

RAPPORT MA 12-12

Astrid K. Woll og Snorre Bakke

**Fangst, mellomlagring og transport av
levende håndplukkede kamskjell**

Identifisering av kritiske punkt og forbedring av
disse

Tittel	Fangst, mellomlagring og transport av levende håndplukkede kamskjell Identifisering av kritiske punkt og forbedring av disse
Forfatter(e)	Astrid K. Wold og Snorre Bakke
Rapport nr.	MA 1212
Antall sider	40
Prosjektnummer	54538
Prosjektets tittel	Optimalisering av kvalitet og markedstilpasning gjennom verdikjeden ved en helårlig omsetning av levende kamskjell
Oppdragsgiver	Norges Forskningsråd
Referanseoppdragsgiver	NFR prosjektnr. 192504
ISSN	080454380
Distribusjon	Åpen
Nøkkelord	Kamskjell, <i>Pecten maximus</i> , fangsthåndtering, mellomlagring, transport, marked
Godkjent av	Inge Fossen
Godkjent dato	07.05.2012

Sammendrag

Prosjektets mål har vært å bidra til å utvikle en lønnsom omsetning av levende håndplukkede kamskjell (*Pecten maximus*) med optimal kvalitet gjennom hele året. Prosjektet har hatt en biologisk/teknologisk del og en markedsdel. Resultatet fra markedsdelen presenteres i en egen rapport for seg selv og handler om differensiering og tilpasning av norske håndplukkede kvalitetskjell til europeiske markedet. Den biologiske/tekniske delen omhandler forbedringer i forhold til fangst, mellomlagring og transport av voksne kamskjell. Rapporten presenterer kritiske punkt i alle ledd av verdikjeden, og forslag til forbedringer som kan bidra til å øke overlevelse og kvalitet på produktet. Analyse av kritiske punkt har vist at skånsom behandling av skjellene er viktig for å sikre overlevelse under mellomlagring og transport. Gjennomførte forsøk har vist at det under mellomlagring av skjell er viktig med riktige lagringsforhold, være seg stablehøyde av skjell i mellomlagring («up-stream») og vanntilførsel, og tilstrekkelig (0,14 l/min/kg skjell for sommer og 0,5 l/min/kg skjell på vinter). Under transport er det viktig med riktig pakkemetode, hvor gelis og tremuldforsøk har vist bedre overlevelse sammenlignet med is. Generelt viser prosjektet utvilsomt at utvalgte pakkeprosedyrer har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interessorganet til åndsverk.

© Forfatter/Møreforskning Marin

Forskriftene i åndsverksloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjerm eller i fremstille eksemplar til privat bruk. Uten spesielle avtaler med forfatter/Møreforskning Marin er all annen eksemplarfremstilling og tilgjengeliggjoring bare tillatt så lenge det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interessorganet til åndsverk.

FORORD

Rapporten presenterer de viktigste resultatene fra den biologiske/tekniske delen av prosjektet «Optimalisering av kvalitet og markedstilpasning ved en helårsomsetning av levende kamskjell (*Pecten maximus*)». Delrapporter fra den biologiske/tekniske delen av prosjektet er tidligere presentert i Woll, A.K. & Bakke, S. 2009a og Woll, A.K. & Bakke, S. 2009b. Prosjektets markedsdel er beskrevet i rapporten K. Myrseth, H. og Nystrand, B.T. 2012. Konkurransanalyse og differensieringsstrategier for håndplukkede kamskjell fra Seashell. Møreforskningsrapport MA 12

Prosjektet er finansiert av Norges Forskningsråd (# 192504), og ved egen innsats fra samarbeidende bedriftene Seashell AS og Kvitsøy Edelskjell AS. Av forsøkene er foretatt på Seashell sitt anlegg på Froya og Anniken Myrseth på både under forsøkene og med faglige innspill basert på erfaring med håndteringen av kamskjell. Stor velvillighet og hjelp fra bedriftens ansatte var hjelp under forsøkene. Ved fangstanalysen var velvilligheten stor fra mannskapet ombord i dykkerfartøyet M/S Atlantic Maximus. Spesifikasjoner for oppjustering av lagringsanlegget for levende skalldyr foretatt av Arterea AS.

En stor tak til alle!

Ålesund 10.05.2011

Astrid K. Woll
(Prosjektleder (sign.))

INNHOOLD

OPPSUMMERING.....	7
SUMMARY.....	8
1 INNLEDNING.....	9
2 MATERIALE OG METODE.....	11
2.1 Analyse av bedriften.....	11
2.2 Målte parametere.....	11
2.2.1 Vitalitetsmålevende vs. død.....	11
2.2.2 Skjellets styrke til overlevelsestresstest.....	12
2.2.3 Oksygenforbruk og nødvendig flow.....	12
2.2.4 Vannkvalitet Temperatur, salinitet og oksygen.....	13
2.3 Lagringsforhold (vanntilførsel, skjellhøyde, lagringsenheter).....	13
2.3.1 Lagringshøyde av skjellene.....	14
2.4 Spesielle forhold ved lagring av skjell i sommerhalvåret.....	15
2.5 Pakkemetode.....	15
2.6 Spesifisering av nytt levendelagringsanlegg ved Seashell.....	16
3 RESULTAT.....	17
3.1 Analyse av bedriften.....	17
3.1.1 Fangst.....	17
3.1.2 Lossing fra dykkerfartøyet til bedriften.....	17
3.1.3 Lagringsanlegget.....	17
3.1.4 Sortering og pakking.....	18
3.2 Forbedring av dagens lagringsenheter og vanntilførsel.....	19
3.2.1 Oksygenforbruk og beregning av nødvendig flow.....	19
3.2.2 Vanntilførsel i karene.....	21
3.2.3 Lagringshøyde av skjellene.....	22
3.3 Storskalaforsøk med kartype, lagringshøyde og lagringstid.....	23
3.4 Spesielle forhold ved lagring av skjell i sommerhalvåret.....	25
3.4.1 Observasjoner av gyting.....	28
3.5 Pakkemetode.....	29
3.6 Spesifikasjon for oppjustering av dagens anlegg.....	30
4 KONKLUSJON.....	33
5 REFERANSER.....	35

OPPSUMMERING

Prosjektets mål har vært å bidra til å utvikle en lønnsom omsetning av levende håndplukkede kamskjell (*Pecten maximus*) med optimal kvalitet gjennom hele året. Prosjektet har hatt en biologisk/teknologisk del og en markedsdel. Resultatene fra markedsdelen av prosjektet presenteres i en egen rapport og tar for seg markedsutvikling, differensiering og tilpasning av norske håndplukkede kvalitets skjell til det europeiske markedet. Gjennom ulike delmål har den biologiske/tekniske delen av prosjektet omfattet forholdet til fangst, mellomlagring og transport av voksne kamskjell.

Gjennom analyse av logistikk i bedriften Seashell AS, er kritiske punkt identifisert og forslag til forbedring foretatt. Skader på skjellkanten forekom hyppig i produksjonsprosessen, men det ble funnet en tydelig sammenheng mellom grad av fysisk påkjenning og antall skader på vekstkant. Laboratorieforsøk foretatt viste at skjell som fikk behandling hadde betydelig redusert evne til overlevelse sammenlignet med skjell som var håndtert skånsomt.

En rekke forsøk ble gjennomført sommer og vinter for å undersøke hvordan lagringsforhold som kartype, stablehøyde, vann tilførsel og lagringstid påvirket overlevelse og vitalitet hos skjellene. Tydelige variasjoner i konsentrasjon ble funnet i ulike deler av tanken ved bruk av henholdsvis vann og vann tilførsel på topp. Ved mellomlagring av skjell anbefales bruk av «stream» vannforsyning da dette viser seg å sikre en mer homogen spredning av vann og oksygen til lagrede skjell. Forsøksommer (14 °C) og vinter (4,7 °C) viste et oksygenforbruk hos skjellene på hhv. 2,4 og 0,1 mg O₂ min⁻¹ kg skjell⁻¹. Anbefalinger er derfor et minimum flow på 10 L min⁻¹ kg skjell⁻¹ for vinter og 0,5 min⁻¹ kg skjell⁻¹ for sommer. Skjell som mellomlagres i kar etter fangst bør lagres med en stablehøyde lik eller lavere enn 30 cm. Ved høyere stablehøyder enn dette (50 cm) det i prosjektet funnet en betydelig økning i dødelighet hos skjell i del av biomasser. Kar med falsk bunn er å foretrekke da det tillater oppsamling av skitt og sand under den falske bunnen. Undersøkelsene viser at dersom skjell håndteres skånsomt, lagres i riktig stablehøyde (<=30 cm) og med riktig vann tilførsel («stream») og flow, er det mulig å oppnå minst 50 % forlengelse av mellomlagringstid både i sommer og vinterhalvåret.

Under sammenligning av skjell transportert med og uten klips (som hindrer åpning skallet) ble det ikke funnet signifikante forskjeller i dødelighet etter 24 timer transport og deretter 3 dager revitalisering. Transportforsøk foretatt med ulike pakkemetoder viste at skjell som var transportert med våt treull og gelis på topp hadde en signifikant lavere dødelighet sammenlignet med skjell transportert direkte på knust is.

En spesifisering av utforming og økonomisk kalkyle for en oppjustering av dagens anlegg for levendelagring foretatt av Artec Aqua AS. Et anlegg med mulighet for kjøling ved bruk av varmepumpe og vekstenergi gjenvinnet er valgt til dette formålet. Slike anlegg brukes sannsynligvis ikke i karene.

SUMMARY

The project's goal has been to help develop a profitable market-picked hand scallops (*Pecten maximus*) with optimal quality throughout the year. The project has had a biological / technical section and a market section. The results of the market section are presented in a separate report, and focuses on market development, differentiation and branding of Norwegian hand-picked scallops to the Faro market. The biological/technical aspects of the project covered issues related to the capture, storage and transportation of adult scallops.

Through the analysis of logistics in the company Seashell AS, critical points were identified and suggestions for improvement made. Damage to the shell edge occurred frequently in the production process, where a clear correlation between the degree of physical strain and the number of shells with damage to the growing edge was found. Laboratory experiments showed that the scallops which were roughly treated had significantly reduced survival compared with gently handled scallops.

