

## 12.3 MDS analyse af fytoplanktonsamfund i Limfjorden 1985-2004

### 12.3.1 Sammenfatning

Analysen af planktonsamfundene i perioden 1985-2004 viser, at stationspecifikke fytoplanktonsamfund kan identificeres på stationerne i Skive Fjord og i Nissum Bredning – mens fytoplanktonsamfundet i Løgstør Bredning indtager en mellem position.

På de enkelte stationer registreres en markant variation i fytoplanktonsamfundene mellem årene. Variationen er mindst, når der analyseres på dobbeltkvadratrod transformerede data (basis-fytoplanktonsamfundene). Dette afspejler, at det stort set er de samme arter, som forekommer år efter år på stationerne, og at variationen bestemmes af de biomasseniveauer, de enkelte arter opnår i de enkelte år.

Den større variation mellem årene på de enkelte stationer som registreres, når der analyseres på de utransformerede data (bloom-fytoplanktonsamfund) afspejler, at det er en, eller ganske få arter som optræder med høje biomasser i de enkelte år. Endvidere kan det være forskellige arter som laver opblomstringerne i de forskellige år, og arterne opnår forskellige biomasseniveauer i de forskellige år.

På de tre stationer i henholdsvis Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Skive Fjord kunne der redegøres for 90% af similariteten ud fra henholdsvis 20, 14 og 10 arters kvantitative forekomst.

Ved analyse af basissamfundene ses en parallel tidsmæssig udvikling på de tre stationer i MDS plottet.

For både bloom- og basissamfundenes vedkommende blev det i en række tilfælde registreret at samfundene, i en række på hinanden følgende år på samme station, placerede sig i nærheden af hinanden. Dette indikerer, at fytoplanktonsamfundene i disse år udviklede sig gradvist – fra år til år, baseret på hvad der var tilstede året før.

Både for basissamfundet og bloomsamfundets vedkommende er det muligt at kvantificere i hvor høj grad samfundene i enkelte år ligner samfundene i de øvrige år. Det er muligt at få kvantificeret ligheden/forskellen og få sat navn på de arter, som er af betydning for ligheder og forskelle mellem årene. Analysen gør det således muligt at udtale sig kvantitativt om, i hvor høj grad et fytoplanktonsamfund er "som det plejer", eller om det er anderledes og hvori forskellen består.

### 12.3.2 Introduktion

For at udnytte dele af den viden der gemmer sig i arts- og biomasseoplysninger om planteplanktonet fra Limfjorden indsamlet siden 1985 præsenteres her udpluk af resultater fra MDS analyser udført af Bio/consult as i 2005. Den samlede rapport "Analyse af "fyto"planktonsamfund i Limfjorden 1985-2004" med alle analyseresultater og bilag findes på [www.limfjord.dk](http://www.limfjord.dk).

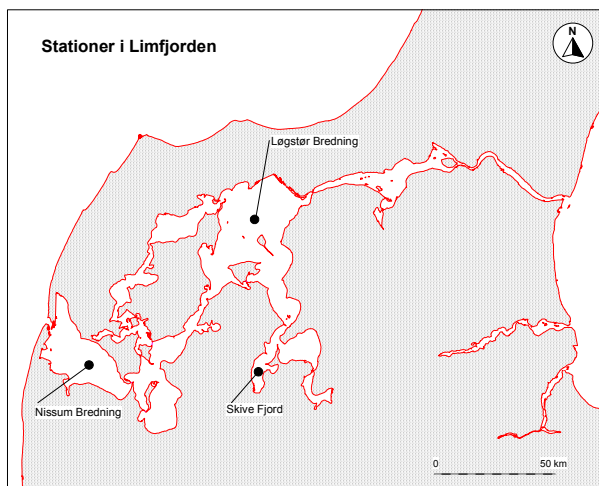
I denne rapport anvendes årsgennemsnit af kulstofbiomassen på artsniveau ved MDS analyse, beregning af similaritet og dissimilaritet af fytoplanktonsamfundene på tre sta-

tioner fra Limfjorden: Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Skive Fjord. Ved at anvende årsmidler reduceres datamængden som skal analyseres betydeligt, og samfundene i forskellige år på den samme station eller på forskellige stationer kan umiddelbart analyseres mod hinanden.

Hypotese: Der eksisterer kvalitativt og kvantitativt forskellige fytoplanktonsamfund på de tre stationer i Limfjorden. Påvirkningen fra Nordsøen aftager ind gennem Limfjorden. På de enkelte stationer varierer fytoplanktonsamfundene mellem årene. Variationen skyldes en kombination af forskelle i påvirkningen fra Nordsøen, cirkulationen i Limfjorden og miljøforholdene i Limfjorden

### 12.3.3 Metoder

Analysen er baseret på auto- og mixotroft plankton samt heterotrofe furealger fra stationerne i Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Skive Fjord (fig. 1) i perioden 1985 - 2004. Den totale fytoplanktonliste indeholder 107 arter og artsgrupper (bilag 1). På baggrund af denne artsliste beregnes de tidsvægtede årsgennemsnit af kulstofbiomassen på artsniveau for hvert år i perioden 1985-2004. Disse data er vedlagt som bilag 2.



