
DYRKNING AF AMERIKANSK KNIVMUSLING

Screening af potentialet for kommerciel kultivering



Anna Sofie Lousdal Freudendahl og Mette Møller Nielsen

Oktober 2005



Dansk Skaldyrcenter

1.0 Indholds fortegnelse

1.0 INDHOLDS FORTEGNELSE	2
2.0 FORORD	4
3.0 INDLEDNING.....	5
DEL 1	7
4.0 RESULTATOPSAMLING	8
4.1 Produktionsfaser	8
4.2 Yngelproduktion	8
4.3 Ongrowing	11
4.4 Markedsanalyse.....	12
4.5 Fremtidige fokusområder	12
5.0 EFFEKTMÅL	14
6.0 MARKEDSANALYSE	16
6.1 Forord.....	16
6.2 Markedsanalyse for Knivmuslinger.....	17
6.2.1 Indledning.....	17
6.2.2 Markedet.....	18
6.2.3 Størrelse og kvalitet:	18
6.2.4 Udbud og efterspørgsel:.....	18
6.3 Markedet for knivmuslinger i Spanien	19
6.3.1 Opsummering	19
6.3.2 Formål med undersøgelse	19
6.3.3 Knivmuslinger	20
6.3.4 Spaniens struktur	21
6.4 Leveringssituationen	21
6.4.1 Geografisk fordeling af fangst	21
6.4.2 Auktioner / Grossistled	22
6.4.3 Konklusion.....	26
6.4.4 Geografisk oprindelse af friske knivmuslinger	29
6.4.5 Fordeling af detailsalg	29
6.4.6 Efterspørgsel.....	31
6.4.7 Struktur	32
6.4.8 Indtrængningsmuligheder	32
6.5 Kildeliste	33
6.5.1 Grossistmarkeder	34
6.6 Bilag 1.....	36
DEL 2	39
7.0 PARENTALBESTAND.....	40
7.1 Indsamlinger	40
7.1.1 Områder	40
7.1.2 Fremgangsmåde	40
7.1.3 Længdedata for indsamlede muslinger	41
7.2 Parentalkar	42
7.2.1 Sedimentanalyse	43
7.2.2 Fysiske parametre	45
8.0 REPRODUKTIV CYKLUS	46
8.1 Undersøgelse af gonadevæv.....	47
8.1.1 Metode til vurdering af modenhed.....	47
8.1.2 Kondition	48
8.2 Resultater	49
8.3 Diskussion	53
9.0 GYDNING OG BEFRUGTNING.....	56
9.1 Materialer og metoder	56
9.1.1 Resultater	57
9.1.2 Konklusion på resultater	59

9.2 <i>Diskussion</i>	59
10.0 LARVEPRODUKTION	62
10.1 <i>Materialer og metoder</i>	62
10.2 <i>Resultater og diskussion</i>	64
11.0 SETTLING OG DET EFTERFØLGENDE YNGELSTADIE	74
11.1 <i>Materiale og Metoder</i>	74
11.1.1 <i>Settlingsmateriale</i>	74
11.1.2 <i>Monitering</i>	74
11.1.3 <i>Yngelkultur</i>	75
11.2 <i>Resultater</i>	76
11.2.1 <i>Morfologisk udvikling hos ynglen</i>	76
11.2.2 <i>Settlingstidspunkt</i>	78
11.2.3 <i>Overlevelse i yngelstadiet</i>	78
11.2.4 <i>Vækst i yngelstadiet</i>	79
11.2.5 <i>Densitet</i>	80
11.2.6 <i>Fysiske parametre</i>	82
11.3 <i>Diskussion</i>	82
11.3.1 <i>Settling</i>	82
11.3.2 <i>Yngeladfærd</i>	83
11.3.3 <i>Yngelkultur</i>	84
12.0 ONGROWING I SUSPENDEREDE SYSTEMER	86
13.0 REFERENCER TIL DEL 2.	90
DEL 3	93
14.0 APPENDIX A. FORVENTET DRIFTSØKONOMI	94
15.0 APPENDIX B. INTERNATIONALT NETVÆRK	96
15.1 <i>Møde på Centre for Marine Resources and Mariculture (C-mar), Nordirland den 26. – 27. oktober 2004</i>	96
15.2 <i>Møde med Interreg-gruppe, Portugal den 3. - 4. februar 2005</i>	97
15.3 <i>Workshop, Chile den 19. – 20. april 2005</i>	99
16.0 APPENDIX C. MEDIEOMTALE	104

2.0 Forord

Nærværende rapport sammenfatter resultaterne fra pilotprojektet 'Dyrkning af Amerikansk knivmusling - Screening af potentialet for kommerciel kultivering'.

Rapporten er resultatet af et samarbejde mellem Aarhus Universitet (AU) og Dansk Skaldyrcenter (DSC). Projektet er gennemført med finansiel støtte fra EU's fiskeriudviklingsprogram (FIUF) og Direktoratet for FødevarerErhverv (DFFE), Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

I forbindelse med afviklingen af projektet har der været nedsat en følgegruppe til støtte og vejledning under projektførelsen.

Følgegruppen har bestået af følgende medlemmer:

Arne Bækgaard (Formand, Opdrætterforeningen)

Per Dolmer (Senior Forsker, DFU)

Kurt Thomas Jensen (Lektor, AU)

Tomas Jensen (Naturvejleder/biolog, Vadehavscentret, Ribe)

Michael Sejr (Forsker, DMU)

Ditte Tørring (Afdelingsleder, DSC)

Maj-Britt Hedegaard (DSC) takkes for en stor og solid arbejdsindsats under oparbejdelsen af prøver. Kurt Thomas Jensen (AU), Ditte Tørring og Christian Skaaning Laursen (DSC) takkes for inspirerende faglige diskussioner undervejs. Frans O. Høyer (DSC) takkes for udarbejdelse af markedsanalysen. Endelig skal der lyde en tak til de mennesker, der uanfægtet koldt vand gav en hånd med under indsamling af knivmuslinger.

Rapporten er tilgængelig på Dansk Skaldyrcenters hjemmeside.

Nykøbing Mors den 30. september 2005

/Forfatterne

3.0 Indledning

Nærværende projekt har haft til formål at undersøge potentialet for kultivering af amerikansk knivmusling (*Ensis americanus*). Amerikansk knivmusling er en fortrinlig spisemusling, der udgør en uudnyttet ressource i danske farvande. Som fødevare er knivmuslinger især kendt på det sydeuropæiske og asiatiske marked. Dyrkning af knivmuslinger vil udbygge den danske akvakultursektor med et nyt højværdiprodukt, der udgør en potentiel eksportvare.

Kommercielt fiskeri på knivmuslinger ved brug af bundskrabere finder sted flere steder i Europa. Under fangstprocessen skades en del af de indsamlede knivmuslinger, og fiskeriet kan desuden have negative konsekvenser for den øvrige bundfauna. De negative effekter ved fiskeri på naturlige bestande støtter logikken i at udvikle akvakultur af knivmuslinger, især i forbindelse med lavvandede områder som Limfjorden.

Under projektet er der udført en markedsundersøgelse samt biologiske undersøgelser til dokumentation af potentialet for at gennemføre opdræt fra yngel til salgsklar konsummusling.

I løbet af projektet blev der induceret gydninger og produceret yngel, som overlevede et år under kontrollerede forhold, og i skrivende stund endnu er i live. Projektet beskæftiger sig desuden med muligheden for at lade tilvækst af knivmuslinger foregå i vandfasen, svarende til metoderne for blåmuslinger og østers. Der er i den forbindelse foretaget indledende undersøgelser af alternativer til sand som substrat for knivmuslinger eller andre arter af gravende muslinger.

Der er under projektet etableret international kontakt til forskere, der beskæftiger sig med dyrkning af gravende muslinger, herunder forskellige knivmuslingearter, hvorigennem der kan udveksles ny viden og generelle erfaringer.

Projektets resultater viser, at amerikansk knivmusling har stort potentiale som opdrætsorganisme. De opnåede resultater danner basis for yderligere undersøgelser og raffinering af opdrætsprocesserne, og det vurderes, at egentlige forsøgsproduktioner kan påbegyndes indenfor en overskuelig fremtid.

Introduktion til amerikansk knivmusling

Amerikansk knivmusling kendes i Europa under det latinske navn *Ensis americanus* (Binney 1870), mens den i øvrige verdensdele kendes under *Ensis directus* (Conrad 1843).

Arten stammer fra den nordamerikanske østkyst, men blev i slutningen af 1970'erne observeret i det tyske Vadehav. Det formodes, at introduktionen er sket via ballastvand. I Danmark blev arten første gang fundet ved Rømø i 1981, og muslingen har siden spredt sig til Limfjorden og de indre danske farvande. Amerikansk knivmusling har ikke haft synlige negative konsekvenser for den øvrige bundfauna.

Foruden amerikansk knivmusling findes der fire andre knivmuslingearter i danske farvande: Lille knivmusling (*Phaxas pellucidus*), buet knivmusling (*Ensis arcuatus*), lige knivmusling, også kaldet sværdskedemusling (*Ensis siliqua*) og almindelig knivmusling (*Ensis ensis*). Disse forekommer primært på dybt vand, hvorimod amerikansk knivmusling er den eneste, der forekommer i Limfjorden og andre lavvandede områder i større tal. De tre sidstnævnte er ligesom den amerikanske knivmusling delikate spisemuslinger, og der forskes på internationalt plan i kultur af buet og lige knivmusling.

Amerikansk knivmusling lever nedgravet og kan findes i et bredt spekterum af bundmaterialer fra groft sand til tætpakket mudder, og gerne hvor der er strøm. Som filtrator lever den af alger, bakterier og andet organisk materiale i havvandet. Da ånderørere er korte, sidder muslingen lige i overfladen, når den filtrerer. Bliver den forstyrret, kan den trække sig ned i en op til 30 cm dyb, næsten lodret gang. Hvis en knivmusling af den ene eller anden grund frigøres fra bunden, kan den ved hjælp af et kraftigt spjæt med foden flytte sig op til en halv meter. Muslingen er således i besiddelse af en effektiv mekanisme til at undslippe prædatorer. Voksne knivmuslinger har ikke mange fjender, dog bliver de i visse områder præderet på af edderfugle og strandskader.

Amerikansk knivmusling er særkønnet og kønsmodnes som et- eller toårig. Når muslingerne gyder sent på foråret, sender de æg eller sperm ud i vandet, hvor befrugtning finder sted. Det befrugtede æg udvikler sig til en larve, der lever fritsvømmende i vandet i ca. 16 dage, inden bundslåning (settlement) finder sted. I forbindelse med settlement ændrer muslingen form og kommer gradvist til at have samme udseende som en voksen knivmusling. Fra dette stadie lever muslingen nedgravet.

Længdevækst hos knivmuslinger beskrives ofte ved en vækstligning, hvori der tages højde for, at den årlige tilvækst aftager med alderen. Knivmuslinger fra Sundsøre i Limfjorden opnår i løbet af andet leveår en størrelse på lidt over 90 mm. I løbet af den næste sæson vokser de til ca. 113 mm. Maksimal længde for amerikansk knivmusling i hjemlige farvande er ca. 18 cm. Ved denne længde er muslingen 7-8 år gammel. Amerikansk knivmusling svarer størrelsesmæssigt til de øvrige knivmuslingearter, der fiskes og sælges i Europa.

DEL 1

Resultatopsamling Markedsanalyse Effektmål

4.0 Resultatopsamling

4.1 Produktionsfaser

Pilotprojektets resultater peger alle i retning af, at opdræt af amerikansk knivmusling har et stort potentiale. I dette kapitel beskrives projektets resultater kortfattet i forbindelse med en gennemgang af den forventede produktionsproces for knivmuslinger.

Faser i dyrkning af amerikansk knivmusling

Yngelproduktion

- Oprettelse af parentalbestand
- Bestemmelse af parentalbestandens modenhed
- Induktion af gydning
- Produktion af larver
- Akklimatisering af yngel

Ongrowing

- Suspendedede systemer
- Høst til konsum

4.2 Yngelproduktion

I naturen er forekomsten af yngel af amerikansk knivmusling ikke høj og stabil nok til, at en produktion kan baseres på yngelindsamling fra vilde bestande, som det kendes fra fx blåmuslinger. Der bør derfor udvikles teknikker til produktion af yngel i klækkeriet, mens opvækst frem til konsumstørrelse med fordel kan foregå i naturen.

Oprettelse af parentalbestand

Til produktion af yngel oprettes en bestand af voksne knivmuslinger, der ved modenhed kan gydningsinduceres. En parentalbestand var under projektet med succes etableret under forhold, der ligner knivmuslingens naturlige miljø. Overlevelsen var meget høj, og muslingerne udviste normal adfærd.

Til en parentalbestand anbefales det at:

- Anvende individer, der er ældre end to år, svarende til en længde på >10 cm.
- Indsamle parentaldyr i det tidlige forår, kort før gonaderne er modne og lade sidste del af modningen foregå i parentalbestanden.
- Benytte groft sand som substrat.
- Anvende grovfiltreret havvand med sit naturlige indhold af fødepartikler.

Bestemmelse af parentalbestandens modenhed

Tidspunktet for, hvornår muslingerne er modne og kan induceres til at gyde, bestemmes af det reproduktive vævs udvikling. Udviklingen er sæsonafhængig og bestemmes af temperatur- og fødeforhold, der påvirker muslingen. Udbredelsen af gonadevævet over fod- og maveregion på nogle få individer fra parentalbestanden er en i produktionsmæssig sammenhæng tilstrækkelig metode til at vurdere modenheden. Der kan eventuelt suppleres med mikroskopering af prøver af gonadevævet.

Hos modne muslinger ses gonadevævet som tydelige lyse strenge i foden og som et tykt lag, der strækker sig over hele maveregionen. Når kønsprodukterne bliver gydt, bliver laget tyndere og fremstår efter gydning som en tynd, gullig hinde over maveregionen.

Reproduktiv cyklus for amerikansk knivmusling i Limfjorden, sæson 2004 – 05:

- Muslingerne gyder fra maj til juli med det primære tidspunkt i sen maj.
- Muslingerne har en hvileperiode fra august til først på vinteren.
- Fra først på vinteren opbygges det reproduktive væv på ny.
- Den endelige modning finder sted i løbet af foråret frem til gydning finder sted.

Induktion af gydning

Modne knivmuslinger kan stimuleres til at gyde via temperaturpåvirkning. Ved at hæve vandtemperaturen få grader lykkedes det i syv ud af i alt otte forsøg at inducere gydning på knivmuslinger fra parentalbestanden. Alle inducerede gydninger førte til befrugtede æg, der udviklede sig til larver. Dette resultat er et væsentligt skridt i retning af dyrkning af amerikansk knivmusling.

Projektets resultater viste følgende:

- Temperaturstimulering er en pålidelig og praktisk metode til induktion
- Baseret på larveoverlevelse og tidspunktet for naturlig modning af gonaderne, er midten af maj det mest favorable tidspunkt at inducere gydninger
- En gydning kan konstateres ved, at vandet bliver mælkehvidt af æg og sperm
- Ved mikroskopering ses æg omgivet af sperm
- Gydningsaktiviteten foregår over nogle timer, hvorefter de voksne bør adskilles fra de befrugtede æg
- Der kan forventes mellem 2 og 10 mio. befrugtede æg fra en gydning med 20 – 30 voksne individer

Produktion af larver

Det befrugtede æg udvikler sig i løbet af et døgn til en skalbærende larve, der svømmer rundt i vandet. I ca. 16 dage udvikler larven sig i vandfasen, hvorefter den er klar til at bundslå og overgå til at leve nedgravet i bunden.

Projektets resultater viste følgende:

- Der bør jævnligt skiftes vand ved larverne. I starten hver dag, senere hver anden dag.
- Føde i form af kultiverede mikroalger skal tilsættes senest et døgn efter befrugtning. Føden kan de første døgn bestå af *Isochrysis* og efter en uge også af *Tetraselmis* og *Chaetoceros*. Dette var de mikroalger, der var tilgængelige fra algeproduktionen på Dansk Skaldyrcenter. Algerne anvendes verden over i skaldyrodpræt.
- Relativt lave fødekonzentrationer er mere optimale end høje koncentrationer.
- Larverne klarer sig bedst ved forholdsvis lave densiteter.
- Vækstraten gennem larvestadiet var i gennemsnit $11 \mu\text{m dag}^{-1}$, hvilket er sammenligneligt med resultater opnået fra andre muslinger.
- Larverne settlede i en alder af 16 til 19 dage
- Ynglen settlede uden brug af særlig lysmanipulation
- Observation af øjeplet hos larverne indikerer dog, at lysforskelle har betydning i forbindelse med settling.
- Som settlingssubstrat er mellemfint eller groft sand at foretrække (250 – 1000 μm)
- Sandtykkelsen bør forøges i takt med ynglens vækst efter settling.

Det kan under de nuværende opdrætsbetingelser forventes, at under 1 % af de befrugtede æg resulterer i settlet yngel, men optimering vil sandsynligvis hurtigt bringe denne ratio op. Der blev i 2004 produceret ca. 250 settlede muslinger, mens der i 2005 blev produceret ca. 2.400 settlede individer. Den højeste dødelighed indtræffer i den tidlige larvefase, før og umiddelbart efter at larverne begynder at tage næring til sig. Perioden umiddelbart før settling udgør desuden et kritisk tidspunkt for larvernes overlevelse.

Akklimatisering af yngel

Når ynglen først er settlet, viser pilotprojektet, at sandsynligheden for, at de overlever frem til ongrowing, er god. I perioden mellem settling og til ynglen er klar til ongrowing, kan ynglen etableres ved forhold, der ligner dem, den vil møde under ongrowing.

I projektet blev ynglen i en alder af seks måneder etableret i kar med sand og overrisling af vand direkte fra Limfjorden. Herved fik ynglen under kontrollerede forhold mulighed for fysiologisk at tilpasse sig det åbne vands fysiske forhold samt det mere bredt sammensatte fødespektrum, der sandsynligvis vil imødekomme yngelens næringsbehov i højere grad end en kost baseret på kultiverede alger. I en produktionssituation forventes akklimatiseringsfasen at skulle vare i nogle måneder.

4.3 Ongrowing

Ongrowing forventes i fremtiden at skulle foregå i suspenderede systemer i åbent vand eller i bundkultur i landbaserede anlæg. Baseret på vækstraten hos knivmuslinger i deres naturlige miljø i havbunden, vil muslingerne opnå en salgbar størrelse i løbet af andet til tredje leveår. Fra produktionen af blåmuslinger kendes det, at den høje fødetilgængelighed i vandfasen resulterer i hurtigere vækst og større kødindhold end hos bundlevende individer. Tilsvarende vil opdræt af knivmuslinger i vandsøjlen højst sandsynligt nedsætte produktionstiden markant og lette arbejdet i forbindelse med høst.

Da suspenderede systemer ud fra den eksisterende viden vurderes som den mest innovative løsning på ongrowing af knivmuslinger, blev der under projektet lavet indledende forsøg med systemer til at placere i vandet frem for ved bunden.

Suspenderede systemer

Under naturlige forhold lever knivmuslinger nedgravet i bunden, der giver støtte og holder dem i en opret position. Til suspenderede opdrætssystemer skal der derfor findes et materiale, der støtter muslingerne og samtidig er fleksibelt nok til, at de kan vokse og bevæge sig.

Sand har så stor massefylde, at det i praksis er uhåndterbart at anvende som substrat. Derfor blev der udført pre-forsøg med alternative materialer som opvækstmedie. Systemer med opskåret møbelskum og børster blev afprøvet indendørs og i åbent vand i Limfjorden. Især opsætningerne med skum viste et stort potentiale, idet knivmuslingerne kunne grave sig ned i de opskårne huller og udviste normal adfærd.

Strukturer med skum rummer væsentlige muligheder for opdræt af knivmuslinger, idet muslingerne kan bevæge sig i materialet og filtrere på normal vis.

Baseret på pre-forsøgene kan følgende kriterier defineres for suspenderende systemer:

- Materialet skal støtte knivmuslingerne og holde dem opret.
- Knivmuslingerne skal kunne bevæge sig i strukturerne og filtrere i henhold til normal adfærd. Dog bør der tages forholdsregler, så muslingerne ikke kan undslippe systemet.
- Strukturerne skal kunne tilpasse sig muslingernes vækst. Der kan oprettes systemer med specifikke mål til bestemte størrelsesklasser.
- Det er ønskeligt, at systemet skal kunne hænge på langliner som supplement til allerede eksisterende opdrætsanlæg for blåmuslinger.
- Strukturerne skal kunne tåle mekaniske og kemiske påvirkninger i det åbne vand.
- Systemet skal være praktisk håndterbart.
- Systemet skal kunne afrenses for påvækstorganismer.

Høst til konsum

Suspenderede systemer vil være lette at håndtere i en høstsituation, idet muslingerne kan bringes i land i systemerne, hvorefter videre håndtering kan finde sted. Endvidere foreligger også muligheden for at lade knivmuslingerne blive i systemerne under rengøring og eventuel udrensning af muslingerne for herefter at lade systemet følge knivmuslingerne under transport til distributionscentre. På denne vis undgås en større håndtering af knivmuslingerne indtil kort før, de når forbrugeren.

4.4 Markedsanalyse

Projektets markedsanalyse viste, at det europæiske marked primært udgøres af det spanske. Markedet er endnu noget diffust, men der eksisterer et rigt potentiale for eksport, hvis en stabil leverance kan garanteres. Markedet fra andre europæiske lande er diffust og ikke afklaret.

Dyrkede knivmuslinger henvender sig primært til det ferske marked og kan produceres specifikt til et givent marked med hensyn til længden af muslingen. På det ferske marked eksisterer kilopriser på 4 – 15 euro for fiskeknivmuslinger, alt afhængig af kvalitet og oprindelse. Dyrkede knivmuslinger forventes at være af højere kvalitet end fiskeknivmuslinger og vil formodentlig kunne konkurrere med den højeste kvalitet af fiskeknivmuslinger fra Galicien, der på det spanske marked indbringer op til 30 – 35 euro pr. kilo.

4.5 Fremtidige fokusområder

Der bør i fremtiden arbejdes videre med optimering og rationalisering af et system til parental muslinger. Hvis strukturer uden sand viser sig anvendelige, kan disse anvendes til såvel ongrowing som til opretholdelse og konditionering af parentale muslinger.

Det bør undersøges, hvorvidt det er mest favorabelt at indhente muslinger til en parentalbestand i det tidlige forår og lade sidste del af gonademodningen foregå i moderbestanden, eller om det er muligt at stimulere gonadeopbygning udenfor den normale sæson ved konditionering. Hvis denne fremgangsmåde er anvendelig, kan indsamling og larveproduktion foregå uafhængigt af årstiden.

Mulige induktionsmetoder og det optimale tidspunkt for induktion blev påvist under dette pilotprojekt. Alternative induktionsprocedurer, konstruktion af faciliteter til gydningssinduktion og induktion i storskala bør være fokusområder i fremtidige undersøgelser.

Årsagen til den observerede larvemortalitet bør være et fokusområde, som basis for optimering af opdrætsforholdene i klækkeriet. Disse undersøgelser samt larvernes adfærd bør lægges til grund for udvikling og tilpasning af opdrætssystemer fx udvikling af et suspensionssystem til de sidste larvestadier og første settledede stadier.

Fra settling til ynglen når en størrelse, hvor den kan etableres i ongrowingsystemer, skal der arbejdes med de biologiske mekanismer, der har indvirkning på vækst og overlevelse, men i særdeleshed også på design af akklimatiseringsystemer, der kan give et godt bindeled mellem forholdene i klækkeriet og ongrowingsystemet.

En stor fremtidig forskningsindsats bør koncentreres om ongrowing-fasen. Herunder hører udvikling og afprøvning af opdrætssystemer og analyse af knivmuslingernes adfærd, overlevelse og vækst samt kvalitet af det færdige produkt. Endvidere bør der udvikles på metoder til transport og opbevaring af ferske knivmuslinger.

Den viden, der opnås om dyrkningsmetoder for knivmuslinger, kan i fremtiden danne fundamentet for udvikling af opdrætsmetoder for andre gravende muslinger, der er velegnede til konsum, som fx sandmusling (*Mya arenaria*), hjertemusling (*Cerastoderma edule*) og kilemusling (*Donax vittatus*).

5.0 Effektmål

Afdækning af markedet for opdrættede knivmuslinger

Der er foretaget en markedsanalyse, der har vist, at det europæiske marked primært udgøres af det spanske. Ved en stabil produktion, eksisterer der et rigt potentiale for eksport.

Biologisk viden, der er en forudsætning for udvikling af dyrkningsmetoder

Det er muligt at producere knivmuslinge yngel i et klækkeri og holde den i akklimatiserings-systemer, indtil den er klar til ongrowing. Der er lavet præforsøg med suspenderede ongrowingsystemer i åbent vand og opnået erfaringer med procedurene i de forskellige opdrætsfaser i klækkeriet. Der er biologisk et væsentligt potentiale for opdræt af amerikansk knivmusling.

Viden om at holde en parentalbestand

Parentalmuslinger kan holdes ved tætheder på mindst 250 individer m^{-2} i et simpelt overrislingssystem i kar med groft sand. Ved den rette vandgennemstrømning er dødeligheden meget lav. Det anbefales at anvende knivmuslinger, der har en skallængde på mindst 10 cm.

Reproduktion under kontrollerede forhold

Den reproduktive cyklus hos knivmuslinger i Limfjorden er blevet beskrevet for sæsonen 2004 – 2005. Modenhed kan hos knivmuslinger vurderes ud fra gonadernes størrelse og ved mikroskopering af vævsprøver. I et klækkeri kan modne muslinger med succes bringes til at gyde ved en mild temperaturpåvirkning.

Erfaringer og viden om overlevelse og vækst hos yngel

Der er under projektet opnået værdifuld viden mht. håndtering af larver og settlet yngel. Det er identificeret, i hvilken alder, der er kritiske faser i forhold til trivsel og overlevelse af larver og settlet yngel. Egnede settlingssubstrater og fødeforhold for larverne er afklaret. Der er beregnet et estimat for overlevelsen fra æg til settling, samt fra settling til ongrowing kan iværksættes.

Grundlag for senere forsøg vedrørende reproduktion

Alternative induktionsmetoder og muligheden for at konditionere parentale muslinger kan undersøges. Den observerede dødelighed hos larver forventes at kunne nedbringes væsentligt under de rette forhold, hvorfor dette bør være et fokusområde for fremtidige undersøgelser.

Grundlag for senere undersøgelser af vækst og kvalitet af konsummuslinger

Til resultater foreligger fra langtidsforsøg med tilvækst i suspendere systemer, kan vækst og kondition hos muslinger indsamlet i naturen fungere som sammenligningsgrundlag. Erfaringer fra parentalbestanden viser hvilken vækst og kvalitet, der kan forventes i landbaserede anlæg.

Rekruttering af en hidtil uudnyttet produktionsmulighed i akvakultursektoren

Med en videreudvikling af metoder til tilvækst samt en optimering af udbyttet fra klækning af knivmuslinger, er der grundlag for inden for få år at begynde en produktion af knivmuslinger. Knivmuslinger vil kunne indgå som et værdifuldt supplement for opdrættere, der allerede har etableret områder med langliner til produktion af blåmuslinger. Det samlede potentiale for dyrkning af knivmuslinger må således siges at være særdeles stort.

6.0 Markedsanalyse

6.1 Forord

Nærværende markedsanalyse er udarbejdet af direktør Frans O. Høyer, Dansk Skaldyrcenter og eksportstipendiat Jacob Duus, Danmarks handelskontor i Barcelona.

Analysen er udarbejdet i forlængelse af gennemførelsen af udviklingsprojektet ”Dyrkning af Amerikansk knivmusling. Screening af potentialet for kommerciel kultivering”, der er gennemført i et samarbejde mellem Aarhus Universitet og Dansk Skaldyrcenter i 2004 og 2005.

6.2 Markedsanalyse for Knivmuslinger

6.2.1 Indledning

I forlængelse af projektet, er der foretaget en række analyser og sonderinger for herigennem at kunne belyse markedet for knivmuslinger.

Analyserne har taget udgangspunkt i en række spørgeskemaer, telefoninterviews, messebesøg og konsulenthjælp, på de markeder, der umiddelbart synes interessante i dansk sammenhæng.

Markedsanalysen var oprindeligt planlagt til at omfatte et større antal markeder, end det er blevet til. Dette skyldes til dels, at det europæiske marked er koncentreret omkring Spanien og Portugal, samt at data for øvrige markeder har været svært tilgængelige. Jo længere væk markederne er placeret, jo mere har analysen skulle foretages på kvalitative data, uden mulighed for at underbygge disse med kvantitative. På de i denne sammenhæng nære markeder, som Spanien og Portugal, har de tilgængelige data ligeledes været behæftet med en vis grad af usikkerhed.

I forhold til det generelt store skaldyrmarked med østers, blåmuslinger, krabber, snegle osv., er knivmuslinger et marginalt marked, om end det i forhold til en eventuel dansk produktion, synes særdeles interessant. I modsætning til tilgængeligheden af data for øvrige skaldyrarter, er knivmuslinger behæftet med en vis usikkerhed på grund af deres marginale betydning på de store markeder, ligesom store interessekonflikter i distributionsleddet bidrager med tvetydige indikeringer af markedets tilgængelighed og størrelse. Kvalitative interviews er derfor, så vidt muligt, forsøgt underbygget og verificeret med kvantitative data.

På trods af messebesøg og adskillige interviews synes det amerikanske marked at være meget diffust. Der er ingen tvivl om, at markedet er interessant, og at det i fremtiden kan blive en væsentlig aftager. Markedet er præget af tilfældige landinger uden stabile forsyninger, hvilket i høj grad påvirker distributionens interesse for dette produkt. På sigt kan stabile forsyninger til det amerikanske marked gøre det til et målrette eksportmarked for ferske knivmuslinger.

På det asiatiske marked, som i denne undersøgelse kun er perifert berørt, synes udbuddet at være lavt og priserne højere. Adskillige grossister fra NL, UK og IRL eksporterer ferske muslinger til fjernøsten. I modsætning til markedet i Spanien efterspørger dette marked de største muslinger fra 20 – 24 cm. På trods af høje fragtpreiser, er det interessant, at prisen spiller en mindre rolle, når blot kvaliteten, ferskheden og størrelsen er i orden.

På de nære markeder i Europa er Spanien det helt centrale. Om end markedet statistisk set er diffust, syntes det at være meget systematiseret i sin logistik og afsætning. Resten af denne analyse vil derfor belyse de umiddelbare muligheder på dette marked, samt kort beskrive den generelle situation på kvalitet, priser, mængder og markedets fordeling.

6.2.2 Markedet:

Generelt kan markedet deles op i 2 hovedkategorier. Det ferske marked og det industrielle.

På det ferske marked handles muslingerne levende og bliver gennem grossister afsat til restauranter og detailbutikker. De større grossister er samtidig importører og har igen flere afsætningsled. Dels gennem markederne og auktioner i Mercabarna, Mercamadrid og Mercavalencia, samt direkte til andre grossister, restauranter og detailbutikker. De mindre grossister køber direkte hos importørerne på de nævnte markeder. Muslingerne er her pakkede i bundter á 250 - 300 g. Endvidere er der de såkaldte ”Depudoras”, som køber større partier i bulk. Her bliver produkterne pakket om og igen solgt gennem de ovennævnte kanaler.

Endelig er der det industrielle marked, hvor muslingerne bearbejdes på forskellig vis og sælges som konserves. Forarbejdningsindustrien køber ofte direkte hos de enkelte fiskere og opkøbere.

Af det samlede produktvolumen vurderes ca. 70 % at gå til det industrielle marked, mens de resterende 30 % sælges på de ferske markeder. Det har i forbindelse med denne undersøgelse kun været muligt at fremskaffe statistikker for det ferske marked.

6.2.3 Størrelse og kvalitet:

Det er ikke så meget arten af de forskellige muslinger, som det er størrelse, kvalitet og pris, der sælger produktet. Kvalitetsparametre, som friskhed og størrelse har afgørende betydning på de spanske markeder. Størrelsen kan være op til 17 – 18 cm og passe til en servering med 6 – 7 stk. på en tallerken. Er muslingerne rensset og fri for sand og i øvrigt friske (op til 7 dage) betegnes det som høj kvalitet.

For at sikre kvaliteten kræves det, at muslingerne kommer fra et klasse A område, samt at forpakning og temperaturforhold under transporten er optimale. Transporten foregår på køl, med temperaturer mellem 0 og 3 grader. Hertil kommer kødfylden i de enkelte muslinger.

