

# Undersøgelse af hjertemuslingers nedgravningsadfærd.

---



Af:

Carsten Fomsgaard, Dansk Skaldyrcenter, DTU Aqua

Mia Gommesen, Dansk Skaldyrcenter, DTU Aqua

De seneste 5 år har fiskerne i Limfjorden observeret pludselig store forekomster af levende hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) i tætte banker på overfladen af fjordbunden i Kås, Visby, Thisted, Lavbjerg og Hanbjerg Bredning, samt i Sallingsund.

Hjertemuslinger lever normalt nedgravet til ca. 5 cm dybde, hvor de ikke er tilgængelige for fiskeri, men de store forekomster på overfladen gør dem tilgængelige. Det er endvidere fiskernes erfaringer, at hjertemuslingerne typisk går til efter et stykke tid på overfladen, hvilket understøttes af andre undersøgelser der viser, at størstedelen af de hjertemuslinger, der søger op til overfladen i naturen dør inden for en relativ kort tidsperiode (van den Brink et al, 2010; Thieltges, 2006).

Fænomenet kendes således også i udlandet, men årsagen hertil er ikke fuldt ud forstået, ofte er den unaturlige adfærd forklaret som en parasitdrevne mekanisme, men resultaterne har ikke været entydige (Thieltges, 2006). Andre mulige forklaringer kunne være, at adfærden er tæthedsafhængig og at det er kampen om føde eller plads, der får muslingerne til at søge op til overfladen.

På baggrund af dette er formålet med undersøgelsen, at finde ud af om der er en unaturlig adfærd hos muslingerne i et af de anviste område og i så tilfælde forklare sammenhængen for hjertemuslingernes adfærd.

For at undersøge dette til bunds blev der udført 4 uafhængige forsøg:

- Forsøg hvor nedgravningsmønsteret hos en naturlig population blev fulgt.
- Laboratorieforsøg der forsøger at klarlægge hvilke parametre, der kan medvirke til hjertemuslingernes nedgravningsadfærd,
- Undersøgelse af om hjertemuslingernes adfærd kan være parasitbetinget.
- Forsøg der undersøger muslingeskaberens påvirkning på en hjertemuslingebanke med en tæt population af hjertemuslinger.

## Nedgravningsmønster hos en naturlig population af hjertemuslinger

Formålet med dette forsøg var at undersøge hjertemuslingernes placering i sedimentet hen over året. I forbindelse med forsøget blev der ligeledes vurderet, hvad en mulig forklaring kan være på en unaturlig adfærd, hvor hjertemuslingerne ikke graver sig ned – ikke er i stand til at grave sig ned.

### Metode:

Prøver blev taget i juni, august og november 2012 samt i juni 2013 og prøvetagningen forløb hver gang over flere dage.

Tre positioner i område 11, Sallingsund, blev brugt som forsøgspositioner (se koordinater i Bilag 1 og kort i Bilag 2), hvor der blev udtaget prøver. Området blev valgt ud fra tidligere undersøgelser udført i 2012, der viste en høj koncentration af hjertemuslinger i dette område. Området er endvidere kendetegnet ved en høj gennemstrømning, hvor der sjældent observeres iltsvind (Bilag 3). Derudover blev der udvalgt tre kontrolområder. Kontrolområderne skulle bruges til at teste hvorvidt det udpegede forsøgsområde var et høj-densitets område med høje tætheder af hjertemuslinger. På kontrolområderne blev der ligeledes udtaget prøver på tre positioner (se koordinater i Bilag 1 og kort i Bilag 2).

På hver forsøgsposition (forsøgsområde 11, Sallingsund) blev der taget 20 hapsprøver og på både forsøgs- og kontrolpositionerne blev der taget 9 grabprøver (Figur 1).

Hver hapsprøve blev opdelt i tre lag:

- Eksponeret lag: 0-1 cm
- Top-lag: 1-5 cm
- Bund-lag: 5 -15cm

Hver grabprøve blev opdelt to lag:

- Top-lag: 0-5cm
- Bund-lag: 5-15 cm



Figur 1. Billeder til venstre: Haps der blev brugt til prøvetagning. Billede til højre: Grab der blev brugt til prøvetagningen.

Efter opdelingen blev hvert lag placeret i en netpose og skyllet fri for sediment. Grundet netposernes maskestørrelsen er der sket et mindre tab af helt småt skalmateriale, men dette vurderes ikke at have betydning for forsøgenes resultater. På land blev netposerne placeret i en rende med strømmende havvand indtil oparbejdning.

Der blev noteret følgende underoparbejdning: totalvægt, vægt/antal hjertemuslinger, vægt/antal nyligt døde hjertemuslinger, vægt andet materiale. Nyligt døde hjertemuslinger blev defineret som de skaller, der stadigvæk var sammenhæftet. Alle levende muslinger blev gemt til længdemål og konditionsindeks.

Længden blev målt med en digital skydelære. Konditionsindeks (CI) blev beregnet ud fra hjertemuslingernes tørvægt og længde med følgende formel:

$CI = DW/L^3$ , hvor DW er tørvægten (mg) og L er skallængden (cm).

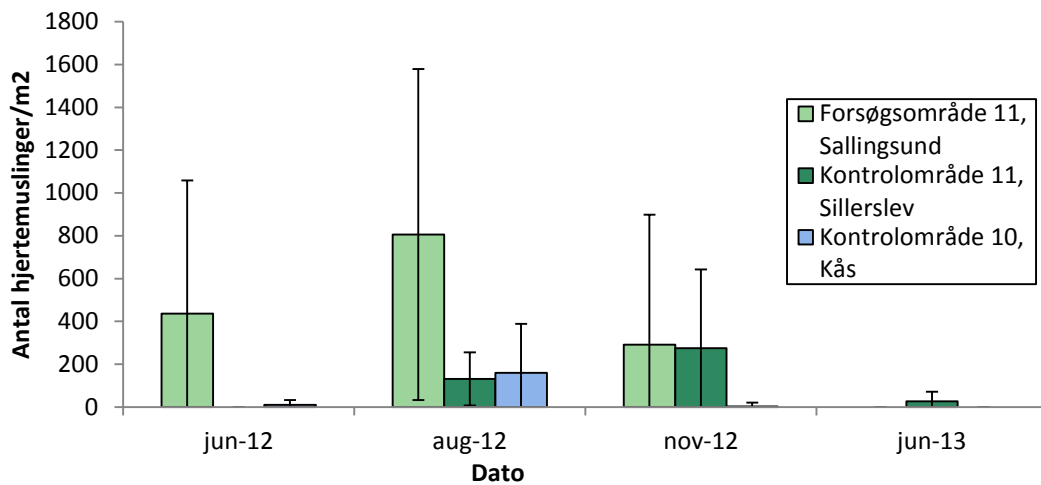
Der blev forud for dette forsøg lavet en forundersøgelse for at finde positioner med hjertemuslinger. På alle tre positioner i forsøgsområde blev der på daværende tidspunkt fundet levende hjertemuslinger på sedimentoverfladen.

## Resultater

På de forskellige positioner blev typen af sediment bestemt og dette fremgår i tabellen under Bilag 1.

Da antallet af hjertemuslinger fundet i bunden (i både haps- og grabprøverne) er yderst begrænset er dette ikke medtaget i resultatafsnittet. I kontrolområdet 11, Nymølle, blev der på intet tidspunkt fundet levende hjertemuslinger og resultaterne derfra er dermed undladt i figurer og tabeller.

I de undersøgte områder blev der fundet levende hjertemuslinger i forsøgsområde 11, Sallingsund, kontrolområde 11, Sillerslev og kontrolområde 10, kås (Figur 2). I forsøgsområdet er der i juni og august 2012 gennemsnitligt flere hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> sammenlignet med kontrolområderne. I prøverne taget i november 2012 er antallet af hjertemuslinger i forsøgsområde faldet og i juni 2013 blev der ikke fundet nogen levende hjertemuslinger.

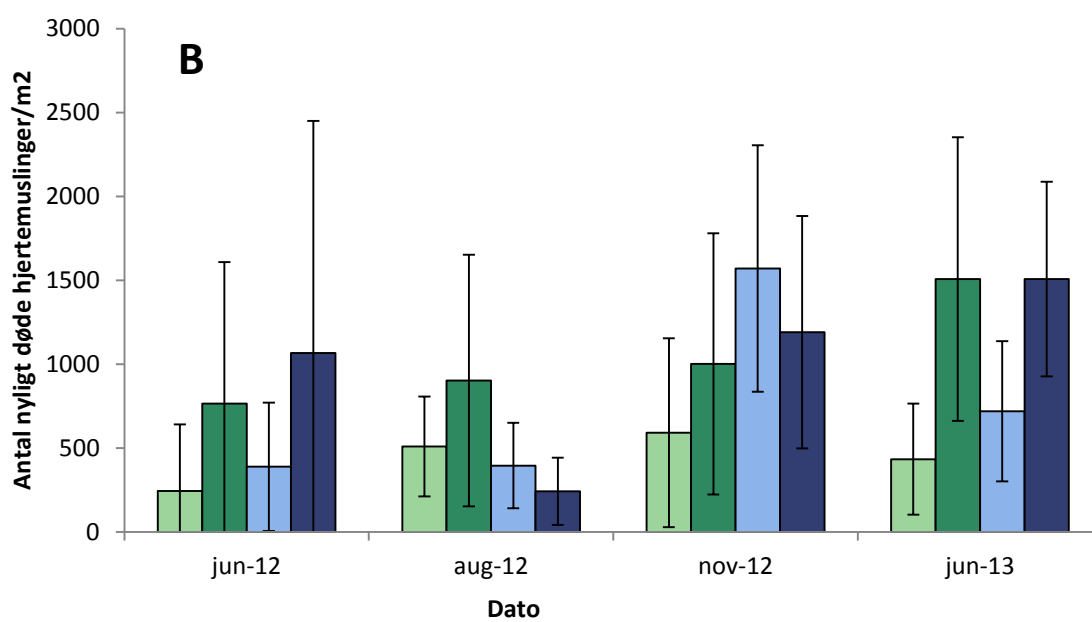
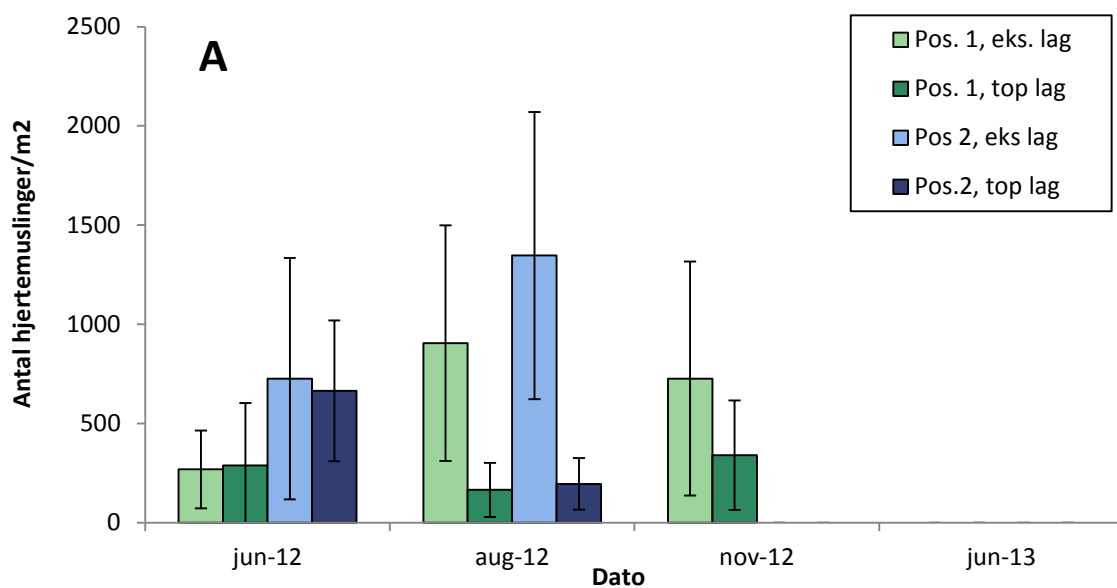


