

**Haemolymfeprotein som indikasjon på muskelmasse for
oppfôrede og villfangede kongekrabber (*Paralithodes camtchaticus*
Tilesius 1815)**



**MASTERGRADSOPPGAVE I FISKERIFAG
STUDIERETNING OPPDRETTSBIOLOGI**

60 studiepoeng

Kristine Kristoffersen

Institutt for Akvatisk Biologi

Norges fiskerihøgskole

Universitetet i Tromsø

Oktober 2007



Forord

Denne mastergradsoppgaven ble utført ved Institutt for Akvatisk Biologi ved Norges Fiskerhøgskole, og markerer slutten på en 5 års lang utdanning. Mastergradsoppgaven har vært en utrolig lærerik prosess, både med tanke på det eksperimentelle og skrivefasen i etterkant.

Til min veileder Jørgen Schou Christiansen; tusen takk for støtte, tålmodighet og gode råd som har gjort denne oppgaven mulig. Tusen takk til biveileder Sten Siikavuopio som tok meg med på dette prosjektet, hjalp meg med det eksperimentelle og som har oppmuntret meg underveis. Tusen takk til Kathrine Arnesen som hjalp meg på laben.

Stor takk til mine venner Birthe, Ingvill, Kathrine og Kjersti for avbrekk i en travel hverdag.

Til slutt stor takk til Øyvind som har støttet meg gjennom hele studietiden og til Henning som er min lille hjerteknuser!

Tromsø, oktober 2007

Kristine Kristoffersen

Sammendrag

Kongekrabben (*Paralithodes camtschaticus*) ble innført til Barentshavet av russiske forskere i 1960-årene for å forbedre kystfiskeriene i området. Kongekrabben har også for Norge blitt en verdifull ressurs som eksporteres ut til hele verden. Ved salg av kongekrabbe, spesielt for levende, er det nødvendig med en metode som kan måle muskelmassen uten at krabben må avlives. Forsøk gjort på andre krepsdyr har vist at haemolymfeprotein er en indikasjon på ernæringsstatus hos individet. Hovedmålet i dette forsøket var derfor å se om haemolymfeprotein kunne benyttes til å gi en indikasjon på muskelmasse hos både oppfødte og villfangede kongekrabber. Muskelmassen ble i dette forsøket målt i fyllingsgrad (prosentvis andel av muskel i tverrsnitt av legg) og relativ muskelvekt (prosentvis andel av muskel i legg i forhold til totalvekt av krabbe). For de oppfødte krabbene ble det i tillegg testet 3 forskjellige typer kongekrabbefôr. Forsøksindivider var for de oppfødte 8 hannkrabber og 14 hunnkrabber. For de villfangede var det 37 hannkrabber, 15 hunnkrabber med rogn og 16 hunnkrabber uten rogn. Proteinkonsentrasjon i haemolymfe ble målt med et refraktometer og testet opp mot fyllingsgrad og relativ muskelvekt.

Villfangede hannkrabber viste signifikant sammenheng mellom proteinkonsentrasjon og fyllingsgrad. Villfangede hunnkrabber med rogn viste sammenheng mellom proteinkonsentrasjon og relativ muskelvekt. Oppfødte hannkrabber viste også signifikant sammenheng mellom proteinkonsentrasjonen og relativ muskelvekt. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i muskelmasse mellom fôrtypene.

For villfangede hannkrabber var fyllingsgraden på legg A (fremste gangbein) større enn legg B (midterste gangbein) og legg C (bakerste gangbein). For villfangede hannkrabber og villfangede hunnkrabber med rogn var relativ muskelvekt for legg B større enn A og C. Villfangede hannkrabber hadde større relativ muskelvekt enn villfangede hunnkrabber, både med og uten rogn.

Resultater i dette forsøket viste at proteinkonsentrasjonen målt med refraktometer ikke var en eksakt metode til å måle fyllingsgrad (gruppegjennomsnitt fra 65-72 %) eller relativ muskelvekt (gruppegjennomsnitt fra 2,13-2,90 %). Metoden krever antageligvis større spredning i datamaterialet, men kan allikevel gi en indikasjon hos noen av forsøksgruppene på fyllingsgrad og relativ muskelvekt.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag	5
1. INNLEDNING	9
1.1 Innføring av kongekrabbe til Barentshavet	9
1.2 Biologisk bakgrunn	10
1.3 Fangst og bestand av kongekrabbe i Barentshavet	12
1.4 Oppføring av kongekrabbe	12
1.5 Måling av fyllingsgrad hos kongekrabbe	13
1.6 Problemstilling	14
2. MATERIALER OG METODER	15
2.1 Forsøk med oppfødde kongekrabber	15
2.1.1 Forsøksdyr	15
2.1.2 Eksperimentelle forutsetninger	15
2.1.3 Forsøksfôr	17
2.1.4 Forsøksprosedyrer	18
2.2 Forsøk med villfangede kongekrabber	19
2.3 Databehandling	20
3. RESULTATER	23
3.1 Forsøk med oppfødde krabber	23
3.1.1 Adferd og dødelighet	23
3.1.2 Fyllingsgrad og relativ muskelvekt mellom fôr 1, 2 og 3	23
3.2 Proteinkonsentrasjon som indikasjon på fyllingsgrad og relativ muskelvekt for oppfødde og villfangede kongekrabber	24
3.3 Deponering av muskel mellom legg A, B og C	30
3.4 Fyllingsgrad og relativ muskelvekt mellom hannkrabber og hunnkrabber	32
3.5 Fyllingsgrad og relativ muskelmasse mellom villfangede og oppfødde krabber	34
4. DISKUSJON	35
4.1 Fôrforsøk, dødelighet og aggressiv adferd hos oppføret kongekrabbe	35
4.2 Proteinverdien i haemolymfe som indikasjon på fyllingsgrad og relativ muskelvekt ...	37
4.3 Deponering av muskel mellom leggene, mellom kjønn og mellom oppfødde og villfangede kongekrabber	39
5. KONKLUSJON	41
6. REFERANSER	43
7. APPENDIKS	47

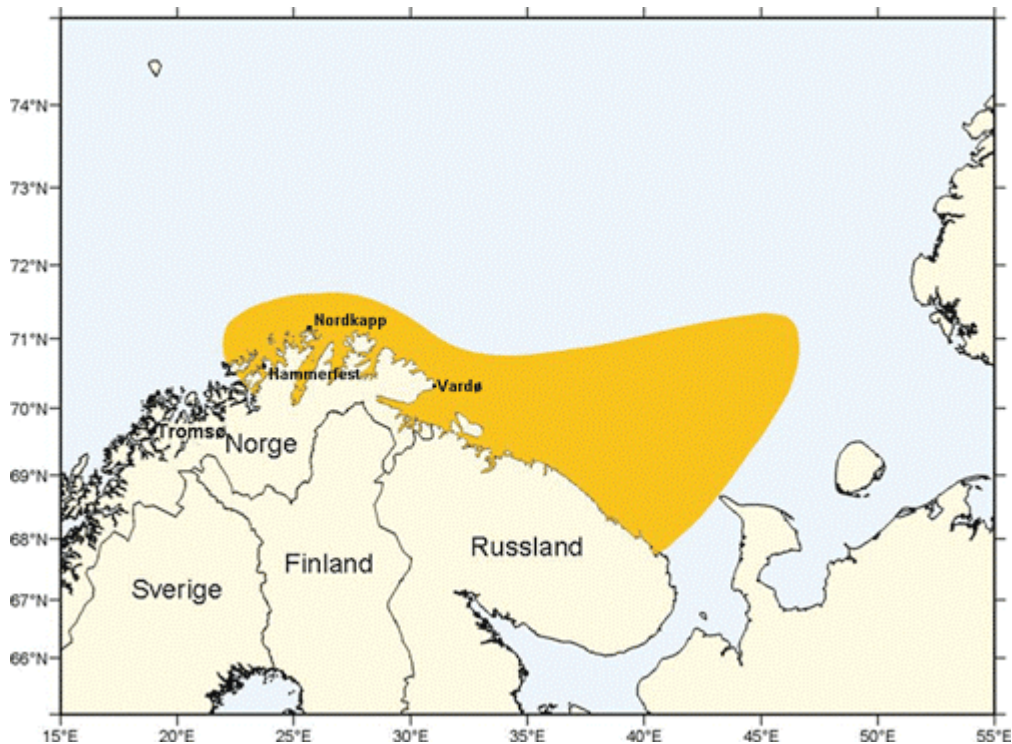
1. INNLEDNING

1.1 Innføring av kongekrabbe til Barentshavet

Kongekrabben (*Paralithodes camtschaticus* Tilesius 1815) har sin naturlige utbredelse fra Korea i det nordlige stillehavet til Alaskagulfen i Beringhavet, men fra 1961 til 1969 ble denne arten innført til Barentshavet (Orlov & Ivanov, 1978). Allerede i 1930 årene ble det gjort forsøk på å innføre kongekrabbe, men dårlig utstyr til transport førte til at forsøket mislyktes (Orlov & Karpevich, 1965). Krabbene som ble innført i 1960 årene ble fanget i Peter den Stores Bukt samt ved den sørvestlige kysten av Kamchatka i Okhotskhavet og satt ut i munningen av Kolafjorden. Transporten foregikk med fly eller tog i containere og det ble satt ut 2 609 store individer der 1 655 var hunnkrabber og 954 var hannkrabber. Disse krabbene var ca 5-15 år. Det ble også satt ut ca 10 000 yngre krabber fra 1-3 år. I tillegg ble det i 1961 innkubert kongekrabbeegg og de klekkede larvene, ca 1,5 millioner, ble satt ut i Barentshavet (Orlov & Ivanov, 1978). Ytterligere 1 200 voksne kongekrabber ble fanget i Okhotskhavet i årene 1977-1978 og sluppet ut i Kolskybukta, nær Murmansk (Kuzmin *et al.*, 1996). Hensikten med å innføre denne arten til Barentshavet var å etablere en fangstbar bestand av den verdifulle krabben og forbedre kystfiskeriene i området (Orlov & Ivanov, 1978).

I 1974 ble den første kongekrabben, en stor eggbærende hunn, tatt i Barentshavet. I 1976 ble det registrert 6 fangede kongekrabber, men sannsynligvis ble det fanget mer enn 100 individer det året (Orlov & Ivanov, 1978). Forekomst av kongekrabbe i våre farvann ble første gang dokumentert i Varangerfjorden i 1977, minst 150 km fra utsettingspunktet (Anon., 1977).

Nåværende utbredelse av kongekrabbe i Barentshavet er fra øya Kolgujev i øst og til Gåsbanken i nord, mens den vestover er kommet til Sørøya i Finnmark. I russisk sone har krabben en betydelig utbredelse til havs mens den i norsk sone holder seg mest langs kysten (figur 1.1) (Dahl *et al.*, 2007).



Figur 1.1 Utbredelse av kongekrabbe i Barentshavet (Kilde: Havforskningsinstituttet)

1.2 Biologisk bakgrunn

Kongekrabben tilhører ordenen *Decapoda*, infraordenen *Anomura* og familie *Lithodidae* og er en av de mest kommersielt viktigste *crustacea* (krepser) artene (Kovatcheva *et al.*, 2006). Kongekrabben er en kaldtvannsort og finnes ved temperaturer på 2-7 °C, men voksne individer kan tåle temperaturer fra -1,6 °C og helt opp til 18 °C (Orlov & Karpevich, 1965). Den foretrekker saltholdighet mellom 32- 35 ‰ (Kovatcheva *et al.*, 2006), og lever på dyp fra 5-400 meter avhengig av årstiden (Michalsen, 2003). Voksne individer finnes oftest på dyp ned til 200-400 meter, men ved skallskiftet og parring trekker krabben mot grunnere vann, opptil 10-50 meter (Dahl *et al.*, 2007). Kongekrabben kan bli over 7 kg (Moen & Svensen, 2003) og nå en ryggskjoldlengde på 23 cm i norske farvann (Dahl *et al.*, 2007). Den blir kjønnsmoden ved skallengde på ca 11 cm, og hunnen går med utrogn hele året før larvene klekkes på våren (Michalsen, 2003). En hunnkrabbe kan ha mellom 25 000 til 500 000 egg avhengig av størrelse, kondisjon og lokasjon (Kovatcheva *et al.*, 2006).

Byttedyr:

Kongekrabben i Barentshavet spiser hovedsakelig mollusker (bløtdyr), echinodermer (pigghuder), polychaetaer (mangebørsteormer) og sipuncula (pølseorm) (Gerasimova, 1997). En undersøkelse fra Varangerfjorden av Rafter *et al.* (1996) viste at byttedyrene i hovedsak var polychaetaer og skjell, deretter var det echinodermer. I tillegg ble det funnet alger og gastropoder (snegler). Fra undersøkelser gjort på vårparten ble det også funnet en del rester av kråkebolle (*Strongylocentrotus droebachiensis*), spesielt hos voksne krabbe.

