævnt tidligere, sandsynligvis skyldes blåmuslingernes græsning, mens de dårlige iltforhold i bundvandet, som diskuteret tidligere, sandsynligvis er af sekundær betydning.



Figur 10 a-h. Tidsvægtede langtidsmånedsgennemsnit med angivelse af SE for mesozooplanktonet fordelt på forskellige overgrupper for henholdsvis Mariager Fjord (1990 og 1992-1999) og Århus Bugt for perioden 1990-1999



Figur 10 i-p. Tidsvægtede langtidsmånedsgennemsnit med angivelse af SE for mesozooplanktonet fordelt på forskellige overgrupper for henholdsvis Mariager Fjord (1990 og 1992-1999) og Århus Bugt for perioden 1990-1999

4.2.4. Samfundsstruktur

Variationen i artssammensætningen/samfundssammenstrukturen mellem årene på station 3 - Dybet i Mariager Fjord er analyseret vha. MDS på henholdsvis utransformerede og dobbelt kvadratrod transformerede kulstofbiomassedata af de tidsvægtede årsgennemsnit på artsniveau.

Similariteten indenfor hele perioden beregnet på de utransformerede data var lav (26%). Ved analyse af de tilstede/ikke tilstede transformerede data steg similariteten til 35%. Dette indikerer, at forskellene i arternes biomasser kan redegøre for ca. 9% af dissimilariteten, mens forskelle i artssammensætningen alene kan redegøre for 65% af forskellen i datasættet. Det bør bemærkes, at data fra iltsvindsåret 1997 - som var karakteriseret ved meget få arter og lave biomasser - er af stor betydning for den samlede dissimilaritet beregnet for perioden. Hvis året 1997 udelades af analysen ses det, at dissimilariteten indenfor gruppen af de resterende år i højere grad skyldes forskelle i de enkelte arters biomasseniveauer end forskelle i artssammensætningen. Forskellene mellem årene skyldes således relativt små forskydninger i biomasseniveauerne af de tilstedeværende arter, mens et relativt stort antal arter enten optræder eller forsvinder fra år til år.

Analysen af samfundsstrukturen, baseret på de utransformerede data viser, at årene i følge de Cladistiske plot, figur 11, kan grupperes i 5 hovedgrupper:

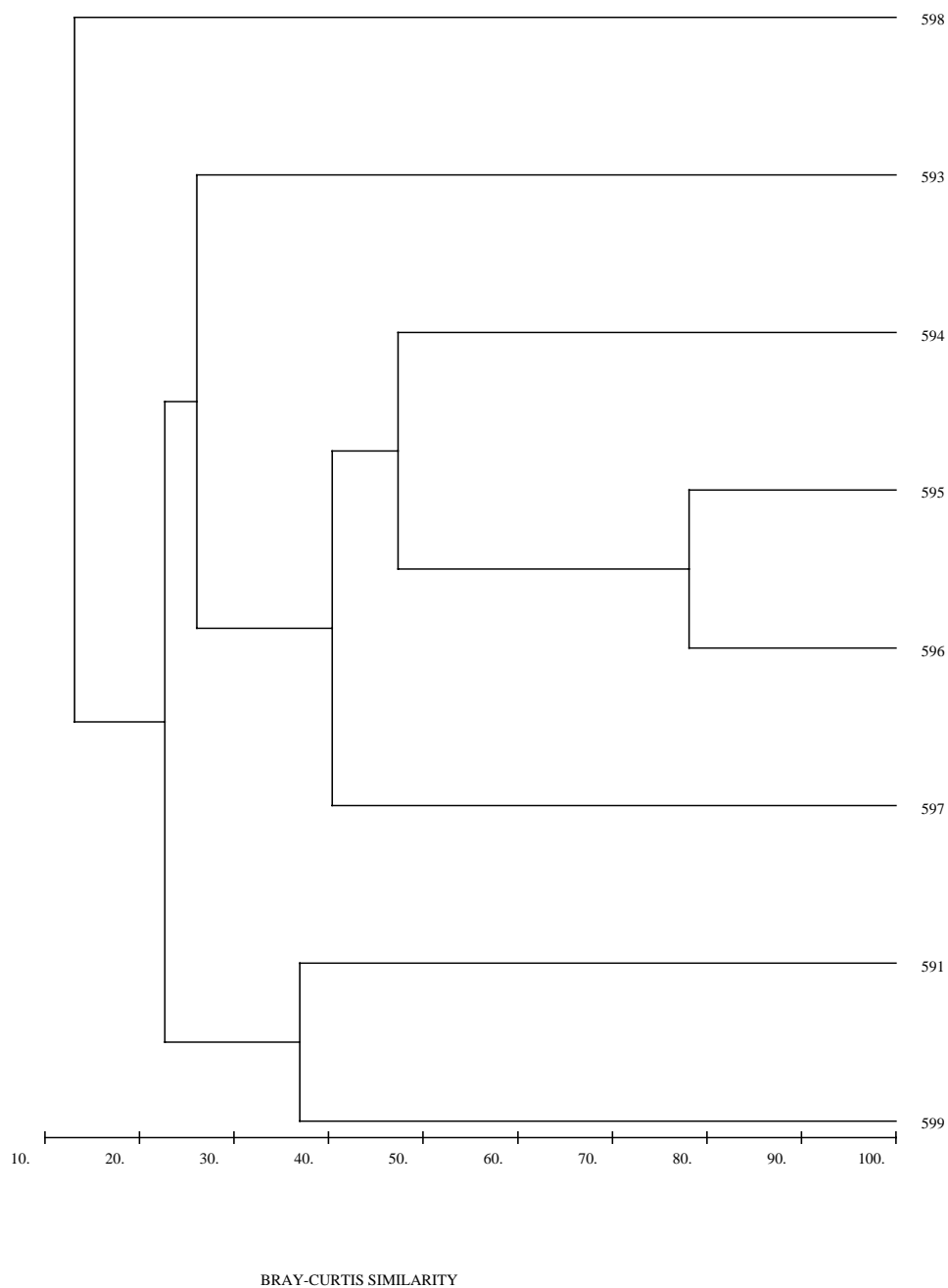
Gruppe 1: 1991 og 1999

Gruppe 2: 1993

Gruppe 3: 1994-1996

Gruppe 4: 1997

Gruppe 5: 1998



Figur 11. Gruppering af forskellige år i løbet af undersøgelsesperioden 1991-1999 baseret på de beregnede similariteter i mesozooplanktonets samfundsstrukturer mellem årene baseret på utransformerede kulstofbiomasser. 5-tallet foran årene er en talkode som viser, at året stammer fra Mariager Fjord. Der kan identificeres 5 grupperinger af år. Gruppe 1: 1991 og 1999, Gruppe 2: 1993, Gruppe 3: 1994-1996, Gruppe 4: 1997 og Gruppe 5: 1998. Bemærk, at Gruppe 5: 1998 er meget forskellig fra de øvrige år (<15% similaritet med resten). Ved omkring 25% similaritet splitter gruppe 1 sig ud fra de resterende år. Herefter splittet gruppe 2 sig ud fra de resterende år. Grupperne 3 og 4 splitter sig ud ved en similaritet på ca. 40%. Årene 1994, 1995 og 1996 er de år, som har mest lighed i samfundsstrukturen med en similaritet på ca. 80%.

Årenes placering i forhold til hinanden viser, at mesozooplanktonets samfundsstruktur svinger mellem en række forskellige "tilstande", som kan identificeres som placeringen af grupper af år i MDS-plottet. Tilstandenes/gruppernes placering i forhold til hinanden indikerer endvidere, at der sker en tidsmæssig udvikling i samfundsstrukturen i perioden 1991-1999, som tilsyneladende går i ring, figur 12. Fra 1991 til 1997 går udviklingen i samfundstrukturen fra relativt høje biomasser med et relativt diverst samfund mod lavere biomasser og en mere forarmet samfundstruktur. Forarmningen i samfundsstrukturen og tendensen til lave biomasser kulminerer i 1997 i forbindelse med det meget markante iltsvind i fjorden. Efter iltsvindet springer samfundstrukturen tilbage mod tilstanden i starten af perioden - dog med den meget væsentlige forskel, at samfundets "artsrigdom" forøges markant pga. forekomst af en lang række holoplanktonarter, som ellers kun sjældent optræder i fjorden, i markante biomasser, men som for øvrigt er almindeligt forekommende i Kattegat. "Kattegattilstanden" varer dog kort. Året efter, i 1999, er samfundsstrukturen stort set tilbage på niveau med 1991.

De forskellige år kan grupperes således:

Gruppe 1 (1991 og 1999) er karakteriseret ved relativt høje biomasser og dominans af børsteormelarver.

Gruppe 2 (1993) er karakteriseret ved meget lavere biomasser end registreret i gruppe 1, men med dominans af muslingeveliger, tabel 9.

Gruppe 3 (1994-1996) er karakteriseret ved et medio biomasseniveau domineret af hjuldyr fra slægten *Synchaeta* og muslingeveliger.

Gruppe 4 (1997) er karakteriseret ved meget lave biomasser domineret af hjuldyr fra slægten *Synchaeta* og eller mangel på en lang række arter, som ellers tidligere er registreret i fjorden. Artssammensætningens store betydning for 1997 samfundsstrukturens status som "out-layer" ses tydeligt i MDS-plottet baseret på de dobbelt kvadratrod transformerende data, hvor året ligger endnu fjernere fra de resterende år end i plottet baseret på de utransformerende data, figur 13.

Gruppe 5 (1998) er karakteriseret ved meget høje biomasser og forekomst af en lang række Kattegatarter, som tidligere enten ikke er registreret i fjorden eller kun i meget lave biomasser på årsplan.

ART	GRUPPE 2 =====		GRUPPE 1 =====		PERCENT	CUM %
	AVE	ABUN	AVE	ABUN		
Spion spp.	.19	2.13	2.13	44.3	44.3	
Polyd spp.	.01	.50	.50	9.8	54.0	
Copep naup	.03	.30	.30	8.3	62.3	
Acart tons	.00	.18	.18	5.8	68.1	
Acart spp.	.00	.17	.17	5.3	73.4	
Fiske spp.	.07	.20	.20	4.3	77.7	
Synch sum	.14	.33	.33	4.3	82.0	
Lamel veli	.20	.09	.09	3.6	85.6	
Cyclo norv	.09	.00	.00	2.2	87.8	
Podon poly	.01	.07	.07	2.0	89.8	

Tabel 9. Forskellen mellem gruppe 1 og 2 med angivelse af de 10 meste betydende arter for forskellen samt den akkumulerede dissimilaritet mellem grupperne.