Figur 2. Det gennemsnitlige antal af hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> i forsøgsområdet og to kontrolområder i forsøgsperioden juni 2012 til juni 2013. Antallet er fundet ud fra toplaget af grabprøverne og er gennemsnittet fra de tre positioner i hvert område

På forsøgsposition 3 i område 11 blev der ikke fundet levende hjertemuslinger i forsøgsperioden, selvom forundersøgelsen havde vist levende hjertemuslinger på denne position. Der er derfor heller ikke medtaget resultater fra denne position i figurer og tabeller.

I forsøgsområdet ses en tidlig udvikling i antallet af hjertemuslinger på overfladen og hjertemuslinger nedgravet i sedimentet på begge prøvetagningspositioner. Ved forsøgsstart (juni 2012) er der ikke forskel i antallet af hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> i det eksponerede lag og i toplaget. Ved den efterfølgende prøvetagning i august 2012 var der sket en stor ændring i placeringen af hjertemuslinger (Figur 3A). Andelen af hjertemuslinger i det eksponerede lag var væsentlig højere, mens andelen i toplaget var kraftigt reduceret.

Ved prøvetagningen i november 2012 blev der ikke fundet nogen levende hjertemuslinger på position 2 til gengæld var der markant flere nyligt døde (Figur 3B). I juni 2013 blev der ikke fundet levende hjertemuslinger på nogen af prøvepositionerne i område 11, Sallingsund.



Figur 3. A: Antal hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> i det eksponerede (eks.) lag og top laget på prøveposition 1 og 2 på prøvetagningstidspunkterne. B: Antal nyligt døde hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> i det eksponerede (eks.) lag og top laget på prøveposition 1 og 2 på prøvetagningstidspunkterne. Antallet i begge grafer er beregnet ud fra hapsprøver (n=20)

## Diskussion

I nærværende undersøgelse blev nedgravningsmønsteret hos en tæt bestand af hjertemuslinger fulgt hen over året.

Når resultaterne for denne undersøgelse skal fortolkes er det vigtigt at huske på, at når antallet af hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> er det samme i toplaget og det eksponerede lag, så vil hjertemuslingerne i det eksponerede lag ligge tættere end hjertemuslingerne i toplaget. Dette skyldes at det eksponerede lag kun består af 1 cm sediment, hvorimod toplaget er defineret som 4 cm sediment.

Forundersøgelse i forsøgsområdet foretaget i marts 2012 viste en gennemsnitlig tæthed på næsten 2000 hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup>, på tre positioner i det udvalgte forsøgsområde. Dette kan betegnes som en forholdsvis tæt population sammenlignet med andre bestande man finder rundt om i verden (Genelt-Yanovskiy, 2010). På kontrolområderne var der væsentlig lavere tætheder. Tæthederne lå generelt på 100-300 hjertemuslinger, ved en enkelt prøvetagning blev der dog fundet ca. 700 hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup>, men dette skyldtes, at der havde været en ny bundslåning. Disse tal underbygger således påstanden om at tætheden i forsøgsområdet er høj

Undersøgelsen af hjertemuslingers placering i sedimentet over tid viser, at hjertemuslingerne bevæger sig rundt i sedimentet (Figur 3A). Den mest markante forskel ses mellem prøvetagninger i juli og august 2012. Her ses en tydelig vandring fra toplaget til sedimentoverfladen (eksponerede lag) på begge positioner i forsøgsområdet, men generelt lå der ved alle prøvetagninger med levende hjertemuslinger, en mindst lige så stor mængde hjertemuslinger på sedimentoverfladen som der var nedgravet. Dette understøtter fiskernes påstand om at hjertemuslingerne en stor del af året ligger tilgængelig for fiskeri i visse områder af Limfjorden.

I november 2012 blev der ikke længere fundet levende hjertemuslinger på position 2 (Figur 2A) i forsøgsområdet. Til gengæld var der ved samme prøvetagning en stor stigning i mængden af nyligt døde (Figur 2B). På position 1 var der stadigvæk levende hjertemuslinger og der synes ikke at være en stor forskel i mængden eller hjertemuslingernes placering sammenlignet med prøvetagningen i august 2012. Ved den efterfølgende prøvetagning i juni 2013 var der ikke længere nogen levende muslinger på hverken position 1 eller 2 i forsøgsområdet og der blev heller ikke registreres en markant stigning i mængden af nyligt døde som ved forrige prøvetagning på position 2. Dette kan skyldes, at der går mere end 6 måneder mellem de to sidste prøvetagninger og skallerne fra de døde hjertemuslinger, kan være blevet ført bort fra området.

Grunden til at det samlede antal af levende hjertemuslinger (hjertemuslinger i det eksponerede lag og hjertemuslinger i toplaget) i de forskellige områder i forsøgsperioden ikke er konstant skyldes til dels, at der er hjertemuslinger som dør eller forsvinder med tiden, men også, at der i visse områder kommer nye muslinger til (Figur 2). Dette er eksempelvis tilfældet i kontrolområde 10, Kås, hvor der kommer en ny bundslåning i august måned. I samme måned er der indikationer på at antallet af hjertemuslingerne er steget i flere af de andre områder, men der blev til forskel fra området i Kås ikke observeret en ny bundslåning i disse områder. Fordelingen af hjertemuslinger er generelt lettere klumpet i områderne, hvilket vanskeliggør prøvetagningen, prøvetagningsmetoden kan således være forklaringen på, hvorfor der i august måned 2012 sammenlignet med de øvrige prøvetagningstidspunkter findes flere hjertemuslinger.

En særskilt undersøgelse af hjertemuslingerne fra dette forsøg har haft fokus på at teste hvorvidt der var et sammenhæng mellem parasit-sammensætning og køn af hjertemuslingerne i forhold til deres placering i sedimentet eller på sedimentoverfladen. Der blev fundet parasitter i hjertemuslingerne, men andelen af hjertemuslinger med parasitter var den samme for både de nedgravede som for de ikke-nedgravede hjertemuslinger. I forsøget blev det vist, at der var en overrepræsentation af gydemodne hunner på sedimentoverfladen, men samlet set kan resultaterne fra parasitundersøgelsen dog ikke alene forklare hjertemuslingernes unaturlige adfærd. Alle resultaterne for denne undersøgelse kan ses i rapporten "Ikke-nedgravede hjertemuslinger i Limfjorden – snylttere, gonadeudvikling og neoplasier"<sup>1</sup>.

Der blev ikke målt iltkoncentrationer i forbindelse med forsøgene, så det kan dermed ikke afvises, at lavere iltspændinger ved bunden kan have påvirket hjertemuslingerne og dermed have fremprovokeret en vandring mod sedimentoverfladen. Målinger fra miljøportalen taget nær forsøgsområdet viser, at der i prøvetagningsperioden ikke er blevet observeret iltvind (Bilag 3). Generelt er der i hele perioden kun et mindre fald i iltniveauet i løbet af sommeren. Fiskerne har tidligere nævnt, at der kan observeres hjertemuslinger på sedimentoverfladen på alle tidspunkter af året og det faktum, at vi i dette forsøg har fundet levende hjertemuslinger på sedimentoverfladen så tidlig som marts måned underbygger at iltmangel alene ikke kan være den forklarende faktor på hjertemuslingernes adfærd. Efterfølgende nedgravningsforsøg i laboratoriet har endvidere vist, at selv ved lavere iltspændinger er nogle hjertemuslinger stadig i stand til at grave sig ned i sedimentet (Figur 6).

Ved forsøgsstart i juni 2012 og fremefter blev der på intet tidspunkt fundet levende hjertemuslinger på position 3 i forsøgsområdet. Dette til trods for, at der ved forundersøgelsen blev registreret op til 1500 hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup>. Ved sidste prøvetagning i juni 2013 blev der ikke fundet levende hjertemuslinger i forsøgsområdet (alle 3 positioner). Forsøgsområdet kan dermed samlet set betragtes som et område, der i løbet af ca. halvandet år går fra at have en høj bestand til et område fuldstændigt uden hjertemuslinger, hvilket bekræfter fiskernes påstande om kortvarige episoder med store mængder af hjertemuslinger på sedimentoverfladen. Undersøgelsen understøtter ligeledes fiskernes påstand om, at disse hjertemuslinger dør, hvis de ikke fjernes fra området. Tidligere undersøgelser fra Limfjorden har desuden vist, at hjertemuslingerne i en population i høj grad består af en enkelt kohorte, med ganske få gamle individer (Ivell, 1981).

Hvad den specifikke årsag er til, at hjertemuslingerne er at finde på sedimentoverfladen kan ikke alene forklares ud fra denne undersøgelse. Udover tæthed er andre faktorer nævnt som mulige drivende kræfter, heriblandt parasitering, livscyklus, iltforhold og temperatur. Nogle af disse faktoreres indvirkning på hjertemuslingernes adfærd er studeret nærmere i de efterfølgende undersøgelser, hvor b.la. tæthed i kombination med ilt og temperatur, er undersøgt under mere kontrollerede forhold i laboratorium.

---

<sup>1</sup> <http://forskning.skaldyrcenter.dk/projekter/de-lokale-dyder/>



## Nedgravningsforsøg

Forsøgene er gennemført for at undersøge hvilke parametre, der har betydning for hjertemuslingernes evne til at grave sig ned i sedimentet.

I undersøgelsen er der særlig fokus på tætheden, ilt, parasitter og hjertemuslingens oprindelige placering i sedimentet ved prøvetagningen.

