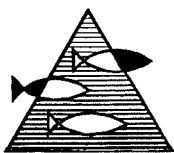


# PROSJEKTRAPPORT

ISSN 0071-5638



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesgt. 50 Postboks 1870 5024 Bergen

Tlf.: 55 23 85 00 Faks: 55 23 85 31

Forskningsstasjonen

Flødevigen  
4817 His

Tlf.: 37 05 90 00

Faks: 37 05 90 01

Austevoll

Havbruksstasjon  
5392 Storebø

Tlf.: 56 18 03 42

Faks: 56 18 03 98

Matre

Havbruksstasjon  
5198 Matredal

Tlf.: 56 36 60 40

Faks: 56 36 61 43

Distribusjon:

ÅPEN

HI-prosjektnr.:

9.06.5

Oppdragsgiver(e):

Fiskeridepartementet

Oppdragsgivers referanse:

96/539

Rapport:

FISKEN OG HAVET

NR.4 - 1997

Tittel:

YNGELPRODUKSJON AV STORT KAMSKJELL  
(*PECTEN MAXIMUS*): DEL 2: OPTIMALISERING OG  
OPPSKALERING AV YNGELPRODUKSJON 1996

Senter:

Havbruk

Seksjon:

Marine arter

Forfatter(e):

Terje van der Meeren, Thorolf Magnesen,  
Lise Torkildsen og Sissel Andersen

Antall sider, vedlegg inkl.:

61

Dato:

10.03. 1997

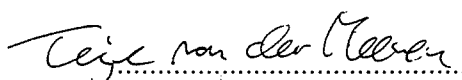
Sammendrag: Prosjektet er et resultat av en satsning for å utvikle kommersiell yngelproduksjon av kamskjell (*Pecten maximus*). I Juni 1996 ble det gitt tilsagn om 1,6 mill NOK fra Fiskeridepartementets NUMARIO-midler for oppstart av et oppskaleringprosjekt. Oppskaleringprosjektet støtter opp under FoU-virksomheten for en kamskjellnæring ved å være en brobygger mellom de rene forskningsoppgavene og utviklingen av en produksjonslinje for yngel. Prosjektet er skissert for en 4-års periode, og denne publikasjonen er en faglig rapport fra den igangsatte aktiviteten i 1996. Det ble startet undersøkelser på seks områder: a) effekter av algesammensetning i føret for stamskjell, b) effekter av førsammensetning på larvenes evne til synkron metamorfose, c) å definere en nedre grense for førtetthet hos postlarver, d) å redusere vann- og algebehov ved bruk av resirkulering i postlarvestadiet, e) utarbeiding av driftsbeskrivelse for pollstyring til bruk for yngel i landanlegg, og f) utvikle bedre dyrkingsmetoder for en bestemt føralge (*diatomèn Chaetoceros calcitrans pumilum*) som er viktig i yngelproduksjonen. Resultatene fra disse forsøkene er i det følgende presentert som selvstendige delprosjektrapporter. Sammendrag av resultatene fra de enkelte delområdene er derfor gitt under de respektive delprosjektrapportene. Forsøkene ble utført ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon og Scalpro A/S. Data fra Sealife A/S ble gjort tilgjengelig for evaluering av pollsystemet. En av de viktigste konklusjonene fra disse arbeidene er at patogene mikroorganismer i yngelproduksjonen av kamskjell med stor sannsynlighet kan bli et betydelig problem. Det er derfor viktig at den videre forskningen innenfor oppskaleringprosjektet legger betydelig vekt på dette området.

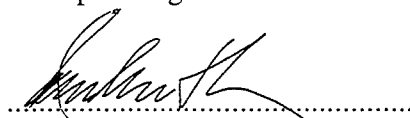
Emneord - norsk:

1. Kamskjell
2. Yngelproduksjon
3. Oppskalering

Emneord - engelsk:

1. Scallops
2. Spat production
3. Upscaling

  
.....  
Prosjektleder

  
.....  
Seksjonsleder

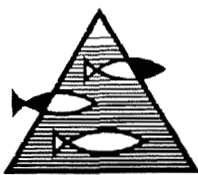
R 5039



# Yngelproduksjon av stort kamskjell (*Pecten maximus*):

Del 2: Optimalisering og oppskalering av  
yngelproduksjon, 1996

PROSJEKTRAPPORT



Hav - Liv - Miljø

*Terje van der Meeren, Thorolf Magnesen,  
Lise Torkildsen og Sissel Andersen*

**Havforskningsinstituttet,  
Austevoll havbruksstasjon,  
5392 Storebø**

*Tel:* 56180342

*Fax:* 56180398

*E-mail:* Terje.van.der.Meeren@imr.no



## INNHold:

---

<b>Sammendrag</b> .....	4
<b>Bakgrunn</b> .....	5
<b>Prosjekt mål</b> .....	6
<b>Prosjektaktivitet - 1996</b> .....	7
<b>Aktivitetsrapportering</b>	
<i>Delaktivitet 1: Kondisjonering av stamskjell</i>	
1.1 Effekt av algesammensetning i fôret .....	8
<i>Delaktivitet 3: Synkronisert metamorfose</i>	
3.2 Effekt av fôrsammensetning .....	16
<i>Delaktivitet 5: Postlarver - vannbehov og fôrutnyttelse</i>	
5.2 Defineringsgrense for fôrtetthet .....	28
5.3 Optimal resirkuleringsgrad .....	33
<i>Delaktivitet 6: Yngel i landbasert anlegg</i>	
6.2 Driftsbeskrivelse for pollstyring .....	46
<i>Delaktivitet 7: Algeproduksjon - kvalitet og kvantitet</i>	
7.3 Dyrkingsbetingelser for algen <i>Chaetoceros calcitrans pumilum</i> .....	59

---

## SAMMENDRAG

Prosjektet er et resultat av en satsning for å utvikle kommersiell yngelproduksjon av kamskjell (*Pecten maximus*). I Juni 1996 ble det gitt tilsagn om 1,6 mill NOK fra Fiskeridepartementets NUMARIO-midler for oppstart av et oppskaleringsprosjekt. Oppskaleringsprosjektet støtter opp under FoU-virksomheten for en kamskjellnæring ved å være en brobygger mellom de rene forskningsoppgavene og utviklingen av en produksjonslinje for yngel. Prosjektet er skissert for en 4-års periode, og denne publikasjonen er en faglig rapport fra den igangsatte aktiviteten i 1996. Det ble startet undersøkelser på seks områder: a) effekter av algesammensetning i føret for stamskjell, b) effekter av førsammensetning på larvenes evne til synkron metamorfose, c) å definere en nedre grense for førtetthet hos postlarver, d) å redusere vann- og algebehov ved bruk av resirkulering i postlarvestadiet, e) utarbeiding av driftsbeskrivelse for pollstyring til bruk for yngel i landanlegg, og f) utvikle bedre dyrkingsmetoder for en bestemt fôr-alge (diatomèn *Chaetoceros calcitrans pumilum*) som er viktig i yngel-produksjonen. Resultatene fra disse forsøkene er i det følgende presentert som selvstendige delprosjektrapporter. Sammendrag av resultatene fra de enkelte delområdene er derfor gitt under de respektive delprosjektrapportene. Forsøkene ble utført ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon og Scalpro A/S. Data fra Sealife A/S ble gjort tilgjengelig for evaluering av pollsystemet. En av de viktigste konklusjonene fra disse arbeidene er at patogene mikroorganismer i yngelproduksjonen av kamskjell med stor sannsynlighet kan bli et betydelig problem. Det er derfor viktig at den videre forskningen innenfor oppskaleringsprosjektet legger betydelig vekt på dette området.

*The project is a result of efforts to develop commercial spat production of scallops (Pecten maximus). In June 1996 1.6 mill. NOK was made available from the NUMARIO program of the Norwegian Ministry of Fisheries for initiation of an upscaling project. By bridging research and development of a spat production line, this project supports the R&D activity for the scallop industry. The project is outlined for a 4-year period, and the present document is a report of the scientific work initiated in 1996. Investigations started on six topics: a) effects of algal composition in the food of broodstock scallops, b) effects of food composition on the ability of synchrony in larval metamorphosis, c) defining the lower limit of food density required by post-larvae, d) use of recirculation to reduce amounts of water and algae needed in the production of post-larvae, e) preparation of an operation manual for lagoon management in the production of spat in a land-based facility, and f) improvement of cultivation methods for a specific food algae (the diatom Chaetoceros calcitrans pumilum) which is an important species in the spat production. The results from the experiments of these topics are in the following presented in separate task reports. Summary of the topic results is therefore given in the individual task reports. The experiments were carried out at Institute of Marine Research, Austevoll Aquaculture Research Station and Scalpro A/S. Data from Sealife A/S were available for evaluation of the lagoon system. One major conclusion of the project work was that spat production of scallops very likely may suffer from pathogenic bacteria. In the prolongation of the upscaling project, it is therefore important that further research in this area is intensified.*

## BAKGRUNN

For å kunne nå målet om å skape en kamskjellnæring i Norge har Havforskningsinstituttet (HI) i "Ramme-program for utvikling av kamskjellnæringen, 1995 - 2000" (*Kamskjellprosjektet*) lagt frem en strategi for etablering av næringsrettet forskning. Utvikling av lønnsom yngelproduksjon av kamskjell er et avgjørende element i denne strategien (Tab. 1). I 1995 ble selskapene Scalpro A/S (klekkeri i Øygarden) og Sealife A/S (yngelanlegg i Espevikpollen på Tysnes) etablert for å produsere kamskjellyngel. Disse er foreløpig de eneste bedriftene som driver yngelproduksjon av stort kamskjell i Norge. Scalpro A/S er eiet av 35 dyrkere og interessenter i *Kamskjellprosjektet*.

**TABELL 1.** Yngelproduksjon av kamskjell - arbeidsfordeling. *Scallop spat production - task responsibility*

	FoU-basiskunnskap	FoU-oppskalering	Produksjonslinje
Ansvarlig	HI Univ. i Bergen Scalpro A/S	HI / Kamskjellprosjektet	Scalpro A/S Sealife A/S
Anlegg	Austevoll havbr.st. Univ. i Bergen Scalpro A/S	Klekkeri Øygarden Yngelanl. Tysnes Austevoll havbr. st.	Klekkeri Øygarden Yngelanl. Tysnes
Varighet	1-3 år	3+2 år	3+2 år

Selskapene har som mål å etablere kommersiell yngelproduksjon innen 3-5 år. Den forretningsmessige risikoen vurderes som høy. I tillegg til privat kapital, må selskapene tilføres offentlige midler til gjennomføring av FoU-oppgaver for å redusere produksjons-kostnadene, slik at det kan legges grunnlag for en lønnsom produksjon. Dette forutsetter gjennomføring av langsiktig FoU innen oppskalering av yngel-produksjon, noe som vil bidra til reduksjon av variasjon i produksjonen og effektivisering av ulike produksjonsledd. FoU-oppgavene er av både grunnleggende og anvendt karakter, og bør foregå både i naturlige bestander, laboratorieskala og storskala produksjonslinje. Et prosjekt for oppskalering av yngelproduksjon må sikre overføring av kunnskap mellom forskningsprosjekter og produksjonslinje.

I henhold til "Rammeprogram for utvikling av kamskjellnæringen, 1995 - 2000" er det lagt en strategi for utvikling av kommersiell yngelproduksjon hvor forskning og utvikling inneholder tre hovedelementer i et storprosjekt:

Del 1: Forskningsoppgaver

Del 2: Oppskalering av produksjonen til industriell målestokk

Del 3: Produksjonslinje

Del 1) og 3) ble for 1996 finansiert over Norges forskningsråd, Havforskningsinstituttet, Scalpro A/S og Sealife A/S. Aktiviteter i Del 2) ble finansiert med 1,6 mill. NOK fra Fiskeridepartementets NUMARIO-midler for 1996. Bevilgningen ble først klar sent i Juni, og mye av kamskjellsesongen var da allerede ferdig. Til tross for dette ble en betydelig aktivitet gjennomført høsten 1996. Følgende rapport er derfor rapportering fra aktiviteter utført i 1996 innenfor Del 2).

### PROSJEKTMÅL

Prosjektets hovedmål for perioden 1996-2000 er å fremskaffe kunnskapsgrunnlag og utvikle metoder og utstyr for å etablere produksjonslinje av kamskjellyngel i kommersiell skala. For 1996 var målet å etablere prosjektaktiviteter innen utvalgte forskningsoppgaver for gjennomføring av oppskaleringprosjektet. Prosjektets langsiktige mål søkes nådd ved igangsetting av aktivitet innenfor 7 delprosjekt-områder:

#### DELAKTIVITET 1: *Kondisjonering av stamdyr*

**Delmål:** Å bedre og stabilisere gyteresultatene i perioden februar-mai.

1.1 Undersøke effekt av algesammensetning i fôret (Scalpro A/S)

#### DELAKTIVITET 2: *Gjennomstrømmingssystem i larvefasen*

**Delmål:** Å stabilisere resultatene for overlevelse mellom ulike larvegrupper.

2.1 Utvikling av gjennomstrømmingssystem (Scalpro A/S)

2.2 Definerings av larvenes fôrbehov (HI, Austevoll havbruksstasjon)

#### DELAKTIVITET 3: *Synkronisert metamorfose*

**Delmål:** Indusere en synkron metamorfose for en algegruppe slik at minst 30% av larvene metamorfoserer innen 1 uke.

3.1 Undersøke effekt av temperatur (Scalpro A/S)

3.2 Undersøke effekt av fôrsammensetning (Scalpro A/S)

#### DELAKTIVITET 4: *Nedslag og postlarvefasen - metodeutvikling*

**Delmål:** Å senke arbeidskostnadene og øke produksjonskapasiteten i postlarvefasen.

4.1 Utvikling av nye tanksystemer (Scalpro A/S og HI, Austevoll havbruksstasjon)

#### DELAKTIVITET 5: *Postlarver - vannbehov og fôrutnyttelse*

**Delmål:** Å bedre utnyttelsen av tilført algefôr og senke tilførselen av nytt vann.

5.1 Komparativ status hos Scalpro A/S og HI, Austevoll havbruksstasjon

5.2 Definerings av nedre grense for fôrtetthet (HI, Austevoll havbruksstasjon)



### 5.3 Finne optimal resirkuleringsgrad (HI, Austevoll havbruksstasjon)

DELAKTIVITET 6: *Liten yngel (2-15 mm) i landbasert anlegg*

**Delmål:** Å øke kunnskapen om fôrbehovet til liten yngel (2-15 mm), samt styring av poll (Sealife A/S, Tysnes) til dette formålet.

6.1 Kombinert effekt av flow og fôrkonsentrasjon (Sealife A/S)

6.2 Driftsbeskrivelse (manual) for pollstyring (Sealife A/S)

DELAKTIVITET 7: *Algeproduksjon - kvalitet og kvantitet*

**Delmål:** Å registrere kvalitetsforskjeller og effektivisere bruk av CO<sub>2</sub> i dyrkingss-gassen.

7.1 Komparativ status hos Scalpro A/S og HI, Austevoll havbruksstasjon

7.2 Strategi for bruk av CO<sub>2</sub> i ulike systemer (Scalpro A/S og HI, Austevoll havbruksstasjon)

## PROSJEKTAKTIVITET - 1996

For 1996 ble det igangsatt aktivitet på følgende områder:

1.1 Undersøke effekt av algesammensetning i fôret

3.2 Undersøke effekt av fôrsammensetning

5.2 Defineringsgrense av nedre grense for fôrtetthet

5.3 Finne optimal resirkuleringsgrad

6.2 Driftsbeskrivelse (manual) for pollstyring

I tillegg ble det innført et ekstra punkt under delaktivitet 7:

7.3 Dyrkingsbetingelser for algen *Chaetoceros calcitrans pumilum*

Dette skjedde fordi viktigheten av stabil tilgang på denne algen for yngelproduksjonen er stor. Andre endringer som ble foretatt i henhold til den oppsatte planen ovenfor var flytting av forsøkene under punkt 5.3 til Scalpro A/S. Dette var mest tjenlig fordi Scalpro A/S har fasiliteter for slike forsøk i kommersiell størrelse.

Aktiviteten og rapporteringen under punkt 3.2 ble også noe endret i forhold til oppsatt plan. Grunnet store problemer med å få larvene til å overleve ble det satt igang aktivitet for å finne årsakene til dødeligheten. Bruk av antibiotika viste seg å forbedre overlevelsen og innsatsen rundt bakterieproblemer i produksjonen ble derfor lagt inn i rapporten under punkt 3.2.

I det følgende er resultatene fra forsøkene i 1996 gitt som selvstendige rapporter fra hver av delaktivitetene 1.1 til 7.3.

## **Delaktivitet 1. KONDISJONERING AV STAMSKJELL**

### **1.1 Fôrsammensetning.**

---

#### **Forsøksansvarlig:**

Thorolf Magnesen, SCALPRO A/S

#### **Prosjektmedarbeidere:**

Forsker Lise Torkildsen, HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Else Rong, SCALPRO A/S

Johnny Rong, SCALPRO A/S

Eivind Rong, SCALPRO A/S

Anne Grete Dale, SCALPRO A/S

#### **Sammendrag**

Kondisjonering av fire gytegrupper av kamskjell fra Hordaland og Trøndelag føret med to ulike dietter i perioden september til oktober 1996 gav alle høye klekkeprosent (30-55%) etter gyting. Tilsetning av algen *Tetraselmis* i føret til stamskjell fra Hordaland viste at det totale larveutbyttet økte med 25-78% som følge av høyere andel skjell med egg og litt høyere klekkeprosent. Stamskjell fra Trøndelag reagerte motsatt på tilsetning av *Tetraselmis* ved at antall egg etter gyting ble redusert med 52%. *Tetraselmis* ble i liten grad filtrert fra føret i kondisjoneringsskarene. Resultatene tyder derfor på at eventuelle effekter av tilsetningen kan være knyttet til andre årsaker enn algens ernæringmessige egenskaper som fôr. *Tetraselmis* er blant annet kjent for å virke hemmende på bakterievekst. Grunnet lavt antall gytegrupper er resultatene fra forsøket i liten grad signifikante, og forsøket bør derfor gjentas i et større omfang.

*Conditioning of four scallops spawning groups from Hordaland and Trøndelag counties, fed two different diets during September and October 1996, resulted all in high hatching frequency (30-55%) after spawning. Addition of the algae Tetraselmis in the Hordaland broodstock food showed that total larval production increased with 25-78% because of increased fraction of spawning individuals together with slightly improved hatching frequency. For broodstock from Trøndelag, Tetraselmis resulted in a 52% drop in number of eggs spawned. Tetraselmis was slightly filtered from the broodstock food in the conditioning tanks. Thus, the results indicate that possible effects of the alga may be connected to other factors than the nutritional value of the alga. Tetraselmis is known i.a. for inhibition of bacterial growth. Because of a low number of spawning groups, the results from the experiment were mostly statistically not significant, and the experiment should therefore be repeated more extensively.*

#### **Bakgrunn**

Resultater fra gyting av stort kamskjell har vist at larveutbyttet varierer gjennom sesongen (Hanson 1993, 1995, Christophersen og Magnesen 1996). Det er nødvendig å bygge opp gonadene før gyting, og denne kondisjoneringen foregår ved tilførsel av

flere algearter under konstante temperatur og lysforhold. I Norge har kondisjonering tradisjonelt foregått ved tilførsel av Tahitisk *Isochrysis galbana* (Tiso), *Pavlova lutheri* (Pav) og *Skeletonema costatum* (Skel), og til tider med *Tetraselmis suecica* (Tetra) som tilleggsfôr. Resultater fra gytesesongen tidlig i 1996 kan tyde på av tilsetning av *Tetraselmis* kan være gunstig for klekkeprosenten.

## Mål

Aktivitetens mål var å undersøke om tilsetning av *Tetraselmis suecica* (Tetra) i fôret under kondisjonering av stamskjell har effekt på larveutbyttet etter gyting og klekking av eggene.

## Materiale og metoder

Grupper av stamskjell ble kondisjonert i 240 liters kar ved 11-13°C. Hvert kar inneholdt 10 skjell som ble kontinuerlig tilført 2 liter sjøvann/min med en algekonsentrasjon på ca. 10 algeceller/ $\mu$ l. Skjellene var samlet fra lokaliteter i Hordaland (Os) og Trøndelag (Fosen). Det ble benyttet to fôrblandinger under kondisjoneringen. Fôret bestod av standard fôrblending (Skel, Tiso og Pav med forholdet 2:1:1 i celletall) og av Tetra fôrblending (Skel, Tiso, Pav og Tetra i forholdet 2:1:1:1 i celletall).

Algene ble produsert i 800 liters algetanker med innvendig lys og dyrket i batchkultur. Tankene ble høstet etter 5-9 dager ved celletetthet på omkring 2 mill. celler/ml. Tetra hadde en konsentrasjon på omkring 0,5-0,7 mill. celler/ml. Algene ble høstet kontinuerlig fra produksjonsvolumene, og fra samme tank i 3-4 dager. Tettheten av celler i tanker av samme alder kan variere og tettheten vil også variere over tid under høsting. Alle algetellinger ble foretatt under mikroskop med Jessen tellekammer (0,025mm<sup>3</sup> pr. tellerute). Tilført fôrmengde ble forsøkt holdt på 10 celler/ $\mu$ l. Faktisk fôrkonsentrasjon ble undersøkt og beregnet som et gjennomsnitt over 3 dager.

Gyting skjedde etter standard prosedyre beskrevet av Søderholm og Hanson (1994). Stamskjell som gav mindre enn 2 mill egg eller som gav egg i klumper ble ikke benyttet.

Effekter av fôrregime i kondisjoneringsfasen ble vurdert ut fra 1) gyteandel (andel skjell som gav egg av god kvalitet), 2) antall egg pr. skjell (regnet ut fra skjell i gyteandel), og 3) klekkeprosent (fraksjon av eggene fra skjell i gyteandel som utviklet seg til larver etter 3 dager (D3-larver)).

## Resultater

### Fôrforbruk

Det ble foretatt telling av fôret inn i og ut fra stamskjellkarene den 2, 3 og 4 september (Tab. 1.1.1 og 1.1.2). Gjennomsnittlig algekonsentrasjon i inntaksvannet var 11,3 og 13,1 celler/ $\mu$ l for henholdsvis standard og Tetra fôrblanding. Forholdstallene mellom artene inn i karene i perioden viste en større andel av Tiso enn beregnet. Tellingene viser at omkring 79-88% av algecellene Skel, Tiso og Pav forsvant fra begge fôrblandingene, mens Tetra kun ble redusert med ca. 49%.

**TABELL 1.1.1.** Tetthet (celler/ $\mu$ l) av algeceller (ulike arter) i tilførsel og avløp fra kondisjoneringsskar, som fikk standard fôrblanding. *Density (cells/ $\mu$ l) of algal cells (different species) in water inlet and outlet of the conditioning tanks receiving standard food mixture.*

Dato	Skel	Tiso	Pav	Total
<i>Inntak til kar:</i>				
2. sept	5,0	2,4	2,5	9,8
3. sept	5,8	3,5	1,7	10,9
4. sept	6,1	5,4	1,7	13,2
Gjennomsnitt	5,6	3,8	2,0	11,3
<i>Avløp fra kar:</i>				
2. sept.	0,7	0,5	0,3	1,5
3. sept.	0,8	0,8	0,3	1,9
4. sept.	0,7	0,8	0,4	1,8
Gjennomsnitt	0,7	0,7	0,4	1,7
% reduksjon:	87,5	81,6	82,5	85,0

### Gytegruppe 1.

Den 20.8.96 startet kondisjoneringen og gyting ble foretatt etter 4 uker (17.9.96) på 20 skjell fra Hordaland fra hver fôrblanding (Tab. 1.1.3). I gruppen med Tetra fôrblanding ble eggene fra 13 skjell tatt vare på (65% gyteandel), mens egg fra 4 skjell ble kassert p.g.a klumper og 3 skjell ikke gav egg. I gruppen med standard fôrblanding ble eggene fra 9 skjell tatt vare på (45% gyteandel), egg fra 9 skjell kassert, og 2 skjell gav ikke egg. Antall egg pr. skjell var omkring 10 mill i begge fôrgruppene. Klekkeprosenten for de åtte beste skjellene med standard fôrblanding var alle over 20%, mens klekkeprosenten hos skjellene med Tetra fôrblanding var over 25%. Gjennomsnittlig klekkeprosent var 38,4 og 30,4% for henholdsvis Tetra og standard fôrblanding. Det var ingen signifikante forskjeller (Student's t-test) mellom de to fôrblandingene for antall egg pr. skjell ( $p=0,44$ ) og klekkeprosent ( $p=0,07$ ).