Figur 1. Limfjorden med angivelse af stationerne i Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Skive Fjord.

### Den statistiske analyse

Analysen af ligheder og forskelle i undersøgelsesperioden 1985-2004 er baseret på beregnede Bray-Curtis similariteter mellem de forskellige år på stationerne. De beregnede similariteter mellem årenes biomasser er udtryk for lighederne indenfor fytoplanktonsamfundene enten mellem årene på den enkelte station eller mellem stationerne. De beregnede dissimilariteter er et udtryk for forskellene mellem årenes biomasser.

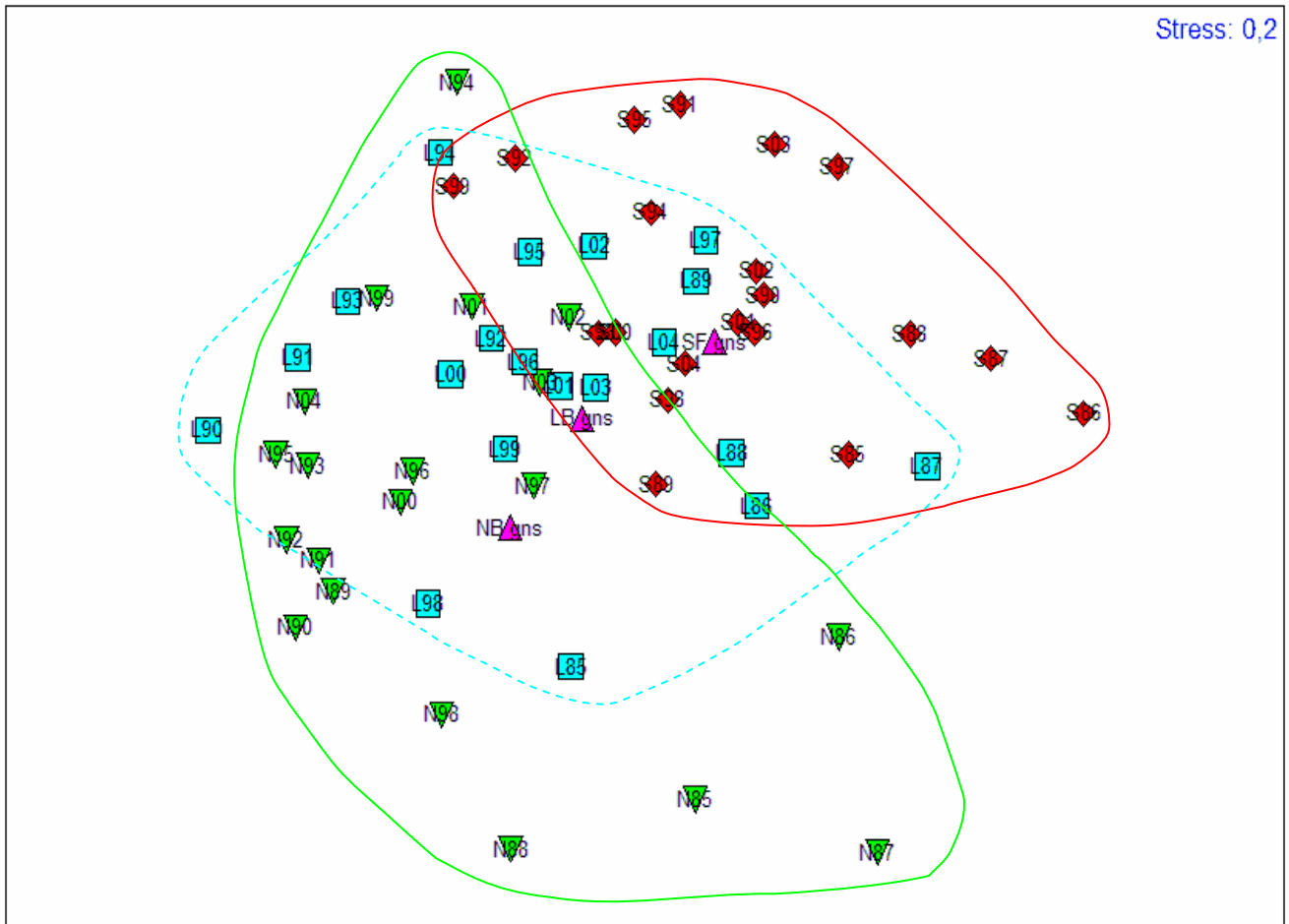
MDS præsentationen er baseret på de beregnede similariteter og anvendes ved analysen af de overordnede geografiske forskelle og ligheder mellem fytoplanktonsamfundene på de tre stationer. Analyserne foretages på **utransformerede** data og suppleres med analyse på **rod-rod transformerede** data. Ved anvendelse af ikke transformerede data (bloomsamfundet) får biomasserne fuld vægt i analysen, mens biomassernes betydning reduceres væsentligt ved analyse på de dobbelt kvadratrodstransformerede data (basisamfundet), så artens tilstedeværelse eller manglende tilstedeværelse får større betyd-

ning. For yderligere beskrivelse af metoden henvises til Limfjordsovervågningen 2002 samt Clarke & Warwick (1994)

### 12.3.4 Resultater og diskussion

#### Forskelle og ligheder mellem stationerne

Analysen af de utransformerede data, bloomsamfundet, viser at Nissum Bredning og Skive Fjord grupperer sig i 2 markante og klart adskilte grupper, mens Løgstør Bredning grupperer sig mellem de to andre grupper med overlap til begge sider. Dette indikerer, at samfundet i Løgstør Bredning i nogle år har stor lighed med de samfund der kan registreres i Nissum Bredning, mens samfundene i andre år har stor lighed med de samfund der kan registreres i Skive fjord, figur 2.