### Metode

I perioden august 2013 til december 2013 blev der gennemført 3 nedgravningsforsøg i laboratoriet. Hjertemuslinger til forsøgene blev hentet i område 11 (august- og september-forsøgene) og i område 13 (december-forsøget). Hjertemuslingerne blev hentet i område 13 i december-forsøget da der i dette område (modsat område 11) er konstateret lav tæthed af parasitter på det pågældende tidspunkt. I de hvert forsøg blev der testet for forskellige parametre (tabel 1).

**Tabel 1.** Type af forsøg og position for hapsprøver.

Måned	Forsøg	Koordinater nær prøvetagningen
August	Forsøg 1. Tæthed og oprindelig placering af hjertemusling.	N 56.41.844 Ø 008.48.299 og N56.41.738 Ø 008.48.225
September	Forsøg 2. Tæthed, oprindelig placering af hjertemusling og ilt.	N 56.41.844 Ø 008.48.299 og N56.41.738 Ø 008.48.225
December	Forsøg 3. Tæthed, oprindelig placering af hjertemusling, ilt. Område med lav parasit belastning.	N56.48.025 E00853798 og N56.48.034 E00853795

Hjertemuslingerne til forsøgene blev taget med haps og prøverne blev opdelt i 2 lag:

Eksponeret lag: - 0-1 cm

Top-lag: 1-5 cm

### Forsøg 1

Der blev i alt udtaget 84 hapsprøver. Efter hver hapsprøve blev levende hjertemuslinger fra hvert lag sorteret fra og sedimentet fra de øverst fem centimeter gemt.

Det gemte sediment blev dagen før forsøgsstart placeret i små plastikakvarier (18,5 cm x 18,5 cm x 18,5 cm) i et 5-7 cm tykt lag og akvarierne blev efterfølgende fyldt op med saltvand fra Limfjorden. Luft blev tilført hvert akvarium med iltsten.

Hjertemuslingerne blev opbevaret i tanke med rindende saltvand fra Limfjorden i 15-20 timer inden forsøgsstart. For at sikre at der kun var tale om levende hjertemuslinger blev de enkeltvis kontrolleret inden de blev lagt i forsøgsakvarierne.

Der blev opstillet i alt 12 akvarier, således at der kunne laves triplikater af de 4 forskellige behandlinger (Tabel 2). Behandlingernes forskellighed var i antallet af hjertemuslinger i akvariet og hjertemuslingernes position i sedimentet ved prøvetagningen med haps. Den højeste tæthed i akvarierne svarer til de højeste tætheder, som er fundet ved tidligere undersøgelser i Limfjorden.

**Tabel 2.** Antal hjertemuslinger i hvert akvarium og hjertemuslingernes placering ved prøvetagningen med haps.

Antal i akvariet	Hjertemuslingernes placering ved prøvetagning
25 stk.	Eksporeret
25 stk.	Top
50 stk.	Eksporeret
50 stk.	Top

En time efter forsøgsstart var vandet stadigvæk for uklart til at hjertemuslingernes position i sedimentet kunne bestemmes, men efterfølgende blev der hver time (i de første 6 timer efter forsøgsstart) noteret antallet af hjertemuslinger på sedimentoverfladen, delvis nedgravet og fuldt nedgravet. Herefter blev hjertemuslingernes position noteret efter hver 6. eller 12. time. Efter mere end 70 timer blev forsøget afsluttet.

## Forsøg 2

Der blev udtaget 100 hapsprøver og hjertemuslinger blev behandlet som ved forsøget i august måned, dog med den undtagelse, at halvdelen af akvarierne ikke havde nogen lufttilførsel. Det var ikke muligt at fremskaffe et tilstrækkeligt antal hjertemuslinger til at kunne lave triplikater af de forskellige behandlinger. I stedet blev der opstillet 16 akvarier, således at der kunne laves dublikater af de 8 forskellige behandlinger (tabel 3).

Herefter blev der hver time (de første 7 timer) målt ilt, temperatur og hjertemuslingernes position i sediment blev noteret som under forsøg 1. Efter de første 6 timer blev der målt og noteret efter hver 6. eller 12. time. Efter godt og vel to døgn blev forsøget afsluttet.

**Tabel 3.** Antal hjertemuslinger i hvert akvarium og hjertemuslingernes placering ved prøvetagningen med haps, samt tilførsel/ingen tilførsel af ilt.

Antal i akvariet	Hjertemuslingernes placering ved prøvetagning	Ilttilførsel
25 stk.	Eksporeret	Ilt
25 stk.	Top	Ilt
50 stk.	Eksporeret	Ilt
50 stk.	Top	Ilt
25 stk.	Eksporeret	Ingen ilt
25 stk.	Top	Ingen ilt
50 stk.	Eksporeret	Ingen ilt
50 stk.	Top	Ingen ilt
0	Kontrol uden hjertemuslinger	ilt

### Forsøg 3

Der blev udtaget ca. 70 hapsprøver og behandlingen af hjertemuslinger samt forsøgsopstillingen foregik som ved forsøgene i august og september måned. Halvdelen af akvarierne havde ikke nogen lufttilførsel. Der blev opstillet 24 akvarier (+ 3 kontrolakvarier uden hjertemuslinger, men med lufttilførsel), således at der kunne laves triplikater af de 8 forskellige behandlinger (tabel 4). I modsætning til de to forgående forsøg blev hjertemuslinger efter kontrol placeret i saltvand en i halv time forud for forsøgsstart. Dette blev gjort for at modvirke den eventuelle stresspåvirkning, som håndteringen kan have medført. Efter forsøgsstart blev der hver time (de første 6 timer) målt ilt og temperatur og hjertemuslingernes position i sedimentet blev noteret. De samme parametre blev efterfølgende målt og noteret hver 6. eller 12. time indtil der var gået to døgn. For at undersøge hjertemuslingernes reaktion på ændringer i iltkoncentrationen i vandet blev der efter de to første døgn byttet om på lufttilførselen, så akvarier der tidligere var uden luft nu fik luft og omvendt. De samme parametre som tidligere blev målt og noteret (ilt, temperatur og hjertemuslingernes position i sedimentet), dog knap så ofte. Efter i alt 7 døgn blev forsøget afsluttet. Selvom lufttilførslen ombyttedes i akvarierne bibeholdes deres oprindelige navneforklaring i grafer og tekst.

**Tabel 4.** Antal hjertemuslinger i hvert akvarium og hjertemuslingernes placering ved prøvetagningen med haps, samt tilførsel/ingen tilførsel af luft.

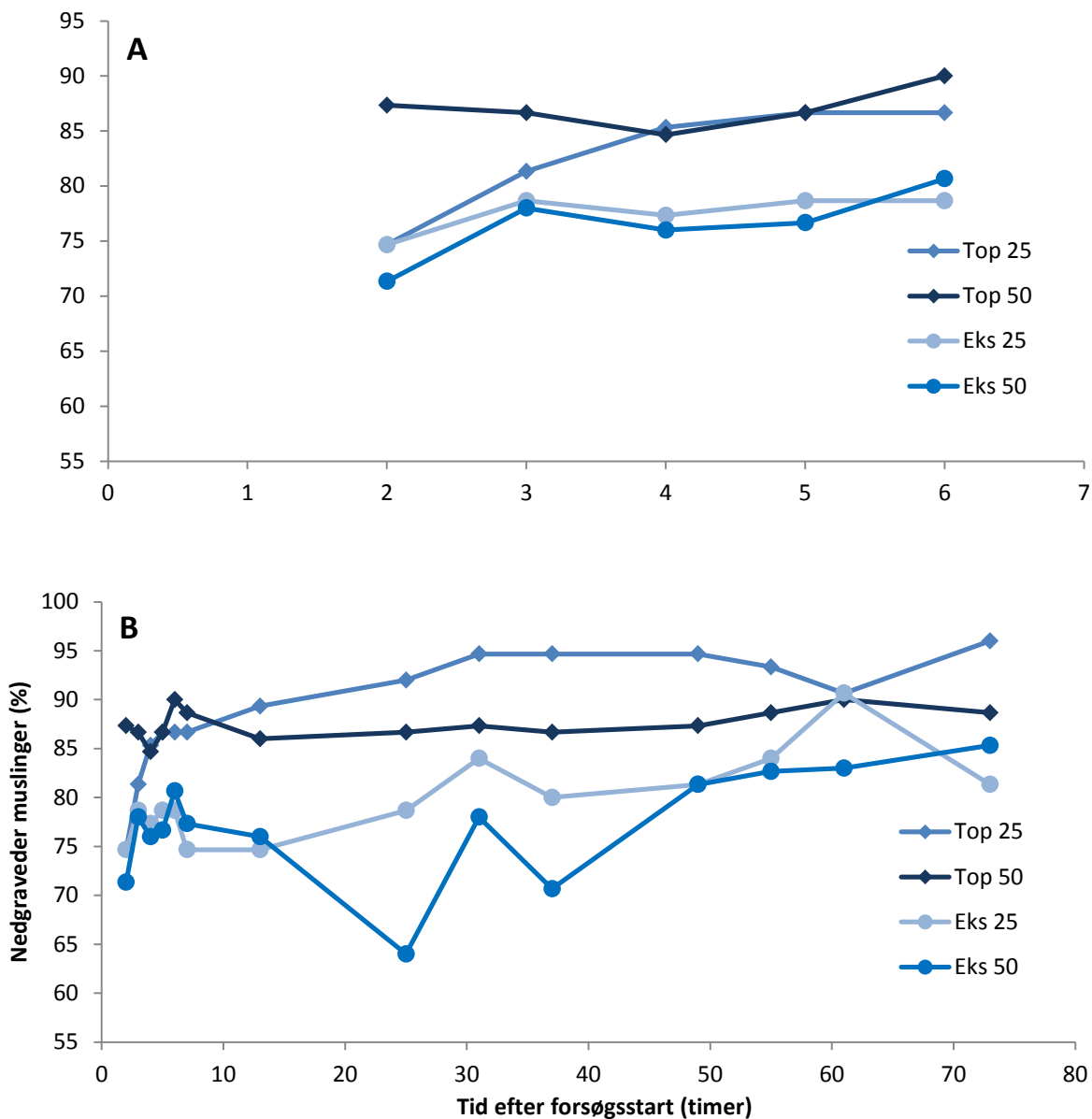
Antal i akvariet	Hjertemuslingernes placering ved prøvetagning	lufttilførsel dag 0-2	lufttilførsel dag 2-7	Navn under hele forsøg
25 stk.	Eksponeret	Ilt	Ingen ilt	Eks 25 m. ilt
25 stk.	Top	Ilt	Ingen ilt	Top 25 m. ilt
50 stk.	Eksponeret	Ilt	Ingen ilt	Eks 50 m. ilt
50 stk.	Top	Ilt	Ingen ilt	Top 50 m. ilt
25 stk.	Eksponeret	Ingen ilt	Ilt	Eks 25 uden ilt
25 stk.	Top	Ingen ilt	Ilt	Top 25 uden ilt
50 stk.	Eksponeret	Ingen ilt	Ilt	Eks 50 uden ilt
50 stk.	Top	Ingen ilt	Ilt	Top 50 uden ilt

## Resultater

Kort tid efter forsøgsstart var det for alle forsøgene næsten umuligt at se sedimentoverfladen i forsøgsakvarierne og derfor kunne antallet af nedgravede muslinger ikke bestemmes de første par timer. Dette kan skyldes en større nedgravningsaktivitet i denne periode i kombination med omrøring fra lufttilførslen. Derfor starter alt data i følgende figurer to timer efter hjertemuslingerne blev placeret i akvarierne (2 timer efter forsøgsstart).