**TABELL 1.1.2.** Tetthet (celler/ $\mu$ l) av algeceller (ulike arter) i tilførsel og avløp fra kondisjoneringsskar, som fikk Tetra fôrblanding. *Density (cells/ $\mu$ l) of algal cells (different species) in water inlet and outlet of the conditioning tanks receiving Tetra food mixture.*

Dato	Skel	Tiso	Pav	Tetra	Total
<i>Inntak til kar:</i>					
2 sept.	5,1	1,8	2,6	2,1	11,6
3 sept.	5,4	4,2	1,7	1,1	12,4
4 sept.	6,1	5,2	2,1	1,9	15,3
Gjennomsnitt	5,5	3,7	2,1	1,7	13,1
<i>Avløp fra kar:</i>					
2 sept.	0,4	0,3	0,2	0,5	1,5
3 sept.	0,8	0,9	0,4	1,9	4,0
4 sept.	1,6	1,2	0,5	0,3	3,6
Gjennomsnitt	0,9	0,8	0,4	0,9	3,0
% reduksjon:	83,2	78,9	81,0	48,8	76,8

**TABELL 1.1.3.** Tidspunkt (kl) for start av gyting, antall egg (mill. stk.), antall larver (mill. stk.) på dag 3, og klekkeprosent (%) for gytegruppe 1 (17.09.96: skjell fra Hordaland) føret med standard fôrblanding eller Tetra fôrblanding. Loddrett strek indikerer sammenslåtte egg-grupper. *Time (kl) for initiation of spawning, number of eggs (mill. ind.), number of larvae (mill. ind.) on day 3, and hatching fraction (%) for spawning group 1 (17.09.96: scallops from Hordaland) fed standard or Tetra food mixtures. Vertical bar represents combined egg groups.*

Skjell nr.	Tetra fôrblanding				Standard fôrblanding			
	kl.	egg	larver	%	kl.	egg	larver	%
1	1055	13,0	4,0	30,7	925	10,0	0,0	0,0
2	1100	4,5	2,8	62,2	1200	8,4	2,8	33,3
3	1200	12,0	5,9	49,2	1300	9,2	3,9	41,3
4	1210	13,2	5,1	38,6	1325	9,0	2,0	22,2
5	1225	12,5	6,5	52,0	1410	14,7	5,1	34,7
6	1330	15,6	6,2	39,7	1445	12,3	3,0	24,4
7	1340	7,8	2,0	25,6	1457	5,6	6,5	36,7
8	1400	8,5	2,3	27,0	1600	12,5		
9	1440	11,9	5,8	48,7	1610	12,1	5,2	43,0
10	1450	7,1						
11	1455	6,4	6,8	32,4				
12	1500	7,5						
13	1500	12,6	3,5	27,7				
Sum		132,6	50,9			93,8	28,5	
Snitt pr. skjell		10,2 $\pm$ 3,4		38,4 $\pm$ 11,4		10,4 $\pm$ 2,7		30,4 $\pm$ 13,3

**TABELL 1.1.4.** Tidspunkt (kl) for start av eggyting, antall egg (mill. stk.), antall larver (mill. stk.) på dag 3, og klekkeprosent (%) for gytegruppe 2 (04.10.96: skjell fra Hordaland) føret med standard fôrblanding eller Tetra fôrblanding. *Time (kl) for initiation of spawning, number of eggs (mill.ind.), number of larvae (mill. ind.) on day 3, and hatching fraction (%) for spawning group 2 (04.10.96: scallops from Hordaland) fed standard or Tetra food mixtures.*

Skjell nr.	Tetra fôrblanding				Standard fôrblanding			
	kl.	egg	larver	%	kl.	egg	larver	%
1	830	7,6	4,0	52,6	1140	12,9	7,1	55,0
2	840	4,2	2,9	69,0	1220	9,5	4,1	43,2
3	947	11,2	5,1	45,5	1310	8,6	0,3	3,5
4	1337	13,9	7,4	53,2	1420	7,5	4,0	53,3
sum		36,9	19,4			38,5	15,5	
Snitt pr. skjell		9,2 ± 4,2		55,1 ± 9,9		9,6 ± 2,3		48,8 ± 24,1

### Gytegruppe 2

Den 4.10.96 ble det foretatt gyting på 10 skjell fra Hordaland fra hver fôrgruppe (Tab. 1.1.4). Skjellene hadde vært til kondisjonering siden 3.9.96, og var således kondisjonert i 4,5 uker. I gruppen med Tetra fôrblanding ble eggene fra 4 skjell tatt vare på (40% gyteandel), mens egg fra 6 skjell ble kassert p.g.a klumper. I gruppen med standard fôrblanding ble eggene fra 4 skjell tatt vare på (40% gyteandel), egg fra 2 skjell kassert, og 4 skjell gav ikke egg. Antall egg pr. skjell var omkring 9,5 mill. i begge fôrgruppene. Klekkeprosenten for de tre beste skjellene med standard fôrblanding var alle over 43%, mens hos skjellene som fikk Tetra fôrblanding var den over 45%. Gjennomsnittlig klekkeprosent var 55,1 og 38,8% for henholdsvis Tetra og standard fôrblanding. Heller ikke i gytegruppe 2 ble det funnet signifikante forskjeller (Student's t-test) mellom de to fôrblandingene med hensyn til antall egg pr. skjell ( $p=0,44$ ) og klekkeprosent ( $p=0,13$ ).

### Gytegruppe 3

Den 8.10.96 ble det foretatt gyting på 20 og 19 skjell fra Trøndelag fra henholdsvis Tetra og standard fôrblanding (Tab. 1.1.5). Skjellene hadde vært til kondisjonering siden 20.8.96. I gruppen med Tetra fôrblanding ble eggene fra 8 skjell tatt vare på (40% gyteandel), mens egg fra 7 skjell ble kassert p.g.a klumper, og 5 skjell gav ikke egg. I gruppen med standard fôrblanding ble eggene fra 10 skjell tatt vare på (53% gyteandel), egg fra 6 skjell kassert, og 3 skjell gav ikke egg. Gjennomsnittlig antall egg pr. skjell mellom de to fôrregimene var signifikant forskjellig (Student's t-test:  $p=0,006$ ) (6,0 og 9,1 mill. for henholdsvis Tetra og standard fôrblanding). Klekkeprosenten for de 9 beste skjellene med standard fôrblanding var alle over 21%, mens hos skjellene med Tetra fôrblanding var den over 26%. Gjennomsnittlig klekkeprosent var 45 og 48,3% for henholdsvis Tetra og standard fôrblanding, og den var ikke forskjellig (Student's t-test) mellom de to fôrblandingene ( $p=0,39$ ).

**TABELL 1.1.5.** Tidspunkt (kl) for start av eggyting, antall egg (mill. stk.), antall larver (mill. stk.) på dag 3, og klekkeprosent (%) for gytegruppe 3 (08.10.96: skjell fra Trøndelag) føret med standard fôrblanding eller Tetra fôrblanding. Loddrett strek indikerer sammenslåtte egg-grupper. *Time (kl) for initiation of spawning, number of eggs (mill.ind.), number of larvae (mill. ind.) on day 3, and hatching fraction (%) for spawning group 3 (08.10.96: scallops from Trøndelag) fed standard or Tetra food mixtures. Vertical bar represents combined egg groups.*

Skjell nr.	Tetra fôrblanding				Standard fôrblanding			
	kl.	egg	larver	%	kl.	egg	larver	%
1	1000	7,5	2,0	26,7	1045	5,8	1,3	22,4
2	1145	5,6	2,2	39,3	1100	14,5	1,4	9,7
3	1435	4,3			1245	7,4	5,1	68,9
4	1445	3,1	6,2	46,3	1350	9,7	4,6	47,4
5	1525	6,0			1455	13,4	8,2	61,2
6	1530	7,4	2,8	37,8	1510	7,9	4,1	51,9
7	1825	7,0	4,1	58,6	1600	8,1	1,7	21,0
8	1840	6,8	4,0	58,8	1640	8,2	3,9	47,6
9					1640	9,6	7,1	74,0
10					1700	6,7	5,3	79,1
sum		47,7	21,3			91,3	42,7	
Snitt pr. skjell		6,0 ± 1,8		44,7 ± 10,7		9,1 ± 2,8		48,3 ± 23,9

**TABELL 1.1.6.** Tidspunkt (kl) for start av eggyting, antall egg (mill. stk.), antall larver (mill. stk.) på dag 3 og klekkeprosent (%) for gytegruppe 4 (25.10.96: skjell fra Hordaland) føret med Tetra fôrblanding. Loddrett strek indikerer sammenslåtte egg-grupper. *Time (kl) for initiation of spawning, number of eggs (mill.ind.), number of larvae (mill. ind.) on day 3, and hatching fraction (%) for spawning group 4 (25.10.96: scallops from Hordaland) fed Tetra food mixture. Vertical bar represents combined egg groups.*

Skjell nr.	Tetra fôrblanding			
	kl.	egg	larver	%
1	830	9,5	4,1	43,2
2	915	16,5	6,0	36,4
3	923	13,2	5,0	37,9
4	1020	5,4	5,3	56,3
5	1020	4,0		
6	1050	9,2	1,8	19,6
7	1050	12,4	6,4	51,6
8	1100	10,2	5,5	53,9
9	1143	11,7	4,5	38,5
10	1200	8,0	3,7	46,3
11	1210	20,5	11,0	53,7
sum		120,6	53,3	
Snitt pr. skjell		11,0 ± 4,7		44,2 ± 11,3

#### Gytegruppe 4

Den 25.10.96 ble det foretatt gyting på 20 skjell fra Hordaland, som var kondisjonert fra 19.8.96 (6,5 uker). Skjellene kom kun fra Tetra-gruppen, da den andre gruppen gikk tapt under kondisjoneringen grunnet nitrogenovermetning i vannet. I gruppen ble eggene fra 11 skjell tatt vare på (55% gyteandel), mens egg fra 2 skjell ble kastet p.g.a klumper og 7 skjell gav ikke egg (Tab. 1.1.6). Antall egg pr. skjell var 11 mill. Klekke-prosentsen for de 10 beste skjellene var over 36% og gjennomsnittet i gruppen var 44%.

#### **Diskusjon**

Telling av alger ut fra karene viste at 80-90% av artene i standardfôret forsvant. Nedgang i celletall kan skyldes sedimentering i karene eller opptak i skjellene. Sedimenteringsraten er trolig liten da karene er 20cm dype og tilførselen av 2 liter/min medfører en utskiftningstid (tilførsel lik karvolum) på omkring 2 timer. Stamskjell har høy filtreringsrate og vil trolig kunne filtrere hele karvolumet i løpet av en time. Det er derfor mest sannsynlig at algene hovedsakelig ble konsumert av stamskjellene. Resultatene tyder på at *Tetraselmis* konsumeres i liten grad, og eventuelle effekter av tilsetning av denne algen kan derfor være knyttet til andre årsaker enn ernæringsmessige egenskaper som fôr. *Tetraselmis* er blant annet kjent for å virke hemmende på bakterievekst.

Andelen skjell som ble tatt opp til gyting og som gav egg av god kvalitet (gyteandel) var fra 40 til 65%. For Hordalandskjellene var gyteandelen med Tetra fôrblending lik eller høyere enn med standard fôrblending. For Trøndelagsskjellene gav standard fôrblending høyere gyteandel. Antallet forsøksgrupper var for lite til at effekt av fôrblendingen på gyteandelen kan vurderes.

Antall egg pr. skjell hos skjell fra Hordaland varierte lite mellom de to fôrblendingene og ble ikke funnet å være forskjellig. For skjellene fra Trøndelag ble antall egg pr. skjell funnet å være signifikant lavere med Tetra fôrblending enn med standard fôrblending. Årsakene til en slik bestandsavhengig respons på fôrregime er uklare. Kun en skjellgruppe fra Trøndelag ble testet, og nye forsøk er påkrevet for å avdekke om de to bestandene faktisk reagerer ulikt på tilsetning av *Tetraselmis*.

Klekkeprosentene var høy for alle gruppene (30-55%) For materialet fra Hordaland var det en tendens til at klekkeprosenten var høyest for skjell som fikk Tetra fôrblending. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant (Nøstet ANOVA,  $p=0,11$ ). Klekkeprosenten var heller ikke forskjellig mellom de to fôrregimene hos Trøndelagsskjellene. For begge kamskjellbestandene var det en tendens til at Tetra fôrblending førte til redusert individuell variasjon i klekkeprosent.

Det synes derfor som om tilsetning av Tetra i fôret til stamskjell fra Hordaland ikke gir forskjell i antall egg, men gir en svak tendens til høyere larveutbytte (antall D3-larver pr. skjell) ved at klekkeprosenten er noe høyere enn med standard fôrblending.



Dette gav som resultat at Hordalandsskjell med Tetra fôrblanding hadde 19 til 20% høyere larveutbytte pr. skjell enn med standard fôrblanding. Økningen i larveutbytte pr. skjell var som nevnt ovenfor ikke signifikant. Ved å se på totalt larveutbytte hos alle gytegruppene med Hordalandsskjell gav Tetra fôrblendingen 25 til 78% flere larver enn med standard fôrblanding. Dette skyldtes enten ulikheter i gyteandel (gytegruppe 1) eller klekkeprosent (gytegruppe 2). Eventuelle effekter av *Tetraselmis* på totalantall av egg og larver var derfor ikke konsistent. Antallet forøksgrupper var for lite til at signifikansen i forskjellene av totalt larveutbytte kunne vurderes.

Sammenligning av de to fôrblendingene gitt til skjell fra Trøndelag viste at standard fôrblanding gav et larveutbytte som var dobbelt så høyt som med Tetra fôrblanding. Dette skyldtes hovedsaklig at standard fôrblanding gav 52% flere egg pr. skjell.

Forsøket, som må betraktes som et pilotforsøk, indikerer at tilsetning av *Tetraselmis* kan gi ulik effekter avhengig av hvilken kamskjellbestand som benyttes. Forsøket må imidlertid utvides og gjentas for å kunne slå dette fast med sikkerhet. Med det lave antall gytegrupper kan de observerte forskjeller være et resultat av tilfeldige variasjoner. Økt antall gytegrupper for begge bestandene vil kunne øke presisjonen i resultatene. I produksjons-sammenheng er det imidlertid viktig å merke seg at begge bestandene gav høye og akseptable klekkeprosent med svært godt larveutbytte.

## Referanser

- Christophersen, G. og T. Magnesen. (1996). Yngelproduksjon av stort kamskjell 1995. SMR-rapport 22/96. *Senter for miljø- og ressurstudier, Universitetet i Bergen*. 21 sider.
- Hanson, S. (1993). Yngelproduksjon av stort kamskjell 1993.. SMR-rapport 10/93. *Senter for miljø- og ressurstudier Universitetet i Bergen*. 19 sider.
- Hanson, S. (1995). Yngelproduksjon av stort kamskjell 1994. SMR-rapport 20/95. *Senter for miljø- og ressurstudier, Universitetet i Bergen*. 9 sider.
- Søderholm, L. og S. Hanson (1994). Klekkermanual for Øygarden skjellklekkeri (notat). *Senter for miljø- og ressurstudier, Universitetet i Bergen*. 70 sider.

**Delaktivitet 3. SYNKRONISERT METAMORFOSE.****3.2 Effekt av fôrsammensetning på bunnslåing****Forsøksansvarlig:**

Thorolf Magnesen, SCALPRO A/S

**Prosjektmedarbeidere:**

Forsker Lise Torkildsen, HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

**Sammendrag**

Undersøkelser av effekter av ulike fôrblandinger på vekst, overlevelse og metamorfose hos kamskjell-larver kunne ikke fullføres grunnet svært stor dødelighet i larvefasen. Kun grupper med antibiotika overlevde til metamorfose. Det ble påvist stor forekomst av *Vibrio*-bakterier i larvetankene. Etter fullstendig rengjøring av systemene, omlegging av rutiner og innstallering av nye filtre, ble antallet *Vibrio*-bakteriene kraftig redusert, men larveoverlevelsen bedret seg ikke. Fremdeles var det kun i de tilfellene da det ble benyttet tilsetning av antibiotika at larver overlevde frem til bunnslåing (opp til 20%). Resultatene fra telling av alger i larvetanker med antibiotika viste at diatomèen *Chaetoceros calcitrans* ble redusert i betydelig grad (73-95%) i tankene, mens flagellatene ble redusert i noe mindre grad (53-70%). Delaktiviteten har så langt ikke ført til ønsket mål om økning i andel bunnslåtte larver, men har i betydelig grad bidratt til å fokusere på faktorer som viktig for bedre overlevelse hos larvegrupper. Det er dermed lagt et grunnlag for fokusering av innsats i fortsettelsen av prosjektet.

*Investigations of effects of different food mixtures on growth, survival and metamorphosis in scallop larvae could not be completed due to high mortalities during the larval stages. Only groups treated with antibiotics survived beyond metamorphosis. High numbers of Vibrio bacteria were found in the larval rearing tanks. A complete cleaning of the rearing systems, changes in procedures, and installation of new filters reduced the numbers of Vibrio bacteria, but larval survival did not improve. Still, use of antibiotics was necessary to obtain larval survival (up to 20%) to settling. The results from algal counts in larval rearing tanks with antibiotics showed that the diatom Chaetoceros calcitrans was reduced considerably (73-95%), while the flagellates were reduced to a lesser extent (53-70%). The experimental activities have so far not accomplished the goal of improving settlement in scallop larvae, but the work has put the focus on important factors for enhancement of larval survival. Thus, recommendations for further work in the project are suggested.*

**Bakgrunn**

Larver i samme gruppe viser forskjellig vekst og vil bunnslå til forskjellig tid. Dette medfører stor spredning i størrelse på yngelen. I larvefasen vil seintvoksende yngel gå tapt når maskevidden på sorteringssilene økes. Trolig kan veksten bedres og variasjonen reduseres ved å forbedre larvenes fôr. Mer synkronisert metamorfose og

økning i antall yngel som bunnskår vil øke produksjonen fra hver yngelgruppe. Også kapasiteten til klekkeriet vil øke ved at oppholdstiden under metamorfose reduseres.

## Mål

Delprosjektets mål er å oppnå at gjennomsnittlig 10% av yngelen bunnskår, og at bunnslåingen er over innen 1 uke etter at larvene er sortert på 150µm sil. Målet ble forsøkt nådd ved å undersøke effekt av førsammensetning på larvenes bunnslåing.

## Materiale og metoder

### Larvemateriale

Larver fra gytegruppene i kondisjoneringsforsøket (se rapport 1.1 fra delaktivitet 1) ble satt i fôringsforsøk i 800 liters larvetanker. Tankene ble silt tre ganger i uken, mandag, onsdag og fredag (siledager). Vannet var filtrert gjennom 10 og 1µm posefiltere og varmet til 18°C. Forsøksoppsettet er gitt i tabell 3.2.1.

### Larvefôr

Larvene ble fôret med Tahitisk *Isochrysis galbana* (Tiso), *Pavlova lutheri* (Pav) og *Skeletonema costatum* (Skel) dyrket i 800 liters algetanker med to lysrør, og *Chaetoceros calcitrans* (Chc) dyrket i 6 liters glasskolber eller 20 liters plastposer. I alle fôrblandinger ble det benyttet like mengder (antall) av de ulike algeartene. Standard fôrblending bestod derfor av like deler med Tiso, Pav og Chc.

Telling av fôrager ble foretatt i en prøve som ble tatt fra tilfeldig utvalgte tanker. Prøvene ble talt i Jessen tellekammer (med 0,025mm<sup>3</sup> kammervolum), og minst 400 celler ble talt for å estimere tetthet av celler i prøven. Algene ble bestemt til art (Chc og Skel) eller samlet som Pav+Tiso da disse lar seg vanskelig skille.

### Forsøksgrupper

KONTROLLGRUPPE (Test av algetap uten larver): Alger (standard fôrblending, 50 celler/µl) ble tilsatt to larvetanker uten larver. Algetetthet ble undersøkt etter i den ene tanken etter ett døgn. Den andre tanken ble gitt standard fôrblending (25 celler/µl) i to døgn etter oppstart. Etter tre døgn ble celletall i tanken bestemt.

LARVEGRUPPE 1 (Test av fôrblending): Larver fra første gytegruppe (17.9.96, den delen av stamskjellene som fikk algen *Tetraselmis suecica* (Tetra) i kondisjoneringsforsøket under delprosjekt 1) ble delt med 5,8 mill larver til hver av i alt 6 stk. 800 liters larvetanker. Tankene ble fôret med 50 algeceller/µl på siledagene og med 25 celler/µl de andre dagene i uken. Følgende tre fôrtyper ble benyttet:

- 1) standard fôrblending fra henholdsvis 800, 800 og 20 liters kultur i hele larvefasen.
- 2) standard fôrblending fra begynnelsen med skifte til Skel i stedet for Chc i siste del av larvefasen (etter dag 14).

- 3) kun Tiso og Pav der algekulturene fra 800 liters kar ble høstet dag 4-5, mens 20 liters kulturer ble høstet etter dag 3-4.

LARVEGRUPPE 2 (Test av førkvalitet): I produksjonstankene for algene vil endring i fysisk/kjemiske miljøforhold medføre at kulturer nær stasjonær fase ha en annen biokjemisk sammensetning enn tidligere i vekstfasen. Larver fra andre gytegruppe (4.10.96, delaktivitet 1) ble blandet og delt i fire larvetanker og føret med standard förblanding (50 algeceller/ $\mu$ l på siledagene og 25 celler/ $\mu$ l de andre dagene i uken) hvor algekulturene var av forskjellig alder (enten 4-5 dager eller 6-7 dager gamle).

LARVEGRUPPE 3 (Test av förmengde): Etter tredje gyting (8.10.96, delaktivitet 1) ble et nytt forsök startet med fire ulike förmengder (hver i to tanker). Disse var:

- 1) Standard förblanding høstet etter 4-5 dager, føret med 50 celler/ $\mu$ l på siledagene og med 25 celler/ $\mu$ l de andre dagene i uken.
- 2) Standard förblanding som under 1) med tilsetning av 10g antibiotika (kloramfenikol) pr. tank ved larvesiling.
- 3) Standard förblanding med kun 25 celler/ $\mu$ l daglig.
- 4) Standard förblanding med kun 12,5 celler/ $\mu$ l daglig.

LARVEGRUPPE 4 (Test av förblanding og förmengde): Etter at stor dødelighet ble observert i larvegruppe 1-3 ble en ny larvegruppe satt i forsök for å gjenta elementer av de forgående larvegruppene. Etter gyting 25.10.96 (delaktivitet 1) ble fjerde larvegruppe satt opp i åtte larvetanker etter samme oppsett som for larvegruppe 3, men med förblandingen Tiso+Pav (50 celler/ $\mu$ l) istedet for laveste nivå av standard förblanding (12,5 celler/ $\mu$ l).