Vekst:

Kongekrabber har i likehet med andre krepsdyr et hardt ytre skall, og veksten hos disse dyrene skjer derfor rykkvis ved hvert skallskifte (Marukawa, 1933). Før skallskifte dannes det et nytt skall under det gamle. Like før skallskifte øker mengden proteiner og lipider i haeomlymfen, og det osmotiske trykket blir større slik at vann blir tatt opp og kroppen sveller (Passano, 1960). Det gamle skallet sprekker opp på bestemte steder, og krabben presses så baklengs ut av det gamle skallet ved hjelp av sjøvann som strømmer inn mellom det nye og det gamle skallet. Etter skallskiftet er det nye skallet helt mykt, og krabben begynner ikke å ta til seg næring før etter 2-3 dager når skallet er blitt hardere (Marukawa, 1933). Yngre krabber gjennomgår hyppigere skallskifter enn eldre krabber, og hannkrabber vokser raskere enn hunnkrabber. Hunnkrabber reduserer tilveksten etter at de er blitt kjønnsmoden og blir dermed noe mindre enn hannkrabbene (Rafter *et al.*, 1996). Vekst mellom skallskifter er funnet å være 13,7 mm og 15,4 mm for henholdsvis hunn- og hannkrabber med carapaxlengde (ryggskjoldlengde) fra 79-91 mm (Jørstad *et al.*, 2002).

Haemolymfe:

Sirkulasjonen hos krepsdyr beskrives ofte som et åpent system hvor lymfevæsken og interstitialvæsken ikke er atskilt. Denne væsken kalles haemolymfe og inneholder plasma, røde- og hvite blodceller (Maynard, 1960). Hjertet hos decapoda er formet som en sekk eller tube, og består av et kammer med tverrgående muskelfibre. Det er store variasjoner mellom arter på hvor godt utviklet arteriesystemet er, men hos de fleste decapoder er det forholdsvis likt og avansert (Maynard, 1960). Sirkulasjonssystemet består hovedsakelig av en anterioaorta som forsyner øyne og hjerne med haemolymfe, samt anteriolateralaorta som forsyner hoderegionen, mage, muskulatur, antennalkjertel (ekskresjonsorgan) og carapax med haemolymfe. Ventraltoraksarterie går til fremre del av nervestrengen, munndelene og første

tre par gangbein. Posterioraorta går til abdomen, og ventralabdominalarterie går til bakre del av nervestrogen og abdomen samt de to bakerste beinparene (McLaughlin, 1983).

1.3 Fangst og bestand av kongekrabbe i Barentshavet

Kongekrabbefisket i norsk sone ble startet opp i 1994, men da kun som et organisert forskningsfiske. Kommersielt fiske etter kongekrabbe ble innført fra 2002, og total kvote ble da satt til 100 000 hannkrabber fordelt på 127 deltagende fartøy (Michalsen, 2003). Fram til 2007 ble kongekrabben forvaltet som en fellesbestand med Russland, men fra 2007 ble det enighet i Den Blandete Norsk-Russiske Fiskerikommisjon om å forvalte krabben hver for seg i sine respektive fiskerisoner. Den norske kvoten ble satt til 300 000 hannkrabber i 2007 som var en videreføring av kvoten fra 2006. Den russiske kvoten ble satt til 3 180 000 hannkrabber, en økning på 180 000 individer fra 2006. (Anon., 2006). Fangstsesong av kongekrabbe i norsk sone i 2007 er satt fra 10. september 2007 til 31. januar 2008. (Anon., 2007).

I 2006 ble den norske bestanden av kongekrabbe estimert til å være 4,3 millioner individer, som er en økning fra 3,4 millioner i 2005. Bestandsestimatene baserer seg på krabber med skallengde større enn 70 mm, men estimatene er svært usikre og påvirkes av hvor store områder som omfattes i undersøkelsen. Estimaten over fangstbar krabbe (hannkrabber med skallengde over 132 mm) i norsk sone økte fra ca 0,8 millioner individer i 2005 til 1 million individer i 2006, mens den russiske fangstbare krabben ble anslått å være 16,6 millioner individer i 2006 (Dahl *et al.*, 2007).

1.4 Oppfôring av kongekrabbe

Andelen av kjøtt hos kongekrabber måles oftest i fyllingsgrad eller fyllingsindeks og defineres som prosentvis andel av muskel i tverrsnitt av legg. Det eksisterer tre ulike prisklasser for fyllingsgrad hos kongekrabbe: legger mindre enn 40 %, 40-60 % og mer enn 80 % (Sivertsen & Heia, 2003). Markedet betaler høyest pris for krabber med en fyllingsgrad på minimum 80 % (Hjelset & Sundet, 2004). I noen områder i Barentshavet er det rapportert om krabber med lav fyllingsgrad (Kovatcheva *et al.*, 2006) og en betydelig andel av

kongekrabber som fanges i Norge nedklassifiseres på grunn av lite kjøtt i leggene (Dale & Siikavuopio, 2002). Gjennom levende mellomlagring eller oppfôring kan verdien av fangsten økes både gjennom økt vekst og økt muskelfylde av krabber fanget under det regulerte fisket. Mellomlagring eller oppfôring vil også kunne muliggjøre salg av kongekrabber utenom den relativt korte fangstsesongen, samt tilby levende krabber til markedet gjennom hele året (Dale & Siikavuopio, 2002).

1.5 Måling av fyllingsgrad hos kongekrabbe

Ved salg av kongekrabber, spesielt for levende, er det viktig å kjenne til mengden kjøtt (fyllingsgraden) i leggene. Det er derfor nødvendig å utvikle en metode som kan måle denne uten at krabben må avlives. Kjøper og selger vil dermed sikres at krabben har en akseptabel fyllingsgrad, og at prisen er i overensstemmelse med mengden kjøtt. Det har vært undersøkt om nær infrarødt lys, både transmisjon og transfleksjon, kan måle fyllingsgraden, og det viste seg at transfleksjon kunne brukes men at muskeltråder ofte skapte problemer med målingen. Metoden krevde i tillegg ett eller to hull i skallet på krabbeleggen for at målingene kunne utføres (Sivertsen & Heia, 2003). Videre har røntgen vært undersøkt som en egnet metode til å måle fyllingsgraden uten at metoden lyktes (Sten Siikavuopio, Fiskeriforskning, pers. med.). Det er også gjort forsøk på å klemme på beina til levende krabbe, men selv for erfarne folk var det vanskelig å skille mellom krabber med lite og med mye kjøtt (Hjelset & Sundet, 2004). Så vidt forfatteren kjenner til finnes det i dag ingen egnet metode til å måle fyllingsgraden hos levende kongekrabber. Forsøk gjort på andre krepsdyr har derimot vist at proteinkonsentrasjon i haemolymfe er en indikasjon på ernæringsstatus hos individet, der proteininnholdet øker med forbedret ernæringsstatus (Stewart *et al.*, 1967b; Uglow, 1969; Dall, 1974; Musgrove, 2001). Proteinkonsentrasjonen i haemolymfe kan blant annet måles med et refraktometer. Metoden er ikke destruktiv og krever under 1 ml haemolymfe (Paterson *et al.*, 2001). Refraktometeret måler brytningsindeksen i løsningen som er relatert til konsentrasjonen, og konsentrasjonen kan dermed beregnes. Brytningsindeksen til blodserum eller haemolymfe er hovedsakelig avhengig av proteinkonsentrasjonen siden protein er en av hovedbestanddelene i blod. Biuret Essay og Vet-Test (kjemisk blodanalyse) er også metoder som måler proteininnhold i serum, men disse krever både tid og laboratorieanalyser (Ozbay & Riley, 2002).

1.6 Problemstilling

I dette forsøket var hovedmålet å se om proteinkonsentrasjonen i haemolymfe målt med et refraktometer kunne gi indikasjon på muskelmasse hos oppfødte og villfangede kongekrabber. Muskelmassen ble målt i fyllingsgrad (prosentvis andel av muskel i tverrsnitt av legg) og relativ muskevekt (prosentvis andel av muskel i legg i forhold til totalvekt av krabbe). De oppfødte kongekrabbene ble i tillegg gitt tre forskjellige typer fôr utviklet spesielt for kongekrabber for å se om noen av disse ga en større muskelvekst. Pilotstudiet viste en tydelig sammenheng ($p < 0,001$) mellom proteinkonsentrasjonen i haemolymfe og fyllingsgraden. Det ble også undersøkt om det eksisterte forskjeller i deponering av muskel mellom leggene på individnivå. I tillegg ble det undersøkt om det var forskjeller i fyllingsgrad og relativ muskelvekt mellom hann- og hunnkrabber, samt mellom ville og oppfødte krabber.

2. MATERIALER OG METODER

2.1 Forsøk med oppfôrede kongekrabber

2.1.1 Forsøksdyr

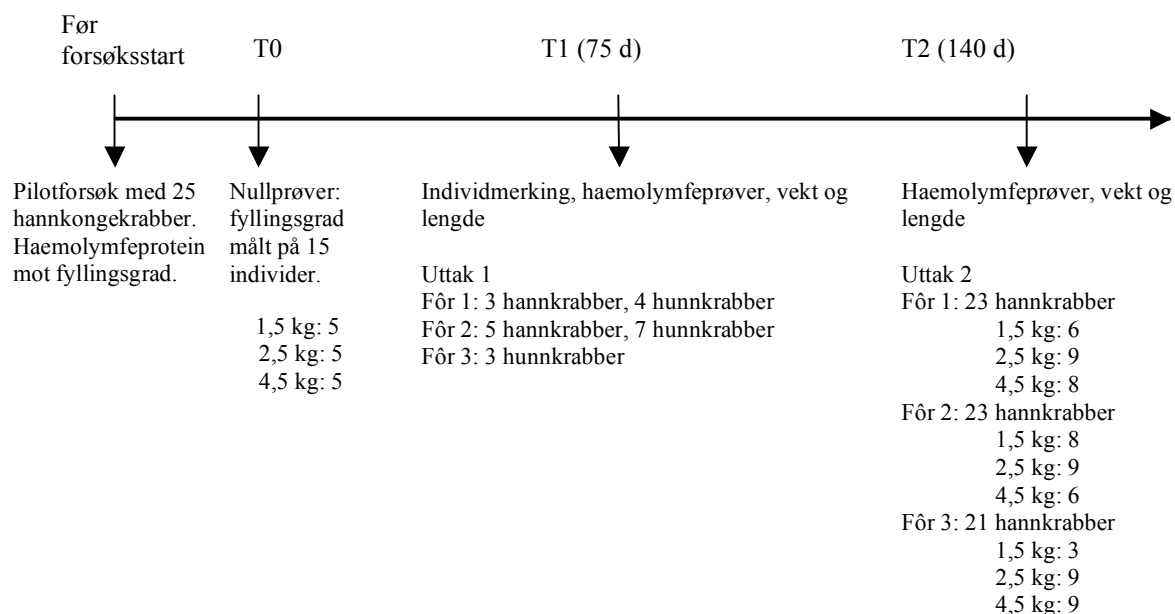
Til sammen ble ca 1200 kongekrabber (*Paralithodes camtschaticus*) fanget med teiner utenfor Vardø 26. desember 2004. Frem til forsøksstart ble krabbene holdt i lengdestrømsrenner på 2,5 x 7 meter og vedlikeholdsfôret på fersk sei. Som forsøksdyr til pilotforsøk ble det tatt ut hannkrabber som hadde skiftet skall og som ikke hadde skiftet skall i varierende størrelser. I hovedforsøket ble det kun benyttet kongekrabber som hadde skiftet skall for å få et mest mulig likt utgangspunkt med tanke på fyllingsgrad. Krabbene som ble tatt ut til hovedforsøket gikk gjennom skallskiftet i løpet av mars 2005.

2.1.2 Eksperimentelle forutsetninger

Forsøksperiodens varighet var 140 dager fra 31. mars til 17. august 2005. Før forsøksstart ble det utført et pilotforsøk med 25 hannkongekrabber for å se på proteinkonsentrasjonen som indikasjon på fyllingsgrad. Ved forsøksstart (T0) ble det tatt nullprøver av 15 krabber, 5 krabber i hver størrelsesgruppe: 1,5 kg, 2,5 kg og 4,5 kg, for å se på fyllingsgraden. Hovedforsøket ble gjennomført med 180 krabber fordelt på de tre størrelsesgruppene med tre replikater for hvert fôr. Krabber som skulle gå i hovedforsøket ble plukket ut og sortert etter størrelser til de respektive karene og fôret med henholdsvis fôr 1, 2 og 3 (figur 2.1). Det ble tatt to uttak gjennom forsøksperioden. Første uttak (T1) ble tatt 75 dager etter forsøksstart, mens andre uttak (T2) ble tatt 140 dager etter forsøksstart. Ved første uttak ble det tatt ut: 3 hannkrabber og 4 hunnkrabber fra fôr 1, 5 hannkrabber og 7 hunnkrabber fra fôr 2 samt 3 hunnkrabber fra fôr 3. Alle disse individene var i størrelsesgruppen 1,5 kg. I andre uttak ble det tatt ut 23 hannkrabber fra fôr 1, 23 hannkrabber fra fôr 2 og 21 hannkrabber fra fôr 3. Disse krabbene var fra alle størrelsesgruppene (figur 2.2).