### Forsøg 1

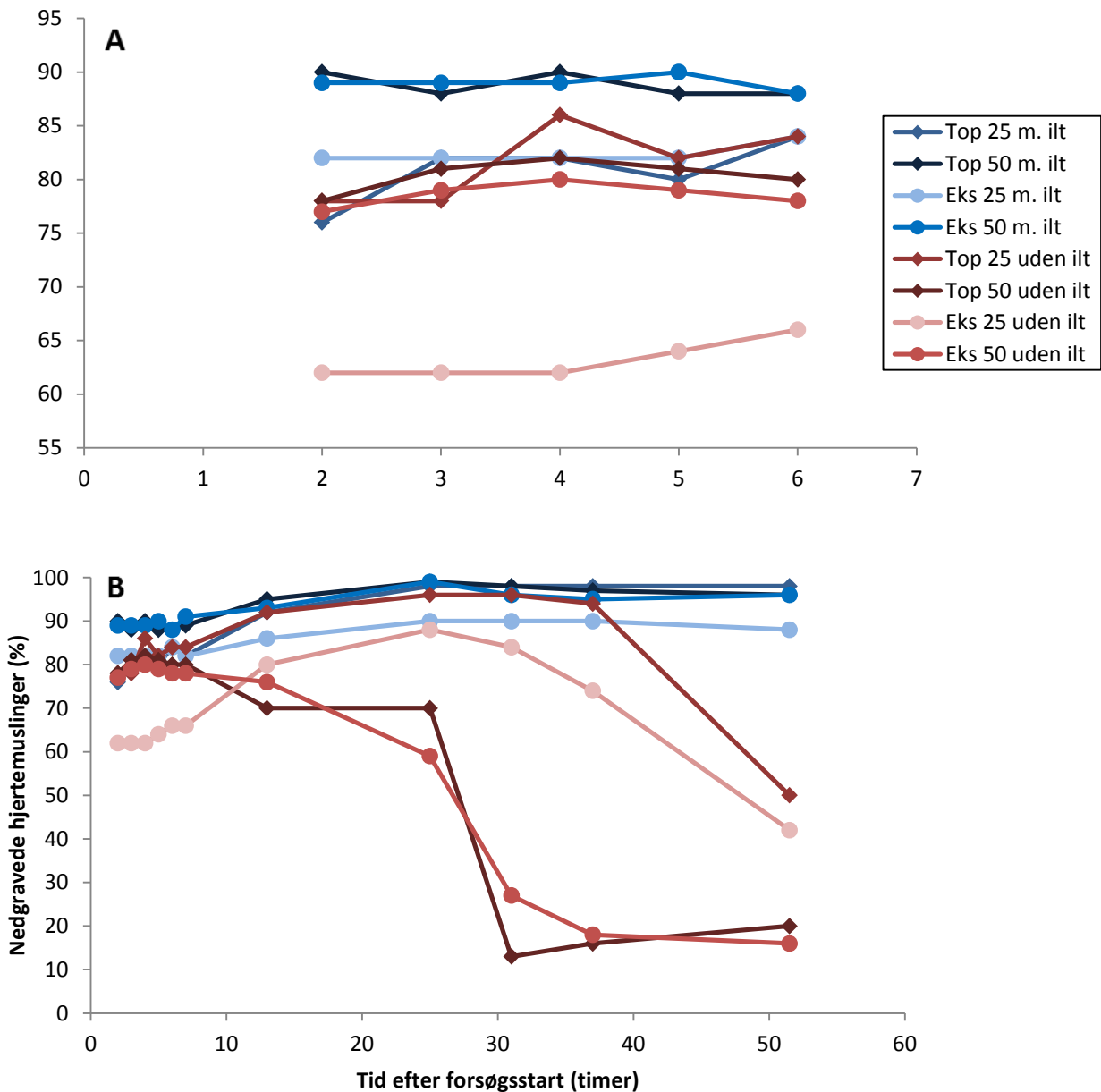
I perioden 2-6 timer efter forsøgsstart er mellem 70-90 % af hjertemuslingerne nedgravet i sedimentet (Figur 5A). I løbet af de første 6 timer efter forsøgsstart ses der ikke en stor forskel i mængden af nedgravede hjertemuslinger uanset densitet og hvilket lag muslingerne stammer fra (Figur 4A). Der er dog en lille tendens til, at der er færre nedgravet hjertemuslinger i de akvarier, hvor hjertemuslingerne i naturen var at finde på sedimentoverfladen (eksponerede lag).



Figur 4. A: Andelen af nedgravede muslinger (%) i de første 6 timer efter forsøgsstart. B: Andelen af nedgravede hjertemuslinger (%) fra forsøgsstart til forsøget sluttede. A og B: "Eks" og "Top" referere til hvor i hapsprøven, hjertemuslingerne blev fundet og tallene "25" og "50" angiver mængden af hjertemuslinger i akvariet.

I akvarier hvor hjertemuslingerne stammer fra toplaget og densiteten er lav er der generelt den største andel af nedgravede muslinger, hvorimod nedgravningsprocenten er lavest i akvarier hvor hjertemuslingerne stammer fra det eksponerede lag og densiteten er høj (Figur 4B). En trevejs ANOVA test viser at der er signifikant forskel i nedgravningsprocenten mellem muslinger fra det eksponerede lag sammelignet med hjertemuslinger fra toplaget ( $F_{1,111} = 63.843$ ,  $P = <0.001$ ). Omkring 78 % af hjertemuslinger fra det eksponerede lag gravede sig ned igen sammenlignet med 88 % fra toplaget. Samme test viste ingen signifikant forskel imellem de to forskellige typer af densiteter.

## Forsøg 2



Figur 5. A: Andelen af nedgravede muslinger (%) i de første 6 timer efter forsøgsstart. B: Andelen af nedgravede hjertemuslinger (%) fra forsøgsstart til forsøget sluttede. A og B: "Eks" og "Top" referere til hvor i hapsprøven, hjertemuslingerne blev fundet og tallene "25" og "50" angiver mængden af hjertemuslinger i akvariet.

I perioden 2-6 timer efter forsøgsstart er mellem 60-90 % af hjertemuslingerne nedgravet i sedimentet (Figur 5A). I forsøgsakvariet med 25 hjertemuslinger uden lufttilførsel fra det eksponerede lag ("Eks 25 uden ilt", Figur 5A) er der færrest nedgravede hjertemuslinger, mens der forsøgsakvarier med 50 hjertemuslinger med lufttilførsel fra både toplaget eller det eksponerede lag er flest nedgravede hjertemuslinger (Figur 5A).

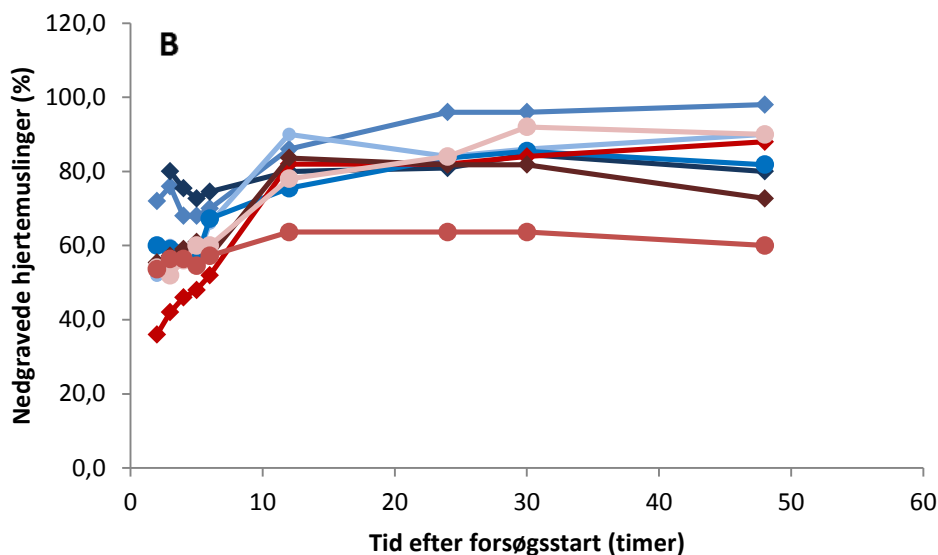
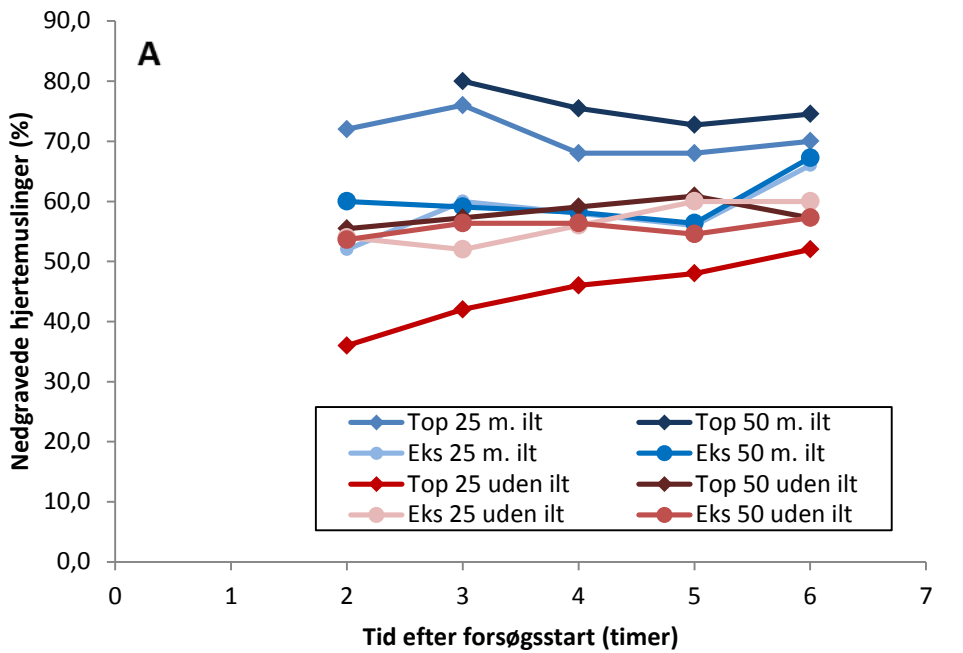
12 timer efter forsøgsstart er der i forsøgsakvarierne "Top 50 uden ilt", "Eks 50 uden ilt" og "Eks 25 uden ilt" en lavere nedgravningsprocent end de øvrige forsøgsakvarier (Figur 5B). Efter 24 timer sker der et markant fald i nedgravningsprocenten i akvarierne "Top 50 uden ilt" og "Eks 50 uden ilt". Efter omkring 40 timer ses der ligeledes et fald ved top 25 og eks 25 uden ilt. I akvarierne "Top 50 uden ilt" blev der fundet en død hjertemusling ved den sidste måling. Observationer viste ligeledes at mange af de ikke nedgravede muslinger i akvarierne "top 50 uden ilt" og "eks 50 uden ilt" lå åbne på overfladen, med foden hængende ud af skallen. Ved let berøring lukkede de sig igen. Ved forsøgsafslutning blev der observeret en form for film hen over vandet, for alle akvarier der ikke havde lufttilførsel. Akvarierne med lufttilførsel var nedgravningsprocenten stort set stabil hen over hele forsøgsperioden