Figur 2. MDS plot af årsgennemsnittene af bloomsamfund (de ikke transformerede biomasse-data) ( $\mu\text{gC/l}$ ), som viser grupperingerne af station/år for de 3 Limfjordsstationer for perioden 1985-2004 samt langtidsmidlen (gns) for perioden 1985-2004. % Gns = årsgennemsnit, & N = Nissum Bredning; ! L = Løgstør Bredning & & S = Skive Fjord.

Fytoplanktonsamfundene på de enkelte stationer udviser en stor variation i perioden 1985-2004. Dette ses umiddelbart i MDS plottet, figur 2 og afspejler sig også i de gene-

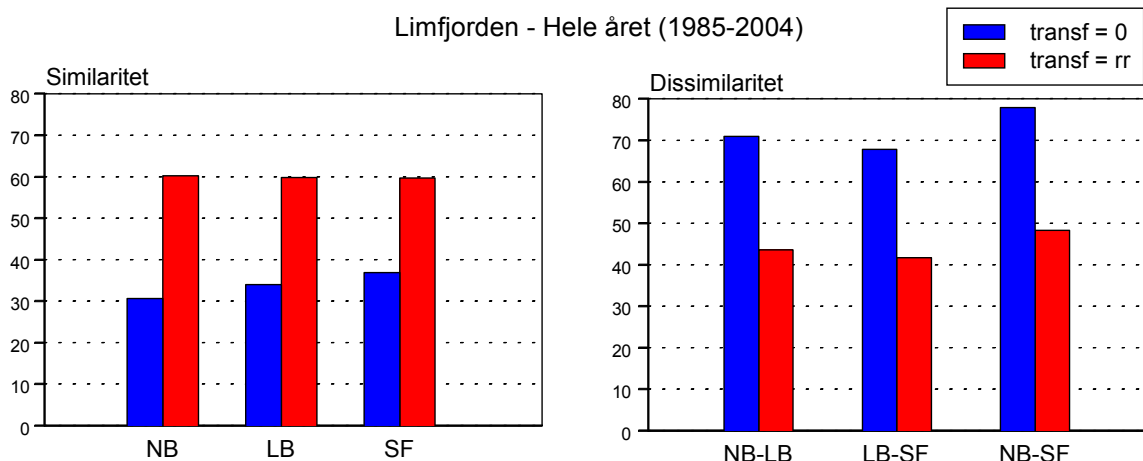
relt lave similariteter indenfor hver station som kan beregnes på bloomsamfundets data, figur 3 og bilag 3.

Variationen i samfundsstrukturen er størst i Nissum Bredning længst mod vest med en similaritet på kun 31 % og mindst i Skive Fjord inderst i Limfjorden, hvor similariteten er 37%. For stationen i Løgstør Brednings registreres en intermediær similaritet på 34%.

Tendensen til større variation i Nissum Bredning i forhold til samfundene i Skive Fjord og Løgstør Bredning afspejler den store påvirkning fra Nordsøen i den vestlige del af Limfjorden, som er tæt forbundet med Nordsøen via kanalen ved Thyborøn. På grund af den generelle transport af vand fra vest mod øst i Limfjorden tilføres Nissum Bredning store mængder vand fra Nordsøen. Denne tilførsel betyder både en markant introduktion af Nordsøarter til Nissum Bredning og en forhøjet saltholdighed i forhold til de indre del af Limfjorden. Nordsø-indflydelsen er således tydeligst i Nissum Bredning og aftager ind gennem Limfjorden mod Skive Fjord over Løgstør Bredning.

Nordsø-gradienten ind gennem Limfjorden fra Nissum Bredning mod Skive Fjord afspejles også i at dissimilariteten, dvs. forskellene mellem samfundene i Nissum Bredning og Skive Fjord er højere end forskellene mellem henholdsvis Nissum Bredning/Løgstør Bredning og Løgstør Bredning/Skive Fjord, figur 3.

Når analysen udføres på dobbelte kvadratrod transformerende data (basissamfund) stiger similariteten indenfor de enkelte stationer markant i forhold til analyser på de utransformerende data (bloomsamfund). Det indikerer, at en stor del af variationen skyldes forskelle i biomasseniveauerne af de dominerende arter på stationerne. En mindre del af variationen skyldes markante ændringer i artssammensætningerne i basissamfundene på stationerne i perioden 1985-2004.



Figur 3. Similariteter og dissimilariteter beregnet på henholdsvis bloomsamfund (utransformerende data) og basissamfund (dobbelte kvadratrodtransformerede data) fra de 3 stationer i Limfjorden. NB = Nissum Bredning; LB = Løgstør Bredning & SF = Skive Fjord.