A series of experiments were carried out in summer and winter to investigate how storage conditions, tank type, stack height of the water supply and storage time affected the survival and vitality of scallops. Significant variations in concentration were found in different parts of the tank by using an "upstream" inlet and outlet on the surface. During the temporary storage of shellfish, the use of an "upstream" water supply is recommended as it gave a more homogeneous distribution of water and oxygen. The results in the summer (14 °C) and winter (7 °C) showed an oxygen consumption of 2.4 and 0.0 mg O₂ min⁻¹ kg⁻¹, respectively. Recommendations are therefore given as the minimum flow of 0.14 l min⁻¹ kg⁻¹ scallops for summer and 0.15 l min⁻¹ kg⁻¹ scallops for winter situations. Scallops which are temporarily stored in tanks for harvesting should be stacked with a height equal to or less than 30 cm. At higher stack heights there was a significant increase in mortality in scallops stored in the lower part of the stack. A false bottom are preferable as it prevents the accumulation of dirt at the bottom of the tank. The studies show that if the shells are handled carefully, stored at the correct stack height (<= 30 cm) and with proper water supply and flow, it is possible to achieve at least 50% extension of storage time in both summer and winter.

Comparison of scallops transported with and without clips (which prevent the opening of the shell) showed no significant effect on the mortality after 24 hours transport and three days revitalization. Transport experiments performed with different packing methods showed that scallops transported with wet wool-fibre mat had a significantly lower mortality compared with scallops transported directly on crushed ice.

A specification of the possible design and conditions for an upward adjustment of the current holding facility was made by Tec Aqua AS. For cooling the water heat pumps and heat exchangers where the energy is recovered but the water is not reused in the tanks was selected for this purpose.

1 INNLEDNING

Fangst og omsetning av stort kamskjell er en forholdsvis ny næring i Norge med de første kommersielle fangstene høstet i Trøndelag på slutten av 80-tallet. De største forekomstene er registrert på dyp mellom 300-500 m, i Trøndelagsfylkene og Midt- og Nord-All høsting skjer ved dykking, rundt 90 % ved Frøya og Froan hvor bedriften Seashell omsetter en stor del av dette. Kamskjellene fra Norge omsettes nesten utelukkende levende. Dette lar seg gjøre da høsting ved bruk av dykkere er en skånsom metode hvor man unngår skader på skjellene under fangst. Etter fangst revitaliseres skjellene noen dager i tanker på land før pakking. For å oppnå god overlevelse og kvalitet i sluttmarkedet, begrenses revitaliseringstiden hos bedriften om sommeren til 3-5 dager, mens den om vinteren kan forlenges opp til 10 dager. Når skjellene transporteres i isoporkasser nedkjølt og med stor luftfuktighet er god logistikk en leveranse av levende kvalitetsskjell i deler av året hos sluttbruker i for eksempel Spania

Priser og markedsetterspørsel på levende eller ferske skalldyr generelt og kamskjell spesielt er størst i vårsommersesongen samt til jul/nyttårsmøtekomme denne etterspørselen er det viktig at bedriften har en bufferkapasitet i form av lagrede skjell. For å sikre overlevelse og kvalitet hos skjellene har en god kvalitet når de når forbrukeren må man optimal lagringsforhold samt at skjellene håndteres på en god måte i alle ledd av verdikjeden.

De teknologiske forholdene i forhold til oppdrett og lagring av skjell tilpasses den spesielle driftsformen ved høsting av villfangede skjell samtidig imøtekomme skjellenes fysiologi i forhold til ulike miljøparametere. I forhold til oppdrett av kamskjell er det foretatt mange undersøkelser som har vist at å etablere et åkarsystem for å forbedre yngelproduksjonen (Christophersen 2001, Agnesen et al. 2006, Agnesen and Christophersen 2007, Agnesen and Jacobsen 2012) om yngelens vekst og overlevelse i forhold til ulike handlinger der vesetling (Christophersen and Lie 2003, Christophersen et al. 2008) vet imidlertid per i dag for lite som kreves for å holde de voksne villfangede skjellene levende og i god kvalitet. Dette gjelder både temperatur, temperaturforandringer, vannkvalitet og ellers lagringsenhetene. Per i dag lagrer bedriften skjellene i tanker innendørs med gjemomstrømmende ufiltrert vann hvor vanninntaket av praktisk årsaker er fra grunt, bare 15 meters dybde.

Erfaring ved bedriften har vist at kamskjellene trives bra i vinterhalvåret når skjellene har vært behandlet forsiktig under fangst, lagret beskyttet og vind ombord i fartøyet og lagret ved en sjøtemperatur lavere enn i tankene på land. Skjellene kan da lagres flere dager i tankene og fremdeles være i god form. Ved lagring over flere uker øker imidlertid dødeligheten i de senere vinterhalvåret. Bedriften mistenker at skader på skjellkanten, forårsaket under høstingen eller under lagringen, samt en ikke optimal vannkvalitet og utforming av lagringsenhetene kan være en eller flere av årsakene til dette. Problemer i forhold til årstid har erfaringsmessig startet i april / mai. På denne tiden skjer det en temperaturøkning overflatevannet og temperaturen på land kan til tider bli relativt høy. Skjell som fangstes og mellomlagres i denne perioden setter ofte i gang skadede og uø

sannsynligvis framskyndet gyting i lagringstankene. Dødeligheten øker og lagringstiden for å oppnå en vellykket transport til markedet forkortes.

For Seashell AS er det aktuelt å vurdere ulike forpslett til lagringheter og vannforsyning hvor man tar hensyn til sommer og vintersituasjon, revitalisering etter fangst versus lengre lagring, og forbehandling i forkant av videre transport vil derfor være aktuelt for bedriften at deler av anlegget er tilknyttet et vannbehandlingsanlegg hvor man har full kontroll på vannkvalitet og stabil vannkvalitet kan også oppnås ved dypere vanninntak og god filtrering. Beregninger og spesifikasjoner for oppjusteringer av dagens anlegg må ta hensyn til disse punktene.

Hovedmål

Utvikle en løsningsomsetning av levende kamskjeller (*maximus*) med optimal kvalitet gjennom hele året.

Delmål for levende lagringsdelen

- ⟨ Analyse og evt. forbedring av kritiske punkt i logistikkdelen fra fangst til lagringsanlegget.
- ⟨ Forbedring av dagens lagringsnett og vanntilførsel.
- ⟨ Finne optimale lagringstemperaturer i sommerhalvåret. Utprøving av 6, 8 og 10 °C.
- ⟨ Teste ulike regimer over tid for å hindre gyting. Ut fra resultatene i punkt 1 og 4 å oppnå 50 % forlengelse av sommerinterlagringstid.
- ⟨ Basert på resultatene fra pkt. 2 til 4, spesifisere utforming og økonomisk kalkyle for en oppjustering av dagens anlegg.

Testing av ulike regimer over tid for å hindre gyting (pkt. 4) ble utelatt gytetidspunktet så ut til å variere fra år til år således for å fokusere mer på pakkemetoden da denne viste seg å være svært viktig i forhold til overlevelse ute i markedet. Observasjoner gjort i forhold til gyting diskuteres imidlertid kort og sees i sammenheng med resultatet fra andre studier.

2 MATERIALE OG METODE

2.1 Analyse av bedriften

En analyse av bedriften Seashell AS ble foretatt i februar 2009. Hver 2009 bedriften ble gjennomgått fra stingdykking, lagring ombord, lossing, lagring på bedriften samt sortering og pakking. Vanntilførseskapasitet og vannbehandling, samt flow ut til de enkelte lagringsenheter ble også vektlagt. Kritiske punkt ble bemerke samt potensial for forbedring i de ulike logistikdelene.

For å få et objektivt mål på mulige skader på skjell under håndteringen fra fangst til pakking, ble 17 skjell individuelt merkede. De merkede skjellene ble fulgt og tilstand dokumentert ved fotografering og beskrivelse av skader i produksjonsprosessen etter fangst (på båt), etter lagring i ett døgn i 700 liter k ved pakking.

Skader på vekstkant ble også undersøkt hos et utvalg (ikke merkede) skjell like etter leveranse og etter 12 timer lagring i 1000 liter mellomlagringskar. Etter leveranse anlegg ble skjell fra topp og bunn av lasterom på båt. De ble videre skilt mellom skjell som var lagret i nedre eller øvre del av fangstskjellene som ble undersøkt etter 12 timer lagring i mellomlagringskar. Skjell både fra topp, midten og bunnen av karet undersøkt.

2.2 Målte parametere

2.2.1 Vitalitetsmål-levende vs. død

- Skjell som aktivt åpnet og lukket seg samt skjell som tydelig filtrerte i vann ble karakterisert som levende.
- For gapende skjell ble en plastpinne benyttet til å trykke forsiktig på muskelen. Skjellene da ikke lukket seg ble registrert som døde.
- Ved gjenutsetting i vann ble evt. åpning og lukking av skjellet registrert. Noen skjell ble lukket. Skjell som ikke hadde åpnet seg etter 2 timer og/eller som hadde vond lukt, ble registrert som døde.
- Alternativt ble skjell åpnet og muskelrespons observeres ved å lage et snitt i lukkemuskelen med skalpell.
- Vond lukt og slim som rant ut av skjellet var sikre tegn på at skjellet var dødt.

2.2.2 Skjellets styrke til overlevelsestresstest

Som et mål for skjellets styrke etter ulike handlinger (lagringslengde, kartype, stablehøyde m.m.), ble det nytt et stressstest. Som stressstest nytt et man simulert «tør» og kjølig transport i 3 døgn (72 timer) med påfølgende registrering av overlevelse. Tre døgn ble valgt da dette er den lengste transporttid til markedene.

Skjellene ble pakket i 5 isoporkasser, 20 skjell i hver kasse. Skjellene ble klipset, og lagt med den konkave siden opp (Figur 2.1). Temperaturloggere (Eserie EB20) ble lagt ned mellom skjellene.