I løbet af perioden 1991-1999 kan der således registreres følgende skift i samfundsstruktur og biomasseniveauer:

1991-1993: Fald i biomassen, samfundet går fra relativt artsrigt og dominans af børsteormelarver til et meget lavt biomasseniveau domineret af muslingeveliger.

1993-(1994-1996): Stigende biomasser primært pga. forøgede biomasser af hjuldyr. Biomassen af muslingeveliger er i 1994-1996 på samme niveau eller højere end i 1993. Relativ lave biomasser af børsteormelarver.

(1994-1996)-1997: Fald i biomassen, som bliver mere artsfattig og ensidigt domineret af hjuldyr.

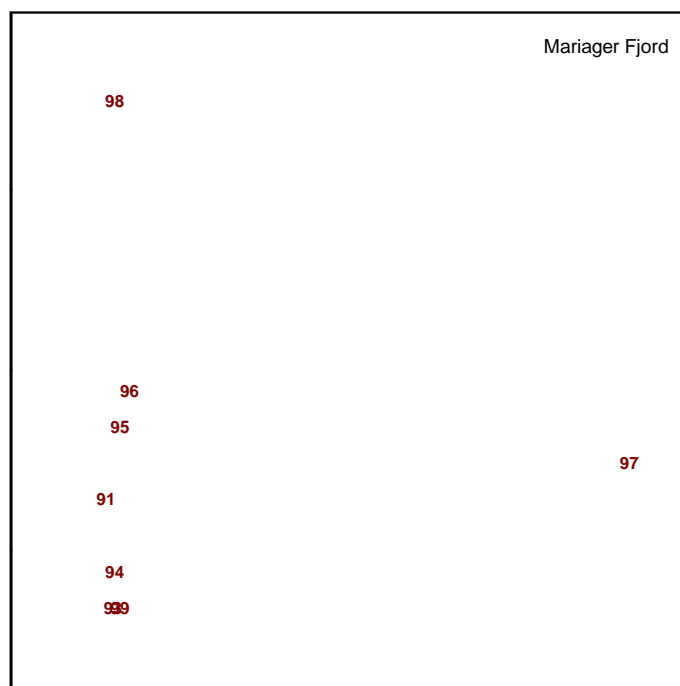
1997-1998: Markant stigende biomasser af mesozooplankton incl. holoplanktonarter, som ikke tidligere er registreret med så høje biomasseniveauer i fjorden, samt en markant forøgelse i artsrigdommen blandt andet af holoplanktoniske "Kattegat"-arter, som ellers ikke tidligere er set i tilsvarende biomasser i fjorden. Biomassen af muslingeveliger samt andre mero-planktoniske larver optræder med de maksimale værdier i hele perioden.

1998-1999: Biomasseniveauet er status quo - mens artsrigdommen falder markant. Stort set alle "Kattegat"-arter er væk igen, og der registreres dominans af børsteormelarver som i 1991. Muslingeveligerne er atter på et meget lavt biomasseniveau.

Tabeller med angivelse af forskellene mellem de definerede grupper og de enkelt arters bidrag til forskellene er vedlagt i bilag 1.



Figur 12. MDS-plot af de forskellige år i perioden 1991-1999 i Mariager Fjord baseret på de beregnede similiteter i mesozooplanktonets samfundsstruktur baseret på utrangerede årsgennemsnit af kulstofbiomasser. Bemærk, hvordan de tidligere identificerede grupperinger fordeler sig i forhold til hinanden i plottet. Året 1991 ligger midt mellem årene 1998 og 1999 i den ene side af plottet, mens de efterfølgende år 1993 - 1997 placeres sig med stigende afstand til 1991. I 1997, iltsvindsåret, registreres den største afstand til 1991. I 1998 registreres en markant out-layer i samme område af plottet som i 1991. Det efterfølgende år, 1999, springer så tilbage i retning af 1991, men passerer dog forbi og placerer sig fjernt fra 1991 modsat 1998.



Figur 13. MDS-plot af placeringen af de forskellige år i perioden 1991-1999 i Mariager Fjord baseret på de beregnede similariteter i mesozooplanktonets samfundsstruktur beregnet på dobbelt kvadratrodt transformerede kulstofbiomasser. Bemærk, året 1997's placering som ekstrem out-layer i forhold til de resterende år, hvilket indikerer, at artssammensætningen i 1997 var meget markant forskellig fra de øvrige år.

4.3. Mesozooplanktonets og mikro- nanozooplanktonets (+ bakterier) rolle i det pelagiske kulstofkredsløbet.

Der er beregnet pelagisk græsning for alle år bortset fra 1992 og 1998 i Mariager Fjord.