6.2.4 Udbud og efterspørgsel:

Som tidligere nævnt er der meget tvetydige indikeringer af markedsstørrelsen og priserne. På de 2 markeder Mercamadrid og Mercabarna, som der foreligger statistikker fra, blev der i 2004 i alt solgt ca. 286.000 kg ferske knivmuslinger til en gennemsnitspris på 6 – 7 euro pr. kg. Det ferske marked udgør ca. 1/3 af det samlede marked i Spanien. Hertil skal lægges salget fra øvrige markeder, samt det der sælges direkte til importører. Et forsigtigt skøn over det samlede spanske marked, bliver således på ca. 1000 – 1200 ton årligt. Da det industrielle marked betaler mindre, anslås den gennemsnitlige pris at være ca. 5 euro pr. kg. I Spanien anslås den samlede købspris for grossister således at være ca. 5 – 6 mio. euro eller godt DKK 40 mio.

Med en hvis forsigtighed kan det antages, at markedet i Portugal er af samme størrelse, og at det samlede marked for knivmuslinger i sydvest Europa er i størrelsen DKK 60 – 80 mio. årligt.

Udbuddet af knivmuslinger er fordelt på en række lande, som NL, UK, IRL, Spanien og Portugal. Knivmuslinger fiskes enten med skraberedskaber eller samles af dykkere, og det er en generel antagelse, at specielt fiskeriet ikke er bæredygtigt. Det kan derfor antages, at udbuddet på sigt er faldende.

De i analysen adspurgte, udtrykker alle begejstring ved en eventuel mulighed for opdrættede knivmuslinger, da det i højere grad kan sikre kvaliteten, samt et eventuelt større udbud.

Med de forbehold, der i øvrigt opstilles i analysen, må det derfor kunne konkluderes, at såvel markedet som perspektiverne for opdrættede knivmuslinger bestemt er til stede.

6.3 Markedet for knivmuslinger i Spanien

6.3.1 Opsummering

En estimering af det spanske marked for knivmuslinger vanskeliggøres af manglende importstatistik for dåsekonserves, samt mangelfuld registrering af fangstdata mht. ferske knivmuslinger. Oprindelseskriterier for solgte knivmuslinger angiver ikke landet, hvor de er fanget, men kan være domicil for en importør eller mellemhandler, der sender dem videre til auktion i Barcelona eller Madrid, hvilket yderligere vanskeliggør en kvantificering af markedet. Nogle væsentlige indikatorer for det spanske marked, er dog salg på Spaniens to væsentligste fiskeauktioner/grossistmarkeder i Barcelona og Madrid.

Undersøgelsen omfatter specifikation af solgte arter, prisudvikling og sammenligning af fiskemarkedet i Madrid og Barcelona. Afsnit om fangst af knivmuslinger omfatter ligeledes kvantum og pris for de tre arter af knivmuslinger i Spanien.

6.3.2 Formål med undersøgelse

Udgangspunktet for denne markedsundersøgelse har været at give en generel beskrivelse af markedet for knivmuslinger i Spanien, samt en beskrivelse af hvor knivmuslingerne fiskes og evt. importeres fra, og i denne forbindelse hvordan leveringssituationen er pt.

Ligeledes forsøges beskrevet, hvordan efterspørgslen er samt forbindelsen mellem det ferske og forarbejdede marked. I denne forbindelse er det blevet undersøgt hvordan knivmuslinger handles og til hvilke priser. For at øge validiteten af de indhentede data, er det forsøgt at finde flere kilder til samme data, hvilket i stor grad er lykkedes. Ligeledes har den kvalitative information bidraget til at estimere det spanske marked for knivmuslinger. Det må dog nævnes, at der er en vis usikkerhed forbundet med estimeringen.

6.3.3 Knivmuslinger

I Spanien findes tre arter af knivmuslinger. Det lokale landbrugs- og fiskeriråd i Galicien har oplyst, at der findes nedenstående tre arter, hvilket er bekræftet af Center for Marineforskning, Susana Darriba¹. Recursos Mariños har dog oplyst, at der kun fanges to arter af knivmuslinger. Flere statistikker indeholder samtidig oplysninger om tre arter. Foruden knivmuslingernes kommercielle navn er samtidig anført videnskabeligt navn, samt FAO's navneklassificering.

- Navalla (*Ensis arcuatus*) (FAO/EQE)
- Longueirón Vello (*Solen marginatus*) - RAE
- Longueirón (*Ensis siliquica*) (FAO – EQI)

Man har ikke krav til maksimum størrelsen, men til minimumsstørrelsen²:

- Longueirón Vello: min. 80 mm
- Longueirón: min. 100 mm

For så vidt angår toldmæssig klassificering af knivmuslinger, er følgende information indhentet gennem toldoplysningen i Udenrigsministeriet. Muslinger hører under HS: 0307, med underafsnit opdelt efter muslingernes art. Toldmæssige oplysninger findes dog om arten, hvilket yderligere specificeres i bilag 1 og 2, og kort opsummeres nedenfor:

- 03072100: Kammuslinger og andre muslinger af slægterne *Pecten*, *Chlamys* eller *Placopecten*. Hvis det er muslinger af denne slægt så toltariferes muslingen 03072100XX og resten alt efter slægten.
- 030731: Muslinger (*Mytilus*- arter, *Perna*-arter). Hvis det er muslinger fra denne slægt så toltariferes muslingen 030731XX/030739XX og resten efter slægten. Hvis knivmuslingen ikke hører under 03072100 og 030731, så vælges toltariferingen i "musling 2" dokumentet. Knivmuslingen skal tariferes under "Andre varer, herunder mel, pulver og pellets af hvirvelløse vanddyr".

Grundet ovenstående er det ikke muligt at indhente import tal for knivmuslinger.

¹ Se kildeliste

² Recursos Marinos, se venligst kildeliste

6.3.4 Spaniens struktur

Spaniens opdeling i 17 autonomier, hver med forskellig grad af autonomi, vanskeliggør ofte en nøje definerings af kompetencer og ansvar. Inden for fiskeri, er det nationale maritime råd – JACUMAR, der er underlagt Ministeriet for Landbrug og Fiskeri, myndigheden med ansvar for fiskeri - og skaldyr. Under JACUMAR har hver af de 17 autonomier en lokal afdeling ”Consejeria de Agricultura y Pesca”, som er den operative regionale myndighed, med ansvar for regionernes aktiviteter³.

Det spanske marked for knivmuslinger kan siges at være meget lidt dokumenteret, da fangst i den enkelte havn ikke altid registreres, og den vertikale værdikæde fra fangst til detailed virker meget fragmenteret, med meget lidt integration mellem de enkelte led.

Den lokale afdeling af JACUMAR i Andalusien forklarede dog ved telefonisk kontakt med dem, at de er orienterede om en forholdsvis omfattende fangst af knivmuslinger i Andalusien, men at det endnu ikke registreres. Man har dog planer, om at iværksætte registrering.

På nationalt plan er tilgangen til information tilsvarende ustruktureret. De eneste autonomier, der kan estimere fangst og angive tal på deres fangst af knivmuslinger, er de nordlige autonomier: Galicien, Asturien og Cantabrien.

En anden forklaring på den ustrukturerede situation kan skyldes, at JACUMAR på nationalt plan formidler landets lovgivning til autonomierne, mens autonomierne selv er ansvarlige for at organisere og strukturere deres markeder og sektorer. Dvs. den overordnede nationale lovgivning operationaliseres ikke under samme struktur i de enkelte autonomier.

6.4 Leveringssituationen

6.4.1 Geografisk fordeling af fangst

I Galicien, i det nordøstlige hjørne af Spanien⁴, fanges den største mængde knivmuslinger i Spanien. Man kører typisk fangsten til en lokal ”fabrik”, hvor muslingerne renses for sand og urenheder. Herfra distribueres de videre til lokale grossistmarkeder i Galicien ”Llonjas” samt til de 22 grossistmarkeder, der findes i Spanien. Heraf er de to mest betydelige Barcelona og Madrid, med en andel på henholdsvis 15 % og 30 % af Spaniens grossistmarketers omsætning. Desuden sælges knivmuslinger til virksomheder for videre forarbejdning.

³ <http://www.mapya.es/jacumar/presentacion/presentacion.asp> , samt telefonisk kontakt med de lokale råd.

⁴ Se kort på forsiden

Det har ikke været muligt at få bekræftet om denne procedure er den samme for Asturien og Cantabrien. I Galicien konsumeres samtidig en betydelig mængde knivmuslinger lokalt, hvorfor de modtagne tal skal tolkes som estimerede.

I 2000 vedtog JACUMAR syv planer for opdræt af fisk, bløddyr og skaldyr, hvoraf ét projekt omfatter opdræt af knivmuslinger. Projektet gennemføres i samarbejde mellem autonomierne Galicien, Andalusien, Asturien og Cantabrien. Formålet er, at analysere knivmuslingens aktuelle situation, i hvilken grad man kommercielt udnytter artens muligheder samt udvikle opdræt af arten. På baggrund af planen iværksat i 2000, har Galicien, Asturien og Cantabrien igangsat en plan for opdræt af knivmuslinger fra 2004-2006⁵. Det har ikke været muligt, at rekvirere planen eller nogle foreløbige resultater, da disse stadig er under udarbejdelse. Det skal herudover nævnes, at der foruden Galicien, p.t. også fiskes knivmuslinger 11 steder i Andalusien, 1 sted i Cantabria samt syv steder i Baskerlandet.

6.4.2 Auktioner / Grossistled

Nedenstående tabel 1 viser fangst og værdi af knivmuslinger for tre af de væsentligste autonomier på fiskeauktionerne/grossistmarkeder i de tre autonomier. Data er fra år 2004. Data fra øvrige autonomier er ikke tilgængelige.

	Galicien		Cantabrien		Asturien	
	Fangst i kilo	Kilopris	Fangst i kilo	Kilopris	Fangst i kilo	Kilopris
Ensis arcuatus (Navalla)	125.686	14,60	1185,17	11,15		
Ensis siliqua (Longueirón)	25.063	11,90				
Solen marginatus (Longeirón Vello)	3.927	4,54	3,219,4	8,03	2.282,5	3,49
Total	154.676		4,419,17		2,282,5	

Tabel I, Gennemsnitlig pris- og mængdeudvikling for knivmuslinger i tre autonomier i 2004. Fangst i 2004, Kilde: Det lokale landbrugs- og fiskeriråd i Galicien. Anuario de Pesca de Galicia 2004. Pris angivet i euro.

JACUMAR samt det regionale landbrugs- og fiskeriråd i Galicien har begge oplyst ovenstående tal, hvorfor deres validitet kan betragtes som god.

Tabel 1 viser, at arten *Ensis arcuatus* er den mest fangede og, at fangsten af knivmuslinger er geografisk koncentreret med 96 % i Galicien. Derfor ses nærmere på pris- og mængdeudviklingen i Galicien for årene 2002, 2003 og 2004.

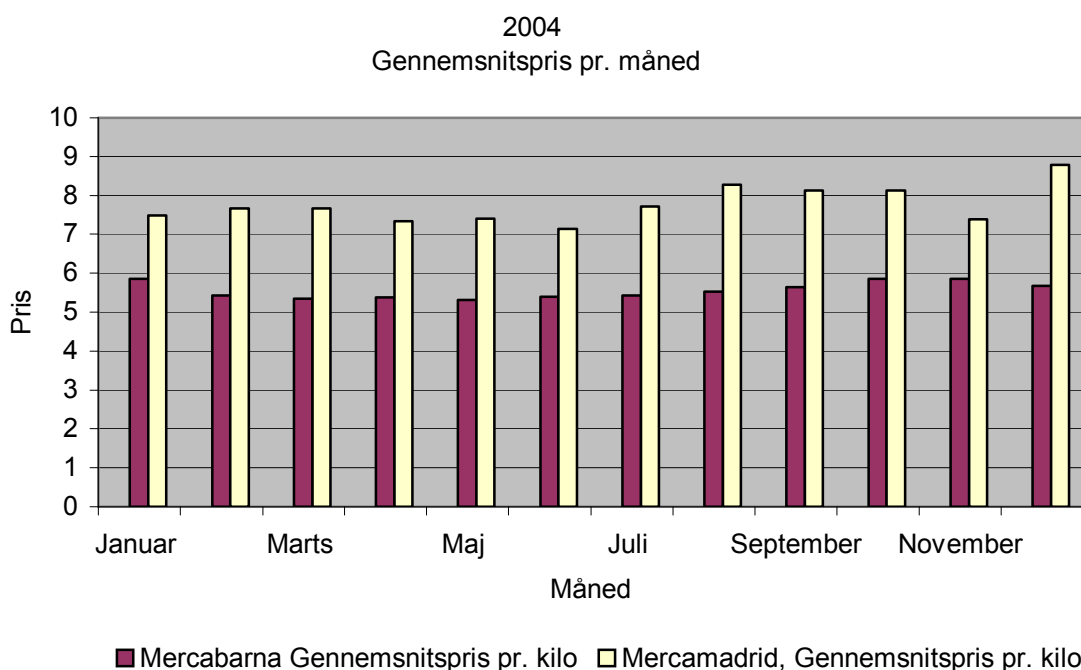
⁵ <http://www.mapya.es/jacumar/presentacion/presentacion.asp>

	2004		2003		2002	
	Kilo	gns./kg	Kilo	Gns/kg.	Kilo	gns./kg
Ensis arcuatus (Navalla)	125.686	14,59	83.312	15,91	97.080	13,37
Ensis siliqua (Longueirón)	25.063	12,09	17.656	16,01	14.899	10,47
Solen marginatus (Longeirón Vello)	3.927	4,53	9.268	2,73	17.036	3,48
Total	154.676		110.236		129.015	

Tabel II. Gennemsnitlig pris- og mængdeudvikling for knivmuslinger for årene 2002, 2003 og 2004 på fiskeauktioner/grossistmarkeder i Galicien. Pris i euro.

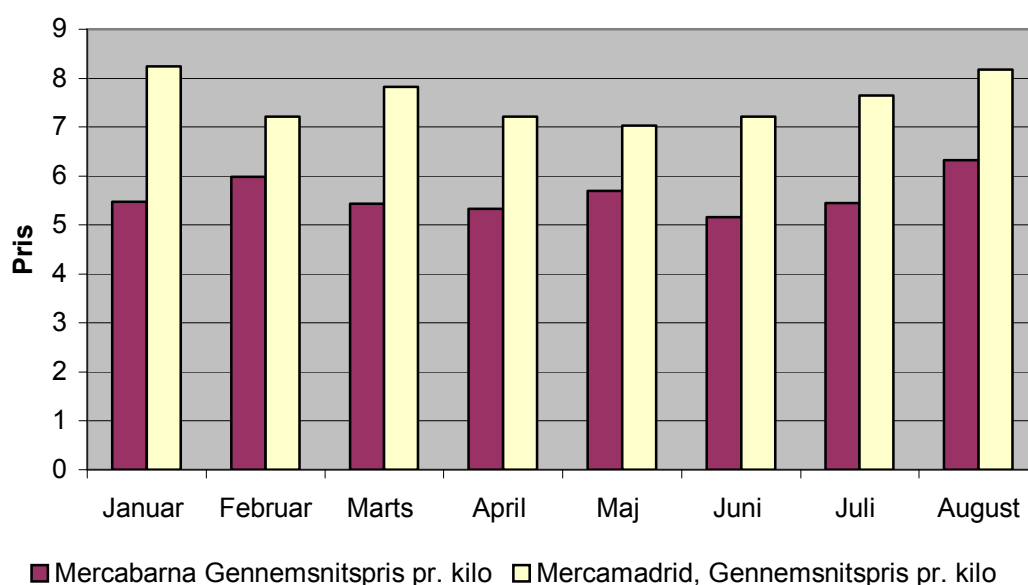
Ovenstående tabel II illustrerer den store mængde- og prisforskel mellem arten *Solen marginatus* og de to andre arter. Mængdemæssigt må det samlede salg også siges at være meget svingende.

Nedenstående søjlediagrammer I og II, viser den handlede pris for knivmuslinger pr. måned på grossistmarkederne i henholdsvis Barcelona (Mercabarna) og Madrid (Mercamadrid). For 2004 er der tale om hele året, mens der for 2005 er tale om årets første 8 måneder.



Søjlediagram I – Gennemsnitspriser pr. måned 2004

Gennemsnitspris pr. måned



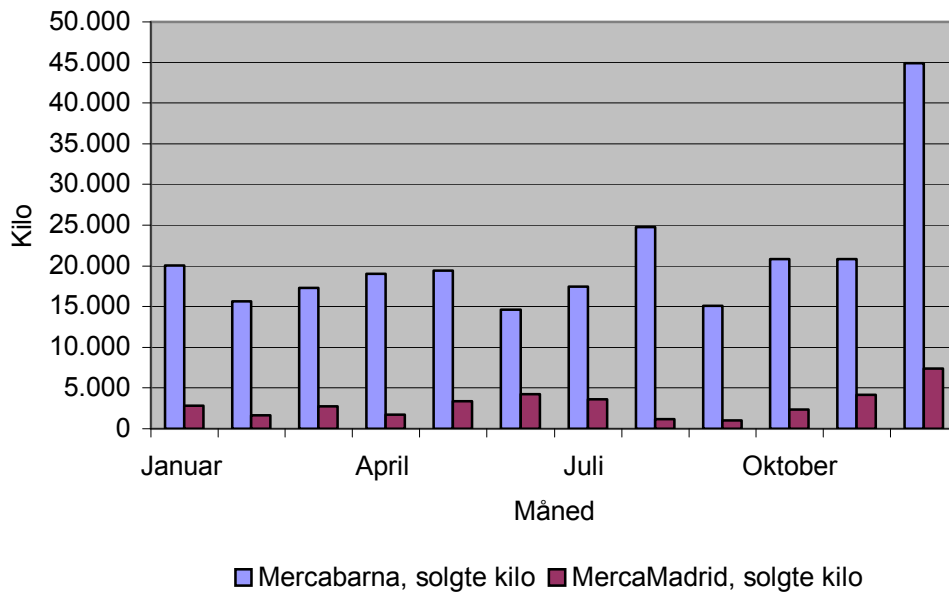
Søjlediagram II – gennemsnitspriser pr. måned 2005

Søjlediagram I og II viser, at den gennemsnitlige prisudvikling på begge fiskeauktioner/ grossistmarkeder er jævn over helt året, dog med en mindre stigning i månederne august og december. Det øgede salg i august kan forklares med de mange spanske indenlandske turister i denne måned, mens salget i december måned viser traditionen for at spise skaldyr i juledagene.

Nedenstående søjlediagrammer III og IV viser salget i kilo pr. måned på grossistmarkederne i henholdsvis Barcelona (Mercabarna) og Madrid (Mercamadrid).

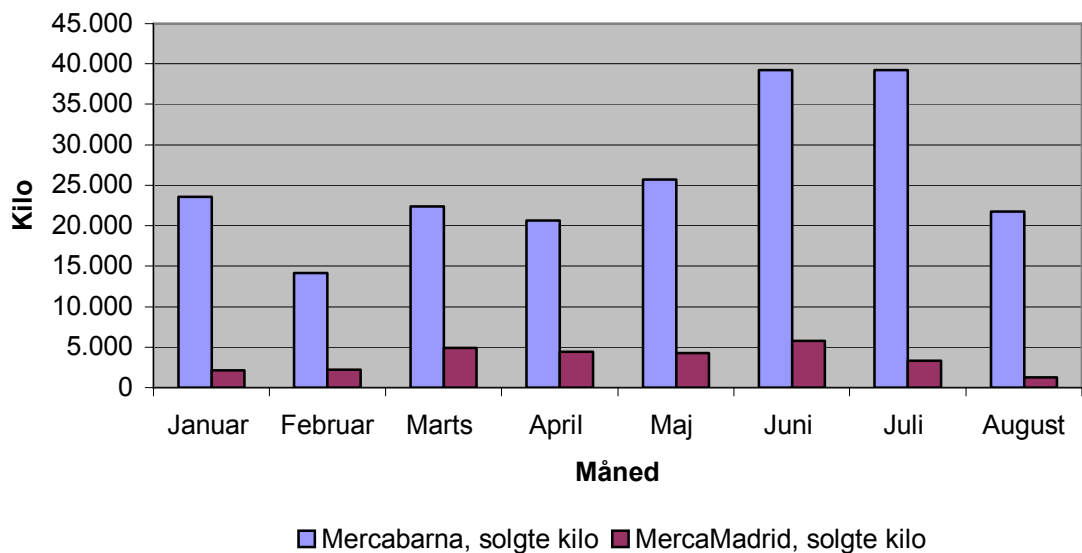
For 2004 er der tale om hele året, mens der for 2005 er tale om årets første 8 måneder.

2004
Salg pr. måned i kilo



Søjlediagram III Salg pr. måned i kilo, 2004

2005
Salg pr. måned i kilo



Søjlediagram IV Salg pr. måned i kilo, 2005

Søjlediagram III og IV viser den store mængdemæssige forskel mellem salget af knivmuslinger på grossistmarkedet i Barcelona og Madrid. Da hovedstaden Madrid befolkningsmæssigt er ca. tre gange større end Barcelona, kan befolkningen ikke bruges som forklaringsvariabel. Det kan dog formodes, at der i området omkring

Barcelona er større tradition for at spise knivmuslinger. Det har dog ikke været muligt at få dette bekræftet af branchefolk.

I 2004 var salget i månederne juni og juli faldet, mens det for tilsvarende måneder var stedet i 2005. Samtidig steg august salget i 2004, mens det faldt i tilsvarende måned i 2005.

6.4.3 Konklusion

Ud fra de fire ovenstående søjlediagrammer ses, at der i Madrid handles betydeligt mindre mængder af knivmuslinger end i Barcelona og til gennemsnitlige priser, der er 2 – 3 euro højere end i Barcelona. Den mængdemæssige forskel illustreres gennem nedenstående tabel III.

Salg af friske knivmuslinger på Mercamadrid og Mercabarna

Tabel III - Salg af knivmuslinger på Mercabarna og Mercamadrid

	2000	2001	2002	2003	2004	2005 (8 mdr.)
Mercamadrid	54.475 kg	56.472 kg	34.639 kg	49.467 kg	36.383 kg	28.472 kg
Mercabarna					249.934 kg	206.623 kg

For yderligere at analysere markedet for knivmuslinger i Spanien, er der fundet frem til den geografiske oprindelse for knivmuslinger solgt på Madrids fiskeauktion/grossistmarked. Nedenstående tabel IV viser den procentvise fordeling af geografiske oprindelse.

Tabel IV Procentvis fordeling af geografisk oprindelse.

	Mercamadrid - oprindelse fordelt på % - 2004											
	Jan.	Feb.	Marts	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
Pontevedra	52,11	54,89	27,73	38,38	6,62	66,99	49,81	8,47	9,43	39,20	49,35	49,03
(Galicien)												
Huelva	16,91	19,88	18,22	27,02	14,07	12,21	11,84	46,53	58,62	24,88	15,48	33,76
(Sydvest esp.)												
Guipúzcoa	15,72							30,51				
(Baskerlandet)												
Frankrig	13,27	25,23	36,73	20,56	30,73	17	12,56	9,41	20,26	23,60	21,55	9,07
Asturien	1,57			2,06					5,09	1,15	0,87	1,57
(Nord)												
Madrid		0,42		5,71		0,47			6,60	2,56	2,17	0,28
Lugo			10,80									
(Galicien)												
Irland			3,60	2,86	6,48		11,73		2,13	4,81	1,72	
Skotland			2,92	2,06	44,80	1,19					3,37	0,45
La Coruña				0,86	0,29		6,90					
(Galicien)												
Holland						2,13	4,14				2,41	3,57
Honduras								3,39				
Grækenland								1,69				
Belgien										5,11		
Cádiz										1,36		
Danmark												0,54

Kilde: www.mercamadrid.es - Hjemmeside for Madrids grossistmarked.

Nedenstående tabel V viser tallene for 2005.

	Mercamadrid - oprindelse fordelt på % - 2005							
	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August
Pontevedra	37,84	12,57	37,82	4,55	2,33	19,79	17,33	51,89
Frankrig	32,53	37,05	20,28	28,43	28,28	48,95	70,92	29,25
Huelva	27,78	49,30	27,80	12,70	9,22	9,10	6,34	18,86
Holland	1,85	0,67	2,33	3,87		2,32	0,54	
Asturien		0,40		1,23	1,40	2,65		
Irland			6,08					
Madrid			5,68	13,20	44,45	6,88		
Guipuzcoa				34,15	3,72			
Avila				1,87				
Skotland					10,61	5,54	3,08	
Danmark							0,90	
Lugo						2,41		
Marokko						1,72		
Italien						0,46		
Almeria						0,17		

Kilde: www.mercamadrid.es - Hjemmeside for Madrids grossistmarked.

Som det ses af de to ovenstående tabeller, forsynes det spanske marked med knivmuslinger fra mange forskellige egne af Spanien samt andre europæiske lande. Hertil skal dog siges, at oprindelseskriterierne defineres ud fra hvorfra leverancerne ankommer til Madrids Grossistmarked. Dvs. en grossist kan have importeret fra Irland og videresendt fra sin virksomhed til Madrids grossistmarked. Dette nærmest umuliggør en klar specificering af oprindelsen for knivmuslingerne. Det samme er tilfældet med byen Huelva i det sydvestlige Spanien. Så vidt det har været muligt at tilegne sig viden om, fanges ikke nævneværdige mængder af knivmuslinger i Huelva området. Derfor kan den stigende mængde knivmuslinger fra Huelva være importeret fra Portugal. Det kan tænkes, at man renser knivmuslingerne i Huelva, før de videresendes til Madrids Grossistmarked.

Desuden nævntes, at lokalbefolkningen i Galicien spiser betydelige mængder af knivmuslinger på såvel restaurationer som privat, og at der ikke er tilgængelige data på disse fangster og konsum.

6.4.4 Geografisk oprindelse af friske knivmuslinger

Hovedsageligt importeres ferske knivmuslinger fra Irland, Skotland og Holland. Som det fremgår af tabellerne importeres også fra andre lande, dog i væsentlig mindre grad.

Fra Irland og Skotland stammer de billigste knivmuslinger. De er meget store og seje i kødet, og sælges af grossister til 3-4 euro/kg og sælges ca. til 5-6/kg, alt efter kvalitet og udbud. Et typisk salg for en grossist er ca. 25 – 100 kg. om ugen.

Mange grossister importerer meget fra Holland, da udbudet og kvaliteten generelt er meget stabil. Disse er blandt de billigste muslinger på markedet, da disse er forholdsvis store og sejere i kødet. Gennemsnitligt betaler grossisterne 3 – 4 euro/kg og sælger disse til 5 – 6 euro/kg.

De næstbedste knivmuslinger importeres fra Portugal. Disse ligner meget muslingerne fra Galicien og er næsten lige så fine i kødet, men har dog ofte sand, hvilket er grunden til, at de ikke sælges lige så dyrt som muslinger fra Galicien.

De bedste og dyreste muslinger på det spanske marked kommer fra Galicien, hvilket også er Spaniens største producent af knivmuslinger. Generelt mener de spanske grossister, at knivmuslinger fra Galicien er af den bedste kvalitet, da disse er helt rensede, er finere i kødet, har den rette størrelse og er mindre og er af denne grund også de dyreste.

Grossisterne sælger muslingerne til 12 – 18 euro/kg, men ingen vil oplyse leverandørpriser.

Det blev oplyst af chefen for Madrids fiskegrossistmarked, at en grossist typisk har en margin på 8 – 12 % fortjeneste.

6.4.5 Fordeling af detailsalg

Grundet den begrænsede mængde af information om detailsalg af knivmuslinger, har vi været i kontakt med Daniel Martinez, direktøren for Mercabarna, og Roldan, direktøren for Mercamadrid, samt grossisterne der handler med knivmuslinger på disse markeder.

Herigennem har vi opnået information ang. fordelingen mellem det forarbejdede og ferske marked. Dog har vi med henblik på konserves, været i kontakt med supermarkederne Plus, Caprabo og El Corte Inglés.

Fire supermarkeder er blevet besøgt; Plus, Dia, Caprabo og El Corte Inglés. Plus, svarer til Aldi i Danmark, og udbyder discountvarer. Caprabo, svarer til Irma og Super Brugsen i Danmark. Dette segment tilbyder et bredt udvalg af kvalitets varer, og har bl.a. afdelinger med friske fisk. Prisniveauet er middel til højt.

El Corte Inglés, svarer til ISO og Magasin i Danmark. Her udbydes et bredt varesortiment med fokus på den meget kvalitetsbevidste forbruger, og har bl.a. en fiskeafdeling med ferske og frosne fisk. Prisniveauet er højt.

Frosne knivmuslinger – Supermarkeder:

Supermarked	Antal	Pris	Vægt	Oprindelse	Art
Caprabo	7	4,20 – 5,46	0,335 – 0,435 g.	Vides ikke	Longueirón
El Corte inglés	11	9,90	450 g	Irland	Longueirón

Som ovenstående skema viser, er der ikke stort udbud af frosne knivmuslinger. Informationen kan ses som komplementær til den øvrige.

Disse er kun fundet i ovennævnte supermarkeder. Det var ikke muligt at finde frosne muslinger på markederne i Barcelona, Mercabarna eller Mercamadrid.

Ferske knivmuslinger – Supermarkeder:

	Pris	Oprindelse	Art
El Corte inglés	17,95 kilo	Galicien	Longueirón

Ferske knivmuslinger – Markeder:

To fiskemarkeder (detail) blev besøgt og man talte med fire udsalgssteder. På det ene af markederne oplystes, at man udelukkende solgte knivmuslinger fredag og lørdag.

Oprindelse:

De udbudte knivmuslinger kom fra: Galicien, Portugal, Holland og Irland.

Pris:

Prisen er meget betinget af oprindelsesland og varierer ifølge det oplyste mellem 12 – 15 euro/kilo for importerede knivmuslinger og helt op til 30 – 35 euro/kilo for de bedste fra Galicien. Knivmuslinger fra Galicien er mindre, har en mørkere og en mere kurvet skal. Des større knivmuslingen er, des billigere da kødet er sejere, og desuden er knivmuslinger fra Holland og Irland ikke godt rensede som dem fra Galicien.

Vægt:

Knivmuslinger sælges i bundter, typisk deles et kilo op i 3 - 4 bundter.

Klassificering:

Klassificering foretages ud fra størrelse samt oprindelsesland.

Dåsekonserves – Supermarkeder:

	Antal	Pris	Nettovægt	Bruttovægt	Oprindelse	Art
Plus		1,65	138 g	78 g.	Chile	Navalla
Caprabo		2,65	98 g.	56 g.	Chile	Navaja

Dåsekonserves – Supermarkeder – El Corte Inglés:

Mærke	Guau	Escuris	DANI	Grandes Hoteles	Conservas Peña	Portomar	Paco Lafuente	NOLY
Pris	9,80	4,25	2,75	2,85	4,00	4,20	4,00	2,45 – 3,25
Vægt	170 g		150 ml	120 ml	120 ml	120 ml		
Antal pr dåse	6 – 8	6 – 8		7 – 9	6 – 8	3 – 5 store	5 – 6	6 – 8
Netto vægt	270 g		138 g	112 g	111 g	111 g	115 g	110 – 138 g
Brutto vægt	165 g		78 g	63 g	63 g	63 g	65 g	62 – 78 g
Oprindelse	Pontevedra/ Galicien	La Coruña	Chile	Chile	Pontevedra /Galicien	Pontevedra/ Galicien	Galicien	Peru
Fabrikant		Perlas de Arosa					Conserveria Gallega	
Form	Naturel	Naturel	Nature	Naturel	Naturel	Naturel	Naturel	Naturel

Ovenstående to skemaer indikerer, at knivmuslinger på dåse hovedsageligt kommer fra Galicien og Chile.

Knivmuslingerne fra Galicien er typisk af bedre kvalitet og sælges derfor også til en dyrere pris. På grund af prisen er det dog kun muligt at købe knivmuslinger fra Galicien i El Corte Inglés, hvilket også indikerer, at muslingerne fra Galicien sælges til den meget kvalitetsbevidste forbruger. I Plus og Caprabo forefindes kun få knivmuslinger fra Chile, hvilket indikerer, at discount segmentet og det middelkvalitets orienterede segment udelukkende tilbydes de billigere produkter fra Chile. Som det ses i de to ovenstående skemaer er det hovedsageligt det spanske firma DANI, som importerer fra fabrikanten i Chile.

6.4.6 Efterspørgsel

Ud fra ovenstående skemaer kan det konkluderes, at det største marked for knivmuslinger er ferske knivmuslinger. Det har ikke været muligt at kvantificere frost- eller konservesmarkedet.

Med henblik på salget af friske muslinger, mener de grossister, der ikke har et omfattende salg af knivmuslinger, dette vil sige de grossister, der ca. sælger mellem 300 – 400 kg. pr. uge, ikke, at efterspørgslen efter knivmuslinger på det spanske marked er særlig høj, siden der ikke eksisterer en udpræget tradition for at spise disse muslinger i Spanien, men der oplyses, at det er der i højere grad i Portugal.

De grossister, der har et mere omfattende salg, dvs. 1500 – 4000 kg pr. uge mener, at dette er et rentabelt produkt, som sælger godt.