Karnr.													
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
4,5kg n=5	4,5kg n=5	4,5kg n=5	2,5kg n=5	2,5kg n=5	2,5kg n=5	1,5kg n=10	1,5kg n=10	1,5kg n=10	1,5kg n=10	1,5kg n=10	1,5kg n=10	Tomt	2,5kg n=5
4,5kg n=5	4,5kg n=5	4,5kg n=5	2,5kg n=5	2,5kg n=5	2,5kg n=5	1,5kg n=10	1,5kg n=10	1,5kg n=10	4,5kg n=5	4,5kg n=5	4,5kg n=5	2,5kg n=5	2,5kg n=5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Figur 2.1 Forsøksoppsett ved forsøksstart. Kar 1-9 fikk fôr 1 (grønn), kar 15-19 fikk fôr 2 (blå) og kar 10-14, 24-26 samt 28 fikk fôr 3 (rød).



Figur 2.2 Oversikt over tidspunkt for forsøkene og uttakene.

Forsøkskarene som ble benyttet var av typen Sæplast saltfiskkar på 700 L (bilde 2.1). Tettheten i karene var 14 kg krabbe per m² for størrelsesgruppen 1,5 kg, 11 kg krabbe per m² for størrelsesgruppen 2,5 kg og 21 kg krabbe per m² for størrelsesgruppen 4,5 kg. Vannmengden ble satt til 1 liter per kg krabbe per minutt for å opprettholde et oksygennivå som ikke var begrensende for veksten (Sten Siikavuopio pers.med.). Det ble benyttet ubehandlet sjøvann (33 ‰), temperaturen ble registrert ukentlig (appendiks, figur A) og

lysregime ble satt til 8L:16D. Krabbene ble fôret i overskudd gjennom hele forsøksperioden. Utgangspunktet for fôring ble tatt fra tidligere studier hvor overskudd var ca 0,4 % fôr per kg individ per dag (Sten Siikavuopio pers.med.). Dødeligheten ble registrert gjennom hele forsøksperioden, og observasjon av eventuell aggressiv adferd ble registrert visuelt ved røkting. For dokumentering av eventuell aggressiv adferd ble ytre skader på individnivå registrert før og etter forsøket. Forsøket ble utført hos Contrace A/S på Svartnes i Vardø kommune, Finnmark.



Bilde 2.1 Forsøksoppsett.

2.1.3 Forsøksfôr

I forsøket ble det brukt 3 forskjellige tørrfôr utviklet spesielt for kongekrabber av Fiskeriforskning i samarbeid med Contrace A/S. Fôrene hadde identisk energiinnhold på ca 18,5 MJ/kg, men ulik sammensetning av karbohydrater og ulik proteinkilde (appendiks, figur B). I fôr 1 og 2 var fiskemel den viktigste proteinkilden, mens i fôr 3 var 50 % av fiskemelet erstattet med vegetabilsk protein. Forsøksfôrene ble produsert ved Fiskeriforskning i Bergen med et ekstruderingsanlegg som bestod av en preconditioner med dobbel akse (DDC), og en ko-roterende dobbelt skrue ekstruder (Wenger TX-52). Fôrblandingen ble tilført preconditioner ved bruk av en binfeeder med skrue, og tørket i en batchtørke av typen Klökner. Pelleten som ble dannet var flat og vridd (18 x 40 mm) slik at krabbene lett fikk tak i den (bilde 2.2 og 2.3).



Bilde 2.2 Krabbe som spiser.



Bilde 2.3 Fôrpellet til kongekrabbe.

2.1.4 Forsøksprosedyrer

Haemolymfeprøver, vekt og lengde:

Haemolymfeprøver ble utført ved at 0,3 ml haemolymfe ble tatt ut bak på dyret (abdomen) ved bruk av 1 ml sprøyter. Noen dråper haemolymfe ble dryppet på glassprismet til refraktometeret (serum protein refractometer SPR-NE (Cat.No. 2732)) og totalprotein g/dl ble lest direkte av instrumentet. Pilotforsøket viste ingen forskjell i proteinkonsentrasjon ettersom hvor prøven ble tatt på dyret. Krabbene ble veid og carapaxlengde og -bredde ble målt. Vekten ble målt med ett grams nøyaktighet, og lengde og bredde målt med skyvelær med en millimeters nøyaktighet. Haemolymfeprøver ble ikke tatt for nullprøven (T0).

Kokeprosessen:

Krabbene ble kokt i 3 % saltvann i 20 min, deretter avkjølt i isvann. Krabbene ble pakket i plast og lagt i esker (3 - 6 krabber i hver eske avhengig av størrelse) og deretter lagt på fryser (-18 °C).

Fyllingsgrad og relativ muskelvekt:

Forsøkskrabbene ble fraktet til Fiskeriforskning i Tromsø og satt på fryser (-30 °C). Esker med krabber ble tatt ut av fryseren dagen før de skulle måles og satt til tining. Krabbene ble veid og leggene fra knuseklosiden (høyre side) ble skjært av ved første ledd (bilde 2.4). I denne oppgaven betegnes fremste gangbein som legg A, midterste som legg B og bakerste som legg C. Hver legg ble kappet i to mellom første og andre ledd. Fyllingsgraden ble beregnet ved at det ytre tverrsnittet av leggen og det ytre tverrsnittet av muskelen ble målt ved

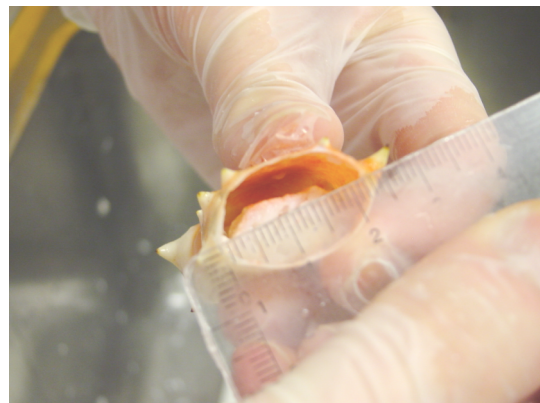
bruk av skyvelær (bilde 2.5). Deretter ble prosentandelen av kjøtt regnet ut på bakgrunn av disse tallene for hver legg (formel I). Hver og en legg ble klippet opp og muskelen tatt ut og veid. Dette ga grunnlag for beregning av relativ muskelvekt (formel II). Kjøttet ble deretter satt i poser, merket og fryst (- 40 °C). Relativ muskelvekt ble kun målt for krabber fra hovedforsøket.

Formel I *Prosentvis fyllingsgrad:*
$$\text{muskeldiameter (mm)} / \text{beinskalldiameter(mm)} \times 100$$

Formel II *Prosentvis relativ muskelvekt av totalvekt:*
$$\text{muskelvekt i legg (g)} / \text{totalvekt av krabbe (g)} \times 100$$



Figur 2.4 Avskjæring av leggene fra høyre siden av krabben.



Bilde 2.5 Illustrasjon for måling av skall- og muskeldiameter.

2.2 Forsøk med villfangede kongekrabber

Fra 18. april til 28. april 2006 ble det gjennomført et tokt med F/F Johan Ruud ved Finnmarkskysten. Kongekrabber ble fanget med Agassiz trål 25. og 26. april ved Slettnes fyr i Gamvik kommune i Finnmark (bilde 2.6). Til sammen ble det fanget 82 krabber hvorav 45 var hannkrabber og 37 var hunnkrabber. Det ble registrert om hunnkrabbene hadde rogn, og det skilles derfor mellom rogn og ikke rogn for villfangede hunnkrabber i resultatene. Haemolymfeprøver ble tatt fortløpende ettersom krabbene ble fanget og utført på samme måte som beskrevet tidligere i 2.1.4 (bilde 2.7). "Clusteret" (legg A, B og C henger sammen i

skulderpartiet) fra høyresiden av krabben ble tatt ut og kokt 20 minutter i rekekoker på båten, deretter avkjølt og fryst. Ved ankomst til Tromsø ble prøvene fraktet til fiskeriforskning i Tromsø og satt på fryser (-30 °C). Fra 6. til 12. juni ble prøvene opparbeidet på samme måte som beskrevet i 2.1.4.



Bilde 2.6 Agassiz trål.



Bilde 2.7 Haemolymfeprøver.

2.3 Databehandling

Datamaterialet ble lagt inn, behandlet og figurene laget i Microsoft[®] Excel 2001. Statistiske beregninger ble gjort i Microsoft[®] Excel 2001 og i SYSTAT[®] 9.0 og 11.0.

Fyllingsgrad og relativ muskelvekt for krabber på fôr 1, 2 og 3 ble testet mot hverandre for hver legg separat. Det ble benyttet en Kruskal-Wallis en-veis variansanalyse med Mann-Whitney undertest. Proteinkonsentrasjonen i haemolymfe som en indikasjon på fyllingsgrad og relativ muskelvekt samt sammenheng mellom fyllingsgrad og relativ muskelvekt ble testet med lineær regresjon (minste kvadraters metode). Deponering av muskel i leggene A, B og C, sammenligning av fyllingsgrad og relativ muskelvekt mellom hann og hunnkrabber og mellom ville og oppfødte krabber ble testet med Kruskal-Wallis en-veis variansanalyse med Mann-Whitney undertest.

Signifikansnivå på 5 % ble valgt for resultatene. En P-verdi $> 0,05$ ga dermed ingen signifikante forskjeller mellom de observerte verdiene. Histogrammene er presentert med \pm standardavviket (S.D.).

3. RESULTATER

3.1 Forsøk med oppfôrede krabber

3.1.1 Adferd og dødelighet

Det ble ikke observert aggressiv adferd med bruk av knuse- og gripeklo i forbindelse med fôring og røkting av krabbene (Veronika Paulsen, Contrace A/S, pers. medd.). Ved veiing og måling ble en del krabber aggressive og/eller stresset, som resulterte i bruk av knuse- og gripeklo på hverandre. Andelen av krabbe som hadde blitt påført skade mellom forsøksstart og forsøksslutt (T2) var for fôrgruppe 1, 2 og 3 på henholdsvis 10 %, 12 % og 8 %. Ved gjennomgang av skadetype utgjorde mangel av tupp på gangbein ca 90 % av skadene.

Ved T1 var det 22 døde krabber av usikker årsak. Mellom T1 og T2 oppstod det teknisk svikt (vannstopp) i anlegget, og alle krabbene i kar 2, 9 (de som var igjen etter T1), 16 og 22 døde. Mellom tidspunkt T1 og T2 var det i tillegg 8 døde individer fra andre kar. I tillegg til teknisk svikt i perioden mellom T1 og T2 ble det konstatert gassovermetning av både nitrogen og oksygen i anlegget. Målingene ble utført av firmaet OppdrettsTeknologi av Steinar Skybakmoen. Skybakmoen konkluderte med at det var gassovermetning i råvannet og at forholdene ble forverret i anlegget på grunn av innblanding av luft i pumpeledningen og i nivåbassenget (Skybakmoen, 2005). Det ble også observert gassbobler i gjellene hos krabben, noe som kan relateres til gassovermetningen (Hans Nordgård, Contrace A/S, pers medd.). Dødeligheten ved T1 i dette forsøket var 12 %, 7 % og 18 % for henholdsvis fôr 1,2 og 3. Dødeligheten ved forsøksslutt (T2) var 48 %, 45 % og 30 % for henholdsvis fôr 1, 2 og 3.

