

# Effekter af fiskeri på bundfauna

---



2014

# De lokale dyder – effekter af fiskeriet?

## Indledning

Bundtrawl og bundskrab har i mange år været anset for at være en seriøs trussel mod dyreliv og artsdiversitet de steder hvor det bliver gjort jævnligt [Thrush & Dayton 2002]. Effekten på infauna og epifauna af fiskeri med bundslæbende redskaber er dokumenteret i en række studier [Lambert et al. 2011, Gislason et al. 2013]. Bundfaunaen i Limfjorden består hovedsageligt af arter der har tilpasset sig et eutrofieret farvand med store mængder organisk materiale. Filtratorer, som for eksempel blåmuslinger, har gode ernæringsbetingelser med de store mængder fytoplankton der produceres hvert år. Fiskeriet efter blåmuslinger har indbringende de seneste 20-30 år. Landingerne har i enkelte år oversteget 100.000 ton, og industrien omsætter for adskillige millioner kroner hver eneste år. De seneste fem år har landingerne ligget lavere, på mellem 30.000-40.000 ton. Fiskeriet beskæftiger adskillige mennesker og er en vigtig del af de lokale samfund i byerne langs Limfjordens kyster.

I de seneste år har der været diskussion om hvorvidt muslingefiskeriet i Limfjorden var bæredygtigt og om muslingeskraberne havde en negativ effekt på det øvrige dyreliv i fjorden. For nylig er det fra Fiskeridirektoratets sideblevet besluttet at lukke fiskeriet i de dele af Løgstør Bredning hvor dybden er  $\leq 5$  m (nogle steder  $\leq 6$  m) på grund af Natura 2000 området [Dolmer et al. 2011]. For at gøre fiskeriet efter muslinger mere skånsomt har man udviklet en lettere og mere skånsom skraber [Eigaard et al. 2011], og denne skraber er nu i brug på alle fartøjer der har tilladelse til blåmuslingefiskeri i Limfjorden. Effekten af skrab efter muslinger er blevet undersøgt over korte perioder, hvor resultater viste at i hvert fald et halvt år efter var der stadig negative spor efter skrab både for epi- og infauna [Hoffmann & Dolmer 2000]. Længerevarende undersøgelser hvor diversiteten og artsrigdommen kontinuerligt overvåges er dog så vidt vides ikke blevet lavet.

I denne rapport er et 25-35-årigt datasæt fra Kås, Visby og Thisted Bredning blevet analyseret med det formål at undersøge om skrab efter muslinger har den effekt det påstås at have. I særdeleshed har det været muligt at sammenligne data fra et område som i 1989 blev lukket for muslingefiskeri, Agerø-området (data indsamlet i perioden 1991-2013), med tre områder hvor der jævnligt bliver skrabet efter muslinger, nemlig Kås Bredning, Thisted Bredning og Visby Bredning (data indsamlet i perioden 1978-2013). Yderligere har formålet været at undersøge påstanden om at muslingeskrab resulterer i nye forekomster af blåmuslinger. Helt præcist ønskes disse to hypoteser be- eller afkræftet:

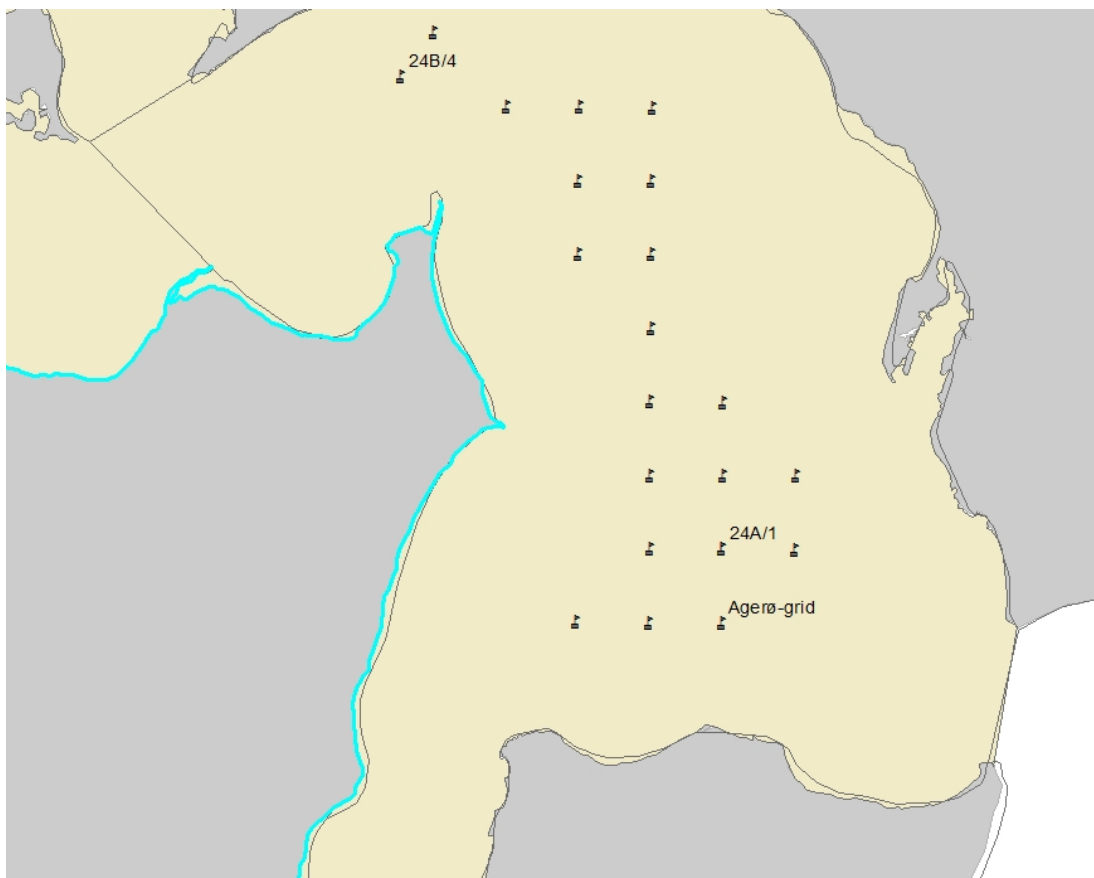
1. Muslingskrab har en skadelig effekt på den øvrige bundfauna, og man bør derfor kunne observere en forbedring af forholdene ved Agerø. For eksempel i form af højere artsdiversitet og forekomsten af flere individer over tid efter forbuddet mod muslingefiskeri blev sat i værk;
2. Nye forekomster af blåmuslinger ses i områder hvor der er blevet skrabet efter muslinger allerede et år efter. Der eksisterer muligvis en sammenhæng mellem den landede mængde i et område og fremkomsten af nye muslingebanker.

## Materialer og metoder

For at undersøge effekten af muslingefiskeriet i Limfjorden er flere datasæt blevet analyseret.

### Infauna

Amterne har i en årrække monitoreret infaunaen i Limfjorden med jævnlige indsamlinger af sedimentet, som er blevet indsamlet en til to gange om året. Ved Agerø strækker dette datasæt sig fra foråret 1991 til og med foråret 2005. Mellem foråret 2002 og foråret 2005 blev der ikke indsamlet data, fra 1992 til 1995 blev der samlet både forår og efterår, mens der fra 1996 kun er indsamlet prøver om foråret. Mellem 1992 og 1997 blev der hvert år taget 10 prøver på hver af fire forskellige stationer i det lukkede område ved Agerø. Efter 1997 blev prøverne taget i et net (grid) af 20 enkelte stationer som vist på Figur 1. Kun en prøve blev taget i hvert punkt i nettet. Alle prøver ved Agerø er taget med HAPS med et areal på  $0,0143 \text{ m}^2$ .



Figur 1. Den sydlige del af Agerø med prøvestationer før og efter 1997. De to markeringer mærket 24A/1 og 24B/4 er amtets stationer før 1997.

I Kås, Thisted og Visby bredninger er der blevet indsamlet prøver siden 1978. Fra foråret 1978 til foråret 1983 blev prøverne taget med en Van Veen grabbe (0.1 m<sup>2</sup>). I efteråret 1983 skiftedes grabben ud med en HAPS core sampler, og efterfølgende blev der indsamlet materiale 20 gange. Fra foråret 1984 frem til 1995 blev der taget 10 HAPS på det samme sted både forår og efterår med undtagelse af 1985, hvor der ikke blev indsamlet prøver. I 1996 og 1997 blev der kun indsamlet prøver om foråret. Fra 1998 - 2002 samt 2005 blev der ligesom ved Agerø indsamlet prøver i et grid, hvor der ved hver af de 20 enkeltstationer blev taget én HAPS. Data indeholder oplysninger om arter, antal individer, og for de fleste år (undtaget 1996 og 1997) er der desuden vådvægt af de enkelte arter. Dansk Skaldyrcenter har i efteråret 2011 og foråret 2013 taget HAPS-prøver i Agerø, Kås, Thisted og Visby. Både 10 prøver i et punkt samt 20 prøver i et grid blev indsamlet. Samtlige prøver blev siet med maskestørrelsen 1 mm og arter identificeret i laboratoriet og talt (dvs. vådvægten blev ikke målt).



Med data fra disse fire områder er det muligt at sammenligne eventuelle ændringer og udviklinger over tid i et område der har været lukket for muslingskrab siden 1989, Agerø, og i tre områder hvor der jævnligt skrubes efter muslinger, Kås, Visby og Thisted Bredninger. Derfor blev infaunaen analyseret fra efteråret 1983 frem til foråret 2005 med henblik på, om muligt, at detektere en udvikling i faunasammensætning og mængde. For hver enkel HAPS-prøve udregnedes Shannon-Wiener diversitetsindeks givet ved:

$$H = \sum_{i=1}^s - (P_i * \ln P_i)$$

Hvor,  $P_i$ , er proportionen af en given art i forhold til alle individer i prøven,  $s$ , er antal arter og summen er taget over alle arter fra art nummer 1 til  $s$ . Desuden blev antallet af individer samt antallet af arter i hver HAPS registreret. Det blev testet om der var forskel i diversitetsindeks de to prøvemethoder imellem, punkt og grid, ved de fire sites. Det samme blev testet for prøvetidspunkt, forår og efterår, med Sigmastat 3.5.

En såkaldt biotisk koefficient blev udregnet, for de 10 (evt. 20) HAPS der udgjorde en sampling på et givent site. Koefficienten blev udregnet på baggrund af AMBI-indekset, som er et indeks der kategoriserer bundfauna efter hvor godt en art kan modstå forstyrrelser eller eutrofiering [Borja et al 2001]. Arter kategoriseres fra 1-5, hvor 1 karakteriserer arter der har relativt lange generationstider, producerer få afkom og trives i stabile miljøer uden pludselige ændringer. 5 karakteriserer arter der har korte generationstider, producerer meget afkom og kan overleve i omgivelser der ofte er udsat for forstyrrelse, det være sig skrab eller iltsvind.

Det biotiske indeks er givet ved:  $((0*1)+(1,5*2)+(3*3)+(4,5*4)+(6*5))/100$ ,

og beregningen kan antage værdier mellem 0-6, mens 7 betegner et område fuldstændigt blottet for liv. Plots af diversitetsindeks, antal arter, antal individer, biotiske koefficienter og vådvægt blev udført i Sigmaplot 12.5.

En tæthed, defineret som individer per 0,1 m<sup>2</sup> blev udregnet for hver enkel art eller laveste taksonomiske niveau i hver HAPS, og derefter brugt i en similaritets-analyse. På fjerde-ords transformeret data blev der først udført Bray-Curtis similaritets-analyse med en dummy værdi på 0.1 for

arter der var fraværende. Efterfølgende udførtes ANOSIM og SIMPER for at teste om der var mere forskel indenfor områderne sammenlignet med imellem områderne, og for at afgøre hvilke arter der bidrager mest til forskellene imellem de to områder. MDS-plots blev konstrueret, så en mulig udvikling over tid kunne detekteres. Programmet Primer 6 er brugt til ovenstående tests.