Direktøren for Mercabarna, Daniel Martinez, mener ikke, at knivmuslinger er et udpræget rentabelt produkt i Spanien. Han mener, der er andre muslinger, der er mere efterspurgt. Det samlede salg af knivmuslinger på Mercabarna i de første syv måneder af 2005 udgjorde 154.000 kg. Med 21 arbejdsdage på en måned, udgør det daglige salg 1000 kg fordelt over de ti stande, der handler med knivmuslinger på Mercabarna.

Sammenlignet med andre muslinger er fangsten af knivmuslinger ikke særlig stor, dette har ikke noget med udbuddet at gøre, men derimod med efterspørgslen, mener Daniel Martinez.

6.4.7 Struktur

Grossisterne fra Mercabarna informerer, at alle leverandører af knivmuslinger fra Galicien køber dem på markedet i Galicien, hvorefter disse sælges til grossisterne på Mercabarna. Derfra sælger grossisterne de friske knivmuslinger videre til restauranter, store supermarkeder og andre detailed som fiskemarkeder i Barcelonas centrum.

Knivmuslingerne som bl.a. importeres fra Irland, Skotland og Holland køber grossisterne oftest fra leverandører, som selv fisker muslingerne og leverer disse til grossisterne. Af denne grund kan grossisterne sælge muslingerne billigere til bl.a. restauranter, store supermarkeder og andre detailed som markederne i Barcelonas centrum.

Grossisternes opnåede avance på salget af knivmuslinger er 2,7 og generelt sælges muslingerne med en margin på 10 %. Der er dog mange grossister, der ikke vil oplyse den præcise margin. Momsen er 7 %.

Generelt for konserves opkøber fabrikant-virksomheder friske muslinger fra havnen eller rensefabrikker. Derefter videresælges produktet til en distributør, som videresælger i sit eget navn. Dette er ens for nationale som importerede produkter⁶.

6.4.8 Indtrængningsmuligheder

Som nævnt ovenfor, mener direktøren for Mercabarna og grossisterne, der har et ugentlig salg på mellem 300 – 400 kg ikke, at markedet for knivmuslinger er rentabelt i Spanien, pga. at der ikke er en udpræget tradition for knivmuslinger i Spanien.

Derimod mener de grossister, der har et ugentligt salg på 1500 – 4000 kg, at det er et stærkt produkt, der er rentabelt. Tilmed har repræsentanter fra Galicien, Asturien og Cantabrien indgået en fælles plan for udvikling af en bæredygtig udvikling af produktionen af knivmuslinger i de nævnte regioner, hvilket efter sigende skyldes en øget kommerciel værdi.

⁶ Telefonisk samtale med havnen i Vigo og virksomheden DANI

Grossisten ROS, S.A. udtrykte interesse for kontakt med Dansk Skaldyrcenter, med henblik på import af friske knivmuslinger. Han bad Dansk Skaldyrcenter kontakte ham, hvis centret er interesseret i at eksportere til det spanske marked. ROS, S.A. er blandt de grossister, der mener, at knivmuslinger er et rentabelt produkt, og har et ugentlig salg på ca. 2500 – 4000 kg.

ROS, S.A.
Salvador Sarasa
Tel: 0034 93 262 03 10
Mobil: 0034 670 21 27 79
Mail: euromarisc@telefonica.net

6.5 Kildeliste

I forbindelse med ovenstående markedsundersøgelse blev følgende kilder anvendt:

Politiske instanser

JACUMAR – La Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos (Det nationale maritime råd) <http://www.mapya.es/jacumar/presentacion/presentacion.asp>

Formål: At sørge for at autonomierne følger og udfører de nationale planer/lovgivning.

Telefonisk og skriftlig kontakt til Råd for landbrug og fiskeri i Galicien, Asturias, Cantabrien og Andalusien (Las Consejerias de las Comunidades Autónomas de agricultura y pesca).

Formål: Styrer regionens fiskeri. Alle fiskere indrapporterer ugentlig fangst til det lokale råd, hvor dette registreres. Det er dog ikke alle regioner, der fører statistikker på fangst.

Havne

Gijón(Asturias)

Telf: 985 179 600

Fax: 985 35 99 17

Santander

Telf: 942 20 36 00

Fax: 942 20 36 33

Vigo (Pontevedra)

Telf: 986 26 80 00

Fax: 986 26 80 01

Nationale statistikker

- www.pescadegalicia.es Her føres bl.a. statistikker over fangst
- www.cimacoron.org Center for marinforskning. Disse har hjulpet med informations-søgning samt definition af eksisterende knivmuslinge arter i Spanien. Fru Susanna Darriba
- www.icex.es Data for import og eksport
- www.taric.es Toldkoder på forskellige produkter
- www.aeat.es Kontakt numre til bl.a. INTRASTAT og toldmyndigheder.

Recursos Marinos

Tel: 981 544 069

Tel: 986 817 113

Denne instans er ansvarlig for maritime anliggender i hele Spanien.

6.5.1 Grossistmarkeder

Mercabarna er Barcelonas grossistmarked med en afdeling for fisk og skaldyr.

Her handler grossister med indkøbere fra restauranter, hoteller, supermarkeder og andre detailed. Møde blev holdt med direktøren for markedet, Daniel Martinez Menchón, der udpegede relevante grossister, som handler med knivmuslinger. Efterfølgende kontaktedes de udpegede grossister telefonisk. www.mercabarna.es. Desuden er anvendt statistik fra markedets hjemmeside.

Mercamadrid er Madrids grossistmarked med afdeling for fisk og skaldyr. Her handler grossister med indkøbere fra restauranter, hoteller, supermarkeder og andre detailed.

Telefonisk kontakt til direktøren, som forklarede omkring knivmuslingernes oprindelse. Forklarede, at udad Spaniens 22 grossistmarkeder, omsætter Madrids for ca. 30 %, og Barcelona for ca. 15 %.

Mercabilbao er Bilbaos grossistmarked med afdeling for fisk og skaldyr. Her handler grossister med indkøbere fra restauranter, hoteller, supermarkeder og andre detailed. Det var ikke muligt at tale med nogen om markedets salg. Der blev henvist til markedets hjemmeside.

Detailed – fisk, skaldyr, frugt, kød etc.

To af Barcelonas markeder blev besøgt, La Boqueria og Santa Catalina. På sidstnævnte havde man ingen knivmuslinger og på forespørgsel oplystes, at man kun solgte dem torsdag og fredag.

-
- **DANI:** Spansk distributør af skaldyr på dåse
 - **El Corte Inglés:** Meget stor varehuskæde i Spanien. Kan sammenlignes med Magasin og Illum i Danmark.
 - **Caprabo:** Stor supermarkedskæde i Spanien. Kan sammenlignes med Superbrugsen og Irma i Danmark.
 - **Plus:** Stor supermarkedskæde i Spanien. Kan sammenlignes med Aldi i Danmark.

Øvrige:

Data om knivmuslingens reproduktion i Galicien.

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=QuickSearchListURL&_method=list&_aset=V-WA-A-W-A-MSAYWW-UUA-U-AAWYCUBCVD-AAWZUYVBVD-BWUABYVUE-A-U&_sort=d&view=c&_st=13&_acct=C000050221&_version=1&_userid=10&md5=57daf95d7779c528e63b175db81fcbbf

6.6 Bilag 1

Samtale med Intershell UK director Will Carrier

We are working with “*Ensis americanus*” and would like to know if the market differentiates between the species or is it merely the size and quality that matters?

In general the size and quality is the major selling point of the razor clams; however you will find a great size differential between certain species. For example, the *Ensis ensis* at maturity is much smaller and thinner than the *Ensis siliqua* at maturity, this makes it a better seller into the likes of the EU. However, the likes of the Spanish ‘end user’ prefers a product to be no more than approximately 17 to 18 cm in length, this way they can lay half a dozen side by side on a plate in a restaurant which is appealing to the consumers eye. But in the likes of the Far East a product of this size would not be marketable as it is just too small. Instead the Far East require a product in excess of 20 cm and as high as 24 cm if possible. For want of a better expression it is “more phallic” to have a larger product in the Far East as it shows greater prowess and power to the onlooker. Looking at the *Americanus* species it is very similar to the *siliqua* and I foresee no reason why it would not sell well.

Your estimation of the supply and demand on the European market, and if possible broken down to the individual markets?

Although a significant supply of razors to the EU market is derived from the UK, Ireland and Holland, the big Spanish players have found that countries such as Peru and Chile have a species called the *Ensis macha*. This is good enough for them to set up their own canning plants in these countries and export back to themselves in Spain. Furthermore, the Spanish have their own “prized” razor known locally as the Galician Razor; this they will use over anything else; however the cost is considerably more due to the high meat yield and freshness due to its locality of catch.

You have three main markets in the EU to consider for the razors...

1. The live markets such as Mercabarna, Mercamadrid, Mercavalencia and so on. This is where you will see the highest economic return from your sales as you are selling direct to a wholesaler who will then trade to the retailers. Selling the product this way requires that it is packed to EU and customer standards, if you fail to comply with these standards the chances are the product will be confiscated and destroyed by the vets who patrol these markets looking out for non compliant goods.
2. The depudoras; these are companies that buy in bulk and are happy to accept the product in what ever sort of packing the good arrive in. They will buy the products (as long as they are in good condition) repack and sell to the wholesalers on the live markets. These depudoras will obviously demand a lower price for the products as they need to repack them and they also make a percentage on the sale value.

3. The canning industry; there is a vast amount of produce canners operating in the likes of Spain who will buy the produce in bulk; once again the packing is not a requirement as long as the goods are healthy at time of arrival. As the product is not going to be sold to the consumer in a live / fresh state; instead it will be cooked, de-shelled and placed in cans this will require a cost from the producer, therefore they will offer a lower price for purchase. The one good point in dealing with the canning industry is the great volumes they can purchase at any one time. Furthermore, if you have gained trust from your canners they will invariably accept the razors in a frozen format; this allows for full truck loads to be moved safely. The format for freezing is either blast or IQF with the later being the more preferable.

How much goes to processing and how much to the fresh market?

A percentile breakdown would be in the region of 70% to processing & 30% to the live market.

What are the app. prices on producer (fishing), wholesale and retail levels?

Approximate purchase value from a producer / fisherman is in the region of 4.00 euros per kilo

Approximate sale price to a wholesaler would be in the region of 5.00 euros to 5.50 euros per kilo. This will be a constant with the only variable being the likes of Easter and Christmas where demand is high and the prices rise to reflect this. You would also find that the attainable price for a 'dived' razor will be slightly higher than a dredged razor.

How is the different quality levels defined?

The quality is defined from a few points as follows...

- A) The catch area, is the water graded A, B or C? A grade A product requires less depuration than a grade B and so on; thus allowing the product to reach market in a shorter time period and demanding a better price.
- B) The species itself; as previously mentioned the siliqua will obtain a better price than the ensis due to its size.
- C) The depuration method; a product will not sell if it has a high sand content; therefore depuration to remove the sand is of paramount importance in the quality of the product.

Packing and transport temperature will play a large part in how the product also sells, it has to be correct for the live market wholesalers and the transport temp has to be optimum in ensuring the healthy arrival of the goods. A tired product will not sell!!!

How are the clams transported, and is there any loss (mortality) during this?

We here at Intershell have gone through the trial and error stages of packing and transportation. The outcome is that the products have to be packed with the correct materials (long lasting self contained ice packs). The transport needs to be efficient, and where possible direct to customer as opposed to Groupage where the goods are moved from one trailer to the next in different locations in order for them to arrive with the customer. The transport has to obviously be refrigerated and we suggest a temperature between 0 and +3 degrees centigrade. This method is obviously not optional for Far East sales and for this reason we utilise air freight services; these are expensive but the cost can be covered within the invoice value that the customer receives.

Are there any season variations on the supply and demand?

Yes, you will find increases on the lead up towards Christmas and Easter, however after these periods you will notice a slump and the market levels off. The summer months sees a downfall in sales as the high environmental temperatures imposes a great threat to the mortality of the razors.

How long do the fresh clams stay alive once out of the water?

If handled correctly, packed correctly and transported efficiently at the right temperature you will see a healthy product still in seven days. After this time the product begins to fade and although it will not die until day 9 or 10 the consumer will notice a great difference in the quality and taste of the product.

Do you see any perspectives in growing razor clams in an off bottom system?

Yes, if this can be done and in a grade A environment where the collection of the product does not bring them into contact with sand will mean little or no depuration; thus arriving faster and healthier at market.

DEL 2

Biologiske undersøgelser

7.0 Parentalbestand

Som basis for de biologiske undersøgelser blev der indsamlet knivmuslinger til oprettelse af en parentalbestand. Bestanden skulle levere voksne muslinger til gydningforsøg og vise, om det er muligt at få knivmuslinger til at trives i et semi-kontrollerede miljø som en model for produktionslignende forhold.

7.1 Indsamlinger

7.1.1 Områder

Der er udelukkende anvendt manuelle metoder til indsamling af knivmuslinger i dette projekt, idet en mekanisk metode ville medføre en stor forstyrrelse af bunden i indsamlingsområderne. Der kan anvendes forskellige manuelle metoder til ophentning af knivmuslinger, afhængigt af, om der er vanddækket eller ej. Udvælgelsen af lokaliteten for indsamling blev foretaget ud fra tilgængelighed, forekomst af knivmuslinger, dybde og bundforhold.

Et område ved Sundsøre (56° 42.35N; 9° 10.21E), nogle hundrede meter syd for færgelejet for Hvalpsund-færgen viste sig at opfylde de opstillede krav. I dette område lever amerikansk knivmusling på helt lavt vand, og densiteten var høj, pletvist op til 100 pr. m². Størstedelen af knivmuslingerne, der blev brugt til parentalbestanden, er indsamlet ved Sundsøre, mens den resterende del er indsamlet ved Sillerslev (56° 40.87N; 8° 44.15E). I begge områder bliver det kun gradvist dybere fra kysten, og der er områder med ålegræs. Der levede knivmuslinger i både åbne og bevoksede områder.

7.1.2 Fremgangsmåde

De lavvandede områder gav mulighed for at kombinere gravning og snorkling under indsamlingen. I områder med en vanddybde på op til 1 meter er det muligt for en stående person at grave efter knivmuslinger med greb. Vanddybden gør det dog umuligt at se ånehuller og samle de opgravede knivmuslinger op, hvorfor det er en fordel at have en person liggende i vandet. Det er let at erkende, hvor knivmuslingerne har deres huller. I pigmentering og udformning adskiller knivmuslingers ånderør sig tydeligt fra sandmuslingens, der er den eneste anden nedgravede musling, der blev fundet på samme levesteder som knivmuslingen.

Muslingerne blev under indsamlingen opbevaret i et net under vandoverfladen og efterfølgende indpakket i fugtige klude inden hjemtransport. Synligt skadede individer blev frosset ned straks ved ankomst til skaldyrcentret til brug i tørvægts- og gonadeanalyser.

Udbyttet lå på 50 til 300 knivmuslinger pr. indsamling. Resultatet fra en indsamling var stærkt afhængigt af vind- og vejrforhold, og det viste sig umuligt i praksis at indsamle knivmuslinger i en periode i vinteren 2004 - 05.

De levende knivmuslinger blev ved ankomst til skaldyrcentret puttet i kar med 20 cm sand og rindende havvand. Under etableringen skulle muslingerne selv grave sig ned. Herved frasorteredes de individer, der havde skjulte skader i form af brud på fodmuskulaturen eller kapperanden. Muslinger, der døde eller ikke havde gravet sig ned i løbet af 12 timer efter etablering, blev nedfrosset. Muslinger med synlige og skjulte skader udgjorde til sammen ca. 20 % af det samlede antal indsamlede (Tabel 7.1). Efter den initiale periode i parentalkarrene, var dødeligheden blandt knivmuslingerne meget lav. Muslingerne blev etableret ved densiteter på enten ca. 160 eller 320 individer pr. m². Der var ingen forskel i mortaliteten mellem de to tætheder, hvilket indikerer, at muslingen kan trives ved høje tætheder.

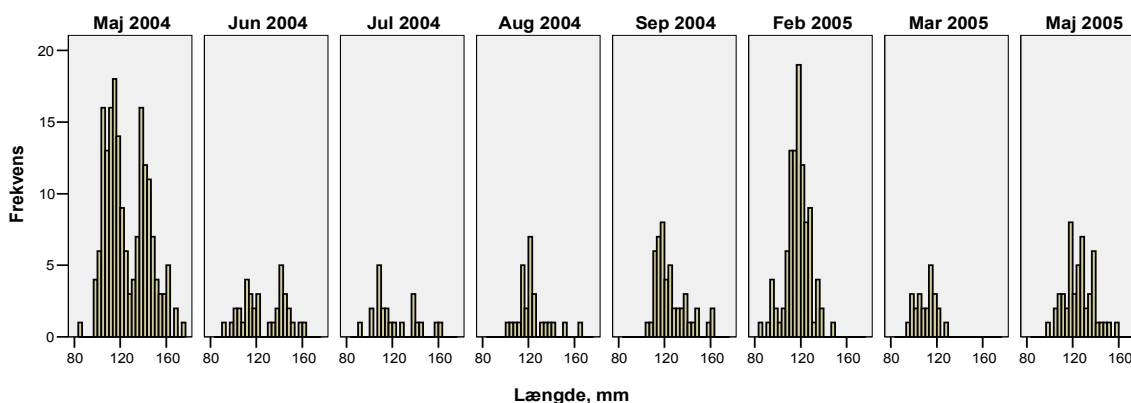
Tabel 7.1 Oversigt over indsamlinger af knivmuslinger.

Dato	Sted	Antal brugbare	Antal skadede	Antal i alt
10-05-04	Sundsøre	115	25	140
11-05-04	Sundsøre	256	47	303
16-05-04	Sundsøre	310	112	422
07-06-04	Sundsøre	3	4	7
10-06-04	Sundsøre	140	52	192
13-06-04	Sundsøre	175	31	206
22-07-04	Sundsøre	168	42	210
08-08-04	Sundsøre	123	30	153
03-09-04	Sundsøre	68	22	90
05-09-04	Sundsøre	185	60	245
28-02-05	Sillerslev	60	10	70
01-03-05	Sundsøre	53	5	58
31-03-05	Sillerslev	120	30	150
17-05-05	Sundsøre	159	37	196
Total		1935	507	2442

Som et alternativ til opgravning kan knivmuslinger tvinges til at forlade bunden ved at hælde en overmættet saltopløsning i deres åndehuller. Denne metode har i andre situationer vist sig anvendelig, men gav ikke overbevisende resultater under dette projekt. Efter forsøgsvis opsaltning af dyr fra parentalbestanden var der flere, der ikke gravede sig ned igen, end ikke efter flere dage. Saltning vurderes derfor ikke umiddelbart som en brugbar metode til høst af muslinger, der senere skal anvendes i forsøg. Endelig kan der også tænkes i mindre mandskabskrævende, maskinelle metoder, i enkelttilfælde, hvor der skal indsamles større mængder til oprettelse af kommercielle parentalbestande, eller undersøges alternative, skånsomme metoder.

7.1.3 Længdedata for indsamlede muslinger

I figur 7.1 ses fordelingen af længder på de indsamlede muslinger fra Sundsøre og Sillerslev, inddelt efter måned. I maj 2004 var to størrelsesklasser 100 - 120 mm og 120 - 150 mm dominerende, svarende til hhv. to og tre år gamle individer. Knivmuslinger, der var ældre end tre år, blev kun i begrænset omfang fundet ved indsamlinger. Muslinger fra klassen 100 - 120 mm voksede ca. 1 cm fra maj 2004 til tidligt forår 2005. Væksten hos muslingerne i parentalkarrene fulgte vækstraterne observeret hos indsamlede muslinger. I skallen opstod der dog hos de fleste individer en mindre forstyrrelsesring som følge af håndteringen i forbindelse med indsamling.



Figur 7.1 Størrelsesfordelingen af indsamlede knivmuslinger (Sundsøre og Sillerslev poolede). Data angivet som februar 2005 indeholder også data for muslinger indsamlet den 1. marts, mens data angivet som marts 2005 er på muslinger, indsamlet den 31. marts.

Til oprettelse af parentalbestanden kan der med fordel anvendes muslinger, der er over 100 mm lange, hvilket svarer til en alder på mindst to år, da de kan forventes at have et større reproduktivt potentiale end yngre individer. I gonadeundersøgelsen indgik enkelte etårige muslinger, som alle indeholdt modent gonadevæv i maj. I kraft af, at etårige muslinger reelt er mindre end ældre muslinger, er der dog mindre reproduktivt væv til stede i små muslinger i forhold til store. Desuden må det forventes, at små muslinger i højere grad allokerer energi til vækst frem for reproduktivt væv, mens store muslinger kan satte mere energi af til opbygning af reproduktivt væv.

7.2 Parentalkar

De indsamlede knivmuslinger blev etableret i allerede eksisterende kar i væksthallen på Dansk skaldyrcenter. Der blev anvendt to betonkar på fem gange en halv meter (Figur 7.2). Karrene var ca. 50 cm dybe. Da knivmuslinger er mobile, blev hvert kar inddelt i enheder af 1 meters længde med lodrette skillevægge af plastnet, der havde huller på 8 - 10 mm. Der var således vandudveksling mellem enhederne, men muslingerne blev holdt adskilt. Totalt set medførte dette oprettelse af i alt 10 enheder. Der blev sat net med maskestørrelse 5 mm for udløbshullerne i karrene.

I væksthallen er der rindende havvand, der tages ind fra Limfjorden på den ene side af Ørodde og føres ud på den anden. Indløbet er placeret midt i karstrengen, mens huller jævnt fordelt i karvæggen fungerede som udløb. Det tilførte vand blev fordelt i hele karrets længde vha. tagrender med huller i bunden, så vandet strømmede ud i en højde af 20 cm over sedimentet. Da vandet inden tilledning kun gennemgik en grovfiltrering indeholdt det fødepartikler. Det blev tilstræbt at have et højt vandflow i karrene. Dette blev gjort for at sikre, at der trods placeringen af ind- og udløb foroven i karrene var en høj vandbevægelse over sedimentoverfladen og for at optimere fødetilførslen til muslingerne.



Figur 7.2 Fordelt på to lange kar, blev knivmuslingerne etableret i 10 enheder med et areal på $1,0 \times 0,5$ m. Mellem enhederne, der var markeret med net, var der fri vandudveksling. Vandet blev fordelt i hele karret vha. en tagrende med huller.

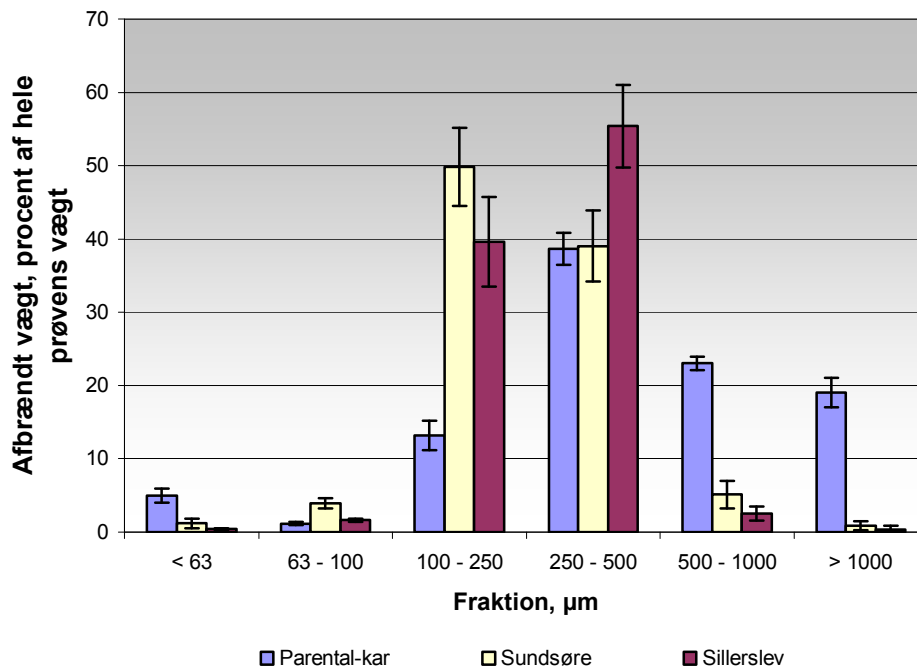
Karrene blev fyldt med 20 cm vasket grusgravssand, kornstørrelse 0 - 4 mm, som blev gennemskyllt med havvand i en uge, inden der blev etableret knivmuslinger i det. Voksne knivmuslinger klarer sig godt i et bredt spektrum af kornstørrelser og kan leve i sediment med langt højere siltindhold end det valgte. Fint sediment kan dog blive kompakt og svært at grave i, så for at gøre det let at frigøre muslingerne, når de skulle bruges i forsøg, blev der valgt groft sand. Der blev ikke gjort tiltag for at hindre et iltfrit sediment. Knivmuslinger og mange andre gravende dyr overkommer iltfrie sedimenter ved at trække havvand ned i deres gang, hvorved det omgivende miljø holdes iltet, og muslingen undgår påvirkning af skadelige, reducerede forbindelser.

7.2.1 Sedimentanalyse

Til bestemmelse af fordelingen af kornstørrelser i det valgte sediment, blev der udtaget 10 prøver til fraktionering. Der blev ligeledes foretaget analyser på 10 prøver fra hvert indsamlingssted i Limfjorden. Prøvetagningen blev foretaget til 12 cm dybde med et rør med en indre diameter på 15 mm. Ved fraktioneringen blev hver prøve opdelt i størrelsesintervaller ved hjælp af sigter på 63, 100, 250, 500 og 1000 μm . Fraktionen under 63 μm blev opsamlet med skyllevandet og efterladt i nogle timer for at bundfælde, hvorefter vandet forsigtigt blev hældt fra. For bestemmelse af den afbrændte vægt af hver fraktion, blev prøverne tørret ved 103 °C i 48 timer og afbrændt ved 550 C° i 12 timer. Statistisk behandling af resultaterne blev foretaget med SPSS.

Fraktionering af sandet viste, at korn i størrelsen 100 til 500 μm var dominerede i parentalkarrene (Figur 7.3). I figuren vises desuden fordelingen af kornstørrelser i sedimentet på indsamlingsstederne ved hhv. Sundsøre og Sillerslev. Begge disse var også domineret af korn i størrelsen 100 – 250 og 250 – 500 μm . Sedimentet fra parentalbestanden indeholdt væsentligt mere sand over 500 μm end de to indsamlingssteder. Dette var netop hensigten i valget af sediment. Kornstørrelsesfordelingen i parentalkarrene ændrede sig i løbet af projektperioden

grundet sedimentation af fine partikler, indført med havvandet. Dette medførte, at der lagde sig et lag af fint, partikulært materiale på sedimentoverfladen. Denne høje sedimentation gav ikke synlige problemer for muslingerne. Af praktiske årsager anbefales det dog en gang hvert halve år at fjerne det tilkomne mudder.

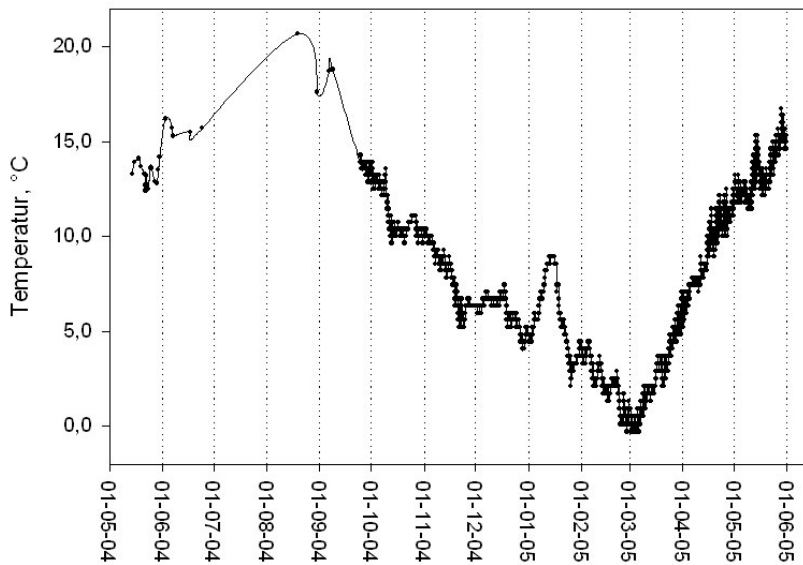


Figur 7.3 Sedimentfordeling i parentalbestanden og fra indsamlingsstederne ved Sundsøre og Sillerslev. Grafen viser den afbrændte vægt (procent af hele prøvens vægt) for hver størrelsesfraktion. For Sundsøre og Sillerslev er korn af 100 – 500 µm dominerende, mens sandet benyttet i parentalkarrene er grovere og domineret af 250 – 500 µm.

De indsamlede knivmuslinger gravede sig let ned i sedimentet. I løbet af sommerperioden settlede bl.a. sandorme og sandmuslinger, bragt ind som larver med vandet. Dette var en god indikation på, at sedimentet i karrene var passende, idet det også naturligt er disse makro zoo-benthiske arter, der er tilstede, hvor knivmuslingen lever. Dog var forekomsten af sandorme tegn på, at sandet var relativt groft. I naturen ses ofte et skift fra høj forekomst af sandorme til knivmuslinger, hvor sedimentet skifter fra groft til mere fint. Karrene blev begroet med søpunge i sommermånederne, men rensning en gang om måneden kunne holde begroingen nede. Tagrenderne blev dagligt rensset for eventuel indkommen silt. Ved en kommerciel produktion bør parentalbestanden stå under mere kontrollerede forhold, evt. i et recirkuleret system, hvor forekomsten af andre organismer kan kontrolleres.

7.2.2 Fysiske parametre

Forholdene i vandet i parentalkarrene fulgte de ambiente forhold i Limfjorden. Iltindhold, temperatur og salinitet blev monitoreret for at sikre sig, at forholdene i karrene var tilfredsstillende. Ilt og salinitet blev målt manuelt, mens vandtemperaturen blev målt via en temperaturlogger (Hobo Water Temp Pro). Iltforholdene i vandet var ved alle målinger over 5 mg/l. Saliniteten varierede mellem 28 og 34 ‰. Temperaturen i karrene varierede mellem 0 og 20 °C (Figur 7.4). Alle målte saliniteter og temperaturer faldt inden for tolerancerammerne for voksne knivmuslinger (Freudentahl and Nielsen 2005).



Figur 7.4 Vandtemperatur i parentalkarrene for sæsonen maj 2004 til juni 2005.

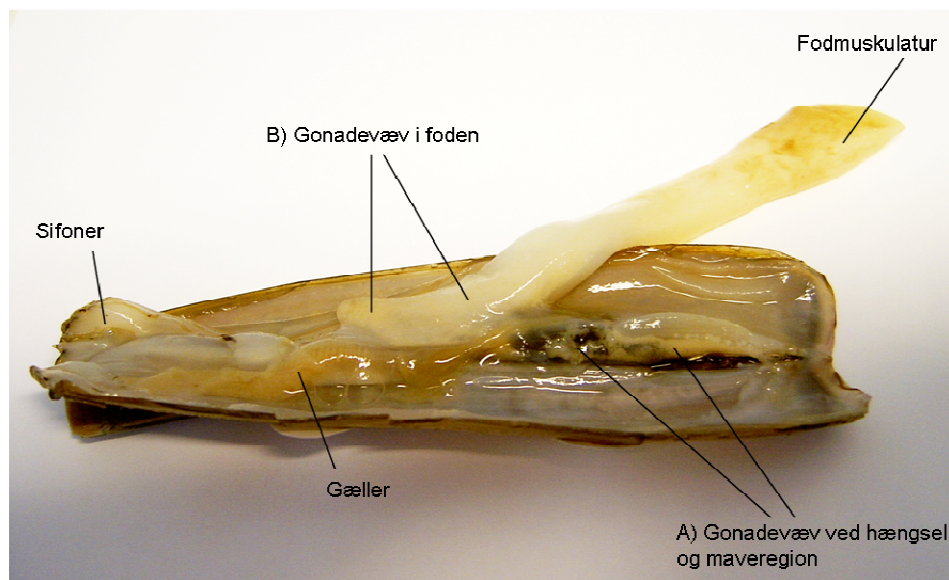
8.0 Reproduktiv cyklus

Under pilotprojektet blev udviklingen af reproduktivt væv (gonadevæv) hos amerikansk knivmusling i Limfjorden undersøgt for sæsonen 2004 – 05. Med mindre der iværksættes konditionering af voksne knivmuslinger til en løbende produktion året rundt, er man afhængig af den naturlige reproduktive cyklus. Tidspunktet for modning af gonadevævet er afgørende for, hvornår indsamling af moderdyr og gydningssinduktion bør påbegyndes. Endvidere ønskede man at udvikle en metode til bestemmelse af modenhed hos amerikansk knivmusling, til anvendelse i en fremtidig produktion.