### Arter som bidrager til similariteten på stationerne

For bloomsamfundets vedkommende kan der redegøres for 90% af similariteten på de enkelte stationer ud fra 20, 14 og 10 arters kvantitative forekomst i henholdsvis Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Skive Fjord. Antallet af arter som skal til for at dække 90% af similariteten er således faldende ind gennem fjorden, fig. 4, bilag 4. Dette afspejler at fytoplanktonsamfundet i Nissum Bredning er mere divers end samfundene i Løgstør Bredning og Skive Fjord.

Arter som optræder sporadisk eller i masseforekomst i nogle år men som ikke registreres i andre år, vil ikke bidrage til fytoplanktonsamfundens similaritet.

Fytoplanktonsamfundene på de tre stationer i Limfjorden kan karakteriseres ud fra en samlet artsliste på 22 arter. En række af arterne/artsgrupperne er af stor betydning for similariteten på alle tre stationer, figur 4. Dette gælder "Rest-gruppen", som primært består af ubestemte nøgne og thekate furealger, kiselalgen *Skeletonema costatum*, den autotrofe ciliat *Mesodinium rubrum*, gruppen af ubestemte auto- og mixotrofe nanoflagellater, kiselalger fra gruppen *Chaetoceros*-resterende arter og Cryptophyceer spp. I forhold til de andre arter på listen kan disse karakteriseres som "generalister". De kan således lave opblomstringer på alle tre stationer i Limfjorden. Andre arter er mere specialiserede, og laver kun opblomstringer på en eller to af stationerne. På stationen i Nissum Bredning blev der således registreret 7 arter, som kun var af betydning for similariteten på denne station, mens de tilsvarende artsantal var 1 og 2 på stationerne henholdsvis i Løgstør Bredning og Skive Fjord.

På stationen i Nissum Bredning bidrager "Vesterhavsarterne" *Noctiluca scintillans*, *Rhizosolenia imbricata* var. *schrubsolei*, *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia setigera*, *Rhizosolenia delicatula*, og *Ceratium furca* således markant til similariteten. "Fjordarterne" *Ditylum brightwellii*, *Prorocentrum minimum* er derimod kun af betydning for similariteten på stationen i Skive Fjord, mens arten *Gymnodinium sanguineum* er af betydning på både stationen i Løgstør Bredning og Skive Fjord.

For en række af arternes vedkommende, f.eks. *Skeletonema costatum*, *Mesodinium rubrum*, *Pseudo-nitzschia* slægten, *Ditylum brightwellii* og *Prorocentrum minimum* ses en umiddelbar tendens til, at de optræder med stigende biomasseniveauer ind gennem Limfjorden, figur 5. Disse "fjord"arter kan opfattes som indikatorarter for fjordsituationen som er mest udtalt i Skive Fjord. Tilsvarende er der en række arter, f.eks. *Noctiluca scintillans*, *Leptocylindrus danicus*, *Odontella aurita*, *Ceratium furca* som optræder med de højeste biomasseniveauer i Nissum Bredning, figur 5 og bilag 5. Disse arter kan opfattes som indikatorarter for Nordsøpåvirkning.