3.1.2 Fyllingsgrad og relativ muskelvekt mellom fôr 1, 2 og 3

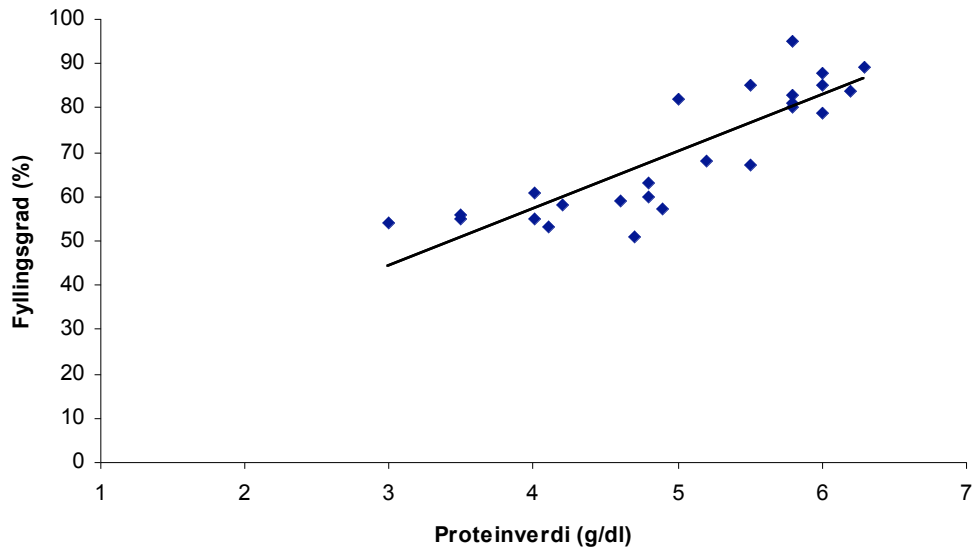
Det ble testet 3 forskjellige typer fôr som hadde et varierende innhold av fett, protein og karbohydrater samt forskjellig proteinkilde. På grunn av problemene med gassovermetning og mye dødelighet i anlegget over sommeren 2005 ble data registrert 140 dager etter forsøksstart (T2) tatt bort ved videre analyser. Til test av fôrene ble det derfor kun benyttet krabber fra 75 dager etter forsøksstart (T1). Utgangspunktet for forsøksdyrene var hannkrabber, men under

sorteringen av krabber som skulle gå i fôringsforsøket var det kommet med noen hunnkrabber i den minste størrelsesgruppen. Det ble derfor valgt å skille mellom kjønn i resultatene. Fôr 3 størrelse 1,5 kg hadde hatt høy dødelighet (18 individer) og det ble kun tatt ut hunnkrabber fra dette fôret (n=3). Det ble ikke registrert hvilke hunnkrabber som hadde rogn. I dataanalyser med oppfôrede hunnkrabber inkluderer det derfor krabber både med og uten rogn. Nullprøven for oppfôringskrabbene viste at fyllingsgraden var på et lavt nivå og gjennomsnittet var henholdsvis 57,0 % ± 2,8; 55,7 % ± 1,5 og 54,2 % ± 2,6 for størrelsesgruppene 1,5 kg, 2,5 kg og 4,5 kg. Fyllingsgraden ved T1 var i gjennomsnitt 66,2 % ± 9,4 for hannkrabbene, mens for hunnkrabbene var den 64,9 % ± 6,9.

En Kruskal-Wallis en-veis variansanalyse med Mann-Whitney undertest viste at det ikke var signifikante forskjeller i fyllingsgrad eller relativ muskelvekt mellom noen av fôrene ved T1. Dette gjaldt både for hannkrabber (fôr 1 n=3, fôr 2 n=5) og hunnkrabber (fôr 1 n=4, fôr 2 n=7, fôr 3 n=3). På grunnlag av dette ble de forskjellige fôrgruppene slått sammen ved videre analyser.

3.2 Proteinkonsentrasjon som indikasjon på fyllingsgrad og relativ muskelvekt for oppfôrede og villfangede kongekrabber

Pilotforsøket ble utført med 25 hannkongekrabber. Det ble tatt ut krabber som en antok hadde varierende fyllingsgrad for å få en best mulig spredning av datamaterialet. En regresjonsanalyse viste at det var god korrelasjon mellom proteinkonsentrasjon i haemolymfe og fyllingsgraden hos disse krabbene, $p < 0,001$. Regresjonen var $y = 12,802x + 5,910$ og $R^2 = 0,74$ (figur 3.1).



Figur 3.1 Pilotforsøk (n=25).

Gjennomsnittsverdier \pm standardavvik for vekt, lengde og proteinkonsentrasjonen hos forsøksgruppene er satt i tabell 3.1; oppfôret hann- og hunnkrabber, villfanget hannkrabber samt villfanget hunnkrabber med rogn og uten rogn.

Tabell 3.1 Gjennomsnittsverdier (\pm S.D.) for alle forsøksgruppene.

	Oppfôret		Villfanget		
	♂=8	♀=14	♂=37	♀ m/rogn =15	♀ u/rogn =16
Vekt (g)	1475,0 \pm 406,2	1021,4 \pm 112,2	2548,4 \pm 746,9	1312,7 \pm 161,7	868,8 \pm 255,1
Ca. le (mm)	123,3 \pm 8,5	111,9 \pm 3,9	154,6 \pm 14,6	138,0 \pm 9,2	116,9 \pm 13,3
Prot. (g/dl)	3,01 \pm 0,43	2,84 \pm 0,62	3,95 \pm 0,55	3,99 \pm 0,91	3,56 \pm 0,48
FG (%)	66,2 \pm 9,4	64,9 \pm 6,9	72,4 \pm 7,1	70,1 \pm 7,1	69,4 \pm 8,0
RMV (%)	2,6 \pm 0,8	2,3 \pm 0,4	2,9 \pm 0,5	2,1 \pm 0,3	2,1 \pm 0,4

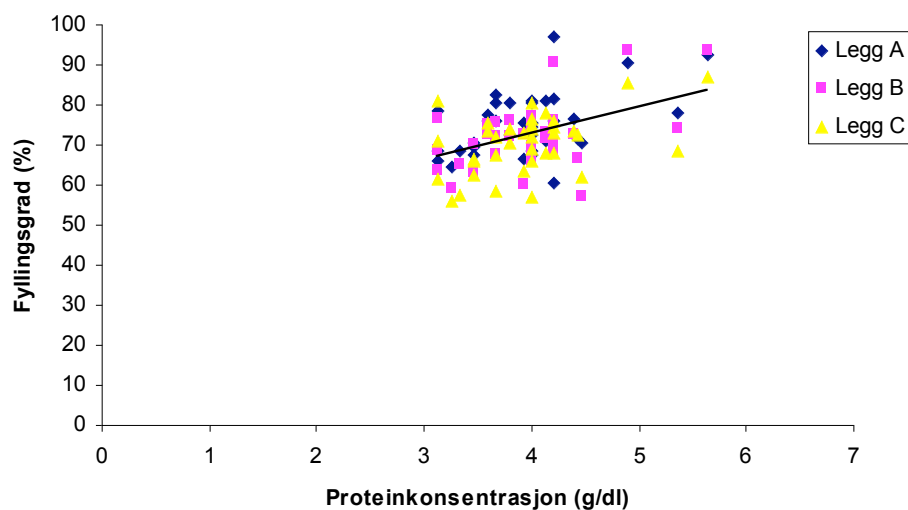
Ca.le = carapaxlengde, Prot. = proteinkonsentrasjon i haemolymfe, FG = fyllingsgrad, RMV = relativ muskelvekt. FG og RMV er gjennomsnittsverdier for legg A, B og C.

Regresjonsanalyser mellom totalvekt av krabbe og fyllingsgrad samt mellom totalvekt av krabbe og proteinkonsentrasjon viste at det ikke var noen størrelseseffekt verken hos oppfôrede eller villfangede krabber. Derimot økte muskelvekten i legg med økende vekt av krabbe. For å korrigere for denne størrelseseffekten ble det brukt relativ muskelvekt i

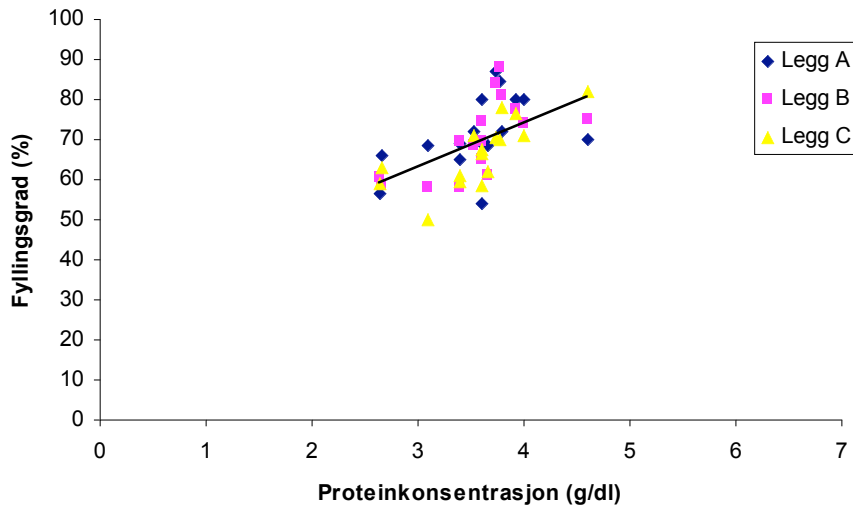
dataanalyser. Relativ muskelvekt ble beregnet som vekt av hver legg som prosentandel av totalvekt.

Hovedmålet i forsøket var å teste om proteinkonsentrasjon i haemolymfe hos kongekrabber ga noen indikasjon på fyllingsgraden og/eller relativ muskelvekt. I tillegg ble det testet om fyllingsgraden var i samsvar med den relative muskelvekten. Figurene er presentert med en felles regresjonslinje for leggene som var signifikante, og det er kun tatt med figurer hvor data var signifikante.

Ville hannkrabber (n=37) var den eneste gruppen som viste en positiv signifikant sammenheng mellom proteinkonsentrasjon og fyllingsgrad for legg A (p=0,003), legg B (p=0,002) og legg C (p=0,006) (figur 3.2). Felles regresjon for alle leggene samlet var $y = 6,720x + 45,79$ og $R^2 = 0,21$. Ville hunnkrabber uten rogn (n=16) viste signifikant sammenheng kun for legg B (p=0,008) og legg C (p=0,001), der regresjon for legg B og C var $y = 10,981x + 29,840$ og $R^2 = 0,34$ (figur 3.3).

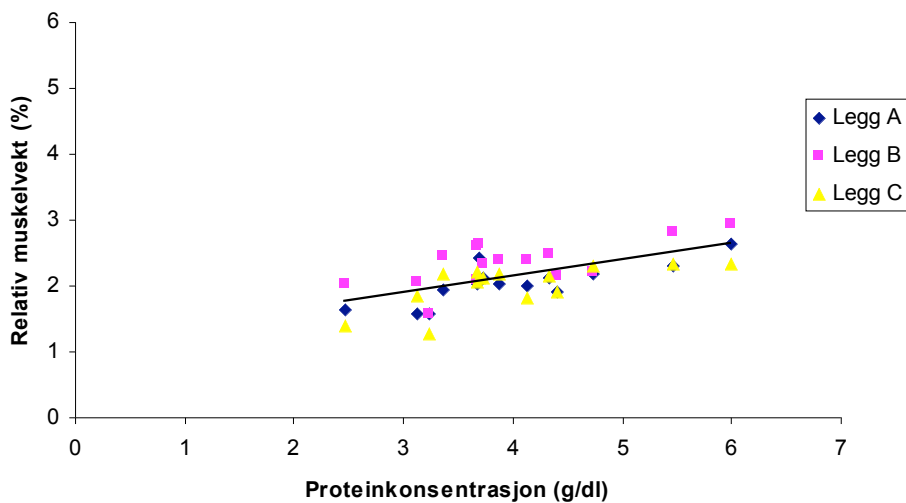


Figur 3.2 Villfangede hannkrabber: proteinkonsentrasjon mot fyllingsgrad.

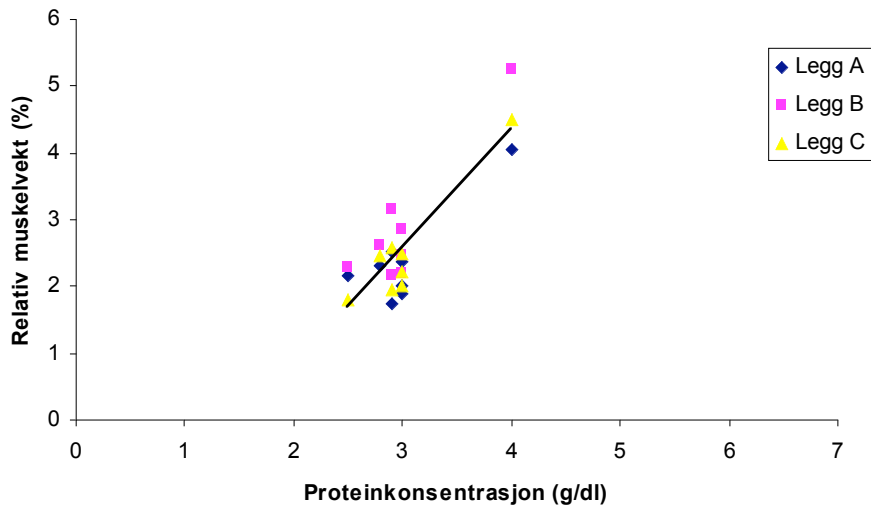


Figur 3.3 Villfangede hunnkrabber uten rogn: proteinkonsentrasjonen mot fyllingsgrad. Regresjonslinjen gjelder for legg B og C.