Produktionen af gonadevæv følger i danske farvande en årscyklus, der reguleres af vandtemperatur og fødeforhold. Gydning finder sted i forårs- og sommermånederne, hvorefter muslingen går ind i en hvilefase, hvor eventuelt tilbageværende gonadevæv reabsorberes. Muslingen begynder opbygningen af nyt gonadevæv i løbet af vintermånederne. I foråret modnes gonaderne, og omkring maj er muslingerne klar til gyde.

Amerikansk knivmusling er særkønnet. Gonadevævet har samme placering hos hanner og hunner (Figur 8.1). Vævet findes:

- A) Omkring hængslet på muslingen, hvorfra det strækker sig op over maven.
- B) I foden, hvor øverste del kan være en infiltration af muskel- og gonadevæv. Der går desuden en streng af gonadevæv ned i foden.



Figur 8.1 En moden hun, der er åbnet, så bløddelene ses. Muslingen er høstet den 11. maj 2004 og har en skallængde på 115 mm. A) Gonadevæv ved hængsel og i maveregionen. B) Gonadevæv i foden.

8.1 Undersøgelse af gonadevæv

I undersøgelsen indgår muslinger fra Sillerslev og Sundsøre. Ved indsamling af parentale dyr blev ca. en femtedel af de ophentede muslinger beskadigede. Disse er anvendt i gonadeundersøgelsen. Desuden indgik 100 individer, hvis fod blev sendt til genetiske undersøgelser i Spanien (se appendix B). I forbindelse med indsamlingerne blev der ikke observeret stressgydninger, der ellers kunne have påvirket billedet af muslingernes udviklingsmæssige status. Monitering af gonadeudviklingen blev begrænset af, at det i en periode i vinteren 2004 - 05 ikke var muligt at indsamle knivmuslinger på grund af dårlige vindforhold. Ved anvendelse i gonadeundersøgelsen blev de frosne muslinger tøet op ved stuetemperatur, hvorefter de blev skåret op langs kapperanden.

8.1.1 Metode til vurdering af modenhed

Til at vurdere udviklingsstadiet hos de indsamlede knivmuslinger blev to index defineret til visuel inspektion af den åbne musling. Desuden blev der udtaget en prøve til mikroskopering fra hvert individ. Ud fra denne blev muslingen kønsbestemt og udviklingsstadiet af sæd eller æg registreret. De to index samt prøver fra mikroskopering blev sammenholdt for at give et nuanceret billede af knivmuslingernes udvikling og for at vurdere, hvilken metode man i fremtiden vil bruge til at fastsætte, hvornår en musling er moden og klar til at gyde.

Maveindex

For udbredelsen af kønsvævet ved hængslet og maveregionen tildeltes index på 0 til 4.

- Index 0 angav, at det ikke var muligt at erkende gonadevæv.
- Index 1, 2 og 3 angav at henholdsvis 1 fjerdedel, 2 fjerdedele og 3 fjerdedele af regionen var dækket af gonade.
- Index 4 angav, at næsten hele mavesækken og de omgivende regioner var dækket af gonadevæv.

Fodindex

For at beskrive udbredelsen og tætheden af gonadevævet i foden tildeltes index på 1 til 5. Vurderingen blev udført af de samme to personer gennem hele undersøgelsen.

- Index 1 angav, at der ikke var synligt gonadevæv i foden. Index 1 kunne både tildeles muslinger, der netop havde gydt, og muslinger i den neutrale fase.
- Index 5 angav en meget stor udbredelse.
- Index 2, 3 og 4 var mellemstadier.

Prøver til mikroskopering

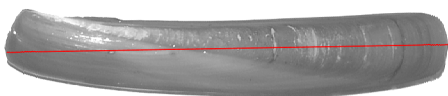
Foruden de visuelt baserede gonadeindex, blev der fra hvert individ udtaget prøver af gonadevævet fra maveregion og fod. Prøverne blev mikroskoperet, og hvis der var synligt gonadevæv, blev muslingens køn og stadie for gonadernes udvikling noteret. Der blev taget fotos (Soft Imaging System fra Olympus Analysis) af de enkelte udviklingsstadier hos begge køn. For både hanner og hunner blev gonadevævet udviklingsstadie bestemt ud fra følgende kategorier:

- **Neutral** Gonadevæv ikke synligt, der ses kun bindevæv. Muslingen kan ikke kønsbestemmes.
- **Under opbygning** Tilstedeværelse af de første udviklingsstadier af æg og sperm. Æg og spermsække (follikler) kun af lille størrelse. Æggene er hæftet til folliklerne med en stilk.
- **Begyndende modning** Udbredelsen af bindevæv er mindsket. Folliklerne er større. Æggene er ikke længere hæftet til folliklerne. Hos hannerne danner sædcellerne tydelige kolonner.
- **Moden** Hos hunnerne er folliklerne fulde af store æg, der kan antage en flerkantet form afhængig af pladsforholdene. Hos hannerne er folliklerne fulde af sperm.
- **Delvist gydt** Kønsvævet er mere eller mindre tomt for æg eller sperm. Der er ødelagte cellevægge i folliklerne og mange tomme områder i kønsvævet.
- **Gydt** Bindevæv dominerer. Der er få, ikke gydte æg eller områder med sædceller til stede.

8.1.2 Kondition

Til bestemmelse af kondition hos knivmuslinger, kan forholdet mellem længden og tørvægten af bløddelene anvendes. For at belyse, om konditionen kan påvise modenhed hos knivmuslinger, blev der foretaget analyse på kødindholdet af alle muslinger fra gonadeundersøgelsen.

Længden blev målt med digital skydelærer til nærmeste 0,01 mm på det længste sted på langs af skallen (Figur 8.2). Til bestemmelse af askefri tørvægt (AFDW) blev bløddelene taget ud af skallerne, tørret ved 103 °C i 48 timer og afbrændt ved 520 °C i 12 timer. Differencen mellem vægten af de tørrede og afbrændte bløddele udgør den askefri tørvægt, målt til nærmeste 0,001 g. Konditionen beregnes som $\ln[\text{AFDW}] / \ln[\text{længde}]$. Tørvægten blev ikke bestemt for muslinger fra december 2004.



Figur 8.2. Position for længdemåling af skallen.

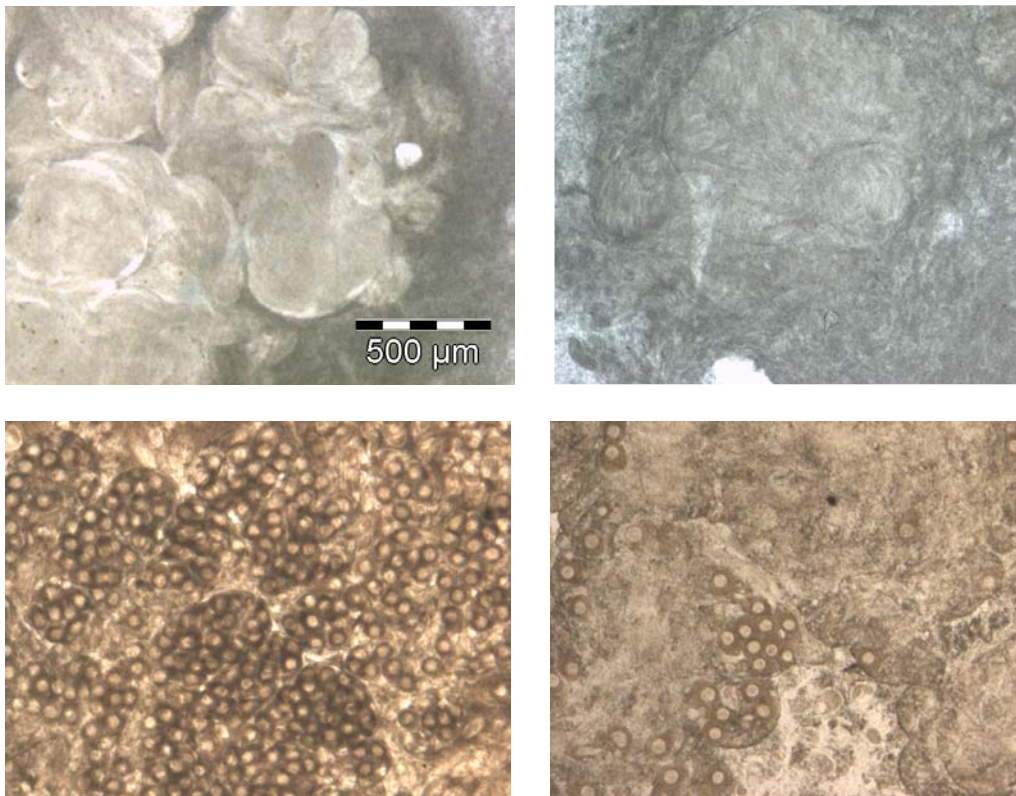
Statistiske analyser blev foretaget med SPSS 13.0. Test for ens kønsfordeling blev analyseret ved Chi-square eller binomial tests. Tidsmæssige forskelle i frekvensen af de forskellige udviklingsstadier samt fordelingen af fod- og maveindex blev bestemt ved General Loglinear Analysis. Analyser på sæsonvariationen i kødindhold blev foretaget med Oneway Variance Analysis.

8.2 Resultater

Udviklingen af æg og sperm følger gennem året et mønster, der afspejles i gonadernes udviklingsstadium såvel som mave- og fodindex. I Figur 8.4 illustreres fordelingen af muslinger i forskellige stadier for de måneder, hvor der blev foretaget indsamlinger. Statistisk afveg muslingerne fra Sundsøre og Sillerslev ikke fra hinanden i udviklingen af gonadevæv, og de blev derfor puljet og behandlet samlet.

Data viser, at ca. 50 % af de undersøgte muslinger var modne i maj 2004 og 2005 (Figur 8.3). Dette billede ses i fod- og maveindex, hvor halvdelen af muslingerne fik høje index. På de mikroskoperede prøver kunne det ses, at den resterende del af muslingerne var helt eller delvist gydte, hvilket afspejles af de muslinger, der i maj fik lave index for gonadevæv i fod- og maveregionen. Statistisk analyse på fordelingen inden for henholdsvis fodindex, maveindex og vævsprøver mellem de forskellige måneder viste, at der ikke var forskel på maj 2004 og 2005. For fodindex var der dog flere muslinger med et højt index i maj 2005 i forhold til 2004.

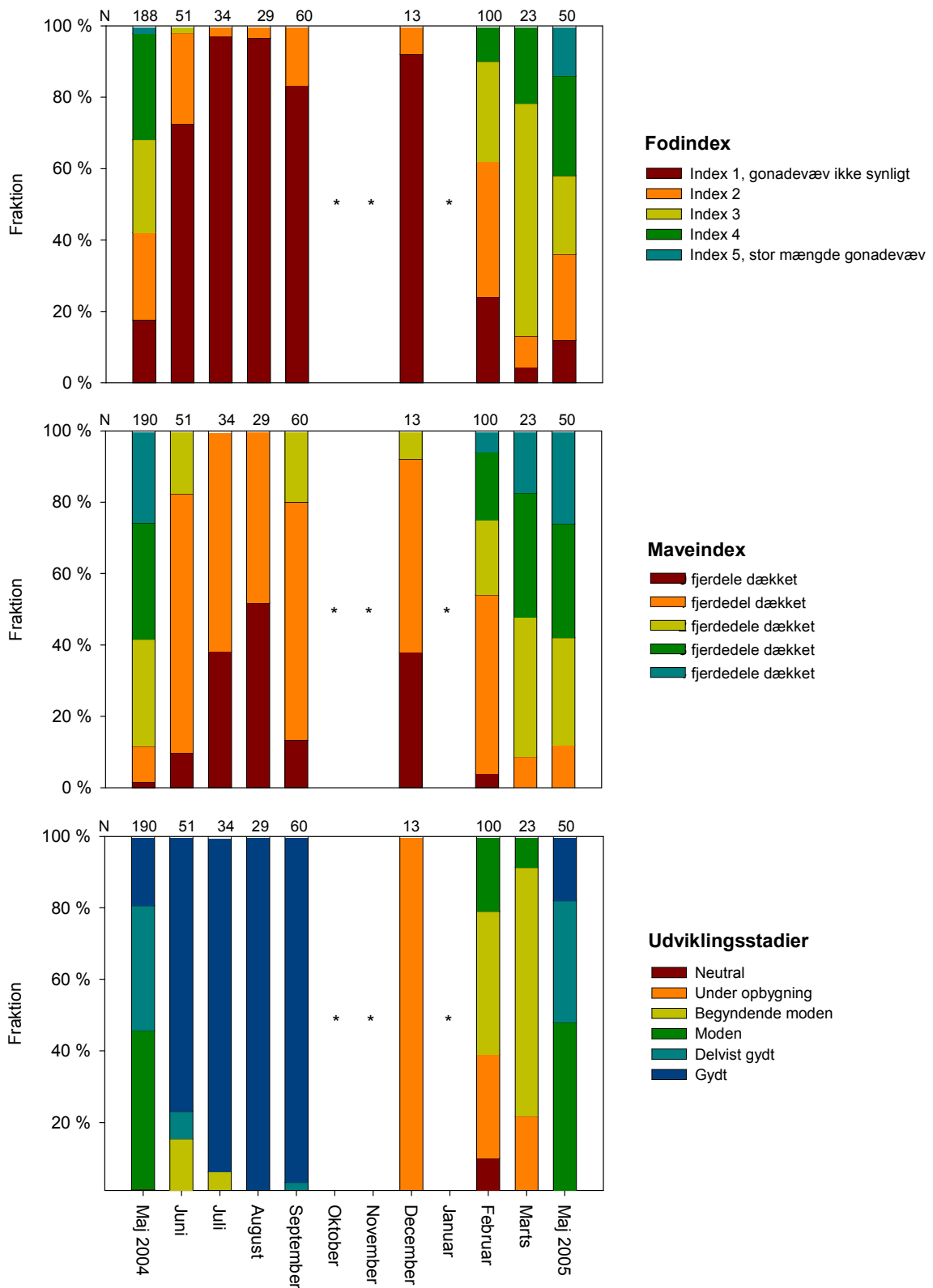
Fra juni til august steg andelen af muslinger med intet eller næsten intet synligt gonadevæv i foden fra 73 til næsten 100 %. I takt med, at muslingerne havde gydt i løbet af sommeren, optrådte de fleste med maveindex 0 eller 1. Sammenholdes dette med det registrerede udviklingsstadium, er der meget, der tyder på, at muslinger, der er gydte, endnu har noget gonadevæv tilbage ved maveregionen. Vævet er oftest lysebrunt og grynet, og æg eller sperm er under reabsorbering.



Figur 8.3 Gonadevæv fra amerikansk knivmusling. Øverst til venstre: Moden han. Øverst til højre: Gydt han. Nederst til venstre: Moden hun. Nederst til højre: Gydt hun. Målestok på billedet øverst til venstre er gældende for alle billeder.

I september sås flere med højere mave- og fodindex end i de foregående måneder, og enkelte muslinger blev klassificeret som delvist gydt. I juni og juli blev enkelte muslinger ud fra vævsprøver registreret som i begyndende modning. Selvom ingen muslinger i august blev fundet med modent eller delvist gydt væv, er der tegn på, at der kan eksistere en sekundær gydeperiode sidst på sommeren. Dog er antallet af indsamlede muslinger ikke ret stort for sommermånederne og september, så der er en vis usikkerhed knyttet til konklusionen.

I december var alle undersøgte muslinger ved at opbygge gonavev. Opbygningen igangsattes således flere måneder før gonadernes endelige modning. I december havde æggene en diameter på ca. en tredjedel af diameteren ved modenhed, hvilket svarer til et flere gange mindre volumen. I februar og marts var over 50 % af de indsamlede muslinger modne eller i begyndende modning, afspejlet i både index og vævsprøver. Sidst i marts var der dominans af muslinger med index 3, mens 22 % var blevet rekrutteret til index 4. Samtidigt var enkelte muslinger endnu i index 1 og havde ikke gonadevæv i foden. I maj blev de første muslinger med maksimalt fodindex observeret, og vævsprøverne viste, at 18 % havde gydt.



Figur 8.4 Fordelingen af fodindex (øverst), maveindex (midt) og udviklingsstadier (bund) for gonadevæv hos knivmuslinger fra Sundsøre og Sillerslev fra maj 2004 til maj 2005. I fraktionerne indgår både hanner og hunner. Over hver søjle er antallet af muslinger (N) for hver måned angivet. I måneder angivet med * blev der ikke indsamlet knivmuslinger. Februar-data inkluderer muslinger fra den 1. marts, mens marts-data angiver muslinger indsamlet sidst i marts.

Kønsfordeling

Frekvensen af hanner og hunner var ens som funktion af både tid og sted (Pearson Chi Square, $P > 0.05$ og Binomial test, $P > 0.05$) og afveg ikke signifikant fra forholdet 1:1. Test er udført for muslinger indsamlet ved Sundsøre eller Sillerslev for de måneder, hvor der blev indsamlet knivmuslinger (Tabel 8.1). Udviklingen hos hanner og hunner fulgte samme mønster for mave- og fodindex (General Loglinear Analysis, $P > 0.05$) samt for udviklingsstadier.

Tabel 8.1 Antal hunner og hanner indsamlet (Sundsøre og Sillerslev puljet) og procentdele fordelt på de to køn for hver måned. Februar-data inkluderer muslinger fra den 1. marts, mens marts-data inkluderer muslinger indsamlet sidst i marts.

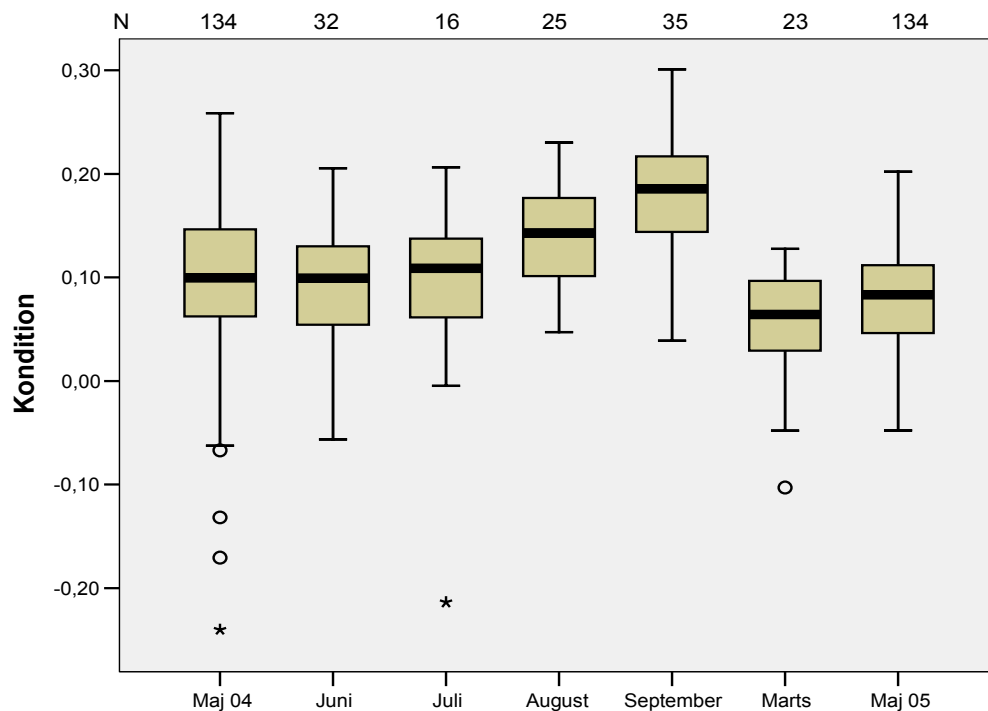
Måned	Hunner	Hanner	Total
Maj 2004	82 (44%)	106 (56%)	188
Juni	27 (59%)	19 (41%)	46
Juli	3 (27%)	8 (73%)	11
August	2 (50%)	2 (50%)	4
September	15 (34%)	29 (66%)	44
December	5 (38%)	8 (62%)	13
Februar	43 (48%)	46 (52%)	89
Marts	10 (42%)	14 (58%)	24
Maj 2005	26 (52%)	24 (48%)	50
Totalt antal	213	256	469

Skallængde og gonadevæv

Mellem muslinger af forskellige skallængder var der ikke forskel i de tildelte index (Nominal regression, Chi Square, $P > 0,05$), og der var således ikke tendens til at større muslinger fik tildelt højere index. Da udbredelsen således er ens for forskellige størrelser af knivmuslinger, vil den faktiske mængde af gonadevæv være større i store individer i forhold til små.

Kondition

Konditionen hos knivmuslinger, målt som $\ln[\text{AFDW}] / \ln[\text{længde}]$, viser forholdet mellem vægten af bløddelene og længden af skallen (Figur 8.5). Det relative kødindhold hos de indsamlede knivmuslinger var højest i august og september, hvor muslingerne er kommet sig efter gydeperioden. Muslingernes kondition falder i løbet af vinteren, hvor fødetilgængeligheden er begrænset. I løbet af forårmånederne, hvor plankton igen blomster op, bliver der mere føde tilgængeligt, og den relative vægt af bløddelene øges. Data viser således, at under de herskende forhold i Limfjorden vil det være fordelagtigt at høste knivmuslinger først på efteråret, hvor indholdet af bløddele er højt. August og september adskilte sig signifikant fra de andre indsamlingsmåneder ved, at muslingerne havde et højt kødindhold (Oneway ANOVA, df 6.386, $P < 0,05$).



Figur 8.5 Boxplot for konditionen hos muslinger indsamlet ved Sundsøre og Sillerslev (puljede). Plottet viser median samt 25 og 75 percentiler. Antal individer fra hver måned (N) er angivet for hver søjle. ○ og * angiver statistiske outliers.

8.3 Diskussion

Gonadeudvikling

Gonadeudviklingen hos amerikansk knivmusling er sæsonafhængig og bestemmes af temperatur- og fødeforhold, der påvirker muslingen. Nærværende undersøgelse inkluderede i alt 551 individer, indsamlet ved Sundsøre og Sillerslev fra maj 2004 til maj 2005. Resultaterne viser, at gydeperioden for amerikansk knivmusling i Limfjorden strækker sig fra maj til juli med sen maj som det primære gydetidspunkt. Muslingerne gennemgår en hvileperiode fra august til først på vinteren. Herefter begynder opbygning af gonaderne i vintermånederne frem til foråret, hvor den endelige modning finder sted.

Det anbefales at indsamle parentalmuslinger før maj måned og inducere gydninger i maj. Muslinger indhentet senere vil med stor sandsynlighed have gydt i naturen, og forsøg med induktion viste sig også usuccesfuld på dette tidspunkt.

Den observerede udvikling er i overensstemmelse med observationer hos andre knivmuslingearter både på den nordlige og sydlige halvkugle (Aracena et al. 2003; Breese and Robinson 1981; Gaspar and Monteiro 1998; Kenchington et al. 1998; Mühlenhardt-Siegel et al. 1983).

Udbredelsen af gonadevævet er en god indikator for muslingernes modningsgrad. Hos modne muslinger ses gonadevævet som tydelige strenge i foden og som et tykt lag, der strækker sig over hele maveregionen. Når kønsprodukterne bliver gydt, bliver laget tyndere og fremstår efter gydning som en tynd, gullig hinde over maveregionen. Der var et vist sammenfald mellem resultaterne fra de to index og vævsprøverne. En vurdering af, om knivmuslingerne er modne, kan i praksis baseres på en visuel vurdering af udbredelsen af gonadevævet over fod og maveregion hos nogle få muslinger i stedet for mikroskopering af vævsprøver eller egentlige histologiske snit, der er både tids- og udstyrskrævende.

Studier foretaget i Vadehavet af forekomsten af knivmuslingelarver i vandfasen har antydnet flere gydeperioder i løbet af sommeren hos den amerikanske knivmusling (Armonies 1992). I nærværende undersøgelse fra Limfjorden er der også tegn på, at enkelte muslinger modnes senere end hovedparten, hvilket antyder en sekundær gydeperiode i september. Der er tildelt højere index i september end i august. I september var der delvist gydte muslinger til stede i modsætning til august, hvor mikroskopiprøverne viste, at alle undersøgte muslinger havde gydt.

(Aracena et al. 2003) har beskrevet, at indeks baseret på tørvægt ikke er gode til at følge gonadeudviklingen hos knivmuslinger. Den samme konklusion kan drages ud fra nærværende datamateriale. Der er sæsonvariation i såvel gonadeudvikling som kondition, men kødindholdet kunne ikke specifikt sige noget om muslingens udviklingsstadiet.

Kønsratio

Svarende til andre studier havde knivmuslingerne fra Sundsøre og Sillerslev en kønsratio på 1:1, og der blev ikke observeret hermafroditter. Resultaterne er i overensstemmelse med undersøgelser foretaget på *Ensis siliqua* og *Ensis macha* (Baron et al. 2004; Gaspar and Monteiro 1998). Hos *E. siliqua* blev der ikke registreret kønsbaserede forskelle på gonadernes farve eller struktur. Dette er observeret hos *E. macha*, hvor det hanlige gonadevæv er grå-hvidt, mens det hunlige væv er hvidt til cremefarvet. En tilsvarende forskel i farve og struktur ses hos amerikanske knivmusling. Kønsvævet hos hannerne er gyldent, mens det hos hunnerne er hvidligt. Kønsbestemmelse kan derfor med relativt stor sikkerhed foretages uden brug af mikroskop.

Alder for kønsmodning

Der har hersket nogen uvidenhed omkring alderen for kønsmodning hos amerikansk knivmusling. Under dette projekt blev der observeret gonadevæv i flere etårige muslinger. Hos knivmuslingen *E. siliqua* blev der ligeledes fundet gonadevæv hos etårige muslinger (Gaspar and Monteiro 1998). Om der udvikles gonadevæv hos helt unge muslinger afhænger sandsynligvis af, om muslingen oprinder fra en tidlig eller sen gydning året forinden.

Der blev ikke foretaget kvantitative undersøgelser af gonadevævet, eftersom placeringen af gonadevævet rundt om maveregionen ikke gør det praktisk muligt at

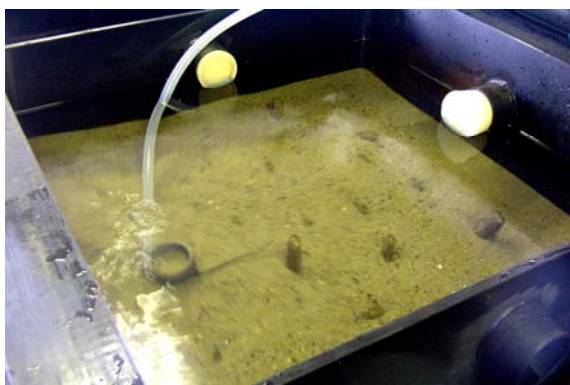
skabe alt vævet ud. Visuelle observationer af gonadevæv viste, at gonadevævet havde samme udstrækning uafhængigt af muslingestørrelsen. Der var dog en tendens til, at gonadevævet i større muslinger var lidt tykkere. Kvantitativt er den reelle mængde af gonadevæv og dermed det reproduktive potentiale derfor størst i større muslinger (pga. deres større volumen) sammenlignet med yngre individer. Fra knivmuslingens tredje og fjerde leveår er vækstraten noget mindre end hos helt unge muslinger, og der afsættes energi til gonadeprodukter frem for længdevækst. Det kan derfor anbefales at anvende større dyr, der er i 2. – 4. leveår parentalbestanden.

9.0 Gydning og befrugtning

Formålet med arbejds pakken var at undersøge, om det er muligt at inducere og kontrollere gydning og befrugtning hos amerikansk knivmusling i klækkeriet. Temperatur og stripping blev afprøvet som gydningsinducerende faktorer.

9.1 Materialer og metoder

I foråret og sommeren 2004 og 2005 blev det undersøgt, hvorvidt knivmuslinger kan induceres til at gyde ved en langsom temperaturforøgelse. Forud for forsøgene blev 20 - 30 muslinger fra parentalbestanden etableret i 60 × 60 cm kar med 12 cm vandfase og et 15 cm dybt sandlag med en sedimentstørrelse på under 4 mm. Vandet var filtreret ned til 2 µm. Muslingerne fik lov til at grave sig ned inden forsøgsstart. Karrene blev beluftet med 0,22 µm filtreret, atmosfærisk luft. I Tabel 9.1 ses datoer for, hvornår induktionerne fandt sted under pilotprojektet. I 2005 blev forskellige etableringsmåder afprøvet dels etablering i sand, placering af muslingerne på bunden af et kar og etablering i en gitterstruktur.



Figur 9.1 Billedet til venstre: Opstilling til gydningsinduktion. Karrene var fyldt med 15 cm sand. Vandfasen var 12 cm. Vandet blev beluftet, men der var ikke rindende vand eller fødetilsætning. Der blev etableret 20 – 30 muslinger. Billedet til højre: Induktion af gydning uden sand. Muslingerne lå på bunden af et kar. Bemærk de udskudte ånderør. Det hvide materiale er gydte kønsprodukter.

Den initielle vandtemperatur i gydekarrene var lig den temperatur, de voksne kom fra i parentalbestanden. Temperaturen blev forøget med $2 \pm 0,1$ °C hvert 20 - 30 minut, indtil der blev konstateret gydning. Der blev udtaget vandprøver, som blev mikroskopert for tilstedeværelse af æg og sperm. Temperatur- og iltforhold blev monitoreret. Iltniveauet var på intet tidspunkt kritisk. Foruden temperaturinducerede gydninger blev der i maj 2004 i ét tilfælde observeret en spontan, naturlig gydning i selve parentalbestanden. Endelig blev befrugtning af æg baseret på stripping afprøvet. Ved stripping udtages og blandes gonadevæv fra hanner og hunner.

9.1.1 Resultater

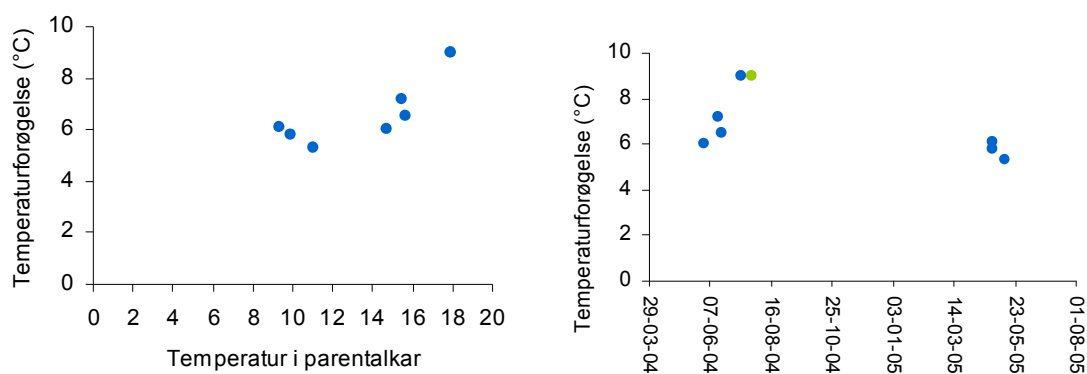
I fem ud af seks forsøg i perioden 31/05 til den 24/07 – 2004 lykkedes det at inducere gydning ved temperaturstimulering. Gydning kunne konstateres ved, at vandet blev grumset og mælkehvidt i farven, og ved mikroskopering af vandprøver, som viste, at der var æg og sperm i vandet. Fra slutningen af maj til slutningen af juni 2004 begyndte gydningen efter en temperaturøgning på mellem 6 og 7 °C. Dvs. fra en starttemperatur i parentalbestanden på 15 – 16 °C blev temperaturen øget til 21 - 23 °C, før muslingerne gød (Tabel 9.1). Gydning var sværere at inducere i juli. I midten af juli 2004 skulle temperaturen hæves 9 °C, mens den sidste induktion i juli mislykkes (Tabel 9.1). Det var ikke muligt at inducere yderligere gydninger ved at køre flere temperaturcykler i træk på samme parentalmuslinger.

I 2005 blev induktionen foretaget på et tidligere tidspunkt mellem den 27/04 og 11/05, hvor udgangstemperaturen i parentalbestanden var lavere, mellem 9 og 11 °C. Det lykkedes i alle tre tilfælde at inducere gydning efter en temperaturhævning på 5 – 6 °C i forhold til den initiale temperatur (Tabel 9.1).

Tabel 9.1 Data for inducerede gydninger. Kolonen med procent modne angiver, hvor stor en procentdel af de inducerede muslinger, der kan forventes ikke at have gydt i forvejen. Disse data er baseret på mikroskopiprøverne under undersøgelsen af den reproduktive cyklus. I tabellen er desuden angivet, hvordan de voksne var etableret under gydningen, om gydning fandt sted efter temperaturpåvirkning, hvor stor temperaturforøgelse, der blev foretaget (målt som forskellen mellem temperaturen i parentalbestanden og temperaturen, hvor gydning registres). Antal æg er den målte koncentration, og totalt antal (mio.) er et estimat for det totale antal befrugtede æg, der kom ud af induktionen, målt indenfor første døgn.