Etter lagring på kjøleskapsene åpnet, skjellene tatt ut og klipsen tatt av. Under den simulerte transporten var temperaturen lå (10°C) (10°C) som gjorde det vanskelig å vurdere hvorvidt skjellene var levende eller ikke (sen eller ingen respons). Skjellene ble derfor overført til markedstøsterskassene og satt friskt gjennom strømmen av vann (fra bedriftens vannrikt). Dødelighet ble deretter registrert 2 timer etter utsettingen i vann. For en del av forsøkene ble så dødelighet registrert etter ett døgn og deretter hvert døgn frem til og med 5 døgn. Døde skjell ble tatt ut ved hver registrering.

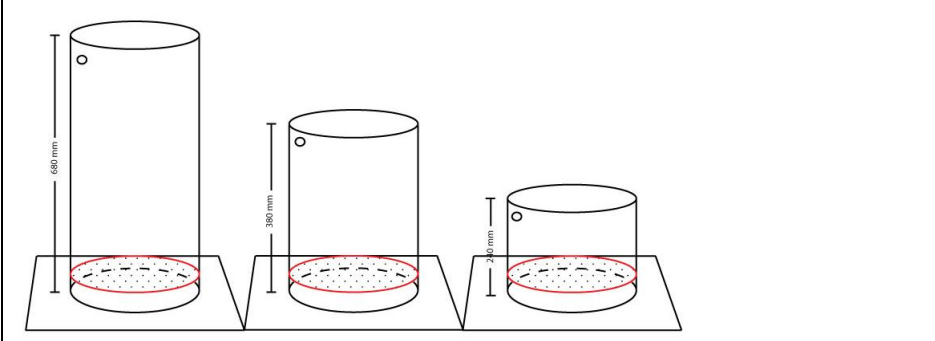


Figur 2.1 - Pakking av skjell for stressstetode 1 med treull og gelis på toppen vist.

2.2.3 Oksygenforbruk og nødvendig flow

For å måle kamskjellenes respirasjon vinter (5°C) og høst (13,4 °C) ble det nytt et acryl sylindere i ulike høyder som respirometre (Figur 2.2). Vann ble tilført under en falsk bunn, og utvannet gjennom en slange i toppen av sylindere. Effektiv stablehøyde av skjell i sylindere var 50, 30 og 15 cm for henholdsvis liten, middels og stor sylinder.

Ett nivå (200 L) fortrikkelig med sjøvann ble satt opp 1.5 m høy og forsynte respirometrene med vann. En overskuddsinnrøring sørget for å drenere vekk overskytende vann slik at nivået var konstant. Oksygenkonsentrasjonen i nivåkaret og i utvannet fra hvert av respirometrene ble logget med Opto 303 (Anderaa Data Instrument). Loggeintervallet var 10 minutt. Differansen i oksygenkonsentrasjon mellom ut og inn vann ble benyttet til å estimere forbruket til skjellene, målt som mg oksygen/minute/kg skjell (helvet for kompensere for forskjeller mellom oksygenoptodene ble de satt sammen i nivåkaret i en lengre periode for logging og beregning av differanseverdier.



Total høyde	680 mm, 380 mm og 240 mm
Ytre/ indrediameter	350/ 340 mm
Materiale	PMMA Akryl, støpler, tykkelse 5 mm
Diameter av løpshull:	25 mm
Tykkelse bunnplater	10 mm
Areal bunnplate	~ 450x450 mm = 0,2 m
Perforert falsk bunn	Plassert 5 cm over bunnen
Vann inn	Slange fører under falsk bunn
Vann ut	Via slange kuttet i hullet i øvre kant

Figur 2.2 - Mål på sylindrene nyttet som respirometer

2.2.4 Vannkvalitet Temperatur, salinitet og oksygen

Vannkvalitetene i alle forsøkene ble kontinuerlig overvåket ved at det ble foretatt daglige avlesninger av oksygenmetning og konsentrasjon (Aanderaa Optode/Temperature sensor 3830, AADI, Massachusetts) (Aanderaa Conductivity sensor 3919, AADI) og pH (pH 315i, WTW, Weilheim). Ved hjelp av spektrofotometriske målinger (Spectroquant® NOVA 60, MDRK 600) det ble også foretatt regelmessige undersøkelser av ammonium i vannet (Spectroquant Ammonium Cell Test, måleområdet 0,2 mg⁻¹ L⁻¹ 20 °C reagenstemperatur). Temperatur, salinitet og pH i lagringsvannet ble satt inn i likevektstilstanden: T $NH_4^+-N + NH_3$ og konsentrasjonen av (Ammoniak) kalkulert.

2.3 Lagringsforhold (vanntilførsel) skjellhøyde, lagringsenheter)

Oksygenkonsentrasjonen ble undersøkt i ulike deler av 1000 liters lagringsed 300 kg skjell, dvs. en flow 0,2 L min⁻¹ kg⁻¹. Tre ulike former for vanntilførsel ble sjekket for vurdering av oksygenets homogenitet, dvs. hvor god sirkulasjonen i karet var:

- < Tilførsel (inn) med to slanger fra bunnen og overrenning (ut) over kar kanten
- < Inn med to slanger på toppen av karet og overrenning (ut) over kar kanten
- < Inn med en slange på toppen av karet og med overrenning (ut) som utløp

Ut fra erfaringene fra de nevnte forsøkene ble det foretatt et storskalaforsøk sammenlignende dagens lagringsmetode på bedriften med de forventet var bedre alternativer for lagring. Ulike lagringsenheter ble testet.

Kartype C

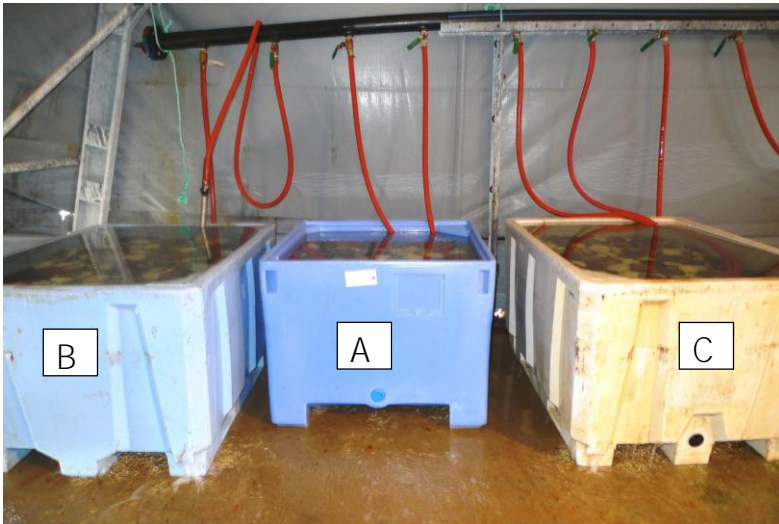
1000 liters plastkar (Nordic supply) som ordinært nyttes til lagring av kamskjell ved SeashellFøll. Fant ikke referanseilden. Vanntilførsel gjennom slange lagt på toppen av karet og ut ved overrenning ved karkanten.

Kartype B

Samme kartype som C, men med innlagt falsk bunn (ikke referanseilden). Vanntilførsel tilført under den falske bunnen gjennom et rør med slange lagt på langs av karet. Ut vann rant over karkanten, dvs. «upstream».

Kartype A

700 liters plastkar (Adriatec) med falsk bunn og innebygde kanaler (ikke referanseilden, A) Karet er spesialdesignet for lagring av levende skalldyr. Vanngjennomstrømming skjer gjennom spesialbygde kanaler tilført gjennom slange lagt på toppen. Vannet blir tvunget nedstrøm gjennom den falske bunnen, deretter opp gjennom innebygde kanalene i to diagonale hjørner, deretter ned via andre kanal ut i bunnen av karet.



Figur 2.3 - Lagringsenhetene testet i forsøket.

2.3.1 Lagringshøyde av skjellene

Forsøk ble foretatt i april og i september 2010 for vurdering av hvordan stablehøyden av skjell påvirker overlevelse i lagringskaren. Triplikater ble benyttet for hver stablingshøyde (Tabell 2.1). I hver beholder ble skjellene lagt i naturlig liggstilling (konkav side ned). Minste beholder ble benyttet som kontrollgruppe

Den store middels sylindere ble delt inn tre deler; topp, midten og bunn. For å sikre at skjellene ble holdt i sine respektive lag, ble et benyttet en plastnetting til å skille lagene. Vitalitet og dødelighet hos skjellene ble undersøkt på ulike t under lagringsperioden samt ved endt lagring (Tabell 2.1). Døde skjell ble fjernet og ikke brukt videre i lagringsforsøket. Etter undersøkelser ble skjellene lagt tilbake i sine respektive beholdere i samme rekkefølge som tatt ut (skjell i bunn tilbake i bunn, osv).

Tabell21 - Forhold for skjell under lagring (stableforvask) forsyrning; temperatur; kontroll dødelighet; størrelse skjell.

Lagring sylindere	April 2010			September 2010		
	Stor	Middels	Liten	Stor	Middels	Liten
- Antall skjell	104	45	15	90	34	14
- Stablehøyde (cm)	48	30	10	47	31	10
- Vekt skjell tot. (kg)	22,9	9,9	3,3	22,5	8,5	3,5
- Flow (L/min/kg skjell)	0,21	0,2	0,27	0,36	0,59	0,55
- Størrelse skjell	10-12cm			11-12,5cm		
- Lagringstid (dager)	18			8		
- Vannforsyrning	Uten filtrering og UV			Med UV		
- Temperatur	4,5-5,5 °C			13,0-14,5°C		
- Kontroll dødelighet	Etter 7, 14 og 18 dager			Etter 2, 5 og 8 dager		

2.4 Spesielle forhold ved lagring av skjell i sommerhalvåret

For å undersøke hvordan vanntemperatur (naturlig sjøvannstemperatur vs. stabilt kjølt vann) påvirket overlevelsen av kamskjell ble grupper av skjell lagret i 10 isoporkasser med tilførsel av ufiltrert sjøvann (flow through) eller i kasser forsynt vannfra et resirkuleringsanlegg (6 °C, 5 % innblanding av nytt sjøvann). I forsøket ble skjell høstet ved Frøya benyttet. Etter ankomst (~36 timer transport med fly og båt) ble skjell lagret på våt avispapir med fuktet treull og gelis på topp) ble skjellene tillatt dag med restituering i ufiltrert sjøvann før registreringer av skallhøyde. For hvert forsøksoppsett (flow through eller resirkulering) ble skjellene fordelt i to størrelsesgrupper, hhv. skjell mindre enn 11 cm skallhøyde (10) og skjell større enn 11 cm (112 cm).