Iltkoncentrationen i akvarier uden lufttilførsel falder markant i løbet af de første 8 timer, hvorefter den stabiliseres (Bilag 1). Det største fald i akvarierne ses, hvor mængden af hjertemuslinger er størst og 40 timer efter forsøgsstart er iltkoncentrationen nær 0 mg/l for forsøgsakvarier med 50 hjertemuslinger. Den falder til omkring 1 mg/l i akvarierne med 25 hjertemuslinger (Bilag 1). I akvarierne med ilt ses kun et lille fald i iltkoncentrationen i timerne umiddelbart efter forsøgsstart herefter stiger iltkoncentrationen i vandet igen og forbliver på samme niveau som ved forsøgsstart i den resterende tid. Temperaturen måles til mellem 15 og 18 grader under hele forsøgsperioden uden markante udsving.

### Forsøg 3

I forsøgsakvariet "Top 50, med ilt" var vandet grumset og mængden af nedgravede muslinger kunne ikke bestemmes før efter 3 timer. I de første 6 timer efter forsøgsstart er der flest nedgravede muslinger i forsøgsakvarierne "Top 50 med ilt" og "Top 25 med ilt". De øvrige akvarier med ilt adskiller sig ikke de første timer af forsøget fra akvarier uden ilt. "Top 25 uden ilt" har klar den laveste nedgravningsprocent (Figur 6A).

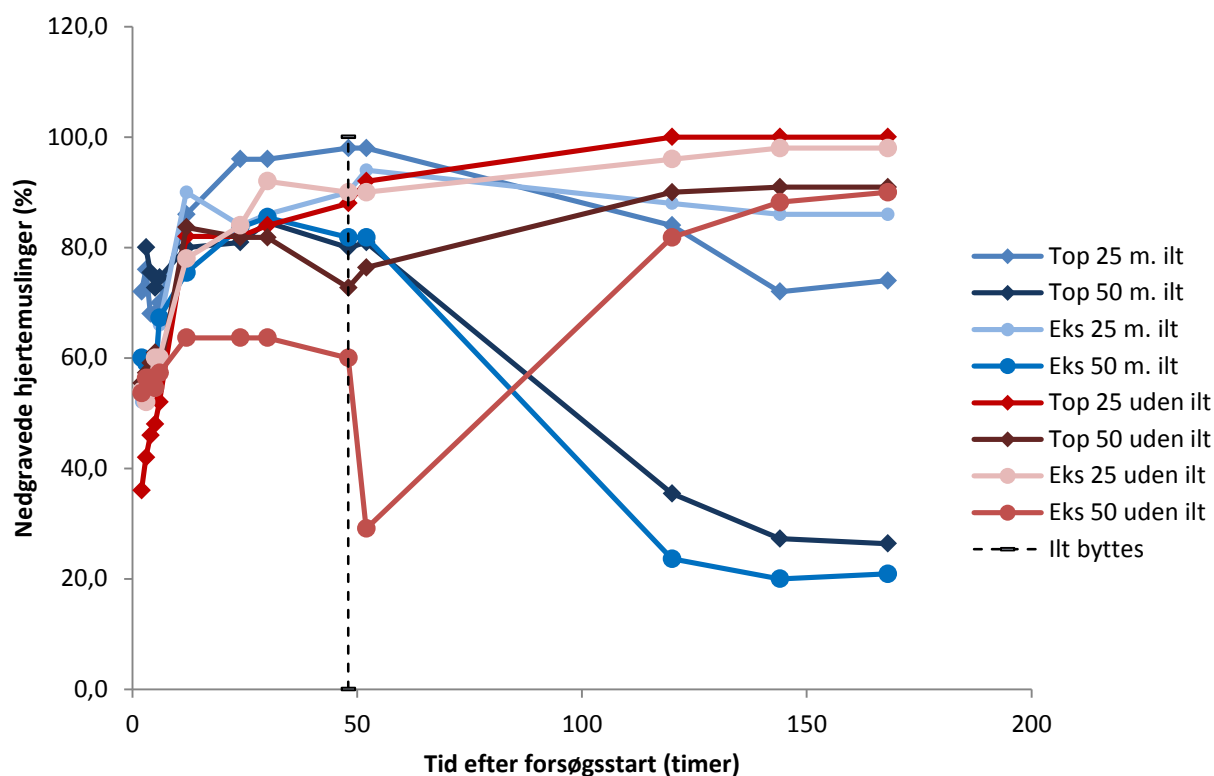
Set over hele forsøgsperioden er det især "Eks 50, uden ilt", der skiller sig ud, med en lavere nedgravningsprocent end de andre akvarier (Figur 6B).



Figur 6. A: Andelen af nedgravede muslinger (%) i de første 6 timer efter forsøgsstart. B: Andelen af nedgravede hjertemuslinger (%) fra forsøgsstart til første del af forsøget sluttede (lufttilførsel byttes om). A og B: "Eks" og "Top" refererer til hvor i hapsprøven, hjertemuslingerne blev fundet og tallene "25" og "50" angiver mængden af hjertemuslinger i akvariet.

Fire timer efter ændringerne i lufttilførslen måles der et markant fald i nedgravningsprocenten i forsøgsakvarium "Eks 50 uden ilt". I de andre forsøgsakvarier ses ingen markant ændring. Efter 68 timer (120 timer efter forsøgsstart) ses en stigning i nedgravningsprocenten i alle akvarier, der nu får tilført luft. Derimod er der sket et fald i alle akvarierne uden luft. Dette er tydeligst for akvarier med 50 hjertemuslinger.





Figur 7. Nedgravede hjertemuslinger (%) over hele forsøgsperioden. Den stiplede linje indikerer tidspunktet hvor ilttilførslen blev byttet om mellem akvarierne

Som ved forsøg 2 forsvinder iltten hurtigt i akvarierne uden ilttilførsel, og det er ligeledes akvarierne hvor densiteten er højest at der sker det største fald. Til gengæld stabiliseres iltkoncentration ved 2-4 mg/L (1-2,5 mg/L efter ombytning af luftførelse) og når derfor ikke ned på samme lave niveau som ved forsøg 2. Ved forsøgsafslutning ses samme mønster som ved forsøg 2, hvor mange af de hjertemuslinger, som er på overfladen er åbne med foden hængende ud. Der findes en død hjertemusling i både "Eks 25 uden ilt" og "Eks 25 med ilt".

Temperaturen falder i de første 48 timer fra ca. 9 til ca. 5 grader hvorefter den stiger til ca. 9 grader igen ved forsøgets afslutning.

## Diskussion

Forsøg 1 viser at selvom hjertemuslinger ligger eksponeret på sedimentoverfladen er de ikke nødvendigvis ude af stand til grave sig ned igen. Der var dog en lille tendens til at mængden af nedgravede hjertemuslinger var lavere i de akvarier med hjertemuslinger fra det eksponerede lag i forhold til hjertemuslingerne fra toplaget.

Hvis iltkoncentrationen derimod er lav virker det til at have en effekt på hjertemuslingernes nedgravningsevne (ønsket om at komme op på sedimentoverfladen). I forsøg 2 var der ikke nogen stor forskel i mængden af nedgravede muslinger i akvarierne med eller uden lufttilførsel i de første seks timer (Figur 5A). Derimod kommer flere muslinger op til overfladen efter 24 timer i akvarierne uden lufttilførsel og med høj densitet (Figur 5B) og dermed også lavere iltkoncentration (Bilag 6). I akvarierne med lav densitet uden lufttilførsel ses dette fald først efter ca. 40 timer, men her er iltkoncentrationen også generelt højere, hvilket giver god mening eftersom færre hjertemuslinger vil forbruge mindre ilt.

Forsøg 3 var en gentagelse af forsøg 2, bortset fra at hjertemuslinger i forsøg 3 blev taget fra et område med langt færre parasitter i bestanden. Nedgravningsprocenten i forsøg 3 er generelt lavere i akvarierne uden lufttilførsel, høj densitet og hvor hjertemuslingerne stammer fra det eksponerede lag, men der sker ikke samme pludselige stigning i antallet af hjertemuslinger på overfladen som under forsøg 2 (Figur 6). Hvorvidt dette skyldes parasiteringen, kan ikke fastslås ud fra denne undersøgelse.

Selvom forsøg 2 og forsøg 3 er ens i design, er der udover parasitbelastningen to andre vigtige forskelle, som ligeledes kan være medvirkende faktorer til de forskelligartede resultater. Forsøg 2 blev udført i september, hvor vandtemperaturen var højere (Bilag 6), end i december (Bilag 7), hvor forsøg 3 blev udført. Øget temperatur kan medvirke til at hjertemuslingerne har en højere aktivitet og et større iltforbrug. Iltkoncentration i forsøg 3 når aldrig at falde til samme lave niveau som ved forsøg 2 (Bilag 7). Derudover blev hjertemuslingerne til forsøg 3 placeret en halv time på vand forud for forsøgsstart, og ikke som i de to andre forsøg hvor hjertemuslingerne blev placeret direkte i akvariet efter kontrol og sortering. Kontrol og sortering af hjertemuslinger foregår udenfor vandet og kan stresser hjertemuslingerne og bevirke, at der er øget iltforbrug ved starten af forsøget.

Det ses, at der ved ombytning af lufttilførslen i forsøg 3 sker en større nedgravning i de akvarier der tidligere var uden lufttilførsel og et fald i mængden af hjertemuslinger, der er nedgravet for de akvarier hvor lufttilførslen efterfølgende fjernes (figur 7). Dette viser, at ilt kan spille en vis rolle i hjertemuslingernes nedgravningsadfærd. Det skal dog huskes på, at der findes hjertemuslinger på sedimentoverfladen på tidspunkter, hvor der ikke er lave iltkoncentrationer, så ilt alene er ikke den afgørende faktor for en unormal adfærd hos hjertemuslingerne.