## Limfjorden 1985-2005 Bloomsamfund

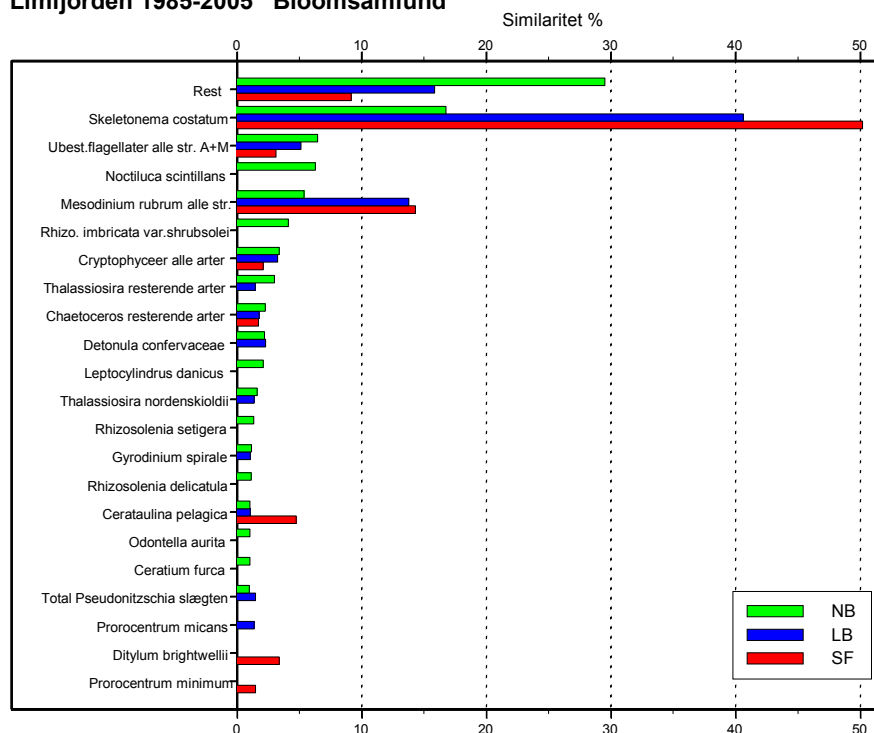
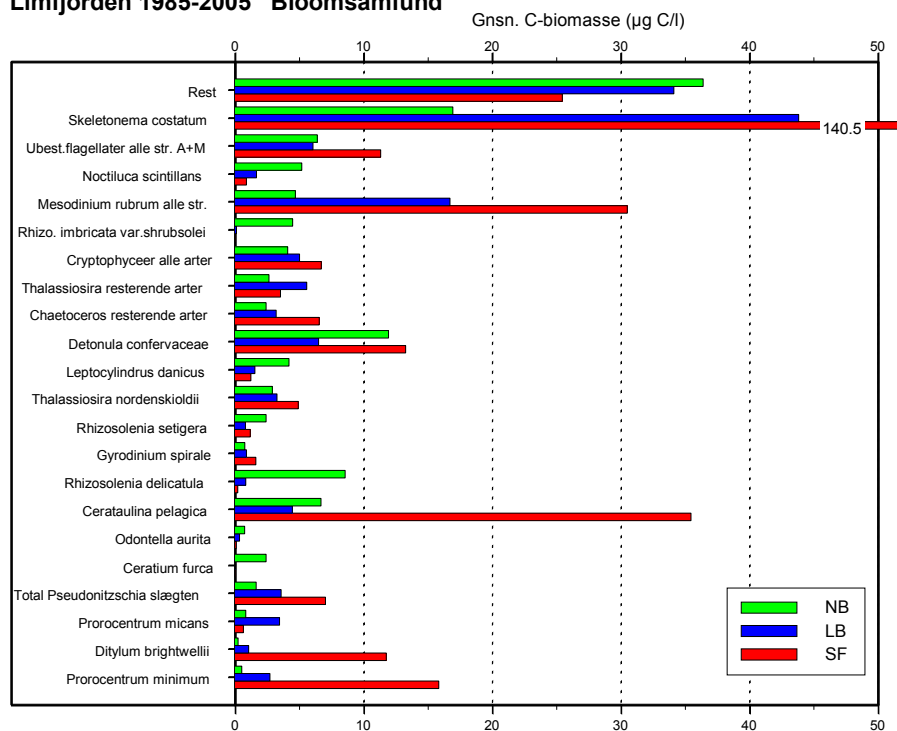


Fig. 4: Arter med angivelse af deres bidrag (%) til similariteten i bloomsamfund indenfor de forskellige stationer i Limfjorden, som tilsammen er ansvarlige for 90% af similariteten på de enkelte stationer i årene 1985-2004. NB= Nissum Bredning; LB= Løgstør Bredning & SF= Skive Fjord.

## Limfjorden 1985-2005 Bloomsamfund



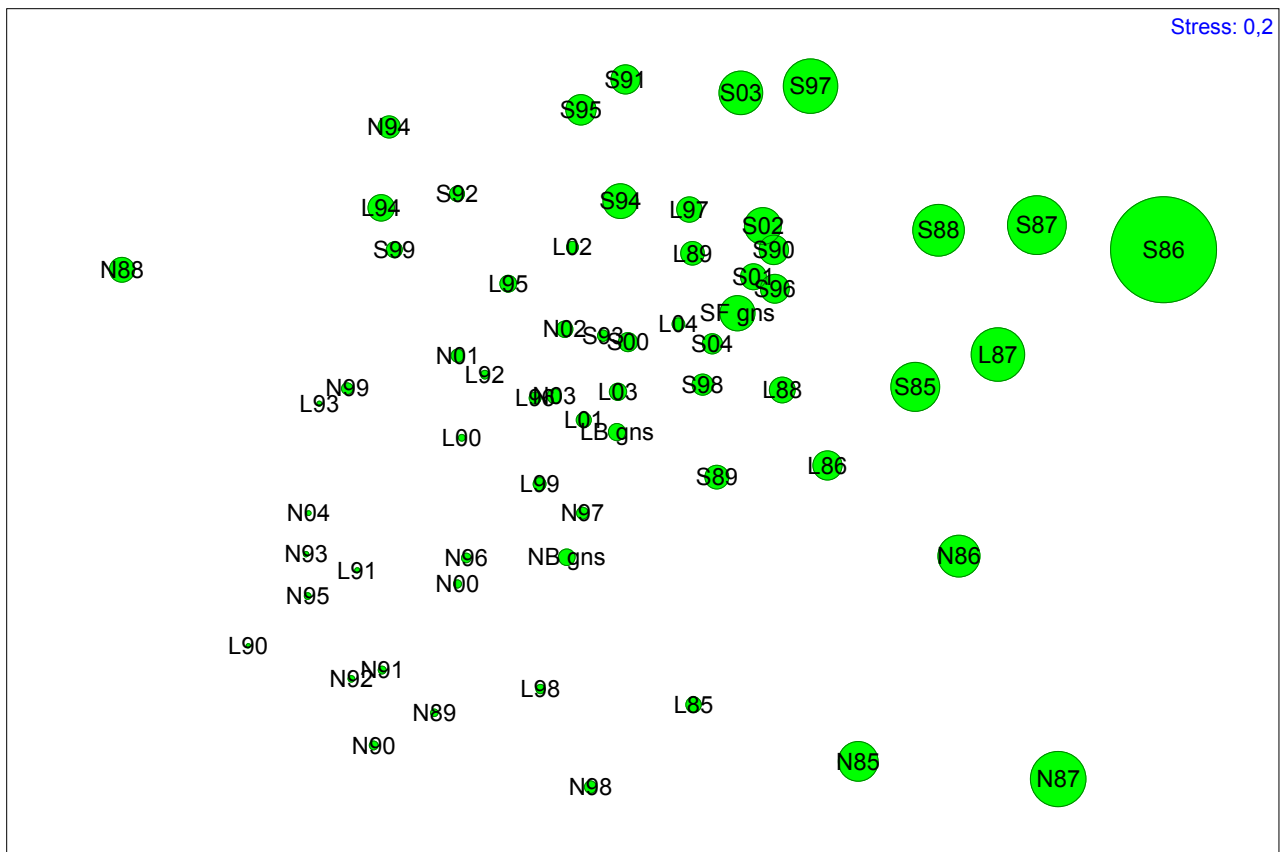
Figur 5: Arter med angivelse af deres gennemsnitlige biomasse (µg C/l) på årsbasis i bloomsamfund, som tilsammen er ansvarlige for 90% af similariteten på de enkelte stationer i Limfjorden i årene 1985-2004. NB= Nissum Bredning; LB= Løgstør Bredning & SF= Skive Fjord.