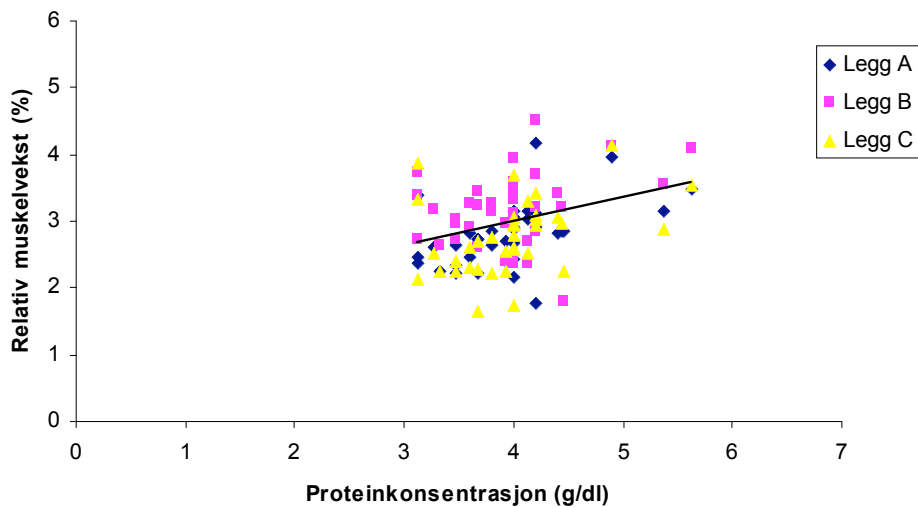
Signifikant sammenheng mellom proteinkonsentrasjon og relativ muskelvekt ble funnet hos villfangede hunnkrabber med rogn (n=15) for legg A (p=0,001), B (p=0,007) og C (p=0,006), der regresjonen var $y = 0,249x + 1,136$ og $R^2 = 0,40$ (figur 3.4). Signifikant sammenheng mellom proteinkonsentrasjon og relativ muskelvekt ble også funnet hos oppfødte hannkrabber (n=8) for legg A (p=0,008), B (p=0,003) og C (p=0,001), der regresjonen var $y = 1,788x + 2,801$ og $R^2 = 0,74$ (figur 3.5). Vilde hannkrabber viste signifikant sammenheng mellom proteinkonsentrasjon og relativ muskelvekt for legg A (p=0,002) og C (p=0,020) der regresjonen var $y = 0,360x + 1,550$ og $R^2 = 0,13$ (figur 3.6).



Figur 3.4 Villfangede hunnkrabber med rogn: proteinkonsentrasjon mot relativ muskelvekt.



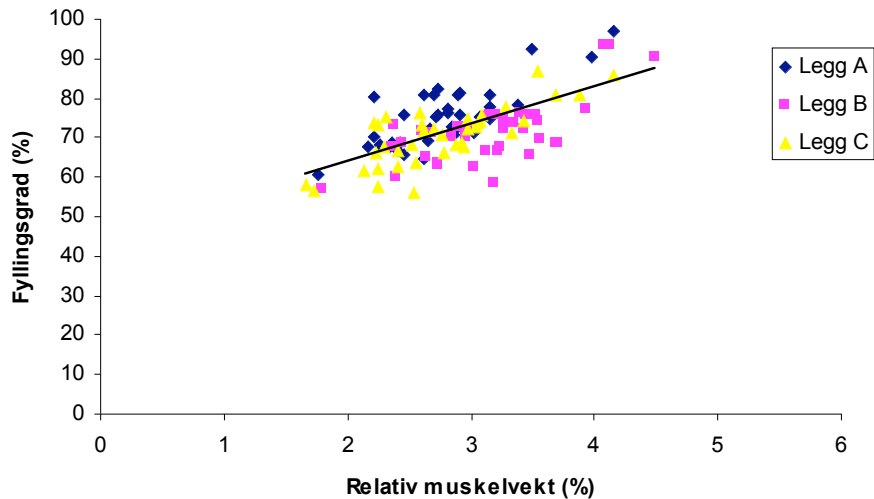
Figur 3.5 Oppfôrede hannkrabber: proteinkonsentrasjon mot relativ muskelvekt.



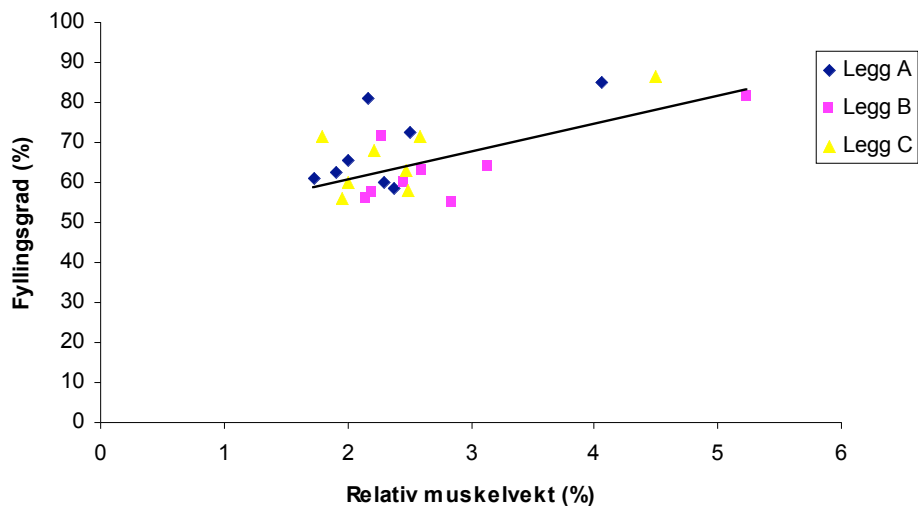
Figur 3.6 Villfangede hannkrabber: proteinkonsentrasjon mot relativ muskelvekt.

Regresjonslinje gjelder for legg A og C.

Korrelasjonen mellom relativ muskelvekt og fyllingsgrad for alle tre legger var kun signifikant hos villfangede hannkrabber ($n=37$) der $p < 0,001$ for alle leggene. Regresjonen for alle leggene var $y = 9,456 + 44,931x$ og $R^2 = 0,44$ (figur 3.7). Oppfôrede hannkrabber hadde signifikant sammenheng for legg B ($p=0,027$) og C ($p=0,024$) der regresjonen var $y = 6,988x + 46,400$ og $R^2 = 0,49$ (figur 3.8).



Figur 3.7 Villfangede hannkrabber: fyllingsgrad mot relativ muskelvekt.



Figur 3.8 Oppfôrede hannkrabber: fyllingsgrad mot relativ muskelvekt.
Regresjonslinje gjelder for legg B og C.

Oppfôrede hunnkrabber (n=14) hadde ikke signifikant sammenheng verken mellom proteinkonsentrasjon og fyllingsgrad, proteinkonsentrasjon og relativ muskelvekt eller mellom relativ muskelvekt og fyllingsgrad.

Oversikt over signifikante og ikke signifikante resultater av regresjonsanalysene er oppsummert i tabell 3.2. Tabell 3.3 oppsummerer regresjonsligninger og R^2 for signifikante resultater. Regresjonsanalyser for signifikante legger samlet ga $p < 0,001$ for alle gruppene.

Tabell 3.2 Skjematisk oversikt over signifikante og ikke signifikante resultater i regresjonsanalysene.

	Oppfôret						Villfanget								
	♂=8			♀=14			♂=37			♀ m/rogn =15			♀ u/rogn =16		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
FG vs. P	-	-	-	-	-	-	**	**	**	-	-	-	-	**	**
RMV vs. P	**	**	***	-	-	-	**	-	*	***	**	**	-	-	-
RMV vs. FG	-	*	*	-	-	-	***	***	***	-	-	**	-	-	-

*=p<0,05, **=p<0,01 og ***p<0,001

FG= fyllingsgrad, RMV= relativ muskelvekt, P= proteinkonsentrasjon i haemolymfe. A= fremste gangbein, B= midterste gangbein, C= bakerste gangbein

Tabell 3.3 Oversikt over regresjonsligninger og R² for signifikante data.

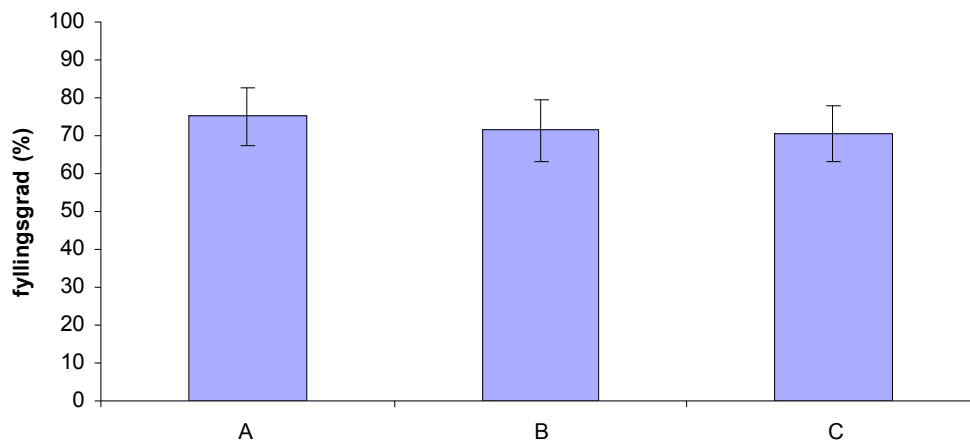
	Skjæringspunkt	Helning	R ²	Gjelder for legg
FG vs. P				
Ville hann	6,720	4,790	0,21	A, B, C
Ville hunn u/rogn	10,981	29,840	0,34	B, C
RMV vs. P				
Ville hann	0,360	1,550	0,13	A, C
Ville hunn m/rogn	0,249	1,136	0,40	A, B, C
Oppfôret hann	1,788	2,801	0,74	A, B, C
FG vs. RMV				
Ville hann	9,456	44,931	0,44	A, B, C
Oppfôret hann	6,988	46,400	0,49	B, C

3.3 Deponering av muskel mellom legg A, B og C

Det ble også testet om en av leggene viste seg å være større enn de andre med hensyn på fyllingsgrad og relativ muskelvekt. Gjennomsnittlig fyllingsgrad og relativ muskelvekt for krabber av alle størrelser ble brukt siden det ikke ble påvist noen størrelsesforskjell mellom individer. Kun signifikante data er tatt med.

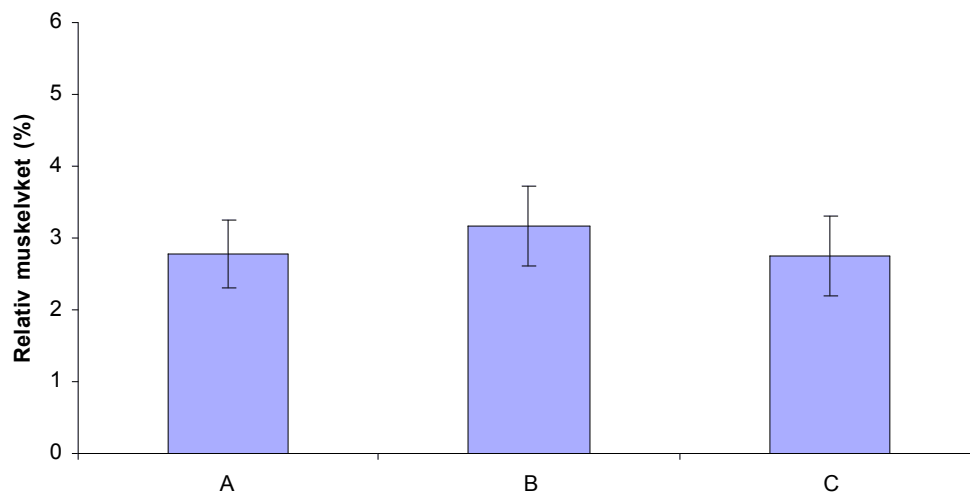
En Kruskal-Wallis en-veis variansanalyse med Mann-Whitney undertest viste at det for oppfôrede hannkrabber (n=8) og oppfôrede hunnkrabber (n=14) ikke eksisterte signifikante forskjeller mellom legg A, B og C verken på fyllingsgrad eller på relativ muskelvekt. Villfangede hannkrabber (n=37) hadde signifikante forskjeller på fyllingsgrad hvor legg A var

større enn legg B ($p=0,017$) og legg C ($p=0,015$). Legg A hadde en fyllingsgrad på $75,21\% \pm 7,06$, legg B hadde $71,44\% \pm 8,12$ mens legg C hadde $70,45\% \pm 7,48$ (figur 3.9).