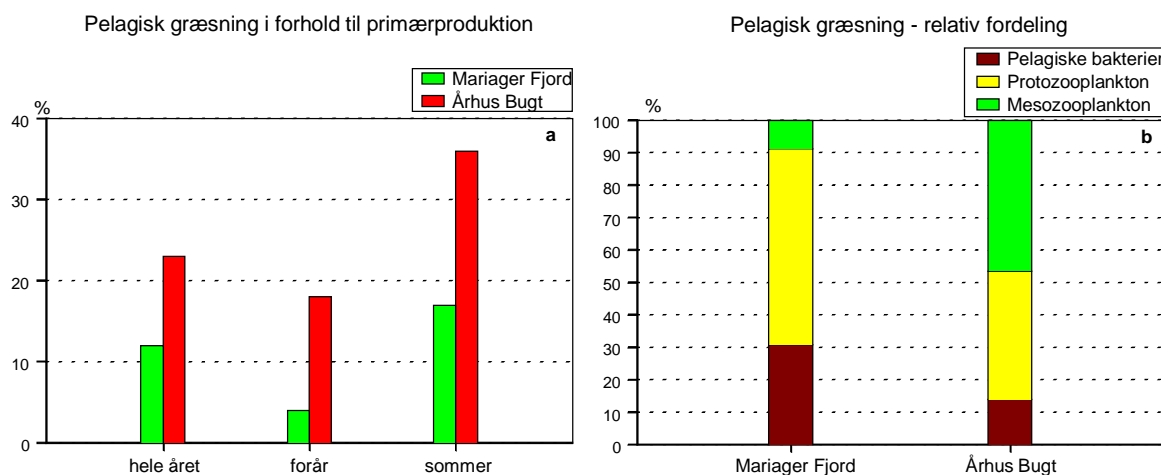
Beregningerne viser, at den pelagiske græsning, med få undtagelser (juni-juli 1991, juli-august 1994 og juli, september-november 1997), kun svarer til en lille andel af den målte primærproduktion. På årsbasis, i forårsperioden og i sommerperioden svarer græsningen typisk til henholdsvis 12%, 4% og 17% af primærproduktionen, tabel 10. Resten af primærproduktionen må således enten blive græsset af filtrerende bunddyr - primært blåmuslinger, eller sedimentere ud og blive omsat i sedimentet - og således bidrage til det iltforbrug i bundvandet, som er en afgørende forudsætning for, at bundvandet på stationen, med ganske få undtagelser, er iltfrit.

St. 5143 "Dybet" 1999	Hele året		1/3 - 30/4		1/5 - 30/9	
Primærproduktion (gC/m ² /d)	2,2		2,2		3,1	
Total græsning (gC/m ² /d)	0.27	(12% af pp)	0.09	(4% af pp)	0.52	(17% af pp)
	%		%		%	
Total græsning (ugC/l/d)	26.5	100	8.9	100	52.3	100
Pelagiske bakterier	8.2	31	2.3	26	15.6	30
H+M nanoflagellater	4.9	18	1.4	16	9.4	18
H-ciliater	5.4	20	2.1	23	10.7	20
Nøgne H-furealger	3.3	12	2.9	32	6.1	12
Thekate H-furealger	2.4	9	0.2	2	5.4	10
Totalt protozooplankton	16.0	60	6.6	74	31.6	60
Hjuldyr	0.0	0	0.0	0	0.0	0
Dafnier	0.3	1	0.0	0	0.6	1
Copepoder	1.8	7	0.0	0	4.0	8
Meroplankton	0.2	1	0.0	0	0.5	1
Totalt mesozoplankton	2.3	9	0.0	0	5.1	10

Tabel 10. Tidsvægtede periodegennemsnit af den beregnede pelagiske græsning i 1999 i Mariager Fjord med angivelse af, hvor stor en del af den pelagiske primærproduktion græsningen svarer til.

Mesozoplanktonets produktion er størst i forårsperioden og sensommerperioden, figur 14a fra 1999. I forårsperioden domineres mesozoplanktonets sekundærproduktion af hjuldyrenes produktion, mens vandlopperne er af størst betydning i resten af sommerperioden.

Sammenlignet med f.eks. Århus Bugt er det beregnede pelagiske græsningstryk i forhold til primærproduktionen i Mariager Fjord markant reduceret, ca. til det halve af det registrerede i Århus Bugt, figur 14a. Der transporteres således en meget mindre relativ andel af primærproduktionen til bundvandet/sedimentet i Århus Bugt end i Mariager Fjord. Den store forskel i det beregnede pelagiske græsningstryk mellem Århus Bugt og Mariager Fjord skyldes primært mesozoplanktonets lave græsningstryk i Mariager Fjord, figur 14b, som igen er forårsaget af de lave biomasseniveauer af mesozoplankton, primært holoplanktoniske vandlopper. Hvis det pelagiske græsningstryk i Mariager Fjord skal forøges, skal det være muligt for vandlopperne at opbygge større biomasser/populationer - hvilket i den nuværende situation ikke er muligt på grund af muslingernes græsning på vandlopperens æg og nauplier. Storgopperne og fiskenes rolle som græssere på mesozoplanktonet i Mariager Fjord er ukendt.