## Epifauna

Mellem 1997 og 2002 har DTU taget ringprøver flere steder ved Agerø og i Visby Bredning i september. I 2000 og 2001 blev der desuden samlet i maj. Ud af disse sites er der blevet udvalgt positioner som ligger enten meget tæt på eller oveni amtets positioner ved Agerø og i Visby Bredning, der er beskrevet ovenfor. I 1997 blev der registreret 10 ringprøver hver på 0,24 m<sup>2</sup>. Fra 1999 til 2002 blev der taget 30 ringprøver ved hver sampling. Dansk Skaldyrcenter har i efteråret 2011 taget ringprøver fire steder ved Agerø samt et sted i Visby Bredning. Arter er blevet registreret som værende tilstedeværende eller fraværende, derfor er det ikke muligt at teste for forskelle i Shannon-Wiener diversitetsindeks. I Primer er der dog foretaget de samme analyser som for infauna, men med presence-absence data uden dummy-værdi, hvilket betyder at fundne arter bliver registreret med 1 og fraværende med 0.

## Positions data

Fra 2008 uge 42 og frem til nu har alle både i Limfjorden med tilladelse til at skrabe efter muslinger haft en GPS til registrering af positioner med på båden. Med den har de registreret deres position når et skrab påbegyndtes samt når det afsluttedes, hvis de undervejs har ændret kurs har de registreret yderligere positioner. Dette datasæt giver et meget detaljeret indblik i hvor der bliver skrabet, hvor lange de enkelte skrab er, samt et mere detaljeret overblik over landingerne. Data blev plottet i ArcMap og længden af de enkelte skrab blev beregnet, der blev ydermere udregnet en skrabeeffektivitet for de enkelte år defineret som (kg muslinger)/(skrabet meter).

Mellem 2002 og nu er der, hos fiskeridirektoratet, blevet registreret en slutposition for muslingskrab. Disse positioner er ikke lige så nøjagtige som de førnævnte positioner registreret med GPS. De er blevet registreret med en nøjagtighed på 1 gradminut. Dermed kan skrabeintensiteten kun bestemmes indenfor firkanter der har et areal på 1/60 længdegrad x 1/60 breddegrad. For at sammenligne fiskeridirektoratets positioner med GPS-positionerne, blev sidstnævnte reduceret, så kun den sidste position identificerede et skrab. Et grid (1/60 længdegrad x 1/60 breddegrad = 1020±7 m x 1855 m) blev i ArcMap lagt hen over hele det fiskede område i Limfjorden og landinger fra skrab indenfor hver firkant blev summeret. Dermed er det muligt at sammenligne fiskeridirektoratets data med GPS-data og validere brugen af data fra før fiskerne benyttede sig af GPS. De summerede landinger i hver firkant i

grid'et blev konverteret til en vægt per  $m^2$  enhed i et punkt indenfor hver firkant og modelleret i ArcMap som det bliver beskrevet nedenfor med bestandsdata. Dermed kunne skrabeintensiteten plottes direkte mod estimerede bestandstætheder.

### Bestandsdata

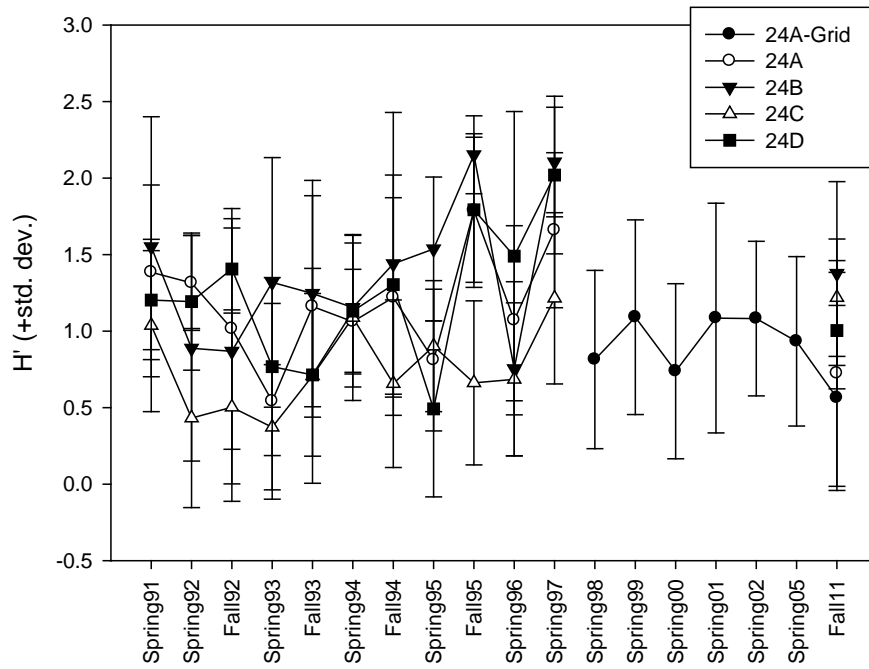
DTU har siden 1993 udført årlige togter hvor de på en række stationer fordelt over hele Limfjorden foretager prøveskrab af muslinger. Vægten af muslinger ved hvert prøveskrab registreres og en tæthed udregnes som  $kg$  per  $m^2$ . Tætheden ved hvert prøveskrab benyttes til at modellere muslingernes fordeling i Limfjorden. Med ArcMap modelleres med interpolationen IDW, med en cellestørrelse på  $100 \times 100m$  og input fra de 12 nærmeste prøveskrab, og modellens output for hver celle er en estimeret tæthedsværdi med enheden  $kg/m^2$ . Fra et givent år blev den estimerede muslingetæthed fratrukket muslingetætheden fra det foregående år, så ændringer i bestandene over hele Limfjorden blev synlige. Herefter blev ændringer i bestandstætheder joinet i ArcMap med fiskeintensiteten i muslingesæsonen umiddelbart inden. Forskellen i muslingetætheder mellem årene 2011 og 2010 blev joinet med skrabeintensiteten i sæsonen 2009-2010. Ændringer i tæthed blev derefter plottet som funktion af fiskernes udbytte indenfor den samme celle på  $100 \times 100$ , defineret ved interpolationen i ArcMap.

## Resultater

### Infauna - diversitet

Som tidligere nævnt blev der samlet bundprøver fire forskellige steder, 24A, 24B, 24C og 24D, ved Agerø i årene 1991-1997. Herefter overgik man til at sample i et grid der lå tættest på stationen 24A. Dansk Skaldyrcenter har i efteråret 2011 desuden samlet ved de fire sites og i grid'et ved Agerø. Sammenlignes diversitetsindekset for de fire sites ved Agerø sker der ikke umiddelbart en udvikling over tid, Figur 2.

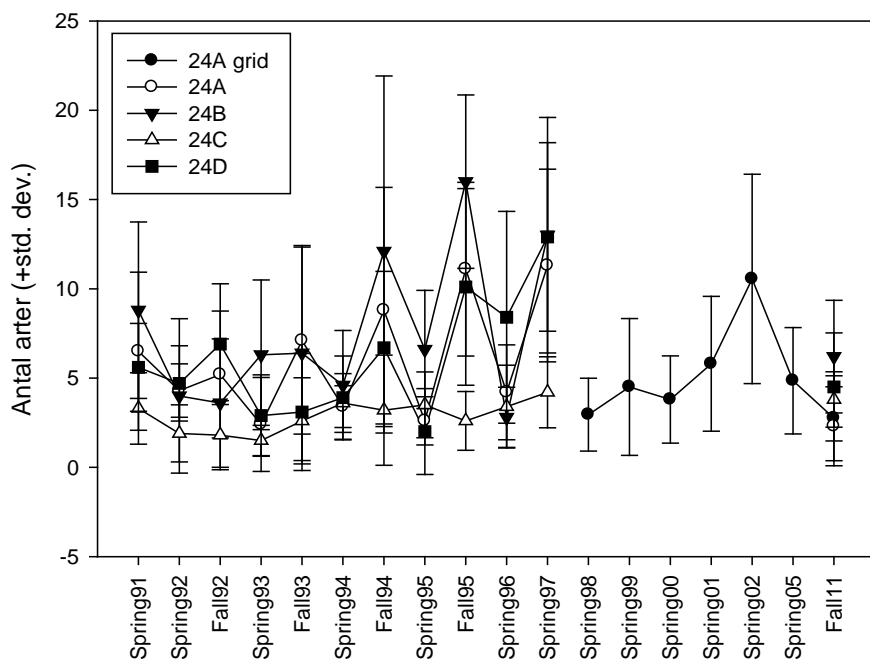
### Shannon-Wiener diversitetsindeks Agerø, 4 sites



Figur 2. Gennemsnit af diversitetsindekset i 10 eller 20 HAPS per sampling, ved Agerø, i perioden 1991-2011.

De fire sites er forskellige, men der er ikke en markant tendens imod lavere eller højere diversitet over tid. Derimod er der en tendens imod højere diversitetsindeks i efteråret ved alle sites. For antallet af arter gælder det samme mønster, Figur 3.

### Antal arter Agerø, 4 sites

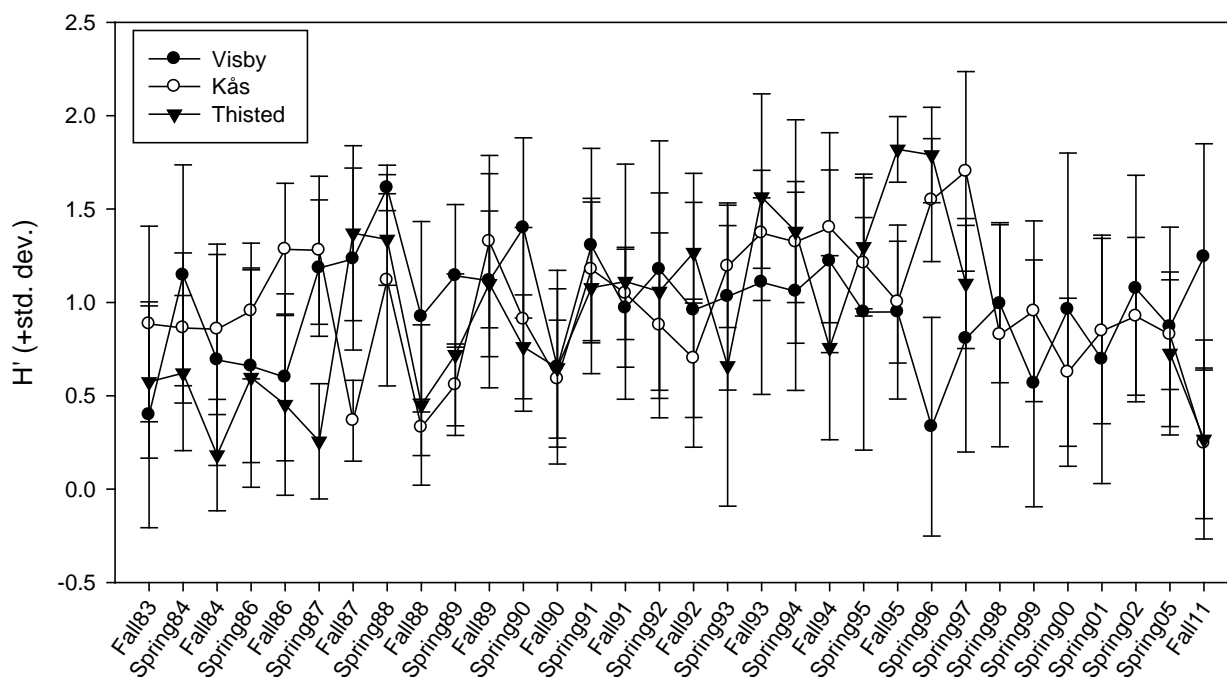


Figur 3. Gennemsnit af antallet af arter i 10 eller 20 HAPS per sampling, ved Agerø, i perioden 1991-2011.

Igen synes der at være en vis årstidsvariation, men nogen tydelig udvikling over tid synes der ikke at være. I de følgende analyser af forholdene ved Agerø sammenlignet med Kås, Thisted og Visby Bredninger er data fra 24A samt grid'et blevet benyttet. 24A ligger tættest på grid'et og udgør dermed et nogenlunde fast punkt med data tilbage til 1991.

I Kås, Thisted og Visby Bredninger, hvor der jævnligt skræbes efter muslinger, har prøvetagningerne foregået med HAPS siden efteråret 1983, Sammenligner man de tre sites i perioden 1983-2011, er det også her svært at få øje på en udvikling i diversitet over tid, Figur 4.