#### Bakterieprøver

Resultatene fra de fire gytingene indikerte at bakterier kunne være et problem i larvefasen. Dette førte til behov for å kartlegge bakterieproblemet. Forekomst av bakterier (*Vibrio* spp.) i vannbehandlingssystemet, alge- og larvekulturene ble undersøkt ved dyrking av gule kolonier på TCBS-agar. Skålene ble lagret ved 18°C i to døgn før avlesing fant sted. Antall gule kolonier ble karakterisert i forhold til ingen (-), noen få (\*), en del (\*\*), eller overgrodd skål (\*\*\*). Prøvene ble tatt i perioden 29.10. til 5.11.96 under normal drift. Den 12.11.96 ble inntaksledningen (800m lang til 60m dyp) rengjort mekanisk ved "pigging", og rørsystemet før finfiltre inne i klekkeriet ble desinfisert ved klorering. Det ble også innstallert et ekstra GAF posefilter (1  $\mu$ m) i tillegg til det eksisterende (10 $\mu$ m). Nye TCBS-prøver ble tatt i perioden 13 til 17.11.96, 27.11.96 og 4.12.96.

LARVEGRUPPE 5: For å teste reingjøringen av anlegget ble det fra gytingen den 19.11.96 satt ut 6,0 mill. larver (dag 3) i hver av åtte tanker hvorav halvparten ble tilsatt antibiotika (8 ppm kloramfenikol) (Tab. 3.2.1). Larvene ble føret med standard förblanding (Tiso, Pav og Chc) eller Skel förblanding (Tiso, Pav og Skel). Förtettheten var 50 algeceller/ $\mu$ l.

**TABELL 3.2.1.** Overlevelse hos fire ulike larvegrupper føret med ulike blandinger av Tahitisk *Isochrysis galbana* (Tiso), *Pavlova lutheri* (Pav), *Chaetoceros calcitrans* (Chc) eller *Skeletonema costatum* (Skel), høstet etter 4-5 dager (4d) eller 6 dager (6d). Pluss (+) angir tilsetning av antibiotika gjennom hele larvefasen fra dag 3 til 21 (D3-D21). Celletall angir førtetthet (se teksten for nærmere beskrivelse). *Survival in four different groups of scallop larvae fed various mixtures of Tahitic Isochrysis galbana (Tiso), Pavlova lutheri (Pav), Chaetoceros calcitrans (Chc) or Skeletonema costatum (Skel), harvested after 4-5 days (d4) or 6 days (d6). Pluss (+) denotes treatment with antibiotics during the whole larval phase from day 3 to 21 (D3-D21). Cell number (Celletall) is food density(see text for explanation).*

Larve- gruppe	Fôrblanding	Celletall (N/ $\mu$ l)	Antall (mill. larver/tank)					Merknader	
			D3	D5	D10	D12	D14		D17
1	Tiso, Pav, Chc	50	5,8	4,5			0,5	Hele gruppen ble avsluttet i perioden dag 18-21.	
			5,8	4,5			1,1		
	Tiso, Pav, Chc/Skel	50	5,8	4,5			1,1		
			5,8	4,5			1,1		
Tiso, Pav	50	5,8	4,5			0,6			
		5,8	4,5			0,6			
2	Tiso, Pav, Chc (6d)	50	6,6		5,1	1,4		Hele gruppen ble avsluttet på dag 14.	
			6,6		5,1	1,4			
	Tiso, Pav, Chc (4d)	50	6,6		5,1	1,8			
			6,6		5,1	1,8			
3	Tiso, Pav, Chc	50	6,6				1,0	Avsluttet på dag 15.	
			6,6				1,0		
	Tiso, Pav, Chc (+)	50	6,6				3,5	1,2	0,36 mill. til bunnslåing.
			6,6				3,5	1,2	
	Tiso, Pav, Chc	25	6,6				2,0		Avsluttet på dag 17.
			6,6				1,0		
Tiso, Pav, Chc	12,5	6,6				1,2	0,5	Avsluttet på dag 20.	
		6,6				1,4			
4	Tiso, Pav, Chc	50	6,6				2,1	Avsluttet på dag 17.	
			6,6				2,1		
	Tiso, Pav, Chc (+)	50	6,6				3,2	3,5	2,6 mill. til bunnslåing.
			6,6				3,2	3,8	
	Tiso, Pav	50	6,6				1,8	1,0	Avsluttet på dag 20.
			6,6				1,8	1,0	
	Tiso, Pav, Chc	25	6,6				2,2	2,2	Avsluttet på dag 20.
			6,6				2,2	2,2	
5	Tiso, Pav, Chc (+)	50	6,0		4,5			2,9	1,5 mill. til bunnslåing.
			6,0		4,4			3,3	
	Tiso, Pav, Chc	50	6,0		3,5			0,6	Avsluttet på dag 22.
			6,0		2,5			0,6	
	Tiso, Pav, Skel (+)	50	6,0		4,1			1,6	0,7 mill. til bunnslåing.
			6,0		4,0			1,6	
	Tiso, Pav, Skel	50	6,0		4,0			0,6	Avsluttet på dag 22.
			6,0		3,9			0,7	

## Resultater

### Overlevelse hos larvene

Totalt ble larveoverlevelsen undersøkt hos fem grupper (Tab. 3.2.1). I larvegruppe 1 var overlevelsen fram til dag 14 i kar med standard fôrblanding noe høyere enn i karene som kun fikk Tiso og Pav. Alle karene hadde imidlertid lav overlevelse frem til dag 14, da mindre enn 20% av larvene var igjen. Hele gruppen ble avsluttet mellom dag 18 og 21, da larvene sluttet å vokse.

I larvegruppe 2 var det liten forskjell mellom larvetankene som fikk fôr høstet på dag 4 eller dag 6. Totalt var imidlertid overlevelsen i karene lav, og bare omkring 20% av larvene var tilbake på dag 12. Hele gruppen ble avsluttet på dag 14.

I larvegruppe 3 som fikk standard fôrblanding, var overlevelsen i tankene med antibiotika over 50% på dag 14, mens mindre enn 23% av larvene i de andre karene var igjen i silene ved dette tidspunktet. I karene med antibiotika nådde imidlertid kun 3% av larvene frem til bunnslåing, mens øvrige kar ble avsluttet mellom dag 15 til 20.

I larvegruppe 4 var overlevelsen i alle karene uten antibiotika omkring 30% frem til dag 14, mens karene med antibiotika hadde en overlevelse på 48%. Av disse nådde 20% (2,6 av 13,2 mill. dag-3-larver) frem til bunnslåing, mens øvrige kar ble avsluttet på dag 17-20.

I larvegruppe 5 var overlevelsen i alle karene uten antibiotika omkring 10% frem til dag 17. Karene med antibiotika hadde derimot en overlevelse på 27-55%. Av de sistnevnte larvene nådde 6 og 13% frem til bunnslåing i karvene med henholdsvis Skel og standard fôrblanding. De øvrige karene uten antibiotika ble avsluttet på dag 22.

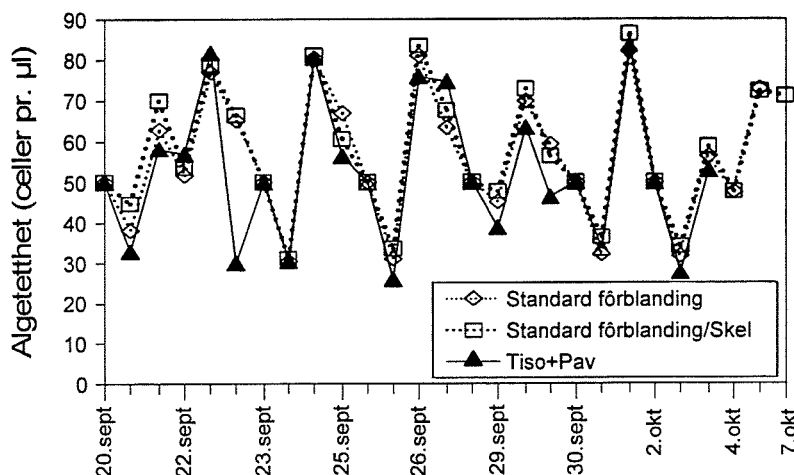
### Fôr i larvetankene

I kontrollgruppen som fikk standard fôrblanding uten at larver ble satt ut i tankene, viste utviklingen i celletall at omkring 20% av algeartene Chc (18%) eller Pav+Tiso (21%) forsvant etter ett døgn (Tab. 3.2.2). Tanken som stod i tre dager (fredag til mandag) hadde noe større prosentvis nedgang i celletall for Chc (28%).

I larvegruppe 1 ble utviklingen i celletall fulgt fra dag 3 til dag 17. Resultatene viser at i gjennomsnitt ble totalantallet av algeceller i tankene redusert i løpet av et døgn med 24,9, 24,1 og 32,2% i tankene med henholdsvis standard fôrblanding, standard fôrblanding med bytte til Skel, og Tiso+Pav fôrblanding (Tab. 3.2.3). I karene med standard fôrblanding var nedgangen i antall celler av Chc (30-36%) signifikant større enn tilsvarende reduksjon av Pav+Tiso (19-23%) (nøstet ANOVA,  $p=0,016$ ). I karene med kun Tiso+Pav forblanding var nedgangen i celletall (35%) større enn tilsvarende reduksjon av Tiso+Pav i karene med standard fôrblanding (19-22%) (Student's t-test,  $p<0,05$ ). I larvegruppe 1 ble det tilsatt 50 algeceller/ $\mu$ l på siledagene, mens det på de øvrige dagene ble benyttet halv fôrmengde. Algetettheten i karene med standard

fôrblanding varierte mellom 30 og 80 celler/ $\mu\text{l}$ . Det var liten forskjell i utviklingen av algetetthet i de tre fôringsregimene i forsøksperioden (Fig. 3.2.1)

I larvegruppe 5 var det liten forskjell i nedgang i celletetthet i tanker med og uten antibiotika (Tab. 3.2.4). Størst reduksjon i celletetthet ble funnet for Chc der 68 til 95 % av cellene forsvant etter ett døgn, mens nedgangen i Skel var liten eller vanskelig å spore. Pav og Tiso ble redusert med 46-70 % i alle karene, og det var liten forskjell mellom de ulike fôrblandingene.



**FIGUR 3.2.1.** Utviklingen i totalt celletall i larvetanker med ulike fôrblendinger hos larvegruppe 1. *Total numbers of algal cells as a function of time in larval rearing tanks with different food mixtures.*

**TABELL 3.2.2.** Antall celler/ $\mu\text{l}$  av artene *Chaetoceros calcitrans* (Chc), *Pavlova lutheri* (Pav) og Tahitisk *Isochrysis galbana* (Tiso) i larvetank uten larver (kontrollgruppen). Prosent (kursiv) angir relativ nedgang i algetetthet fra dagen før. *Number of cells/ $\mu\text{l}$  of the algal species Chaetoceros calcitrans (Chc), Tahitic Isochrysis galbana (Tiso), and Pavlova lutheri (Pav) in larval rearing tanks not stocked with larvae (the control group). Percent (italics) denotes reduction in algal densities from the previous day.*

Forsøk:	Dato	Fôr (celler/ $\mu\text{l}$ )	Chc	%	Pav + Tiso	%	Total	%
A	2.okt.	50	17		33		50	
	3.okt.		14	18	26	21	40	20
B	4.okt.	50	17		33		50	
	5.okt.	25	25		50		75	
	6.okt.	25	33		67		100	
	7.okt.		24	28	53	21	77	23

**TABELL 3.2.3.** Antall celler/ $\mu$ l av artene med Tahitisk *Isochrysis galbana* (Tiso), *Pavlova lutheri* (Pav), *Chaetoceros calcitrans* (Chc) eller *Skeletonema costatum* (Skel) i fôringsforsøk med larvegruppe 1 etter gyting den 17.9.96. Reduksjon i celletall etter ett døgn er gitt i kursiv som prosent (%) av tilført antall. *Number of cells/ $\mu$ l of the algal species Tahitic Isochrysis galbana (Tiso), Pavlova lutheri (Pav), Chaetoceros calcitrans (Chc), or Skeletonema costatum (Skel) in feeding experiments with larval group no.1 after spawning 17.9.96. Percent (italics) denotes reduction in algal densities from the previous day.*

Dato:	1) Standard fôrblanding					2) Standard fôrblanding med bytte til Skel					3) Pav+Tiso forblandin				
	Pav, % Tiso	Chc %	Tot. %			Pav, % Tiso	Chc %	Skel %	Tot. %		Pav, % Tiso	Skel %	Tot. %		
20.sept.	33	17	50			33	17		50		50		50		
21.sept.	30	<i>11</i>	8	50	38	24	36	<i>-7</i>	9	45	45	10	33	<i>34</i>	
21.sept.	47		17		63		52		18		70		58		
22.sept.	39	<i>15</i>	13	24	52	18	44	<i>16</i>	10	44	54	23	57	<i>2</i>	
22.sept.	56		21		77		61		18		79		82		
23.sept.	49	<i>12</i>	16	23	65	15	47	<i>23</i>	20	<i>-8</i>	66	16	30	<i>64</i>	
23.sept.	33		17		50		33		17		50		50		
24.sept.	24	<i>29</i>	7	58	31	39	21	<i>36</i>	10	<i>41</i>	31	38	31	<i>39</i>	
24.sept.	57		24		81		55		27		81		81		
25.sept.	47	<i>18</i>	20	15	67	17	44	<i>20</i>	17	37	60	26	56	<i>30</i>	
25.sept.	33		17		50		33		17		50		50		
26.sept.	23	<i>30</i>	8	54	31	38	25	<i>26</i>	7	55	34	33	26	<i>49</i>	
26.sept.	57		24		81		58		24		84		76		
27.sept.	42	<i>26</i>	21	13	63	22	49	<i>15</i>	19	23	68	19	75	<i>1</i>	
27.sept.	33		17		50		33		17		50		50		
29.sept.	32	<i>5</i>	13	20	45	10	37	<i>-12</i>	11	37	48	4	39	<i>23</i>	
29.sept.	49		22		70		54		19		73		64		
30.sept.	44	<i>9</i>	15	30	59	16	45	<i>16</i>	11	41	56	23	47	<i>27</i>	
30.sept.	33		17		50		33		17		50		50		
1.okt.	21	<i>38</i>	12	28	33	35	27	<i>18</i>	9	46	36	28	33	<i>33</i>	
1.okt.	54		29		83		61		26		86		83		
2.okt.	33	<i>38</i>	17	41	50	39	33	<i>45</i>	17	35	50	42	50	<i>40</i>	
3.okt.	22	<i>35</i>	10	41	32	37	22	<i>33</i>			12	34	8	<i>84</i>	
3.okt.	38		18		57		39				20	59	25	<i>28</i>	
4.okt.	29	<i>24</i>	19	<i>-3</i>	48	15	30	<i>23</i>			18	48	19		
4.okt.	46		27		73		47				26	73			
7.okt.							45				26	71			
Snitt %	22,4		30,3		24,9		19,4		36,0		24,1		35,4		
$\pm$ SD:	11,4		17,8		10,9		15,6		16,6		10,8		23,3		

### Vibrio-prøver

Prøvetaking og dyrking på TCBS-agar under normale driftsforhold og rengjøringsrutiner viste stort antall *Vibrio*-kolonier i inntaksvannet før første filter (GAF 10 $\mu$ m), etter filteret, i inntakskaret og etter posefilter (1 $\mu$ m) ved fylling av larvetanker (Tab. 3.2.5). Likeledes var antall *Vibrio*-kolonier høyt i larvetankene med standard fôrblanding, men ikke i tankene som fikk antibiotika. Det var ikke mulig å påvise kolonier i vannet til algetankene etter 0,2 $\mu$ m filtrering, eller i algekulturene som ble



benyttet til larvefôr. Det ble påvist *Vibrio* i sperm fra stamskjell under gyting, men ikke i eggene.

Etter rengjøring av inntaksledningen og rørene før finfilter inne i klekkeriet ble antall gule kolonier etter inntaksfiltrene (10 og 1µm) sterkt redusert, mens antallet kolonier i inntaksvannet før filtre fremdeles var høyt (Tab. 3.2.5). Det ble ikke påvist kolonier i algetanker eller ved fylling av larvetanker.

**TABELL 3.2.4.** Celletall/µl i larvetanker (larvegruppe 5) med og uten antibiotika (8g kloramfenikol pr. tank) av artene *Chaetoceros calcitrans* (Chc), *Pavlova lutheri* (Pav), og Tahitisk *Isochrysis galbana* (Tiso). Tankene ble føret en dag og celletetthet undersøkt neste dag før ny fôring. Prosent (kursiv) angir relativ nedgang i algetetthet fra dagen før. *Number of cells/µl of the algal species, Chaetoceros calcitrans (Chc), Pavlova lutheri (Pav) and Tahitic Isochrysis galbana (Tiso) in larval rearing tanks (larval group no.5) with and without antibiotics (8g chloramphenicol per tank). Food algae were administered to the tanks once a day and sampling to determine algal densities was carried out just prior to addition of food. Percent (italics) denotes reduction in algal densities from the previous day.*

Standard fôrblanding:														
Dato:	Uten antibiotika						Med antibiotika							
	Chc	%	Pav+	Tiso	%	Total	%	Chc	%	Pav+	Tiso	%	Total	%
25.nov.	17		33		50			17		33		50		
26.nov.	5	68	11	67	16	67	5	73	10	70	14	71		
27.nov.	17		33		50		17		33		50			
28.nov.	1	94	18	46	19	62	1	95	15	56	16	69		
2.des.			50		50				50		50			
3.des.			22	57	22	57			24	53	24	53		
Skel fôrblanding:														
Dato:	Uten antibiotika						Med antibiotika							
	Skel	%	Pav+	Tiso	%	Total	%	Skel	%	Pav+	Tiso	%	Total	%
25.nov.	17		33		50					33		50		
26.nov.	18	-10	12	64	30	40								
27.nov.	17		33		50		17		33		50			
28.nov.	13	24	15	55	28	45	12	26	16	53	28	44		
2.des.	17		33		50		17		33		50			
3.des.	17	0	18	46	35	30	15	13	14	59	28	43		

**TABELL 3.2.5.** *Vibrio*-prøver på TCBS-agar (3 paralleller) fra vannforsyningsssystem (70m) og i klekkeriet før (29.10.96) og 1, 15 og 22 dager etter (henholdsvis 13.11, 27.11 og 4.12.96) reingjøring av rørsystemet (12.11.96). Antall gule kolonier er karakterisert som ingen (-), noen få (\*), en del (\*\*) eller overgrodd skål (\*\*\*). *Vibrio samples on TCBS agar (3 replicates) from water supply system (70m) and in the hatchery before (29.10.96) and 1, 15, and 22 days after (13.11, 27.11, and 4.12.96, respectively) cleaning of the tube system (12.11.96). Numbers of yellow colonies are characterised as none (-), low number (\*), medium number (\*\*), and covered dish (\*\*\*)*.

	Gule kolonier											
	Før reingjøring			Dag 1 etter reingjøring			Dag 15 etter reingjøring			Dag 22 etter reingjøring		
70m, før GAF-filter	***	**	*	*	***	***	*	-	-	-	*	*
70m, etter GAF-filter (10µm)	***	***	***	**	*	-						
70m, inntakskar	***	***	*	**	-	-	-	*	**	-	**	*
70m, etter posefilter til larvene (1µm)	***	***	**	-	-	-						
70m, etter filter til algene (0,2µm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70m, ved påfylling larvetank	***	**	***	-	-	-	-	-	-	**	-	*
I larvetank m/antibiotika	-	*	-									
I larvetank m/antibiotika	*	*	*									
I larvetank 50 celler/ul	***	***	***									
I larvetank 25 celler/ul	***	***	***									
Algetank m/larvefôr Tiso	-	-	-	-	-	-						
Algetank m/larvefôr Pav	-	-	-	-	-	-						
Algepose m/larvefôr Chc	-	-	-	-	-	-						
Stamskjell i inntak	***	***	***	**	*	**	-	-	-	**	**	
Stamskjell i karet				*	**	***						
Inntak til postlarver				*	-	*	*	**	*	-	**	-
Inn i sil til postlarver				*	**	**						
I postlarvekar				*	**	**						

Etter tilsetning av fôr i larvetankene ble det påvist betydelige mengder *Vibrio*. Også tanker uten larver som inneholdt kun vann og fôr eller kun vann hadde en del kolonier (Tab. 3.2.6). Tilsetning av fôr til larvetanker som hadde stått med vann i 4 dager (elding av vann) førte ikke til påvisning av *Vibrio*.

Undersøkelser av *Vibrio* 15 og 22 dager etter at inntaksledningen var rengjort viste nedgang i antall kolonier på agar (Tab. 3.2.5). Likeledes var det få kolonier å finne på resten av prøvepunktene.

**TABELL 3.2.6.** *Vibrio*-prøver på TCBS-agar (3 paralleller) i perioden 13-17.11.96 (Dag 1-5 etter reingjøring av rørsystemet) i åtte larvetanker med eller uten larver (larv), fôr (fôr) eller antibiotika (antib). Fôr er 25 celler/ $\mu$ l av enten standard fôrblanding (ST: Tiso+Pav+Chc) eller en blanding av Pav og Tiso. Antall gule kolonier ble karakterisert som ingen (-), noen få (\*), en del (\*\*) eller overgrodd skål (\*\*\*). *Vibrio samples on TCBS agar (3 replicates) in the period 13-17.11.96 (day 1-5 after cleaning of the tube system) in eight larval rearing tanks with or without larvae (larv), food (fôr) or antibiotics (antib). Food is 25 algal cells/ $\mu$ l of either standard food mixture (Tiso+Pav+Chc) or a mixture of Pav and Tiso. Numbers of yellow colonies are characterised as none (-), low number (\*), medium number (\*\*), and covered dish (\*\*\*)*.

Larvetank 1-8:	Dag 1			Dag 2			Dag 3			Dag 4			Dag 5		
m.larv, m.fôr (ST), m.antib:	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
m.larv, m.fôr (ST), m.antib:	-	-	-	-	*	-	-	-	-						
m.larv, m.fôr (ST)	-	*	**	**	**	*	-	*	-						
m.larv, m.fôr (Pav+Tiso)	-	-	**	***	*	-	**	***	*						
m.fôr (ST)	***	*	***	-	*	-	*	-	*	-	-	*	-	-	-
m.fôr (ST)	**	***	**	-	*	*	**	***	-	**	-	-	-	-	-
kun vann	*	*	-	*	-	-	*	**	-	-	-	-	-	-	-
kun vann	-	-	**	-	-	-	**	**	*	*	-	*	-	-	-

## Diskusjon

Dyrkingen av Chc har gått bra i forsøksperioden. Arbeidet med å få opp reine stamkulturer har vært vellykket. De brukbare kulturene er isolert fra stammer Scalpro A/S har hatt ved klekkeriet. Bruk av Chc-stammer fra Oban i Skottland har ikke vært vellykket, da kulturene ikke ville vokse.

Mange faktorer kan ha betydning for larvevekst, blant annet eggkvalitet, algekultur eller vannmiljø. Resultatene fra alle larvegruppene viser at overlevelse var uavhengig av blanding og mengde fôr tilsatt. Andelen larver som nådde frem til dag 14 var noe høyere hos de som fikk standard fôrblanding enn hos de som kun fikk Tiso og Pav. Det kan derfor synes som om tilsetning av diatomèn Chc har betydning for veksthastigheten til larvene, men andelen larver i live på dag 14 var totalt sett alt for lav. Sammenlignet med tidligere resultater burde 40-60% av larvene nådd frem til dag 14.

Det var kun i de tilfellene da det ble benyttet tilsetning av antibiotika at larver overlevde frem til settling. I larvegruppe 3 nådde imidlertid kun 3% frem til settling, mens andelen i larvegruppe 4 og 5 var 6-20%.

Resultatene fra telling av alger i larvetankene uten larver tilstede synes å vise at omkring 20-30% av cellene forsvinner i tanken (egentap). Over tid kan det se ut til at

Chc forsvinner i noe større grad enn Tiso og Pav. Sammenlignet med tellingene av alger fra larvegruppe 1 må det derfor konkluderes med at larvene spiste svært lite av føret i tankene. Det var kun diatomèn Chc som ble redusert litt i overkant av egentapet på 18-28%. Når Chc manglet i standard fôrblending økte også reduksjonen av Tiso+Pav. Larvene i forsøkene fikk fôr som ble vurdert til å være av god kvalitet, og det ble gitt korrekt blanding i forhold til tidligere standard prosedyrer. Det var ingen synlige «dårlige» tegn hverken ved larver eller systemet forøvrig, men larvene virket bleike og hadde lite mat i tarmen.