## Den tidsmæssige variation i perioden 1985-2004

### Variation og mønstre

Der er indtil nu indikeret en gradient i sammensætningen af fytoplanktonsamfundene fra Skive Fjord over Løgstør Bredning til Nissum Bredning. Ved at overlægge MDS plottet, figur 6, med de totale fytoplankton årsbiomasser, ses det, at gradienten fra Nissum Bredning mod Skive Fjord i høj grad afspejler ændringer i biomasseniveauer, som er stigende fra venstre mod højre i plottet. De højeste biomasseniveauer registreres i 1980'erne.

### Limfjorden 1985 -2004 - total C-biomasse i bloomsamfund



Figur 6: MDS plot af årsgennemsnittene i bloomsamfund (utransformerede biomassedata ( $\mu\text{g C/l}$ )) overlægget med data for de totale biomasseniveauer på de enkelte stationer/år for de 3 Limfjordsstationer for perioden 1985-2004 samt langtidsmidlen (gns) for perioden 1985-2004. Gns = årsgennemsnit; N = Nissum Bredning; L = Løgstør Bredning, =S = Skive Fjord.

Der ses desuden grupperinger opad og nedad i den venstre side i plottet. Ved faldende biomasseniveau splitter plottet op i to hovedretninger – opad ses dominans af datapunkter fra Skive Fjord, mens der nedad hovedsageligt ses datapunkter fra Nissum Bredning. I mellem disse grupper ses en overvægt af datapunkter, som repræsenterer Løgstør

Bredning, men der er en række afvigelser fra dette mønster. I en årrække registreres således datapunkter fra Løgstør Bredning (1987, 1988, 1989, 1994, 1997) og i enkelte tilfælde også fra Nissum Bredning (1994 og 1999) i den ”nordlige” gruppering, som ellers primært repræsenterer Skive Fjord. I disse år ligner fytoplanktonsamfundene fra Nissum Bredning og Løgstør Bredning således Skive Fjord ”fjordsamfundet”.

I den ”sydlige” gruppering, som primært repræsenterer Nissum Bredning, registreres der i andre år datapunkter fra Løgstør Bredning, f.eks. i 1990, 1991 og 1998 - men aldrig fra Skive Fjord. I disse år ligner fytoplanktonsamfundene registreret i Løgstør Bredning altså Nissum Bredning ”samfundene”.

#### *Tidsmæssige udviklingsmønstre*

Ved analyse af basissamfundet (de dobbeltkvadratrodstransformerede data) ses en parallel udvikling på alle tre stationer først fra ”øst” mod ”vest”, dernæst af en udvikling fra ”syd” mod nord” i MDS plottet, figur 7. Udviklingen i perioden 1985-1989 på alle tre stationer skyldes sandsynligvis den markant faldende eksterne belastning af Limfjorden i perioden. I perioden 1989-2004 var det karakteristisk at forskellene mellem de enkelt år var mindre end i perioden 1985-1989. Endvidere blev der flere gange i denne periode registreret samfund som blev gentaget med års mellemrum. Dette afspejles i figur 7 ved, at årene ligger meget tæt på hinanden. Dette gælder f.eks. årene 1998 og 1994 og 2001 og 2004 i Nissum Bredning og årene 1999 og 2003 i Skive Fjord og 2001 og 2004 i Løgstør Bredning.

I årene 1989-2004 blev der i flere perioder registreret retningsbestemte udviklinger i basissamfundene på de forskellige stationer – f.eks. i perioden fra 1989-1997 i Skive Fjord. Bevægelsen i plottet var fra ”nord” mod ”syd”, hvilket betyder, at fytoplanktonsamfundene i denne periode udviklede/bevægede sig fra det ekstreme Skive Fjord samfund, karakteriseret ved meget høje biomasser og dominans af få arter karakteristiske for Skive Fjord, mod samfund med lavere biomasser og med større islæt af arter, som er karakteristiske for/deles med Løgstør Bredning.