Dato	Modne (%)	Etablering	Gydning	Temperaturforøgelse (°C)	Antal æg (ml ⁻¹)	Totalt antal (mio).
31-05-04	45	I sand	Ja	6	21 ± 14	1,98
17-06-04	15	I sand	Ja	7,2	40 ± 24	1,89
21-06-04	15	I sand	Ja	6,5	12 ± 1	0,55
12-07-04	6	I sand	Ja	9	0,7 ± 0,7	0,00
24-07-04	6	I sand	Nej	9	-	-
27-04-05	-	I sand	Ja	6,1	55 ± 8	1,76
28-04-05	-	På karbund	Ja	5,8	160 ± 87	7,11
11-05-05	48	Gitter	Ja	5,3	213 ± 163	10,48

Figur 9.2 indikerer, at der er en sammenhæng mellem den temperaturøgning, der er nødvendig for at inducere gydning og hhv. temperaturen i parentalbestanden og datoen for induktion. Figurene viser, at den inducerende temperaturforøgelse stiger, som temperaturen i parentalkarrene stiger, og at der skal en højere temperaturstimulering til sent på gydesæsonen. Tabel 9.1 viser desuden en tendens til, at antallet af gydte æg afhænger af induktionstidspunktet. Der blev gydt flest æg i april og maj sammenlignet med juli.



Figur 9.2 Den inducerende temperaturstigning i forhold til temperaturen i parentalbestanden (til venstre) og datoen for induktion (til højre).

Gydning blev konstateret mellem 4 og 25 minutter efter temperaturstimulering. I langt de fleste tilfælde begyndte gydningen efter 10 minutter. De første vandprøver indeholdt kun sædceller, mens æg blev observeret senere. Gydningsaktiviteten fortsatte mellem 1 til 3 timer efter induktionen.

Det vides, at gydning hos én musling hormonelt påvirker andre muslinger til at gyde. På den måde sikres, at muslingerne gyder på samme tidspunkt, så æg og sperm møder hinanden i vandet. Under gydningen havde muslingerne udspilede sifoner og udspyede sekvensvist skyer af kønsprodukter. I nogle tilfælde blev det observeret, at muslingerne var placeret højere i sedimentet end normalt. Der blev ikke konstateret mortalitet hos muslingerne i forbindelse med induktionerne.

I 2005 blev forskellige etableringsmetoder afprøvet. Resultaterne viser, at amerikansk knivmusling kan temperaturinduceres uanset, om muslingerne er placeres på bunden af kar, i gitterstrukturer eller i sand. Tabel 9.1 viser dog en tendens til, at induktionsmåden har indflydelse på ægantallet, idet dette var mindre ved etablering i sand sammenlignet med de andre metoder.

Muslingerne, der blev benyttet til induktionerne i 2005, havde i gennemsnit en skallængde på 115 mm. Der var ikke signifikant forskel på størrelsen af de benyttede muslinger under de tre induktioner (Oneway Anova, $P = 0,832$). Det var muligt at opnå befrugtede æg ved stripping, men larveantallet og den efterfølgende overlevelse var minimal. Induktion af gydning via tilsætning af store fødemængder til de voksne blev ligeledes afprøvet, men forkastet igen, da det var svært at konstatere gydning.

Under induktionerne i 2004 faldt iltniveauet generelt fra omkring 9 til 5 mg/l. Iltniveauet faldt dog aldrig til et kritisk niveau. Iltniveauet var højt under induktionerne i 2005 (9 – 10 mg/l). Saliniteten var mellem 26 og 33 ‰.

9.1.2 Konklusion på resultater

Det lykkedes at inducere gydning hos amerikansk knivmusling og opnå befrugtede æg både i 2004 og 2005. På basis af resultaterne kan det konkluderes, at modne knivmuslinger ved en opvarmning på 5 til 9 grader over temperaturen i parentalbestanden kan induceres til at gyde. Induktion vha. temperatur var en pålidelig og praktisk brugbar metode, der giver mulighed for at fastsætte et bestemt tidspunkt for yngelproduktion.

Gydningerne opnået ved induktion førte til befrugtede æg, der gennemlevede den embryonale udvikling. Densiteten faldt i alle kuld i løbet af de første dage, men oftest overlevede larverne frem til dag 10 – 12. Fra kun én ud af de syv inducerede gydninger overlevede larverne til setlingsstadiet. Baseret på nærværende undersøgelse kan der forventes mellem 2 og 10 millioner æg fra 20 - 30 gydende muslinger (10 - 15 hunner). Gydninger blev induceret mellem slutningen af april og midten af juli. Baseret på induktionssucces, larveoverlevelse og gonadeundersøgelser er medio maj det mest favorable tidspunkt at inducere gydning hos amerikansk knivmusling under de i Limfjorden fremherskende forhold. Induktion i denne periode minimerer risikoen for induktion på umodent eller delvist gydt væv.

9.2 Diskussion

Sæsonafhængig induktionssucces

Ud af 8 forsøg med temperaturinduktion lykkedes det at stimulere gydning i 7 tilfælde. Induktion af gydning blev foretaget relativt sent i knivmuslingernes gydningsperiode i 2004 grundet tidspunktet for projektopstart, og ifølge gonadeundersøgelserne havde størstedelen af muslingerne allerede gydt i naturen, da de blev indsamlet. Induktionerne blev således foretaget på suboptimalt materiale i 2004. Sandsynligvis er muslingerne blevet presset til at gyde den sidste mængde hhv. sperm og æg, der var tilbage i kønsvævet. Dette kan forklare, hvorfor der i juli skulle høj temperaturstress til, og hvorfor de kuld, der var fremkommet ved gydningsinduktion i 2004, ikke klarede sig særlig godt.

Den høje mortalitet i æg- og larvestadiet kan skyldes, at gameterne medbragte et lavt indhold af oplagsnæring eller ikke var fuldt udviklede ved gydningsinduktionen. Bortset fra den høje mortalitet var der ingen indikationer i hverken fitnessindeks eller vækst hos larverne om, at kuldene fra sommermånederne var i dårligere kondition.

I 2005 blev induktionerne foretaget i slutningen af april og starten af maj. Der skulle en mindre temperaturstigning til på dette tidspunkt end i sommeren 2004. På baggrund af induktionen den 11-05-2005 lykkes det at frembringe settlede juvenile, mens larverne fra induktionerne fra slutningen af april ikke nåede setlingsstadiet.

Resultaterne indikerer, at de tidlige induktioner er foretaget på kønsvæv, der ikke var helt modent, og at de sene blev foretaget på muslinger, der var helt eller delvist gydt.

Således var andelen af modne eller næsten modne individer noget større i maj for både 2004 og 2005 end i de efterfølgende sommermåneder. Endelig kan mortaliteten i larvestadiet skyldes flere andre forhold end induktionstidspunktet.

Under dette projekt har der været otte gydninger (7 inducerede + 1 spontan), hvoraf to førte til settlede muslinger. De kuld, der settlede, var fra maj, og resultaterne viser, at maj er det bedste tidspunkt at inducere gydning. Forsøgene indikerer ligeledes en sammenhæng mellem temperaturøgningen og hhv. induktionstidspunktet og temperaturen i parentalbestanden.

En mindre stimulering var påkrævet tidligere på sæsonen, når muslingerne var modne, end sent på sæsonen, hvor muslingerne var gydte eller delvist gydte. Der ses også en svag tendens til, at det var nemmere at stimulere i begyndelsen af maj sammenlignet med slutningen af april. Den påkrævede temperaturstimulans steg i løbet af sommeren, som temperaturen i parentalbestanden steg, og sandsynligheden for, at muslingerne allerede havde gydt, steg.

Fremgangsmåder under induktionen

Det var muligt at stimulere gydning både hos muslinger etableret i sand, på bunden af kar og i gitterstrukturer. Det største antal befrugtede æg blev opnået, når muslingerne var etableret i gitterstrukturer eller på karbunden. Dette skyldes, at det ved induktionen uden sediment, var muligt at suge hele mængden af æg og sperm, der lå på bunden af karret, op.

Fra samme antal parentale dyr blev der ved gydningerne i 2004 opnået mellem 0,5 og 2 millioner æg, mens der i 2005 blev opnået op til 10 millioner befrugtede æg. Ægtalet ved den første gydning i 2005 og induktionerne i 2004 var næsten ens. Dette kan skyldes identiske induktionsmetoder (med sand), eller at antallet af modne gameter i gonadevævet var ens på disse tidspunkter.

Fordelen ved induktion af muslinger etableret i sand er, at dette giver mulighed for, at muslingerne kan gydningssinduceres, mens de befinder sig i parentalbestanden, hvorefter befrugtede æg eller larver kan opsamles i specielt tilpassede opsamlere. Ved udvikling af den rette udformning af karsystemet vil gydningssinduktion i parentalbestanden være praktisk i en fremtidig produktionssituation.

Induktion uden sediment kræver, at muslingerne graves op og derefter etableres i gitterstrukturer eller bakker. Opgravning og reetablering i sand eller i gitterstrukturer har ikke givet problemer under dette projekt, og en sådan fremgangsmåde kan benyttes i fremtiden. Muslinger, der blev reetableret i sand, gravede sig hurtigt ned, mens muslinger etableret i gitterstrukturer eller på bunden af kar virkede lidt stressede over, at de ikke kunne grave sig ned.

Muslingerne på bunden bevægede sig meget rundt og forsøgte forgæves at grave sig ned. I gitterstrukturerne stod muslingerne i den normale vertikale position, men det lykkedes dem flere gange at svømme ud af strukturerne for derefter at komme til at ligge på bunden af karrene. Gitterstrukturerne eller eventuelt bakker bør tilpasses til

muslingerne, da proceduren uden sediment ellers virkede godt med høj gydningsaktivitet. Det er lettere at adskille de voksne fra deres yngel, hvis induktionen er foretaget uden sand som substrat for de voksne.

Alternative metoder til gydningsinduktion

Stripping ser ikke ud til at være en brugbar metode. Da flere udviklingsstadier kan forekomme samtidigt i gonaderne, kan den begrænsede succes med stripping skyldes, at det ikke var muligt at adskille modne og umodne æg. Dette kan forklare det lave antal befrugtede æg og larver, der blev opnået. En anden ulempe er, at parentaldyrene slås ihjel ved metoden, mens parentaldyrene efter temperaturinduktion overlever og efterfølgende kan konditioneres til igen at opbygge gonadevæv. Desuden er stripping en arbejdskrævende metode, idet hvert dyr skal skæres op og tømmes for gonadevæv. Der findes metoder til induktion af gydning, hvor muslingerne gives hormonindsprøjtninger, men mere simple metoder fx i form af temperaturpåvirkning er at foretrække, hvis effekten er den samme.

Foruden gydningsinduktion har der under dette projekt været en spontan gydning. Fordelen ved spontan gydning er, at muslingerne gyder, når kønsprodukterne er modne, hvorimod der ved induktion er risiko for induktion af muslinger, der endnu ikke er modne eller som allerede har gydt. Det største problem med spontan gydning er, at det præcise gydningstidspunkt ikke fastsættes af opdrætteren.

Erfaringer fra dette projekt indikerer, at der er risiko for at de voksne knivmuslinger kan frafiltrere en del af deres eget afkom. Der er således kun observeret få skaller fra yngel i parentalbestanden. Dette indikerer, at den nuværende karopbygning ikke er brugbar til ekstensivt opdræt af knivmuslinger. Små modifikationer kan gøre systemet brugbart. Der skal derfor installeres opsamlingsystemer, der kan separere de befrugtede æg fra de voksne, hvis gydning skal finde sted uden at flytte muslinger fra parentalbestanden til specielle gydekar. Konditionering af muslinger vil også kunne foregå i et sådant system.

Massegydning

Ved massegydning, som benyttet under dette projekt, er det ikke muligt at kontrollere antallet af æg- og sædceller, der indgår i befrugtningen. Dette kan være problematisk, da flere forskere angiver, at den senere larveoverlevelse og -udvikling påvirkes af om æggene befrugtes af flere sædceller (polybefrugtning). Høje spermkoncentrationer øger risiko for polybefrugtning. Det er således vigtigt at vaske overskydende sperm væk, når befrugtning har fundet sted. Befrugtede æg og de første celledelinger blev observeret kort efter gydningen var begyndt. Spermen blev dog først fjernet ved sigtning efter et halvt til et helt døgn. Der er observeret høje koncentrationer af sædceller rundt om ægcellerne, og polybefrugtning er sandsynligvis foregået i et vist omfang. Det er beskrevet, at polybefrugtning fx kan minimeres i større vandvolumener med lavere densiteter af kønsprodukter. Densiteten af æg under dette projekt har dog ikke adskilt sig fra værdier angivet i litteraturen. Desuden førte den sidste gydning til settlede muslinger trods et højt initielt antal æg.

10.0 Larveproduktion

At sikre overlevelse og vækst af larver er en vigtig del af produktionen i klækkeriet. Forsøg med klækning af knivmuslinger foregår kun få steder i verden, og der er stort set ikke udgivet litteratur på området. De primære formål med klækningsforsøgene under dette projekt var at

- Undersøge hele arbejdsgangen fra induktion, til fritsvømmende larver, til settling og til yngel til ongrowing.
- Undersøge, hvorvidt det er muligt at få knivmuslingelarver til at overleve og vokse
- Opnå erfaring med arbejdsgange / processer og udvikle metoder
- Identificere eventuelle kritiske faktorer, der kræver yderligere undersøgelse i den fremtidige kommercielle produktion

Undersøgelserne skulle herigennem fastsætte potentialet for opdræt af knivmuslingelarver og give et estimat for den succesrate, der kan forventes i den fremtidige produktion.

10.1 Materialer og metoder

Larvekar

Til den første gydning blev der benyttet stationære kar med målene 60 × 60 × 60 cm til de tidligste larvestadier. Efter første filtrering blev larverne etableret i kar på 10 l, hvori der blev fyldt 8 l havvand. Til alle efterfølgende kuld blev der benyttet 10 l kar. Tilført havvand blev filtreret gennem et sandfilter og en filterstation med filtre på 20 til 2 µm, og udløbsvandet blev ført i kloakken. Det var påtænkt at bruge UV, men tekniske problemer bevirkede, at forsøgene både i 2004 og 2005 kørte uden UV. Der var tilkoblet luftforsyning med 0,22 µm filtreret, atmosfærisk luft.

Håndtering af larver

Der blev skiftet vand i karrene hver eller hver anden dag. Under vandudskiftningen blev larverne tilbageholdt på sigter, udvalgt efter larvernes størrelse. Erfaringen har vist, at størrelsesforskellene mellem døde og levende larver kan være så lille, at det er svært at sortere skaller og døende larver fra. Larverne blev efterfølgende skyllet over i rengjorte kar med frisk havvand. I to tilfælde, hvor larverne udviste tegn på at være i dårlig fitness, blev et kuld delt ud i flere størrelsesfraktioner for at undersøge hvilke størrelser, der var mest levedygtige.

Monitering

For at følge overlevelse og vækst blev der jævnlige udtaget 3×1 ml prøver fra vandfasen. I de tidligste larvestadier blev der ofte udtaget prøver flere gange dagligt, mens prøvetagning foregik en gang dagligt senere i larvefasen. Prøverne blev taget integreret gennem vandsøjlen, så larver fra alle dybder indgik. Larverne i prøverne blev talt vha. stereolup og det samlede antal estimeret ud fra vandvolumen i de enkelte kar. Det totale antal larver fra en gydning blev udregnet som summen af larver i alle kar.

Larvernes længde og bredde blev målt vha. et fotoprogram (Digital billedanalyse via Soft Imaging Analysis fra Olympus) eller måleokular i stereolup. Der blev taget fotos til dokumentation af udviklingsstadiene, og larvernes adfærd og tilstand blev registreret.

Fitnessværdier mellem 1 og 5 blev tilskrevet på baggrund af larvernes aktivitetsniveau:

- Index 1 Ingen larver svømmer. Bundliggende larver er inaktive.
- Index 2 Meget få larver svømmer. Bundliggende larver er inaktive.
- Index 3 Delvist aktive larver, en fjerdedel svømmer, mens resten ligger på bunden. Få bundliggende larver er aktive.
- Index 4 Aktive larver, halvdelen svømmer. Bundliggende larver er relativt aktive.
- Index 5 Meget aktive larver, 2/3 svømmer. Bundliggende larver er aktive.

Til beskrivelse af fodertilstanden blev givet værdier mellem 1 og 4:

- Index 1 Helt gennemsigtige larver
- Index 2 Næsten gennemsigtige larver
- Index 3 Delvist mørke larver, ikke hele systemet er fyldt med foder
- Index 4 Meget mørke larve, både spiserør, mave og tarm er fyldt med foder

Der blev desuden lavet kontrolmålinger på temperatur, ilt og salinitet i karrene for at sikre, at disse parametre lå inden for acceptable værdier.

Føde

Som fødekilde til larverne blev anvendt tre arter af mikroalger, dyrket i monokulturer. Der blev ikke tilsat føde til larverne det første døgn, hvor de endnu lever af næring fra ægget. Herefter blev larverne fodret med *Isochrysis galbana* i nogle dage, hvorefter der blev tilsat *Chaetoceros calcitrans* og *Tetraselmis suecica* i forhold angivet i Tabel 10.1. Optag og fordøjelse af algerne blev kontrolleret under mikroskop eller stereolup. Der blev fodret to gange i døgnet.

Tabel 10.1 Fødetilsætning pr. udfodring i larvestadiet. Der blev fodret to gange dagligt. Tabellen angiver den gennemsnitlige koncentration i karrene (angivet i 10^3 celler ml^{-1}) lige efter algetilsætning. Værdier fra 2005 er baseret på algetællinger, mens værdier fra 2004 er udregnet ud fra tilsat volumen og tællingerne fra 2005.

Dage efter gydning	Isochrysis	Tetraselmi s	Chaetocer os	Total konc.	Forhold
Kuld 21/05-04					
1 til 6	82			82	1:0:0
fra dag 11	105	16		121	7:1:0
Kuld 31/05-04					
2 til 8	217			217	1:0:0
fra dag 9	80	14		94	6:1:0
Kuld 17/06-04					
1 til 11	157			157	1:0:0
fra dag 11	84	7		91	12:1:0
Kuld 21/06-04					
1 til 7	162			162	1:0:0
fra dag 7	121	10		132	12:1:0
Kuld 12/07-04					
2 til 16	195				1:0:0
Kuld 27-04-05, 28-04-05 og 11-05-05					
1 til 5	19			19	1:0:0
7	14		11	25	4:0:3
8 til 11	17	3	6	25	6:1:2
12 til 15	20	3	7	30	6:1:2
16 til 21	23	4	8	35	6:1:2

Tilsætningen af føde var i 2004 baseret på larvernes fjernelse af mikroalgerne, som visuelt blev vurderet ud fra vandets farve. I 2005 blev der foretaget bestemmelse af algerne koncentration ved hjælp af en optisk partikeltæller. Larvekuldene i 2004 havde en gennemsnitlig algekoncentration i karrene lige efter fødetilsætning på $135 \text{ celler ml}^{-1}$. Larvekuldene i 2005 blev udsat for koncentrationer på 19 til $35 \text{ algeceller ml}^{-1}$ afhængig af larvernes alder.

10.2 Resultater og diskussion

Opbevaring og håndtering af larver

Under studierne var larverne fra hvert kuld delt ud på 10 liters kar. Uanset karnummer fik alle larver fra samme kuld generelt den samme daglige håndtering og fødetilsætning. For de kuld, der gik ned, døde larverne i de forskellige kar næsten samtidigt. For kullet fra den 21-05-04 oprinder den settlede yngel næsten uden undtagelse fra samme kar, mens alle kar fra kullet fra den 11-05-05 gav ophav til settling.

I forbindelse med den første gydning i 2004 blev forskellige rutiner med hensyn til vandudskiftning og filtrering afprøvet. To kar blev først filtreret efter 4 dage, mens de andre blev filtreret efter et døgn. Dette havde ikke indflydelse på larverne, der klarede sig lige godt uanset filtreringstidspunkt. Dette antyder, at fjernelsen af overskydende sperm muligvis ikke er så vigtig. Ved efterfølgende gydninger blev vandet med larverne filtreret første gang en halv til en hel dag efter befrugtningen.

I to tilfælde blev 30 – 80 µm fraktionen, frafiltreret på dag 3 og 5, gemt i særskilte kar. Disse larver overlevede kun i få dage, hvilket indikerer, at man med fordel på et tidligt tidspunkt kan frasortere små larver med lav kvalitet.

I både 2004 og 2005 lå iltniveauet i larvernes vand på 7 – 10 mg l⁻¹, svarende til en mætningsprocent på 78 – 111 %. Saliniteten var 26 – 31 ‰ og vandtemperaturen 15 – 20 °C.

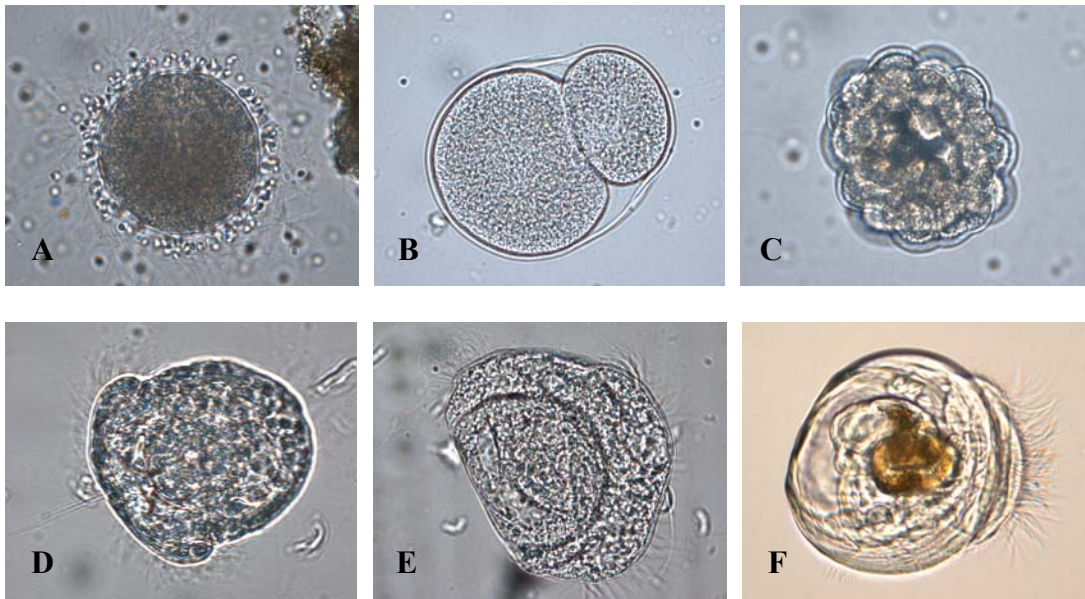
Tilført havvand blev ikke UV-belyst under dette projekt. Hvorvidt UV-behandling kunne have forhindret en del af dødeligheden i larvestadiet ved at mindske tilførslen af bakterier og vira, er uvis. Chilenske undersøgelser af muslingen *Mesodesma donacium* viste en højere overlevelse hos larver, der fik ikke-UV-behandlet, 10 µm filtreret vand sammenlignet med larver, der fik UV-behandlet, 1 µm filtreret vand. Årsagen menes at være, at bakterier, der kommer ind med vandet, med høj sandsynlighed kan fungere som næring for larverne.

Larveudvikling

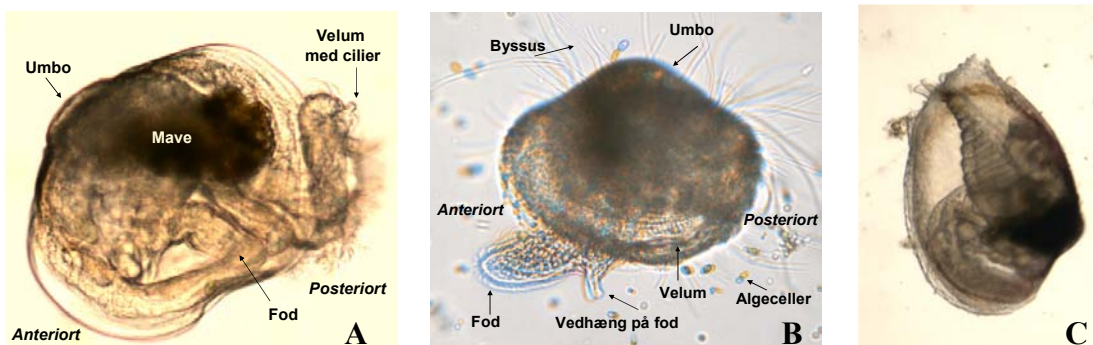
Den embryonale udvikling og udviklingen gennem larvefasen hos amerikansk knivmusling ses af nedenstående billedserie (Figur 10.1 og Figur 10.2). Æggene måler mellem 65 - 80 µm. De mindste registrerede larver havde en længde på 70 µm, mens de største fritsvømmende larver var op til 340 µm.

Efter adskillige celledelinger (Figur 10.1 B og C), begynder de enkelte celler at blive differentierede, og larverne bliver cilierede. Efter ca. 24 timer udvikles et skalpar, der er helt lige over hængslet. Larven får herved form som et stor D og kaldes en D-veliger. I dette stadie begynder larven aktivt at tage føde til sig. Ved hjælp af en kappe kaldet velum, der er besat med cilier, kan fødepartikler ledes til munden. Desuden tjener cilierne sammen med en flagel til larvens fremdrift i vandet. Fra D-veligerstadiet vokser larverne ca. 11 µm i døgnet.

Når larven er ca. 5 døgn gammel udvikles umbo som en lille, udadrettet bule i skallen ved hængslet. Når settlingstidspunktet nærmer sig, antager muslingen gradvist en mere aflang form, der udvikles en fod, og velum reduceres. I pediveligerstadiet er foden udviklet, mens velum endnu er tilstedeværende. De første registreringer af en fod blev gjort, når larverne var 13 dage gamle. Hos de ældste larver er der observeret udvikling af byssus, hvilket sandsynligvis er en tilpasning til at forbedre opdrift og transport gennem vandet (Sigurdsson et al. 1976). Larverne var settlingsklare i en alder af ca. 16 dage.



Figur 10.1 Larveudvikling hos amerikansk knivmusling. (A) Æg (65 µm) omgivet af sperm. (B) Første celledeling, alder ca. 20 min. (C) Flercellet stadie, alder 4 timer. (D) Roterende trochophor-larve (70 µm), alder 18 timer. (E) Første skalbærende stadie, D-veliger, alder 23 timer. (F) Veliger med skal og velum. Larven på billedet er 90 µm lang og 5 døgn gammel.



Figur 10.2 Larver af amerikansk knivmusling. A og B stammer fra vandfasen, mens C stammer fra bunden. Foruden de forskellige morfologiske træk er angivet forende (anterior) og bagende (posterior). (A) Larve i pediveligerstadiet, hvor velum endnu ikke er reduceret, men foden er udviklet, alder 13 døgn. (B) Alder 16 døgn. Larven er en smule mere udviklet, men velum er endnu ikke fuldt reduceret. Foden er veludviklet og har et karakteristisk vedhæng. (C) Alder 19 døgn. Muslingen er nu settlet og under metamorfose, længde 720 µm.

Overlevelse

Nedenstående resultater er baseret på 8 larvekuld fra gydningerne i 2004 og 2005. Tabel 10.2 angiver det totale larveantal og densitet for alle 8 kuld. Størstedelen af kuldene overlevede mellem 11 og 13 dage, og hos to kuld var overlevelsen så god, at der var muslinger, der settlede. Udviklingen i larveantallet fulgte samme mønster for alle larvekuld. Overlevelsen i de enkelte kuld blev sammenlignet for at fastsætte, om mortaliteten indtræffer på samme tidspunkt. Dette fungerer som et grundlag for at afgøre, om der eksisterer kritiske faser i larvestadiet.

Tabel 10.2 Antallet af larver som funktion af tiden angivet for alle 8 larvekuld. Total antal larver er angivet for hele kuldet. Densitet \pm S.E. er den gennemsnitlige densitet (larver ml⁻¹) for karrene.

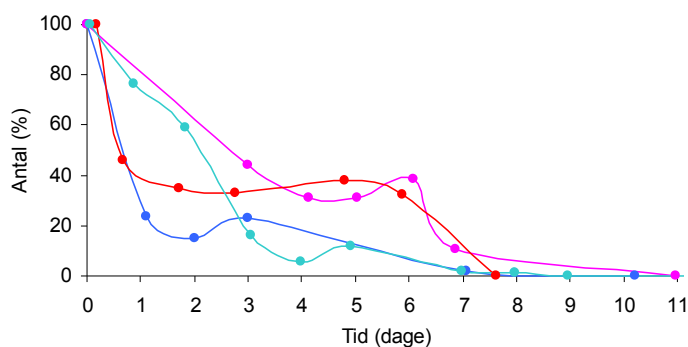
Alder	21/05-04		31/05-04		17/06-04	
	Total antal	Densitet	Total antal	Densitet	Total antal	Densitet
0	-	-	1.981.200	17,0 \pm 5,5	1.886.040	40,3 \pm 16,7
1	-	-	912.600	9,8 \pm 2,9	-	-
2	-	-	683.280	4,9 \pm 2,6	-	-
3	3.036.000	6,8 \pm 3,8	656.800	9,1 \pm 2,1	834.400	52,2 \pm 20,4
4	1.409.400	3,1 \pm 2,0	-	-	584.000	36,5 \pm 15,5
5	118.800	0,3 \pm 0,3	753.600	11,7 \pm 1,9	584.000	36,5 \pm 17,5
6	180.800	2,3 \pm 1,1	645.600	-	726.400	22,7 \pm 14,3
7	139.200	1,6 \pm 0,7	-	-	196.800	6,2 \pm 3,7
8	79.200	1,0 \pm 0,4	4.000	-	-	-
9	71.200	0,8 \pm 0,4	-	-	-	-
10	46.400	0,6 \pm 0,2	-	-	-	-
11	26.400	0,3 \pm 0,2	-	-	2.400	0,2 \pm 0,1
12	13.600	0,2 \pm 0,1	-	-	-	-
13	7.200	0,1 \pm 0,1	2.667	-	-	-
14	-	-	-	0,2 \pm 0,1	-	-

Alder	21/06-04		12/07-04		27/04-05	
	Total antal	Densitet	Total antal	Densitet	Total antal	Densitet
0	552.240	11,8 \pm 0,8	-	-	-	-
1	131.040	-	-	-	576.000	18,0 \pm 6,0
2	82.400	5,2 \pm 2,7	11.200	0,7 \pm 0,6	272.000	8,5 \pm 4,5
3	126.400	7,9 \pm 3,3	-	-	205.333	6,4 \pm 4,7
4	-	-	-	-	344.000	10,8 \pm 5,6
5	-	-	4.800	-	368.000	15,3 \pm 4,4
6	-	-	-	-	288.000	12,0 \pm 3,3
7	11.200	0,9 \pm 0,5	-	-	384.000	12,0 \pm 4,1
8	-	-	-	-	242.667	7,6 \pm 2,8
9	-	-	-	-	269.333	11,2 \pm 1,2
10	-	-	-	-	242.667	10,1 \pm 4,6
11	-	-	6.000	0,8 \pm 0,1	5.333	0,5 \pm 0,2

Alder	28/04-05		11/05-05	
	Total antal	Densitet	Total antal	Densitet
0	-	-	10.484.000	212,7 \pm 66,5
1	7.108.000	159,9 \pm 35,7	7.978.667	166,2 \pm 36,8
2	4.164.000	86,5 \pm 23,5	6.160.000	128,3 \pm 33,6
3	4.309.333	82,7 \pm 27,7	1.709.333	35,6 \pm 10,8
4	4.058.667	92,9 \pm 19,1	608.000	12,7 \pm 4,9
5	2.910.667	68,1 \pm 15,3	1.221.333	38,2 \pm 20,6
6	3.402.667	67,4 \pm 17,2	-	-
7	2.613.333	54,1 \pm 11,5	170.667	5,3 \pm 2,1
8	2.538.667	51,8 \pm 12,1	136.000	5,7 \pm 2,2
9	2.190.667	48,3 \pm 7,7	10.667	1,3 \pm 0,8
10	2.349.333	41,8 \pm 16,4	-	-
11	861.333	18,0 \pm 9,2	-	-
12	241.333	10,3 \pm 4,5	13.333	1,7 \pm 0,8
13	-	-	-	-
14	-	-	-	-
15	-	-	13.333	0,6 \pm 0,6

Den samme udvikling i overlevelsen kunne ses hos alle kuld. Figur 10.3 viser overlevelsen angivet som procentdelen af larver i forhold til det initiale æg-antal. Den største mortalitet forekommer indenfor de første døgn. Således var procentdelen af døde i forhold til det initiale antal æg mellem 24 og 76 % det første døgn, mens den efter døgn 3 var mellem 56 og 87 %. Efter dette fald er larveantallet nogenlunde stabilt mellem dag 3 og 6. Fra dag 7 er der igen indikationer om forhøjet dødelighed, hvilket er sammenfaldende med at nogle kuld går ned. For disse kuld blev de sidste registreringer af levende larver foretaget mellem dag 7 og 12, altså før settling ville have fundet sted.