Prøvene fra TCBS agar viste betydelige mengder *Vibrio* spp. i larvetankene (Tab. 3.2.5). Det er tidligere vist at noen *Vibrio*-arter kan være patogene for skjellarver. Tilsetning av antibiotika hindret oppblomstring av *Vibrio*, og det er derfor nærliggende å konkludere med at det var en nær sammenheng mellom overlevelse og forekomst av bakterier i larvetankene i våre forsøk.

Etter fullstendig rengjøring av inntaksledning og rørsystem inne i klekkeriet samt installasjon av nye filtere, ble mengden av *Vibrio* spp. redusert. I første tiden etter rengjøring var mengden *Vibrio* i inntaksvannet imidlertid fremdeles høyt, men det ble redusert i løpet av de neste 15 dagene.

I larvegruppe 5 var det en betydelig nedgang i fôrtetthet både i tankene med og uten antibiotika i løpet av ett døgn. Mellom 26 og 50% av algene forsvant utover det beregnede egentapet på 20%. Det virker derfor som om denne larvegruppen spiste mesteparten av føret i tankene. Undersøkelsene ble gjennomført 2 til 3 uker etter rengjøring av inntaket, da forekomsten av *Vibrio* var redusert i hele vannsystemet og ikke kunne påvises i larvetankene. Det må imidlertid presiseres at selv om larvene spiste så nådde de ikke frem til bunnslåing dersom det ikke var antibiotika i tankene. Det var derfor ingen sammenhengen mellom overlevelse og forekomst av *Vibrio*-bakterier i tankene i våre forsøk, men det trolig kan andre bakterier være årsak til det høye frafallet av larver frem mot bunnslåing. Frafall av larver betyr ikke nødvendigvis at larvene dør, men kan også skyldes at de vokser seinere enn normalt og derfor vil gå tapt når maskevidden i silene økes.

Delaktiviteten i Oppskaleringsprosjektet i 1996 har ikke ført til ønsket mål om forbedring av bunnslåing hos kamskjell-larver, men har i betydelig grad bidratt til å fokusere på faktorer som viktig for bedre overlevelse hos larvegrupper. Det er dermed lagt et grunnlag for fokusering av innsats i fortsettelsen av prosjektet. Forsøkene har vist at larvene ikke hadde normal veksthastighet og overlevelse, og at dette hadde sin årsak i at det ved klekkeriet eksisterte et betydelig bakterieproblem. Forholdene ble bedret når mengden av *Vibrio*-bakterier ble redusert, og akseptable resultater ble kun oppnådd ved tilsetning av antibiotika i larvetankene. Forsøk på å elde vannet i fire dager før tilsetning av alger gav positive resultater ved at *Vibrio* ikke økte i betydelig mengde, men vi vet ikke om dette også vil gjelde for andre skadelige bakterier som finnes i vannmiljøet. Tilsetning av antibiotika er ikke ønskelig i produksjon av yngel, og det er derfor et stort behov for å fortsette forsøkene med å bedre vekst og

overlevelse hos larvene. Det er videre helt nødvendig å klarlegge bakteriestatus i klekkeriet. Dette vil danne grunnlag for den innsats som må settes inn for å finne alternativer til antibiotika (f.eks. eldet vann, modnet vann, tilsetning av alger med bakterie-hemmende virkning) i yngelproduksjonen av kamskjell.

**Del 5. POSTLARVER - VANNBEHOV OG FÔRUTNYTTELSE.****5.2: Definerings av nedre grense for fôrtetthet.****Forsøksansvarlig:**Forsker *Sissel Andersen*, HI, AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJON**Prosjektmedarbeidere:**Ingeniør *Tove Boge Eriksen*, HI, AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJONIngeniør *Kjersti Rennan*, HI, AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJONHavforskn.ass. *Arve Kristiansen*, HI, AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJON**Sammendrag**

Det ble ikke funnet noen effekt av fôrkonsentrasjon på mellom 10 og 3 algeceller/ $\mu$ l i innvannet på andel fastsittende postlarver eller skallveksten over en 4 ukers periode. Andel fastsittende individer etter 4 uker kan være avhengig av start-tettheten av postlarver. Innhold av proteiner, fett og karbohydrater var høyere hos postlarver som var fôret med 10 celler/ $\mu$ l enn hos postlarver som var fôret med 5 eller 3 celler/ $\mu$ l. Det anbefales derfor ikke å redusere fôrtettheten til kamskjell under dagens nivå på 10 celler/ $\mu$ l.

*No effects of food concentration (between 3 and 10 algal cells/ $\mu$ l) on fraction of settled larvae (post-larvae) or shell growth after 4 weeks was observed. Number of settled individuals after 4 weeks may be dependent of initial post-larval density. Protein, lipid, and carbohydrate contents were higher in post-larvae fed 10 cells/ $\mu$ l compared to 5 or 3 cell/ $\mu$ l. A reduction in food concentration below today's level of 10 cells/ $\mu$ l is not recommended.*

**Bakgrunn**

Liten kamskjellyngel fôres med kulturer av encellede alger. Produksjon av alger er tids- og kostnadskrevende. Fôrmengden til liten yngel (< 2mm) er de siste årene redusert fra 80-90 til 10-20 celler/ $\mu$ l ved klekkeriet på Rong (Scalpro A/S). Forsøk ved Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon, viste positiv effekt av å redusere fôrmengden fra 20 til 10 celler/ $\mu$ l. Det er imidlertid ikke klarlagt om kamskjell klarer seg med enda lavere fôrtettheter. I yngelproduksjonen er dyrking av fôralger en begrensning, og for å gjøre fôrproduksjonen mer kostnadseffektiv er det ønskelig å kunne redusere den daglige produserte algemengde ytterligere.

**Mål**

Finne ut om vekst og overlevelse hos postlarver blir påvirket når fôrtettheten senkes fra 10 celler/ $\mu$ l til 5 og 3 celler/ $\mu$ l.

## Materiale og metoder

Omtrent 40 000 postlarver 0,6mm (1 uke) ble hentet hos Scalpro A/S 18 juli og brakt til Havforskningsinstituttet, Austevoll Havbruksstasjon. De ble fraktet i fuktige filtre med kjøling i isoporkasse. Etter 4 timer ble de lagt ut i 6 siler med indre diameter 39,5cm og maskevidde 150 $\mu$ m (standard produksjonssiler).

Silene ble tilført 3liter/min med 1 $\mu$ m filtrert 15°C sjø tilsatt 10 celler/ $\mu$ l av en standard algeblanding (Tahitisk *Isochrysis galbana* (Tiso), *Pavlova lutheri* (Pav) og *Skeletonema costatum* (Skel) i forholdet 1:1:2). Fôret ble tilført karene fra fôrtanker, en for hvert kar. Fôrtankene ble fylt hver dag med beregnet volum alger (20-40 liter) og 1 $\mu$ m filtrert sjø til 200 liter. Etter 6 døgn ble forsøk startet med tre ulike fôrtettheter, 10, 5 og 3 celler/ $\mu$ l, av standard blanding. Fôrtettheten ble justert noe etter cellevolum for Skel, slik at antall enkeltceller av Skel ble regnet ut ved å multiplisere målt tetthet med en faktor F ( $F = \text{cellevolum av Skel } (\mu\text{m}^3)/50$ ). Cellevolum av Skel varierte mellom 135 og 266 $\mu\text{m}^3$  etter antall celler i tråden (minimum 2). Gjennomsnittlig cellevolum (gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik) for Tiso og Pav var henholdsvis 53 $\pm$ 12 $\mu\text{m}^3$  og 38 $\pm$ 5 $\mu\text{m}^3$ . Etter forsøkets start ble fôrtettheten inn i silene målt 10 ganger i løpet av forsøkets fire uker. Temperatur i karene ble målt daglig. Antall fastsittende postlarver ble talt i 1x1cm eller 2x2cm ruter (n=30) på duken. Postlarver (n=50) ble tatt ut fra hver sil til størrelsesmåling etter 2 og 4 uker, og til biokjemisk analyse (proteiner, fett, karbohydrater) etter 4 uker. Analyser av totalt innhold av fett, karbohydrater og proteiner var basert på metoder beskrevet av henholdsvis Folch/Meyer, Dubois et al. (1956), og Lowry et al. (1951).

## Faglige resultater

### Temperatur og flow i silene.

Temperaturen var 15,0 $\pm$ 0,2°C, innenfor et område på 14,3-15,3°C. Gjennomstrømning av vann i silene var 2,8-3,1 liter/min.

### Fôret

Kalkulert totalt cellevolum/ $\mu$ l for de tre ulike tetthetene vil være henholdsvis 10\*50=500 $\mu\text{m}^3$ , 5\*50=250 $\mu\text{m}^3$  og 3\*50=150 $\mu\text{m}^3$ . Gjennomsnittlig fôrmengde (cellevolum/ $\mu$ l) som faktisk ble målt, var henholdsvis 483 $\pm$ 116 $\mu\text{m}^3$ , 227 $\pm$ 54 $\mu\text{m}^3$ , og 175 $\pm$ 50 $\mu\text{m}^3$ . Det var ingen signifikant forskjell (Nøstet ANOVA: p>0,05) i fôrmengde mellom de to parallelle silene ved hver av de tre fôrtetthetene. Derimot var det signifikant forskjell (Nøstet ANOVA, Tukey HSD: p<0,05) i fôrmengde mellom karet med 10 celler/ $\mu$ l og de to andre karene. Det var ikke signifikant forskjell i fôrmengde mellom karet med 5 og karet med 3 celler/ $\mu$ l, men i 6 av 8 målepunkter lå verdiene for karet med 3 celler/ $\mu$ l lavere enn verdiene for karet med 5 celler/ $\mu$ l.

### Antall fastsittende postlarver.

En uke etter at forsøket startet var det under 4000 postlarver på alle silene uavhengig av startantall (3349-12581) og fôrkonsentrasjon (Tab. 5.2.1). Etter 4 uker var det

under 2000 på alle silene, unntatt i en sil med førkonsentrasjon 3 celler/ $\mu\text{l}$  hvor det var 2287 postlarver igjen. Det beste resultatet ved forsøkets slutt (etter 4 uker) var i de to silene med lavest startantall ( $< 5000$  postlarver/sil). De fikk henholdsvis 3 og 5 celler/ $\mu\text{l}$ . Høy dødelighet, særlig i starten synes dermed å være knyttet til høy tetthet av postlarver. Forsøket viste ikke at førkonsentrasjonen mellom 10 og 3 celler/ $\mu\text{l}$  hadde effekt på andel fastsittende postlarver ("overlevelse") i silene (Chi-square 2x2).

#### Skallstørrelse - vekst.

Etter både 2 og 4 uker var det ingen signifikant forskjell i skallhøyde (Nøstet ANOVA:  $p > 0,5$ ) mellom de 6 silene i de 3 karene (Tab. 5.2.2). Veksthastigheten var 43, 63 og 51  $\mu\text{m}/\text{døgn}$  for postlarver i karene med henholdsvis 10, 5 og 3 celler/ $\mu\text{l}$ .

**TABELL 5.2.1.** Antall postlarver/sil (silareal=1225,4 $\text{cm}^2$ ) ved forsøkets start (0 uker), og ukentlig til forsøkets slutt (4 uker) i to parallelle siler (a og b) ved tre ulike førkonsentrasjoner (10, 5 og 3 celler/ $\mu\text{l}$ ). Andel fastsittende yngel (% av start) ved forsøkets slutt er gitt i nederste linje. *Number of post-larvae per sieve (sieve area=1225,4  $\text{cm}^2$ ) at experiment initiation (0 uker), and weekly to experiment termination (4 uker) in two replicate sieves (a and b) at three different food concentrations (10, 5, and 3 cells/ $\mu\text{l}$ ). Fraction of settled spat (% of initial numbers) at experiment termination is given in last row.*

Uker	10a	10b	5a	5b	3a	3b
0	9068	6495	3349	5514	4820	12581
1	3482	3952	3186	3074	3380	3870
2	1991	1807	3370	1920	3819	4350
3	1685	1573	2645	1532	2675	4248
4	1082	1167	1976	1179	2287	1754
4 (%)	11,9	18,0	59,0	21,4	47,5	13,9

**TABELL 5.2.2.** Skallhøyde (mm) oppgitt som gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik ( $n=50$ ) for to parallelle siler (a og b) ved tre ulike førkonsentrasjoner (10, 5 og 3 celler/ $\mu\text{l}$ ). *Shell height (mm) given as mean  $\pm$  standard deviation for three food concentrations (10, 5, and 3 cells/ $\mu\text{l}$ ).*

uker	10a	10b	5a	5b	3a	3b
2	1,4 $\pm$ 0,5	1,3 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,4
4	1,9 $\pm$ 0,6	2,0 $\pm$ 0,6	2,1 $\pm$ 0,7	2,1 $\pm$ 0,6	1,9 $\pm$ 0,6	2,1 $\pm$ 0,6

#### Postlarvenes sammensetning.

Det var signifikant (Kruskal-Wallis ANOVA, Mann-Whitney U-test;  $p < 0,05$ ) forskjell i mengden av totalt fett (målt som  $\mu\text{g}/\text{individ}$ ) mellom gruppen som hadde fått 10 celler/ $\mu\text{l}$  og gruppene med 3 og 5 celler/ $\mu\text{l}$  (Tab. 5.2.3). Det var ingen



signifikant forskjell i innhold av totalt fett mellom de to laveste fôrgruppene. Det var heller ingen signifikant forskjell i mengden av karbohydrater og protein mellom fôrgruppene, men for alle de tre biokjemiske komponentene er det økende snittverdi med økende førmengde.

### Diskusjon og konklusjon

Det var vanskelig å fordele postlarver (0,6mm) i likt antall på silene, og dermed ble startantallet mellom silene her svært variabelt fra minimum 3349 til maksimum 12581 pr. sil. Andel fastsittende larver kan se ut til å være avhengig av postlarvetetthet på silene, men det er for få siler med lavt startantall (<5000 individer/sil) til at dette kan avgjøres. Tidligere forsøk har ikke vist en klar sammenheng mellom tetthet av postlarver på silen etter bunnslåing, og antall 2mm yngel produsert. Dette bør avklares i et eget forsøk med god oppløsning i ulike starttettheter, da forskjell i % fastsittende yngel mellom beste og dårligste sil ved forsøkets slutt her var betydelig (henholdsvis 59% og 12%). Andel fastsittende postlarver etter 4 uker på <30-40% er lavt sammenlignet med tall fra produksjonslinjen, men mer omfattende prøvetaking ved forsøk kan virke negativt på overlevelsen.

**Tabell 5.2.3.** Gjennomsnittlig innhold (med standardavvik, N=4) av biokjemiske komponenter i postlarver gitt som  $\mu\text{g}/\text{indiv}$  ved tre ulike fôrkonsentrasjoner (10, 5 og 3 celler/ $\mu\text{l}$ ). *Content (mean  $\pm$  standard deviation, N=4) of biochemical components ( $\mu\text{g}/\text{individual}$ ) at 3 different food concentrations (10, 5, and 3 cells/ $\mu\text{l}$ ) in post-larvae.*

	Fôrkonsentrasjon (celler/ $\mu\text{l}$ )		
	10	5	3
fett	0,37 $\pm$ 0,07	0,25 $\pm$ 0,06	0,23 $\pm$ 0,02
karbohydrat	0,55 $\pm$ 0,18	0,38 $\pm$ 0,10	0,31 $\pm$ 0,11
protein*	16,58 $\pm$ 1,13	15,72 $\pm$ 0,82	13,66 $\pm$ 3,54
sum $\mu\text{g}$	17,51	16,35	14,20

\* Verdiene kan være noe for lave grunnet metodiske analyseproblemer. *Levels may be low due to problems with the analysis.*

På tross av at de ulike fôrkonsentrasjonene ikke hadde effekt på hverken andel fastsittende eller skallvekst, viser de biokjemiske analysene et signifikant høyere innhold av fett hos gruppen med høyest fôrkonsentrasjon. Dette indikerer en bedre næringsstatus. En bedre næringsstatus kan gi seg utslag i høyere overlevelse når 2mm yngel tas ut av klekkeriet til påvekstsystemer på land eller i sjø, og man bør derfor ikke senke fôrkonsentrasjonen i forhold til dagens nivå på 10 celler/ $\mu\text{l}$ .

**Referanser**

Dubois, M., K.A. Gillies, J.K. Hamilton, P.A. Rebers og F. Smith. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28 (3): 350-356.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, L. & Randall, R.J. ( 1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193:265-275.

## Delaktivitet 5: POSTLARVER - VANNBEHOV OG FØRUTNYTTELSE

### 5.3 Optimal resirkuleringsgrad

#### Forsøksansvarlig:

Forsker *Terje van der Meeren*, HI, AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJON

#### Prosjektmedarbeidere:

Forsker *Lise Torkildsen*, HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

#### Sammendrag

Ved økt utnyttelse av føret vil man kunne redusere algeproduksjonen. I den forbindelse ble det tatt prøver fra to forskjellige dyrkningssystemer for postlarver. Det ene dyrkningssystemet var et direkte gjennomstrømningssystem med grunne kar, og det andre systemet hadde resirkulering av vannet og dype kar. Algekonsentrasjonen i vanninntaket, i silene og ved avløpet ble anslått fra disse prøvene ved telling i tellekammer. Resultatene ble sammenholdt med en simuleringsmodell, og resirkulering opp til 92% ble funnet å kunne gjennomføres. En slik høy resirkuleringsgrad vil avhengig av vanngjennomstrømning kunne gi opp til 85% reduksjon i algeproduksjonen. Denne høye resirkuleringsgraden ble ikke testet med skjell i anlegget fordi bakterieproblemer hindret produksjon av postlarver i det aktuelle tidsrom. Et viktig område for fremtidig forskning vil være algenes næringsinnhold som funksjon av lang oppholdstid i systemet ved høy resirkuleringsgrad.

*By increasing food exploitation, algal production may be reduced. Samples were therefore taken from two different cultivation systems for scallop post-larvae. The first system was a flow-through system with shallow tanks, and the other system was based on recirculation of the water in deeper tanks. Algal concentration in the water inlet, the sieves, and in the outlet was determined from microscopy of samples on counting slides. The results were compared with a simulation model, and recirculation up to 92% was found to be feasible. Such a high degree of recirculation will give a reduction in algal production of up to 85% dependent on water flow rate. This high recirculation was not tested with scallops post larvae because problems with bacteria limited the production of post-larvae at the time of experiment start. An important area for future research will be changes in nutritional value of the algae as a function of long residence time in the tank system at high degree of recirculation.*

#### Bakgrunn

Etter at kamskjell-larvene har bunnslått (postlarver fra ca. 0,2mm størrelse) vokser de ved gode næringsbetingelser til 2mm størrelse i løpet av 6 uker. I denne perioden er postlarvene for små til å settes ut i sjøen. I klekkeriet har det vært vanlig å bruke et direkte gjennomstrømningssystem ved dyrking av postlarver, men dette fører til at fôr- og vannbehovet øker kraftig når larvene vokser. Ved økt utnyttelse av føret vil man derfor kunne redusere den arbeidskrevende algeproduksjonen betydelig. Den

mest nærliggende metoden til å senke det produserte algevolumet er å resirkulere algene som allerede er føret ut til postlarvene. Imidlertid er det ukjent hvor stor grad av resirkulering som kan benyttes. Det er heller ikke kjent hvor mye postlarvene spiser av de ulike algetypene. Algenes oppholdstid i systemet før de enten blir spist eller vasket ut vil kunne være bestemmende for deres biokjemiske sammensetning. Videre vil balansen mellom skjellenes filtreringsrate og tilførselsrate av nye alger være bestemmende for hvilket nivå algetettheten i yngelkaret stabiliserer seg på. Denne bør sannsynligvis ikke synke mye under 10 celler/ $\mu\text{l}$ . Som en første tilnærming er det behov for en undersøkelse av hvordan algetetthet varierer med ulike grader av resirkulering i et anlegg av kommersiell skala.

## Mål

Målet med forsøkene var å utvikle oppdrettssystemer for postlarver som øker forutnyttelsen og reduserer vannforbruket. Larvenes føropptak undersøkes innledningsvis i et system med direkte vanngjennomstrømning. Videre testes et system i kommersiell skala basert på resirkulering av vann og alger. En teoretisk modell for algefiltrering og algeutvasking skal utvikles, og ulike grader av resirkulering skal simuleres.

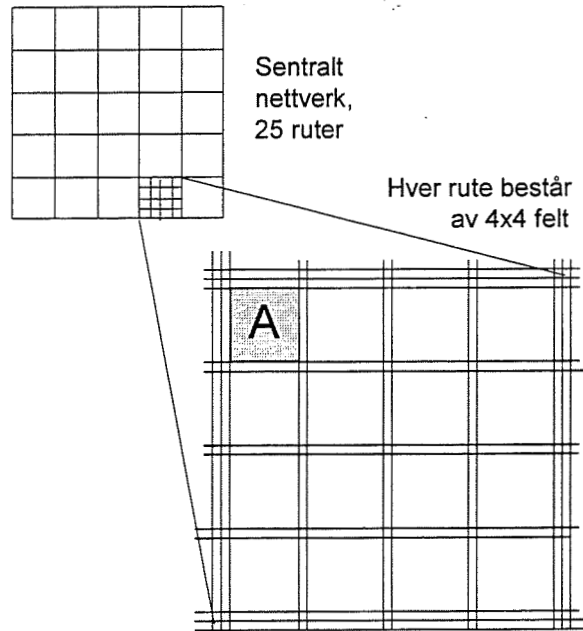
## Materiale og metoder

### Forsøksprogram og førregime

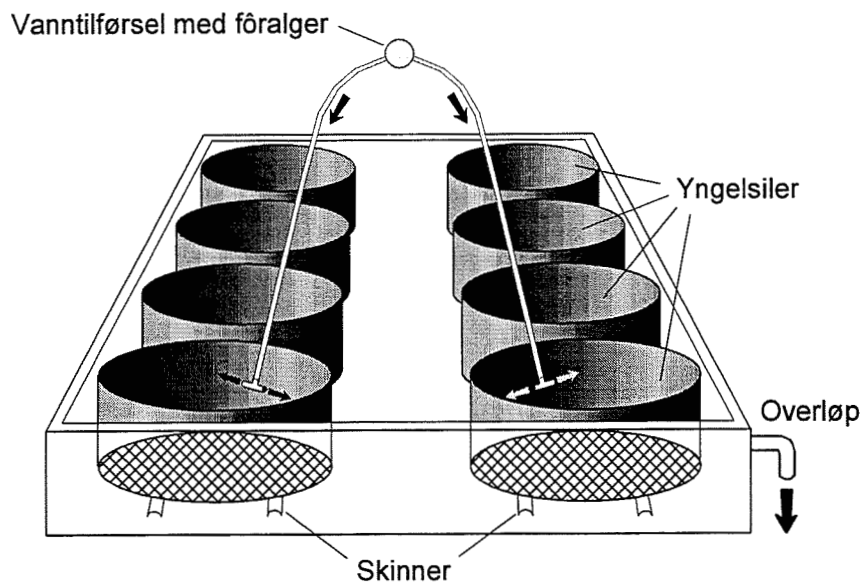
Det ble utført tre forsøk innenfor prosjektet sommeren og høsten 1996. I forsøk (I) ble førinntak undersøkt i et dyrkingssystem med direkte gjennomstrømning. I forsøk (II) og (III) ble førinntak undersøkt i et karsystem hvor alger og vann resirkuleres ved å føres tilbake til silene med postlarvene. I alle forsøkene ble det brukt *Pavlova lutheri* (Pav), tahitisk *Isochrysis galbana* (Tiso) og *Skeletonema costatum* (Skel) i forholdet 1:1:2, og total algetetthet i tilførselen av nytt vann ble forsøkt holdt på 10 celler/ $\mu\text{l}$ . Konsentrasjonen av alger ble anslått ved telling i et Jessen tellekammer (Fig. 5.3.1). Dybden i tellekammeret er 0,4mm, arealet av en rute er 0,0625mm<sup>2</sup> og volumet av en rute blir da 0,025 mm<sup>3</sup>.