I flere perioder, f.eks. i Nissum Bredning i perioden 1993-2004 var det karakteristisk, at basissamfundene i de efterfølgende år på samme station placerer sig i nærheden af hinanden. Det vil sige, at samfundet i et år ligner samfundet i året før mere end de tidligere år. Dette indikerer, at basissamfundene i perioden udvikler sig gradvist – fra år til år eller, udtrykt på en anden måde, at samfundet i det pågældende år er afhængigt af, hvad der var tilstede året før. Dette giver god mening, da mange planktonarter overlever fra år til år i form af hvilestadier, som dannes i ét eller en række år, der danner grundlaget for opbygningen af populationerne i de efterfølgende år.

Tendenserne til en systematisk, gradvis, tidsmæssig udvikling, som kan registreres i perioder i basissamfundene, ses også i perioder for bloomsamfundenes vedkommende, dog ikke med samme tydelighed som i basissamfundet. Dette skyldes primært, at udviklingen i bloomsamfundet, i modsætning til basissamfundet, afspejler relativt kortvarige favorable forhold, som kan variere meget fra år til år. Opblomstringer kan f.eks. bygges op i eller efter perioder med meget afstrømning fra land; perioder efter iltsvind, hvor der tilføres store mængder næringsstoffer fra sedimentet og den benthiske græsning er lav, eller ekstreme vindforhold, f.eks. lange perioder med vindstille vejr som hæmmer de benthiske græsseres adgang til at græsse på planktonet. Forhold, som ikke i samme grad

har indflydelse på basissamfundet, er mere afhængig af de overordnede miljøforhold så som salinitet og temperatur samt udvekslingen af arter med omkringliggende havområde.

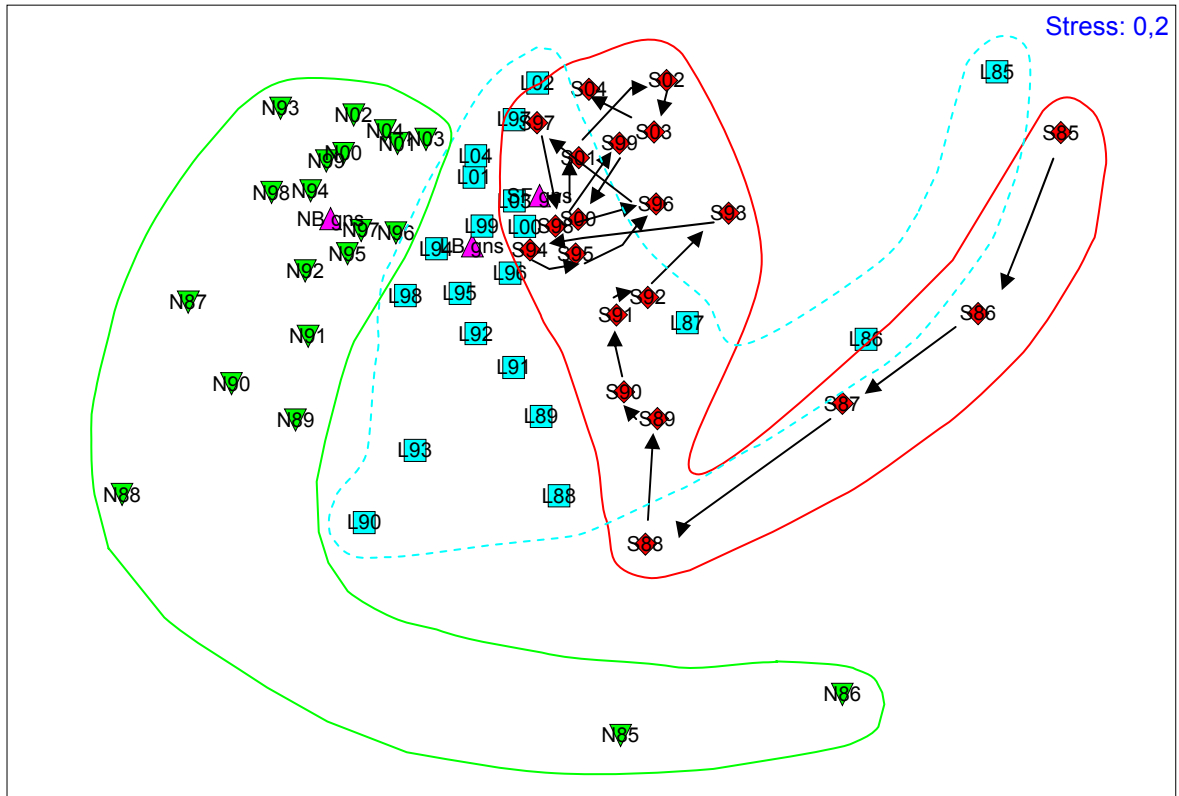


Fig 7: MDS plot af årsgennemsnittene af basissamfund (dobbel kvadratrotdtransformerede (rr) biomasse-data ( $\mu\text{gC/l}$ )), som viser grupperingerne af station/år for de 3 Limfjordsstationer for perioden 1985-2004 samt langtidsmidlen (gns) for perioden 1985-2004. % Gns = årsgennemsnit, & N = Nissum Bredning; ! L = Løgstør Bredning, ∇ S = Skive Fjord.