Figur 3.9 Villfangede hannkrabber: gjennomsnittlig fyllingsgrad (\pm S.D.) av legg A, B og C.

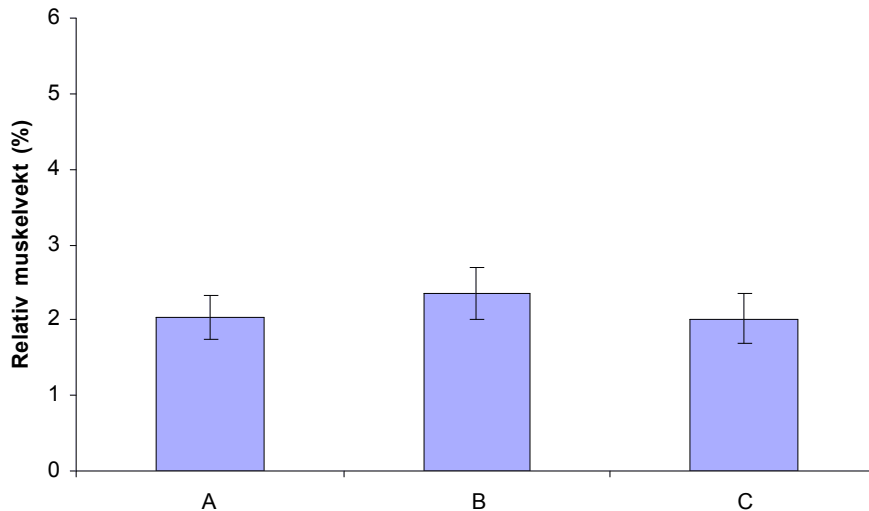
Villfangede hannkrabber ($n=37$) hadde også signifikante forskjeller på relativ muskelvekt hvor legg B var større enn A ($p=0,001$) og C ($p=0,002$). Legg B hadde relativ muskelvekt på $3,16\% \pm 0,48$, legg A hadde $2,79\% \pm 0,56$ og legg C hadde $2,76\% \pm 0,56$ (figur 3.10).



Figur 3.10 Villfangede hannkrabber: gjennomsnittlig relativ muskelvekt (\pm S.D.) av legg A, B og C.

Villfangede hunnkrabber hadde ikke signifikante forskjeller mellom leggene på fyllingsgrad. Dette gjaldt både for krabber uten rogn ($n=16$) og for krabber med rogn ($n=15$). For villfangede hunnkrabber uten rogn ble det heller ikke funnet signifikante forskjeller på relativ

muskelvekt. For relativ muskelvekt hos villfangede hunnkrabber med rogn var legg B signifikant større enn legg A ($p=0,011$) og C ($p=0,017$). Legg B hadde relativ muskelvekt på $2,34 \% \pm 0,34$, mens legg A hadde $2,04 \% \pm 0,30$ og legg C hadde $2,02 \% \pm 0,33$ (figur 3.11).

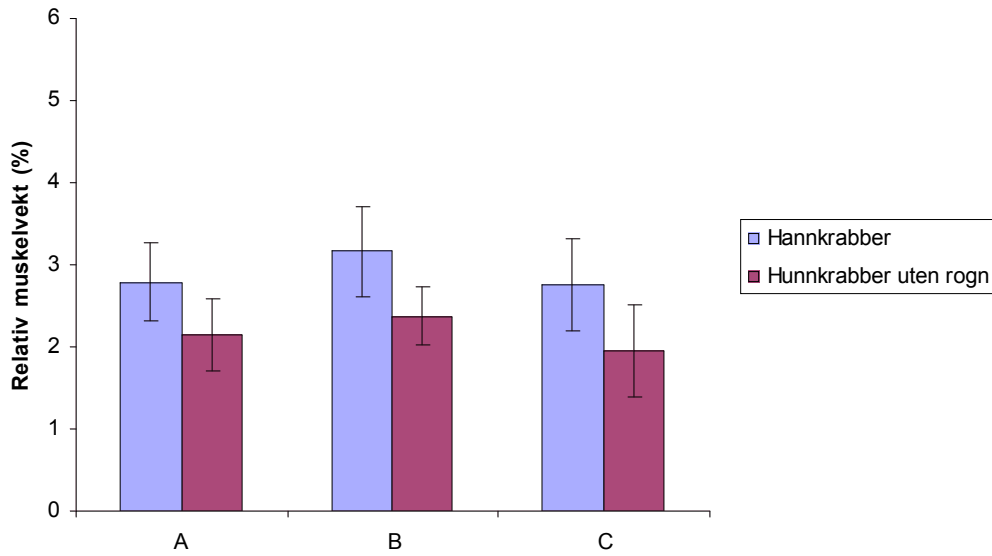


Figur 3.11 Villfangede hunnkrabber med rogn: gjennomsnittlig relativ muskelvekt (\pm S.D.) av legg A, B og C.

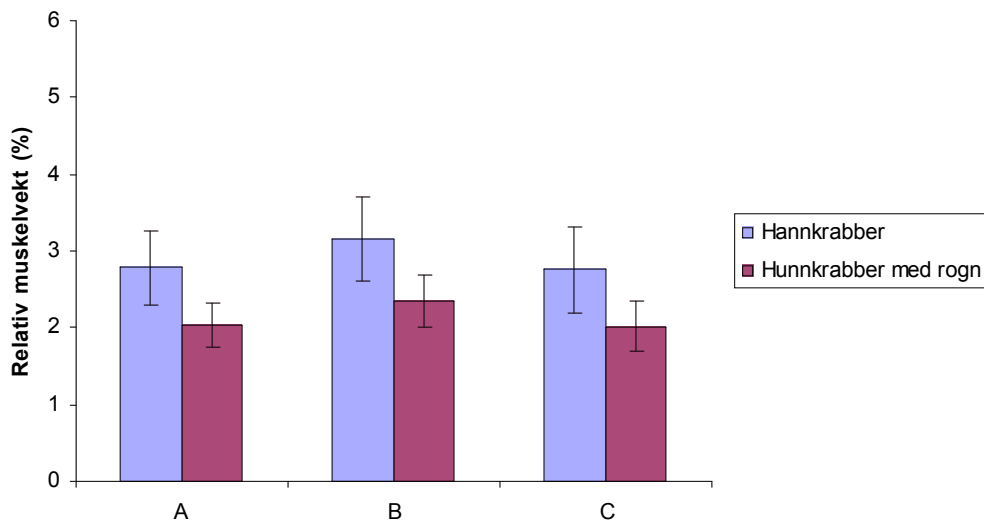
3.4 Fyllingsgrad og relativ muskelvekt mellom hannkrabber og hunnkrabber

Villfangede:

For hannkrabber ($n=37$) og hunnkrabber uten rogn ($n=16$) og for hannkrabber og hunnkrabber med rogn ($n=15$) var det ingen signifikante forskjeller i fyllingsgrad. Når det gjaldt relativ muskelvekt var det signifikante forskjeller mellom hannkrabber og hunnkrabber uten rogn der $p<0,001$ for alle leggene (figur 3.12). For hannkrabber og hunnkrabber uten rogn var relativ muskelvekt for legg A henholdsvis $2,79 \% \pm 0,48$ og $2,14 \% \pm 0,44$, for legg B henholdsvis $3,16 \% \pm 0,56$ og $2,38 \% \pm 0,35$ for legg C henholdsvis $2,76 \% \pm 0,56$ og $1,95 \% \pm 0,56$. For hannkrabber og hunnkrabber med rogn var det også signifikante forskjeller der $p<0,001$ for alle leggene (figur 3.13). Hunnkrabbene med rogn hadde relativ muskelvekt på $2,04 \% \pm 0,30$ for legg A, $2,34 \% \pm 0,34$ for legg B og $2,02 \% \pm 0,33$ for legg C. Hannkrabbene viste en høyere relativ muskelvekt enn hunnkrabbene.



Figur 3.12 Villfangede hannkrabber og villfangede hunnkrabber uten rogn: gjennomsnittlig relativ muskelvekt (\pm S.D.) av legg A, B og C.



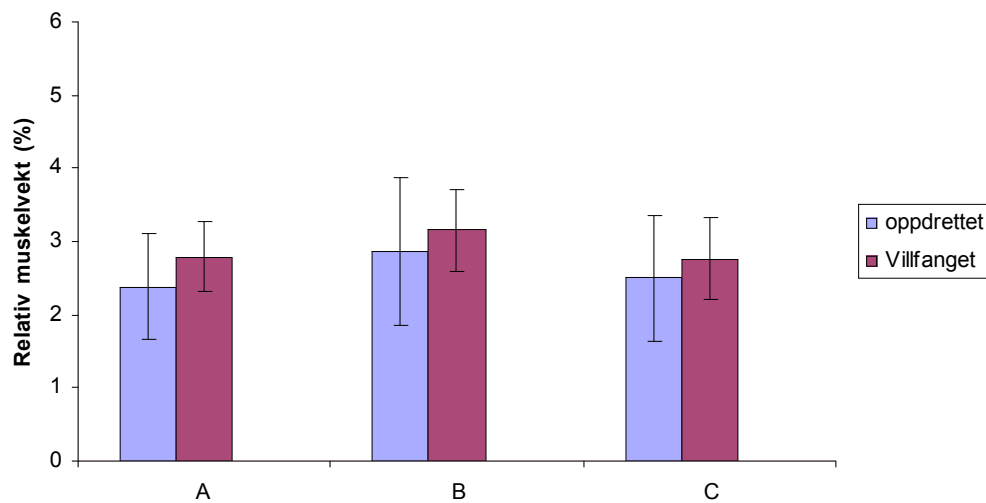
Figur 3.13 villfangede hannkrabber og villfangede hunnkrabber med rogn: gjennomsnittlig relativ muskelvekt (\pm S.D.) av legg A, B og C.

Oppfôrede:

Det var ingen signifikante forskjeller i fyllingsgrad eller i relativ muskelvekt mellom hannkrabber (n=8) og hunnkrabber (n=14) i oppfôring.

3.5 Fyllingsgrad og relativ muskelmasse mellom villfangede og oppfôrede krabber

En Kruskal-Wallis en-veis variansanalyse med Mann-Whitney undertest viste at forskjell i fyllingsgrad mellom villfangede hannkrabber og oppfôrede hannkrabber var signifikant kun for legg B ($p=0,015$), hvor villfangede hadde størst fyllingsgrad. Det samme gjaldt for oppfôrede hunnkrabber og villfangede hunnkrabber med rogn ($p=0,002$), og mellom oppfôrede hunnkrabber og villfangede hunnkrabber uten rogn ($p=0,025$). Når det gjaldt relativ muskelvekt hadde villfangede hannkrabber legg A ($p=0,012$) og legg B ($p=0,033$) større enn de oppfôrede hannkrabbene. Legg A for de ville hannkrabbene hadde relativ muskelvekt på $2,79 \% \pm 0,56$ mens legg A hos de oppfôrede hannkrabbene hadde $2,38 \% \pm 0,73$. Legg B hos ville hannkrabber var $3,16 \% \pm 0,48$ og for oppfôrede hannkrabber $2,87 \% \pm 1,02$ (figur 3.14). Relativ muskelvekt mellom hunnkrabber i oppfôring og ville hunnkrabber viste ingen signifikante forskjeller.



Figur 3.14 oppfôrede og villfangede hannkrabber: gjennomsnittlig relativ muskelvekt (\pm S.D.) av legg A, B og C.