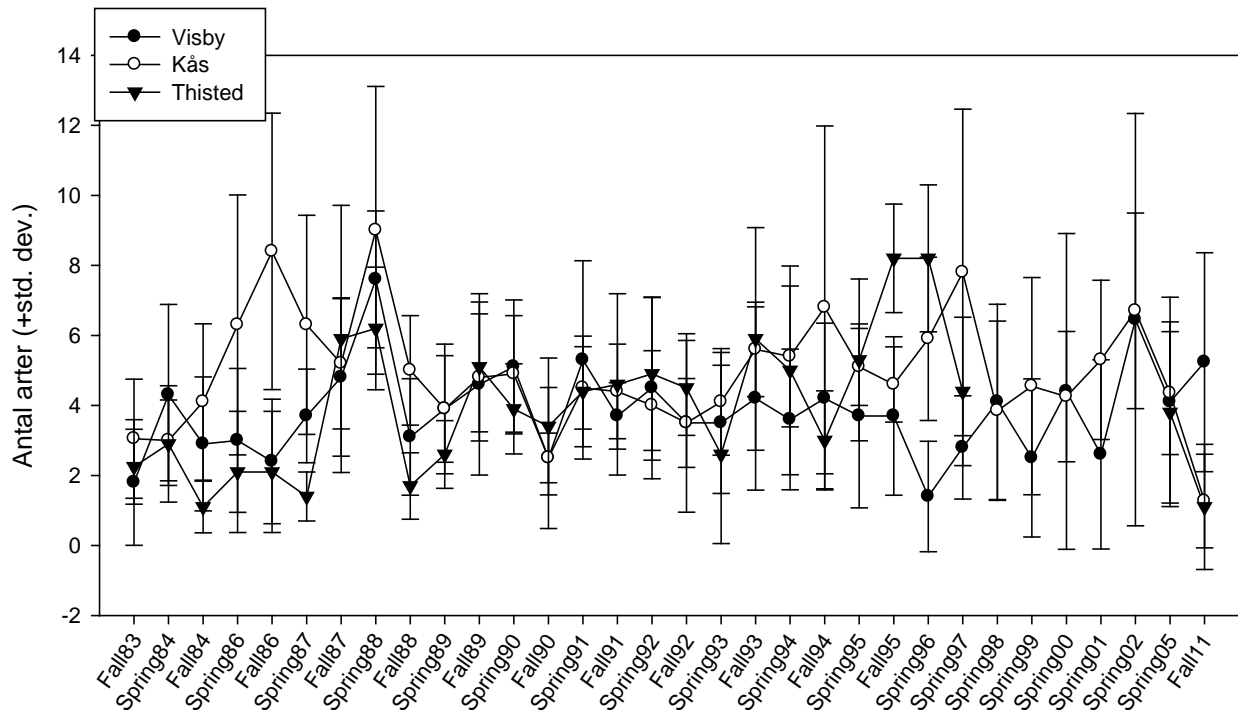
## Shannon-Wiener diversitetsindeks



Figur 4. Gennemsnit af diversitetsindekset i 10 eller 20 HAPS per sampling, i Kås, Thisted og Visby bredninger, i perioden 1983-2011. Bemærk at der ikke er data fra Thisted Bredning i årene 1998-2002.

Der har været betydelige udsving i artsdiversiteten, men over en 30-årig periode er der ikke umiddelbart sket nogen ændring af diversiteten i de tre bredninger. Bemærk dog at der i 2011 er en markant højere diversitet i Visby sammenlignet med Kås og Thisted. Ser man på antallet af arter er det overordnede mønster det samme, Figur 5.

## Antal arter



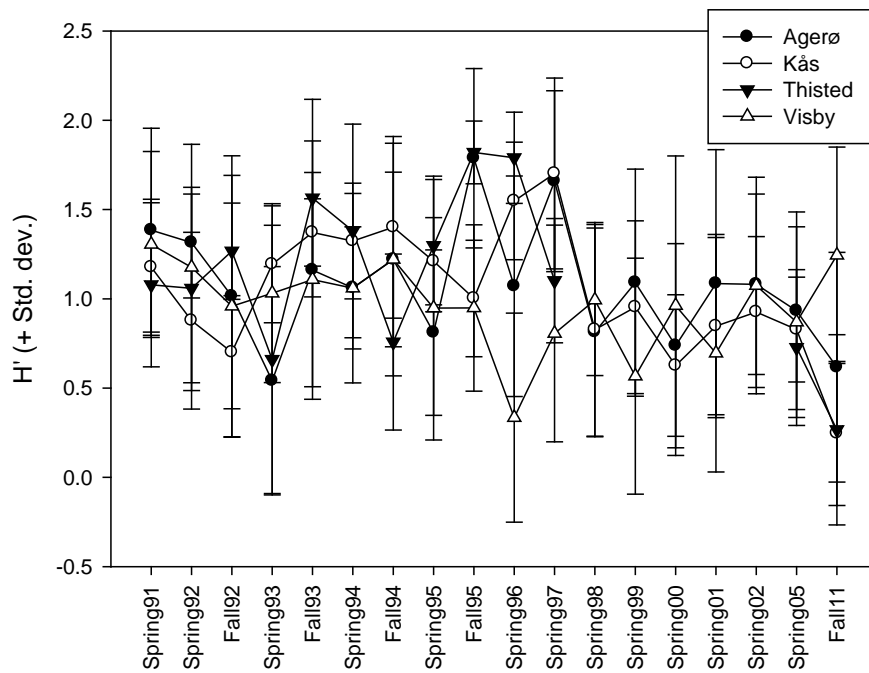
**Figur 5. Gennemsnit af antallet af arter i 10 eller 20 HAPS per sampling, i Kås, Thisted og Visby bredninger, i perioden 1983-2011. Bemærk at der ikke er data fra Thisted Bredning i årene 1998-2002.**

Antallet af arter ser også ud til at være nogenlunde konstant over en 30-årig periode, dog skal det igen bemærkes at der er en tydelig forskel på Visby i forhold til Kås og Thisted bredninger i efteråret 2011.

I perioden 1991-2011 er der data fra både et lukket (Agerø) og tre jævnlige skrabe områder (Kås, Thisted og Visby Bredning). Dermed er det muligt at sammenligne om skrabe efter muslinger har en effekt på infaunaen over en længere periode. Udviklingen i diversitet peger ikke umiddelbart på at muslingeskrabe skulle have en længerevarende indflydelse på diversiteten, Figur 6.



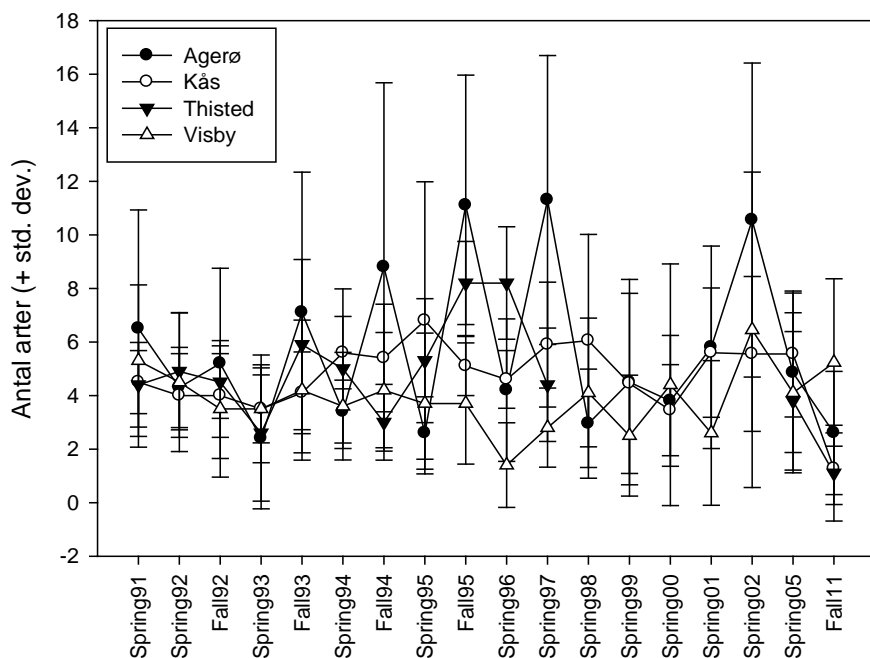
## Shannon-Wiener diversitetsindeks



Figur 6. Gennemsnit af diversitetsindekset i 10 HAPS per sampling, ved Agerø, i Kås, Thisted og Visby bredninger, i perioden 1991-2011. Bemærk at der ikke er data fra Thisted Bredning i årene 1998-2002.

Fra efteråret 1995 til foråret 1997 virker det til at der sker en stigning i diversitet, men udover denne korte periode er diversiteten nogenlunde konstant, på alle fire sites. Ingen af de fire sites viser en forbedring eller en forværring af diversiteten over en tyveårig periode. Det ses at Visby Bredning tilsyneladende er det eneste site med en bedre diversitet i efteråret 2011 i forhold til foråret 2005. Antallet af arter holder sig i store træk også konstant i samme periode, Figur 7.

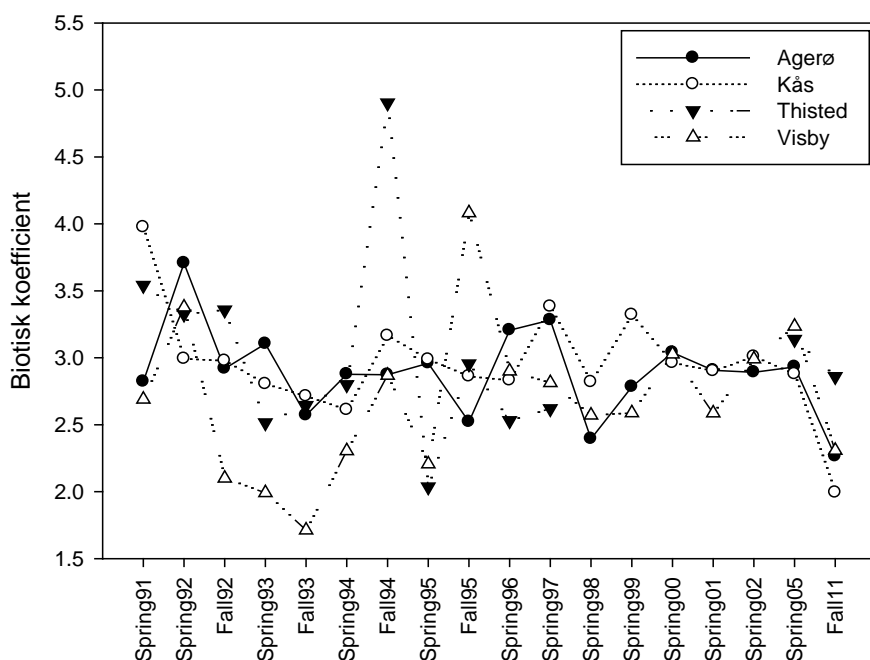
## Antal arter



Figur 7. Gennemsnit af antallet af arter i 10 HAPS per sampling, ved Agerø, i Kås, Thisted og Visby bredninger, i perioden 1983-2011. Bemærk at der ikke er data fra Thisted Bredning i årene 1998-2002.

Antallet af arter forbliver nogenlunde konstant henover en tyveårig periode, og ingen af de fire sites skiller sig væsentlig ud. Hverken det lukkede Agerø eller de skrabede Kås, Thisted og Visby Bredning. For at få et overblik over om forstyrrelser har formet økosystemerne forskellige steder i fjorden, er det nyttigt at se på det biotiske indeks som er blevet beskrevet tidligere. Det giver et billede af om forholdsvis opportunistiske arter trives, enten på grund af eutrofiering, skrabeaktivitet eller af andre årsager. Figur 8 giver et indblik i hvor stor en del af de lokale faunasamfund der udgøres af opportunistiske arter.

