

9 Fj 509

eks. 1

Fiskeridirektoratet
Biblioteket

BASSENGSTUDIER AV TORSKELARVENS NÆRINGSVALG,
VEKST OG OVERLEVNING, FRA KLEKKING TIL
METAMORFOSE

Hovedoppgave i fiskeribiologi

Av

Erlend Moksness

Institutt for fiskeribiologi
Universitetet i Bergen
x
Høsten 1978

Forord	4
1. INNLEDNING	5
2. MATERIAL OG METODE	8
2.1 Stedsbeskrivelse	8
2.2 Hydrografi	8
2.3 Planteplankton	10
2.3.1 Innsamling og opparbeidelse	10
2.3.2 Bearbeidelse	11
2.4 Dyreplankton	11
2.4.1 Innsamling og opparbeidelse	11
2.4.2 Bearbeidelse	13
2.5 Torskelarver	14
2.5.1 Definisjoner	14
2.5.2 Biologisk bakgrunn	16
2.5.3 Innsamling og konservering	16
2.5.4 Opparbeidelse	18
2.5.5. Bearbeidelse	18
3. RESULTATER	19
3.1 Hydrografi	19
3.2 Ernæringsforholdene for torskelarvene	20
3.2.1 Planteplankton	20
3.2.2 Dyreplankton	24
3.3 Overleving av torskelarver	27
3.4 Matinntak	31
3.4.1 Sammensetning av byttedyr over tid	31
3.4.2 Første næringsopptak	34
3.4.3 Endring i matinntak gjennom døgnet	37
3.4.4 Dagsrasjon uttrykt i kalorier hos forskjellige lengdegrupper av torskelarver	38
3.5 Vekst	41
3.5.1 Endring i lengde	41
3.5.2 Endring i vekt	45
3.6 Kondisjon	46

4.	DISKUSJON	50
5.	SAMMENDRAG	62
6.	TAKK	64
7.	LITTERATUR	65

Forord

Denne hovedfagsoppgaven er tatt innen NFFR-prosjektet "Torskelarvens første næringsopptak" og gjør bruk av materiale fra bassengforsøket våren 1976. På grunn av publisering innen gruppen er tre av figurene blitt presentert i ELLERTSEN et al. (1976) og ELLERTSEN et al. (1977). Fig. 3.12 presenteres som den ble gjort første gang, mens Fig. 3.7 og Fig. 3.13 er blitt noe omarbeidet.

1. INNLEDNING

Fram til våren 1976 hadde det ikke latt seg gjøre å holde torskelarver i live fra klekking til metamorfose i laboratoriet, og av den grunn var torskelarvens biologi lite kjent i denne perioden. Ved feltstudier hevdet HJORT (1914) at årsklassenes styrke til torsk ble bestemt på et tidlig tidspunkt og at larvene gjennomgikk en "kritisk periode". Han framsatte teorien om at denne "kritiske periode" var forårsaket av vansker med første næringsopptak og at næringstilgangen på dette tidspunkt ville være bestemmende for årsklassenes styrke. FABRE-DOMERGUE & BIETRIX (1897) var de første som brukte begrepet "kritisk periode" i forbindelse med fisk og begrepet ble brukt for å beskrive tiden for første næringsopptak etter fullstendig plommesekkabsorpsjon, et tidspunkt hvor det forekom stor dødelighet hos marine fiskelarver i laboratoireforsøk.

Interessen for denne "kritiske periode" er fortsatt meget sterk og under et kollokvium på La Jolla der fremtredende forskere på fiskelarver deltok, uttalte de følgende (HUNTER 1976):

"We recommend that work be continued on relating food supply to larval mortality. Of particular importance is the need for transitional studies that link laboratory and field studies, including estimates of the relevant microzooplankton biomass that constitutes the food of larval fishes, ..., and development of methods to determine larval viability from seacaught specimens".

En metode som knytter sammen laboratorie-og feltstudier er bruk av bassenger og dammer til studie av fiskelarver. I Norge ble det bygget et basseng ved Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen i 1885 og året etter ble 500 000 plommesekkklarver av torsk sluppet ut i bassenget, som resulterte i flere tusen yngel om høsten (DANNEVIG 1886). Bakgrunnen for forsøket var å bevise levedyktigheten til plommesekkklarver av torsk, som ble klekket

ved stasjonen og sluppet løs i fjordene i det sørlige Norge. ROLLEFSEN (1946) brukte et utebasseng ved Biologisk Stasjon i Trondheim for å oppdrette metamorfoserte flatfisk fra plommesekkklarver. Det samme kollokvium i La Jolla (HUNTER 1976) uttalte om eksperimenter i lukkede systemer:

"In these studies, larval fish are placed or entrapped in an enclosed or partially enclosed volume of water at sea, and mortality and growth are measured over a period of days or weeks. ---. Such experiments with larval fish are untried and the panel was not in general agreement on the value of such an approach".