4. DISKUSJON

Kongekrabben har et velsmakende kjøtt og er et ettertraktet produkt med høy pris på verdensmarkedet. Kongekrabbe fanget i våre farvann har hatt en tendens til lav fyllingsgrad som fører til redusert pris for krabben (Hjelset & Sundet, 2004). Et forsøk utført av Fiskeriforskning i Tromsø viste at en kunne øke fyllingsgraden hos krabber tatt under det regulerte fisket i løpet av få ukers oppfôring. Tiden det tok var avhengig av hvor mye muskel krabben hadde når den ble fanget (Dale & Siikavuopio, 2002). Ved fangst, oppfôring og salg av kongekrabbe er det viktig å kunne måle denne fyllingsgraden uten at krabben må avlives. Dette er viktig for å få en indikasjon på hvilken kvalitet krabben har. Bruk av krabbevekt som indikasjon på muskelmasse er ikke tilfredsstillende fordi sult ikke sees verken på utseende, dimensjoner eller på total vekt. Dette skyldes at metabolisert vev under sulteperioder blir erstattet med vann (Dall, 1974). Det ble derfor i denne oppgaven satt opp et forsøk hvor det ble sett på proteinkonsentrasjonen i haemolymfe som indikasjon på fyllingsgraden hos oppfôret og villfanget kongekrabbe. I tillegg ble proteinkonsentrasjonen i haemolymfe sett på som indikasjon på relativ muskelvekt for oppfôrer og villfanget kongekrabbe. Til å måle proteinkonsentrasjonen ble det benyttet et refraktometer som en rask, enkel og en ikke-destruktiv metode. I haemolymfe er oksygenbæreren haemocyanin hovedproteinet (>60 %), og det er dette respirasjonspigmentet som utgjør hoveddelen av proteinkonsentrasjonen målt med refraktometeret. Haemolymfen inneholder i tillegg apohaemocyanin (danner haemocyanin ved å binde seg til kopper), hormoner og antisomer (Depledge & Bjerregaard, 1989).

4.1 Fôrforsøk, dødelighet og aggressiv adferd hos oppfôret kongekrabbe

Tre ulike typer fôr til kongekrabbe ble også testet, for å se om krabben vokste bedre på noen av fôrtypene. I forsøket ble det ikke funnet signifikante forskjeller verken i fyllingsgrad eller relativ muskelvekt mellom de tre fôrtypene. I dataanalyser ble det derimot kun benyttet krabber fra T1 på grunn av tekniske problemer i anlegget over sommeren 2005. I juni ble det

registrert gassovermetning (nitrogen og oksygen) i anlegget som kan ha påvirket fôrinntaket og veksten hos krabbene. Det var i tillegg høy dødelighet over sommeren 2005, samt en del krabber som var skadet og som ikke kunne benyttes i forsøket. Det hadde vært ønskelig at datamaterialet hadde vært større for denne junimålingen (fôr 3 er ikke testet for hannkrabber), samt at data fra uttak 2 hadde vært mer pålitelig før en trakk en konklusjon om fôrene.

I dette oppfôringsforsøket ble det kun benyttet krabber som hadde vært igjennom et skallskifte i forkant av forsøket. Utgangspunktet for forsøksindividene var dermed likt med tanke på fyllingsgrad. Hannkrabber tatt 75 dager etter forsøksstart hadde gjennomsnittlig fyllingsgrad på 66,18 % ± 9,40 og relativ muskelvekt på 2,58 % ± 0,80 mens hunnkrabber hadde gjennomsnittlig fyllingsgrad på 64,94 % ± 6,86 og relativ muskelvekt 2,30 % ± 0,36. En gjennomsnittlig fyllingsgrad på 65 % er i underkant av det markedet definerer som høykvalitetskrabbe (Hans Nordgård, Contrace A/S, pers. medd.). Det er vanskelig å evaluere disse resultatene da det finnes få studier på dette området (Damsgård *et al.*, 1999; Dale & Siikavuopio, 2002).

Generelt ser de tre fôrtypene ut til å ha et ernæringsmessig innhold som gir god overlevelse og muskelvekst hos kongekrabbe. Contrace A/S har tidligere benyttet fôrtype 1 til startfôring av kongekrabbelarver etter bunnslåing med svært gode resultater både på vekst (skallskifte) og på overlevelse (Hans Nordgård, Contrace A/S, pers. medd.). Det er også blitt utført langtids oppfôring av kongekrabbe på Havbruksstasjonen i Kårvika hvor bruk av tilsvarende fôr har gitt svært høy overlevelse (99 %) (Sten Siikavuopio, Fiskerforskning, pers medd).

Skadene hos kongekrabbene var hovedsakelig mangel på tupp på leggene. Det er vanskelig å gi en god forklaring på hvorfor denne typen skade var dominerende. Selv om det ikke ble observert aggressiv adferd mellom individene ved røkting, kan det ikke utelukkes at skadene skyldes negative sosiale interaksjoner mellom krabbene. Krepsdyr er generelt aggressive kannibaler som hevder sitt territorium og lever store deler av livet alene (Wickins & Lee, 2002). Yngre kongekrabber finnes derimot ofte i ansamlinger med tusenvis av individer (Dew, 1990), noe som kan indikere at dyrene er mindre aggressive mot hverandre enn for eksempel hummer. Oppfôringsforsøk gjort med kjønnsmoden kongekrabbe viste ingen aggressiv adferd, selv med individtettheter på 35 kg krabbe per m² (Sten Siikavuopio, Fiskerforskning, pers medd). Tettheten for kongekrabbe i dette forsøket var lavere og var maksimalt 21 kg krabbe per m². En forklaring på skadene som oppstod kan skyldes karets

utforming. Det ble observert at tuppen på gangbeinene satte seg fast i kanten på karet. Ved et par anledninger ble det også observert at krabbene hadde satt seg fast i karets avløp (Veronika Paulsen, Contrace A/S, pers. medd.). Videre ble det observert at krabbene unngikk øyekontakt ved at de stilte seg vekk fra hverandre, helst vent mot en vegg. Tidligere er dette tolket som en adferd som reduserer aggressiv adferd mellom individer (Dale & Siikavuopio, 2002).

4.2 Proteinverdien i haemolymfe som indikasjon på fyllingsgrad og relativ muskelvekt

Med bruk av proteinkonsentrasjonen som indikasjon på fyllingsgrad var det kun for villfangede hannkrabber at det var signifikant sammenheng for alle tre leggene. Proteinkonsentrasjonen som indikasjon på relativ muskelvekt viste signifikant forskjell på alle leggene for oppfødte hannkrabber og for villfangede hunnkrabber med rogn. For de andre gruppene var det en positiv økning av haemolymfeproteiner med økende prosentandel muskel og fyllingsgrad, men disse var ikke signifikante. Resultater i dette forsøket viste at proteinkonsentrasjonen målt med refraktometer ikke kunne brukes for alle forsøksgruppene verken på fyllingsgrad eller relativ muskelvekt. Krabber som hadde gått i oppføring hadde likt utgangspunkt med hensyn til muskelmasse ved forsøksstart (alle hadde skiftet skall). Dette kan ha gitt liten spredning av proteinkonsentrasjoner. På grunn av dette kan variasjonen ha blitt så liten at proteinkonsentrasjonen ikke kan si nøyaktig hvor mye muskel krabben inneholder. Innsamling av ville krabber ble gjort for å få en bedre spredning i fyllingsgrad og proteinkonsentrasjon, men proteinkonsentrasjonen for disse var for de fleste rundt 4 g/dl. Derimot hadde pilottesten krabber som varierte i proteinkonsentrasjon i mye større grad og viste en god korrelasjon mellom proteinkonsentrasjonen og fyllingsgraden (pilottest ble ikke utført på relativ muskelvekt). Dette kan bety at proteinkonsentrasjonen i haemolymfe kan brukes til å gi en indikasjon på fyllingsgrad, men da må forskjellen mellom individer være stor for at dette skal komme fram.

Forsøk gjort på amerikansk hummer (*Homarus americanus*) har vist at totalt innhold av muskel i dyret korrelerer med proteininnholdet i serum (Stewart *et al.*, 1967a). Haemolymfeproteiner som indikasjon på ernæringsmessig status hos amerikansk hummer viste at konsentrasjonen varierte med kondisjonen til dyret. Både totalt innhold av protein i haemolymfe og nivået av haemocyanin ble redusert under sult (Stewart *et al.*, 1967b). Samme

tilfelle ble funnet hos strandkrabber (*Carcinus maenas*) (Uglow, 1969; Busselen, 1970). Også hos sandreker (*Crangon vulgaris*) ble innholdet av totalprotein, spesielt glykoprotein, redusert og disse endringene ble reversert ved inntak av fôr (Djangmah, 1970). Proteinkonsentrasjonen i haemolymfe blir ikke bare påvirket av ernæringsmessig status. Før skallskifte hos krepsdyr er det vist at haemolymfeprotein øker selv om dyret reduserte fôrintaket. Denne økningen i total protein kan skyldes degenerering av protein fra kitin-protein komplekset fra det gamle skallet (Passano, 1960). Forsøk på decapoder har vist at like før et skallskifte vil dyret begynne å ta opp vann som følge av økningen i proteininnhold og dermed vil haemolymfen tynnes ut. Dette faller sammen med noe katabolisme av vev for å forberede seg til skallskifte og for å møte metabolske behov like før og under skallskifte (Smith & Dall, 1982). Hos amerikansk hummer nådde noen komponenter i haemolymfen en minimum konsentrasjon etter skallskifte, deretter økte de sakte fram til like før neste skallskifte. Disse komponentene var protein, haemocyanin, kalsium og magnesium (Mercado-Allen, 1991). Slike endringer i haemolymfe komponenter skyldes endringer i haemolymfevolumet enn endringer av komponentene selv (Depledge & Bjerregaard, 1989).

Det er gjort flere forsøk som har sammenlignet refraktometer med andre metoder for å måle proteinkonsentrasjon i haemolymfe. Ozbay & Riley (2002) sammenlignet proteinkonsentrasjonen på amerikansk hummer fra en Vet-Test med proteinkonsentrasjonen fra et refraktometer og fant ut at refraktometeret var en pålitelig metode for å måle protein i haemolymfe med spredning i proteinkonsentrasjoner fra under 2 g/dl til ca 10 g/dl. Leavitt & Bayer (1977) sammenlignet proteinkonsentrasjon hos amerikansk hummer målt med et refraktometer og ved bruk av biuret metoden. En regresjonsanalyse viste en tydelig sammenheng ($r=0,985$) som viste at refraktometer er en nøyaktig metode som kan benyttes til å måle haemolymfeprotein. Paterson *et al.* (2001) så på refraktometer som en mer praktisk, økonomisk og tidsbesparende metode enn for eksempel Vet- test og Biuret. Dette forsøket ble gjort på ”western rock lobster” (*Panulirus cygnus*) og viste at refraktometer er en enkel ikke-destruktiv felt teknikk for vurdering av proteinkonsentrasjonen i blodet. Ozbay & Riley (2002) mente at fordelene ved å bruke refraktometeret er at det enkelt kan benyttes av oppdretteren selv og kan gi en indikasjon på om fôringsregimene er tilfredsstillende.

4.3 Deponering av muskel mellom leggene, mellom kjønn og mellom oppfôrede og villfangede kongekrabber

Forfatteren kjenner ikke til at det tidligere har vært gjort forsøk på deponering av muskelmasse mellom leggene hos kongekrabber. I dette forsøket var det ønskelig å se om det var en slik forskjell. Når det gjaldt fyllingsgrad var det kun signifikant forskjell hos villfangede hannkrabber, der legg A var større enn legg B og C. For relativ muskelvekt var legg B hos villfangede hannkrabber og villfangede hunnkrabber med rogn signifikant større enn A og C. For krabber i oppfôring var det ingen slik forskjell i deponering av muskelmasse mellom leggene. Ved beregning av relativ muskelvekt ble det ikke tatt en standardisert prøve (for eksempel veid på 5 cm av legg). Derimot er kjøttet i hele leggen veid slik at legg B som er den lengste leggen kan ha fått den høyeste muskelvekten.

Sammenligning av muskelmasse mellom hannkrabber og hunnkrabber var kun signifikant for relativ muskelvekt hos villfangede krabber. Villfangede hannkrabber hadde signifikant større relativ muskelmasse enn villfangede hunnkrabber (med og uten rogn) for alle leggene.

I dette forsøket viste det seg at de oppfôrede krabbene ikke hadde noen høyere fyllingsgrad enn de villfangede. De oppfôrede hadde derimot ved forsøksstart svært lav fyllingsgrad på grunn av at alle individer hadde gått gjennom skallskifte. Kanskje var 75 dager ikke nok for å få opp fyllingsgraden til et tilfredsstillende nivå. De ville krabbene ble hentet inn i april, og hadde også en lav fyllingsgrad. Det kan skyldes at mange av krabbene hadde gått gjennom et skallskifte. Den laveste fyllingsgraden hos krabber har blitt funnet nettopp i mars- april. Fyllingsgraden lå da på under 80 % (Hjelset & Sundet, 2004).

Under forsøket ble det observert at muskelen hos kongekrabbe ikke nødvendigvis har en rett form. Muskelen inni leggen har som oftest en elliptisk form som vil føre til at vi måler på den tykkeste delen av muskelen når vi måler midt mellom to ledd. Dette gjaldt krabber som hadde forholdsvis mye muskel i leggen (ca 60-70 %). For krabber med lite muskel (fyllingsgrad på ca 50-60%) var formen mer rett. Sivertsen & Heia (2003) så på måling av fyllingsgrad ved bruk av muskeldiameter delt på skallediameter og fant ut at denne metoden overestimerer fyllingsgraden med opp mot 30 %. Forskjellen ble størst der fyllingsgraden var liten. De mente man burde ta forbehold om at muskelen i snittet av en legg er elliptisk.