### Forsøk (I): Direkte gjennomstrømning

Oppdrettssystemet (Fig. 5.3.2) bestod av et kar med lengde, bredde og vanddybde på henholdsvis 1,9, 0,9 og 0,2m (342 liter). Hvert kar inneholdt 8 siler med 140  $\mu\text{m}$  planktonduk. Annen hver dag ble silene vasket. Silene inneholdt ca. 3000 postlarver ved forsøkerts start og ved avslutning var det sunket til ca. 1000 postlarver på hver sil. Hver sil i karet får tilført 1 liter nytt vann med før pr. min., slik at vannforbruket for hvert kar var 8 liter/min.



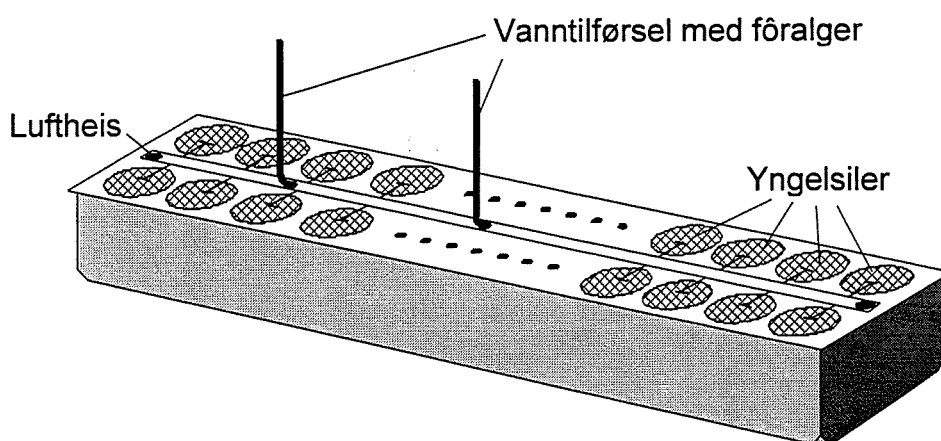
**FIGUR 5.3.1.** Utsnitt av Jessen tellekammer.  $A = 0,0625\text{mm}^2$ . *Section of Jessen counting slide.  $A = 0,0625\text{mm}^2$ .*



**FIGUR 5.3.2.** Direkte gjennomstrømningssystem for dyrking av postlarver (skjematisk etter Søderholm og Hanson, 1994). *Direct flow-through system for cultivation of scallop post-larvae (schematic after Søderholm og Hanson, 1994).*

### Forsøk (II): Resirkuleringsystem

Forsøket tok sikte på å undersøke fôrinntak ved resirkulering av tankvannet. Dyrkningssystemet (Fig. 5.3.3) i forsøk (II) bestod av en tank som var 1m bred, 1m dyp og 6m lang . I drift inneholdt tanken ca. 5000 liter vann. I tanken var det plass til 30 siler. Disse var satt på skinner øverst i tanken slik at de blir nesten ble dekket av vann. Silene var av identisk type til de som ble benyttet i forsøk (I). Hver sil inneholdt ca. 4000 postlarver ved forsøkets start, men var sunket til ca. 1200 ved forsøkets slutt. Avløpet var ca. 5cm over bunnen. I hver ende av karet var det plassert en luftheis som løftet karvannet tilbake til rennen for inntaksvannet til silene (Fig. 5.3.3). På denne måten ble noe av vannet resirkulert. I hver sil rant det 3 liter vann pr. min., hvor 1 liter/min. er nytt vann med fôr, og 2 liter/min. er resirkulert. Resirkuleringsgraden til silene med hensyn til vannmengde var derfor 67%.



**FIGUR 5.3.3.** Dyrkningssystem i kommersiell skala for postlarver med resirkulering av vannet. *Commercial cultivation system with recirculation for scallop post-larvae.*

### Forsøk (III): Resirkuleringsystem

Forsøket tok sikte på å undersøke fôrinntak ved tre ulike grader av resirkulering. Resirkuleringsystemet som ble benyttet i dette forsøket var nesten identisk med det som er beskrevet under forsøk (II). Det 6m lange karet (Fig. 5.3.3) ble delt i to med en skillevegg av kryssfinér og vannrennen ble delt i to slik at man fikk to adskilte systemer med 14 siler i hver. I alt fire slike kar (tre resirkuleringsgrader pluss kontroll) ble startet opp. Grunnet arbeidskrevende prosedyrer for telling av alger var det ikke mulig å starte parallellt samtidig. Forsøket var derfor tenkt gjentatt tre ganger med ulike grupper av postlarver, samt uten larver som kontroll. Imidlertid ble det ikke produsert tilstrekkelig antall postlarver høsten 1996 til forsøket, og kun kontrollen uten larver ble gjennomført.

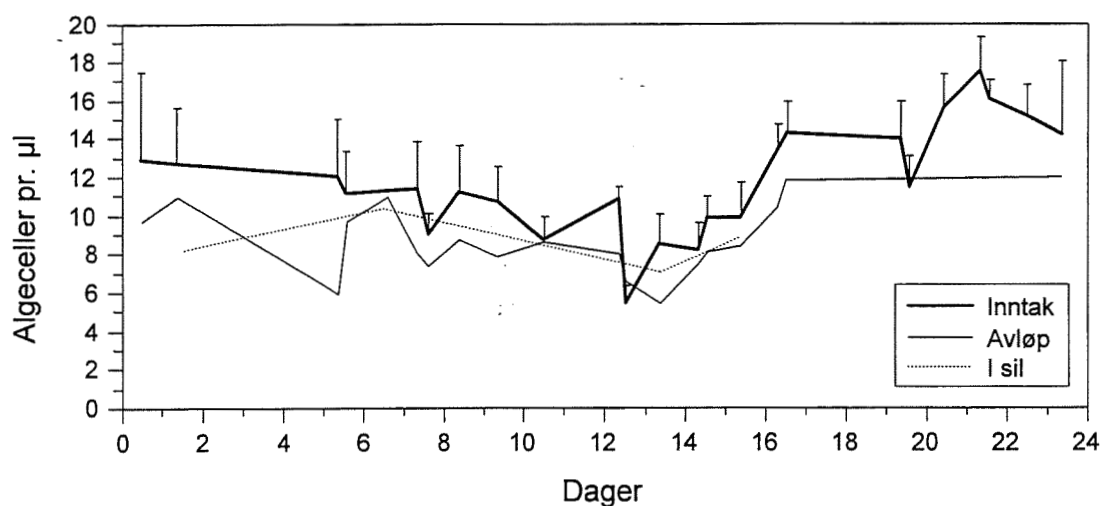
I hver sil ble det tilført 3 liter vann pr. min. Antall liter nytt vann pr. min. med fôr i silene var 1, 0,5 og 0,25 for kar med resirkuleringsgrad på henholdsvis 67, 83 og 92%. I tillegg ble det benyttet direkte gjennomstrømning (0%) med 1 liter vann med fôr pr. min. inn i silene. Algekonsentrasjonen i inntaket, inn i silene, og i avløpet ble bestemt ved telling på en Coulter Counter. For sammenlikning ble prøvene i inntaket også talt i et Jessen tellekammer (Fig. 5.3.1).

Til forsøk (III) ble det utviklet en simuleringsmodell basert på filtreringsrate som funksjon av yngelstørrelse, algetetthet og mengde av tilført nytt vann, utvasking, og resirkuleringsgrad (tilførselsrate av nytt vann). Utvasking ble bestemt fra en standard eksponensiell modell med konstant utvaskingsrate, mens økning av algetetthet fra tilførsel ble bestemt fra von Bertalanffy's vekstkurve. Data for postlarvenes filteringsrate ble gjort tilgjengelig fra Sissel Andersen, Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon (NFR-prosjektet "Yngelproduksjon av kamskjell: Effekt av førsammensetning", nr. 111001/120). Forløpet av algetetthet ved ulike resirkuleringsgrader i karet ble simulert ved bruk av EXCEL regneark.

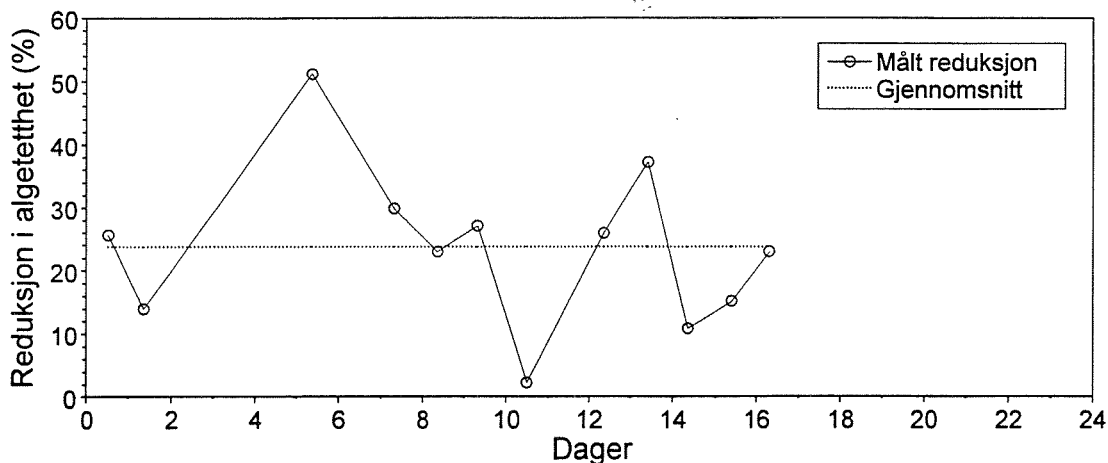
## Resultater

### Forsøk (I): Direkte gjennomstrømning

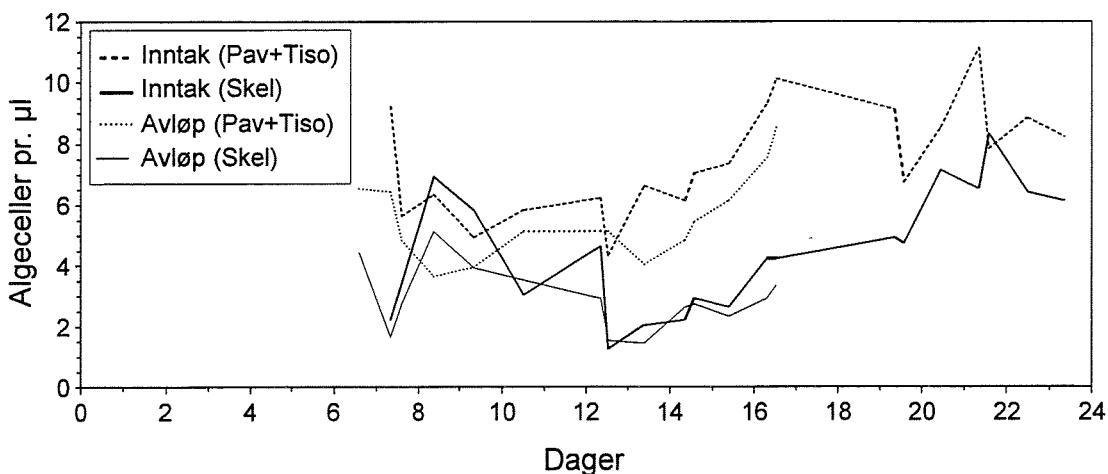
Prøver til algetellinger ble tatt fra vanninntaket, i silene og fra avløpet. Gjennomsnittlig konsentrasjon av alger i inntaket under forsøksperioden var 11,9 celler/ $\mu\text{l}$  (Fig. 5.3.4). Dette var noe høyere enn den ønskede snittkonsentrasjonen som var satt til 10 celler/ $\mu\text{l}$ . Høyeste målte algekonsentrasjon i forsøksperioden var 17,6 celler/ $\mu\text{l}$  og den laveste var 5,5 celler/ $\mu\text{l}$ . Algekonsentrasjonen varierte lite i silene under forsøksperioden (Fig. 5.3.4). Silene hadde en gjennomsnittskonsentrasjon av



**FIGUR 5.3.4.** Totale algekonsentrasjoner ulike steder i oppdrettssystemet i forsøk (I). Inntak er gitt med standardavvik. *Total algal concentrations at different places in the rearing system of experiment (I). Inlet is given with standard deviations.*



**FIGUR 5.3.5.** Forskjell i algetetthet mellom inntaksvann og avløpsvann i forsøk (I).  
*Differences in algal density between tank inlet and outlet in experiment (I).*

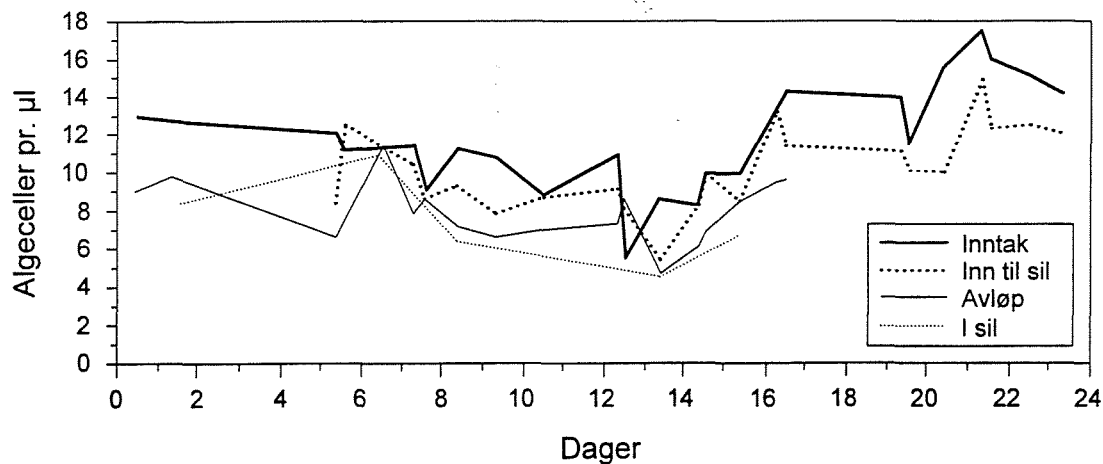


**FIGUR 5.3.6.** Algekonsentrasjoner av ulike føralger i oppdrettsystemet i forsøk (I).  
*Algal concentrations of different food algae in the rearing system of experiment (I).*

alger på 8,7 celler/ $\mu\text{l}$  (kun fire målepunkter ble tatt). Algetettheten i avløpet varierte en del gjennom forsøket. Denne variasjonen henger sammen med algevariasjoner i inntaket (Fig. 5.3.4). Snittkonsentrasjonen i avløpet var 8,6 celler/ $\mu\text{l}$ . Den høyeste konsentrasjonen i avløpet var 11,8 celler/ $\mu\text{l}$ , mens den laveste var 5,4 celler/ $\mu\text{l}$ .

Sammenlikner man snittkonsentrasjonene i inntaket ( $11,9 \pm 2,8$  celler/ $\mu\text{l}$ ) og avløpet ( $8,6 \pm 1,9$  celler/ $\mu\text{l}$ ), antydes det en nedgang i algekonsentrasjonen fra inntak til avløp. Utnyttelsesgraden (det prosentvise forholdet mellom inntak og avløp) varierer ganske mye i løpet av forsøksperioden og hadde et gjennomsnitt på 24% (Fig. 5.3.5).





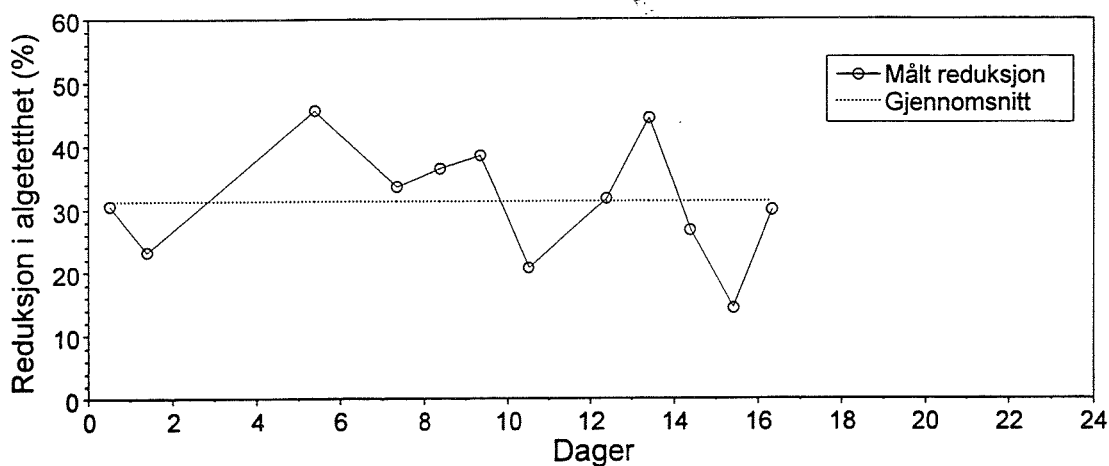
**FIGUR 5.3.7.** Totale algekonsentrasjoner ulike steder i oppdrettssystemet i forsøk (II). *Total algal concentrations at different places in the rearing system of experiment (II).*

I inntaket var konsentrasjonen av algene Pav+Tiso høyere enn konsentrasjonen av Skel i nesten hele forsøksperioden (Fig. 5.3.6). Snittkonsentrasjonen av Pav+Tiso var 7,4 celler/ $\mu\text{l}$ , mens den var 4,4 celler/ $\mu\text{l}$  av Skel. Ideelt sett ut fra blandingsforholdet i fôret skulle konsentrasjonene av Pav+Tiso og Skel vært like. I avløpet var det høyere konsentrasjon av Pav+Tiso enn av Skel (Fig. 5.3.6). Snittkonsentrasjonen av Pav+Tiso var 5,5 celler/ $\mu\text{l}$ , mens den var 2,9 celler/ $\mu\text{l}$  for Skel. Forskjellen i algetetthet mellom inntak og avløp var litt større for Pav+Tiso enn for Skel.

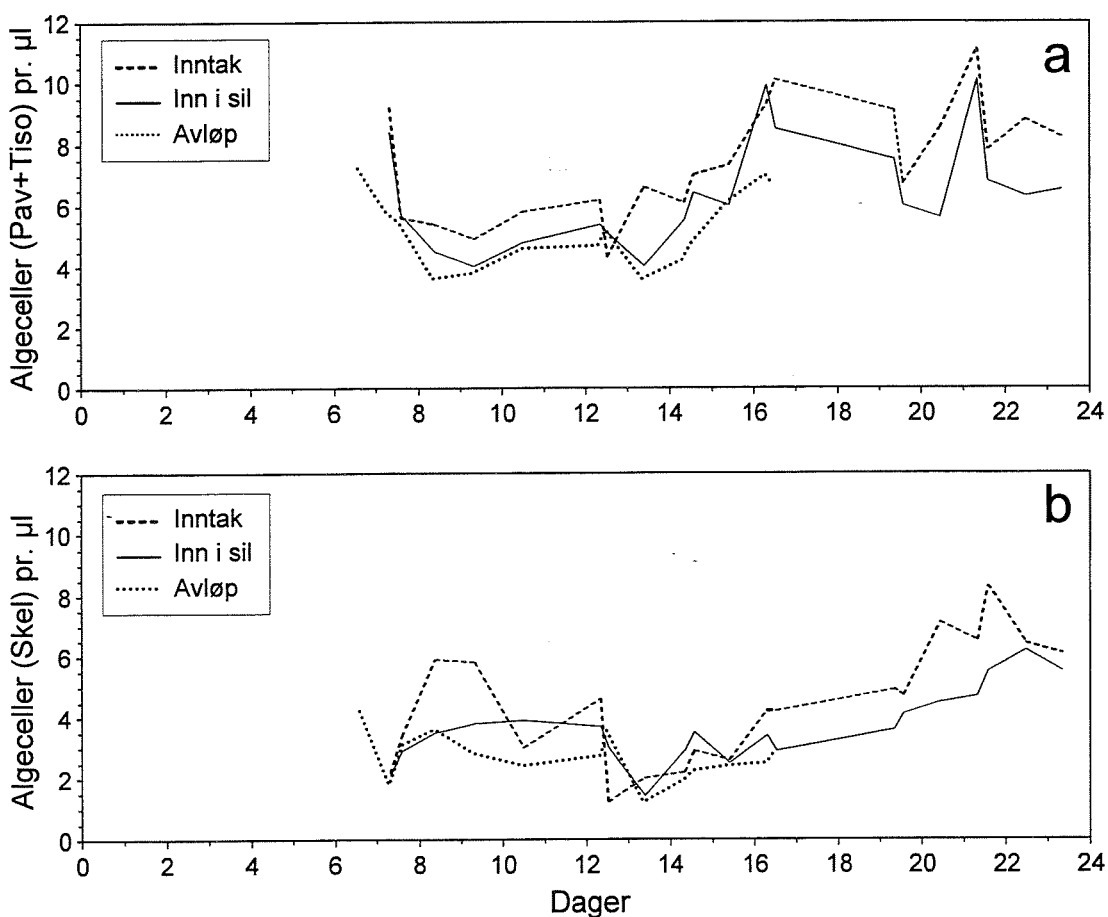
#### Forsøk (II): Resirkuleringsystem

Prøvene til algetellinger ble tatt fra inntak, inn til sil, i silene og fra avløpet. Algetellingene fra inntaket er identisk med systemet for direkte gjennomstrømning i forsøk (I), og derfor blir bare prøvene fra sil- og avløpssystemet omtalt her. I forsøksperioden var det stor variasjon i algekonsentrasjonen inn til silene (Fig. 5.3.7), noe som synes å henge sammen med variasjonen i inntaket. Snittkonsentrasjonen i forsøksperioden inn til silene var 10,1 celler/ $\mu\text{l}$ . Den høyeste algetettheten som ble observert var 14,9 celler/ $\mu\text{l}$ , mens den laveste var 5,4 celler/ $\mu\text{l}$ . Resultatene etter telling direkte fra silene tyder på at algekonsentrasjonen her ble noe redusert over tid (Fig. 5.3.7). I avløpet varierte tettheten en del gjennom hele forsøksperioden (Fig. 5.3.7). Gjennomsnittlig algekonsentrasjon i avløpet var 7,9 celler/ $\mu\text{l}$ . Den høyest målte konsentrasjonen var 11,5 celler/ $\mu\text{l}$ , mens den laveste var 4,7 celler/ $\mu\text{l}$ .

Av resultatene kan man se at konsentrasjonen i avløpet henger sammen med konsentrasjonen i inntaket (Fig. 5.3.7). Snittkonsentrasjonen i inntaket ( $11,9 \pm 2,8$  celler/ $\mu\text{l}$ ), inn til sil ( $10,1 \pm 2,2$  celler/ $\mu\text{l}$ ) og i avløpet ( $7,9 \pm 1,6$  celler/ $\mu\text{l}$ ) ble sammenliknet. Fra disse data kan det antydes en gradvis nedgang fra inntaket til avløpet. Utnyttelsesgraden (Fig. 5.3.8) variere en god del over tid, men snittet igjennom hele perioden var 31,5%.