## Opportunistiske arter, graden af dominans



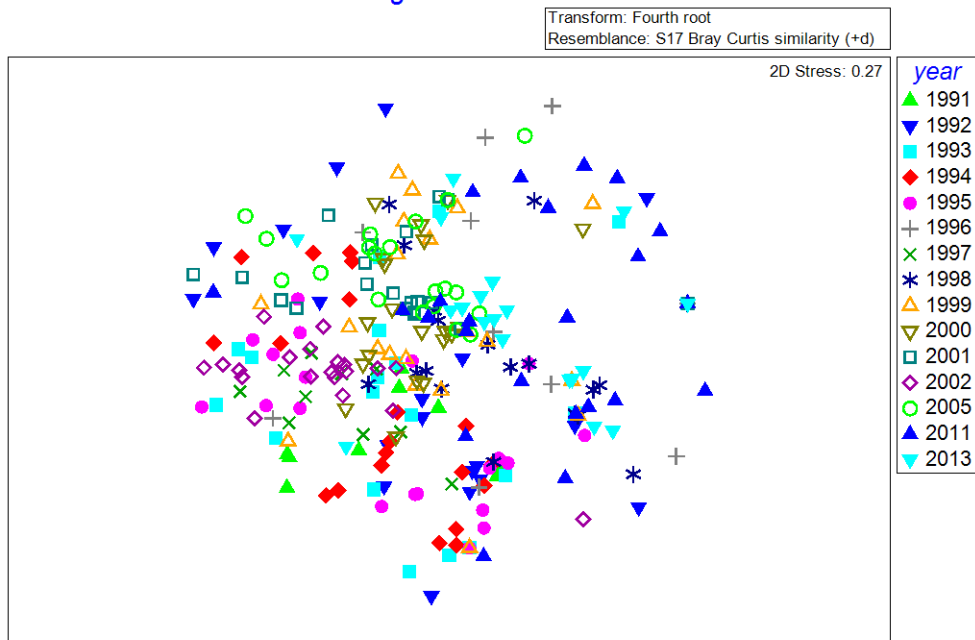
Figur 8. Den biotiske koefficient for samtlige arter identificeret i 10 eller 20 HAPS ved en sampling, ved Agerø, Kås, Thisted og Visby Bredning.

Der forekommer en del variation, blandt andet i Thisted og Visby Bredning, men overordnet er det ikke til at få øje på en udvikling i negativ eller positiv retning over en tyveårig periode. Dog er det interessant at alle fire sites har en lavere biotisk koefficient i 2011 og 2013 sammenlignet med 2005, når tre ud af fire sites i samme periode oplevede et fald i diversitet og antallet af arter.

### Infauna - artssammensætning

Diversitet og antallet af arter på et site afslører ikke om sammensætningen af infaunaen ændrer sig over tid, hvorimod det biotiske indeks giver et indblik i andelen af opportunistiske arter. Primer giver en mulighed for, med multivariate statistiske analyser, at følge artsammensætningen over tid og undersøge om der er forskel i artssammensætning forskellige steder i fjorden. En ANOSIM mellem de fire sites ved Agerø i årene 1991-1997+2011+2013, viste at der var mere forskel imellem sites end indenfor sites ( $p < 0.0001$ ). Desuden viste det sig at der var mere forskel imellem årstider end inden for årstider ( $p < 0.0001$ ). Det var dog ikke muligt at udpege en tidlig udvikling, Figur 9.

### Agerøe 1991-2013



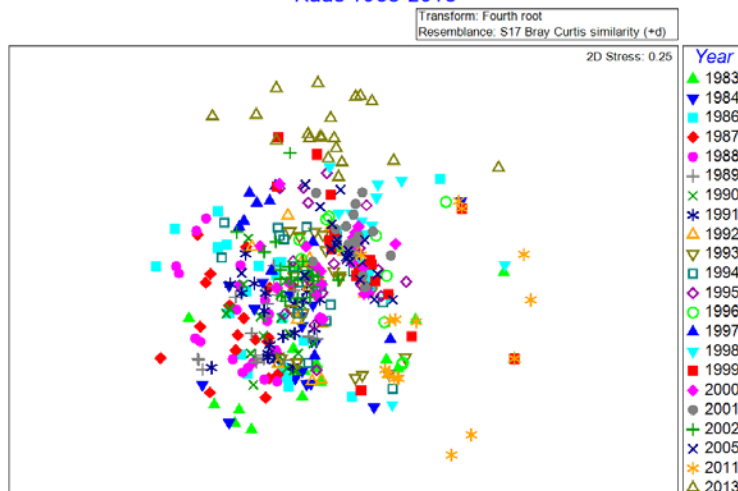
Figur 9. MDS-plot fra Agerø over tid (1991-2005 samt 2011 og 2013).

Punkterne, der hver repræsenterer en enkel HAPS, er tilsyneladende tilfældigt fordelt i forhold til hinanden. Dog bør den høje stress værdi på 0.27 tages i betragtning, og man bør være varsom med tolkningen af resultatet.

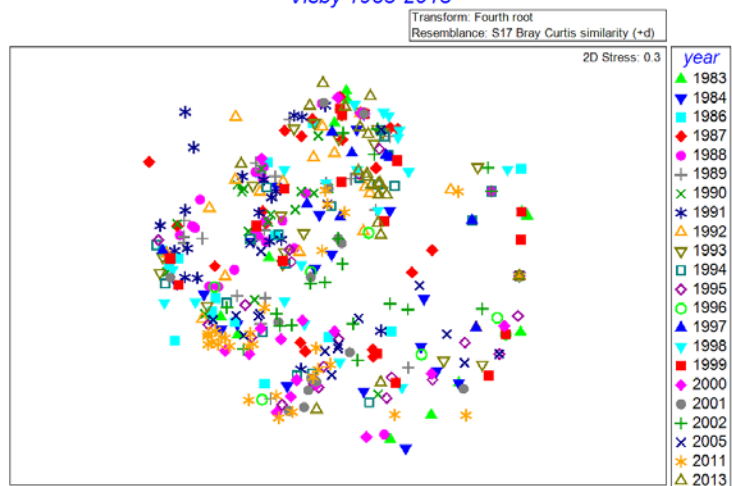
En ANOSIM, på data fra 24A og grid'et ved Agerø fra 1991-2013, viste at der var større variation imellem årstider og prøvemethode (punkt mod grid) end indenfor de to grupper. En udvikling over tid viser ikke en klar trend. Der er stor forskel i artssammensætningen og antallet af individer i begyndelsen af 1990'erne og imellem 2011 og 2013 i forhold til de foregående år.

I Kås, Thisted og Visby Bredning, viste ANOSIM ens resultater for alle tre sites, med en større variation imellem årstider og prøvemethode end indenfor grupperne ( $p < 0.05$ ). I Kås bredning viser MDS-plottet en mulig forandring i artssammensætningen fra før 2005 til 2011, Figur 10.

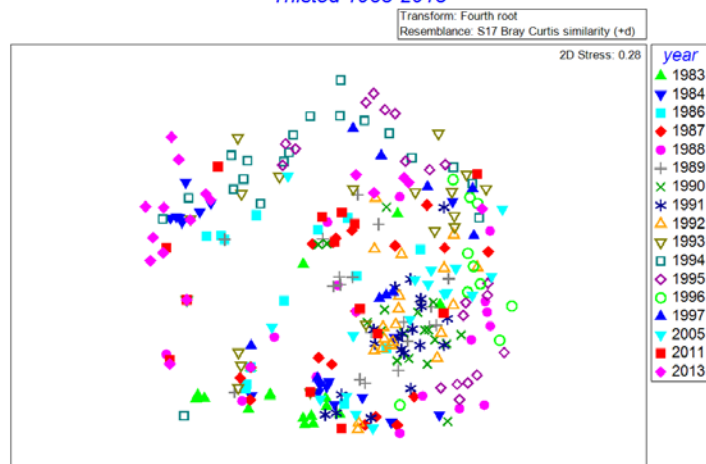
### Kaas 1983-2013



### Visby 1983-2013



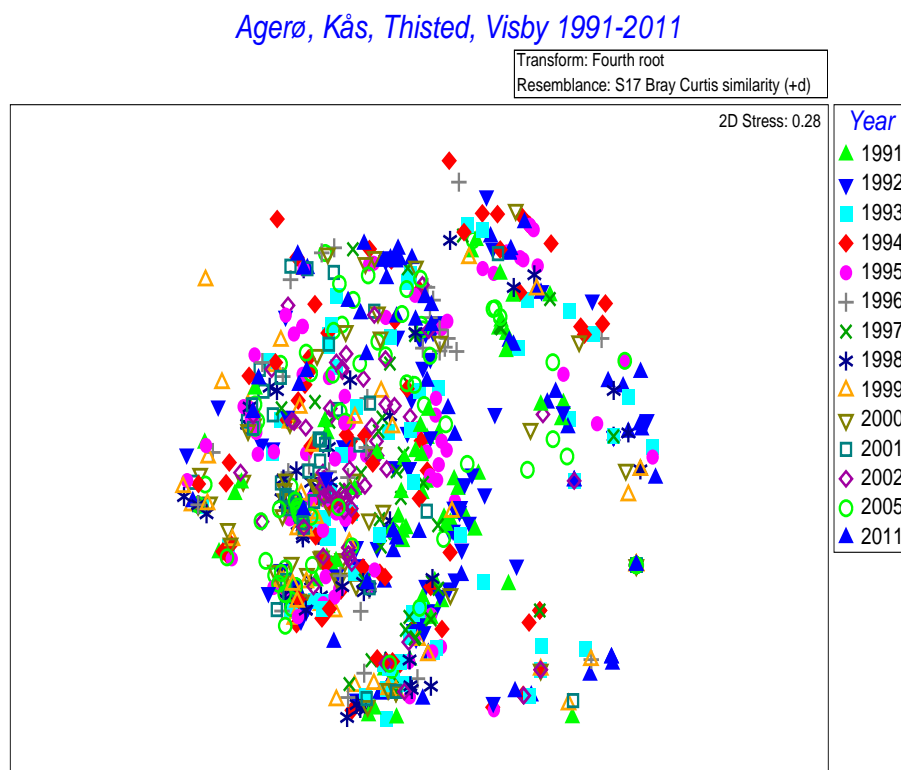
### Thisted 1983-2013



Figur 10. MDS-plot fra Kås, Visby og Thisted over tid (1983-2005 samt i 2011 og 2013).

De fleste prøver taget i efteråret 2011 og foråret 2013 adskiller sig tilsyneladende fra de resterende prøver fra tidligere år i Kås Bredning. Igen bør man notere sig at stress-værdien er relativt høj (>0.2) og tolkninger, på baggrund af punkternes indbyrdes placering, bør foretages med varsomhed.

En ANOSIM med alle fire sites fra 1991-2013 viser ikke overraskende at der er større forskel imellem sites end indenfor sites ( $p < 0.0001$ ), og det samme er gældende for prøvemethode og årstid ( $p < 0.0001$ ). Lidt overraskende viser en ANOSIM at for grupperne Fisket og Lukket er der mere forskel indenfor grupperne end imellem grupperne ( $p > 0.05$ ). En klar trend i udvikling over tid ses ikke, men der er betydelige forskelle i artssammensætning og abundance i begyndelsen af 1990'erne og igen i imellem 2011 og 2013 og de foregående år, Figur 11.



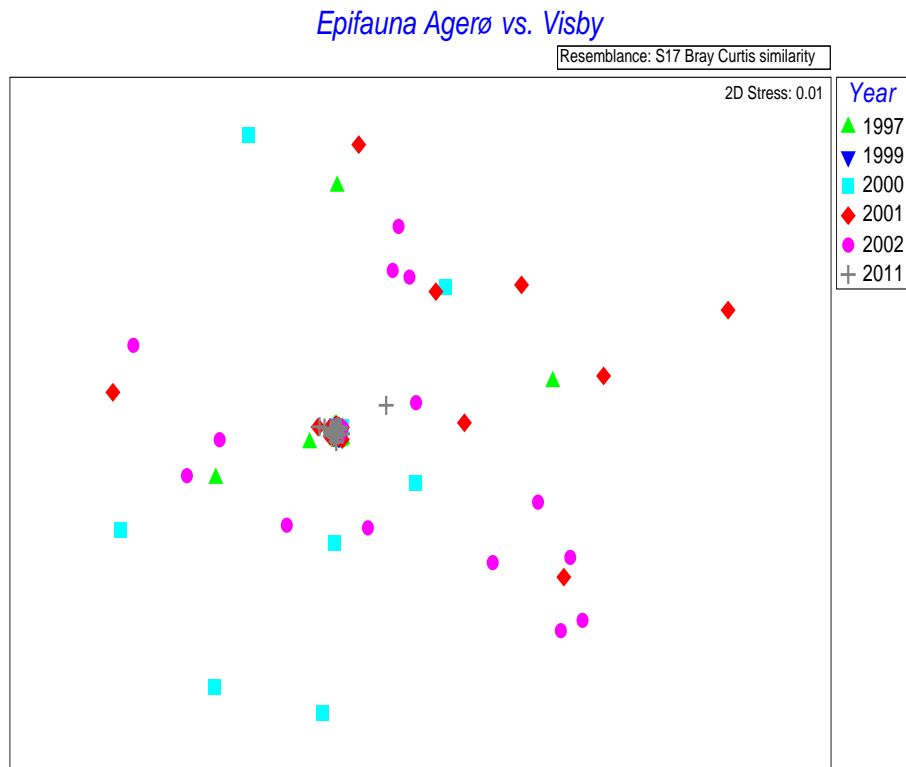
Figur 11. MDS-plot fra Agerø, Kås, Thisted og Visby over 20 år.