## Effekt af muslingeskraber på en hjertemuslingebanke

Formålet med følgende eksperiment er at undersøge, hvorvidt fiskerne rent faktisk fisker hjertemuslinger fra sedimentoverfladen eller om skraberen påvirker bunden så meget, at der også tages hjertemuslinger der er nedgravet i sedimentet

### Metode

Undersøgelsen blev lavet på en hjertemuslingebanke i Sallingsund og gennemført fra den 30. september 2013 til den 2. oktober 2013.

I Sallingsundområdet blev to koordinater udvalgt (N56° 48,025 ; Ø008° 53,798 og N56° 48,034 ; Ø008° 53,795), hvor der blev optaget video og taget ringprøver (diameter 60 cm) hvert sted. Fem ringprøver blev taget ved hvert koordinat både før og efter en muslingekutter havde anvendt en muslingeskraber i området.

Ringprøverne blev udtaget af dykker og opdelt i 2 lag.

- Et "eksponeret lag" svarende til hjertemuslinger oven på sedimentet eller kun lidt nedgravet i sedimentet
- Et "toplag" svarende til hjertemuslinger nedgravet 1-5 cm. i sedimentet

Hvert lag blev opsamlet i dykkernet og bragt til overfladen, hvor prøverne blev sorteret. Prøverne blev opdelt i hjertemuslinger (antal og vægt) og andet materiale.

Herefter blev en muslingekutter sendt til området, for gentagende gange at skrabe på og omkring prøvetagningspunkterne. Den efterfølgende dag blev der udtaget ringprøver i skrabesporene og optaget video på samme måde som før skrab.

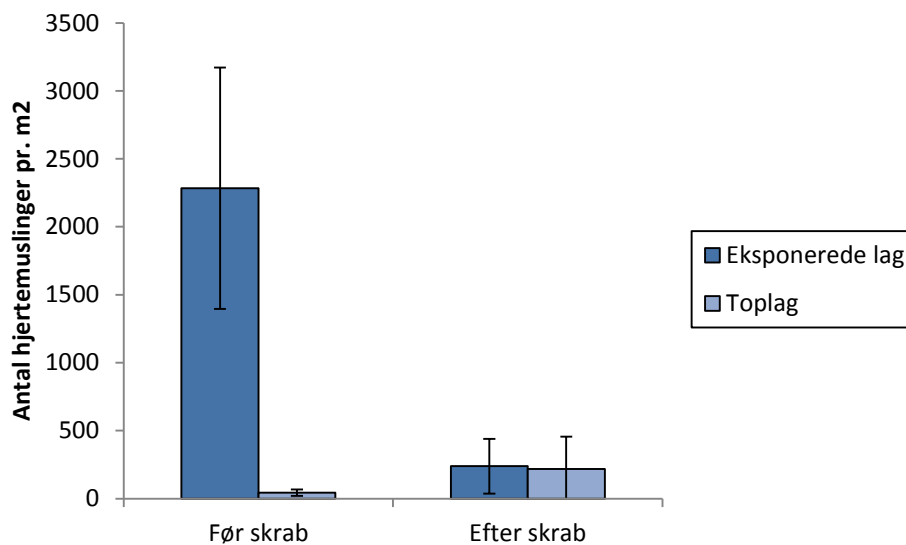
### Resultater

Område hvor forsøget foregik, blev af dykkeren beskrevet til at have en meget høj dækningsgrad af hjertemuslinger på begge prøvetagningspunkter (tæt på 100 %), hvilket verificeres af videofilmene (Figur 8). Hjertemuslingerne lå oven på hinanden i flere cm tykke lag med løst sediment imellem sig, så dykkeren ved prøvetagning kunne feje dem væk fra overfladen af det hårdere sediment. Efter skrab var der tydelige spor hen over muslingebanken efter skraberen. Hjertemuslingerne var ikke længere så synlige i det "eksponerede lag", hvilket videofilm taget efter skrab ligeledes dokumenterer. På flere billedsekvenser ses tydeligt skellet mellem den uberørte banke og den påvirkede banke (Figur 8).



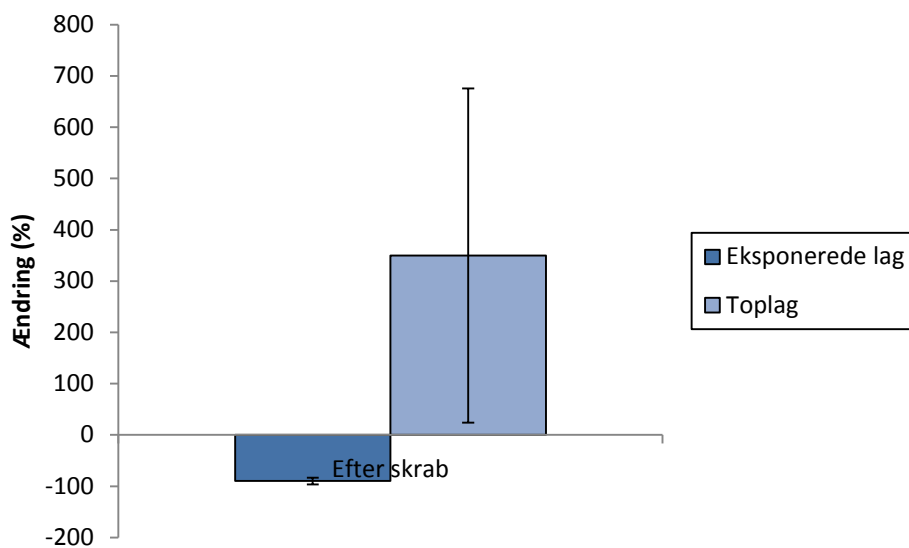
Figur 8: Til venstre: Den uberørte banke med hjertemuslinger. Til højre: banken efter skrab af bunden. Den nederste del af billedet viser skrabspeoret og fra midten og opetter ser man hjertemuslingebanken.

Før skrab ses det største antal af hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> i det eksponerede lag (Figur 9), hvor der er markant flere hjertemuslinger end i det toplaget. Efter skrab er der ikke længere forskel på antallet af hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> i det eksponerede lag sammenlignet med toplaget.



Figur 9. Antal hjertemuslinger pr. m<sup>2</sup> i top og eksponeret lag henholdsvis før og efter skrab.

I skrabspejrene er der sket et fald i antallet af hjertemuslinger i det eksponerede lag på næsten 90 %, hvorimod der er mere end tre gange så mange hjertemuslinger i toplaget (Figur 10) efter skrab.



Figur 10. Den procentvise ændring i antallet af hjertemuslinger i de 3 lag efter skrab sammenlignet med antallet før skrab.

## Diskussion

Denne undersøgelse viser, at fiskeri med en muslingeskraber har en klar effekt på antallet af hjertemuslinger, der ligger eksponeret på overfladen. Der ses et fald i antallet af muslinger på gennemsnitlig 90 %, hvorimod der ses en stigning i antallet af muslinger i toplaget. Denne stigning kan skyldes at skraberens påvirkning af hjertemuslinger, der ikke blev fanget. Hjertemuslingerne kan blive presset ned i sedimentet eller påvirkningen gør at de selv efterfølgende kravler ned til dybere liggende lag.

Det kan diskuteres om alle hjertemuslinger i det tykke lag (op til 5 cm) på overfladen af sedimentet kan defineres som eksponerede, da der var løst sediment imellem hjertemuslingerne. Kun hjertemuslinger omsluttet af sediment blev i dette forsøg betragtet som værende reelt nedgravet og dermed værende en del af toplaget.

Dårligt sigte og omrøring af sediment ved prøvetagning vanskeliggjorde prøvetagningen, men så snart dykkeren fik fjernet det tykke eksponerede lag af hjertemuslinger var der en tydeligt faste sedimentbund som i forsøget blev defineret som værende toplaget.

Selvom undersøgelsen har vist, at en stor mængde af hjertemuslinger fjernes ved skrabning, er der selv efter intensiv gennemtrawling af et område stadig et ikke ubetydeligt antal af hjertemuslinger i såvel det eksponerede lag som i toplaget (>200 pr. m<sup>2</sup> i begge lag). Yderligere undersøgelser med skrabning på et område med en mindre densitet af hjertemuslinger på overfladen af fast sediment kunne være med til at fastslå mere præcist hvor dybt skraberne går.

## Konklusion

Samlet set indikerer de forskellige undersøgelser af hjertemuslingernes nedgravningsadfærd, at flere faktorer kan være involveret i hjertemuslingernes unaturlige adfærd.

Ved undersøgelsen af den naturlige population blev der fundet et område med meget høj bestand af hjertemuslingen og her var en meget større andel end forventet at finde på sedimentoverfladen. Endvidere døde hjertemuslingerne i området efter noget tid, hvilket bekræfter fiskernes beskrivelse af områder med en tæt hjertemuslingebestand.

Hjertemuslingerne vandre tydeligvis rundt i sedimentet i løbet af året, men undersøgelserne viser, at hjertemuslinger, der findes på sedimentoverfladen ikke nødvendigvis er dødsdømte. En stor del af dem har en evne til at grave sig ned i sedimentet igen, hvilket tydelig er vist i laboratorieforsøgene. Samme laboratorieforsøg synes ligeledes at indikere at iltforholdene spiller en rolle i hjertemuslingernes adfærd, idet hjertemuslingerne har en tendens til at søge mod overfladen ved lave iltkoncentrationer.

I de forskellige forsøg er der ikke påvist nogen forskel i konditionsindekset eller parasit belastning for nedgravede hjertemuslinger i forhold til ikke-nedgravede hjertemuslinger, til gengæld ses en overrepræsentation af gydemodne hunner. Hvilken faktor der gør, at de gydemodne hunner i højere grad findes på sedimentoverfladen, bør undersøges nærmere.

At hjertemuslingerne ligger på overfladen siges at gøre dem tilgængelige for fiskeriet, hvilket bekræftes af undersøgelsen af en muslingeskrabers effekt på en hjertemuslingeбанke. Yderligere undersøgelser på en banke hvor definitionen af nedgravede hjertemuslinger er lettere at fastslå er dog nødvendig for at bekræfte, at muslingeskraber ikke fisker på de nedgravede hjertemuslinger.

Generelt kan det konkluderes, at nærværende undersøgelser ikke giver det endelige svar på hjertemuslingernes adfærd og flere undersøgelser er dermed nødvendige, hvis gåden omkring hjertemuslingernes vandring i sedimentet skal løses.