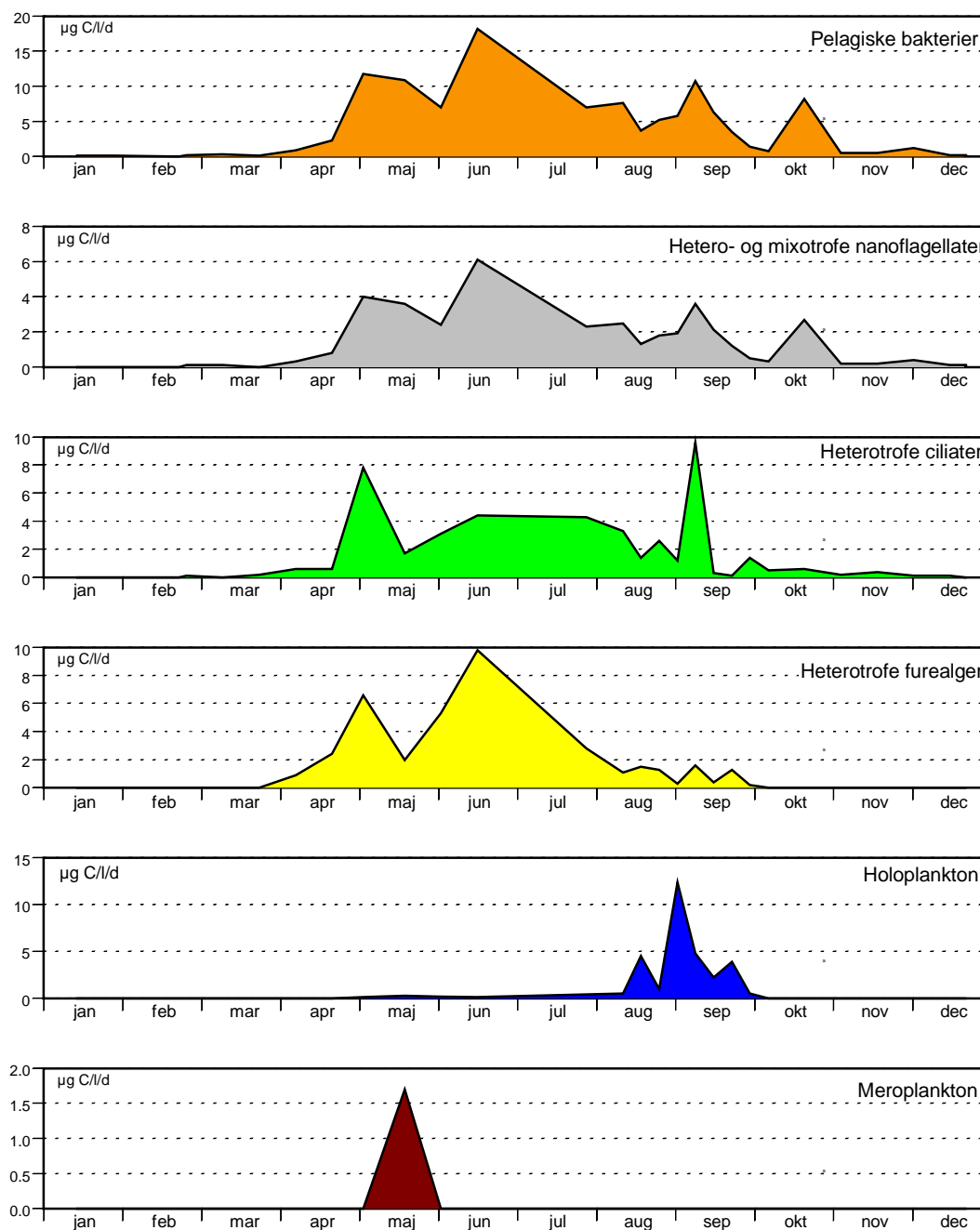


Figur 14a+b. a. Tidsvægtede periodegennemsnit af den totale beregnede pelagiske græsning i 1999 i Mariager Fjord og Århus Bugt. b. Den relative fordeling af den pelagiske græsning på årsbasis fordelt mellem de overordnede heterotrofe planktongrupper i 1999.

4.4. Den pelagiske sekundærproduktion

Den pelagiske sekundærproduktion er af overordnet betydning for produktionen af blandt andet planktivore pelagiske fisk som f.eks. sild, brisling og hundestejle og pelagiske larvestadier af fisk (f.eks. skrubbe, torsk, sild, brisling). Endvidere græsses den pelagiske sekundærproduktion af storgoplerne *Aurelia aurita* (vandmand) og *Cyanea capitellata* (brandmand). Sekundærproduktionen af de forskellige heterotrofe pelagiske organismegrupper kan beregnes ud fra den beregnede græsning ved antagelse af, at 1/3 af fødeoptagelsen anvendes til produktion af biomasse. Fordelingen af den pelagiske sekundærproduktion mellem de forskellige organismegrupper afspejler således fordelingen af græsningen mellem grupperne, figur 15. Den totale sekundærproduktion i Mariager Fjord 1999 kan beregnes til ca. 10 $\mu\text{g C/l/d}$ og domineres af pelagiske bakterier og protozoernes produktion, mens meroplanktonet og holoplanktonet udgør mindre andele. Mesozooplanktonets græsning er på ca. 2,3 $\mu\text{g C/l/d}$, hvilket medfører, at mesozooplanktonets sekundærproduktion er på ca. 1 $\mu\text{g C/l/d}$. Hvis det antages, at hele mesozooplanktonproduktionen græsses af fisk, og at 10-33% af produktionen indbygges i fiskebiomasse, giver det en fiskeproduktion på 0,1-0,3 $\mu\text{g C/l/d}$ af pelagiske fisk og pelagiske fiskelarver. Dette er naturligvis et overestimat, da det er kendt, at der kan optræde store populationer af storgoplen *Aurelia aurita* (Århus Amt & Nordjyllands Amt, pers. komm.), som kræver en p.t. ukendt andel af den tilgængelige produktion.