Nok engang skal det nævnes at stressværdien er for høj til at sige noget med sikkerhed om udviklingen over tid.

### Epifauna

En ANOSIM med ringprøver taget af DTU fra 1997-2002 og af DSC i 2011 ved Agerø, 24A, og i Visby Bredning viste ingen forskel imellem årstider ( $p > 0.05$ ), men viste at der var forskel imellem de to sites ( $p < 0.0001$ ). En SIMPER analyse viste at de arter der bidrog mest til ligheden mellem prøver i Visby

Bredning var *Mytilus edulis* (Sim/SD = 0.63) og *Hinia reticulata* (Sim/SD = 0.47). Ved prøver taget ved Agerø bidrog *Hinia reticulata* (Sim/SD = 1.01) mest til ligheden. De samme to arter bidrog mest til forskellen imellem de to sites, *Mytilus edulis* (Diss/SD = 0.92) og *Hinia reticulata* (Diss/SD = 0.82). En udvikling over tid er der heller ikke tale om med epifauna, Figur 12.



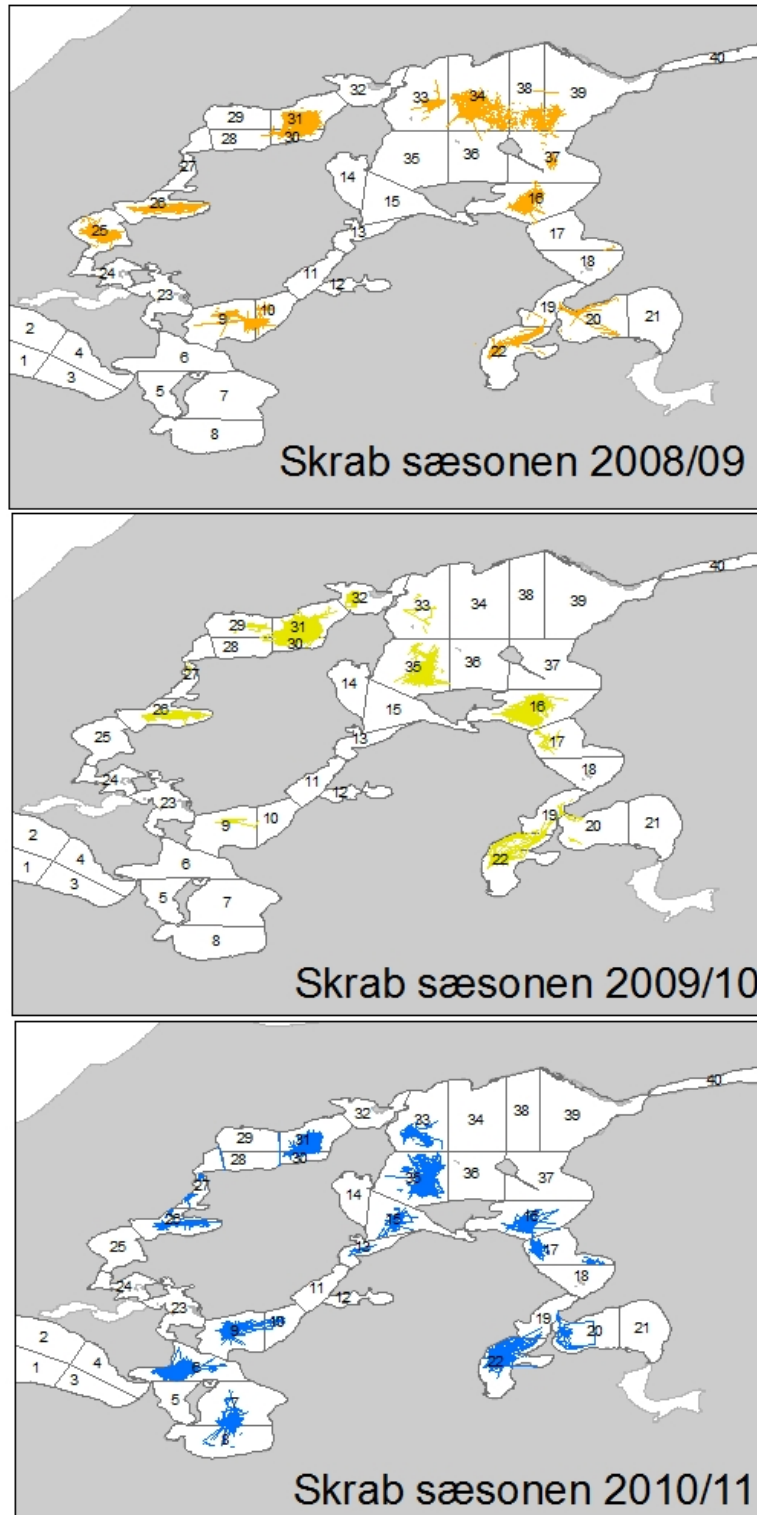
Figur 12. Ringprøver med presence-absence data fra Agerø og Visby Bredning over tid. Den lave Stress-værdi indikerer at plottet giver et godt billede af prøvernes indbyrdes ligheder og forskelle.

Det interessante ved SIMPER-analysen er at den viser at blåmuslinger var til stede ved 57 % af ringprøverne i det fiskede område, mens der slet ikke blev registreret blåmuslinger i det lukkede område. Ved HAPS-samplingerne var den gennemsnitlige abundans af blåmuslinger i Visby Bredning 0,87, mens den kun var 0,40 ved Agerø fra 1991-2011. I Thisted Bredning var den gennemsnitlige abundans 1,23, men i Kås var den kun 0,11 individer per 0.1 m<sup>2</sup>.

### Positionsdata

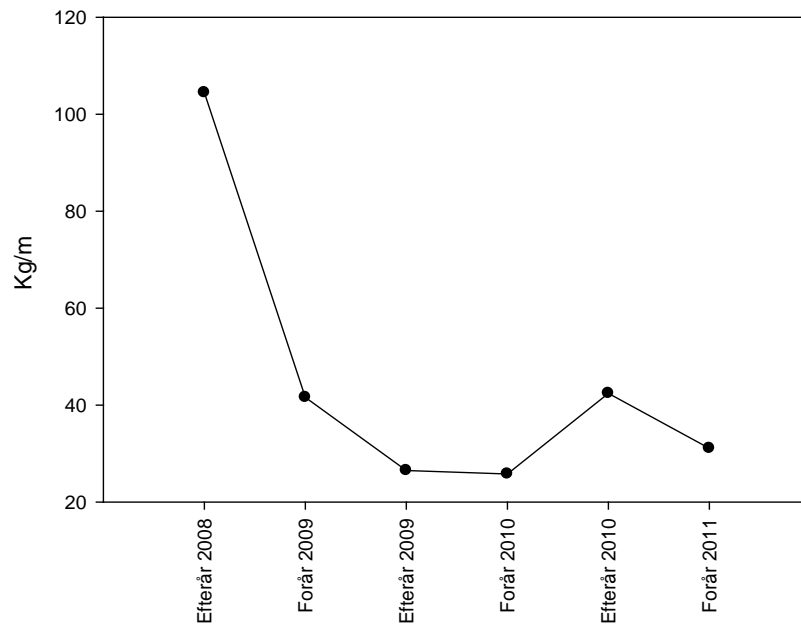
De seneste tre sæsoners positioner ved skrab er vist i det følgende. De giver en unik mulighed for nøjagtigt at kortlægge hvor fiskerne hovedsagligt fanger deres muslinger, Figur 13, og opfølgende beregninger giver et indblik i hvor mange kilo muslinger der landes pr. meter, Figur 14, og hvor lange skrabene i gennemsnit er, Figur 15.





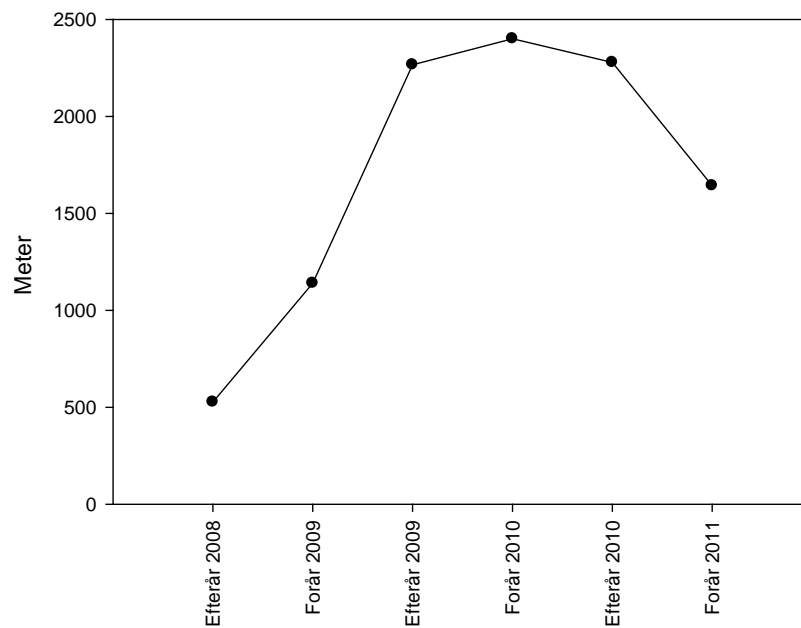
Figur 13. Muslingskrab de tre første sæsoner fartøjerne havde GPS til registrering af positioner mens de skrabede. Data fra sæsonen 2011/12 er endnu ikke blevet bearbejdet.

Fartøjernes gennemsnitlige effektivitet i Limfjorden, 2008-2011



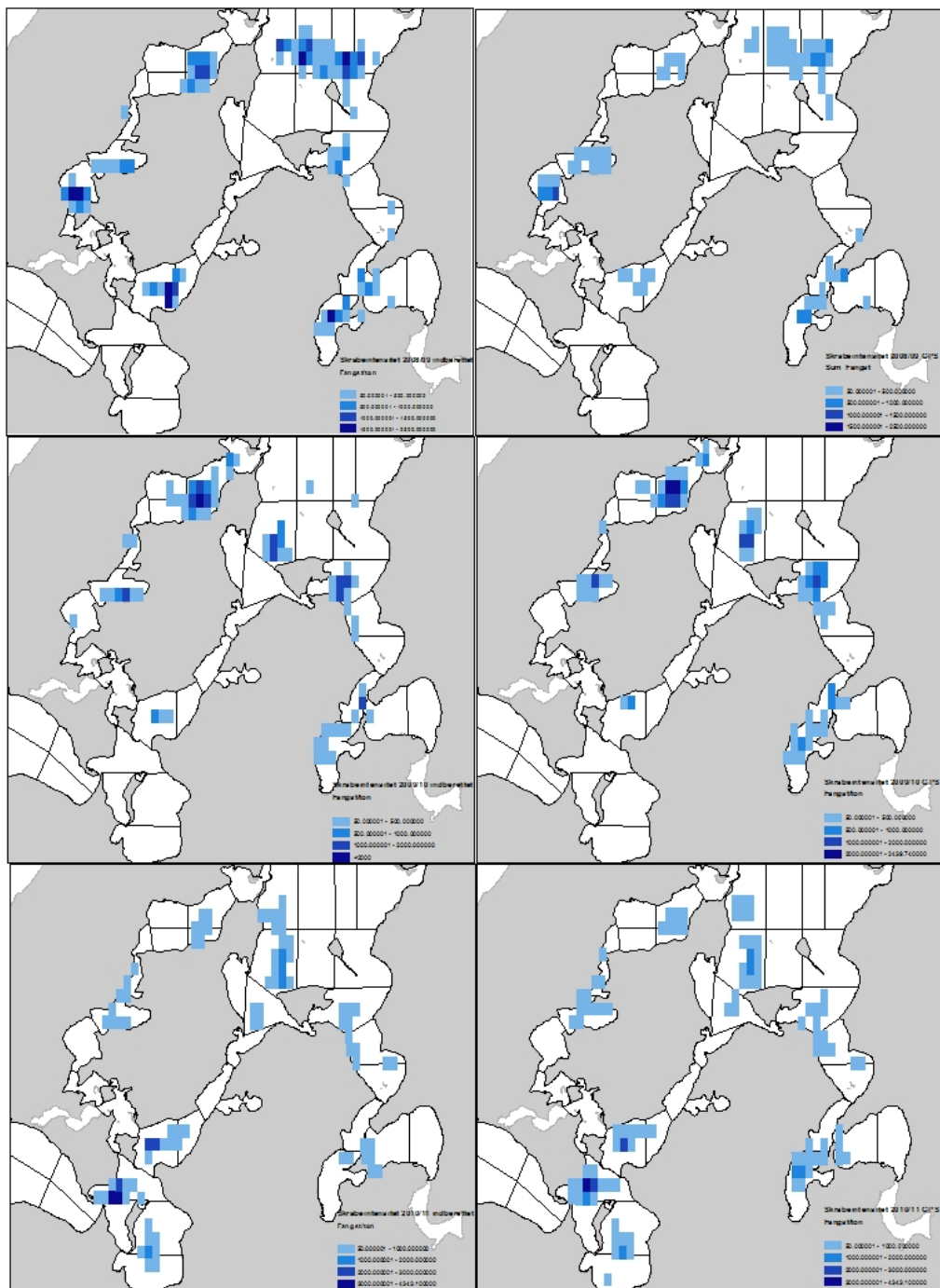
Figur 14. Skrabeeffektivitet for samtlige muslingefartøjer i Limfjorden siden GPS på bådene blev indført til og med foråret 2011.