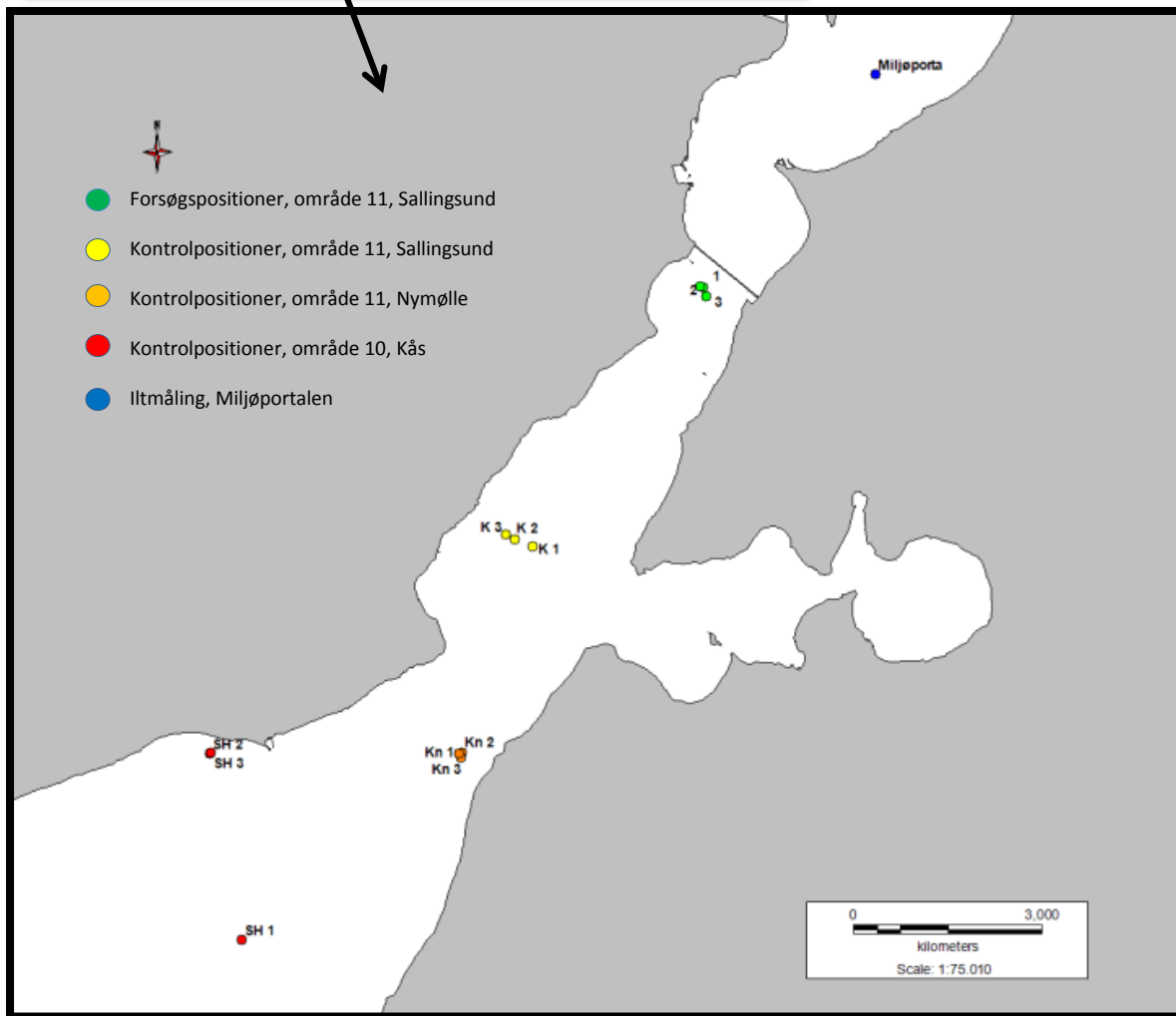
## Bilag 1

Koordinater, dybde og beskrivelse af sediment for de positioner, hvor der blev taget prøver. Se positioner på kort i Bilag 2.

<b>OMRÅDE OG POSITONER:</b>	<b>N</b>	<b>Ø</b>	<b>Dybde (m)</b>	<b>Beskrivelse af sediment</b>
<b>Forsøgsområde 11, Sallingsund</b>				
<b>Position 1 (11.1)</b>	56° 44,782	008° 50,606	11,2	Blød lerbund
<b>Position 2 (11.2)</b>	56° 44,789	008° 50,554	9,7	Blød lerbund
<b>Position 3 (11.3)</b>	56° 44,708	008° 50,464	9,1	Blød lerbund
<b>Område 11 kontrol, Sillerslev</b>				
<b>Position 1 (11K.1)</b>	56° 42,554	008° 47,932	10	Blød top, hård bund
<b>Position 2 (11K.2)</b>	56° 42,611	008° 47,656	6	Blød bund
<b>Position 3 (11K.3)</b>	56° 42,685	008° 47,514	4	Sandbund
<b>Område 11 kontrol, Nymølle</b>				
<b>Position 1 (Kn.1)</b>	56° 40,769	008° 46,775	10	Hård bund
<b>Position 2 (Kn.2)</b>	56° 40,779	008° 46,822	6	Sandbund
<b>Position 3 (Kn.3)</b>	56° 40,731	008° 46,808	4	Sandbund
<b>Område 10 kontrol, Kås</b>				
<b>Position 1 (SH.1)</b>	56° 39,166	008° 43,375	5,8	Lerbund
<b>Position 2 (SH.2)</b>	56° 40,773	008° 42,870	4,5	Ler- og sandbund
<b>Position 3 (SH.3)</b>	56° 40,774	008° 42,896	4,3	Sand- og stenbund

## Bilag 2

Kort der viser positionerne for prøvetagning og iltmålinger.

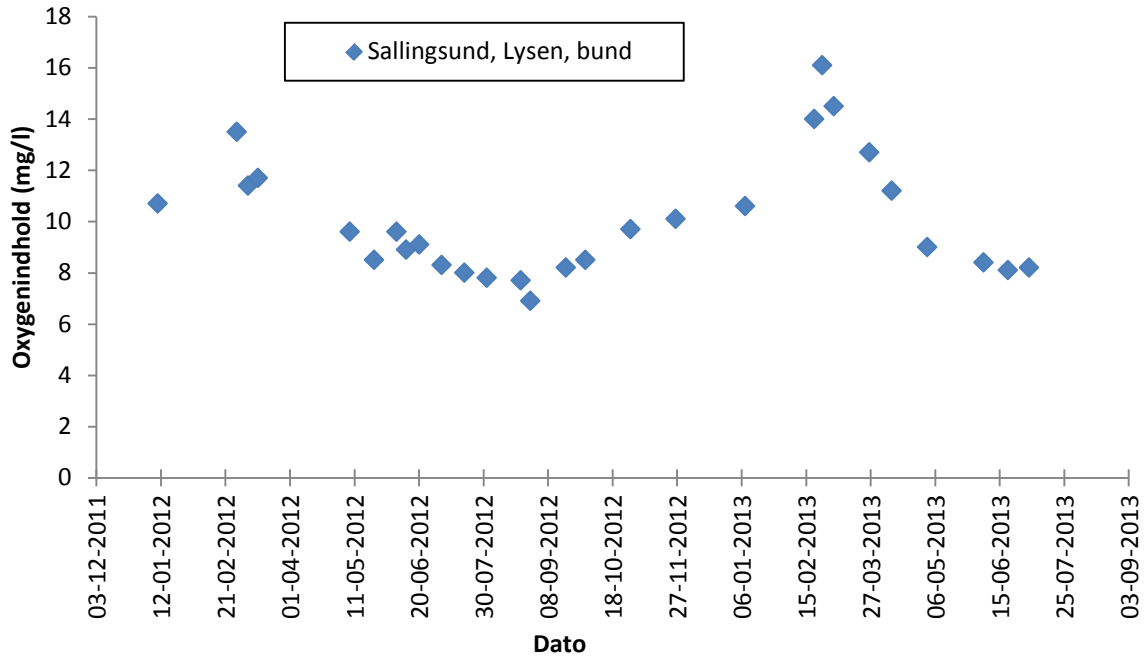




### Bilag 3

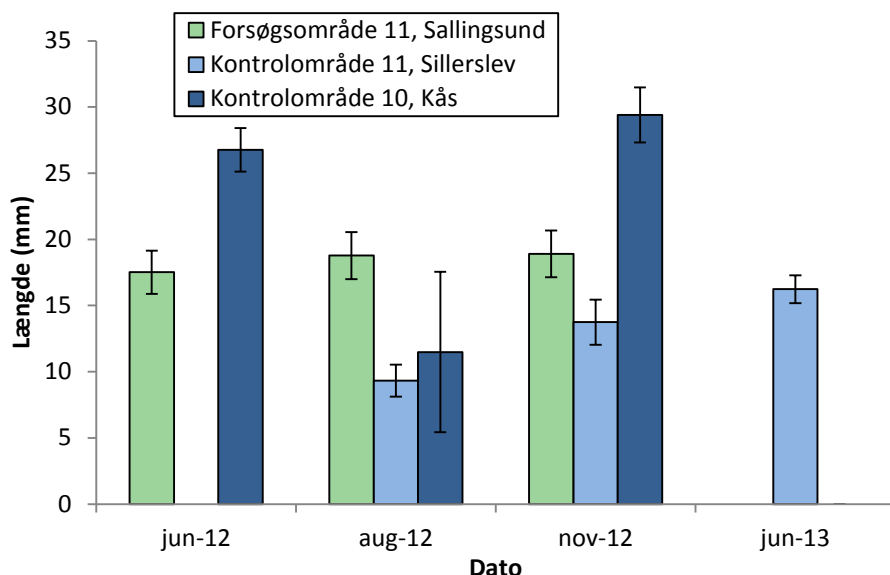
Iltmåling fra miljoepotalen.dk, ID: VIB3706-00002 Salling Sund

Position: N56° 46620 ; Ø008° 53300 (Bilag 2)



## Bilag 4

Hjertemuslingernes gennemsnitslængde (mm) over prøvetagningsperioden målt på hjertemuslinger fra grabprøver.



Tabeloversigt der viser antallet af hjertemuslinger brugt til måling. Hvis en position ikke er angivet med antal skyldes det at der ingen levende hjertemuslinger var på det pågældende prøvetagningstidspunkt.