**FIGUR 5.3.8.** Forskjell i algetetthet mellom inntaksvann og avløpsvann i forsøk (II).  
*Differences in algal density between tank inlet and outlet in experiment (II).*



**FIGUR 5.3.9.** Algekonsentrasjoner av ulike føralger i oppdrettsystemet i forsøk (II):  
 a) *Pavlova* og *Isochrysis*; b) *Skeletonema*. *Algal concentrations of different food algae in the rearing system of experiment (II): a) Pavlova and Isochrysis; b) Skeletonema.*

Også i forsøk (II) var konsentrasjonen av Pav+Tiso høyere enn for Skel (Fig. 5.3.9) i inntaket. Snittkonsentrasjonen for Pav+Tiso var 6,4 celler/ $\mu$ l, mens for Skel var den 3,7 celler/ $\mu$ l. I avløpet var konsentrasjonen av Pav+Tiso høyere enn konsentrasjonen av Skel. Gjennomsnittskonsentrasjonen av Pav+Tiso var på 5,2 celler/ $\mu$ l, mens den var 2,7 celler/ $\mu$ l for Skel. Forskjellen i algetetthet mellom inntak og avløp var ubetydelig større for Pav+Tiso enn for Skel.

Forsøk (III): Resirkuleringsystem

Prøvene fra inntaket ble talt både med Coulter Counter og ved hjelp av tellekammer. Resultatene viser at det var liten variasjon mellom disse tellemåtene (Tab. 5.3.1). Ved enkelt tellinger er forskjellen ca. 10%, men forskjellen jevner seg ut med mange tellinger.

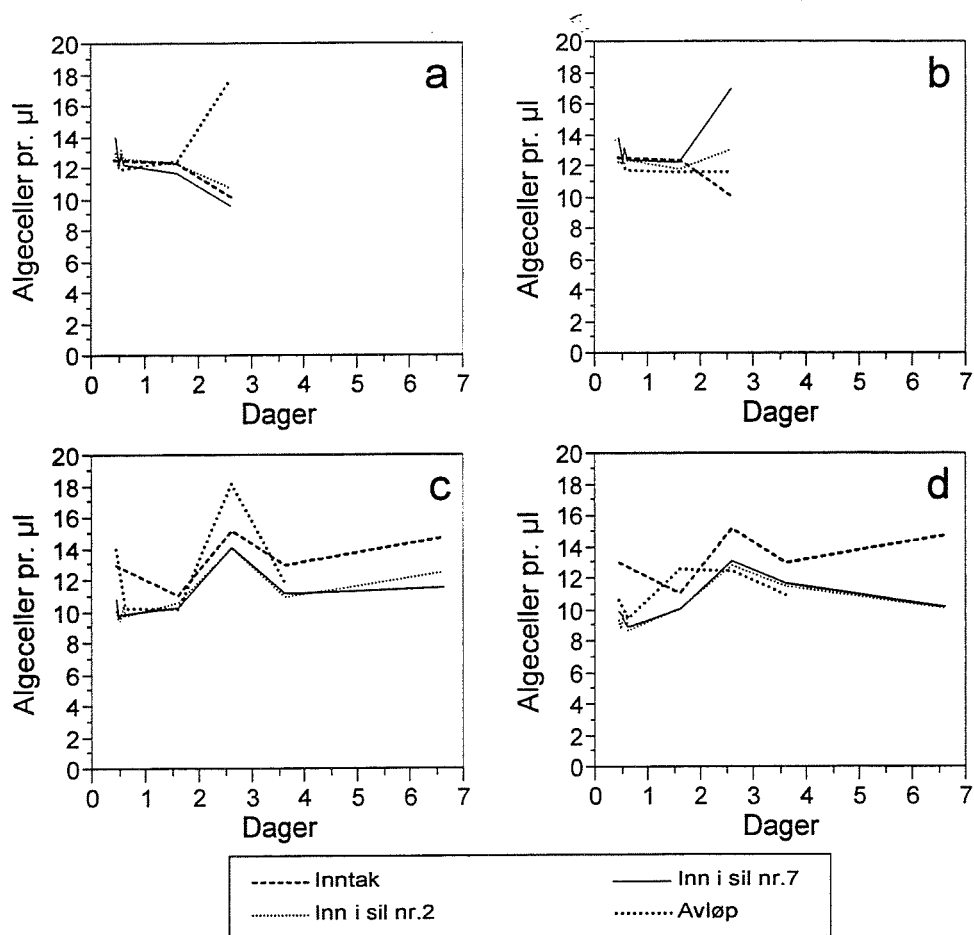
**TABELL 5.3.1.** Sammenlikning av tellinger i en Coulter Counter og i et tellekammer.

*Comparison of counts from Coulter Counter and microscopy with counting slide.*

Prøve nr.	Coulter (celler/ $\mu$ l)	Tellekammer (celler/ $\mu$ l)	Forskjell (%)
1	12,97	11,91	-8,17
2	11,08	13,09	18,14
3	15,17	13,60	-10,35
4	12,93	11,53	-10,83
5	14,68	15,39	4,84
6	12,49	11,22	-10,17
7	12,33	13,93	12,98
8	10,07	10,58	5,06
Gjennomsnitt:	12,72	12,66	0,47

**TABELL 5.3.2.** Sammenlikning av algetetthet i inntak og inn til silene ved 83 og 92% resirkuleringsgrad. *Comparison of algal density in tank inlet and sieve inlets at 83 and 92% recirculation.*

Tid (dager)	Inntak (celler/ $\mu$ l)	83 %		92 %	
		Inn i sil (Celler/ $\mu$ l)	Differanse i %	Inn i sil (Celler/ $\mu$ l)	Differanse i %
0,4	13,0	10,4	19,7	9,5	26,5
1,6	11,1	10,5	5,5	10,1	9,0
2,6	15,2	14,1	7,3	13,0	14,6
3,6	12,9	11,0	15,1	11,6	10,5
6,6	14,7	12,1	17,4	10,9	25,8
Snitt:	13,3	11,6	13,0	11,0	17,3



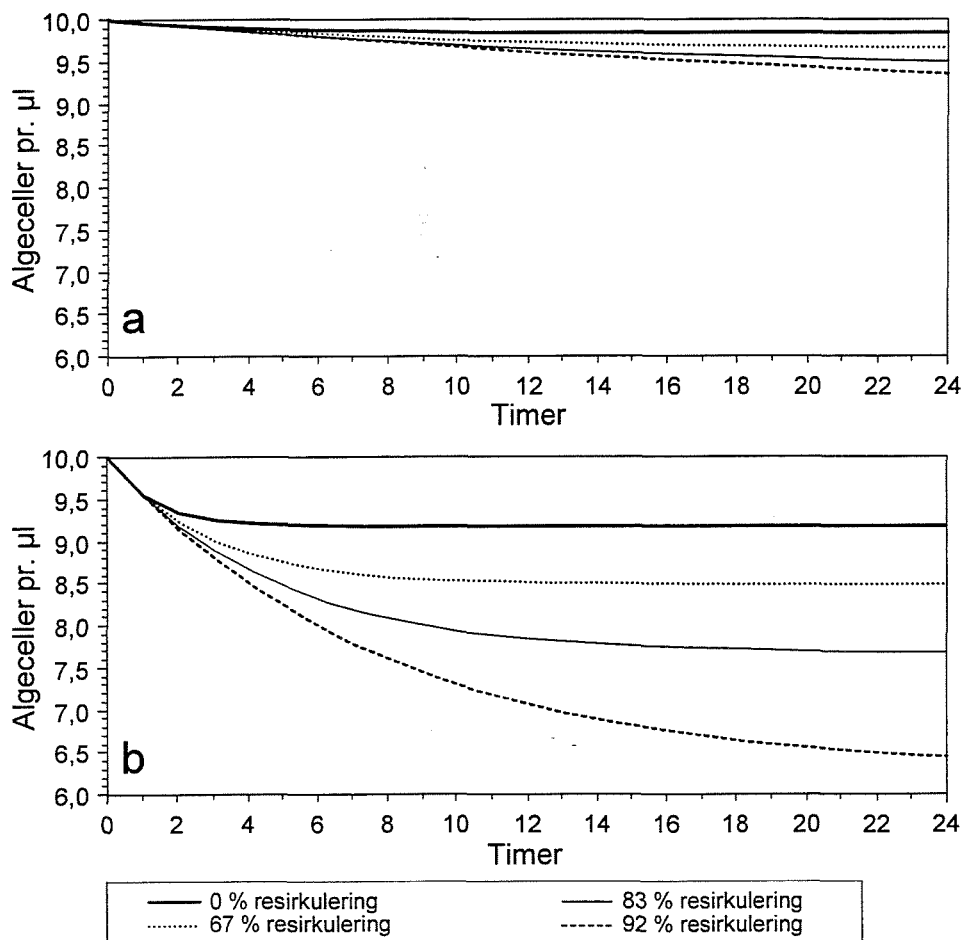
**FIGUR 5.3.10.** Totale algekonsentrasjoner ulike steder i oppdrettssystemet i forsøk (III). a) 0% resirkulering (direkte gjennomstrømning); b) 67% resirkulering; c) 83% resirkulering; d) 92% resirkulering. *Total algal concentrations at different places of the rearing tank system in experiment (III). a) 0% recirculation (direct flow-through); b) 67% recirculation; c) 83% recirculation; d) 92% recirculation.*

Grunnet problemer med yngelproduksjonen ble ikke forsøk (III) gjennomført med postlarver i silene. Resirkuleringsgradene 0% og 67% ble kjørt parallellt. Karene med 83% og 92% resirkulering ble også kjørt samtidig men seinere enn de to første resirkuleringsgradene. I karet med direkte gjennomstrømning (0% resirkulering) var det ingen forskjell i algekonsentrasjonen inn til de to silene som ble målt (Fig. 5.3.10a). Etter vasking av silene på dag 2 steg derimot algekonsentrasjonen i avløpet kraftig. Karet med 67% resirkulering viste innledningsvis samme bilde som ved 0% resirkulering (Fig. 5.3.10b). Også her førte vaskingen av silene til betydlige forskjeller.

Ved de høyeste gradene av resirkulering (83 og 92%) var algetetthetene fra hver av de to undersøkte silene identiske innenfor hvert kar (Fig. 5.3.10c,d). Videre var algetettheten hele tiden betydelig lavere i silene enn i inntaket til karet (Tab. 5.3.2). I

karet med størst resirkuleringsgrad var denne forskjellen også størst (17,3% reduksjon). I det ene karet medførte vasking av silene på dag 2 en kraftig økning av algetettheten i avløpet (Fig. 5.3.10c).

Modellsimulering av algetettheter i kar med postlarver og ulike grader av resirkulering viser at det forventes en svært liten fôrnedgang i karet når larvene er små (0,5mm skallhøyde). Selv med lav gjennomstrømning (1 liter/min pr. sil) og høy resirkuleringsgrad (92%) beregnes algetettheten i karet kun å synke fra 10 til 9,3 celler/ $\mu\text{l}$  (Fig. 5.3.11a). For 2,0mm skjellyngel og 3 liter/min. vanngjennomstrømning i silene er nedgangen i algetetthet større (fra 10 til 6,4 celler/ $\mu\text{l}$ ) (Fig. 5.3.11b).



**FIGUR 5.3.11.** Simulerte algekonsentrasjoner ved ulike resirkuleringsgrader i forsøk (III). Tankvolum er  $2,5\text{m}^3$ , 14 siler pr. tank, og det tilføres nytt vann med tetthet på 10 alger pr.  $\mu\text{l}$ . a) Simulering for 0,5mm postlarver, 10000 pr. sil, og vanngjennomstrømning lik 1 liter/min. pr. sil; b) Simulering for 2,0mm postlarver, 6000 pr. sil, og vanngjennomstrømning lik 3 liter/min. pr. sil. *Simulated algal concentrations at different degrees of recirculation in experiment (III). Tank volume is  $2,5\text{m}^3$ , 14 sieves per tank, and water supplied contains algal density of 10 cells/ $\mu\text{l}$ . a) Simulation for 0,5mm post-larvae, 10000 per sieve, and water exchange rate of 1 litre/min. per sieve; b) Simulation for 2.0mm post-larvae, 6000 per sieve, and water exchange rate of 3 litre/min. per sieve.*

## Diskusjon og konklusjon

### Algedyrkning

Algekonsentrasjonen i inntaket varierte en god del gjennom hele forsøksperioden. Den varierer fra 55% til 176% av den ønskede verdien på 10 celler/ $\mu\text{l}$ . Disse variasjonene skyldes blant annet problemer med å dyrke en av algene i forsøksperioden, og i tillegg var det omslag til varmere vær mot slutten av forsøk I og II. Dette førte til endret algevekstrate grunnet temperaturøkning inne i dyrkningsrommet. Når man ser på de enkelte artene i inntaket finner man at konsentrasjonen av Pav+Tiso var høyere enn konsentrasjonen av Skel. I utgangspunktet er det ønskelig at disse to skulle være like, men på grunn av problemer med dyrkingen av Skel ble konsentrasjonen av sistnevnte lavere.

### Evaluering av forsøkene

Det var ikke problemer med å holde algekonsentrasjonen inn til silene over 10 celler/ $\mu\text{l}$ . Både ved direkte gjennomstrømning (forsøk I og III) og resirkulering (forsøk II og III) påvirkes algekonsentrasjonen i hele systemet av konsentrasjonen i inntaket. Ved direkte gjennomstrømning går inntaksvannet rett i silene, mens ved resirkulering blandes inntaksvannet med noe av det vannet som allerede er i tanken før det går inn i silene. Som følge av dette ble variasjonen i algekonsentrasjonen inn til silene mindre i resirkuleringssystemet. Her varierte algekonsentrasjonen inn i sil fra 54% til 150% av den ønskede verdien på 10 celler/ $\mu\text{l}$ , mens gjennomsnittet i de ulike karene var mellom 10,1 og 13,5 celler/ $\mu\text{l}$ .

I begge systemene endres konsentrasjonene i inntak og avløp noenlunde i fase (Fig. 5.3.4, 5.3.7, 5.3.10), men i resirkuleringssystemet var det færre alger som gikk ut avløpet. Dette ble spesielt observert uten skjell tilstede ved høye resirkuleringsgrader (forsøk III). Her gikk gjennomsnittlig 13,0 og 17,3% av algene tapt i systemet (Tab. 5.3.2). Det er derfor vanskelig å si om den økte utnyttelsesgraden fra direkte gjennomstrømning (24% i forsøk I) til resirkulering (31,5% i forsøk II) var en effekt av postlarvenes filtrering eller tap av alger i systemet gjennom f.eks. sedimentering. Forsøk I var et mindre system med høyere vannutskifting (32 ganger pr. døgn). Dette kan også ha bidratt til redusert sedimentering av alger. Uansett viser forsøk III at ved høy resirkuleringsgrad (>80%) må algedødelighet kompenseres med opp mot 20% økning av algetettheten i inntaksvannet.

### Vurdering av modellsimuleringen

Den teoretiske simuleringen av resirkulering i kommersiell skala (forsøk III) viser at algekonsentrasjonen i verste fall vil reduseres med 40% som følge av skjellenes filtrering (Fig. 5.3.11). Med førkonsentrasjon i inntaket på 10 celler/ $\mu\text{l}$  vil dette føre til et konstant førnivå på ca. 6 celler/ $\mu\text{l}$ . Dette er noe lavere enn anbefalt (se rapport fra delaktivitet 5.2), og som kompensasjon bør derfor inntaksvannet ha en tetthet på 15 celler/ $\mu\text{l}$ . Hvis algetap utenom skjellenes førinntak skal regnes med bør algekonsentrasjonen økes ytterligere med 20% slik at den anbefalte inntakstetthet ved 92% resirkulering for 2mm skjellyngel vil være 18 celler/ $\mu\text{l}$ . Problemet kan også løses ved daglige tilleggsføringer direkte i karet istedet for et langvarig øket inntaksnivå.

Data fra forsøkene og den teoretiske simuleringen viser at høy resirkulering (>90%) er mulig sett ut fra tilførsel av fôralger. Dette vil gi en stor gevinst idet utnyttelsen av algeproduksjonen økes betraktelig. For eksempel vil 92% resirkulering og 2mm skjell i anlegget føre til 85% reduksjon i algeproduksjonen. Tilsvarende vil reduksjonen i algeproduksjonen være 55% for 0,5mm skjell. Beregningene er gjort ut fra 18 celler/ $\mu$ l i inntaksvannet. Forskjellen mellom 0,5 og 2mm skjell har sin årsak i ulik vanngjennomstrømning i silene for disse skjellstørrelsene.

Det gjenstår imidlertid å se hvordan skjellene faktisk klarer seg ved høye resirkuleringsgrader. Ugunstige forhold kan påvirke algenes næringsinnhold i tanksystemet og føre til for eksempel redusert vekst og overlevelse hos skjellene. Dette vil være mest kritisk for de minste skjellene. Halveringstiden (medgått tid til at halvparten av en utgangsbestand av alger er fjernet fra oppdrettstanken) for algenes opphold i tanksystemet ut fra både utvasking og filtrering ved 92% resirkulering vil være ca. 30 og 10 timer for henholdsvis små (0,5mm) og store (2mm) skjell. Halvparten av fôret til de små skjellene vil derfor være eldre enn 30 timer. Dette vil kunne reduseres til ca. 14 timer ved å øke gjennomstrømningen i silene fra 1 til 3 liter/min. Det er meget viktig at disse teoretiske betraktningene testes med skjell i anlegget. Et slikt forsøk må undersøke både algenes og skjellenes biokjemiske sammensetning.

## Referanser

- Søderholm, L. og S. Hanson (1994). Klekkermanual for Øygarden skjellklekkeri (notat).  
*Senter for miljø- og ressurstudier, Universitetet i Bergen.* 70 sider.

## **Delaktivitet 6. LITEN YNGEL (2-15mm) I LANDBASERTE ANLEGG**

### **6.2 Driftsbeskrivelse for pollstyring.**

---

#### **Forsøksansvarlig:**

Forsker *Terje van der Meeren*, HI, AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJON

#### **Prosjektmedarbeidere:**

*Alf Roald Sætre*, SEALIFE A/S

#### **Sammendrag**

Målet med denne rapporten er å utarbeide en driftsbeskrivelse for styring av Espevikpollen som basis for produksjon av kamskjell. Driftsbeskrivelsen er tuftet på grunnlag av tidligere vitenskapelige arbeider fra pollen, samt data samlet inn fra 1996 da det ble satt inn kamskjellyngel i skjellanlegget på land i Espevik. Fra dette er det foreslått konkrete tiltak samt skissert opp et prøvetakingsprogram som vil kvalitetssikre driften av anlegget. Det viktigste tiltaket er nedbrytning av lagdelte vannmasser ved hjelp av strømsetter. Dette øker produksjonsvolumet betraktelig, og sirkulasjonen vil bedre vannkvaliteten. Innpumping og utvasking bør reduseres kraftig i forhold til 1996. Prøvetakingsprogrammet blir det viktigste redskapet for å styre pollen. Hydrografien legger grunnlaget for styring av strømsetteren, og biologiske prøver inkludert nærings salt vil bestemme gjødsel-mengde og type.

*The objective of this part is to work out an operation manual for management of the Espevik lagoon in scallop production. The manual is based on scientific reports from previous work in this lagoon, and data collected from 1996 when scallop spats were placed in the land-based on-growing facility in Espevik. Specific actions are suggested from the available data, and to ensure management quality a sampling program is outlined. The most important action is to prevent formation of stratification in the lagoon by means of a propeller. This will considerably increase the available water volume for primary production, and the circulation will improve water quality. Renewal of lagoon water by pumping should be greatly reduced compared to 1996. The sampling program will be the most important tool for management of the lagoon. Hydrographical data will be the base for control of water mixing by the propeller, and biological samples inclusive nutrients will determine amounts and types of fertilisers to be added.*

#### **Bakgrunn**

Behovet for fôralger øker med økende størrelse av kamskjellyngelen. Det vil på et gitt tidspunkt være vanskelig å dekke matbehovet med intensiv algeproduksjon. Yngelen ble derfor satt direkte i sjøen for å beite på naturens egen produksjon, noe som medførte stor dødelighet hvis temperaturen var under 7°C. Bruk av poller til skjellproduksjon har lange tradisjoner i Norge. Som i sjøen finnes det i pollene et sammensatt algesamfunn, men i motsetning til sjøen kan dette påvirkes ved manipulasjoner siden pollene er lukkede systemer. Algeproduksjonen og sammen-



setningen vil kunne påvirkes av gjødsling og omrøring. Ved bruk av gjødsling vil algetettheten i pollene vanligvis langt overstige tetthetene i sjøen. I tillegg vil det være mulig å holde høyere temperatur i pollene enn i sjøen. Produksjonssesongen kan derfor utvides med flere måneder. I noen tilfeller vil temperaturen i pollene overstige ønsket nivå på sommeren. Størst kontroll oppnås derfor ved at yngelanlegget plasseres på land med mulighet til å hente og blande vann fra både pollen og sjøen.

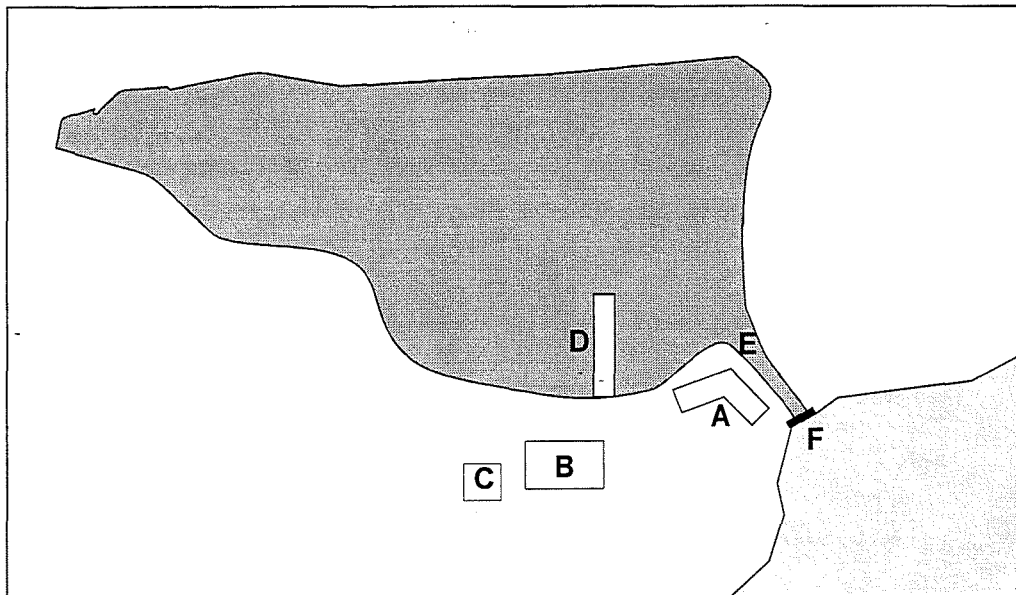
## Mål

Utarbeidelse av en driftsbeskrivelse for styring av Espevikpollen (Sealife A/S) i yngelproduksjon av kamskjell. Dette skjer på grunnlag av en evaluering av forsøket med landbasert yngelanlegg ved Sealife A/S i 1996.

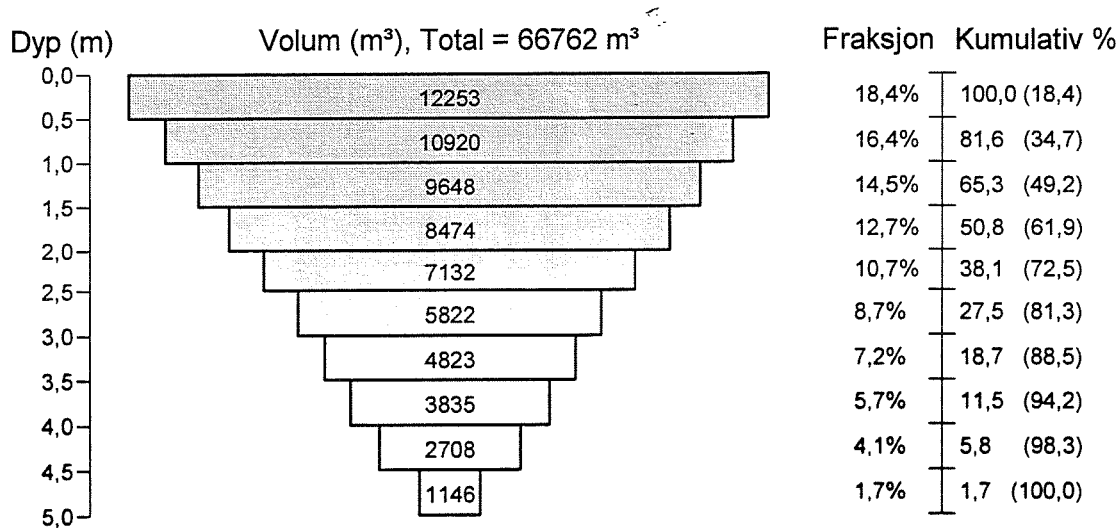
## Evaluering av Espevikpollen, 1996.