Fartøjernes gennemsnitlige sejllængder i Limfjorden, 2008-2011



Figur 15. Den gennemsnitlige længde af samtlige skrab efter muslinger, fordelt på sæson.

De registrerede positioner og landinger hos fiskeridirektoratet helt tilbage fra 2002 og frem til 2011 er, på trods af deres mindre nøjagtighed, en ganske god repræsentation af hvor fiskerne har skrabet, hvis man sammenligner med GPS-data, Figur 16.

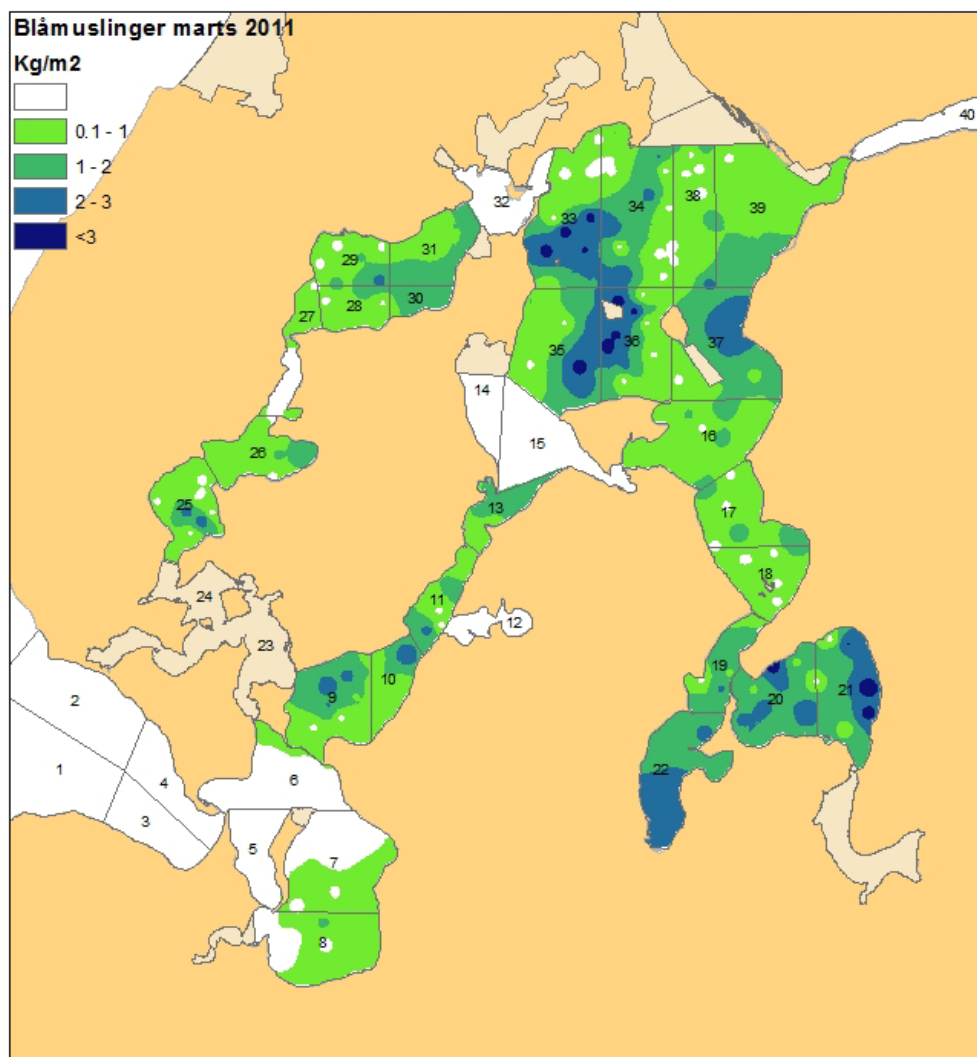


Figur 16. Fangstsummen (ton muslinger) de tre seneste sæsoner, øverst 2008/09, i midten 2009/10 og nederst 2010/11. Venstre side er indberetninger til fiskeridirektoratet og højre side er landingsdata forbundet med fartøjernes GPS-positioner.

Det ses at der er god overensstemmelse mellem de to datasæt både hvad angår mængder og især positioner for fiskeriet. I de efterfølgende analyser er indberetninger til fiskeridirektoratet benyttet da det strækker sig over længst tid.

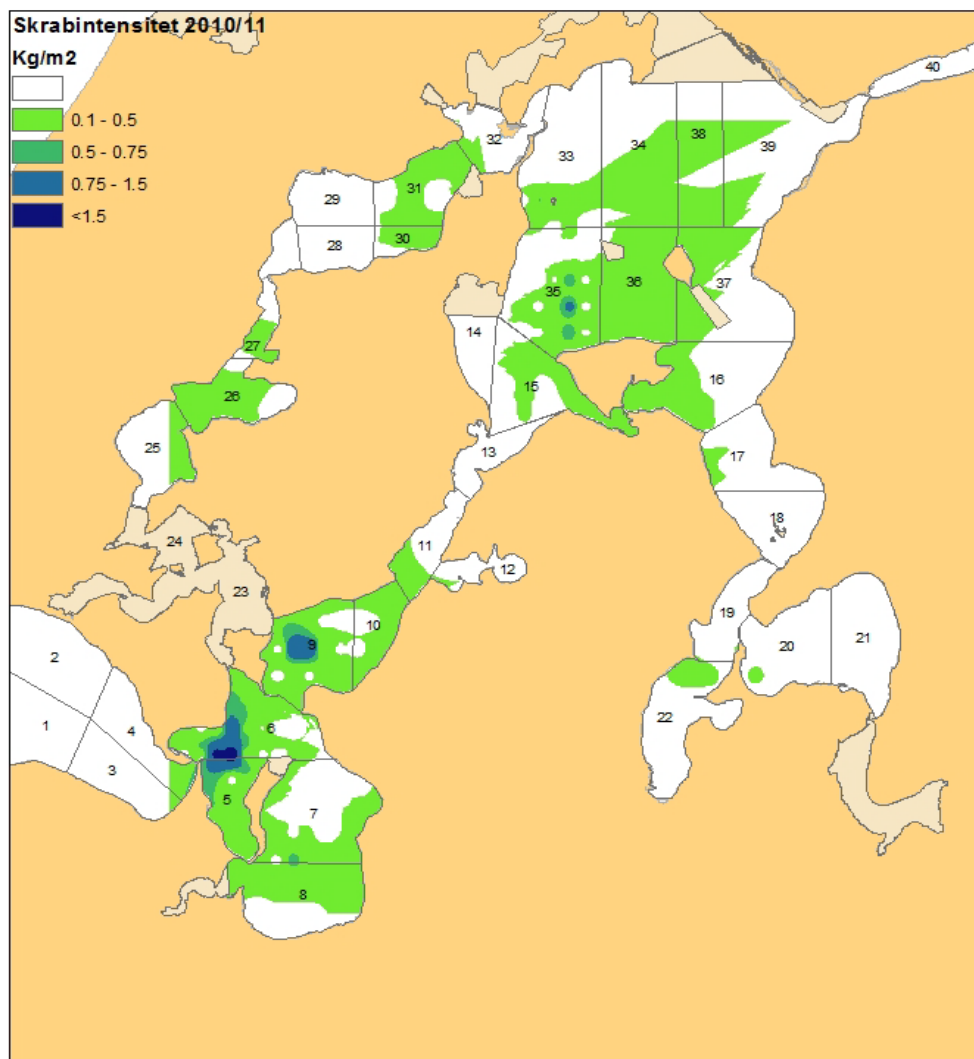
### Bestandsdata

På deres årlige togter foretager DTU Aqua prøveskrab til bestandsestimater af muslinger i Limfjorden. Disse bestandsestimater kan findes i de årlige konsekvensvurderinger af muslingefiskeriet i Danmark (se blandt andet Dolmer et al 2011; Christoffersen et al 2011). Muslingebestandens udbredelse i Limfjorden i marts 2011 var kendetegnet ved tætte forekomster i nogle områder og lav eller ingen forekomst i andre, ligesom det tidligere har været tilfældet, Figur 17.



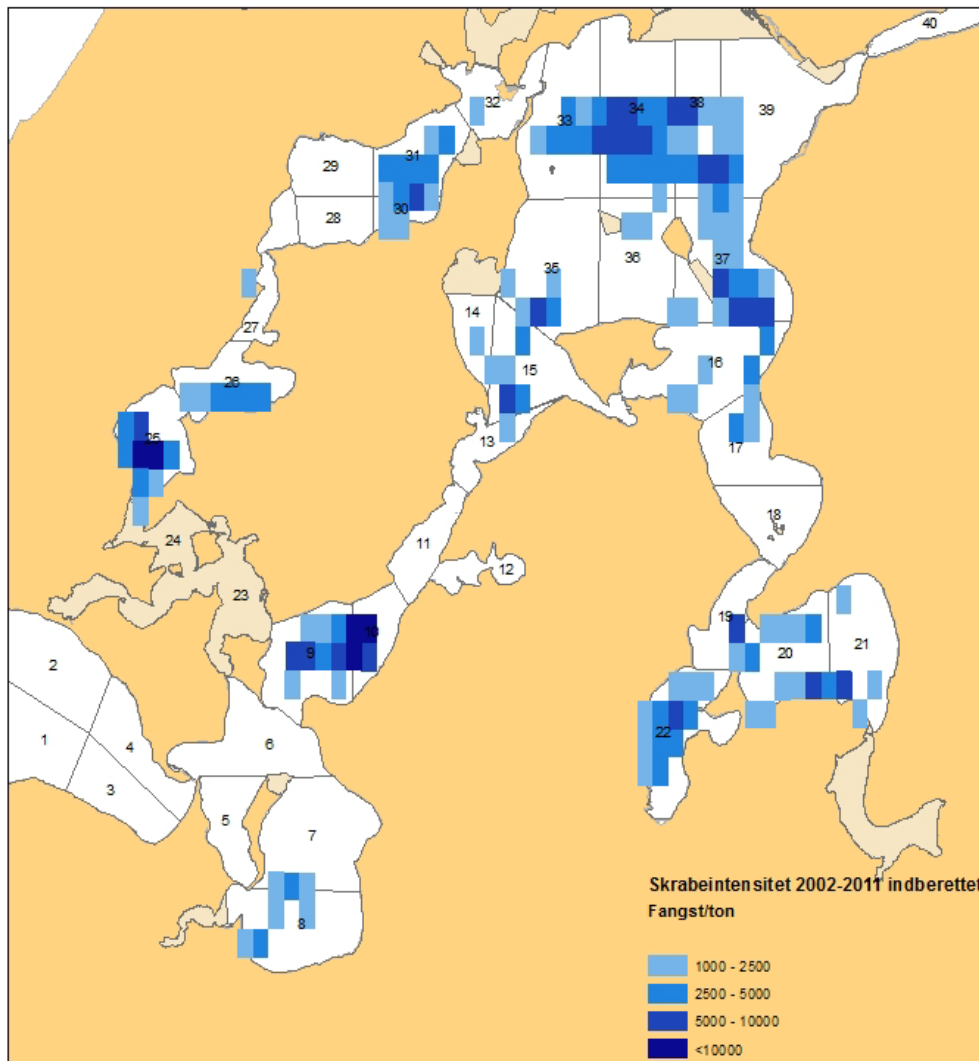
Figur 17. Modelleret estimat af bestanden af blåmuslinger i Limfjorden, på baggrund af DTUs prøveskrab i marts 2011.