Område	LAG:	Juni 2012	Aug. 2012	Nov . 2012	Juni 2013
<b>Forsøgsområde 11, Sallingsund HAPS</b>	<b>Eks</b>	Pos. 1, n = 100 Pos. 2, n = 100	Pos. 1, n = 100 Pos. 2, n = 100	Pos. 1, n = 100	Ingen hjertemuslinger
	<b>Top</b>	Pos. 1, n = 100 Pos. 2, n = 96	Pos. 2, n = 18***	Pos. 1, n = 100	Ingen hjertemuslinger
<b>Forsøgsområde 11, Sallingsund GRAB</b>	<b>Top</b>	Pos. 1, n = 100 Pos. 2, n = 100	Pos. 1, n = 100 Pos. 2, n = 100	Pos. 1, n = 100 Pos. 2, n = 0	Ingen hjertemuslinger
<b>Kontrolområde 11, Sillerslev</b>	<b>Top</b>	Ingen hjertemuslinger	Pos. 1, n = 23** Pos. 2, n = 100** Pos. 3, n = 100**	Pos. 1, n = 20 Pos. 2, n = 100 Pos. 3, n = 100	Pos. 1, n = 6 Pos. 3, n = 67
<b>Kontrolområde 10, Kås</b>	<b>Top</b>	Pos 1, n = 27	Pos. 1, n = 24 Pos. 2, n = 100* Pos. 3, n = 100*	Pos. 1, n = 9	Ingen hjertemuslinger

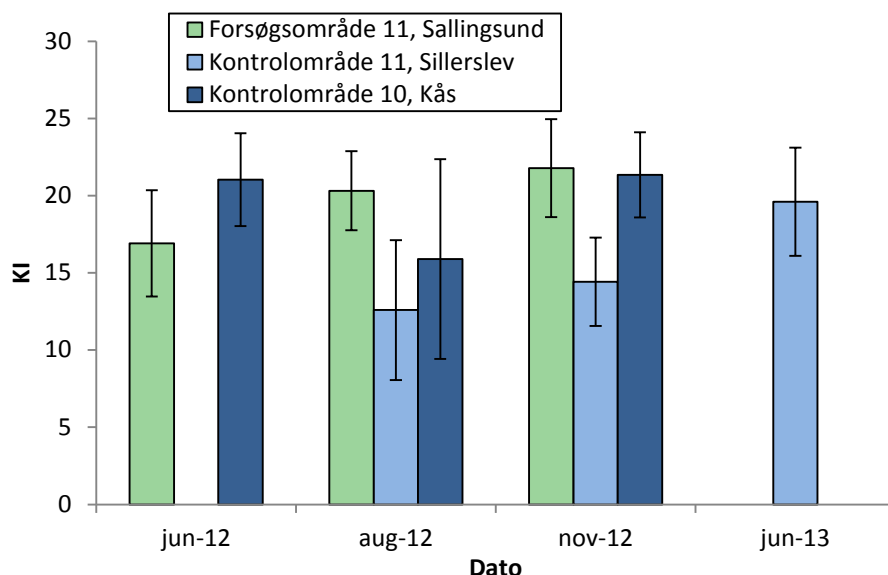
\*Ny settling (På position 1, var der "Gamle" hjertemuslinger)

\*\*Ny settling

\*\*\*Hjertemuslinger fra position 1 forsvandt efter oparbejdning og det var derfor ikke muligt at lave yderligere målinger

## Bilag 5

Hjertemuslingernes konditionsindex (KI) over prøvetagningsperioden målt på hjertemuslinger fra grabprøver.



Tabeloversigt der viser antallet af hjertemuslinger brugt til måling. Hvis en position ikke er angivet med antal skyldes det at der ingen levende hjertemuslinger var på det pågældende prøvetagningstidspunkt.

AREA	LAG:	Juni gns	Aug gns	Nov gns	Juni 13 gns
Forsøgsområde 11, Sallingsund HAPS	Eks	Pos. 1, n =30 Pos. 2, n = 30	Pos. 1, n =30 Pos. 2, n = 30	Pos. 1, n =30 Pos. 2, n = 0	Ingen hjertemuslinger
	Top	Pos. 1, n =30 Pos. 2, n = 30	Pos. 1, n =30 Pos. 2, n =18***	Pos. 1, n =30 Pos. 2, n = 0	Ingen hjertemuslinger
Forsøgsområde 11, Sallingsund GRAB	Top	Pos. 1, n =30 Pos. 2, n = 30	Pos. 1, n =30 Pos. 2, n = 30	Pos. 1, n = 30	Ingen hjertemuslinger
Kontrolområde 11, Sillerslev	Top	Ingen hjertemuslinger	Pos. 1, n = 23** Pos. 2, n =30** Pos. 3, n = 30**	Pos. 1, n=20 Pos. 2, n =30 Pos. 3, n = 30	Pos. 1, n = 6 Pos. 3, n =30
Kontrolområde 10, Kås	Top	Pos. 1, n= 27	Pos. 1, n = 24 Pos. 2, n = 30* Pos. 3, n = 30*	Pos. 1, n = 9	Ingen hjertemuslinger

\*Ny settling (På position 1, var der "Gamle" hjertemuslinger)

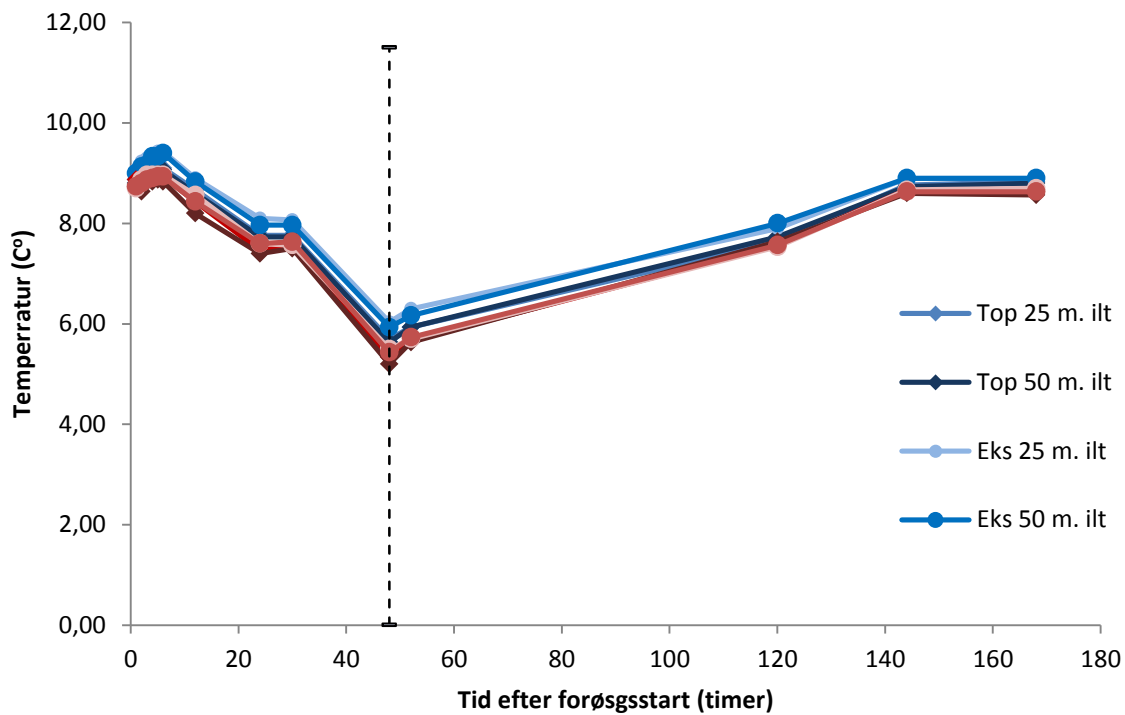
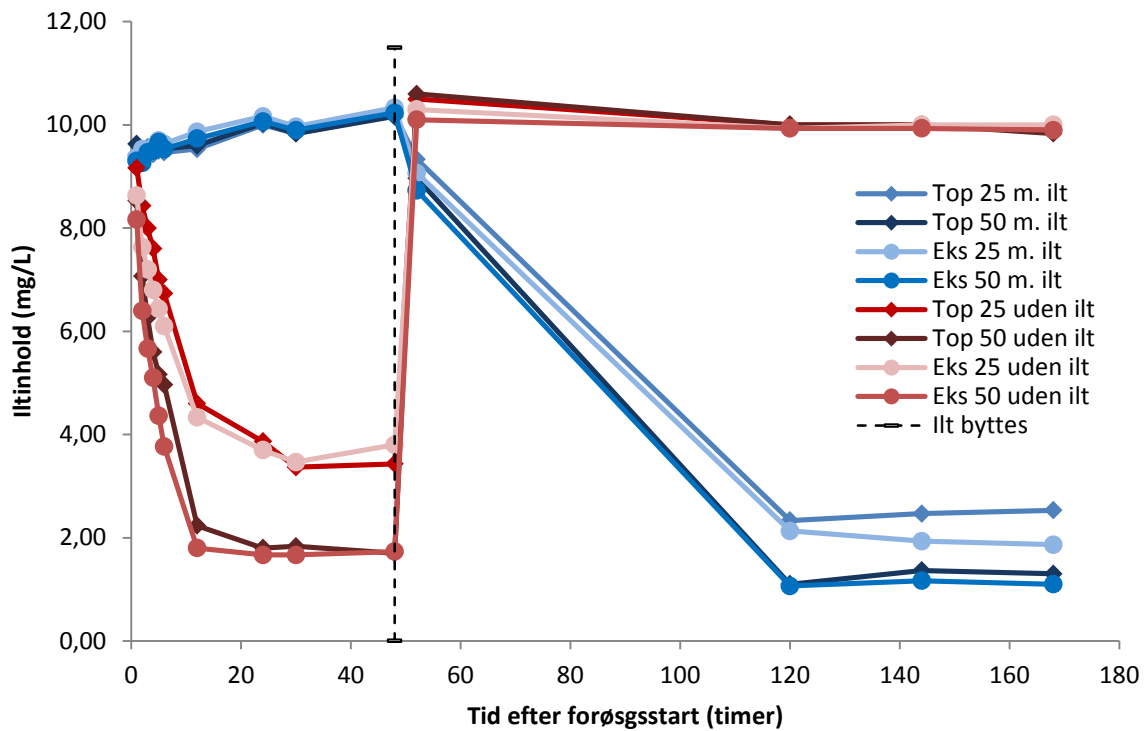
\*\*Ny settling

\*\*\*Hjertemuslinger fra position 1 forsvandt efter oparbejdning og det var derfor ikke muligt at lave yderlige målinger



## Bilag 7

Iltindhold og temperatur for forsøg 3.



## Kilder

Ivell, R. 1981, A Quantitative study of A *Cerastoderme* – *Nephtys* community in the Limfjord, Denmark, with special reference to production of *Cerastoderma edule*, Journal of Molluscan Studies, 47, P 147-170.

Genelt-Yanovskiy, E., Poloskin, A., Granovitch, A., Nazarova, S., Strelkov, P. 2010, Population structure and growth rates at biogeographic extremes: A case study of the common cockle, *Cerastoderma edule* (L.) in the Barents Sea. Marine Pollution Bulletin 61 (2010) 247–253

Thieltges, D. W., 2006, Parasite induced summer mortality in the cockle *Cerastoderma edule* by the trematode *Gymnophallus choledochus*, Hydrobiologia vol.559, p.455–461

van den Brink, A., Troost, K., Engelma, M., Ysebaert, T. 2012, Kokkelsterfte in de Oosterschelde, IMARES Wageningen UR, Rapportnummer C101/10