### Beskrivelse av pollen

Espevikpollen befinner seg i Tysnes kommune, Hordaland, og drives i dag av Sealife A/S. Fasiliteten har laboratorier, kontorer, anlegg for dyrking av skjell på land basert på pollvann, algedyrkingsanlegg, flåtesystem, og vannforsyning fra sjøen (Fig. 6.2.1).



**FIGUR 6.2.1.** Skjematisk beskrivelse av Espevikpollen. A): Landannlegg for skjellyngel, B): Kontor, intensiv algedyrking, C): Laboratorium, D): Flåteanlegg, E): Vann-forsyningssystem og kanal for avrenning fra pollen, F): Demning. *Schematic description of the Espevik lagoon. A): Land-based ongrowing facility for spat, B): Office, intensive cultivation of algae, C): Laboratory, D): Raft system, E): Water supply system and channel for lagoon outflow, F): Dam.*



**FIGUR 6.2.2.** Volum av de ulike dybdelag i Espevikpollen. Kumulativ % angir oppsummert volum i prosent regnet fra 5m dyp (bunn), mens tall i parantes angir oppsummert volum i prosent fra overflaten. Volum er regnet ut etter metode beskrevet av Wetzel (1975). *Volume of the different strata in the Espevik lagoon. Cumulative % denotes sum of volume in percent calculated from 5 metres depth, while numbers in brackets are sum of volume fraction calculated from the surface. Volume is estimated from a method given by Wetzel (1975).*

Pollen er ca 300m lang, 150-200m bred, 5m dyp og har et volum på vel 66 000m<sup>3</sup> (Fig. 6.2.2). Utløpet er en grunn kanal hvor avrenningen kontrolleres med en demning. Tilrenning av ferskvann i overflaten fører vanligvis til lagdeling av vannmassen, og temperaturen i de dypere delene av pollen kan derfor bli svært høy. Espevikpollen har derfor en lang historie som østerspoll, men har det siste tiåret også vært benyttet til produksjon av andre skjellarter som teppe-skjell og sand-skjell.

I 1996 ble det satt inn 2mm kamskjellyngel i skjellanlegget på land. Dette landanlegget henter vann fra pollen, og er derfor prisgitt de temperaturer og næringsforhold som finnes der inne. Imidlertid er det installert et betydelig vannforsyningssystem, og vel 5m<sup>3</sup> sjøvann pr. min. kan tilføres pollen fra henholdsvis 7 eller 15m dyp i fjorden utenfor. Pollen kan derfor tilføres en mengde vann som tilsvarer dens eget volum i løpet av ca 9 dager. På denne måten kan det ferskere vannlaget på toppen av pollen vaskes ut. Sammen med lavere temperatur på det innpumpede vannet vil dette kunne redusere temperaturen i pollen i den varme perioden av sommeren. Også lave oksygen- og pH-verdier, som vanligvis observeres med lagdelte vannmasser i juli, kan hindres med et slikt tilførselssystem.

#### Oppstart og prøvetaking i 1996

Espevikpollen var islagt vinteren 1995-96. Det ble ikke foretatt hydrografiske målinger, men trolig var store deler av vannmassen fri for oksygen (anoksisk). For å fjerne islaget ble det satt igang en strømsetter ved inngangen til mars. Denne var i

gang til 4 april, og innpumping av sjø fra 15m dyp foregikk parallellt i hele denne perioden. Det ble ikke foretatt noen målinger av oksygennivå i hele 1996-sesongen. Målinger av temperatur og saltholdighet fra pollen 8 april viste henholdsvis 6,5°C og 32,5‰ på 2m dyp. Med innpumping av ca. 5m<sup>3</sup> sjøvann pr. min. i hele mars er det grunn til å tro at oksygennivået ikke har vært noe særlig under 100% i begynnelsen av april.

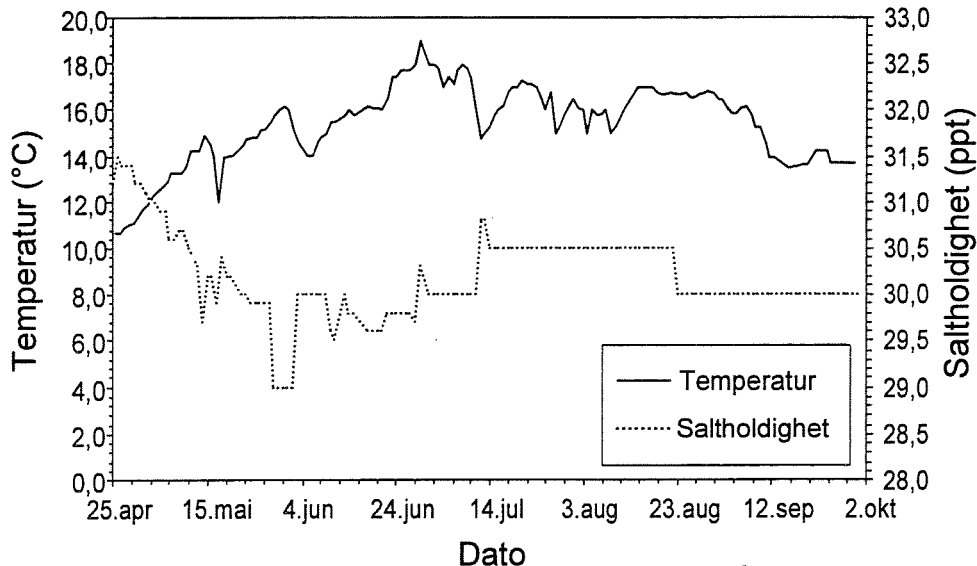
Innpumpingen ble stoppet 5 april og ca. 400 000 kamskjellyngel (ca 2mm stor) ble satt inn i landanlegget den 24 april da temperaturen passerte 10°C. Yngelen var produsert ved Scalpro A/S. Mindre partier yngel ble seinere overført fra Scalpro A/S. Kamskjellyngelen fikk 100µm filtrert vann fra 2m dyp i pollen gjennom hele sesongen. Returvannet fra skjellanlegget ble sendt tilbake til pollen tett ved bunnen på 5m dyp. Fra kamskjellene kom inn i anlegget ble det tatt daglige målinger av temperatur og saltholdighet på 2m dyp i pollen. For å vurdere lagdeling av vannmassene ble målinger av temperatur og salt også foretatt i ulike dyp ca. annenhver uke fra 15 april til 29 juni. Sporediske målinger av pH ble foretatt i perioden frem til 20 mai. Det ble ikke tatt regelmessige prøver av næringssalt og alger i pollen før 17 juli. Sporadiske algeprøver ble tatt 8 mai og 9 juni. Partikkeltetthet ble undersøkt fra 22 april. Gjødsling startet 20 april med 20 og 10kg fullgjødning på henholdsvis solrike og overskyete dager. Den 5 mai ble dette redusert til 5kg, og silikatgjødning ble samtidig startet med 5kg pr. dag.

#### Vurdering av polldata fra 1996

Kamskjellyngelen som ble overført 24 april viste stort tap første uken etter overføring. Fra to prøvestativ ble det funnet en nedgang på mellom 67 og 75% den 31 mai. Det synes derfor at den første måneden etter overføring var spesielt kritisk. Data fra pollen er sparsomme i denne perioden. Temperatur og saltholdighet på vannet som ble brukt i skjellanlegget (Fig. 6.2.3) var ikke ekstremt for kamskjellyngelen. Utregning av tetthet fra temperatur- og saltdata (Fig. 6.2.4) viser at pollen var sterkt lagdelt fra midten av april til slutten av mai. Det er et tydelig sprangsjikt i vannets tetthet mellom 1,5 og 2m. Fra figur 6.2.2 kan det leses at ca 50% av vannvolumet i pollen befinner seg i det tyngste vannlaget fra 1,5m og ned til bunnen. Lagdelingen ble raskt brutt ned da innpumping av sjø fra fjorden startet 1 juni.

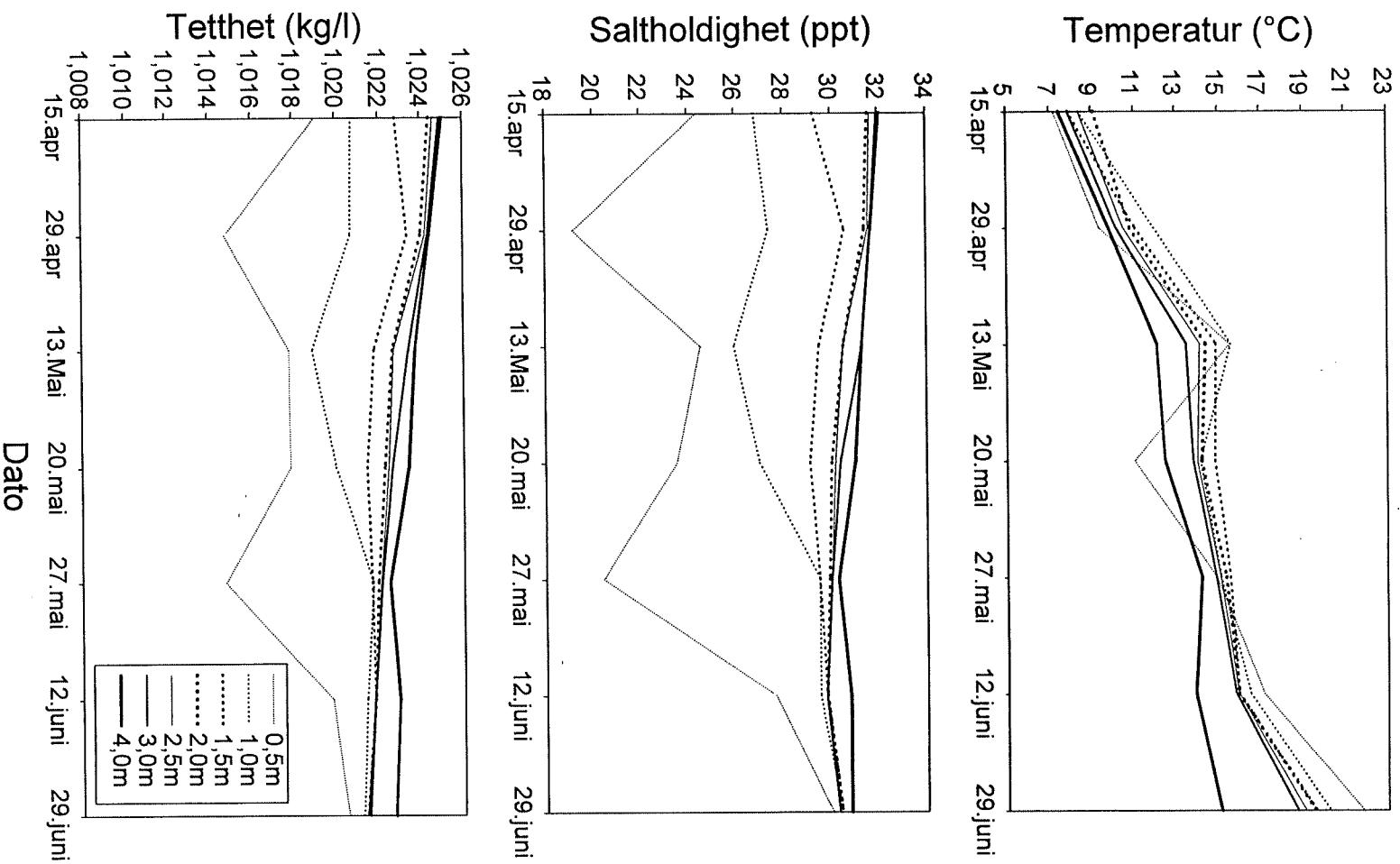
Fra driftsdagboken ble det observert store mengder alger i pollen 29 april. Pollen var beskrevet som "mørk brun av lange leddformede alger", og dette kan ha vært en kraftig oppblomstring av diatomèen *Skeletonema costatum*. Fra en algeprøve tatt 8 mai ble det derimot funnet lite diatomèer, mens dinoflagellater var dominerende. Neste algeprøve tatt 9 juni viser dominans av arter fra alle tre hovedgrupper (diatomèer, dinoflagellater og flagellater). Det er vanskelig å sammenligne vår oppblomstringen i 1996 med tidligere data fra Espevikpollen fordi kapasiteten på innpumping av vann fra sjøen var økt i betydelig grad. Fra tilsvarende pollsystemer (Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon) med god innpumpingskapasitet og hvor pollvannet har vært skiftet ut like før vår oppblomstringen starter, er det i vår oppblomstringen observert maksimale algetettheter på opp til 70-100 celler/µl. Av

dette vil *Skeletonema* utgjøre opp til 50%. Nitrogengjødslingen i slutten av april kan ha forsterket en tidlig *Skeletonema* oppblomstring som ble avløst av dinoflagellater i begynnelsen av mai grunnet silikatbegrensning. Med den manglende prøvetaking som ble foretatt, er tetthet og sammensetning av alger i pollen fra slutten av april og i mai svært uklare, og ingen sikre konklusjoner kan trekkes. Partikkeltellinger viser høye tettheter i denne perioden (Fig. 6.2.5) uten at andelen alger kan vurderes.

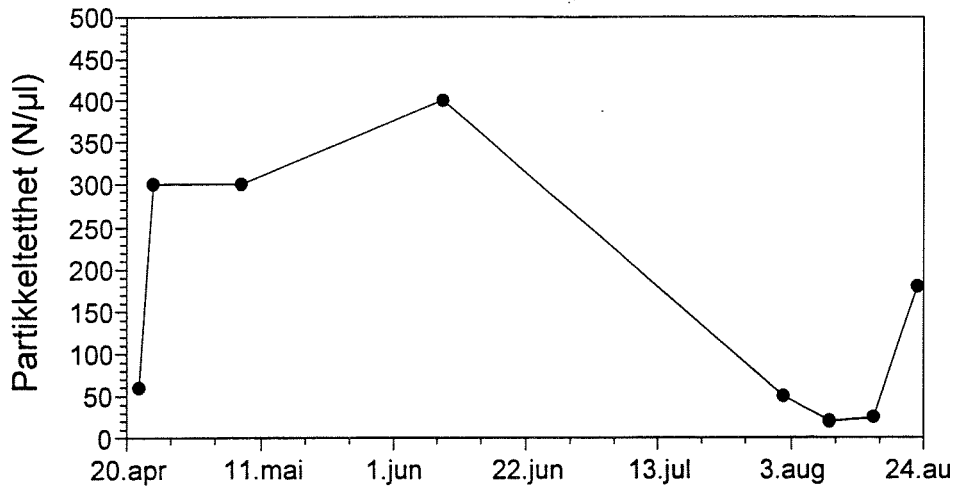


**FIGUR 6.2.3.** Hydrografiske data fra 2m dyp i Espevikpollen, sesongen 1996.  
*Hydrographical data from 2m depth in the Espevik lagoon, 1996.*

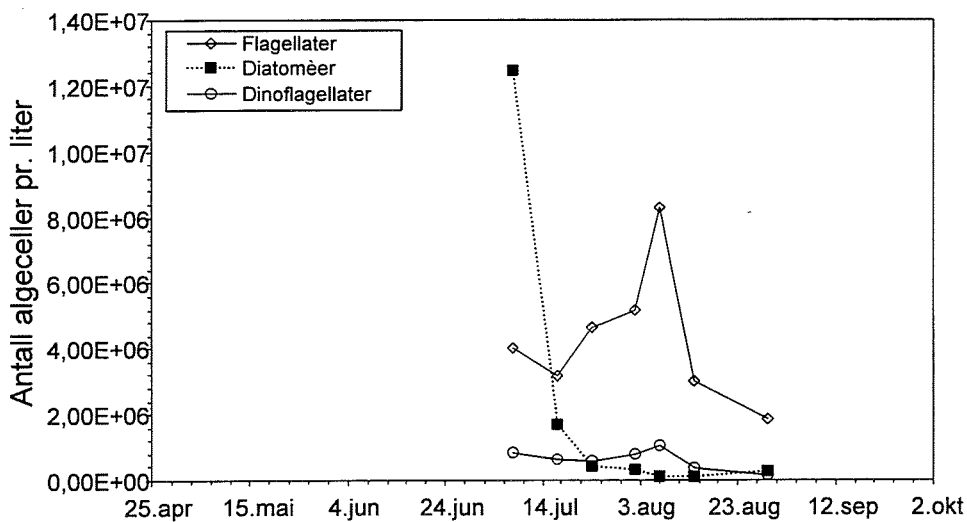
Fra de foreliggende data er det to ting som kan ha vært uheldig siste uken i april: 1) svært høy algetetthet og 2) dårlig vannkvalitet grunnet lagdeling av pollens vannmasser. Den sannsynlige høye algetettheten i slutten av april har trolig vært ugunstig for kamskjellene. Høye algetettheter og store fôrpartikler (lange kjeder av *Skeletonema* eller store dinoflagellater) kan ha virket irriterende og stressende på skjellene. Dette i kombinasjon med stress fra transporten fra klekkeriet vil være faktorer som kan tenkes å påvirke skellenes evne til å overleve. En kraftig algeoppblomstring vil i utgangspunktet bidra til gode oksygenforhold. Imidlertid vil det produseres betydelige mengder organisk materiale som skal brytes ned etter oppblomstringen. Dette vil normalt kunne redusere oksygenivået i bunnvannet av pollen når lagdeling er tilstede. Yngelanlegget hadde inntak og utløp under det lettere topplaget i pollen. Anlegget har da pumpet på det samme vannet som utgjør ca 50% av pollens volum. Siden det ikke foreligger oksygendata fra pollsystemeti april og mai, vil dårlig vannkvalitet i bunnlaget som årsak til dødelighet i denne perioden, ikke kunne verifiseres. Også manglende algedata i denne perioden gjør det umulig å



**FIGUR 6.2.4.** Hydrografiske data som funksjon av ulike dyp i Espevikpollen. Tetthet er regnet ut fra Unesco's standard (UNESCO, 1981) ved overflatetrykk (1atm). *Hydrographical data as a function of depth in the Espevik lagoon. Density is calculated from Unesco's standard (UNESCO, 1981) with normal surface pressure (1atm).*



**FIGUR 6.2.5.** Partikkeltetthet (>2,5µm) i Espevikpollen, 1996. *Particle density (> 2.5µm) in the Espevik lagoon, 1996.*



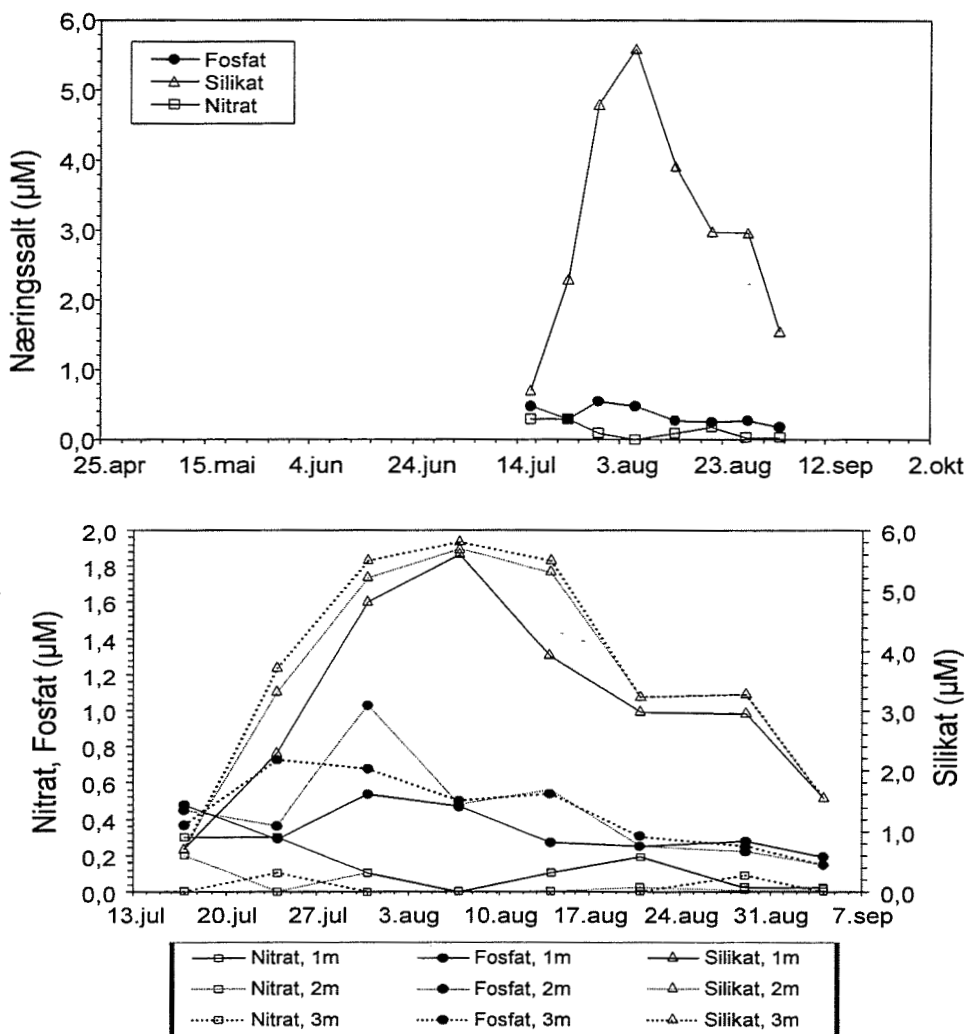
**FIGUR 6.2.6.** Sammensetning (hovedgrupper) og tetthet av alger i Espevikpollen, 1996. *Composition (main groups) and densities of alga in the Espevik lagoon, 1996.*

vurdere skjellenes næringforhold. Det finnes heller ikke data som viser vanngjennomstrømning og derved fôrtilgjengelighet i skjellanlegget i den samme perioden.

Temperatur- og saltholdighetsdata fra pollen gjennom sommeren (Fig. 6.2.4) viser et forventet forløp ut fra driftsrutinene. Før innpumping startet var det betydelig lagdeling med ferskere vann i de øvre vannlag. På 0,5m dyp var saltholdigheten like over 20‰, mens den i bunnvannet var over 30‰. Etter innpumping ble vannmassen mer homogen, og temperaturen ble bestemmende for vannmassenes tetthet. Etter 29 juni er det ikke mulig å vurdere lagdelingen da data mangler, men trolig har det vært det

en grunn lagdeling bestemt av temperaturen. Temperaturen var reelt høyt for kamskjell midtsommers (Fig. 6.2.3). Innpumpingen i denne perioden for å holde temperaturen nede har trolig ført til en betydelig utvasking. Antall dager med innpumping var 12, 16 og 27 i henholdsvis juni, juli og august, noe som indikerer en innpumpet vannmengde tilsvarende hele pollens vannvolum på henholdsvis 1,3, 1,8 og 3 ganger.

Prøver for algetellinger og næringssaltanalyser ble stort sett tatt i juli og august. Sammensetning og tetthet av alger i pollen (Fig. 6.2.6) har trolig hatt store likhetstrekk med sjøen utenfor anlegget grunnet stor innpumping og høy gjennomstrømning. Tettheten av alger i pollen var relativt lav, særlig etter midten av juli. Analyse av vannprøver for næringsalter (Fig. 6.2.7) viste svært lave verdier for nitrat ( $\text{NO}_3$ ), mens silikat var rikelig tilstede. Dette skyldes den lave forekomsten av diatomer i denne perioden.