Forsøket varte i 20 dager fra 19. mai (dag 0) til 8. juni 2009 (dag 20). Med unntak dager ble det gjennom hele perioden foretatt daglige registreringer av dødelighet. I tilfeller hvor det forekom ble det også registrert vannmengde i kassene. For en utvidet beskrivelse av metoder og forsøksoppsett, se delrapport Å0920 (Woll og Eide 2009)

2.5 Pakkemetode

Treulike pakkemetoder ble testet:

- Metode 1: Treull fuktet i sjøvann ble lagt over skjell som (klær) ble festet til skjellet som hindrer at det åpner seg) en 500 g gelispakke på toppen. Kassen ble deretter påsatt lokk.
- Metode 2: Knust is ca 1 kg ble lagt i bunnen med skjell direkte oppå isen. Kassen ble deretter påsatt lokk.
- Metode 3: Samme som metode 2, men skjellene uten klips.

2.6 Spesifisering av nytt levendelagringsanlegg ved Seashell

Det er planlagt utbygging av produksjonslokalene til Seashell AS i 2012. En forbindelse er det planlagt 150 m langt lokalt med 4 m takhøyde til levendelagring a skalldyr. Sjøvannsinntaket er tenkt på 25 m dybde og pumpekapasitet for UV desinfisering er beregnet 80 m³ pr time (80 * 1000 / 60 = 1333).

Lagringen er tenkt gjennomført med toppstrøms vannstrøm i 700 eller 1000 liter type Nordic/Prøms eller Adriatic. Det er ønskelig med kjøling i perioden juli oktober (3 mnd) på minimum 50% av biomassen i anlegget.

- ønsket temp er 8°C
- muligheten til 3 °C på 0,8 m³ pr time for nedkjøling før pakking

I kjølesammenheng, er resirkulering av vann ved at biofiltrene må jobbe ved lave temperaturer, noe som ikke er ideelt i forhold til optimal aktivitet av de nitrifiserende bakteriene. Varierende biomasse i anlegget gjennom sesongen vil også medføre at biofiltrene blir utsatt for varierende belastning, og dermed svekkes. Man ønsket derfor å få en spesifisering av anlegg med bruk av varmepumpe og vekslere hvor energien gjenvinnes, men vannet ikke gjenbrukes i karene. Artec Aqua ble leid inn for å foreta spesifisering, utforming og økonomisk kalkyle for en oppjustering av dagens anlegg ut fra resultatet funnet i prosjektperioden.

3 RESULTAT

3.1 Analyse av bedriften

Resultatet av bedriftsanalyse og produksjonsprosessen for karene og skjella fangsttl pakking hos Seashell AS er flere kritiske punkt Disse er oppsummert nedenfor sammen med forslag til forbedring En mer detaljert beskrivelse foretatt i luktet arbeidsrapport (Woll and Bakke 2009)

3.1.1 Fangst

Kritiske punkt

1. Fangstnettet kan slå mot skutensiden ved inngang (Figur 3.1 a).
2. Etter hvert som nettet plasseres i lasterommet får de nederste skjellene et trykk/slag
3. Når luka på lasterommet ikke lukkes vil skjellene bli utsatt for trekk.
4. Ved last over 600 kg kan luka ikke lukkes. Skjellene dekkes til.

Mulige potensiale for forbedring

1. Montere skumgummisåtsiden der fangstnettet settes på
2. Legge skumgummi i bunnen av lasterom og/eller mellom fangstnettene
3. Dekkeskjellene med fuktig matte når luka ikke kan lukkes.

3.1.2 Lossing fra dykkertøyet til bedriften

Kritiske punkt

1. Skjellene får hard medfart når fangstnettene dumpes i karene på land (Figur 3.1 b).

Mulige potensiale for forbedring

1. Karene fylles med vann før skjellene lastes oppi.
2. Generelt mer forsiktig under tømmeprosessen.

3.1.3 Lagringsanlegget

Kritiske punkt

1. Plassering av inntakspumpe på 5 m fører store utfordringer, spesielt i sommerhalvåret for høye vannkvaliteter (temperatur og saltholdighet)
2. Forsyningens konstruksjon med høy trykkløst (og dermed flow) til karene forandres i forhold til tall og flow per kar.
3. Vanntilførsel på toppen av karene med overrenning medfører rutsisjon er mangelfullt og fører til utilstrekkelig mengde oksygen i bunnen (Figur 3.1 c)

Mulige potensiale for forbedring

1. Loggefunksjon for temperatur bør installeres å ta forholdsregler.

2. Forsyningsrørene for vanntilførsel bør arrangeres / sløyfes for å eliminere trykkforskjeller
3. Vannsirkulasjonen i karene må forbedres, f.eks. p-strean vannflow
4. Falsk bunnkarenevil kunne samle opp skit og ferskjellene.
5. Lagringshøydeav skjell i karene bør reduseres i forhold til god levedyktighet ved ønsket lagringstid.

3.1.4 Sortering og pakking

Kritiske punkt

1. Tømming av skjellene er sannsynligvis en ny stressfaktor for skjellene
2. De små skjellene går ofte gjennom denne prosessen flere ganger før evt. Pakking eller re-utsetting i sjø.

Potensial for forbedring

1. Mer vann under tømmeprosessen.
2. Eventuelt nedkjøling av skjellene på forhånd i den varme årstiden for å min stressfaktoren.
3. Nedkjøling av skjellene vil muligens forbedre holdbarhet under transporten.

a)



c)



b)



d)



Figur31 - Kritiske faser i produksjonen ved Seashell AS. a) Opptak av fangst. b) Tømming av fangstnettene i lagringskar. c) Vanntilførselen i lagringskarene. d) Tømming av karene på pakkelinja.

Vurdering av skjellskader gjennom produksjonsprosessen

Skader var spesielt synlige på den nye voksekanten på skjellene som lå på de tynn og har lett for å brette. Undersøkelser av de merkede skjellene viste at skader på vekstkanten forekom både under høsting og på båt/mellomlagring på land og under sortering. Samtlige merkede skjell hadde betydelige skader på vekstkanten ved siste undersøkelse (under pakking). Slike skader ser derfor ut til å akkumulere seg ved høsting til pakking.

Undersøkelse av fangstnett var lagret på topp av lasten, viste at ca. 15 % av skjellene i øverste del av nettet var uten skader. I nederste del av nettet var ca 8 % av skjellene uten skader. For skjell som var lagret i fangstnett i bunn av last ble det ikke funnet individ uten skader i skjellkant

Undersøkelsen av skjellene som ikke var merket, viste også at de som var lagret på vekstkanten mellomlagring i 1000 liters plastkar i ca 12 timer hadde 10 % skjellene i øvre del av karer med skader mens det på skjellene i midten og i bunnen var 4% og 2 % skjell uten skader.

Selv om det generelt ble funnet få skjell uten skader, indikerer resultatet følgende

- mengde skader på vekstkant av skjellene med økende vekt, slag og/eller press skjellene er utsatt for under transport fra høsting til lagring
- skjell som ligger lenger i karene under mellomlagring påført flere skader enn skjell som ligger på topp.

Å redusere dag og støtpåkjening er viktig for å redusere dødelighet. Et enkelt forsøk ble gjennomført hvor skjell ble utsatt for støtpåkjening ved at grupper på skjell ble utsatt for 3 overføringer mellom tørre dunker, tilsvarende fall på 1,5 meter. Betydelige støblesimulert ved at individuelle skjell ble utsatt for 3 dropptid fra 1,5 meters høyde. Støtpåkjening gir en signifikant høyere dødelighet under mellomlagring sammenlignet med skjell som ikke ble utsatt for en slik påkjening. For skjell som ble utsatt for betydelig støtpåkjening var dødelighet etter 6 dager med revitalisering i vann og på hele 90 % etter 6 dager med revitaliseri

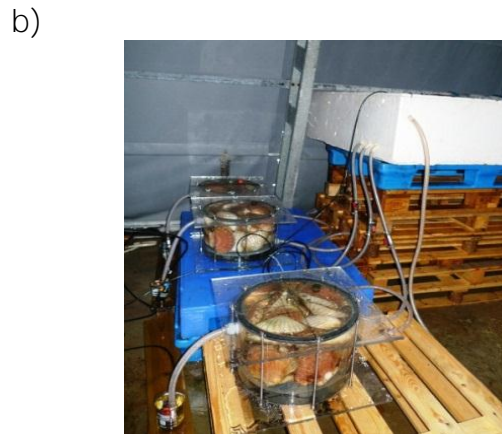
3.2 Forbedring av dagens lagringssenheter og vanntilførsel.

3.2.10 Oksygenforbruk og beregning av nødvendig flow

Oksygenforbruket ble beregnet i september 2010 sjøtemperaturen ved Seashell sitt inntak (5 m) var på sitt høyeste (11). Gjennomsnittlig forbruk i løpet av ett døgn ble beregnet for liten, middels og stor syl (Figur 3.2a), og var henholdsvis 0,18, 0,28 og 0,27 mg⁻¹kg⁻¹ skjell. Gjennomsnittet for de tre sylindere var 0,24 mg min⁻¹kg⁻¹ (±0,06) (Tabell 3.1).

Det ble ikke benyttet lokk på sylindrene under oksygenloggingen. Dette førte til pulsvis flow fra den minste sylindren. Dette kan være en medvirkende årsak til noe avvikende verdier for den minste sylindres sammenlignet med de to andre.

I april 2011 ble oksygenforbruket beregnet ved laveste sjøvannstemperatur. Tre av de små sylindrene ble benyttet, nå med påmontert lokk som medførte en jevn strøm av utvannet (Figur 3.2b). Gjennomsnittlig oksygenforbruk ble beregnet til $0,10 \text{ mg}^{-1} \text{ min} \text{ kg}^{-1}$ ($\pm 0,01$) (Tabell 3.1).