Mariager Fjord



Figur 15. Den beregnede pelagiske sekundærproduktion af de forskellige overordnede planktongrupper i Mariager Fjord 1999.

5. Sammenfatning/konklusion

1. Mesozooplanktonsamfundet i Mariager Fjord kan karakteriseres som et **artsfattigt** lav-biomasse fjordsamfund - som er domineret af få arter af meroplankton, mens holoplanktoniske arter, som dominerer biomasserne på andre udvalgte lokaliteter, udgør en mindre andel af biomassen eller mangler helt. Samfundet i Mariager Fjord har langt større lighed med samfundet i Flensborg Fjord, som vender mod Kattegat/Østersøen, end med den mere ferskvandspåvirkede Ringkjøbing Fjord, som vender mod Nordsøen. Sammenholdt med samfundene i Limfjorden og Århus Bugt er samfundet i Mariager Fjord meget artsfattigt - der mangler en række marine holoplanktonarter i Mariager Fjord, som ellers er af stor kvantitativ betydning i Limfjorden og Århus Bugt. Meroplanktonets relativt store andel af mesozooplanktonbiomassen i Mariager Fjord skyldes en kombination af, at holoplanktonet er så dårligt udviklet og det forhold, at fjorden er relativt lavvandet, at vandvolumet er relativt lille, og at vandskiftet med Kattegat er ringe, hvilket medfører stor potentiel tilførsel af meroplankton til fjorden fra fjordens egne bunddyrpopulationer. Det er karakteristisk, at de eneste holoplanktoniske arter, som klarer sig godt i Mariager Fjord er små hurtigtvoksende hjuldyr, mens langsomtvoksende holoplanktoniske arter af f.eks. vandlopper og dafnier kun registreres med få arter og lave biomasser, trods rigelig tilgængelighed af potentiel føde i form af auto- og mixtrofe biomasser samt heterotrofe ciliater og furealger.
2. Mesozooplanktonets samfundsstruktur og biomasseniveau er tilsyneladende ikke direkte kontrolleret af fødetilgængeligheden eller fjordens belastning med N og P.
3. Benthisk græsning samt muligvis græsning fra gopler og fisk må antages at være af afgørende betydning for udviklingen af mesozooplanktonsamfundet i Mariager Fjord. Ændringerne i mesozooplanktonets kvantitative og kvalitative forekomst i 1998 skyldes således med stor sandsynlighed et lavt benthisk græsningstryk på de pelagiske biomasser på grund af sammenbruddet i blåmuslingebestanden i forbindelse med iltsvindet i 1997. Det kan dog ikke udelukkes, at et sammenbrud i *Aurelia aurita*'s fastsiddende stadier, med en deraf følgende reduktion i bestanden af det planktoniske gople-stadie, ikke også har spillet en rolle. Det er værd at bemærke, at reduktionen i blåmuslingebestanden og i bestanden af *Aurelia aurita* **begge** vil medføre en reduktion i græsningstrykket på mesozooplanktonbiomasserne i Mariager Fjord.
4. Der blev ikke registreret signifikante langtidstendenser i biomasseudviklingen af meso- og mikrozooplanktonet på station 3 - Dybet i Mariager Fjord, hverken på overordnet taksonomisk niveau (mesozoo-/holo-/meroplankton), på klasse eller slægtsniveau af de udvalgte arter i perioden 1991-1999. Derimod registreres der markante forskelle mellem årene. Langtidsudviklingen i biomasseniveauet af mesozooplanktonet i Mariager Fjord følger således ikke udviklingsmønstrene registreret for de andre områder. Mariager Fjord er således ikke kun meget forskellig i samfundsstruktur og biomasseniveauer i forhold til de andre fjorde - også den tidsmæssige udvikling er markant anderledes end i de andre fjorde - dette peger alt sammen i den retning, at Mariager Fjord er enestående mht. mesozooplankton i forhold til de andre lokaliteter, som er taget med i denne sammenligning, og at mesozooplanktonet i Mariager Fjord kontrolleres af andre faktorer end de andre områder.