I de kuld, hvor settling fandt sted, foregik den mellem dag 16 og 19. På baggrund af figur 10.3 kan det dermed konkluderes, at der er to kritiske stadier i løbet af opdrætsfasen hhv. indenfor de første døgn og lige før settling. Der var ingen kuld fra senere end maj måned, der overlevede frem til settling. For de kuld, der gik ned inden settling, var der ikke umiddelbart en sammenhæng mellem tidspunkt for gydning og det antal dage, larverne overlevede.



Figur 10.3 Overlevelse i larvestadiet. Procent af larver i forhold til det initiale æg-antal som funktion af tiden. ● Gyldning 31/05-04, ● Gyldning 17/06-04, ● Gyldning 21/06-04, ● Gyldning 11/05-05 (larver nåede frem til settling).

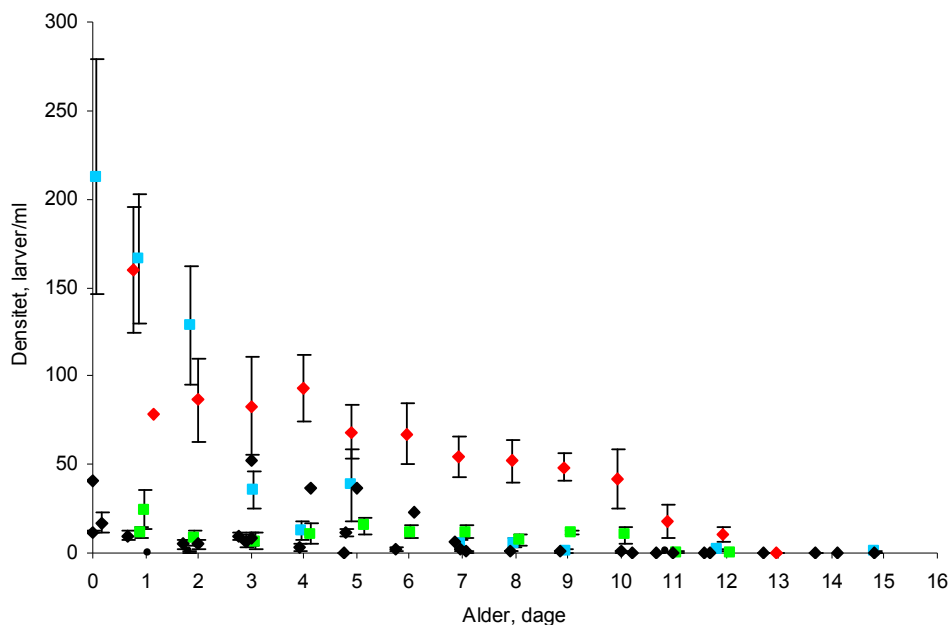
Forbedring af overlevelsen bør være et væsentligt fokusområde for fremtidige undersøgelser på knivmuslinger og har også international bevågenhed (se appendix B). Mortaliteten kan skyldes mange forskellige faktorer, såsom parentalernes kondition og modenhed og dermed æggenes kvalitet på gydningstidspunktet, morfologisk relaterede kritiske faser (fx overgangen mellem æggets næring og det at tage føde til sig), udefrakommende påvirkninger i form af sygdom fra vira eller bakterier, forkerte næringsforhold (mangelsymptomer eller for hurtig vækst), eventuel overmætning af ilt og manglende turbulens.

Densitet

Larverne blev forsøgt holdt ved en startdensitet af æg på enten <50 eller >200 ml^{-1} (Tabel 10.2 og Figur 10.4). Tætheden af larver har betydning for overlevelse og vækst, og resultater fra undersøgelser på andre muslingearter har vist, at et succesfuldt resultat oftest ses ved lave initiale densiteter (Utting and Spencer 1991; Lepez, pers. komm.).

Kuldet fra 28. april 2005 havde de første døgn densiteter på 40 – 280 larver ml⁻¹. I løbet af 4. til 8. dag faldt densiteten til 40 – 150 ml⁻¹. Kuldet fra 11. maj 2005 havde de første døgn densiteter på 90 – 500 larver ml⁻¹. Mellem dag 4 og 9 var densiteten i de fleste kar 5 – 20 ml⁻¹, og fra dag 9 var densiteten 1 – 3 ml⁻¹. Udviklingen i densiteten og det endelige resultat var forskelligt for disse to kuld.

Kuldet fra maj 2005 nåede setling, hvorimod larverne fra april, der oplevede høje densiteter gennem det meste af larvestadiet, gik ned efter 12 dage. Kuldet fra 11. maj 2005 oplevede den største mortalitet i starten af larvefasen, hvorefter den gennemsnitlige densitet var under 30 larver ml⁻¹. Dette indikerer, at chancerne for succes forøges ved larvekulturer med lave densiteter. Udfaldet kan dog også skyldes andre faktorer, fx forskellige gydningstidspunkter.



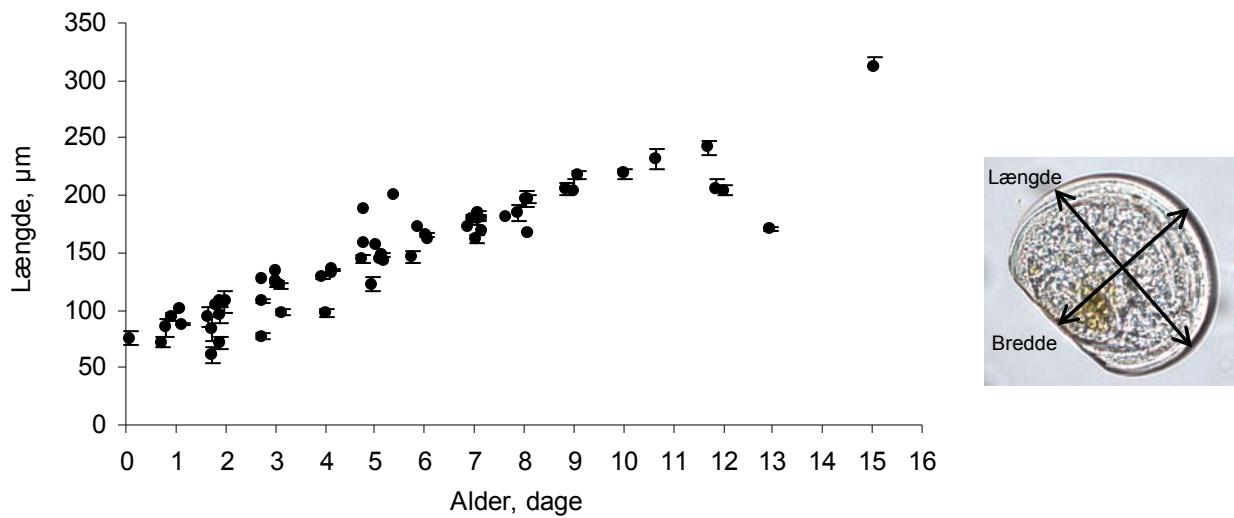
Figur 10.4 Gennemsnitlig densitet af larver som funktion af alder. ■ Kuld fra 11-05-05, som havde høj startdensitet, og endte med at settle. ● Kuld med høj startdensitet fra 28-04-05. ■ Kuld fra 21-05-04, som havde lav startdensitet, og endte med at settle. ● Kuld med lave startdensiteter fra 2004 og 2005.

Vækst

Skallængde målt på larver fra gydningerne i 2004 og 2005 er afbilledet i Figur 10.5. Der var ikke tegn på forskel på væksten hverken mellem kuld eller mellem år, og således heller ikke mellem forskellige densiteter i larvestadiet. Ved alderen 12 – 14 dage var der flere kuld, hvori larverne ophørte med at vokse (se Figur 10.5) og derefter døde, hvorimod de kuld, der nåede frem til setling, viste konstant tilvækst.

En balanceret covariansanalyse til sammenligning af de enkelte kuld kunne desværre ikke udføres, og det var derfor ikke muligt statistisk at vise, om væksten var ens for kuldene. Ved tilpasning af samtlige målinger til en lineær regression fås en daglig tilvækst på 11 µm gennem larvestadiet.

Tabel 10.3 angiver den daglige længdevækst for de enkelte kuld.

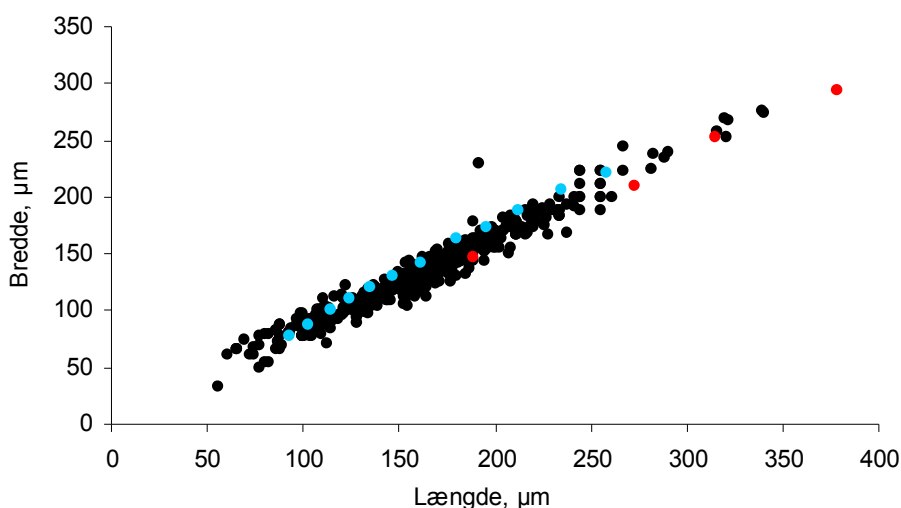


Figur 10.5 Gennemsnitlig vækst (μm) \pm S.E. som funktion af alder for alle kuld fra 2004 og 2005. Fotoet viser længde- og breddemål på en D-veliger.

Tabel 10.3 Daglig længdevækst ($\mu\text{m dag}^{-1}$) for larver fra 2004 og 2005

Gydningsdato	Vækst ($\mu\text{m dag}^{-1}$)	R^2
21/05 2004	15,2	0,89
31/05 2004	9,6	0,45
17/06 2004	10,5	0,52
21/06 2004	11,2	0,76
12/07 2004	16,1	0,46
27/04 2005	11,8	0,78
28/04 2005	5,5	0,45
11/05 2005	14,4	0,82

Sammenhængen mellem larvernes længde og bredde kan udtrykkes ved ligningen $y = 0,8072x + 2,0093$ ($R^2 = 0,95$). Frem til settling kan larvernes længde-bredde relation altså beskrives som lineær. Resultaterne for længde-bredde-forholdet stemmer overens med de få litterære værdier, der findes for yngel af amerikansk knivmusling (Figur 10.6).

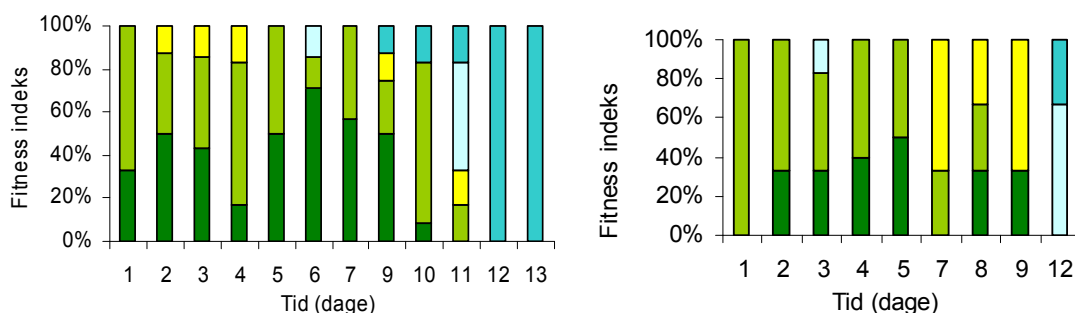


Figur 10.6 Længde-bredde-forholdet i larvestadiet. ● Larver fra gydninger i 2004 og 2005, ● Loosanoff et al, 1966, ● Sullivan, 1948.

Larvernes tilstand

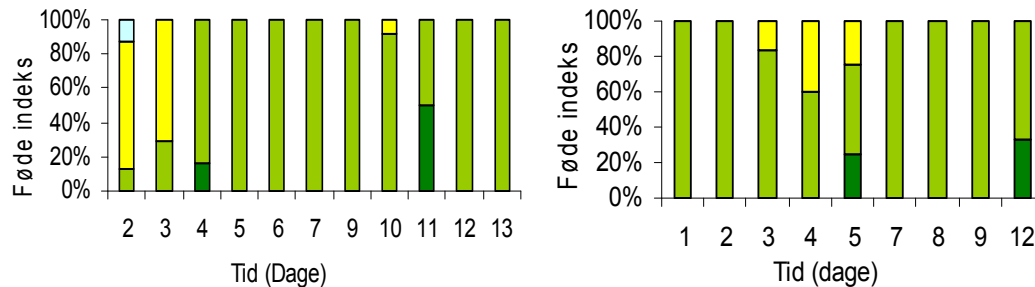
Larvernes fitness og fodertilstand blev monitoreret ved alle prøvetagninger. Figur 10.7 viser larvernes fitness som funktion af alder for to af kuldene. Larvernes aktivitet var høj de første 7 - 12 dage, hvor over halvdelen af larverne svømmede. I denne periode opholdt larverne sig kun i korte intervaller på bunden, og der var tydelig aktivitet i maven på bundliggende individer.

Herefter kunne der for alle kuld registreres en nedgang i aktiviteten i takt med at settlingtidspunktet nærmede sig, og larverne blev større og tungere, og velum blev reduceret. Dette blev afspejlet i index for fitness, der, som illustreret i Figur 10.7, faldt med larvernes alder. Lav svømmeaktivitet er således ikke nødvendigvis et tegn på, at larverne er på vej til at dø. Faldet i fitness er dog i overensstemmelse med den øgede dødelighed forbindelse med settling. Døende larver havde lav aktivitet og udviste et uregelmæssigt svømmemønster.



Figur 10.7 Frekvensfordeling af fitness-index som funktion af larvernes alder. ■ Indeks = 5 (Meget aktive larver), ■ Indeks = 4 (Aktive larver), ■ Indeks = 3 (Delvist aktive larver), ■ Indeks = 2 (Få aktive larver), ■ Indeks = 1 (Ingen aktive larver). (A) Gydning 28/04/05, (B) Gydning 11/05/04.

Figur 10.8 angiver larvernes fodertilstand som funktion af alder for to af kuldene. Baseret på mængden af føde i mave-tarmsystemet var larverne i god fodertilstand gennem hele larvestadiet. Larverne begynder først at tage føde til sig, når de er ca. et døgn gamle. Der ses ingen forskel på fodertilstanden hos de enkelte kuld eller mellem larver fra 2004 og 2005.



Figur 10.8 Indeks for fodertilstanden som funktion af tiden. ■ Indeks = 4 (Meget mørke larver med stort fødeindhold), ■ Indeks = 3 (Delvist mørke larver), ■ Indeks = 2 (Næsten gennemsigtige larver), ■ Indeks = 1 (Helt gennemsigtige larver). (A) Gydning 28/04/05, (B) Gydning 11/05/05.

Føde

Gennem første del af larveudviklingen tager larverne ikke føde til sig men lever udelukkende af æggets oplagsnæring. Der blev derfor først tilsat føde efter et døgn, hvor larverne havde udviklet sig til skalbærende D-veligere. Den høje, initiale mortalitet blev primært registreret i perioden, før larverne begyndte at tage føde til sig, hvilket indikerer, at mortaliteten kan skyldes, at æggene havde for lavt indhold af oplagsnæring.

Det blev observeret, at larverne, fra de var et døgn gamle, var i stand til at konsumere *Isochrysis*. Få dage gamle larver havde til gengæld svært ved at fordøje *Tetraselmis*. Da *Chaetoceros* er mindre end *Tetraselmis*, må det forventes at *Chaetoceros* kan tilsættes på et tidligere tidspunkt end *Tetraselmis*.

Kuldet, der settlede i 2005, blev tilsat en markant lavere fødemængde end larvekuldene i 2004. Den høje fødemængde i 2004 resulterede ikke i bedre fitness, fodertilstand eller hurtigere vækst sammenlignet med målinger fra 2005. Der blev i 2004 i den sidste del af larvestadiet registreret beskidte larver, hvilket muligvis kan tilskrives algesedimentation, især i den sidste del af larvefasen, hvor larverne er bundsøgende. Det faktum at forskellene i fødetilsætningen ikke afspejler sig i væksten viser, at det ikke kan betale sig at tilsætte mikroalger i høje koncentrationer.

Kritiske stadier i larvefasen

Det var muligt at få størstedelen af kuldene fra 2004 og 2005 til at overleve mellem 11 og 13 dage, og 2 ud af 8 kuld settlede. Dødeligheden var høj de første døgn, men adskiller sig ikke fra observationer for andre knivmuslingearter. Der blev for knivmuslingearten *Siliqua patula* observeret en overlevelse på 30 % efter 48 timer (Breese and Robinson 1981), mens overlevelsen mellem æg og D-veliger for den gravende, chilenske musling, *Mesodesma donacium* var mellem 9 og 80 % (Romero,

Universitetet Católica del Norte, pers.komm.). Utting og Spencer (1991) angiver en overlevelse mellem det embryonale stadie og D-veliger stadiet på 30 – 50 % for flere muslingearter.

Den mellemste del af larvestadiet var ikke kritisk. I denne periode var mortaliteten lav, og larverne havde et højt aktivitetsniveau.

Resultaterne indikerer, at der foruden den høje dødelighed inden for de første døgn, eksisterer en flaskehals lige før settling. Der kunne i denne periode registreres en øget dødelighed og forhøjet forekomst af skaller og dødende larver, der i nogle tilfælde blev konsumeret af ciliater. I perioden omkring settling kan der observeres et sammenfald mellem reduktion i larveantallet og reduktionen i larveaktivitet.

Resultaterne fra 2004 og 2005 viser, at under de nuværende opdrætsforhold kan det selv for succesfulde kuld forventes, at under 1 % af de gydte æg overlever frem til settling. Hvis der tages strikt hensyn til, at 25 % af kuldene og 0,03 % af æggene overlevede, må det groft estimeret forventes, at 0,01 % af alle gydte æg overlever.

11.0 Settling og det efterfølgende yngelstadie

Knivmuslinger lever nedgravet. Metoder og systemer beregnet til tilvækst af settlet yngel vil derfor adskille sig fra, hvad man kender hos fx. østers og blåmuslinger. Metoder, der bliver udviklet til knivmuslinger vil med stor sandsynlighed kunne overføres til andre arter af gravende muslinger. Under pilotprojektet blev der fokuseret på opdrætsmetoder, hvor sand blev anvendt som substrat til yngel. Formålet med forsøgene var:

- At afgøre, om ynglen kan trives i opdrætsfaciliteter
- At vurdere, om settling og yngelstadiet er en flaskehals i yngelproduktionen
- At vurdere, om yngel kan fremdyrkes til en størrelse, der er velegnet til ongrowing

11.1 Materiale og Metoder

11.1.1 Settlingmateriale

Fokus var rettet mod om settling kunne finde sted under kontrollerede forhold med sand som substrat.

Til kullet fra den 21-05-04 blev benyttet 5 cm sand med kornstørrelse < 1 mm.

Til kullet fra den 11-05-05 blev benyttet 1 cm sand med kornstørrelser < 5 mm.

For sand filtreret til 1 mm var fraktionerne 250 - 500 μm og 500 – 1000 μm dominerende og udgjorde hhv. 56 % og 32 % af sandets afbrændte vægt. Fraktionen under 250 μm udgjorde kun få procent. Samme forhold gjorde sig gældende ved sandet sigtet ved 5 mm. Her udgjorde korn over 1 mm dog 10 % af den samlede vægt. Dybden af sedimentet blev forøget efterhånden som ynglen voksede, og der blev også benyttet sand til tilvækst af ynglen efter settlingfasen.

Kullet fra den 31-05-04 døde kort før settling. Til dette kuld var der forberedt settlingssubstrat i form af sand sigtet ved 500 μm , vægtmæssigt domineret af korn i størrelsen 100 – 250 μm . For dog at afprøve sediment med denne kornstørrelse, blev der til karrene tilsat et lag på 1 cm.

11.1.2 Monitering

Når larverne var 13 – 15 dage gamle, viste deres adfærd og morfologiske karakteristika, at de var klar til at settle. Følgende blev der lagt sand i karrene ved førstkommande vandudskiftning. For mere præcist at kunne registrere tidspunktet for settling, blev der efter sedimenttilsætningen taget prøver til monitering i både vandfase og sediment. Når der ikke længere blev konstateret larver i vandet, blev praksis ændret til kun at udtage sedimentprøver for at følge densitet, overlevelse og vækst. Ynglen fra prøverne blev reetableret i karrene efter registrering.

For ynglen fra 2005 var prøvetagningen begrænset af projektets afslutning. For ynglen fra 2004 blev der udtaget sedimentprøver mellem begyndelsen af juni frem til slutningen af juli, hvorefter der i sommer og efterårsperioden månedligt blev foretaget totaloptælling af alle individer. Ved totaloptællinger blev ynglen sigtet fra sedimentet. Længdemåling blev foretaget med måleokular, millimeterpapir eller digital skydelærer, afhængig af muslingernes størrelse. For at vurdere betydningen af pladsforholdene, blev ynglen efter totaloptælling etableret ved forskellige tætheder. Der blev desuden jævnlige monitoreret på iltindhold, temperatur og salinitet.

I primo december blev vådvægten desuden registreret, og der blev foretaget tørstofundersøgelse på 32 individer. Kødet blev tørret i 48 timer ved 103 °C og brændt ved 520 °C i 12 timer.

11.1.3 Yngelkultur

Yngelkultur dækker perioden mellem settling og frem til ynglen har opnået en størrelse, hvor den kan sættes ud i åbent vand til ongrowing. I denne periode stod ynglen i klækkeriet til den havde en alder på seks måneder. Herefter fulgte en akklimatiseringsfase, hvor ynglen blev etableret ved forhold, der svarede til åbent vand, for fysiologisk at tilpasse dem til den kommende ongrowing.

Klækkeri-fase

Indtil ynglen var tre måneder gammel, blev vandet i karrene skiftet ugentligt med havvand filtreret til 10 µm. Fodring blev foretaget to gange dagligt ved manuel tilsætning af alger. I 2004 blev fødemængden reguleret på baggrund af vandets farve, og der blev i gennemsnit tilsat 120.000 celler ml⁻¹ i den tidlige del af yngelstadiet, og 162.000 celler ml⁻¹ senere i fasen. Den tilsatte mængde alger blev i 2005 nedreguleret på baggrund af daglige algetællinger. Der blev tilsat ca. 35.000 celler ml⁻¹ i første del af yngelstadiet og efterfølgende 50.000 celler ml⁻¹.

Da ynglen var 3 måneder blev der i 2004 opsat kontinuert tilførsel af 10 µm filtreret havvand og alger. Fra ynglen var 5 måneder, blev det tilførte havvand kun filtreret gennem et sandfilter. Ind- og udløb på det kontinuære system var placeret foroven i hver sin side af karrene. Føde- og vandflow blev indstillet, så vandet var svagt farvet af alger, hvorfor algekoncentrationen konstant blev opretholdt på et passende højt niveau. Udskiftning af hele vandmassen og fjernelse af eventuelt sedimenterede alger blev foretaget efter behov.

Akklimatiseringsfase

I projektet blev ynglen fra 2004 i en alder af seks måneder etableret i kar med overrisling af vand direkte fra Limfjorden. Herved fik ynglen under kontrollerede forhold mulighed for fysiologisk at tilpasse sig det åbne vands temperatur og salinitet samt det mere bredt sammensatte fødespektrum, der sandsynligvis i højere grad end en kost baseret på få arter af kultiverede alger vil imødekomme yngelens næringsbehov og behov for specifikke fedtsyrer.

Ved indledning af akklimatiseringen var vandtemperaturen i fjorden faldet så meget, at der var en temperaturforskel mellem vandet i klækkeriet og fjorden på 14 grader. Ynglen blev derfor over en uge nedkølet med 1 til 2 °C dag⁻¹. Under nedkølingen blev der dagligt tilsat kultiverede mikroalger og foretaget vandudskiftning med havvand direkte fra fjorden. Inden vandet blev ledt til karrene med yngel havde det dog fået lov til, under beluftning, at tage samme temperatur som vandet omkring ynglen.

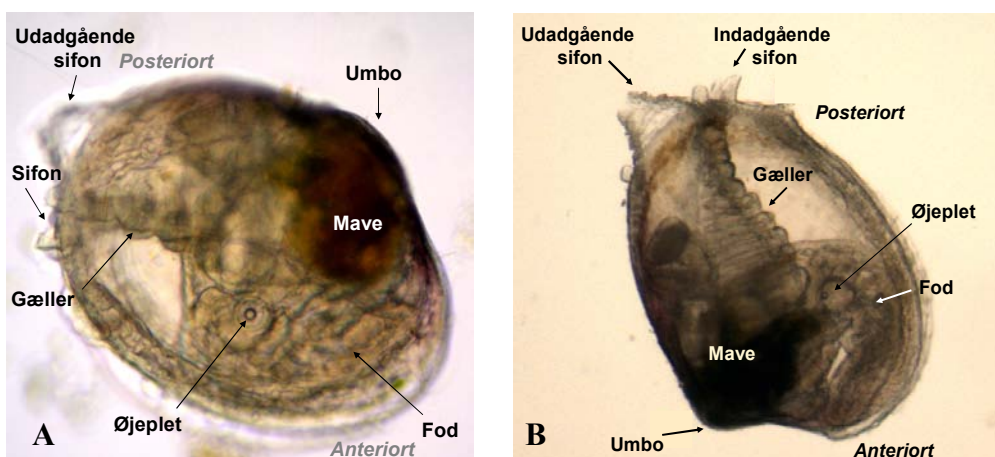
Efter nedkølingsprocessen blev ynglen sat til den egentlige akklimatisering. Det blev observeret, at ynglen trivedes bedst ved en vis vandturbulens, og det er derfor vigtigt at skabe et vandflow hen over muslingerne.

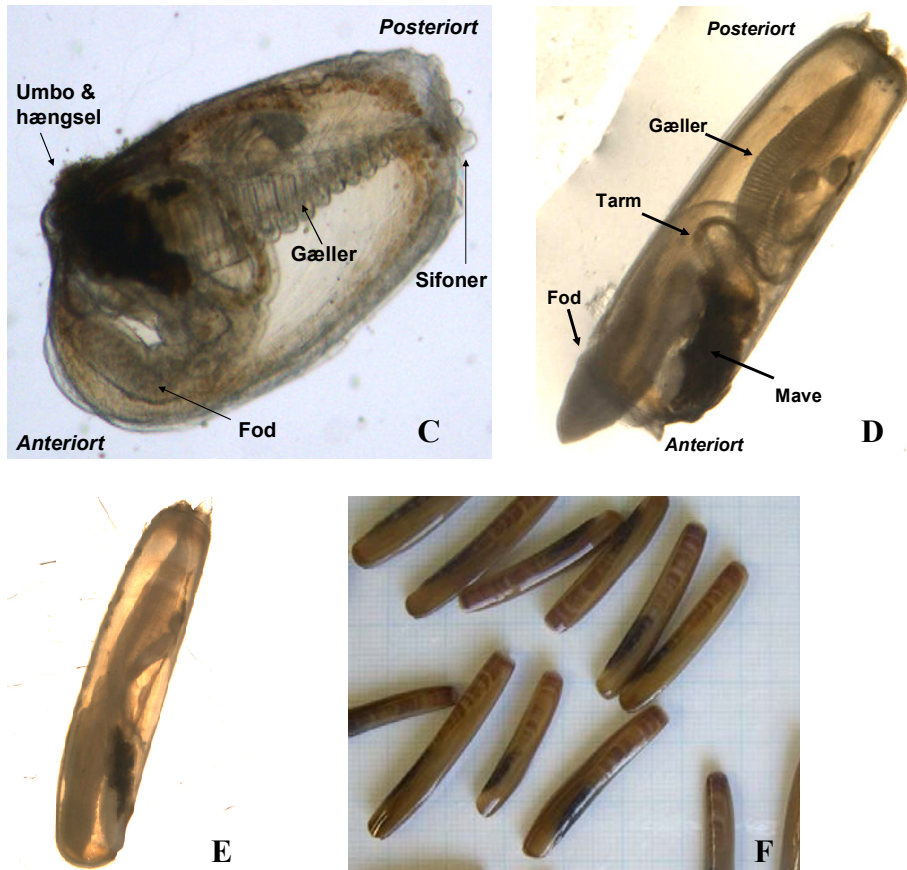
I en produktionssituation forventes akklimatiseringsfasen at skulle vare i nogle måneder. Den præcise varighed vil afhænge af ynglens alder og tilvækst samt hvilke systemer, der bliver udviklet til muslinger i forskellige størrelser. Der vil endvidere være mulighed for at lade sidste del af akklimatiseringen foregå i selvsamme strukturer, som muslingerne skal stå i under ongrowing i åbent vand.

11.2 Resultater

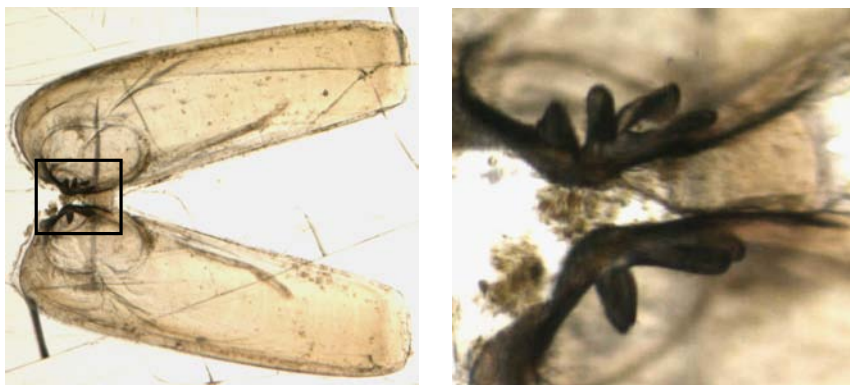
11.2.1 Morfologisk udvikling hos ynglen

Larvernes morfologi ændres i perioden omkring settlingtidspunktet via en proces kaldet metamorfose. I overgangsfasen mellem larve- og yngelstadiet udvikles foden og velum omdannes til indgående og udgående sifoner (Figur 11.1 A og B). Skallerne bliver gradvist mere aflange i takt med at umbo og hængslet rykker længere og længere ned mod forenden af muslingen (Figur 11.1 B og C). På Figur 11.1A ses et 15 dage gammelt individ, der blev fundet i vandfasen og endnu ikke er metamorfoseret. Larven har udviklet øjeplet ved basis af foden. I figur 11.2 ses fotos af det karakteristiske hængsel hos en knivmusling.





Figur 11.1 Morfologisk udvikling hos yngel af amerikansk knivmusling. Foruden morfologiske karakterer er placeringen af forende (anteriort) og bagende (posteriort) angivet. (A) Et 15 dage gammelt individ i det premetamorforiske stadie. Der er udviklet øjeplet. Individet stammer fra vandfasen. (B) Første individ fundet i sedimentet i 2004. 19 dage og 722 μm . (C) Et 23 dage gammelt individ. Blandt de første individer fundet i 2005. Disse havde en gennemsnitsstørrelse på $1,3 \pm 0,1$ mm. (D) 47 dage gammelt individ. Gennemsnitlig størrelse $3,1 \pm 0,4$ mm. (E) 82 dage gammelt individ. Størrelse 20 mm (F) 133 dage gamle individer. Gennemsnitlig størrelse $31,4 \pm 0,4$ mm.



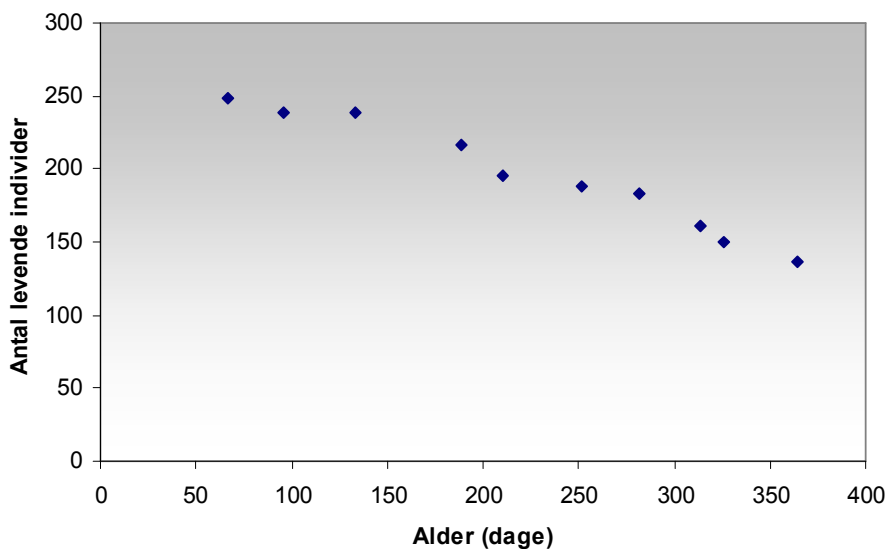
Figur 11.2 Hængslet hos amerikansk knivmusling

11.2.2 Settlingstidspunkt

Baseret på resultaterne fra dette projekt varer larvestadiet hos amerikansk knivmusling mellem 16 og 19 dage. For kullet fra 21-05-04 blev de sidste svømmende larver observeret dag 16 (pediveliger) og de første settlede individer dag 19. For kullet fra den 11-05-05 blev der fundet svømmende larver dag 15 (premetamorfoseret) og settlet yngel dag 23. Larverne settlede på de to grove sedimenttyper, der overvejende bestod af kornstørrelser mellem 250 og 1000 μm .