Figur 3.2- Beregning av oksygenforbruk ved modifiserte respirometere og gjennomsnittsvanna a) September 2010, målt for liten, middels og stor sylinder. b) 3 replikater for liten sylinder april 2011.

Ut fra beregnet oksygenforbruk ble tilstrekkelig flow beregnet ut fra konsentrasjonen ikke skal synke under 80 % metning og heller ikke lavere enn $7,58 \text{ mg}^{-1} \text{ L}$ (september).

- ◁ Oksygenforbruk målt i september 2010 ved 14°C ($0,24 \pm 0,06 \text{ mg min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$) tilsier en nødvendig flow på minst $0,14 \text{ kg}^{-1} \text{ min}$
- ◁ Oksygenforbruket i april 2011 ved $4,7^\circ\text{C}$ ($0,10 \pm 0,01 \text{ mg min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$) tilsier en nødvendig flow på minst $0,05 \text{ kg}^{-1} \text{ min}$.

Tabell 3.1- Beregning av oksygenforbruk og nødvendig flow i de ulike sylindrene for konsentrasjonen ikke skal synke under 80 % metning og heller ikke lavere enn $7,58 \text{ mg}^{-1} \text{ L}$ (september). Beregningen er for mellomlagring. Ved innsett av skjellene må det beregnes høyere flow da skjellene er stresset.

Dato	t °C	100 % O ₂ mgL ⁻¹	Replikater	Timer logget	O ₂ (Snitt ± SD) mg min ⁻¹ kg ⁻¹	Flow L min ⁻¹ kg ⁻¹
02.09.201	14	8,5	3	24	0,24 ± 0,06	0,14
03.04.201	4,7	10,2	3	17	0,10 ± 0,01	0,05

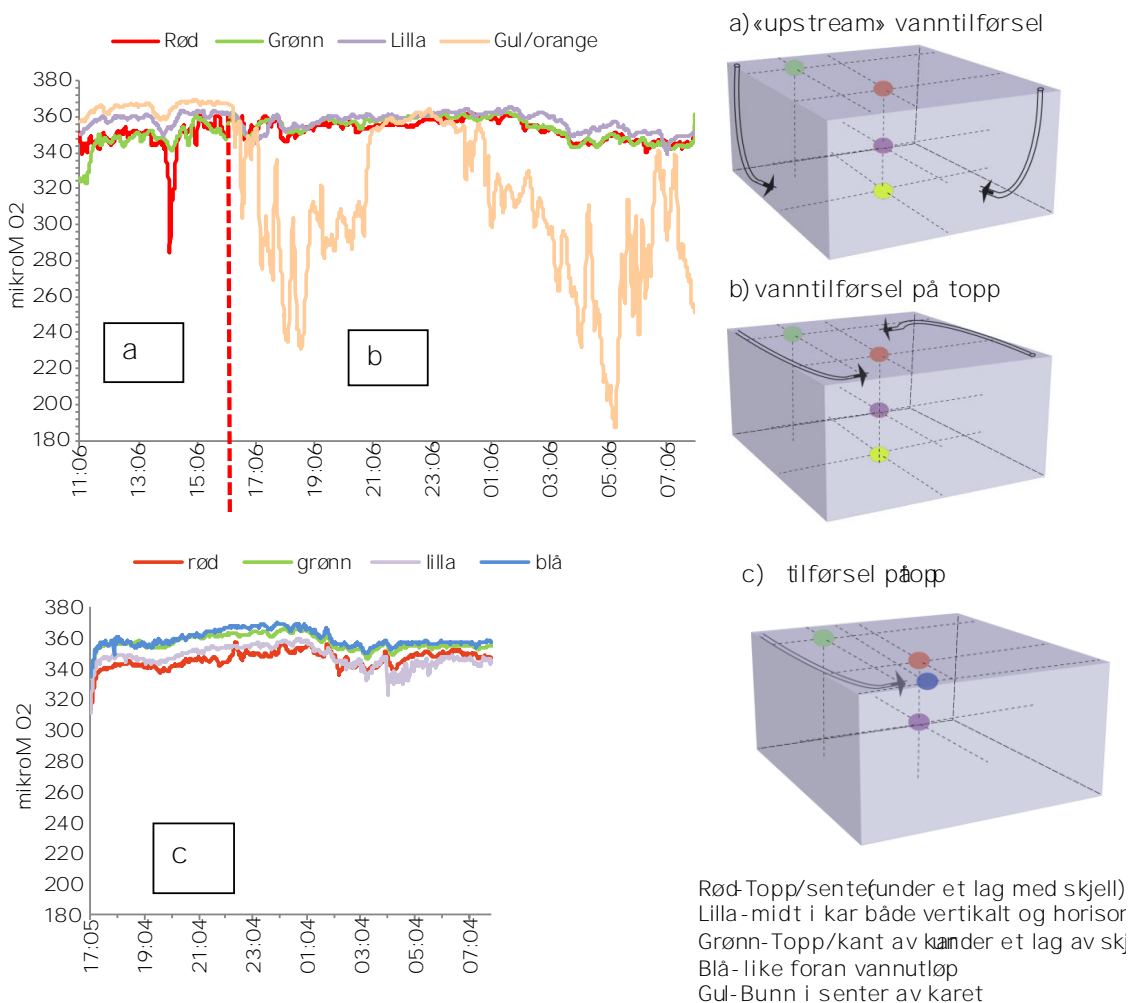
Beregnet flow var noe høyere enn referert ScalQual prosjektet (Magnesen et al. 2003) hvor tilstrekkelig flow ved 12°C var anbefalt $0,065 \text{ L min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$. Duncan (1993) beregnet flow ved 1°C til $0,074 \text{ L min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$. Det er sannsynlig at tilstrekkelig vann tilførsel vil variere med karutforming, hvordan vannet tilføres og høyden på lagret skjell i karene. Disse parameterne oppgitt de to nevnte referansene.

3.2.2 Vanntilførsel karene

Oksygenkonsentrasjonen i ulike områder av mellomlagringstankene undersøkt mars 2009

- Vanntilførsel (inn) med to slanger fra bunnen og overrenning (ut) over kar kanten
- Inn med to slanger på toppen av kar og overrenning (ut) over kar kanten
- Inn med en slange på toppen av karet og med overrenning (ut) som utløp

Ved «upstream» vanntilførsel (Figur 3.3a) varerte oksygenkonsentrasjonen mellom 200-250 μM , tilsvarende ca. 0,5 mg l^{-1} for de ulike målepunktene. Verdiene var høyest for målepunktet i bunnen. Ved flytting av slangene til toppen (Figur 3.3b), fikk man to kraftige dropp i konsentrasjonen ved målepunktet på bunnen, tilsvarende en nedgang på 4,5 mg l^{-1} . De tre målepunktene på toppen av karet var konsentrasjonen høy, relativt stabil og med minimal variasjon mellom målepunktene. Ved vanntilførsel med en slange på toppen (Figur 3.3c), var konsentrasjonen i samtlige målepunkt på toppen mellom 340-400 μM , dvs. tilnærmet det samme som i a) og b). Dette gjaldt også målepunktet plassert ca 25 cm ned i biomassen, midt i karet.



Figur 3.3- Oksygenkonsentrasjoner i ulike områder i 1000 L kar i mars 2009, sjøtemperatur 4,7 °C (~ 90 L min⁻¹); a) vanntilførsel fra to slanger under skjellene («upstream»); b) fra to slanger på topp av skjellene; c) fra en slange på topp.

3.2.3 Lagringshøyde av skjellene

April

5-6 timer etter innsettning hadde skjellene i de øverste 30 cm begynt å filtrere. De nederste skjellene så ut til å forbli lukket. Samme trend kunne observeres gjennom hele forsøket.

Figur 3.4a) viser registrert dødelighet av skjell etter 7 og 18 dager i de ulike sylindertypene. Generelt økte dødeligheten gjennom perioden for alle gruppene. Dødelighet ble registrert etter 7 dager og ingen signifikant forskjell i mellom gruppene (ANOVA; $p > 0.05$). Ingen signifikant forskjell i dødelighet ble funnet mellom liten sylinder og middels sylinder etter dag 14 og 18. For stor sylinder på disse dagene ble det funnet en signifikant høyere dødelighet sammenlignet med de andre gruppene (ANOVA; 14 dg: $p = 0,001$ og 18 dg: $p = 0,006$).

Figur 3.5a) viser hvordan dødeligheten fordeler seg i de ulike lagene; bunn, midten og topp av stor sylinder. En trend til høyere dødelighet i bunnen av sylinderen sammenlignet med topp ble funnet etter 7 dager (ANOVA; $p = 0.08$). Dødeligheten i bunnen av sylinderen var signifikant høyere enn både midten og toppen av sylindere etter 14 dager (ANOVA; $p = 0,0015$) og 18 dager (ANOVA; $p = 0,0007$). Forskjeller i dødelighet mellom ulike lag i middels beholder ble undersøkt, men ingen statistiske forskjeller ble funnet for noen av dagene.

September

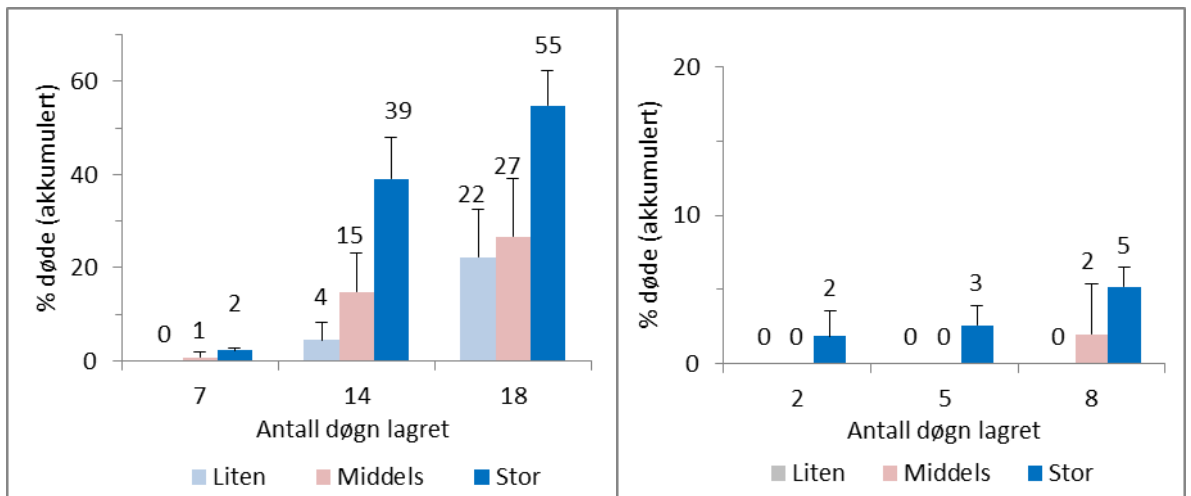
Som for forsøket i april, kunne man også i dette forsøket observere at skjellene aktivt filtrerte under lagring i liten sylinder, samt toppen av stor og middels sylinder.