Selv om kollokviet i La Jolla uttalte seg med forbehold om forsøk i lukkede systemer, så har slike systemer flere positive trekk:

- 1) En tilfører et kjent antall larver til et lukket system.
- 2) Larvegruppens grad av homogenitet kan velges og larvens biologiske karakter kan studeres i kontrollgrupper på laboratoriet.
- 3) Daglig kan store prøver av larver samles inn.
- 4) Byttedyrpopulasjonene har et dynamisk forløp bestemt av deres formering og nedbeiting.
- 5) Miljøparametre forøvrig kan overvåkes.

Hensikten med denne undersøkelsen har vært å gjøre bruk av bassengmetoden for å få bedre kunnskap om torskelarvens liv fra klekking til metamorfose og jeg har undersøkt følgende forhold:

- a) Torskelarvens fysiske miljø i bassenget.
- b) Byttedyrkonsentrasjoner i bassenget og deres betydning for hva og når torskelarven spiser og deres betydning for dødeligheten hos torskelarven for om mulig å påvise om det forekom en "kritisk periode".

- c) Vekstforløpet hos torskelarven fra klekking til metamorfose.
- d) Morfometriske forskjeller mellom torskelarver i "god" og "dårlig" kondisjon.

2. MATERIAL OG METODE

2.1. Stedsbeskrivelse

Eksperimentet ble utført i et utendørs basseng ved Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen, utenfor Arendal i tiden mars til mai 1976. Bassenget har en overflate på omkring 1700 m², et maksimum dyp på 4,5 m og et volum på omkring 4400 m³ (DANIELSSEN pers.medl.). Veggene er av stein og sement, bunnen for det meste av fjell og grus. Dreneringsgrøftene har mudderbunn (Fig. 2.1a og b). Tilsigsområdet er mindre enn selve bassenget, som er omkranset av furu, gran og noen få eiketrær.

Bassenget ble tømt for vann i august 1975 og all fisk fra forsøkene det året ble fjernet fra bassenget. Bassenget ble fylt med sjøvann kort tid etterpå. I 1976 kom sjøvann inn i bassenget via et reservoar fra 70 m dyp med en saltholdighet mellom 34,2 og 34,8 promille. Temperaturen i reservoarvannet økte fra 5,3^oC i mars til 5,8^oC i mai. Sjøvannet ble tilført bassenget 4 steder ved bunnen og gjennomstrømningen var på 1-3 prosent pr. dag.

2.2. Hydrografi

Stasjon 5 (Fig. 2.1c) ble brukt til innsamling av data om saltholdighet, temperatur og oksygenmetning. Prøvene ble tatt i dypene 0 m, 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m ved hjelp av en slange som ble brukt som hevert. Temperaturen ble avlest til nærmeste 1/10^oC. Vannprøver ble tappet på saltflasker og oksygenflasker for senere bestemmelser av henholdsvis saltholdighet etter Knutsens metode og oksygeninnhold etter Winklers metode. Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble brukt til beregning av oksygenmetning (GREEN & CARRIT 1967) ved hjelp av en datamaskin. I de tilfeller det mangler data på saltholdighet er heller ikke oksygenmetningen oppgitt.