Der er tætte forekomster især i Løgstør og Lovns Bredning og Skive Fjord og mindre tætte forekomster i Kås, Thisted og Visby Bredning. Der er ingen bestandsestimater fra det lukkede område ved Agerø. Skrabeintensiteten kan modelleres på samme måde som bestanden af muslinger ved at bruge fangster/m<sup>2</sup> som input i modellen, Figur 18.



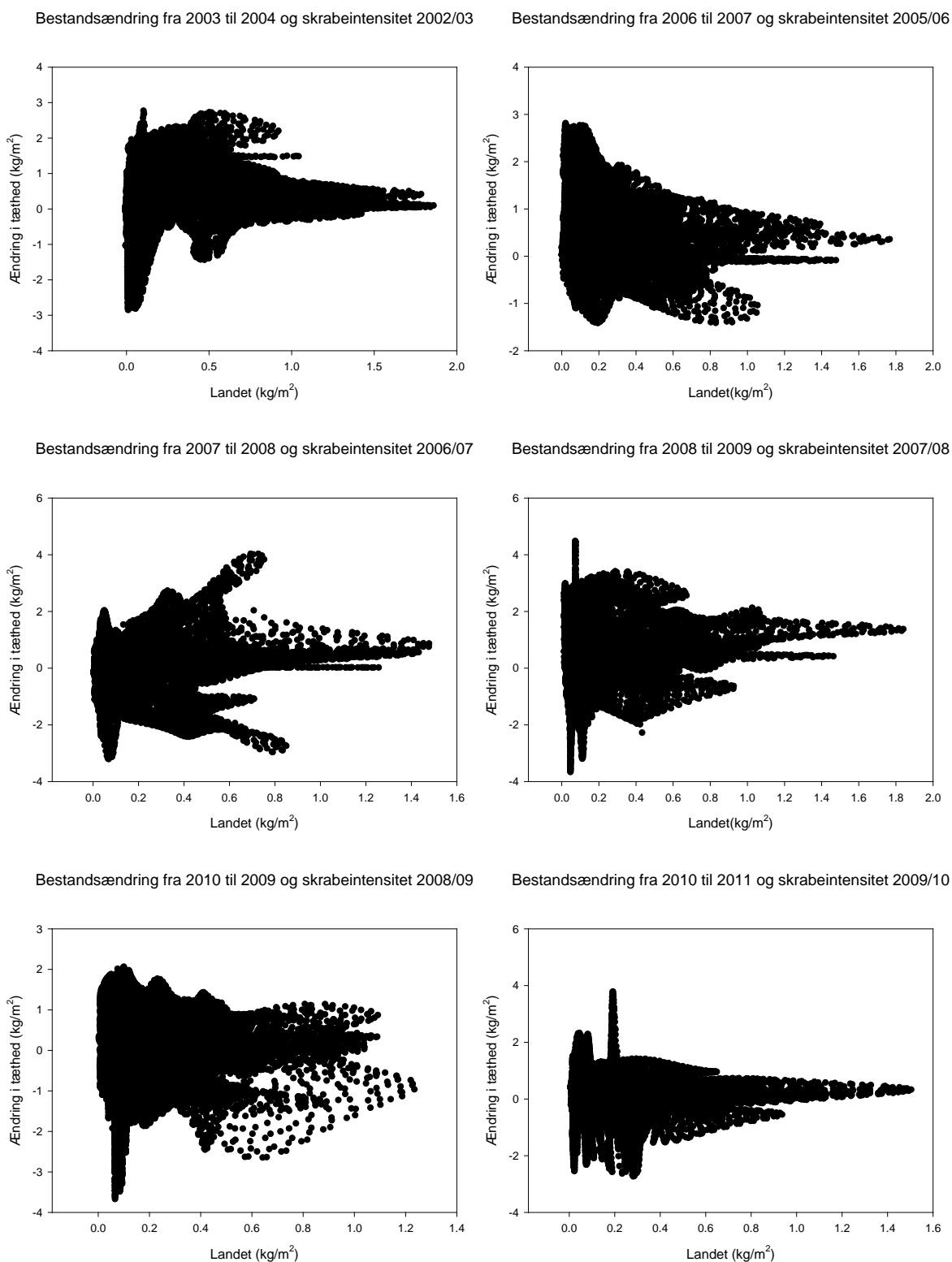
Figur 18. Modelleret estimat af skrabeintensiteten i Limfjorden sæsonen 2010/11, på baggrund af indberetninger til Fiskeridirektoratet.

Estimaterne for skrabeintensitet og bestandstæthed har samme værdi, og kan derfor sammenlignes direkte. Fiskeriets udbredelse de seneste ti sæsoner har været koncentreret omkring nogle kerneområder i Limfjorden, Figur 19.



Figur 19. Landinger af muslinger de seneste 10 år, tal baseret på indberetninger til Fiskeridirektoratet.

Landingerne over de seneste 10 år stammer fra områder der også er domineret af muslinger ifølge det seneste bestandsestimat fra 2011, Figur 17. Muslingebankerne fornyes tilsyneladende flere steder på trods af en solid fiskeindsats. Ændringer i tæthed, fra et år til det næste, indenfor områder på 100x100 meter, viser sig at være overvejende positivt korreleret med skrabeintensiteten i sæsonen forinden, Figur 20. De negative ændringer i tæthed stammer med stor sandsynlighed fra landinger i tiden mellem de to bestandsestimater.



Figur 20. Ændringer i tætheder år for år som funktion af skrabeintensiteten i sæsonen umiddelbart inden.

Grunden til springet mellem 2004-2003 og 2007-2006 er, at der ikke findes bestandsdata fra 2005.



## Diskussion

### Infauna

Sampling af infaunaen ved Agerø blev gjort på fire forskellige sites fra 1991-1997, men efter 1997 blev der taget en beslutning om at ændre sampling-design, så der i stedet for 10 HAPS i et punkt blev taget 20 HAPS i et grid over et væsentligt større område. Det grid man samlede i, lå mellem to af de fire punkter ved Agerø, der blev samlet i indtil 1997. En station, 24A, blev valgt som værende tættest på grid'et og dermed nogenlunde kompatibel med prøverne taget i grid'et. Diversiteten og antal arter ved Agerø generelt, hverken steg eller faldt over en periode på 20 år, men 24B havde de højeste værdier af både diversitetsindeks og antal arter. Da man overgik til at sample i et grid, var der en lille tendens til at værdierne blev lavere, men dog stadig indenfor hvad der var observeret tidligere ved Agerø. I 2011 var diversitetsindeks og antal arter, efter 6 år uden data, stort set uændrede i forhold til udviklingen generelt ved Agerø. Det kan argumenteres at et enkelt punkt, og senere et grid, i en del af området omkring Agerø ikke repræsenterer den fulde diversitet i hele området, men på den baggrund, at de fire sites oplevede ens skift i diversitet over en periode på 6 år, antages det at et delområde er en god indikation af hvordan situationen er ved det øvrige Agerø.

Undersøgelser har tidligere påvist at skrab efter muslinger har en negativ effekt på bundfaunaen over kortere perioder [Hoffman og Dolmer 2000], derfor kunne der også være en forventning om at bundfaunaen over en længere periode kunne have nytte af at området omkring Agerø er blevet permanent lukket for muslingefiskeri. Hvad angår artsdiversitet og antal arter har det vist sig ikke at være tilfældet. Da der ikke er lavet analyser på lignende datasæt i Limfjorden før, er det ikke til at sige om det tager længere tid at genoprette, der mangler desuden en målestok for hvad en genopretning resulterer i.

Ser man på diversiteten og antallet af arter ved de tre andre sites, der er data fra, viser det samme mønster sig. Der sker ikke hverken en klar stigning eller et fald i diversitet eller antallet af arter over en periode på næsten 30 år. Det er dog bemærkelsesværdigt at Visby Bredning har et relativt højt diversitetsindeks og antal af arter i forhold til de to andre sites i 2011.

Sammenligningen mellem alle fire sites viser en tendens til et fald i diversitet og antal af arter over de seneste 10 år, men det er tilfældet for både det lukkede område ved Agerø og de tre skrabe områder. Igen skiller Visby Bredning sig ud ved at have markant højere diversitet og antal arter i forhold til de tre andre sites og i forhold til 2005. Den biotiske koefficient giver ikke umiddelbart nogen indikation af at opportunistiske arter dominerer, og faktisk er værdien af koefficienten faldet på alle sites fra 2005 til 2011, på trods af at diversitet og antal arter også er faldet på tre af de fire sites. Koefficienten bygger

først og fremmest på kategorisering af arter på baggrund af deres respons på eutrofiering, men det må formodes at de egenskaber der giver en fordel ved eutrofiering i høj grad også er en fordel ved jævnlige skrab. Den manglende forskel på biotiske koefficienter mellem Agerø og de tre andre sites, hvor der jævnligt skrubes efter muslinger, er en indikation af at det ikke er muslingefiskeriet der har den største indflydelse på andelen af opportunistiske arter. Derimod er det nok mere sandsynligt at eutrofiering og iltsvind spiller en væsentlig rolle i at give robuste arter en fordel.

### Infauna – artssammensætning

Selvom der tilsyneladende ikke var sket en nævneværdig udvikling og der ikke var en egentlig forskel i diversitet og antallet af arter mellem det lukkede Agerø og de fiskede Kås, Thisted og Visby bredninger, er det dog nødvendigt at analysere artssammensætningen på de fire sites. Artssammensætningen kan være undergået en udvikling i retning af mindre arter som ikke har dele over sandet der er udsatte ved skrab efter muslinger. I Primer kan ANOSIM-analysen give et udmærket billede af om der er sket en udvikling i sammensætningen af de individuelle arter eller om en art er blevet mere eller mindre dominerende over tid. ANOSIM for de fire sites viste at der indenfor sitet var forskel på om prøverne var taget i et grid eller i et punkt, og der var forskel på om de var taget om foråret eller om efteråret. Da alle samlinger i grids er foretaget om foråret, kan det være vanskeligt at skille disse to faktorer ad. Det mest sandsynlige er at den sæsonvariation der er observeret bliver overført til sampling-metode, og at den reelle forskel skal findes i årstid. Blandt alle sites blev der observeret en indbyrdes forskel, selv indenfor Agerø, var der forskel mellem alle fire sites. En ANOSIM der havde faktorerne 'fisket' og 'lukket' viste at der ikke var nogen forskel mellem infaunaen ved Agerø og infaunaen i de tre bredninger lagt sammen, over en periode på 20 år fra 1991. Den manglende forskel mellem 'fisket' og 'lukket' illustrerer at forholdene for dyrelivet i Limfjorden er ret kompleks. Det er ikke tilstrækkeligt blot at inkludere faktorer som et skrab og et lukket område, der er andre variable som for eksempel eutrofiering, iltsvind, salinitet og dybde der tilsyneladende bidrager mere til den forskel der observeres, end skrab efter muslinger.

En klar trend i udvikling over tid, på MDS-plots, blev heller ikke observeret på de indsamlede steder lokaliteter, dog var der en tendens til at de fleste af prøverne taget i Kås Bredning i 2011 skilte sig ud fra de resterende prøver fra samme sted. Hvad dette skyldes kan ikke umiddelbart forklares. Ved Agerø observeredes der heller ikke en tidlig udvikling gennem 20 år. Prøver fra de forskellige år fordelte sig tilfældigt i forhold til hinanden. Alle MDS-plots havde en høj stress-værdi (mellem 23 og 30) og man skal derfor være varsom med at konkludere noget endeligt om udvikling over tid eller mangel på samme.