5. Mesozooplanktonets samfundsstruktur i Mariager Fjord svinger mellem en række forskellige "tilstande". Tilstanden/gruppernes placering i forhold til hinanden indikerer endvidere, at der sker en tidsmæssig udvikling i samfundsstrukturen i perioden 1991-1999, som tilsyneladende går i ring. Fra 1991 til 1997 går udviklingen i samfundstrukturen fra relativt høje biomasser med et relativt diverst samfund mod lavere biomasser og en mere forarmet samfundstruktur. Forarmningen i samfundsstrukturen og tendensen til lave biomasser kulminerer i 1997 i forbindelse med det meget markant iltsvind i fjorden. Efter iltsvindet springer samfundstrukturen tilbage mod tilstanden i starten af perioden - dog med den meget væsentlige forskel, at samfundets "artsrigdom" forøges markant pga. forekomst af en lang række holoplanktonarter, som ellers kun sjældent optræder i fjorden i markante biomasser, men som for øvrigt er almindeligt forekommende i Kattegat. "Kattegattilstanden" varer dog kort. Året efter, i 1999, er samfundsstrukturen stort set tilbage på niveau med 1991.
6. Den tidsmæssige forekomst på årsplan af alle grupper af mesozooplankton i Mariager Fjord er markant kortere end registreret i Århus Bugt, og de registrerede biomasseniveauer for alle grupper, på nær hjuldyr og børsteormelarver, er markant reducerede i Mariager Fjord sammenlignet med Århus Bugt. Dette viser, at de forskellige mesozooplanktonorganismer ikke er i stand til overleve tilstrækkeligt længe til at opbygge markante biomasser - dette understøttes af, at de mesozooplanktonorganismer, som faktisk registreres med relativt markante biomasser, enten er små hurtigtvoksende organismer (hjuldyr), juvenile stadier af vandlopper (planktoniske/benthiske) eller meroplanktoniske stadier af bunddyr, som ikke er afhængige af moderdyrenes overlevelse i de frie vandmasser i længere tid. Den mest sandsynlige forklaring på den lave overlevelse af "rigtige" planktonorganismer som vandlopper og dafnier er et voldsomt græsningstryk, som nævnt tidligere, sandsynligvis skyldes blåmuslingernes græsning, mens de dårlige iltforhold i bundvandet, som diskuteret tidligere, sandsynligvis er af sekundær betydning.
7. De primære årsager til Mariager Fjords forskellighed i forhold til andre lokaliteter er sandsynligvis, at Mariager Fjord er isoleret på grund af det ringe vandskifte med Kattegat og det forhold, at blåmuslingerne, bortset fra sidste halvdel af 1997 og 1998, optræder i meget høj abundans i Mariager Fjord. Det naturlige eksperiment, som "blev udført" i forbindelse med iltsvindet i 1997, viste, at mesozooplanktonet i det efterfølgende år 1998 - hvor blåmuslingerne var "fjernet" fra fjorden, responderede med markant stigende biomasser og forekomst af en række arter, som ellers ikke registreres eller kun registreres med meget lave biomasser i fjorden. Denne observation samt det forhold, at biomasseniveau og samfundsstruktur vendte tilbage til den tidligere situation igen i det efterfølgende år 1999, hvor der atter var blåmuslinger i fjorden giver en klar indikation på at muslingernes græsning på mesozooplanktonet er af afgørende betydning for mesozooplanktonets artssammensætning og kvantitative forekomst i Mariager Fjord. Iltsvind som regulerende faktor på biomasseniveauer og samfundsstruktur af mesozooplankton i Mariager Fjord ser ud til at være af sekundær betydning i forhold til græsning, da mesozooplanktonets udvikling i 1998 fandt sted i forbindelse med, for Mariager Fjord, helt normale dårlige iltforhold i bundvandet i den centrale del af fjorden.

8. Den pelagiske græsning svarer kun til en lille andel af den målte primærproduktion. På årsbasis, i forårsperioden og i sommerperioden svarer græsningen typisk til henholdsvis 12%, 4% og 17% af primærproduktionen. Resten af primærproduktionen må således enten blive græsset af filtrerende bunddyr, primært blåmuslinger, eller sedimentere ud og blive omsat i sedimentet - og således bidrage til det iltforbrug i bundvandet, som er en afgørende forudsætning for, at bundvandet på stationen, med ganske få undtagelser, er iltfrit.
9. Der registreres en markant forskel i det beregnede pelagiske græsningstryk mellem Århus Bugt og Mariager Fjord. Denne forskel skyldes primært mesozooplanktonets lave græsningstryk i Mariager Fjord, som igen er forårsaget af de lave biomasseniveauer af mesozooplankton, primært holoplanktoniske vandlopper. Hvis det pelagiske græsningstryk i Mariager Fjord skal forøges, skal det være muligt for vandlopperne at opbygge større biomasser/populationer - hvilket i den nuværende situation ikke er muligt på grund af muslingernes græsning på vandloppernes æg og nauplier, mens storgopperne og fiskenes kvantitative rolle som græssere på mesozooplanktonet i Mariager Fjord er ukendt.
10. Den totale pelagiske sekundærproduktion i Mariager Fjord i 1999 kan beregnes til ca. 10 $\mu\text{g C/l/d}$ og domineres af pelagiske bakterier og protozoernes produktion, mens meroplanktonet og holoplanktonet udgør mindre andele. Mesozooplanktonets græsning er på ca. 2,3 $\mu\text{g C/l/d}$, hvilket medfører, at mesozooplanktonets sekundærproduktion er på ca. 1 $\mu\text{g C/l/d}$. Hvis det antages, at hele mesozooplanktonproduktionen græsses af fisk og indbygges i fiskebiomasse, giver det en fiskeproduktion på 0,1-0,3 $\mu\text{g C/l/d}$ af pelagiske fisk incl. fiskelarver. Dette er naturligvis et overestimat, da det er kendt, at der kan optræde store populationer af storgoplen *Aurelia aurita*, som kræver en p.t. ukendt andel af den tilgængelige produktion.

11. Hvis mesozooplanktonets kvalitative og kvantitative sammensætning i fjorden skal ændres, så der kan opnås:

- en bedre pelagisk græsningskontrol af de auto- og mixotrofe biomasser
- et bedre fødegrundlag for pelagiske fiskelarver og fisk

er det primært nødvendigt, at græsningstrykket på mesozooplanktonet reduceres. Dette kan ske ved at begrænse bestanden af blåmuslinger og muligvis også af pelagiske græssere som gopler.