Skjellene lengre nede i stor og middels beholdere ble lukket, mest sannsynlig som følge av vekten av overliggende filter. Figur 3.5b) viser registrert dødelighet i de ulike beholderne (stor, middels og liten) etter 2, 5 og 8 dager lagring. Med maksimum 5 % dødelighet etter 8 dager var overlevelsen av skjell god. Ingen dødelighet ble funnet i liten beholder under perioden, og dødelighet i middels beholder ble først registrert ved siste uttak på slutten av forsøket (8 dager). Statistisk ble det for øvrig kun funnet høyere dødelighet for skjell i stor beholder etter 5 dager sammenlignet med middels sylinder (ANOVA; $p = 0,007$). En trend mot statistisk høyere dødelighet i stor sylinder sammenlignet med liten ble også funnet etter dag 8 (ANOVA; $p = 0,059$). Dødelighet for skjell i stor beholder ble først og fremst funnet i bunnen av sylindere.

Figur 3.5b) viser dødelighet av skjell under revitalisering ved uttak og en dag etter simulert transport. Ved uttak ble det funnet signifikant høyere dødelighet hos skjell fra bunn av stor sylinder sammenlignet med topp av stor sylinder (ANOVA; $p = 0,04$), og en tendens til høyere dødelighet hos skjell fra bunn av stor sylinder sammenlignet med skjell fra liten sylinder (ANOVA; $p = 0,069$).

a) April-sjøtemperatur $5,0 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$

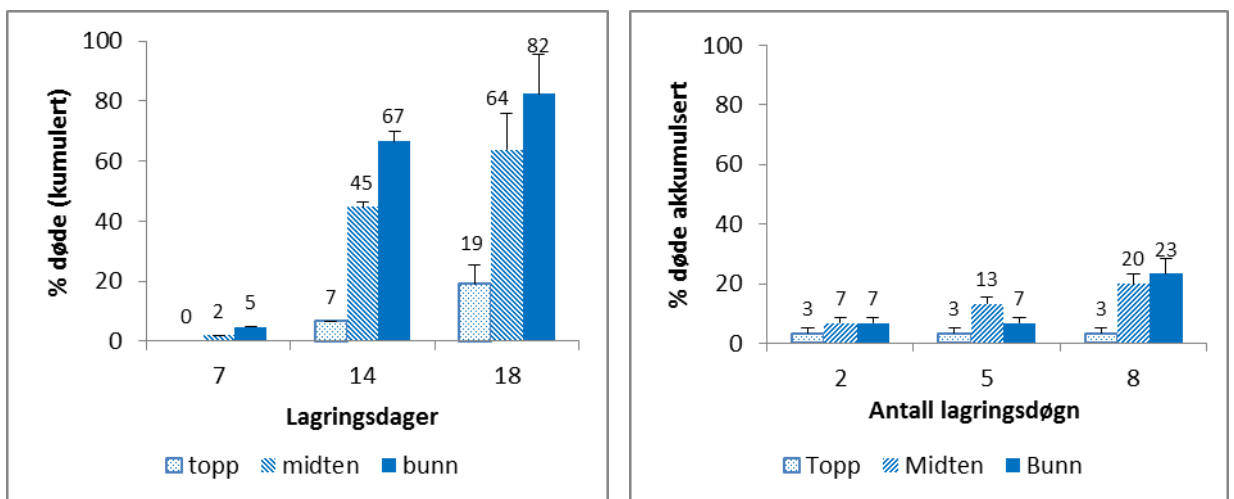
b) Septembersjøtemperatur $13,7 \pm 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$



Figur 3.4 - Dødelighet i stor, middels og liten sylinder etter ulike lagringstider; a) april og b) september.

a) April-sjøtemperatur $5,0 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$

b) Septembersjøtemperatur $13,7 \pm 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$



Figur 3.5 - Dødelighet i topp, midten og bunn av stor sylinder; a) april og b) september.

3.3 Storskalaforsøk med kartype, lagringshøyde og lagringstid

Storskalaforsøket foretatt i september 2011, hvor målingene er fra tidligere forsøk med vanntilførsel og høyde på skjellene.

To alternative lagringenheter ble testet mot bedriftens ordinære skavsnitt 2.3 og Feil! Fant ikke referanse kilde. Skjellhøyden i samtlige kar var 30 cm, som tidligere funnet akseptabelt i forsøk med sylindere i 3.2.3. Skjellene var plukket ved Smøla samme dag som de ble levert på bedriften. De ble fylt med ønsket mengde skjell etter hver skalle. Skjellene ble losseløst av en time var samtlige av prøvekarene fylt, 3 ulike kar til korttidslagring (36 t) og 3 til langtidslagring (36 t).

(5 døgn tilsv., 116 t) temperaturen i september lå mellom 13,4 °C på ian vannet, dvs. en tøffere situasjon for skjellene enn forsøket i mars 2009.

Etter 36 timer som regnes som en revitalisering av skallet, kar av hver type sortert og pakket den døde skjell ble registrert (Tabell 1).

Tabell 3.2- Dødelighet ved kort lang forhåndslagring av kamskjell i tre ulike kartyper høsten 2011.

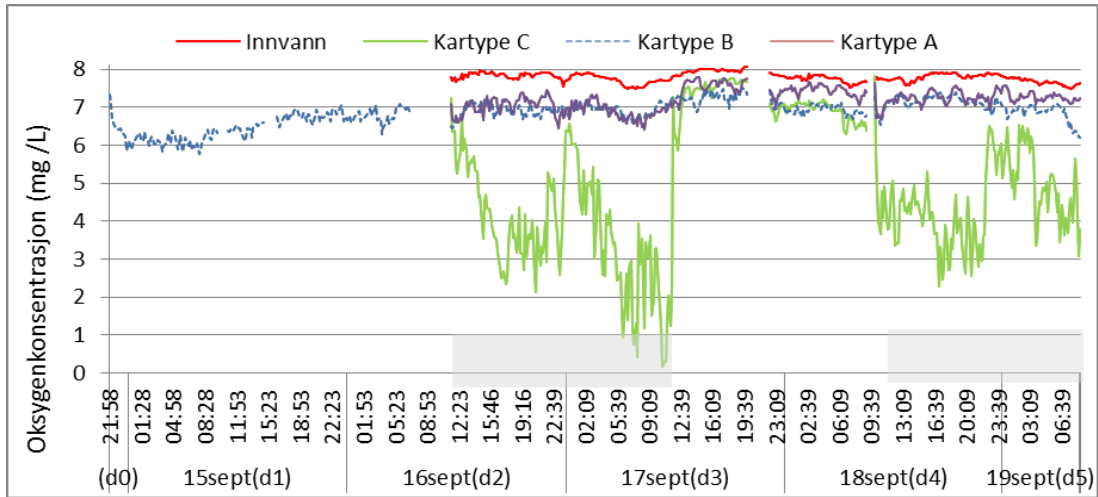
Lagring (timer)	Skjell-høyde	Kar type	Biomasse (kg)	Flow snit (0-36 t)	Flow snit (36-116t)	Lukt v/slutt	Døde ant	Døde (% kg)
36 t	30 cm	C	175	0.25	-	-	0	0
		B	170	0.25	-	-	0	0
		A	131	0.28	-	-	0	0
116 t	30 cm	C	170	0.20	0.35	Mye	37	4.7
		B	181	0.23	0.32	-	6	0.7
		A	131	0.25	0.39	-	8	1.4

* Flow: L min⁻¹ kg⁻¹

For skjellene som var lagret i 5 døgn, var dødeligheten i kar C, 7,4% dvs. over 3 ganger så høyt som i kar B og over 6 ganger så høyt som i kar A (Tabell 1). Det var også en sterk ammoniakk lukt da kar C ble tømt på sorteringsbordet. Dette skyldes bl.a. en del skjell som til dels hadde gått i oppløsning og luktet sterkt. Disse skjellene hadde sannsynligvis vært døde i en lengre periode av langtidslagringen. En medvirkende årsak til lukten var sannsynligvis vannkvaliteten i bunnen av karet.

Oksygenlogging ble foretatt vekselvis på topp og bunne i lagring i bunnen ble foretatt ett døgn fra kl 12 på dag 2 og fra kl 12 på dag 4 og inntil karene ble tømt for pakking (Figur 3.6). Før loggingen på bunnen startet, ble karene tømt, loggerne plassert på bunnen, og nytt vann fylt opp i karene.

Loggingen på bunnen betydelig redusert oksygen for kar C (Figur 3.6). Videre viste prøver av bunnvannet i dette karet et total ammoniakk på 20 mg L⁻¹ da karet ble tømt etter endt lagring. Ammoniakk i bunnvannet var under deteksjonsgrensen i de andre karene.