## Epifauna – artssammensætning

Analyser af epifaunaen, med ANOSIM i Primer, viste ikke overraskende at der var en forskel på artssammensætningen ved Agerø sammenlignet med Visby Bredning. *Hinia reticulata* (dværgkonk) var en meget dominerende art ved Agerø, mens *Hinia reticulata* og *Mytilus edulis* (blåmusling) dominerede i Visby Bredning. Det var samtidig disse to arter der bidrog mest til forskellen imellem de to områder, sandsynligvis fordi der i dværgkonkens tilfælde var flere observationer ved Agerø end i Visby Bredning. Blåmuslingers bidrag til forskellen bestod i at de blev observeret i 57 % af prøverne i Visby (i 20 % af prøverne var der desuden spottet fra blåmusling), mens de til sammenligning slet ikke blev observeret ved Agerø. I HAPS-prøverne var abundansen af blåmuslinger desuden også højere i både Thisted og Visby Bredning i forhold til ved Agerø. Selvom dette er interessant bør man notere sig at en HAPS-sampler, med dens begrænsede areal, ikke er velegnet til at registrere større arter der fortrinsvis lever ovenpå havbunden.

Ligesom for infaunaen viste et MDS-plot heller ikke nogen udvikling over tid i de to områder sammen, hvilket også indikerer at tilstanden i fjorden forbliver uændret over tid, både over og i sedimentet. Udover de ringprøver der blev taget af Dansk Skaldyrcenter i efteråret 2011 er der ikke blevet samlet siden 2002, og der kan ikke siges noget om udviklingen af epifauna i de to områder i denne periode.

## Positionsdata

Skrabene fra fartøjernes GPS har siden efteråret 2008, givet en mulighed for at følge kutterne tæt, og et meget detaljeret indblik i hvor fartøjerne skraber. Over den selvsamme, relativt korte, periode er det tydeligt at identificere områder hvor der bliver skrabet efter muslinger næsten hvert år, og i hvert fald hver andet. Disse observationer bliver bekræftet af data fra indberetninger til Fiskeridirektoratet, som har vist sig at stemme fint overens med GPS-data. Nogle få registreringer er blevet fjernet på grund af fejlindtastninger (de var på land), selvom der går noget detaljerighed tabt på nøjagtigheden af positionerne, er det stadig en god repræsentation af fiskeriet og giver et groft overblik over hvilke områder der er "hotspots" for muslingefiskeriet. Det er især områder som Løgstør, Lovns, Kås, Thisted og Visby Bredning samt Skive fjord de største mængder muslinger er blevet landet de seneste ti år, og noget tyder altså på at disse områder kan skrubes jævnligt, hvert eller hver andet år, med et godt resultat. Modelleringen i ArcMap af skrabeintensiteten bygger på nogle antagelser og konverteringer af de rå indberetninger til Fiskeridirektoratet. Positionerne er som tidligere nævnt noteret med 1 minutgrads nøjagtighed hvilket dækker et relativt stort område. Men eftersom de fleste firkanter, af størrelsen  $1/60$  breddegrad  $\times$   $1/60$  længdegrad, er blevet skrabet flere gange og med stor sandsynlighed af flere fartøjer, må man altså antage at der er udøvet en væsentlig indsats indenfor denne firkant.

Modellen antager at skrabeindsatsen har været jævnt fordelt over hele firkanten og et punkt, med lige lang afstand til firkantens sider i øst-vestlig retning og lige lang afstand i nord-sydlig retning, repræsenterer skrabeintensiteten indenfor denne firkant i beregningerne af outputtet. Hvis skrabeintensiteten har været koncentreret i et hjørne af firkanten er det klart at punktet ikke giver det rette billede af præcist hvor skrabeene har været koncentreret, men det overordnede indblik i, hvilke områder der er blevet udnyttet mest antages at være relativt godt.

### Bestandsdata

Estimaterne af muslingebestanden i Limfjorden er også modelleret i ArcMap under samme betingelser som for skrabeintensiteten. Til forskel fra skrabeintensiteten stammer data fra punkter der kendes med noget større nøjagtighed. Data består af relativt korte prøveskrab der sorteres og vejes og konverteres til enheden  $\text{kg/m}^2$ . Skrabene er foretaget, så alle dele af Limfjorden bliver undersøgt, dog er der nogle dele af arealet hvor prøveskrabene ligger tættere end andre. Ved modelleringen tildeles hver celle på  $100 \times 100 \text{m}$  en værdi baseret på værdien af de 12 nærmeste prøveskrab, og afstanden til prøveskrabene har også indflydelse på værdien af cellen. Prøveskrab tættest på vægter mest, og i områder hvor der er en lavere tæthed af prøveskrab får de nærmeste større indflydelse på værdien af cellen, end i områder hvor der er mange prøveskrab i nærheden. I praksis betyder det at bestandstætheden muligvis er overvurderet i områder med færre prøveskrab sammenlignet med områder hvor prøveskrabene ligger tæt. Overordnet er modellen dog god til at forudsige hvor muslingebankerne er, hvilket bekræftes af at de tætteste forekomster af muslinger forekommer de samme steder som fiskerne har skrabet de seneste 10 år.

Korrelationen mellem ændringer i bestandstætheder og skrab i sæsonen forinden viser, at hvis man fjerner nogle af muslingerne kan det medføre en øgning i bestandstætheden. Denne øgning kan skyldes at den landede mængde muslinger giver bedre vilkår i form af mere plads og mindre fødekongurrence, og dermed bedre vækstbetingelser for de resterende individer. Det kan også skyldes at rekrutteringen øges, enten fordi der skabes gunstige steder for larverne at sætte sig fast på, eller at overlevelsen af spat øges i områder hvor tætheden af voksne individer er mindre. Givetvis er det en kombination af de to forhold. Sammen med opgørelsen over hvor de sidste 10 års landinger af blåmuslinger kommer fra må det siges at være sandsynligt at muslingskrab i hvert fald til dels er gunstige for forekomsten af muslinger. Nedgangen i bestanden må formodes at skyldes landinger af muslinger i tidsrummet mellem de to bestands estimater. Det er vigtigt at huske på at den positive korrelation eksisterer mellem forskellen i bestandstætheden på to på hinanden følgende år og skrabeintensiteten i sæsonen forud for disse to bestandstætheder.

## Hypoteser

Hypotesen om at muslingeskrab har en negativ effekt på bundfaunaen over en længere periode, og at forholdene ved Agerø forventedes at blive bedre må afvises. Der var ingen nævneværdig forskel i antallet af arter eller i diversitet på de fire sites. Analyser i Primer viste heller ikke nogen udvikling i artssammensætning over den tyveårige periode der eksisterer data fra Agerø-området. Der var ingen år der skilte sig særligt ud, på trods af pauser i samplingen, på tre år fra 2002-2005 og seks år fra 2005-2011, lå ingen af disse prøver i grupper der kunne adskilles fra de øvrige i et MDS-plot. Undtagelsen var Kås Bredning hvor de fleste prøver, taget i 2011, adskilte sig fra prøver taget i tidligere år. Der er dog ikke nogen tvivl om at de fire sites adskiller sig fra hinanden og at der eksisterer en del variation på de forskellige mindre farvande i Limfjorden.

Manglen på en egentlig baseline ved Agerø, og på de øvrige sites udgør en usikkerhed i forhold til at konkludere noget endegyldigt om muslingeskrabs langtidseffekter. Det er ikke sandsynligt, men dog en mulighed, at bundfaunaen ved Agerø gennemgik en genopretning i perioden mellem fiskeriet blev lukket i 1989 og de første prøver blev taget i foråret 1991. Alternativt er genopretningstiden længere end de 20 år der eksisterer data eller effekten af skrab udgør en varig uoprettelig skade. Det er ikke muligt at sige noget om dette da der, som tidligere nævnt, ikke eksisterer lignende data fra før skrabeaktiviteterne begyndte i Limfjorden. Dog er det vigtigt at pointere at udviklingen i diversitet og antallet af arter synes at følges ad på de fire sites, og det peger på at andre faktorer har en større effekt på de to variable end muslingeskrab.

Der er tegn på at hypotese nummer to kan bekræftes, men det kan i praksis vise sig at være lidt kompliceret. Afbildningen af landinger de seneste ti år synes tydeligt at bekræfte at nogle få områder skrubes jævnlige og at skrabeintensiteten i disse områder er høj. Korrelationen mellem skrabeintensitet i en sæson og positiv vækst i bestandstætheden et år efter peger også på at der kan være en sammenhæng. Den negative bestandsændring der ses skyldes formentlig skrab indenfor de to bestandsestimater der trækkes fra hinanden, men det kan ikke udelukkes at der også er en effekt fra sæsonen før, og den positive korrelation alene er ikke nok til at bekræfte om skrab har direkte indflydelse på forekomsten af nyt spat. Relationen kunne også skyldes at eksempelvis de gældende strømforhold foranlediger spat til at samles og settle på særlige steder i fjorden der så kan skrubes med succes igen og igen. Ringprøver taget ved Agerø indeholdt ingen blåmuslinger over en femårig periode, mens der i Visby Bredning i samme periode blev registreret blåmuslinger i 57 % af prøverne. I HAPS-prøverne i perioden 1991-2011 var abundansen af blåmuslinger i både Thisted og Visby Bredning højere end ved Agerø. Disse resultater peger i høj grad på at fornyelsen af muslingebanker afhænger af en vis

skrabeaktivitet. Man kan forestille sig at en muslingeбанке udgør et passende substrat til settling af larver. Er der ikke alt for høj tæthed, for eksempel som resultat af et skrab, udgør det samtidig et miljø hvor chancen for overlevelse efter settling er høj på grund af en relativ lav konkurrence. Skrubes der ikke over en længere periode, kommer en banche til at bestå af større og større individer i et tætpakket system, der ikke levner nysettlet spat plads og føde til at overleve, og måske degenererer banken efter en vis periode efterhånden som de voksne muslinger dør. Om situationen er sådan ved Agerø kræver det yderligere undersøgelser at fastslå, men det tyder på at forekomsten af muslinger er mindre end i hvert fald i Visby Bredning som skrubes. Udviklingen er uheldig eftersom muslingeбанкер ofte er associeret med en række andre arter og udgør en vis beskyttelse for rogn og fiskeyngel.

## Referencer

Borja A., Franco J. & Pérez V.(2000): A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments, *Marine Pollution Bulletin* **40**(12): 1100-1114

Christoffersen, M., Poulsen L. K., Geitner K., Aabrink M, Kristensen P. S., Holm N. og Dolmer P.(2011): Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lovns Bredning 2011/2012, DFU rapport Nr. 243-2011

Dolmer P., Christoffersen M., Poulsen L. K., Geitner K., Aabrink M., Larsen F., Kristensen P. S. og Holm N. og.(2011): Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Løgstør Bredning 2011/2012, DFU rapport Nr. 244-2011

Dolmer P. & Hoffmann E. (2004): Østersfiskeri i Limfjorden – sammenligning af redskaber, DFU-rapport nr. 136-04

Eigaard O. R., Frandsen R. P., Andersen B., Jensen K. M., Poulsen L. K., Tørring D., Bak F. & Dolmer P. (2011): Udvikling af skånsomt redskab til fiskeri af blåmuslinger, DTU Aqua-rapport nr. 238-2011

Gislason H., Dalskov J., Dinesen G.E., Egekvist E., Eigaard O., Hoffmann E., Jepsen N., Larsen F., Poulsen L.K., Sørensen T.K. (2013): Miljøskånsomhed og økologisk bæredygtighed i dansk fiskeri. DTU Aqua Notat til NaturErhvervstyrelsen

Hoffmann E. og Dolmer P.(2000): Fisk, fiskeri og bundfauna ved Agerø, Limfjorden, DFU rapport Nr. 74-00

Lambert G. I., Jennings S., Kaiser M. J., Hinz H. & Hiddink J. G. (2011): Quantification and Prediction of the Impact of Fishing on Epifaunal Communities, *Marine Ecology Progress Series* **430**: 71-86

Thrush S. F., & Dayton P. K. (2002): Disturbance to Marine Benthic Habitats by Trawling and Dredging: Implications for Marine Biodiversity, *Annual Review of Ecology and Systematics* **33**: 449-473