11.2.3 Overlevelse i yngelstadiet

På kullet fra 2004 blev det samlede antal levende yngel frem til dag 60 udregnet på baggrund af sedimentprøver. Desværre fluktuerede de deraf frembragte resultater så meget, at det ikke var statistisk muligt at konkludere på det totale antal yngel i denne periode. Fra dag 67 blev antallet baseret på optællinger af alle muslinger (totaloptællinger). Figur 11.3 angiver data fra dag 67 for det totale antal muslinger fra gydningen den 21. maj 2004.



Figur 11.3 Antallet af overlevende muslinger som funktion af alder. Data er for yngel fra gydningen den 21. maj 2004.

Efter settling var overlevelsen af ynglen relativt høj. Baseret på optællinger var overlevelsen 55 % efter første leveår hos kullet fra 21-05-04. Overlevelsen gennem larvestadiet til settling var til sammenligning under 1 %.

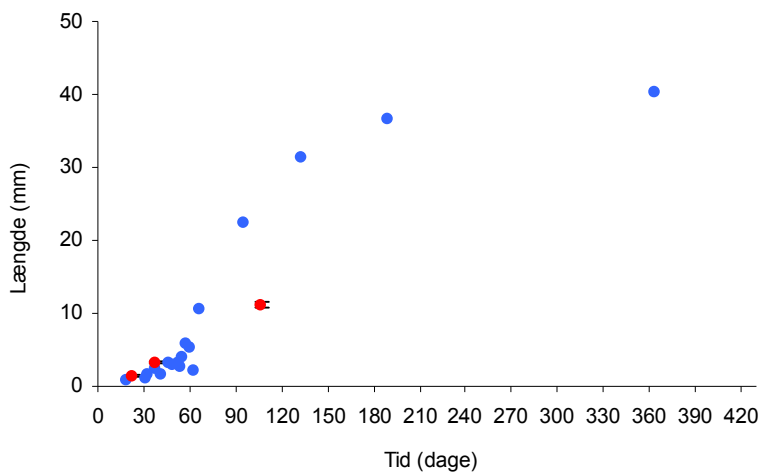
Grundet afslutningen af projektet har monitoring af ynglen fra 2005 været begrænset. Estimeret baseret på sedimentprøver viste et totalt antal på 2.692 efter 23 dage. Efter 106 dage var der i alt 2.346 levende individer tilbage, svarende til en overlevelsesprocent på 87 % fra de første settlede individer blev observeret til en alder på 3½ måned.

I forbindelse med totaloptællinger var alle individer ude af sedimentet. Generelt var der i dagene efter en optælling en større dødelighed end normalt, især i de tilfælde,

hvor muslingerne blev genetableret ved høje densiteter. Det må derfor konkluderes, at håndteringen af ynglen skal være relativ minimal. I en produktionssituation, hvor der arbejdes i større skala, kan der udtages flere og større delprøver end i projektet, hvorved der kan opnås et bedre mål for ynglens densitet og antal.

11.2.4 Vækst i yngelstadiet

Størrelsen i forhold til alder hos ynglen i 2004 og 2005 er angivet i figur 11.4 og tabel 11.1. I løbet af et år voksede ynglen fra 2004 fra 0,7 mm til 40 mm. Den sparsomme datamængde fra 2005 viser, at væksten var lavere dette år, sandsynligvis på grund af lavere fødetilsætning og højere densitet.



Figur 11.4 Gennemsnitlig længde (mm) som funktion af ynglens alder (dage). • Yngel fra 2004, • Yngel fra 2005

Tabel 11.1 Den gennemsnitlige længde (mm) ± S.E. for yngel fra 2004 og 2005.

Årgang	Alder (dage)	Længde ± S.E.
Yngel fra 2004	19	0,7
	38	2,5 ± 0,2
	67	10,5 ± 0,2
	96	22,3 ± 0,3
	133	31,8 ± 0,5
	189	36,7 ± 0,6
	364	40,0 ± 0,6
Yngel fra 2005	23	1,3 ± 0,1
	106	11,2 ± 0,3

Tabel 11.2 angiver vækstraten for ynglen fra 2004 i forskellige perioder gennem yngelkulturen. I maj til juli, altså i løbet af den første halvanden måned efter settling, voksede yngelen i gennemsnit 0,08 mm dag⁻¹. Den højeste vækstrate blev observeret mellem juli og oktober. Det ses, at væksten mindskes i løbet af efteråret og vinteren. Væksten gennem vinteren til maj 2005 var i gennemsnit 0,02 mm dag⁻¹.

Der var signifikant forskel på yngelstørrelsen i slutningen af november og maj (Oneway ANOVA, $P = 0,000$), hvilket skyldes, at ynglen havde signifikant vækst gennem vinteren og foråret, samt at det primært var de små individer, der døde i perioden. Dette sås ved, at døde individer samlet fra i løbet af vinteren og foråret var signifikant mindre end længdemålinger foretaget på ynglen under den forudgående totaloptælling foretaget den 26-11-04 (Oneway, $P = 0,000$).

Baseret på registreringer i 2005 var vækstraten for dette års yngel mellem dag 23 og 106 på $0,12 \text{ mm dag}^{-1}$.

Tabel 11.2 Vækstrate (mm dag^{-1}) for yngel fra 2004. Raten er angivet for forskellige perioder gennem yngelstadiet

Tidsperiode	Alder på yngel (dage)	Antal dage	Fase	Vækstrate (mm dag^{-1})	R^2
Maj – juli	19 - 63	44	Klækkeri	0,08	0,54
Juli – oktober	67 - 133	66	Klækkeri	0,31	0,98
November - maj	189 – 364	175	Akklimatisering	0,02	1

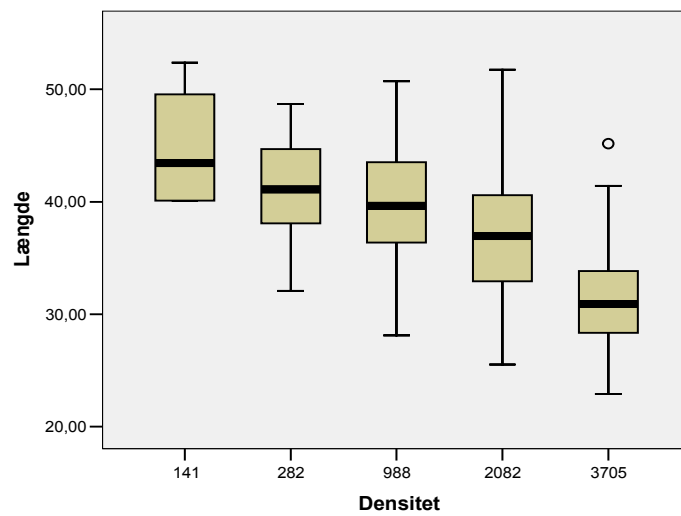
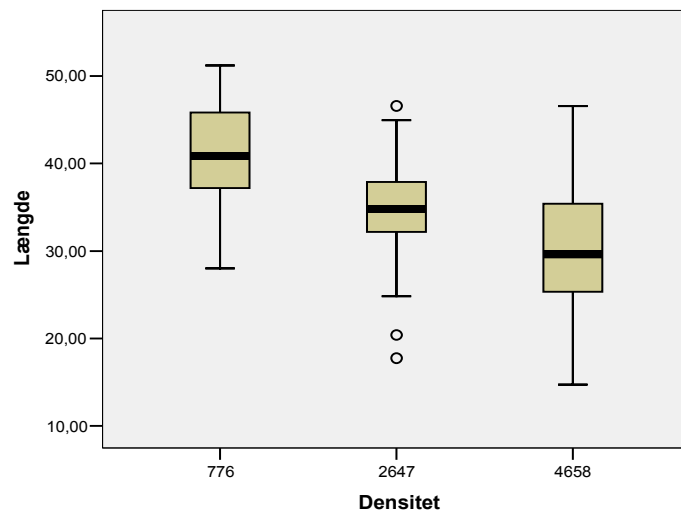
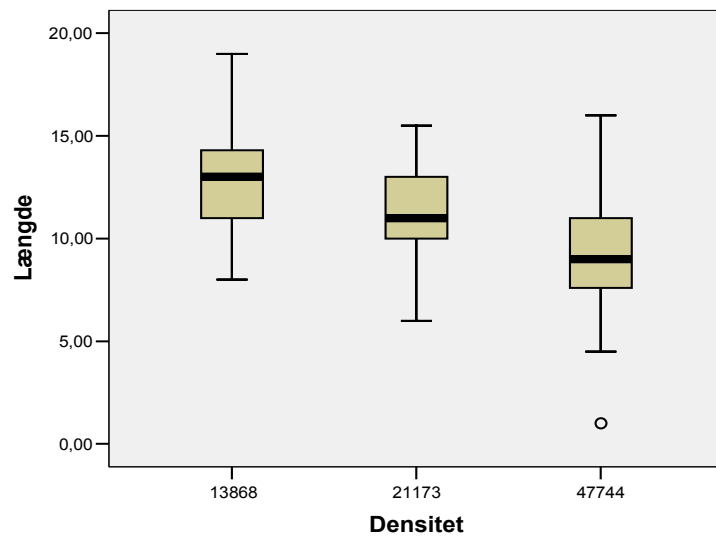
Tabel 11.3 angiver forskellige vægtsammenhænge for 6 måneder gammel yngel. Sammenhænge mellem tørvægt og længde blev foretaget for at beskrive ynglens tilstand, inden ynglen blev etableret under akklimatiseringsfasen.

Tabel 11.3 Sammenhænge mellem vægt og længde for 6 måneder gammel yngel fra 2004.

Ligning	R^2
Vådvægt kød (g) = $0,038 \times \text{længde (mm)} - 0,7513$	0,9064
AFDW kød (g) = $0,003 \times \text{længde (mm)} - 0,0623$	0,8672
AFDW kød (g) = $0,3286 \times \text{skal vægt (g)} - 0,0052$	0,9003

11.2.5 Densitet

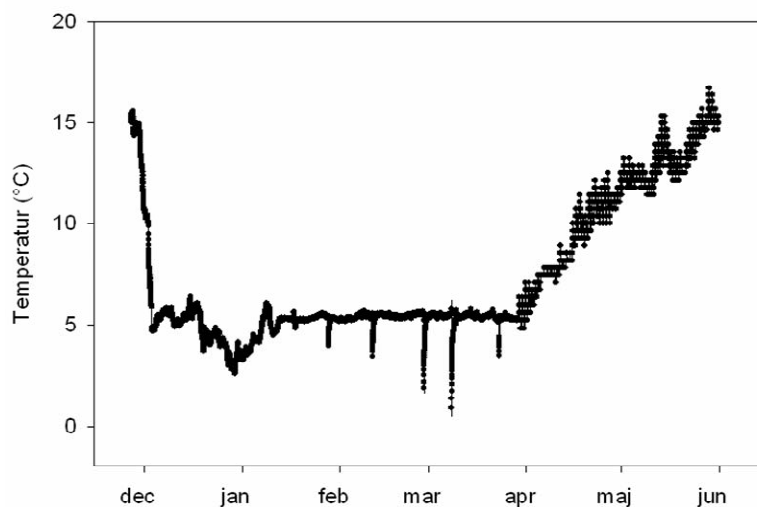
Densiteten var markant højere i 2005 end i 2004. Densiteten for 3 måneder gamle yngel lå i 2005 mellem 20.000 og 50.000 individer m^{-2} , mens densiteten for yngel af en tilsvarende alder i 2004 lå mellem 4.000 og 15.000 individer m^{-2} . For 6 måneder gammel yngel var densiteten mellem 800 og 5000 individer m^{-2} , og for etårig yngel var densiteten mellem 140 og 4000 individer m^{-2} . Figur 11.5 angiver sammenhænge mellem ynglens længde og densitet. Væksten var densitetsafhængig, således, at der ved højere densiteter var lavere tilvækst (Oneway, $P = 0,000$ for alle aldersklasser).



Figur 11.5 Boxplot over længde (mm) som funktion af densiteten (antal m²). Øverst: 3 måneder gammel yngel . I midten: 6 måneder gammel yngel. Nederst: 1-årig yngel.

11.2.6 Fysiske parametre

Under klækkerifasen lå temperaturen mellem 20 og 23 °C, mens temperaturen under nedkølingen før akklimatiseringsfasen blev sænket til 6 °C (Figur 11.6). Herefter fulgte temperaturen fjordens temperatur. Temperaturen var lav, mellem 0,8 og 7,1 °C indtil april, hvor temperaturen begyndte at stige. Saliniteten lå mellem 28 og 31 ‰ under hele yngelkulturen. Iltkoncentrationen var mellem 7,7 og 8,6 mg/l, hvilket svarer til en iltmætning mellem 108 og 109.



Figur 11.6 Temperaturen under akklimatiseringen af yngel fra 2004. Vandtemperaturen fulgte temperaturen i det indtagne vand fra Limfjorden.

11.3 Diskussion

Når ynglen først er settlet er sandsynligheden for at den overlever frem til ongrowing god. Under projektet blev der i 2004 produceret ca. 250 settlede muslinger, mens der i 2005 blev produceret ca. 2.400 settlede individer. Projektet viste, at det er muligt at holde yngel af amerikanske knivmusling i kar med sand i indendørs opdrætsfaciliteter i over et år. Disse resultater er lovende for en fremtidig produktion.

11.3.1 Settling

Der blev afprøvet dybder på 1 og 5 cm sediment til settling. Baseret på settlingssuccesen er der ingen indikationer om, at den ene sedimentdybde er mere favorabel end den anden. Dybden af sedimentet bør forøges i takt med at ynglen vokser.

Almindelig strandsand, domineret af kornstørrelser på 250 – 500 µm, viste sig at være et velfungerende settlingssubstrat og kan anvendes som substrat i hele perioden frem til ongrowing. Kornstørrelser over 1000 µm bør af praktiske hensyn sigtes fra, da denne besværliggør adskillelsen af de yngste yngelklasser og sedimentet ved sigtning.

Sediment med kornstørrelser under 500 μ m var ikke ideelt som settlingssubstrat, da det var tidskrævende og uhåndterligt i forbindelse den daglige håndtering. Det blev let suspenderet, og vandet i karret forblev mudret i en længere periode efter håndtering. Den høje resuspension vil ikke byde ynglen optimale forhold.

Resultaterne indikerer desuden, at tilsætning af settlingssubstrat efter 13 – 15 dage er passende. Varigheden af det planktoniske larvestadie og settlingstidspunktet hos den amerikanske knivmusling var overensstemmende med registreringer for andre muslingearter.

Registrering af en øjeplet hos larverne indikerer, at lysforskelle har betydning i forbindelse med settlingen. Vha. dette lysfølsomme område kan larverne registrere lysforskelle mellem vandoverflade og bund, hvilket giver dem mulighed for at søge mod bunden for at settle. I modsætning til resultaterne fra kinesiske undersøgelser på en asiatisk knivmuslingeart, viste projektet, at ud over den normale loftsbelysning var det ikke nødvendigt at lyspåvirke larverne for at inducere settling. Forskellen i lysnedtrængningen mellem vandoverflade og bund har sandsynligvis været nok til, at ynglen søgte mod bunden.

Estimaterne baseret på prøvetagning i vandfase og sedimentet fluktuerede en del grundet mindre aktivitet og bundsøgende adfærd hos de sidste larvestadier samt ynglens heterogene fordeling og den relativt lave densitet i sedimentet. Selvom hverken resultater fra 2004 eller 2005 indikerer en øget mortalitet i forbindelse med settling, var det således ikke muligt at vise det statistisk. Amerikanske forskere registrerede en øget dødelighed lige efter settling ved en yngelstørrelse på 0,5 mm (Dale Leavitt, Roger Williams University, USA).

11.3.2 Yngeladfærd

I de første uger efter settling var ynglen meget aktiv og udviste stor graveaktivitet. Det er desuden observeret, at ynglen kan svømme via bevægelser med foden. Denne adfærd kan forklare den sekundære drift, der er observeret i naturen bl.a. i Vadehavet. I udformningen af karrene til ynglen, skal der derfor tages højde for, at ynglen kan befinde sig i vandfasen ved fx at sætte filtre på udløbet for at undgå, at ynglen skylles ud med udløbsvandet.

Den aktive graveadfærd kan være en tilpasning til, at knivmuslinger i naturen ofte lever i strømfyldte områder, hvor risikoen for omlejrning af sedimentet er stor. Senere i udviklingen blev ynglen mindre aktiv. Yngel på 1 mm gravede sig ned på under 1 minut, mens det tog længere tid for større yngel.

Ynglen tåler en vis håndtering og var i stand til at grave sig ned efter at have været oppe af sedimentet i forbindelse med opmålinger. Der blev dog registreret en lidt højere mortalitet i perioden efter håndtering. For ikke at øge dødeligheden pga. håndtering blev det valgt ikke at tage muslingerne op for tit for at monitere på dem. Der er derfor maksimalt fortaget optælling og opmåling en gang pr. måned. Antallet af

Yngel fra 2004 begrænsede muligheden for at tage statistisk anvendelige delprøver i forbindelse med monitorering i stedet for at lave totaloptællinger.

11.3.3 Yngelkultur

For ynglen fra 2004 var overlevelsen 55 % i løbet af det første år efter settling. Ved en optimering af forholdene og raffinering af opdrætssystemerne forventes det, at endnu højere overlevelser kan opnås. Det var således muligt at fremdyrke yngel af knivmuslinger, der har den rette størrelse på nogle få centimeter, hvor den forventes at kunne udsættes i åbent vand. Udsætningsstørrelsen og dermed udsætningstidspunktet, vil afhænge af hvilket ongrowingsystem, der vælges.

Den præcise varighed af yngelkulturen vil afhænge af den tilvækst, der kan opnås hos ynglen under yngelkulturen. Ved en optimering af vækstraten, vil udsætning i åbent vand kunne foretages på et tidligere tidspunkt. Ynglen fra 2004 voksede til 4 cm indenfor det første år. Hvis ongrowingsystemerne er brugbare til mindre yngelstørrelser, kan ynglen udsættes i løbet af efteråret samme år, som de er gydt, og længden af yngelkulturen vil være kortere. Det forventes, at akklimatiseringsfasen skal vare nogle måneder, og at ynglen under sidste del af fasen kan være etableret i ongrowingsystemerne.

Resultaterne fra pilotprojektet indikerer, at der var den samme overlevelse under klækkerifasen og i akklimatiseringsfasen. Der ses dog en tendens til, at overlevelse og vækst mindskedes i løbet af efterårsmånederne fra slutningen af klækkerifasen. Der blev ikke registreret dødelighed i forbindelse med nedkølingen, der blev foretaget mellem klækkeri- og akklimatiseringsfasen.

Føde og overlevelse

Under klækkerifasen bestod den tilførte føde af de producerede mikroalger, *Isochrysis*, *Chaetoceros* og *Tetraselmis*. Dødeligheden i den sidste del af klækkerifasen kan skyldes, at de producerede mikroalger efterhånden udgjorde en utilstrækkelig fødesammensætning for ynglen, og at de derfor kom til at mangle vigtige næringsstoffer.

I akklimatiseringsfasen bestod føden af partikler ført ind med havvandet, herunder plante- og dyreplankton, bakterier og organiske partikler. Den naturlige føde i havvandet har sandsynligvis en bedre sammensætning af næringsstoffer end de kultiverede mikroalger, og opfylder dermed i højere grad ynglens næringsbehov og især behovet for essentielle fedtsyrer. Chilenske undersøgelser ved Universitetet Católica de Temuco, Chile viste vigtigheden af at tilføre opdrættsmuslinger andre fødekilder end alger.

Sammenlignet med klækkerifasen var den tilførte fødemængde mindre under akklimatiseringsfasen, og de lave algekoncentrationer gennem vinteren og foråret har sandsynligvis ført til fødebegrænsning. For at øge fødetilgængeligheden for hvert individ, kan man i fremtiden supplere med ekstra alger, forøge vandflowet eller nedsætte yngeldensiteten. En forøgelse af flowet kan være at foretrække, da det er

observeret, at ynglen trives bedst ved et højt vandflow. Det var især de mindste individer, der viste sig at være sårbare og dø, sandsynligvis grundet mindre energidepoterne, der kunne benyttes i løbet af vinteren. Dette indikerer vigtigheden af, at yngel er i god kondition.

Vækst

Tidligere beskrivelser af væksten hos knivmuslinger er baseret på opmåling mellem vinterringe på opskyllede skaller. Under dette projekt er vækstraten baseret på længdemåling af individer af kendt alder, hvorfor den præcise vækstrate kan bestemmes. Størrelsen på ynglen og vækstraten registreret de første måneder under klækkerifasen var sammenlignelig med væksten registreret hos knivmuslinger både under opdræt og fra naturen (Beukema and Dekker 1995; Breese and Robinson 1981; Kenchington et al. 1998; Wong et al. 1986; Lepez, pers. komm.).

Væksten aftog i efterårsperioden i slutningen af klækkerifasen og var lav under akklimatiseringsfasen. Mindskelsen af væksten i slutningen af klækkerifasen kan skyldes, at mikroalgerne ikke længere udgjorde en tilstrækkelig fødekilde, eller at yngeldensiteten førte til fødebegrænsning, efterhånden som ynglen voksede.

Væksten under akklimatiseringsfasen er sandsynligvis sæsonafhængig og kan tilskrives lave temperaturer og et lavt fødeindhold gennem vinteren. Væksten er således også i naturen nedsat i vinterperioden. Opbygningen af et lag af fint organisk materiale på bunden af akklimatiseringskarrene kan også have haft negativ indflydelse på væksten ved at hæmme ynglens filtrationsevne. Væksten kan altså være nedsat grundet systemspecifikke faktorer.

Vækstraten gennem vinteren og foråret var $0,02 \text{ mm dag}^{-1}$. Højere vækstrater er påkrævet for at opnå en konsumstørrelse i løbet af en acceptabel tidshorizont. Det vil forventes, at vækstraten øges i løbet foråret og sommer som følge af algeopblomstring og temperaturstigning, da høje vækstrater er angivet i litteraturen for andet leveår (Beukema and Dekker 1995; Mühlenhardt-Siegel et al. 1983; Swennen et al. 1985).

Densitet

Resultaterne fra pilotprojektet viser, at densiteten har indflydelse på ynglens vækst. Yngel, der stod ved høje tætheder voksede signifikant mindre end yngel ved lavere densiteter. En kombination af højere densitet og lavere fødetilsætning kan sandsynligvis forklare den lavere vækst i 2005 sammenlignet med væksten i 2004. Densiteten under pilotprojektet var højere end registreret for selv meget succesfulde kuld i naturen (Armonies 1996; Armonies and Reise 1999; Baron et al. 2004; Beukema and Dekker 1995).

På baggrund af dette kan det konkluderes, at det vil være mere optimalt og vil kunne forøge vækstpotentialet at opdrætte ynglen ved lavere densitet end praktiseret under projektet. Der kan med fordel benyttes densitetsjustering under opdrættet, så densiteten i karrene nedsættes efterhånden som ynglen vokser.

12.0 Ongrowing i suspenderede systemer

Det er på sigt en væsentlig målsætning at finde systemer, der kan understøtte en stabil produktion af knivmuslinger i økonomisk rentable systemer, der er tilpasset knivmuslingens biologi og levevis. Ongrowing forventes at skulle foregå i suspenderede systemer i åbent vand eller i bundkultur i landbaserede anlæg. Suspenderede systemer vurderes ud fra den eksisterende viden som den mest innovative og brugbare løsning på ongrowing af knivmuslinger.

Baseret på vækstraten hos knivmuslinger i deres naturlige miljø i havbunden, vil knivmuslinger have opnået en salgbar størrelse i løbet af andet til tredje leveår. Fra produktionen af blåmuslinger kendes det, at den høje fødetilgængelighed i vandfasen resulterer i hurtigere vækst og større kødindhold hos suspenderede muslinger end hos bundlevende. Tilsvarende vil tilvækst af knivmuslinger i vandsøjlen sandsynligvis nedsætte produktionstiden markant. Samtidig er muslingerne mindre udsat for bundlevende prædatorer. I forhold til bundkultur vil opdræt i suspenderede systemer være en fordel i forbindelse med høst af muslingerne.

I naturen lever knivmuslingen nedgravet i bunden, der giver støtte og holder muslingen i en lodret position. Hvis knivmuslinger efterlades liggende i havvand, kan de overleve i adskillige døgn. Men før eller siden får de problemer med at holde skallerne lukket og kan da begynde at revne langs kapperanden. Der skal derfor til suspenderede systemer findes et materiale, der støtter muslingerne og samtidigt er fleksibelt, så muslingerne kan vokse og bevæge sig i det. Det ville være nærliggende at anvende sand. I Chile er der allerede udført forsøg med sand i suspenderede systemer. Disse bliver dog hurtigt så tunge, at de er uhåndterbare og vil kræve kraftigt maskinel. Der er desuden et stort arbejde forbundet med at præparere og flytte sand, inden systemerne er klar til etablering af knivmuslinger.

Derfor er der i dette projekt udført forsøg med alternative materialer som opvækstmedie. Opdræt i vandsøjlen kan være med til at sikre et ensartet produkt, der ikke i samme grad som bundlevende muslinger indeholder sand mm., som skal udrenses, før muslingerne kan sælges på markedet.

Opsætning med yngel

Det forventes, at knivmuslinger fra klækkerier er klar til ongrowing i Limfjorden, når de har en længde på få centimeter. I efteråret 2004 blev juvenile med en længde på 2,5 cm placeret i enheder, med henholdsvis bløde, langhårede børster, der var vendt på hovedet, og silikonerør som substrat. Silikonerørerne, der var valgt med en diameter, der var ca. 1 mm bredere end det bredeste sted på muslingerne, gav ikke ordentlig støtte. Desuden kunne ynglen bevæge sig ud af strukturerne.

I børsterne gravede alle muslinger sig ned, og overlevede i flere uger og så ud til at trives. Denne ide var derfor lovende og skulle forsøges på voksne individer, men blev forladt igen på grund af problemer med at skaffe børster i de rette dimensioner til

voksne knivmuslinger. Endvidere blev muslinger placeret i grove børster og bløde måtter. Disse gav ikke ordentlig støtte, og muslingerne var ikke i stand til at grave sig ned i dem.

Afprøvning af koncept til voksne

I stedet blev et mindre antal voksne placeret i to forskellige systemer med henholdsvis møbelskum og runde børster. Baseret på indendørsforsøg i væksthallen på Dansk Skaldyrcenter blev det vist, at begge systemer passede til knivmuslinger, idet de gravede sig ned og havde en normal adfærd. Dog prøvede enkelte individer at grave sig op i begyndelsen. Disse blev sat tilbage i strukturen. I begge systemer blev der sat muslinger af forskellig størrelse for at se, om de kunne leve i det og afprøve, om materialerne var fleksible nok til at tilpasse sig voksende knivmuslinger.

Efter to måneder med indendørsforsøg blev et mindre set-up lavet for at teste systemerne i åbent vand i Limfjorden. Moduler med skum og børster blev hængt fra langliner, i skaldyrcentrets forsøgsområde ved Salling. Succesraten blev målt på adfærd, overlevelse og vækst hos de etablerede muslinger, men også på selve opsætningen mht. hårdførhed overfor mekanisk stress og håndterbarhed.

Der blev i alt udsat tre moduler:

To opsætninger med skum:

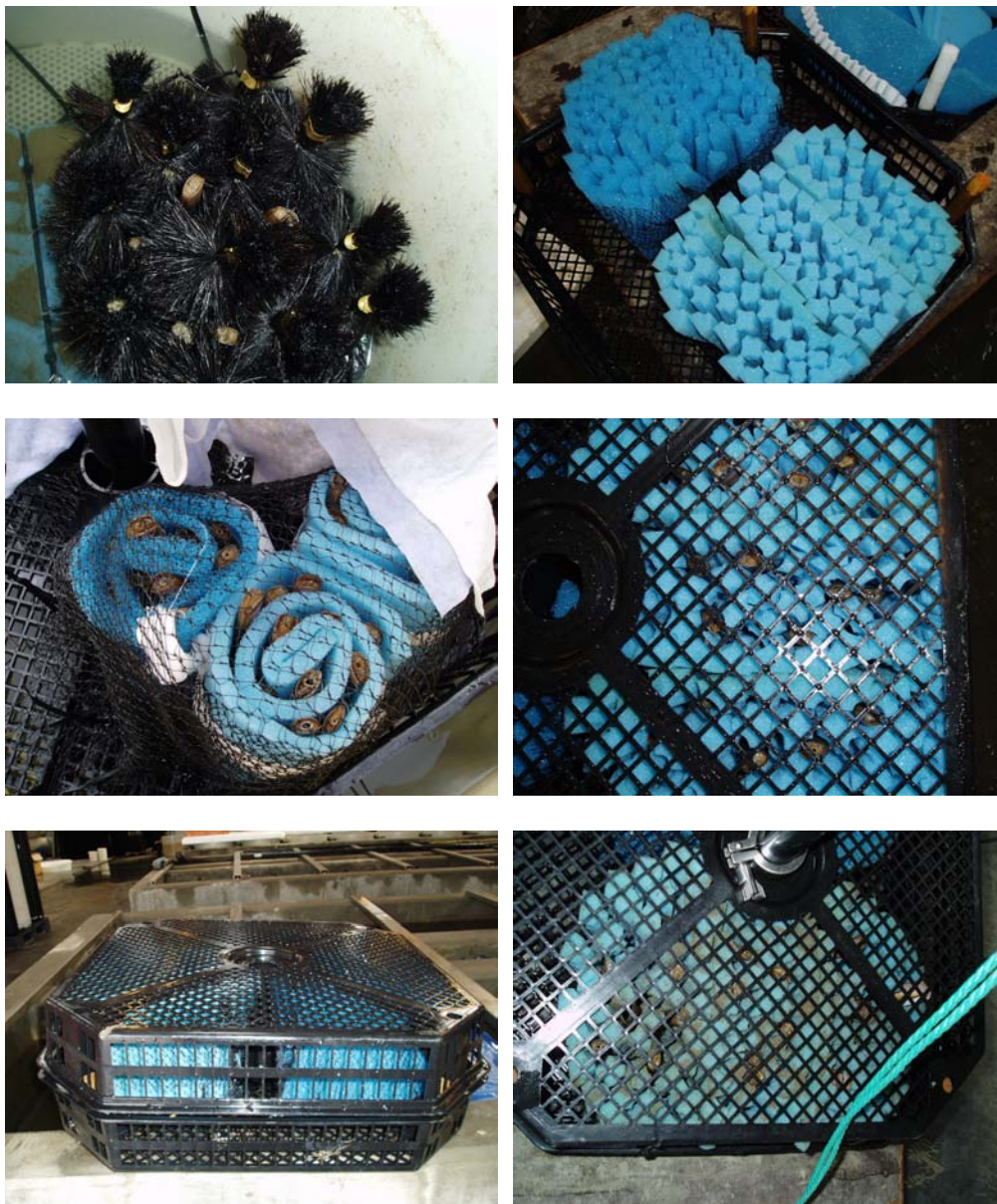
- a) Blokke af filterskum med to forskellige cellestørrelser (PPI-10C og PPI-45C, venligst stillet til rådighed af Bramming Plast-Industri A/S) blev tilskåret, så de passede i højde til to østersbakker vendt mod hinanden. Af hver skumtype blev tre blokke tillavet, så overfladearealet blev 25×25 cm, når blokkene var stillet ved siden af hinanden. Hver blok var skåret op, så der dannedes hulrum til knivmuslingerne.
- b) Baner af filterskum af to forskellige cellestørrelser (PPI-10C og PPI-45C, venligst stillet til rådighed af Bramming Plast-Industri A/S) med længde 1 meter, bredde 18 cm og tykkelse 1 cm blev fremstillet. På hver bane blev der fastgjort elastikbånd, syet fast for hver 3 cm. Mellem hver fastsyning var der plads til at etablere en knivmusling. Hver bane blev til slut rullet op og sat på højkant. Af hver type skum blev der fremstillet tre baner.