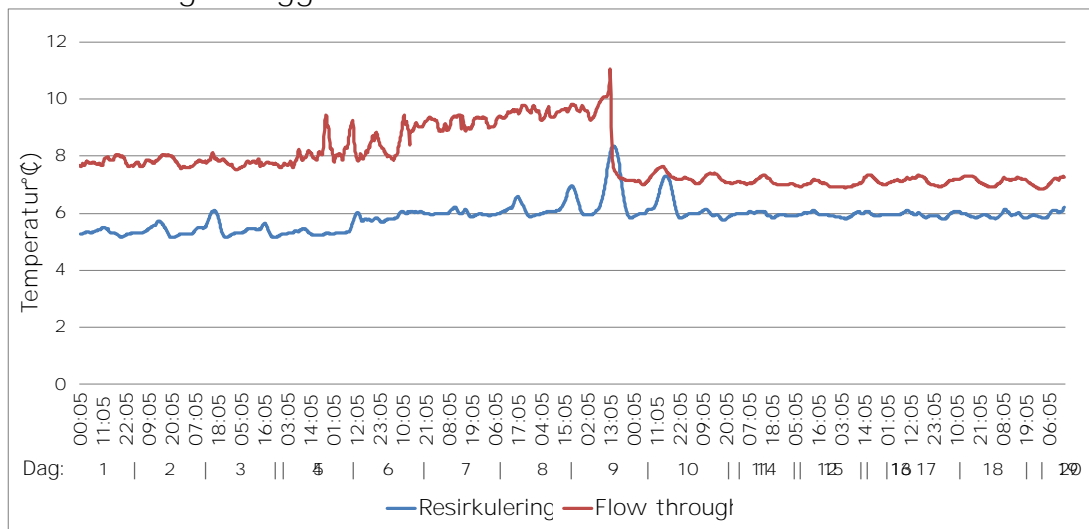
Figur3.6- Oksygenkonsentrasjon (mg/L) ved langtidslagringen av kamskjell. De første 36 timer målt kun i kar B (topp). Deretter vekselvis på toppen og i bunnen av alle karene, samt i måling i bunnen av karene markert med grått på tidsaksen.

Konklusjon

Ved lagring av skjellene i 30 cm høyde ble det ikke registrert dødelighet i noen av kartypene under revitalisering (36 timers lagring). Ved lagring utover dette, ble betydelige oksygensvinn i innvannet registrert i karet med Seashell sin ordinære lagringsmetode, dvs vannslange på toppen og ut vannet over kanten.

3.4 Spesielle forhold ved lagring av skjell i sommerhalvåret

Ingen tekniske problemer oppsto under forsøket i juni 2009. Både for flow through og resirkuleringsanlegget viste målinger at vannkvaliteten var god (>95% O₂ og -8.2). Vanntemperaturen for de to forsøksoppsettene (flow through og resirkulering) er vist i Figur 3.7, hvor rød linje viser temperaturforløpet for skjell lagret i flow through anlegg og blå linje viser temperaturen i resirkuleringsanlegget.



Figur3.7- Temperatur gjennom forsøksperioden fra 20.8 juni til 2009.

Fra dag 7 ble det observert en gradvis økning i temperaturen for flow through fra $c^{\circ}\text{C}$ til over 10°C på dag 11. På grunn av tekniske årsaker ble vanntilførselen til flow through systemet på dag 11 forandret slik at vann ble pumpet dypt ned mot 19 m tidlige i løpet av dagen som medførte en betydelig nedgang i temperaturen. Den resterende tiden av forsøksperioden holdt temperaturen seg stabil rundt 7°C i flow through systemet.

Etter dag 5 ble temperaturen i resirkuleringsanlegget (se figur 3.7) justert opp (til 6°C) da det viste seg at kjøleren ga større effekt enn ønsket. Bortsett fra dette holdt temperaturen seg forholdsvis stabil i resirkuleringsanlegget frem til dag 10. På dag 10, 11 og 12 ble det målt betydelige døgnvariasjoner i temperatur, med en økning på over 2°C på dag 11. Det var mye sol disse dagene og døgntemperaturene var relativt høye noe som mest sannsynlig har forårsaket en oppvarming av forsøkslokalitetene hvor resirkuleringsanlegget var lokalisert. Fra dag 12 og resten av forsøksperioden holdt temperaturen seg stabil rundt 6°C i resirkuleringsanlegget.

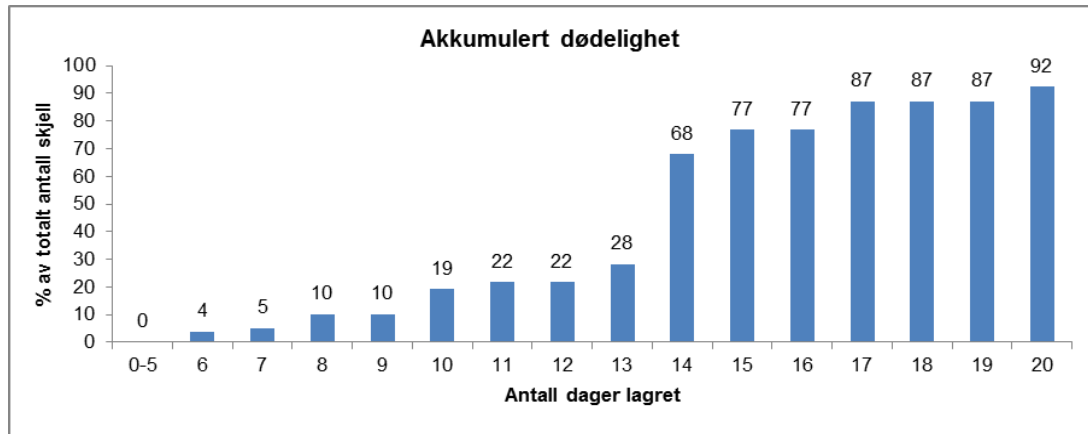
Dødelighet

Det ble ikke registrert noen dødelighet for skjell som ble lagret i flow through systemet gjennom lagringsperioden. Ved dag 9 ble det observert gyting av flere skjell i en isoporkasse i flow through systemet. På dag 11 ble det også observert gyting av flere skjell i en annen kasse.

Frem til og med dag 5 ble det ikke observert noen dødelighet for skjell i resirkuleringsanlegget. Fra dag 6 og videre ut forsøksperioden ble det forøvrig ved hver undersøkelse funnet døde skjell. Ved endt forsøk var mindre enn 10 % av skjellene fortsatt i live (figur 3.9). Hos alle de døde skjellene ble det observert at kapperanden hadde trukket seg tilbake og var ofte skadet (figur 3.8). Det ble ikke registrert noen tilsynelatende forskjeller mellom skjell under 11 cm og skjell over 11 cm med hensyn på dødelighet. På dag 14 ble det observert rognrester i en isoporkasse i resirkuleringsanlegget. Generelt var vannet ganske grumsete i alle kasser denne dagen noe som indikerte at det hadde foregått gyting også i andre kasser (Mason 1958).



Figur3.8-Dødt kamskjell lagret i resirkuleringsanlegg.



Figur3.9-Akkumulert dødelighet gjennom forsøksperioden fra 20. mai til 8. juni 2009 for skjell lagret i resirkuleringsanlegg (6 °C). Dag 12, 16, 18 og 19 ble dødelighet ikke registrert.

Grunnen til den store dødeligheten resirkuleringsanlegget er ikke kjent. På grunn av noe høyere effekt av kjøleanlegget enn beregnet lå temperaturen de første fem dagene av forsøket ned mot 6°C. Dette er tilsvarende temperaturer som tidligere har vist økt dødelighet hos yngel og juvenile kamskjell (Skjold et al. 1993, Synjelsen and Strand 1996). Selv om voksne kamskjell vanskelig kan sammenlignes med juvenile skjell er det mulig at den lave temperaturen kan ha påvirket overlevelsen av skjell som ellers hadde vært utsatt for flere påkjenninger, (håndtering og «tørr» transport) dagene forut for innsett.

En annen mulighet kan være opphopning av avfallsstoffer i resirkuleringsanlegget. ble ikke foretatt målinger av ammoniakk den første uken av forsøket. Målinger for på dag 7 viste øvrigerdier langt under hva som kan anses som dødelig for skjell (0,003-0,004 mg/L NH₄⁺) (Epifanio and Srna 1975, Edman et al. 2008, Bang et al. 2009). Det kan imidlertid ikke utelukkes at nivået av ammoniakk har vært høyere tidligere dager, da biofilteret i resirkuleringsanlegget trenger tid for å etablere nitrifiseringsprosessen.

En tredje mulighet er at skjellene i resirkuleringsanlegget ikke fikk tilstrekkelig med næring, ettersom det resirkulerte vannet ble renset og dermed ikke hadde noen partikler (alger, organiske stoff) som ga føde for skjell. Skjell som ble lagret i forsøket ble skjell som hadde vært i flow through systemet satt i resirkuleringsanlegget i en uke, men ingen dødelighet ble observert på disse skjellene. Dette indikerer at mangel på næring ikke ser ut til å være en soleilt årsak til den observerte dødeligheten. Årsaken til den høye dødeligheten kan med andre ord være forårsaket av enkelte eller summen av flere faktorer, og viser at det er forbundet en del utfordringene med å benytte resirkuleringsanlegg i mellomlagring av kamskjell (jfr. Feil! Fant ikke referanse kilder. Feil! Fant ikke referanse kilder).

3.4.1 Observasjoner av gyting

I Norge er det funnet geografiske forskjeller i både tid og frekvens hos kamskjell (Strand and Nylund 1991, Duinker and Nylund 2002, Agnesen and Christophersen 2008). For det i Trøndelag har blitt sagt at gyting forekommer i juni ved en temperatur på mellom 9°C.

Gjennom prosjektperioden har man gjort en del observasjoner i forhold til gyting, og også her ser at temperatur er viktig. I forbindelse med lagringsforsøket i juni 2009 (Se 3.4.3) spesielle forhold ved lagring av skjell i sommerhalvåret det observert gyting hos flere kamskjell i flow through systemet i en periode med temperaturstigning fra 8 til mellom 9 og 10 °C. Det ble også observert en viss form for synkronitet i gytingen ved at flere skjell i samme kasse gyttet samtidig. Dette har trolig sammenheng med at skjell som gyter har vært i stand til å stimulere andre skjell til å gyte (Bayne and Blake 2006).