For videre forsøk ville det vært interessant og sett på variasjoner i haemolymfeprotein hos kongekrabbe gjennom året, samt undersøkt om proteinkonsentrasjonen følger fyllingsgraden gjennom sesongvariasjonene. Videre kunne det vært forsøkt å ta forbehold om at krabbeleggen er elliptisk ved måling av fyllingsgrad slik Sivertsen & Heia (2003) foreslo, og sammenlignet denne verdien med haemolymfeprotein. Det er viktig at metoden for å måle muskelmasse for kongekrabbe er anvendbar for oppdretteren, og at den gir en god nok indikasjon på mengden kjøtt som krabben inneholder. Annen metode for måling av muskelmasse som kunne vært undersøkt nærmere er ultralyd og NMR røntgen.

Når det gjelder optimalisering av oppføringsforhold hos kongekrabber er det en del som gjenstår. Vannkvalitet bør undersøkes nærmere da kongekrabber er svært følsomme for miljøforandringer som saltholdighet, temperatur og oksygen. Individtettheter og kannibalisme hos kongekrabber i oppføring er også problemstillinger som bør undersøkes nærmere. Det er et stort behov for forskning på spiseadferd hos kongekrabbe og utvikling av teknologi i forhold til spiseadferd. I tillegg vet en lite om ernæringsbehovet samt optimal fôrsammensetning for kongekrabbe. Flere undersøkelser på dette området er nødvendig for å bedre oppføringsforholdene.

5. KONKLUSJON

- Villfangede hannkrabber var den eneste gruppen som viste signifikant sammenheng mellom haemolymfeprotein og fyllingsgrad i muskel.
- Villfangede hunnkrabber med rogn og oppfôrede hannkrabber viste signifikant sammenheng mellom haemolymfeprotein og relativ muskelvekt.
- Hos villfangede hannkrabber var legg A større enn B og C målt med fyllingsgrad.
- Hos villfangede hannkrabber og villfangede hunnkrabber med rogn var relativ muskelvekt for legg B større enn A og C.
- Villfangede hannkrabber viste større relativ muskelvekt (%) enn villfangede hunnkrabber (både med og uten rogn) for alle tre legger.
- Villfangede hannkrabber hadde større relativ muskelvekt enn oppfôrede hannkrabber for legg B og C.
- Resultatene tyder på at refraktometeret krever spredning i verdier for at haemolymfeprotein skal kunne brukes som indikasjon på fyllingsgrad og/eller relativ muskelvekt i muskel hos kongekrabbe.

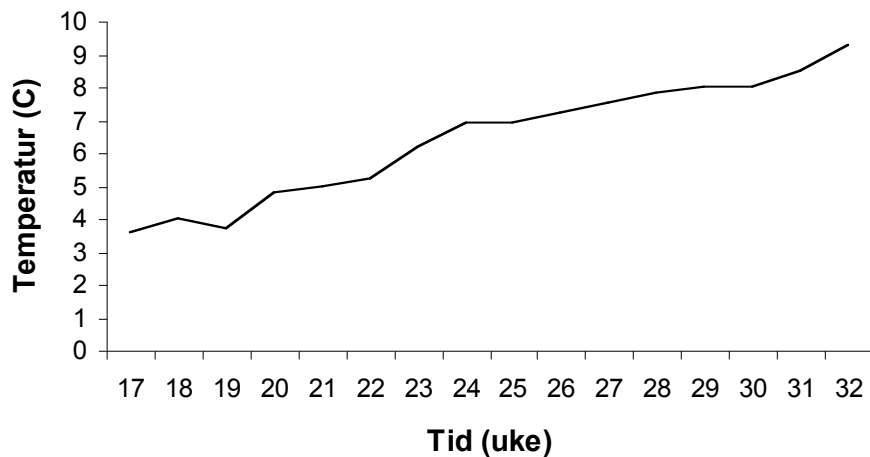
6. REFERANSER

- Anon. 1977. Kjempekrabbe tatt på garn i Varangerfjorden. Avisa Fiskaren. Årgang 54, nr 4, Torsdag 13.januar, s4.
- Anon. 2006. Pressemelding Nr.: 93/2006. Dato: 04.11.2006, Enighet om Norsk-Russisk kvoteavtale for 2007.
- Anon. 2007. J-185-2007. Gyldig fra: 05.09.2007.Gyldig til: 31.12.2008, Bergen, 05.09.2007 Forskrift om fartøykvoter i fangst av kongekrabbe øst for 26° Ø i 2007/2008.
- Busselen, P. 1970. Effects of moulting cycle and nutritional conditions on haemolymph proteins in *Carcinus maenas*, *Comp. Biochem. Physiol.*, **37**: 73-83.
- Dahl, E., P. K. Hansen, T. Haug & O. Karlsen, (red.). 2007. Kyst og havbruk. *Fisken og havet*, særnr. 2-2007. s94-95.
- Dale, T & S. I. Siikavuopio. 2002. Kongekrabben kan bli mer verdt. *Fiskeriforskning informerer*. Nr 4, April 2002.
- Dall, W. 1974. Indices of nutritional state in the western rock lobster *Panulirus longipes* (Milne Edwards). I. Blood and tissue constituents and water content. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **16**: 167-180 .
- Damsgård, B., S. I Siikavuopio, M. Carlehög & A. Mortensen. 1999. Oppføring av mellomlagret kongekrabbe. Fiskeriforskning rapport nr 4/1999.
- Depledge, M. H. & P. Bjerregaard. 1989. Haemolymph protein composition and copper levels in decapod crustaceans. *Helgoländer Meeresunters*, **43**: 207-223.
- Dew, C.B. 1990. Behavioral ecology of podding red king crab, *Paralithodes camtschatica*. *Can. J. Fish. Sci.*, **47**: 1944-1958.
- Djangmah, J.S. 1970. The effects of feeding and starvation on copper in the blood and hepatopancreas, and on blood proteins of *Crangon vulgaris* (Fabricius). *Comp. Biochem. Physiol.*, **32**: 709-731.
- Gerasimova, O. V. 1997. Analysis of King Crab (*Paralithodes camtschatica*) Trophic Links in The Barents Sea. ICES Theme session on Trophic Relationships. CM 1997/GG: 03. 21 s.
- Hjelset, A. M. & J. Sundet. 2004. Sesongmessig variasjoner i fyllingsgrad hos kongekrabbe fra Varangerfjorden, Finnmark. *Fisken og havet* nr 1-2004.

- Jørstad, K. E., E. Farestveit, H. Rudra, A-L. Agnalt & S. Olsen. 2002. Studies on Red King Crab (*Paralithodes camtschaticus*) Introduced to the Barents Sea. Crabs in cold water regions: Biology, Management, and Economics. University of Alaska Sea Grant, AK-SG-02-01, Fairbanks, s425-738.
- Kovatcheva N., A. Epelbaum, A. Kalinin, R. Borisov & R. Lebedev. 2006. Early life history stages of the red king crab *Paralithodes camtchaticus* (Tilesius 1815): Biology and culture. Moscow: VINRO publishing. 116s.
- Kuzmin S., S. Olsen & O. Gerasimova. 1996. Barents Sea King Crab (*Paralithodes camtschaticus*): Transplantation Experiments Were Successful. High Latitude Crabs: Biology, Management, and Economics. University of Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-96-02, Fairbanks, s649-643.
- Leavitt, D. F. & R. C. Bayer. 1977. A refractometric method of determining serum protein concentration in the American lobsters. *Aquaculture*, **12**: 169-171.
- Marukawa, H. 1933. Biological and Fishery Research on Japanese King- Crab *Paralithodes camtchatica* (Tilesius). *J. Imp. Fish. Exp. Station*, **4(37)**. 152s.
- Maynard, D. M. 1960. Circulation and heart function. T. H. Waterman, ed. *The Physiology of Crustacea*. Vol. 1. New York: Academic press. s161-226.
- McLaughlin, P. A. 1983. Internal Anatomy. D. E. Bliss, ed.-in -chief. *The Biology of crustacea*. Vol. 5. *Internal Anatomy and physiological regulation*. L. H. Mantel, ed. New York: Academic press. s1-53
- Mercado-Allen, R. 1991. Changes in the blood chemistry of the American lobster, *Homarus americanus*, H. Milne Edwards, 1837, over the moult cycle. *J. shellfish res.*, **10**: 147-156.
- Michalsen, K. (red.). 2003. Havets ressursler 2003. *Fisken og havet*, særnr. 1-2003. s130-132
- Moen, F. E. & E. Svensen. 2003. Dyreliv i havet, nordeuropeisk marin fauna, 3. utgave, Kom forlag. 608s
- Musgrove, R. J. B. 2001. Interactions between haemolymph chemistry and condition in the southern rock lobster, *Jasus edwardsii*. *Mar. Biol.*, **139**: 891-899.
- Orlov, Ju. I. & B. G. Ivanov. 1978. On the Introduction of the Kamchatka King Crab *Paralithodes camtschatica* (Decapoda: Anomura: Lithodidae) into the Barents Sea. *Mar. Biol.*, **48**: 373-375.

- Orlov, Ju. I. & A. F. Karpevich. 1965. On the introduction of the Commercial Crab *Paralithodes camtschatica* (Tilesius) into the Barents sea. Cole, H. A. (ed) ICES Special Meeting 1962 to consider Problems and regulation of Fisheries for Crustacea. **156**: 59-61.
- Ozbay, G. & J. G. Riley. 2002. An analysis of refractometry as a method of determining blood total protein concentration in the American lobster *Homarus americanus* (Milne Edwards). *Aquaculture research*, **33**: 557-562.
- Passano, L. M. 1960. Molting and it's control. T. H. Waterman, ed. *The Physiology of Crustacea*. Vol. 1. New York: Academic press. s473-536.
- Paterson, B. D., G. W. Davidson & P. T. Spanoghe. 2001. Measuring total protein concentration in blood of the western rock lobster (*Panulirus cygnus* George) by refractometry. Proceedings, International Symposium on Lobster Health Management, Adelaide, September 1999. s110-115.
- Rafter, E., E. M. Nilssen & J. H. Sundet. 1996. Stomach content, life history, maturation and morphometric parameters of red king crab, *Paralithodes camtschaticus*, from Varangerfjord area, North Norway. ICES CM 1996/K: 10 Shellfish committee.
- Sivertsen, A. H. & K. Heia. 2003. Måling av fyllingsgrad i legger fra kongekrabber. Rapport Fiskeriforskning nr 18/2003.
- Skybakmoen, S. 2005. Måling av vannkvalitet hos Contrace A/S. Notat. 9 s.
- Smith, D. M. & W. Dall. 1982. Blood Protein, Blood Volume and Extracellular Space Relationships in two *Penaeus* spp. (Decapod: Crustacea). Elsevier Biomedical Press. 15s
- Stewart, J. E., J. W. Cornick, D. M. Foley, M. F. Li & C. M Bishop. 1967a. Muscle Weight Relationship to Serum Proteins, Haemocytes and Hepatopancreas in the Lobster, *Homarus americanus*. *J. Fish. Res. Board of Can.*, **24**: 2337-2354.
- Stewart, J. E., J. W. Cornick & J. R. Dingle. 1967b. An electronic method for counting lobster (*Homarus americanus* Milne-Edwards) hemocytes and the influence of diet on hemocyte numbers and hamolymph proteins. *Can. J. Zool.*, **45**: 291-304
- Uglow, R. F. 1969. Haemolymph protein concentrations in portunid crabs- II. The effects of imposed fasting on *Carcinus maenas*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **31**: 959-967.
- Wickins J. F, Lee D. O`C. 2002. Crustacean Farming. Ranching and Culture. Second Edition. Blackwell Science, 446 s.

7. APPENDIKS



Figur A temperaturprofil i forsøksperioden fra uke 17 til uke 32.

Tabell B oversikt over andelen av hovedelementene i fôrtype 1, 2 og 3.

Innhold (%)	Fôr 1	Fôr 2	Fôr 3
Protein	48,1	48,1	41,7
Karbohydrat	22,8	21,2	30,7
Fett	8,6	8,6	8,6
Aske	12	13,5	10,4
Vann	8,79	8,44	8,33
Energi MJ/kg	18,8	18,5	18,7
Kilde:			
Protein	Fiskemel	Fiskemel	Fiskemel/vegetabilsk protein
Karbohydrat, stivelse	Rekemel, hvete, mais	Taremél, rekemél, soya, hvete, mais	Rekemel, soya, hvete, mais