Opsætning med rundbørster:

- c) Flaskerensere med en diameter på 5 cm blev fastgjort forskudt på en træplade. En tilsvarende opsætning blev lavet med flaskerensere med en diameter på 8 cm. Muslingerne stod lodret mellem børsterne.

Muslingerne blev etableret i substraterne kort før etablering på langlinerne. Under transporten på båden stod de færdigt monterede østersbakker nedsænket i et kar med vand. Efter 20 dage blev systemet taget ned. Status var, at muslingerne i skumblokkene havde prøvet at undslippe. Skumblokkene var ikke sat kraftigt nok sammen. Skumrullerne fungerede derimod godt. Muslingerne sad tilfredsstillende i strukturen, og mortaliteten var minimal. Fra børsterne var enkelte muslinger stukket af, mens resten sad tilfredsstillende. Det vurderes, at en struktur emd skum rummer væsentlige

muligheder for opdræt af knivmuslinger. Systemet skal yderligere tilpasses, og der bør køres langtidsforsøg.



Figur 12.1 Billeder fra forsøg med strukturer. Øverst til venstre: Børster med knivmuslinger. Øverst til venstre: Skumblokke med hhv. store og små celler. Skummet var skåret til, så muslingerne kunne stå lodret. I midten til venstre: Ruller af skum med muslinger. Muslingerne holdes i position af et elastikbånd. I midten til højre: Knivmuslinger etableret i skumblokke, klar til at blive sat i fjorden. Nederst til venstre: Blokkene var sat inden i to østersbakker. På denne vis er der net over og under strukturen. Nederst til højre: Muslinger i skumblokke efter 20 dage i fjorden.

Ud fra disse erfaringer samt generelle overvejelser bør der tages højde for følgende krav i udviklingen af et suspenderet ongrowingsystem til gravende muslinger:

- Materialet skal støtte knivmuslingerne og holde dem oprejst.
- Knivmuslingerne skal kunne bevæge sig i strukturerne og filtrere i henhold til deres normale adfærd. Dog skal der tages forholdsregler, så muslingerne ikke kan undslippe systemet.
- Strukturerne skal kunne tilpasse sig muslingernes vækst. Der kan oprettes systemer med specifikke mål til bestemte størrelsesklasser.
- Det er ønskeligt, at systemet skal kunne hænge på langliner som supplement til allerede eksisterende opdrætsanlæg for blåmuslinger.
- Strukturerne skal kunne tåle mekaniske og kemiske påvirkninger i det åbne vand.
- Strukturerne skal være egnede med hensyn til:
 - Etablering af yngel i systemet
 - Rengøring og afrensning af påvækstorganismer
 - Høst af det færdige produkt
 - Håndtering fra bådtyper, som kendes fra blåmuslingeopdræt

Høst til konsum

Suspenderede systemer vil være lette at håndtere i en høstsituation, idet muslingerne kan bringes i land i systemerne, hvorefter videre håndtering kan finde sted. Endvidere foreligger også muligheden for at lade knivmuslingerne blive i systemerne under rengøring og eventuel udrensning af muslingerne for herefter at lade systemet følge knivmuslingerne under transport til distributionscentre. På denne vis undgås en større håndtering af knivmuslingerne indtil kort før de når forbrugeren.

13.0 Referencer til del 2.

References

- Aracena, O. L., Lepez, I. M., Sanchez, J., Carmona, A. M., Medina, L. and Saavedra, A. 2003. On two new macroscopic indexes to evaluate the reproductive cycle of *Ensis macha* (Molina, 1782). - Journal of Shellfish Research 22: 675-680.
- Armonies, W. 1992. Migratory Rhythms of Drifting Juvenile Mollusks in Tidal Waters of the Wadden Sea. - Marine Ecology-Progress Series 83: 197-206.
- Armonies, W. 1996. Changes in distribution patterns of 0-group bivalves in the Wadden Sea: Byssus-drifting releases juveniles from the constraints of hydrography. - Journal of Sea Research 35: 323-334.
- Armonies, W. and Reise, K. 1999. On the population development of the introduced razor clam *Ensis americanus* near the island of Sylt (North Sea). - Helgolander Meeresuntersuchungen 52: 291-300.
- Baron, P. J., Real, L. E., Ciocco, N. F. and Re, M. E. 2004. Morphometry, growth and reproduction of an Atlantic population of the razor clam *Ensis macha* (Molina, 1782). - Scientia Marina 68: 211-217.
- Beukema, J. J. and Dekker, R. 1995. Dynamics and Growth of A Recent Invader Into European Coastal Waters - the American Razor Clam, *Ensis-Directus*. - Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 75: 351-362.
- Breese, W. P. and Robinson, A. 1981. Razor Clams, *Siliqua-Patula* (Dixon) - Gonadal Development, Induced Spawning and Larval Rearing. - Aquaculture 22: 27-33.
- Freudentahl, A. S. and Nielsen, M. M. 2005. Mass Mortality and Distribution of the American Razor Clam (*Ensis americanus* Binney 1870): Role of extreme temperatures and salinity. - in prep.

Gaspar, M. B. and Monteiro, C. C. 1998. Reproductive cycles of the razor clam *Ensis siliqua* and the clam *Venus striatula* off Vilamoura, southern Portugal. - Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 78: 1247-1258.

Kenchington, E., Duggan, R. and Riddell, T. Early life history characteristics of the razor clam (*Ensis directus*) and the moonsnail (*Euspira* spp.) with applications to fisheries and aquaculture. 2223, 1-32. 1998. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences.

Ref Type: Report

Mühlenhardt-Siegel, U., Dörjes, J. and Von Cosel, R. 1983. Die amerikanische Schwertmuschel *Ensis directus* (Conrad) in der Deutschen Bucht. II. Populationsdynamik. - Senckenbergiana maritima 15: 93-110.

Sigurdsson, J. B., Titman, C. W. and Davies, P. A. 1976. Dispersal of Young Post-Larval Bivalve Mollusks by Byssus Threads. - Nature 262: 386-387.

Swennen, C., Leopold, M. F. and Stock, M. 1985. Notes on Growth and Behavior of the American Razor Clam *Ensis-Directus* in the Wadden Sea and the Predation on It by Birds. - Helgolander Meeresuntersuchungen 39: 255-261.

Utting, S. D. and Spencer, B. E. 1991. The hatchery culture of bivalve molluscs larvae and juveniles. - Ministry of Agriculture, Fisheries and Food directorate of Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research; Laboratory leaflet 68: 2-32.

Wong, T. M., Lim, T. G. and Wang, C. F. 1986. Induced Spawning and Larval Development of the Razor Clam *Solen brevis* Gray (Molluska:Solenidae) in the Laboratory. - In: Maclean, J. L. (ed.), The First Asian Fisheries Forum: Proceedings. pp. 703-706.

DEL 3

Appendix

14.0 Appendiks A. Forventet driftsøkonomi

Pilotprojektet viste, at der kan produceres yngel i klækkeriet, og at markedsværdien for knivmuslinger er god. Knivmuslinger kan supplere traditionelt opdræt med et eksklusivt produkt. Ongrowing forventes at foregå på langliner, så opdrættere, der allerede har et opdrætsanlæg med blåmuslinger kan lægge en eller flere liner ud til produktion af knivmuslinger. Anlægsudgifter til opdrætsanlægget er derfor ikke medtaget i udregningerne.

De første afprøvninger af metoder og strukturer til ongrowing af knivmuslinger blev påbegyndt under projektet. Østersbakker med skum viste lovende resultater, og den forventede driftsøkonomi ved et sådant suspenderet system er estimeret under dette kapitel. Der er foretaget udregning for én produktionsline.

Udregning vedrørende ongrowing i suspenderet opdrætssystem

- Det estimeres, at der på en langline kan etableres 625 knivmuslingemoduler, bestående af to østersbakker. Prisen for en østersbakke er omkring 74 kr, og den samlede udgift til bakker derfor ca. 92.500 kr. Bakkerne har en levetid på 10 år, hvilket giver en årlig udgift på 9.250 kr.
- Der er årligt afsat 20.000 kr. til køb af skummateriale. Når opdrætssystemet er udviklet, vil det kunne masseproduceres, hvilket vil give lavere produktionsomkostninger og lavere pris.
- Der er indregnet lønudgifter til etablering af yngel, rensning af bakker, overvågning af opdrætsanlæg og høst. Der er afsat 667 timer årligt, hvilket svarer til 13 timer ugentligt i 52 uger. Timelønnen er sat til 150 kr. Det forventes, at linen med knivmuslinger tilses som led i overvågningen af det øvrige opdrætsanlæg.
- Den forventede salgspris for fersk knivmusling er 14,59 euro/kg, hvilket svarer til 109 kr./kg. Dette var prisen for *Ensis arcuatus* på det spanske marked i 2004. *Ensis arcuatus* minder meget om den amerikanske knivmusling mht. til størrelse og kødkvalitet. Den samme markedsværdi må derfor forventes for de to knivmuslingearter. Markedsprisen for knivmuslinger er langt højere i Asien. Priserne er for fiskede muslinger, og det forventes, at opdrættede muslinger kan indbringe en højere pris grundet bedre kvalitet og lavere sandindhold. Prisniveauet er afhængigt af udbud og efterspørgsel. Ved opdræt er det muligt at time leverancerne efter det mest gunstige prisniveau. Niveauet er bl.a. påvirket af, at leverancerne fra fiskeriet ikke er stabile. Flere kunder vil sandsynligvis efterspørge produktet, hvis stabile leverancer kan sikres fx ved opdræt. Ved indregning af en fortjeneste til grossisten på 8 % fås en pris på 100 kr./kg. Der går ca. 53 konsummuslinger på et kg fersk musling, hvilket giver en stykpris på 1,90 kr.

- Det forventes, at der kan være 150 konsummuslinger i hvert modul. Det forudsættes, at dødeligheden fra yngeludsætning frem til høst er 20 %. Det er udregnet, at ynglen kan produceres til 0,05 kr. stykket. Til estimering af den udgift, opdrætteren har til køb af yngel sættes en stykpris på 0,10 kr. Den årlige udgift til yngel til en line bliver da i alt $1,2 \times 150$ konsummuslinger $\times 0,10$ kr $\times 625$ moduler = 11.250 kr.

Udregning vedrørende klækkeriet

- Der antages en tæthed på 160 moderdyr m². Det forventes, at én person er i stand til at passe en parentalbestand på 400 m². Baseret på resultater fra 2005 førte 20 voksne til et antal af settlet yngel på 2300. Resultaterne fra projektet viste en overlevelse på 0,023 % fra æg til settling. Det forventes, at overlevelsen ved raffinering af procedurene i klækkeriet og den efterfølgende akklimering af ynglen kan forøges markant. Ved en fordobling af overlevelsen vil 64.000 parentaledyr føre til et yngelantal på 1.472.000 styk.
- Driftsomkostninger (algeproduktion, strøm, vand, pumper) og lønudgifter til en fuldtidsansat er indregnet.

Ongrowing	Antal	Pris
Materialeudgift		29.250
Lønudgift		100.000
Køb af yngel	112.500	11.250
Samlet udgift		140.500
Salgspris for konsummuslinger	90.000	178.394
Årligt overskud pr. line		37.894

Klækkeri	Antal	Pris
Lønudgifter		264.375
Driftsomkostninger		500.000
		764.375
Antal yngel produceret	14.720.000	
Produktionsomkostninger pr yngel		0,05
Indtægt ved salg af yngel		1.472.000
Overskud på yngelproduktion		707.625

15.0 Appendix B. Internationalt netværk

Under projektet er der etableret international kontakt til forskere og institutioner, der arbejder med kultivering af knivmuslinger. Internationalt samarbejde gør det muligt i et fagligt forum at løse problemstillinger og udveksle erfaringer. Der er foretaget studierejser til Nordirland, Portugal og Chile med deltagelse i møder eller workshops.

15.1 Møde på Centre for Marine Resources and Mariculture (C-mar), Nordirland den 26. – 27. oktober 2004

Formålet med besøget var at høre om et igangværende, internationalt forskningsprojekt om opdræt af knivmuslinger samt foretage erfaringsudveksling og diskutere mulighederne for et fremtidigt samarbejde.

C-mar hører under Queens University og danner centrum for forskning i akvakultur i Nordirland. Centret blev oprettet i 1994, da det nordirske fiskeri var truet, og akvakulturindustrien var underudviklet i forhold til resten af Irland.

Under besøget blev der holdt møder med forskningsleder Niall McDonough og direktør David Roberts. Under møderne var det primære diskussionsemne, at der i Limfjorden påtænkes opdræt i vandsøjlen, mens den irske forskergruppe påtænker bundkultur. Enten i dedikerede områder på tidevandsflader eller ved udsætning i befiskede områder for at støtte den eksisterende, vilde bestand. Opdræt i vandsøjlen giver en lang række fordele i form af bedre fødeforhold og derved sandsynligvis et større kødindhold, mindre behov for rensning, og lettere høst.

På grund af risiko for overudnyttelse af vilde knivmuslingebestande iværksatte C-mar i foråret 2000 forsøg med klækning af knivmuslinger. Voksne individer af arten, *Ensis siliqua* blev indsamlet i foråret, konditioneret i nogle uger og bragt til at gyde via temperaturstress. Induktion af gydning og befrugtning lykkedes, men den producerede yngel overlevede ikke larvestadiet. Herefter blev der ikke arbejdet med knivmuslinger på C-mar, før man i 2004 i samarbejde med spanske og portugisiske institutioner fik bevilget forskningsmidler via EUs Interreg-program.

Det internationale projekt har til formål at udvikle metoder til bæredygtig produktion og fiskeri af knivmuslinger. C-mar's andel af det internationale projekt består i at overføre viden og metoder fra den spanske institution CIMA, hvor der i flere år er arbejdet med opdrætsteknikker for *E. arcuatus*, *E. siliqua* og *Solen marginatus*.

Foruden faglig diskussion af vores og deres resultater blev muligheden for et fremtidigt samarbejde diskuteret. Dansk Skaldyrcenter/Aarhus Universitet fremgår på alle måder som en ligeværdig samarbejdspartner til C-mar, og både de og vi syntes meget indstillet på et fremtidigt samarbejde. Som opfølgning på mødet blev der iværksat en netværksliste over personer, der arbejder med opdræt af knivmuslinger.

Fiskeri efter knivmuslinger i Irland

Kommercielt knivmuslingefiskeri er kun få år gammelt i Storbritannien og Nordirland, omend et stadigt stigende antal fiskere omlægger til knivmuslinger fra traditionelt fiskeri. Der fiskes tre forskellige arter: *Ensis ensis*, *E. arcuatus* og *E. siliqua*. Det primære marked i Europa udgøres af det spanske, men også det asiatiske marked er en væsentlig aftager. Der anvendes både manuelle og maskinelle metoder til fiskeriet.

Maskinelt anvendes bundskrabere, der trækkes gennem havbunden til en dybde af op til 30 cm. De første bundskrabere blev taget i brug i slutningen af 1990'erne. Ofte er skraberne påmonteret dyser, der sender en vandstrøm ned i bunden for at blødgøre sedimentet og frigøre muslingerne, inden de frasorteres og opsamles via et tandsæt. Ved korrekt anvendelse er mængden af beskadigede knivmuslinger begrænset. Trods dette er kvaliteten af knivmuslingerne højere ved manuelt fiskeri. Korrekt håndtering af knivmuslingerne er afgørende for at sikre forbrugeren et ordentligt produkt. Knivmuslingerne bundtes med elastikker straks efter fangst og holdes derefter fugtige og kølige. Hvis kølekæden holdes ubrudt, kan muslingerne ved ankomst til forbrugerne holde sig på køl i flere dage.

Knivmuslinger fiskes indenfor ganske små arealer, hvilket betyder, at samme bestand gentagne gange udnyttes indenfor kort tid. De befiskede områder kan i nogen grad rekoloniseres via yngelnedslag og eventuel migration af voksne. Frygten for at det igangværende fiskeri bevirker en for hård udnyttelse af bestanden har ligget til grund for etableringen af det internationale projekt om bæredygtig produktion og fiskeri af knivmuslinger.

15.2 Møde med Interreg-gruppe, Portugal den 3. - 4. februar 2005

Det internationale project 'Sustainable Harvesting of *Ensis* (SHARE) Project' er finansieret gennem EU's 6. rammeprogram, Interreg IIIB, Atlantic Area. Projektet har til formål at generere viden, der kan sikre, at fiskeri på knivmuslinger gøres bæredygtigt. Herunder hører en produktion af yngel til udsætning, opvækst af knivmuslinger i forskellige miljøer, undersøgelser af den genetiske variation mellem og indenfor arter, samt studier af påvirkningen fra knivmuslingefiskeri på knivmuslinger og øvrig bundfauna. Projektet løber fra 2004 til 2007 og har fem deltagende institutioner:

Irish Sea Fisheries Board (BIM), Irland

Centre for Marine Resources and Mariculture (C-mar), Irland

Centro de Cultivos Marinos (CIMA), Spanien

University of La Coruna, Spanien

National Marine and Fisheries Research Institute (IPIMAR), Portugal

Mødedeltagere

Rita Pantarra og Miguel Gaspar (IPIMAR, vært ved mødet)
Adele Cromie, David Roberts og Niall McDonough (C-mar, koordinator for SHARE)
Dorotea Martinez Patino og Fiz Da Costa (CIMA)
Andres Lage, Josefina Felpeto, Ana Tizon og Merdedes Moreno (La Coruna)

Mødet blev indledt med en interessant rundvisning på et center for fiskeriundersøgelser, hvor der primært arbejdes med opdræt af snegle og østers. Herefter var der rundvisning på IPIMAR's center for fiskeopdræt.

Formålet med mødet mellem deltagerne i SHARE-projektet var at opdatere de øvrige om de undersøgelser, der var foretaget siden det sidste møde i juni 2004. Mødet gav deltagerne mulighed for at diskutere resultater, fremtidige undersøgelser og få gode råd til løsning af forskellige problemstillinger. Dansk Skaldyrcenter / Aarhus Universitet var inviteret med til dette interne møde som følge af besøget i Nordirland i oktober 2004. Baseret på de enkelte institutioners forskning blev forskellige aspekter af knivmuslingeopdræt diskuteret. Især forskningen i suspendede systemer på Dansk skaldyrcenter vakte stor interesse hos de øvrige deltagere.

Opgaverne under SHARE-projektet er fordelt, så C-mar og CIMA arbejder med opdrætsmetoder. Der var på CIMA udført undersøgelser af gonadeudviklingen hos *E. siliqua* og *E. arcuatus*. Temperaturen betydning for konditionering af adulte og gydningsinduktion via ændrede fødeforhold og tilsætning af gonadevæv var undersøgt. Forskellige systemer blev anvendt til forskellige størrelser af settlede muslinger, i alle tilfælde med sand som substrat. Ongrowingforsøg blev foretaget ved etablering af juvenile i 'bure' på vaderflader, hvor ynglen kan overleve i mindst et år.

IPIMAR undersøger effekten af knivmuslingefiskeri. Andelen af skadede knivmuslinger og fiskeriets indflydelse på den øvrige bundfauna blev studeret via prøvetagninger fra forsøgstræk og kommercielle træk i irske og portugisiske farvande. Der er foretaget studier på forskellige vanddybder. Resultaterne viste en høj by-catch mortalitet. Desuden havde IPIMAR udarbejdet en database over litterære referencer på knivmuslinger.

BIM stod for undersøgelser vedrørende forarbejdning og transport af knivmuslinger. Universitetet i La Coruna foretager genetiske undersøgelser på flere forskellige knivmuslingearter. Der blev foretaget analyser på den genetiske variation (mitochondriel DNA og mikrosatellitter) hos geografisk forskellige bestande af samme knivmuslingeart samt forskellige arter med henblik på at udvikle sikre metoder til artsbestemmelse.

Da universitetet i La Coruna var meget interesseret i at inddrage den amerikanske knivmusling fra danske farvande, blev der som opfølgning på mødet indsamlet amerikansk knivmusling ved Sundsøre og Sillerslev samt i Juvre Dyb i Vadehavet. Fra hvert sted blev der indsamlet 50 individer. Foden blev dissekeret ud, konserveret i ethanol og sendt til La Coruna. Resultaterne er ved rapportens afslutning endnu ikke modtaget, men vil blive tilgængelige.

Resultaterne fra de genetiske undersøgelser kan anvendes til

- a) Dokumentation af variationen mellem bestande fra forskellige steder i Limfjorden, og af hvorvidt amerikansk knivmusling fra forskellige områder i Limfjorden kan betragtes som værende fra én population.
- b) Viden om eventuelle forskelle mellem geografisk forskellige bestande af knivmuslinger kan fungere som grundlag for valg af lokalitet for indsamling af moderdyr og udsætning af yngel.
- c) Analyse på bestande fra Limfjorden kan i sammenligning med data fra Vadehavet bidrage med informationer om spredningshistorien hos amerikansk knivmusling.

15.3 Workshop, Chile den 19. – 20. april 2005

International workshop: ”Status for opdræt af gravende muslinger”

I Chile finansieres forskning indenfor akvakultur primært via det nationale forskningsprogram FONDEF. Ved universitet i Concepción er der i en årrække forsket i opdræt af knivmuslingen, *Ensis macha*. Den internationale workshop blev holdt som indledning til et nyt projekt om optimering af opdrætsmetoderne for knivmuslinger.

Workshoppen var inddelt i fire sessions:

- I. Yngelproduktion
- II. Ongrowing
- III. Fødeoptimering
- IV. Fælles indsatsområder

Deltagere kom fra følgende institutioner

Centro de Investigaci3n Marinas (CIMA), Spanien

Den marinbiologiske afdeling ved universitet Catolica del Norte, Chile

Laboratorio de Nutrici3n y Calidad de Agua ved universitet Catolica de Temuco, Chile

Centro de Ciencia y Tecnologia, Universitet Arturo Prat, Chile

Den marinbiologiske og oceanografiske station ved universitetet i Concepci3n, Chile

Dansk Skaldyrcenter / Aarhus Universitet, Danmark

Udbyttet af workshoppen

Workshoppen gav et indblik i den forskning, der er foretaget på opdræt af gravende muslinger i Chile og gav muligheden for at delagtiggøre andre i de lovende resultater, der er opnået på DSC. Igen vakte forsøgene med dyrkning af knivmuslinger i suspenderede systemer med alternative substrater stor interesse. Især var et møde med Irene Lep3z og Eduardo Tarife3o, hvor problematikken omkring pelagiske ongrowingsystemer blev diskuteret mere indgående, meget udbytterigt. Mulighederne for et fremtidigt samarbejde med universitetet i Concepci3n virker meget lovende. Besøget har desuden skabt et godt netværk, der kan virke på tværs af verdensdele og sprogsbarrierer mellem den engelsk- og spansk-talende forskerverden.

Knivmuslinger i Chile

Knivmuslingerne *Ensis macha* og *Tagelus dombeii* lever langs store dele af den chilenske kyststrækning og udgør sammen med en anden gravende musling, *Mesodesma donacium* en væsentlig ressource i den chilenske skaldyrindustri. Fiskeriet udføres manuelt fra små robåde, der ejes af en fisker, der har to-tre dykkere ansat. Muslingerne graves op fra bunden med små, tretandede river. Dykkerne forsynes med luft fra båden og arbejder på op til 20 meters dybde i tre til fem timer dagligt. Bådejeren får 2/3 af udbyttet ved fiskeriet; det resterende deles mellem dykkerne.

Knivmuslinger afsættes typisk på lokale markeder sammen med blåmuslinger, snegle, rurer, søpunge, tang og forskellige fisk. I løssalg kan 25 knivmuslinger købes for ca. 10 kroner. Der er ingen egentlig kontrol med mængden af fiskede knivmuslinger, og forskerne var derfor bekymrede for, om muslingebestande kunne være i tilbagegang. Grundet dette, men også for at lave et nyt produkt, arbejdes der med forskellige metoder til opdræt af knivmuslinger.



Figur 15.1 *Ensis macha*, *Tagelus dombeii* og *Mesodesma donacium*.

Session I. Yngelproduktion

Til produktion af yngel af *Ensis macha* anvendes følgende procedurer. Indsamlede modne muslinger bringes til gydning efter to ugers akklimering. Efter gydning konditioneres dyrene ved temperaturstimulering over tre måneder, hvorigennem gonadevævet genopbygges og modnes. Yngeloverlevelsen var generelt højst, hvis moderdyrene var modnet i naturen frem for ved konditionering. Moderdyrene er etablerede i store tønder med et sandlag på ca. 20 cm. Recirkuleret havvand tilsat alger tilføres via et overrislingssystem (Figur 15.2). En gang dagligt ændres vandstrømmen fra nedadgående til opaggående gennem sandet for at hindre iltfrie forhold. Induktion af gydning foretages ved at nedsænke 30 knivmuslinger, placeret i bakker uden sediment, i et kar på 2.000 liter. Der induceres via temperaturstress eller ændringer i fødemængden.

Larver af *Ensis macha* befinder sig i vandfasen i 15 - 20 dage inden metamorfosen. Den tilsatte fødemængde øges, efterhånden som larverne vokser. Bakker med et 1 mm sandlag med kornstørrelse ca. 125 μ m fungerer som settlingssystem. Bakkerne tilføres UV-behandlet, 1 μ m filtreret, recirkuleret havvand. Under settlingfasen nedsættes fødekonsentrationen. Settlede muslinger befinder sig i bakker med et tyndt sandlag og tilføres filtreret havvand, der i den initiale fase UV-behandles og filtreres ved 1 μ . En

høj dødelighed hos nysettlede og en stor variation i væksten hos postlarver blev nævnt som aspekter, der skal fokuseres yderligere på.



Figur 15.2 Systemer til henholdsvis moderpopulation og nysettlede *Ensis macha*.

Foruden *Ensis macha*, var der foredrag om det chilenske arbejde med opdræt af knivmuslingearten, *Tagelus dombeii* og den gravende musling, *Mesodesma donacium*, det spanske arbejde med opdræt af *Solen marginatus*, *Ensis siliqua* og *Ensis arcuatus* og arbejdet med *Ensis americanus* på DSC.

Session II. Ongrowing

Ongrowingforsøg i vandfasen med hængende systemer med sand som substrat er foretaget hos *Ensis macha*. De indledende forsøg foregik med gennemhullede colaflasker med et 2 cm sandlag (Figur 15.3). Yngel på 1 cm blev etableret i flaskerne og hængt på langliner. Under senere forsøg er der udviklet større beholdere efter samme princip. Vægten af sandet er et stort problem. Beholderne stables to og to og pakkes ind i net. Ni stabler samles til en enhed. Inklusiv sand vejer en enhed ca. 700 kg. Sandlaget forøges i takt med muslingernes vækst, og densiteten nedsættes for at give muslingerne mere plads. Resultaterne viser, at yngel på 1 cm i løbet af et år vokser ca. 6 cm under forholdene i farvandet lige nord for Concepcion.

Foruden suspenderede systemer er der også foretaget forsøg med ongrowing i tanke på land og i bundkulturer. Tankkultur omtales som mandskabskrævende og behøver en høj algeproduktion. Ulemperne ved bundkultur er, at der kun er et begrænset antal egnede lokaliteter, og at der er behov for dykkere for at kunne føre tilsyn. Her må risikoen for, at muslingerne undslipper vejes op mod netstørrelsen på et gitter og risikoen for begroning.



Figur 15.3 Ongrowingsystemer

For *Tagelus dombeii* er der ligeledes arbejdet med ongrowing i suspenderede systemer og bundkultur. Til de suspenderede systemer er benyttet PVC-rør med en diameter på 10 cm. På langliner blev der foretaget densitetsforsøg kombineret med test af forskellige substrater. Resultaterne viste ingen signifikant forskel på vækst eller mortalitet mellem behandlingerne, selvom overlevelsen var lidt højere ved de laveste densiteter og mellemstore kornstørrelser (250 – 500 μm).

Session III. Fødeoptimering

Kendskab til muslingernes naturlige fødevalg kan bidrage til fastsættelse af, hvilken føde kultiverede muslinger skal tilbydes. Undersøgelser af maveindholdet hos *Ensis macha* viste, at diæten består af mikroalger, andre encellede organismer og kropsdele fra krebsdyr. Resultaterne viser et potentiale for at benytte alternative diæter såsom konserverede alger, bakterier, kunstige diæter eller opløste næringsstoffer.

Der blev foretaget studier af effekten af diæter med varierende sammensætning af proteiner, kulhydrater og fedt på kvaliteten af æg og larver samt på vækst og overlevelse hos postlarver. Desuden er der foretaget studier af sæsonvariationen i indholdet af lipider og proteiner i kønsvævet.

Session IV. Fælles indsatsområder

Optimering af systemdesigns samt udbygning af biologisk viden om gravende muslinger er overskriften for indsatsområder, der med fordel kan samarbejdes om. Oprettelse af et informationsnetværk på internettet for forskere, der arbejder med opdræt af gravende muslinger, blev forslået.

Overlevelsen af yngel er en vigtig forudsætning for stabile produktioner. Der bør derfor sættes ind på at afklare larvernes næringsbehov og -kilder samt afklare, hvilke fysiske forhold, der resulterer i en høj og stabil overlevelse.

Der bør arbejdes på at udvikle systemer specifikt tilpasset til bestemte livsstadier. Sandsynligvis kan samme design anvendes til forskellige gravende muslinger. Design af systemer bør ske i vekselvirkning med mere indgående forsøg af, hvad der naturligt påvirker vækst og overlevelse hos gravende muslinger. Systemer, der er afprøvet i lille

skala, fungerer ikke nødvendigvis i stor skala. Derfor er det vigtigt at sætte midler af til storskalaforsøg, der kan simulere en egentlig opdrætssituation.

I forbindelse med ongrowingsystemer er det problematisk, at sand er håndteringsmæssigt tungt. Der kan derfor med fordel afsøges for alternative materialer. Markedet eksisterer og har høje krav til leveringer, men kræver en endnu ikke opnået effektiv produktion af yngel. Bundkultur er en forholdsvis billig form for kultur, idet det omfatter et minimum af materialer, men det kræver et stort areal, og der kan opstå problemer med prædation og i forbindelse med høst.

Behovet for viden om næringsbehov er stadig stort. Muligheden for at udnytte alternativer til traditionelt producerede mikroalger bør undersøges. Der kan med fordel udvikles mikroalger, der producerer bestemte fedtstoffer i højere grad end normale stammer. På denne vis kan muslingelarvers krav til bestemte fødeforhold imødekommes.

16.0 Appendix C. Medieomtale

Trykte artikler omhandlende opdræt af amerikansk knivmusling

Dato	Medie	Titel
2003	Børsen	Lys Fremtid for opdræt i Limfjorden
08/06-2003	B.T.	Havets juveler på vej til danske maver
31/07-2003	Fiskeri Tidende	Danske farvande med eksotisk indhold
21/05-2004	Morsø Folkeblad	Fuldt hus på Dansk Skaldyrcenter
22/05-2004	Morsø Folkeblad	Limfjorden – et stærkt brand
29/05-2004	Thisted Dagblad	Videncenter grobund for skaldyr fra Limfjorden
09/06-2004	Nordjyske Stiftstidende	Knivmuslinger er næste ret på menuen
11/06-2004	Morsø Folkeblad	Skaldyrcentret inviterer indenfor – og udenfor
15/06-2004	Morsø Folkeblad	Limfjordens guld skinner med fornyet kraft
01/07-2004	Fiskeri Tidende	Muslinger og østers med flere ben at stå på
10/08-2004	Morsø Folkeblad	Døde og døende knivmuslinger stikker op af bunden
11/09-2004	Morsø Folkeblad	Forsøg med knivmuslinger tegner godt
16/04-2005	Morsø Folkeblad	Lovende forsøg med dyrkede knivmuslinger
2005	ByrumLabflex katalog	

Radio-udsendelser omhandlende opdræt af amerikansk knivmusling

Kanal	Dato	Titel udsendelse
DR, Midt/Vest	06/09-2004	Limfjorden: Lovende forsøg med knivmuslinger
DR, Midt/Vest	08/09-2004	Knivmuslinger på vej i regionale farvande
DR P4, Midt/Vest	05/04- 2005	Knivmuslingeopdræt på Dansk Skaldyrcenter
Radio Limfjorden	05/04- 2005	Knivmuslingeopdræt på Dansk Skaldyrcenter

TV-udsendelser omhandlende opdræt af amerikansk knivmusling

Regional kanal	Dato	Tid	Titel Udseendelse
TV2 Midt/Vest	06-09 2004	Middags- & Aftensudsendelse	Opdræt af knivmuslinger i Limfjorden

Foredrag omhandlende opdræt af amerikansk knivmusling

Dato	Workshop- & møde	Emne
04/02-2005	Møde, Portugal	Opdræt af <i>Ensis americanus</i> – foreløbige resultater
19/04-2005	Workshop, Chile	Yngelproduktion af <i>Ensis americanus</i>
20/04-2005	Workshop, Chile	Ongrowing af <i>Ensis americanus</i>