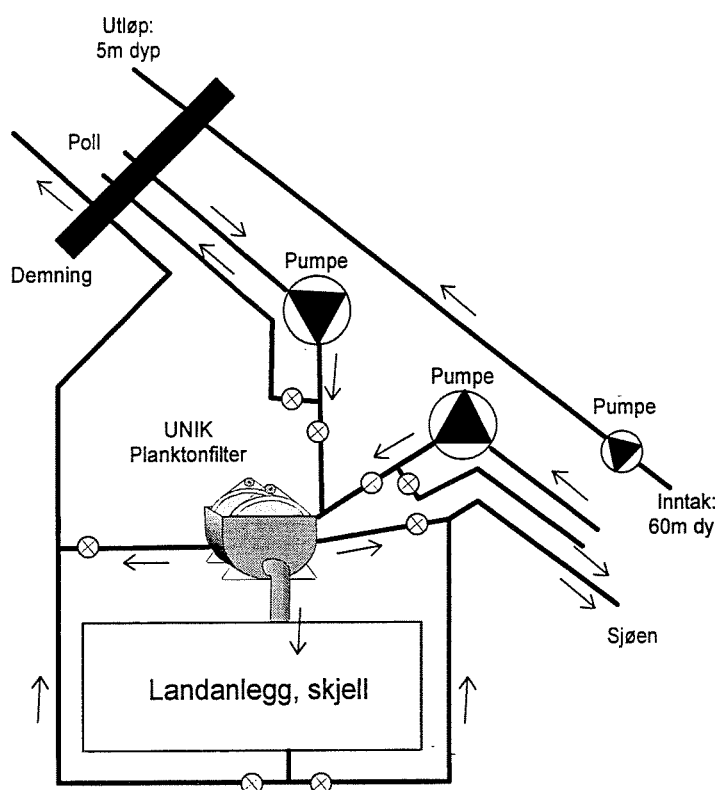


FIGUR 6.2.7. Konsentrasjoner av nærings salt i Espevikpollen, 1996. *Concentrations of nutrients in the Espevik lagoon, 1996.*

## Forslag til driftsbeskrivelse for Espevikpollen, 1997

### Generell strategi for skjellanlegget

Skjellanlegget vil ha klart definerte driftsbehov. Dette omfatter kontroll og manipulering av vannkvalitet (temperatur, saltholdighet, oksygen, pH), fôr (algetetthet, alge-sammensetning), vanngjennomstrømning og begroing. For å kunne ha størst mulig fleksibilitet bør det fritt kunne velges om skjellanlegget skal få vann kun fra pollen eller sjøen, eller en valgfri blanding av disse to vannkvaliteter. Alt vann inn til skjellyngelen må filtreres, og avløpsvannet må valgfritt kunne dirigeres i ulike fraksjoner til poll eller sjø. I figur 6.2.8 er det satt opp et forslag til hvordan dette kan gjøres ut fra det nåværende anlegget i Espevikpollen.



**FIGUR 6.2.8.** Forslag (prinsippskisse) til modifisering av eksisterende vannforsynings-system for skjellanlegg og poll i Espevik. *Schematic suggestion of how the existing water supply system for the lagoon and the land-based unit in Espvik should be modified.*

Valg av to vannkvaliteter (poll og sjø) og blanding av disse vil gi stor fleksibilitet med hensyn til å optimalisere vannkvalitet og fôr. Yngelen kan settes inn i anlegget ved 10°C, men temperaturen i skjellanlegget ved vanlig drift bør være mellom 15 og 16°C. Saltholdigheten bør være høyere enn 29‰, oksygenmetningen mellom 100 og 150%, og pH mellom 7,9 og 8,7. Ønsket algetetthet i anlegget er vanskelig å vurdere fordi dette vil være avhengig av yngelens spiserate i kombinasjon med vanntilførsel.



Indirekte kan fôrforbruket måles ved telling av alger før og etter yngelkassene i lengdestrømsrennen. Dette vil gi et grovt mål på om de siste skjellkassene får nok alger. Det anbefales at algetettheten etter passering av yngelen ikke synker noe særlig under 10 celler/ $\mu$ l. Vanngjennomstrømning og algetettheter før og etter skjellkassene bør derfor måles og loggføres daglig slik at øyeblikkelige tiltak kan settes inn ved avvik fra anbefalte grenseverdier. Ved stor algenedgang etter passasje av skjellkassene bør for eksempel vanngjennomstrømningen økes. Begroing av påvekstorganismer vil ofte representere konkurranse om fôr. I tillegg vil vanngjennomstrømningen til skjellene kunne reduseres. Begroing må derfor kontrolleres ved hyppig reigjøring og skygging av det gjennomsiktige taket som nå finnes i skjellanlegget.

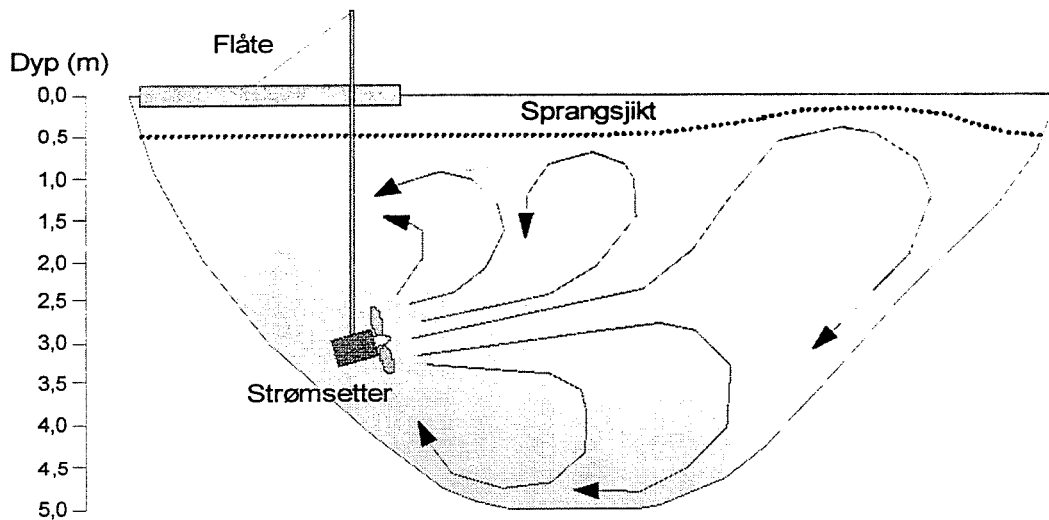
### Generell strategi for pollen

Ut fra tidligere arbeider i Espevik er det påvist en klar gevinst av å manipulere pollsystemet. Nedbryting av lagdelingen i kombinasjon med gjødsling førte i 1990 til en kraftig økning av primærproduksjonen (Strand 1996). Også Klaveness (1990) indikerer at lagdelingen er ugunstig for algeproduksjonen og foreslår at pollen styres for å øke produktiviteten av fôr alger til østersyngel. I en fremtidig drift av pollen er det derfor ønskelig å unngå lagdeling. Lagdeling var nødvendig for å opprettholde høy temperatur i produksjon av østersyngel. Med kamskjell i anlegget faller imidlertid dette kravet bort. Nedbryting av lagdelingen i pollen vil også øke pollens produktive volum betraktelig.

For å kontrollere lagdelingen må det monteres en strømsetter med trinnløs regulering av hastighet på flåteanlegget i pollen (Fig. 6.2.9). Strømsetteren monteres på ca. 3,5m dyp med svakt skrånende vinkel oppover. Strømsetteren vil være av slik viktighet at det egentlig bør være en "backup" strømsetter på stedet som øyeblikkelig kan settes i drift ved eventuelle problemer. Strømsetterens posisjonering, innstilling og gange loggføres slik at optimal omrøring i pollen kan finnes. Optimal omrøring karakteriseres ved at lagdelingen reduseres til et lite toppsjikt (< 0,5m tykt) hvor ferskere vann (nedbør, avrenning fra land) kan unslippe via overløpet i demningen. Videre må oksygenmetningen ikke synke mot bunnen av pollen.

I perioder med mye nedbør må omrøringen kanskje reduseres eller endres slik at de ferskere vannmassene i toppsjiktet ikke blandes ned i pollvannet. Det kan i slike tilfeller være gunstig å pumpe inn saltere sjøvann fra fjorden inn i pollens dypere vannlag for å hindre oppbygging av større lagdeling. I figur 6.2.8 er det foreslått et vannforsyningssystem som gjør det mulig filtrere det innpumpede vannet til pollen slik at uønskede organismer (f.eks. maneter) kan utelukkes fra pollen. Det er imidlertid svært viktig at ikke det pumpes så store mengder vann at pollens produksjon vaskes ut. Ved full innpumping vil den øverste halvmetere presses ut i løpet av 2-3 døgn. Slik innpumping vil kun være aktuelt i korte tidsrom under svært nedbørrike perioder. For å holde saltholdigheten oppe over tid kan det være gunstig med litt innpumping av salt dypvann fra fjorden så lenge pollen er i drift. En lav utvaskingshastighet er viktig, og den samlede mengde innpumpet vann pr. døgn bør

ikke overstige 2-3% av pollvolumet. En kontinuerlig innstrømning på 5-600 liter/min. av vann fra 60m dyp vil utgjøre ca 1,3% utskifting av pollens volum pr. døgn. Foruten å bidra med salt vil også dette dypvannet bidra med nærings salt. Dette vannet trenger nødvendigvis ikke å filtreres da uønskede organismer (algespisere) ikke finnes i den grad på 60m som i vannlagene ved overflaten.



**FIGUR 6.2.9.** Posisjonering av strømsetter for optimal omrøring av pollvannet.  
*Positioning of the propeller for optimal mixing of the lagoon water.*

For å øke algeproduksjonen tilføres gjødsel. For silikatgjødning benyttes granulært eller flytende Natrium-metasilikat som først løses i ferskvann og langsomt over tid tilføres pollen i strømmen fra strømsetteren. Som nitrogenkilde benyttes Fullgjødning B som tilføres pollen på samme måte som silikat. Fullgjødning kan også løses i saltvann.

Pollens drift vil bestå i å overvåke effektene av gjødning, omrøring og innpumping under ulike værforhold. Spesielt under perioder med kraftig nedbør må pollens hydrografi følges opp. Type, mengde og hyppighet av gjødning vil også variere. Ved silikatverdier større enn  $2\mu\text{M}$  kan denne type gjødning stanses. Fosfatverdiene kan godt være mellom 0,5 og  $1,0\mu\text{M}$ , men ved høyere verdier bør fullgjødning byttes med en mer nitratrik gjødningstype som f.eks. kalksaltpeter. Nitrat vil det vanligvis være lite av i vannmassene, og i perioder hvor verdiene viser  $< 0,5\mu\text{M}$  bør fullgjødningmengden økes. Dette må imidlertid avbalanseres mot dannelse av algematter på overflaten. Hvis algemattene brer seg og ikke kan fjernes manuelt bør nitratgjødningen reduseres.

### Måleprogram for pollen

Overvåking av pollen under standard drift bør omfatte målinger av temperatur, oksygen, saltholdighet, pH, siktedyp, nærings salt, algekonsentrasjon og sammensetning, og ulike grupper zooplankton som protozoer, rotatorier og copepoder (Tab. 6.2.1). Zooplanktonet er tatt med fordi disse representerer beiteleddet på algeproduksjonen. Prøvene tas tidlig om morgenen. Dette er spesielt viktig for oksygenmetning da den vil kunne stige mye utover dagen. Måleprogrammet har en tett oppløsning (ofte måling i mange dyp) for parametere som brukes til å vurdere lagdeling. Dette vil være nødvendig for å kunne styre strømsetteren under ulike forhold. Siktedyp vil være et mål på vannmassens lysabsorpsjon og bør tilstrebes å være ca 1,5-2m. De biologiske prøvene er valgt i ett dyp som tilsvarer inntaket til skjellanlegget på land. Ideelt sett skal gjennomblandingen av vannmassen under det tynne og litt lettere overflatelaget være så god at det kun er nødvendig med ett dyp for nærings saltprøven og de biologiske prøvene. Nærings salt og de biologiske prøvene sendes fortløpende bort for opparbeiding. Alle data sikres ved fortløpende logging i regneark (EXCEL).

**TABELL 6.2.1.** Forslag til prøvetakningsprogram for standard drift av Espevikpollen.  
*Suggested sampling program for standard operation of the Espevik lagoon.*

Prøvetype:	Prøvetagningsredskap	Prøvedyp. (m)	Prøvetidspunkt
Temperatur	Temperatur probe	0/0,5/1/2/4/5	mand, onsd, fred
Oksygen (O <sub>2</sub> )	O <sub>2</sub> probe	0,5/2/5	mand, onsd, fred
Saltholdighet	Konduktivitets-probe	0/0,5/1/2/4/5	mand, onsd, fred
pH	Vannhenter/pH-meter	0,5/2/5	mand, onsd, fred
Siktedyp	30cm Seccidisk	-	mand, onsd, fred
Alger/protozoer	Vannhenter/fiksering	2	mand,torsd
Nærings salt	Vannhenter/fiksering	2	mand, onsd, fred
Større zooplankton	Schindlerfelle/fiksering	2	mand,torsd

### Kvalitetssikring av data

Måleinstrumenter må sjekkes mot kalibrerte prøver/instrumenter med jevne mellomrom. Hvor ofte dette må skje er avhengig av hvilket type instrument og måling som sjekkes. Kalibreringene må loggføres i eget EXCEL regneark.

Data for vurdering av lagdeling (temperatur, oksygen, saltholdighet, og pH) føres i eget EXCEL regneark som inneholder kurver med automatisk oppdatering og utregning av pollvannets tetthet. Gjødsling, nærings salt, siktedyp og biologiske prøver føres i et tredje EXCEL regneark sammen med temperatur, oksygen, saltholdighet, og pH fra ett eller to representative dyp (f.eks. 2 og 5m). Dette regnearket bør også mates med daglige opplysninger om lufttemperatur, nedbør og skydekke. Hvis ikke

representative metrologiske data er tilgjengelig via media eller Internet, bør enkle og standardiserte metoder benyttes for å få slike data fra Espevikområdet.

Innpumping og kjøring av strømsetter føres i egen loggbok (EXCEL regneark). Det noteres spesielt hvor meget nytt sjøvann som tilføres pollen pr. tidsenhet. Temperatur, saltholdighet, oksygenmetning og pH i innpumpingsvannet måles og føres daglig i loggboken.

Det må føres logg over vannmengde fra pollen som brukes pr. døgn til skjellanlegget. Fra skjellanlegget føres det daglig logg over vannmengde, algetetthet, temperatur, saltholdighet, oksygenmetning og pH i vannet til skjellyngelen. Data logges i et EXCEL regneark.

Det føres dagbok for hele anlegget under ett. Her noteres alle daglige gjøremål slik at spesielle begivenheter og uhell kan dobbeltsjekkes. For lesbarhetens skyld føres dagboken i et tekstbehandlingsprogram (f.eks. WORD). En gang i uken tas det sikkerhetskopi av alle data og loggfiler på diskett. Diskettene oppbevares nedlåst utenfor Espevikområdet. alternativt overføres data- og loggfilene fortløpende (via E-mail) til samarbeidende forskningsinstitusjon.

## Referanser

- Klaveness, D. (1990). Size structure and potential food value of the plankton community to *Ostrea edulis* L. in a traditional Norwegian "Østerspoll". *Aquaculture*, 86: 231-247.
- Strand, Ø. (1996). Enhancement of bivalve production capacity in a landlocked heliothermic marine basin. *Aquaculture Research*, 27: 355-373.
- Wetzel, R.G., (1975). *Limnology*. W.B. Saunders Company, London.
- UNESCO, (1981). Tenth report of the joint panel on oceanographic tables and standards. *UNESCO Technical Papers in Marine Science*, 36: 1-24.

## **Delaktivitet 7. ALGEPRODUKSJON - KVALITET OG KVANTITET.**

### **7.3 Dyrkingsbetingelser for algen *Chaetoceros calcitrans pumilum*.**

---

#### **Forsøksansvarlig:**

Forsker *Sissel Andersen*, HI, AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJON

#### **Prosjektmedarbeidere:**

Ingeniør *Tove Boge Eriksen*, HI, AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJON

#### **Sammendrag**

Det ble over tid vist at vekstproblemer hos en viktig fôralge for kamskjell, diatoméen *Chaetoceros calcitrans pumilum* (Chc), trolig er nært knyttet til veksthemmende stoffer i sjøvannet, selv om vannet autoklaveres. Veksten hos Chc var bedre i 80% sjø enn ved lavere ( $\leq 60\%$ ) saliniteter. Ett forsøk med kjemostatkultur av Chc viste lovende resultater.

*Problems with growth of the diatom Chaetoceros calcitrans pumilum (Chc), an important food to Scallops, are probably related to growth inhibitors in the seawater, despite autoclavation of the water. Chc growth was found to be better in water of 80% of normal salinity than at lower salinities ( $\leq 60\%$ ). An experiment with chemostat culture gave promising results.*

#### **Bakgrunn**

Diatomeen *Chaetoceros calcitrans pumilum* (Chc) synes å være helt sentral i fôret til larver av stort kamskjell (*Pecten maximus* L.). Det er ikke oppnådd gode resultater for larvefasen i Norge uten tilførsel av denne algen. Chc antas å være en god fôralge for larvene av flere årsaker: den er liten (3-4 $\mu$ m), har korte spiler (utstikkere) og har de biokjemiske komponenter som kjennetegner diatomeer. Diatomeer er generelt kjent for å være en viktig del av fôret til skjell. Det kan tenkes at andre diatomeer som er enklere å dyrke, vil kunne erstatte Chc i fôret til larvene. Så lang har kun en stamme av *Skeletonema costatum* vært forsøkt ved Scalpro A/S uten særlig suksess.

Dyrkingsbetingelsene for fôralger er lagt opp for å dekke behovene til flere arter og for å rasjonalisere dyrkingen. Det er mest rasjonelt å dyrke alle artene under like forhold. Dersom Chc dyrkes i samme systemer som andre vanlige fôralger, er den svært vanskelig å holde i stabil god vekst over tid. Problemer med dyrking av Chc er alminnelig kjent i alle klekkerier som har forsøkt den. Det som kjennetegner Chc er svært rask vekst til stasjonærfase og deretter hurtig sammenbrudd i kulturen. Denne vekststrategien er forskjellig fra de andre fôralgene, og det kan være nødvendig å endre dyrkingsmetodene for Chc. Det er derfor behov for grunnleggende vekstundersøkelser for å finne de optimale vekstforhold. Faktorer som lysintensitet, temperatur, pH og salinitet er viktige miljøfaktorer. Andre viktige faktorer er krav til sammensetning av næringsstoffer og hvordan disse tilsettes.

## Mål

Utvikle og forbedre dyrkingsmetoder for algen *Chaetoceros calcitrans pumilum* (Chc) som ser ut til å være nødvendig for god vekst og overlevelse hos kamskjell-larver.

## Materiale og metoder

Diatomèen *Chaetoceros calcitrans pumilum* (Chc) fra Oben, Skottland, ble kjøpt inn av Scalpro A/S og sendt til Havforskningsinstituttet, Austevoll havbruksstasjon. Grunnet generelle vekstproblemer hos algene ved Austevoll havbruksstasjon, ble det gjort undersøkelser for å stadfeste om sjøvannet inneholdt veksthemmende stoffer.

To sjøvannskvaliteter ble undersøkt: 1) naturlig sjø: sandfiltrert, 0,2µm filtrert og autoklavert (120°C) sjø fra 45m dyp; 2) kunstig sjø: Ultramarine Synthetica Sea Salt (Waterlife Research LTD), 380g i 10 liter destillert vann, autoklavert. Begge ble justert til ca. 33‰ med destillert vann.

Effekt av nedsatt salinitet i kunstig sjø ble undersøkt ved å dyrke Chc i 50, 62,5 og 80% sjø (100% = 33‰). Normalt dyrkes algene i kolber med 80% sjø. Kulturene ble startet med lik mengde fra samme stamkultur.

Endret dyrkingsstrategi fra batch med kraftig fortynning etter 6-7 dager til kontinuerlig fortynning (kjemostat) ble testet for å ha kulturer med mer konstant kvalitet. En 9 liters kultur ble startet med kunstig sjø og fortynningsrate på ca. 0,3/dag (ca. 3 liter/dag).

Næringstilsetning ble gjort med 0,236g Rød Superba (N, K, P), vitaminer og 4,66mg silikat (Si) i en liter sjø. Stamkulturer ble satt opp i 2 liters rundkolber og boblet med trykkluft tilsatt 1% CO<sub>2</sub>. Kulturene ble dyrket 15-20cm fra doble lysrør (White Lumilux White, Osram 21) ved 22-24°C.

## Resultater

Etter 7 dager var det ubetydelige forskjeller i veksthastighet mellom naturlig sjø og kunstig sjø (Tab. 7.3.1), når veksthastigheten ble målt som antall doblinger i døgnet. Allikevel var fargen på kulturen mørkest i kunstig sjø. Ved gjentatte forsøk, viste det seg vanskelig å få Chc til å vokse i naturlig sjø. Veksten i kunstig sjø var alltid bedre, men også der variabel.

I ulike saliniteter ga 80% kunstig sjø klart bedre vekst enn lavere saliniteter, ut fra fargen på kulturene.

Kontinuerlig kultur i kunstig sjø ga ikke særlig tett kultur i kjemostaten. Oppsamlingskulturen fra overløpet til kjemostaten fikk finere farge, og ved mikroskopering viste det seg at cellene der var svært fine. Dessverre kunne ikke

kunstig sjø leveres i tide, og kjemostaten ble stanset. Nytt forsøk vil bli gjort når gode stamkulturer og kunstig sjø er tilgjengelig.

**TABELL 7.3.1.** Veksthastighet av Chc i kunstig sjø (kunst) og naturlig sjø (natur) gitt som antall doblinger i døgnet over 7 dager fra kulturene ble satt opp, og etter tynning på dag 7. *Growth rate of Chc in artificial (kunst) and natural (natur) seawater, given as number of replications per day from start of the cultures to day 7, and after dilution on day 7.*

dager	kunst	natur
1-4	0,76	0,76
4-5	0,48	0,32
5-6	0,33	0,38
6-7	0,11	0,18
snitt 1-7	0,53	0,52
7-8	0,21	0,24

### Diskusjon og konklusjon

Ut fra våre undersøkelser kan vi konkludere med at veksthemmende stoffer i sjøvannet kan forårsake vekstproblemer hos Chc. Dette problemet vil sannsynlig være sesongavhengig, og tilsvarende vekstproblemer er registrert tidligere og særlig etter våroppblomstringen. For å møte problemet i en produksjonssammenheng, bør følgende strategi følges: Stam- og startkulturer (2 liter) med Chc må gå på kunstig sjø i tillegg til naturlig sjø. Det må arbeides for å finne en vannbehandling som fjerner de veksthemmende stoffene i sjøvannet. Lagring av sjøvann som gir god algevekst bør vurderes.

Optimal sjøblanding for Chc var høyere enn 60% sjø (omtrent 20‰), og standard blanding (80% sjø) til kulturer opp til 10 liter vil derfor fortsatt bli benyttet ved Austevoll havbruksstasjon.

Resultatet fra den kontinuerlige kulturen var positivt, og dette arbeidet vil fortsette i 1997. Denne dyrkingsformen vil kunne holde kulturen i relativt konstant vekst, uten sammenbrudd. Kontinuerlig kultur uten næringsbegrensning er allikevel ikke en "kjemostat", men vil begrenses av andre faktorer enn næring, f.eks. lystilgang. Den kan egne seg godt for større volumer med startkulturer (5-10 liter), eller som små førkulturer. Algecellene vil imidlertid bli påvirket av endret vekststrategi, og kan dermed endre sin førverdi. Forsøket bør derfor følges opp av biokjemiske analyser for å finne graden av forandringer i celleinnholdet.