Bestanden af blåmuslinger kan begrænses midlertidigt ved opfiskning af muslinger. For at dette indgreb kan få effekt i længere tid (måneder/år) skal opfiskningen følges op af andre tiltag, som mindsker blåmuslingernes mulighed for succesfuld rekruttering/gen-etablering. Af naturlige faktorer, som kan holde blåmuslingepopulationen nede, kan nævnes predation på de tidlige livsstadier, primært de ny-settlede muslinger, som kan græsses af fisk (f.eks. skrubbe og torsk) samt krabber. Endvidere vil en forøgelse af dækningsgraden og dybdeudbredelsen af makroalger og ålegræs kunne være med til at begrænse områder med egnet substrat for blåmuslinger.

En forøgelse af fiskenes græsningstryk på blåmuslingerne kan sandsynligvis tilvejebringes ved massiv udsætning af f.eks. skrubber i Mariager Fjord.

En forøgelse af dækningsgraden og dybdeudbredelsen af makroalger og ålegræs kan sandsynligvis kun tilvejebringes ved at nedsætte fjordens eksterne belastning med uorganiske næringsstoffer, så produktionen af planteplankton reduceres, hvilket medfører større gennemsigtighed af vandet, så undervandsvegetationen får bedre produktionsforhold og kan forekomme på større dybder end i dag.

En kombination af disse tiltag vil sandsynligvis gøre det muligt at få etableret en mere mangfoldig biologisk struktur i Mariager Fjord.

6. Referencer

Århus Amt & Nordjyllands Amt 1999. Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 1998. NOVA rapportering 1998

Bilag

Bilag 1

Forudsætninger anvendt ved beregning af pelagisk græsning.

Definition af fødegrupper	Definition af græssergrupper
1 : 0 - 2,0 µm	A: Hetero- og mixotrofe nanoflagellater
2 : 2,1 - 5,0 µm	B: Heterotrofe ciliater
3 : 5,1 - 10,0 µm	C: Heterotrofe rovciliater
4 : 10,1 - 20 µm	D: Scuticociliater
5 : 20,1 - 30 µm	E: Nøgne heterotrofe furealger (- <i>Gyrodinium spirale</i>)
6 : 30,1 - 40 µm	F: <i>Gyrodinium spirale</i>
7 : 40,1 - 50 µm	G: Thekate heterotrofe furealger
10 : kiselalger(-skel cos og nitz-slægten)	H: Copepoder
11 : <i>Skeletonema costatum</i>	I: <i>Centropages</i> -slægten
12 : <i>Nitzschia</i> -slægten	J: Dafnier
13 : <i>Ceratium</i> -slægten	K: Muslingeveliger
	L: Andet meroplankton

Tabel A. Definition af føde- og græssergrupper anvendt i GRAZSYS.

Græssergruppe	Fødegruppe
A: Hetero- og mixotrofe nanoflagellater	1
B: Heterotrofe ciliater	2 + 3
C: Heterotrofe rovciliater	5 + 6 + 7
D: Scuticociliater	1 + 2
E: Nøgne heterotrofe furealger (excl. <i>Gyrodinium spirale</i>)	2 + 3
F: <i>Gyrodinium spirale</i>	2 + 3 + 4 + 11
G: Thekate heterotrofe furealger	10 + 11 + 12
H: Copepoder (excl. <i>Centropages</i> -slægten)	2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 10 + 11 + 12
I: <i>Centropages</i> -slægten	2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 10 + 11 + 12 + 13
J: Dafnier	3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 10 + 11 + 12 + 13
K: Hjuldyr	2 + 3
L: Muslingeveliger	2 + 3
M: Andet meroplankton	2 + 3

Tabel B. Kobling mellem græsser- og fødegrupper anvendt i GRAZSYS.

Kulstofspecifikke clearancefaktorer

Kulstofspecifikke clearancefaktorer	HMnf	Cili-ater	Nøgne furealger	Thekate furealger	Muslinge-veliger	Andet meroplankton + hjuldyr
Temp. 0-5 = 5	0,011	0,011	0,003	0,003	0,006	0,003
Temp. 6-10 = 10	0,016	0,016	0,004	0,004	0,008	0,004
Temp. 11-15 = 15	0,022	0,022	0,005	0,005	0,011	0,005
Temp. 16- = 20	0,032	0,032	0,008	0,008	0,016	0,008

Tabel C. Kulstofspecifikke clearancefaktorer til anvendelse ved beregning af populationsfiltrationsrater.

Organismegruppe	Imax/B
H-M nanoflagellater	10
Nøgne H-furealger (-Gyrodinium spirale)	2.2
<i>Gyrodinium spirale</i> -gruppen	1.6
<i>Noctiluca scintillans</i>	1.0
Thekate H-furealger	1.8
Oligotriche ciliater	4.0
Rovciliater	3.0
Scuticociliater	4.0
Hjuldyr	2.2
Dafnier	2.3
Copepoder	2.3
Muslinge-veliger	0.6
Andet meroplankton	0.2

Tabel D. Anvendte maksimale kulstofspecifikke ingestionsrater (Imax/B) ved beregning af ingestionsrater.