### 12.3.5 Konklusioner og perspektiver

Stationspecifikke fytoplanktonsamfund kan identificeres på stationerne i Skive Fjord og i Nissum Bredning – mens fytoplanktonsamfundet i Løgstør Bredning indtager en mellem position.

På de enkelte stationer registreres en markant variation i fytoplanktonsamfundene mellem årene. Variationen er mindst, når der analyseres på basissamfundene – som afspejler basis-fytoplanktonsamfundene. Dette afspejler, at det stort set er de samme arter, som forekommer år efter år på stationerne, og at variationen bestemmes af de enkelte arters succes de enkelte år. Den større variation mellem årene på de enkelte stationer, som registreres når der analyseres på de utransformerede data, afspejler, at det er en eller ganske få arter, som bloom'er i de enkelte år; at det ikke altid er de samme arter som bloom'er, og at de opnår forskellige biomasseniveauer i de forskellige år.

Når der analyseres på bloomsamfundene, registreres der større variation mellem årene på de enkelte stationer. Dette afspejler, at det er karakteristisk at det er én eller ganske få arter, der bloom'er i de enkelte år og, at det ofte er forskellige arter som laver opblomstringerne, og at de opnår forskellige biomasseniveauer i de forskellige år.

Ved analyse af bloom- og basissamfundene ses parallelle tidsmæssig udviklinger på de tre stationer i MDS plottet. For bloomsamfundets vedkommende ses der en klar tendens til, at år og stationer med høje biomasser placeres i den ene side af MDS plottet med faldende biomasseniveauer i retning af den modsatte side af plottet. De største biomasseniveauer blev registreret i begyndelsen af undersøgelsesperioden 1985-2004.

I en række tilfælde blev det registreret at samfundene i en række på hinanden efterfølgende år på samme station, placerede sig i nærheden af hinanden. Dette indikerer, at fytoplanktonsamfundene i disse år udviklede sig gradvist – fra år til år, baseret på hvad der var tilstede året før.

Både for basissamfundet og bloomsamfundets vedkommende er det muligt at udtale sig om, i hvor høj grad samfundet i enkelte år ligner de øvrige år, og det er muligt at få kvantificeret ligheden/forskellen og få sat navn på de arter, som er af betydning for ligheder og forskelle mellem årene. Analysen gør det således muligt at udtale sig kvantitativt om, i hvor høj grad fytoplanktonsamfundet f.eks. er “som det plejer”, eller om det er anderledes, eller i hvor høj grad det ligner et bestemt defineret samfund, f.eks. samfundet registreret i et af de tidligere år eller på en helt anden lokalitet. Kendskab til de enkelte arters økologi samt erfaringene fra de andre år gør det muligt at udpege årsager/årsagerne til forløbet, som leder til fytoplanktonsamfundet i de enkelte år.

Det videre arbejde kunne være at få analyseret, i hvor høj grad de registrerede fytoplanktonsamfund og variationen mellem stationerne og mellem årene indenfor stationerne kan forklares ud fra variationen i miljøforholdene i Limfjorden.

Denne analyse peger på en række parametre som kan være af stor betydning for fytoplanktonsamfundenes udvikling i Limfjorden og som der derfor kunne fokuseres på ved en efterfølgende analyse af sammenhængen mellem fytoplanktonsamfund og miljøforholdene. Fytoplanktonsamfundenes udvikling kan analyseres i forhold til belastningen af Limfjorden med kvælstof og fosfor, da belastningen er af betydning for de biomasseniveauer der kan opbygges og muligvis også for artssammensætningen. Saltholdigheden er af afgørende betydning for, om de enkelte arter kan overleve i Limfjorden og giver desuden en indikation af transporten af vand fra Nordsøen ind i Limfjorden. Temperaturen er, som saltholdigheden, af afgørende betydning for om de enkelte arter kan overleve i Limfjorden. Det kunne også undersøges om der kan påvises systematiske ændringer i temperaturen i perioden 1985-2004. Parametre som pelagisk og benthisk græsning samt iltsvindudbredelse kunne inddrages i analysen. Det er oplagt at nogle af de langsomt voksende arter er kontrolleret af muslingernes og zooplanktonets græsning. Dette gælder f.eks. arter fra slægterne *Ceratium* og *Dinophysis*, som kan tilføres fra Nordsøen og ikke opbygger høje biomasser i Limfjorden, selv om de er kendt for at kunne gøre det i andre farvande. Iltsvind kan være af betydning, da nogle arter kan være følsomme overfor lave iltkoncentrationer. Endvidere kan iltsvind være af afgørende betydning for frigivelse af interne puljer af næringsstoffer fra sediment til vandfase.

**Referencer**

Clarke, K. R. & R. N. Gorley. 2001. PRIMER v5: User Manual/tutorial. PRIMER-E Ltd. Plymouth.

Clarke, K. R. & R. M. Warwick 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. UK. 144 pp.