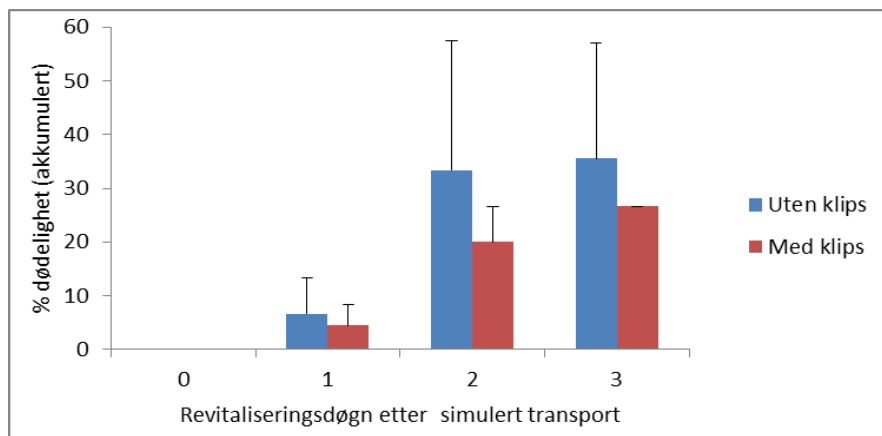
Også bedriftspartner i prosjektet (Shell AS) rapporterte om første observerte gyting i denne perioden i 2009, hvor temperaturen hadde steget fra 10°C til 12°C. For årene 2010 og 2011 ble det imidlertid ikke rapportert om gyting før august. En tid tid hvorman antar at kamskjellene i dette området vanligvis starter regenerering av gonader (Duinker and Nylund 2002, Agnesen and Christophersen 2008). Årnedstid etter dette, kom det bakemeldinger fra kjøpere med preferanser for store gonader om at skjellene ikke holdt ønsket kvantitet til gyting. Spesielle temperaturforhold med lang kald vinter og vårtemperaturstigning kan være en mulig årsak til en forsinket gyting disse årene. I perioden av 2010 og 2011 hvor det ble rapportert om gyting var betydelig høyere enn hva vi målte i forbindelse med gjøtting i 2009 og som er rapportert av Strand og Nylund (1991). Det fremstår derfor uklart om gyting i dette området forekommer ved en gitt temperatur eller som et resultat av endringer i temperaturen. Mason (1958) argumenterte også for at gyting ikke ser ut til å skje ved et gitt te observert i sine studier gyting hos kamskjell ved flere ulike temperaturer. Andre studier styrker også ideen om at gyting er sterkt påvirket av temperaturen. Minchin (1992) plasserte voksne kamskjell i lanternernett på dyp under 16 m i perioder fra 1 til 4 måneder. I juni/juli ble skjellene heist opp mot overflaten hvilket medførte en temperaturheving på 12-14 °C. I alle forsøksoppsettene medførte dette en oppstart av gyting.

Temperatur blir også benyttet i yngelproduksjon av kamskjell, hvor voksne skjell utsettes for «varmesjokk» for å stimulere gyting (Gyfford and Beaumont 1970). Om gyting kan se ut til å være mer regulert i vanntemperatur hvor kritisk temperatur avhenger av tilvenningstemperatur hos skjellene (Bayne and Blake 2006). er bildet sannsynligvis mer komplekst hvor flere faktorer virker. Månedstid har blitt nevnt som mulig stimuli til gyting (Byring 2006). Videre etidspunkt og periode for algeoppblomstring sannsynligvis viktig da skjell trenger nok næring og tid til å bygge opp gonader (MacDonald and Thompson 1986, Bayne and Blake 2006). Muligheten for å «forutse» periode for gyting er viktig i kommersiell utnyttelse av arten ved at man ønsker forutsigbarhet ovenfor markeder som ønsker skjell med fyldig gonade. Variasjoner fra år til år samt usikkerhet rundt faktorer som tid på året og imidlertid vanskelig å planlegge produksjon i forhold til å møte markedets behov.

3.5 Pakkemetode

Forsøk med pakking med og uten klips

Skjellene ble pakket og satt på kjølerom for simulert transport. Til sammen 3 kasser med og 3 kasser uten klips ble tatt ut etter 24 døgn. Dødelighet ble registrert ved uttak og etter 1, 2 og 3 dager med revitalisering (Figur 3.10). Ved uttak var ingen av skjellene døde. Skjellene ble deretter lagt på østerskasser for revitalisering, brett for hver kasse. For kassene uten klips var 6.7 %, 33.3 % og 35.6 % døde (akkumulert) registrering etter henholdsvis 1, 2 og 3 dager. Med klips var dødeligheten lavere med henholdsvis 4.4 %, 20 % og 26.7 % døde (akkumulert). Dødeligheten i kassene uten klips skyldtes stor dødelighet i en av kassene, og ved testing var forskjellene ikke signifikant forskjellig.



Figur 3.10- Simulert transport av skjell pakket uten klips og med klips

Transport til Belgia og Ålesund april 2011

Skjell ble forhåndslagret i 1,5 døgn (K=kort) og i 6 døgn (L=lang), deretter pakket og transportert til det belgiske markedet og til Ålesund. Pakking ble foretatt i 5 kg isoporkasser (hver med 20 skjell). Pakking ble foretatt på to ulike måter:

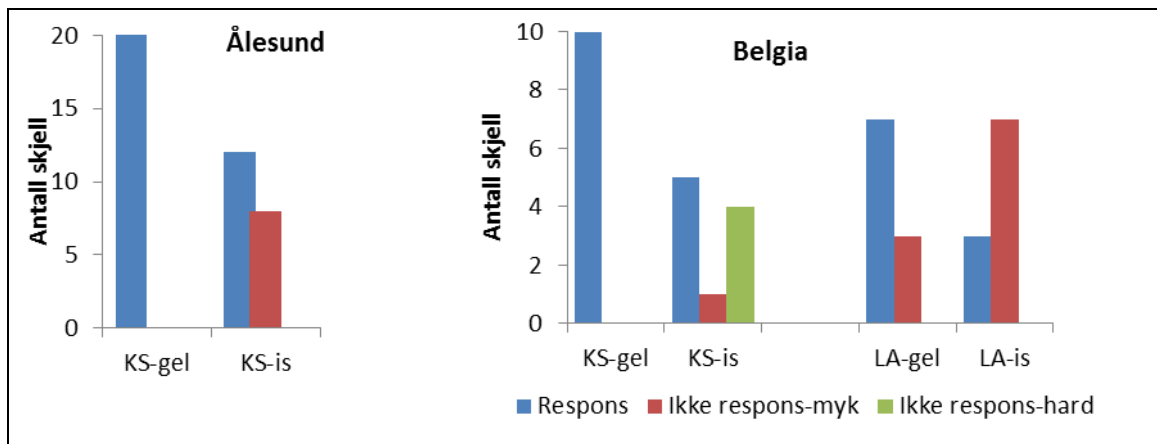
- Gel = Treull fuktet i sjøvann og på skjellene gelis (0,5 kg) på toppen
- Is = knust is ca 1 kg lagt i bunnen av kassen med skjell direkte oppå isen

Dødelighet ble registrert ved fremkomst og åpning ved:

- Muskelrespons ved åpning av begrenset del av skjellene i Belgia, og 20 i Ålesund
- Muskelrespons uten å åpne skjellene og ved registrering etter 5 døgn med revitalisering

En betydelig større andel av skjellene transportert med gelis hadde positiv muskelrespons både for korttidslagret sammenlignet med langtidslagret, og for skjell

transportert med is sammenlignet med skjell transportert med gel (Tabell 3.3).



Figur 3.11 - Muskelrespons for skjell med kort forhåndslagring i 1,5 døgn og lang forhåndslagring i 6 døgn (LA), og transportert med gel og knust is som kjølemedium i kasene

Tabell 3.3 - Andel døde ved uttak og under revitalisering av skjellene etter transport i 3 døgn fra Seashell på Frøya og til Ålesund med ulike pakkeметode

Før transport		Pakke metode	% døde (akkumulert)	
Lagring	Kartype		Ved uttak	Revitalisert 5 døgn
6 døgn	Adriatec	Knust is	300 ± 5	533 ± 5
		Gel-is	183 ± 2	350 ± 8
		P-verdi	0,025	0,038
1,5 døgn	Nordic	Knust is	383 ± 5	60 ± 0
		Gel-is	250 ± 5	41,7 ± 2
		P-verdi	0,039	< 0,001

3.6 Spesifikasjon for oppjustering av dagens anlegg

Følgende prinsipielle punkt ble lagt til grunn for en spesifisering av et nytt levende lagringsanlegg hos Seashell, som tegnet i Figur 3.12

- ◀ Inntaket senkes så langt det lar seg gjøre (på 5 m)
- ◀ Rett etter inntakspumpen må det være UV for å unngå/begrense begroing
- ◀ Vannet går gjennom en varmeveksler (i dette tilfellet vil det da kjøle ikke varme)
- ◀ Gjennom en fordampner som er tilknyttet varmepumpe (vannet gir da fra seg energi)
- ◀ Etter dette vil det gå til kar med skjell
- ◀ Avløpsvannet blir så ført tilbake til varmeveksler
- ◀ Så til kondensatoren i varmepumpen og så i avløp.

Artec forslår i tillegg oksygenering, trommelfilter og lufting siden vannet nedkjøles. Nedkjøling fører til en undermetning av gasser. På vinteren kan det uansett være greit å luften vannet, selv om det ikke blir nedkjølt, da sjøvann ikke alltid er i likevekt.

Figur 3.12- Prinsipiell tegning av et nytt levendelagringsanlegg hos Seashell.

Oversikt over investeringsanlegg er forelagt. Største utgift på et slikt anlegg vil være prosessutstyret inkludert varmepumpe, kolonnelufter, trommelfilter, avløpspumpe og frekvensomformere. I tillegg kommer automasjon, rørentrepriser og prosjektledelse. Utgiftene ble forelagt bedriften hvor det var angitt høy, middels eller lav sikkerhet for kostnadsberegningene.

Viktig ved planleggingen av levendedyr anlegget, vil være strømforbruk. Seashell beregner at han må kjøle med vann i 3 av årets måneder. Strømforbruk ble estimert for en nedkjøling på 7°C.

Spesifisert oppsett, kostnadsoverslag og strømforbruk er forbeholdt bedriften.