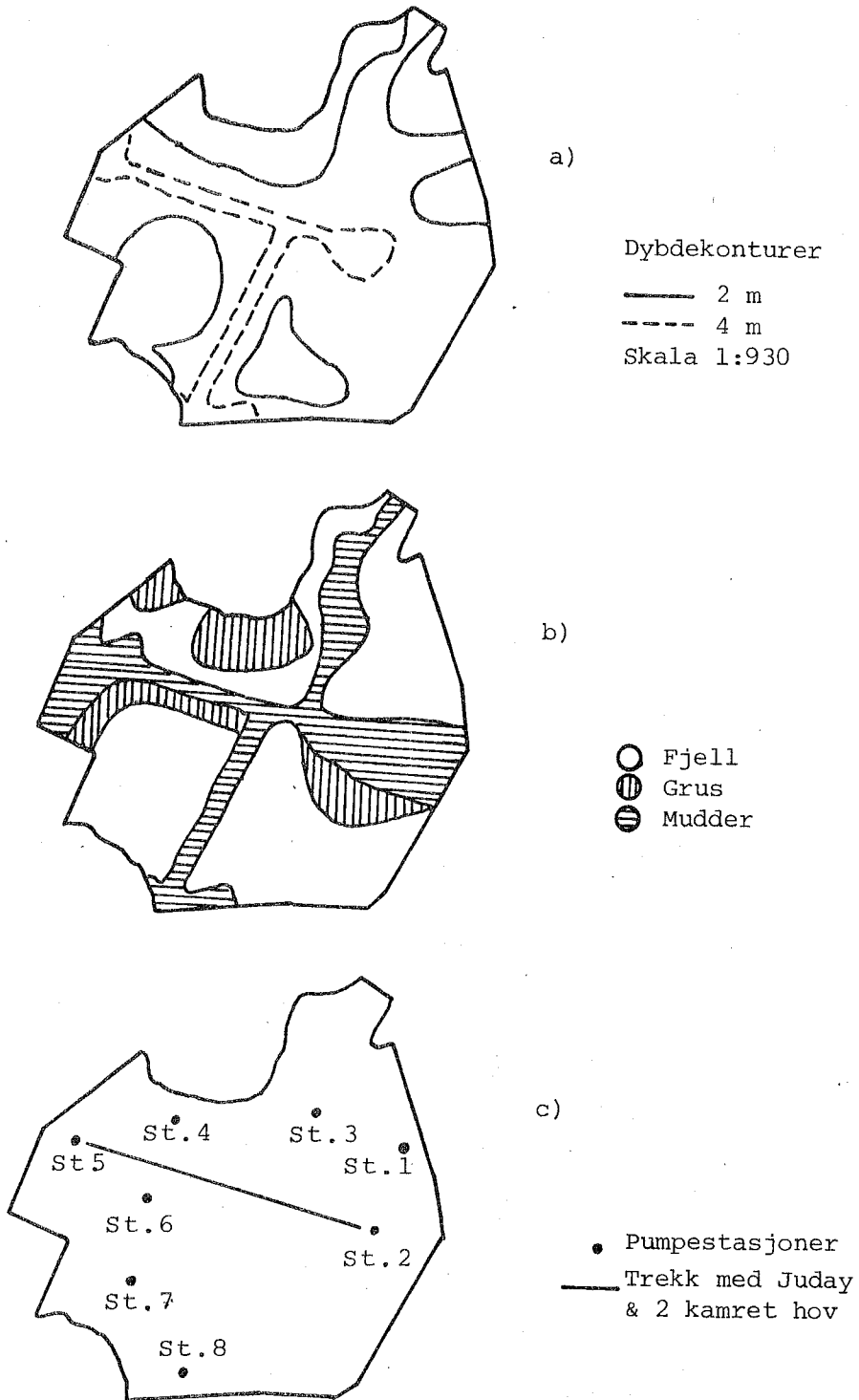


Fig. 2.1. Kart over bassenget som viser a) dybdekonturene, b) bunntypene og c) posisjonene til pumpestasjonene og håvtrekkene.

2.3. Planteplankton

2.3.1 Innsamling og opparbeidelse

Planteplanktonprøvene ble tatt på stasjon 5 med en slange som ble brukt som hevert. Prøvene ble tatt i dypene 0 m, 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, og samlet på 100 mls brune medisinflasker. Prøvene ble fiksert med 2 ml 20 prosent formalin som var nøytralisert med hexamin. Den 12. mai ble det i tillegg til de vanlige dypene tatt prøver i dypene 1,5m, 2,5m, 3,2m, 3,4m, 3,6m og 3,8m.

Opparbeidelsen, bearbeidelsen og rapportering ble utført av Nils-Bernt Andersen som på den tiden var hovedfagsstudent ved Universitetet i Oslo. Opparbeidelsen ble gjort for prøvene fra 0 m, 1 m og 4 m, mens for den 12. mai ble alle dypene opparbeidet for å få et bedre bilde av vertikalfordelingen. Prøvene sto til passiv sedimentering i 2 mls "Thronsenkammer" i 48 timer og ble deretter telt i omvendt mikroskop med 300 gangers forstørrelse etter en metode beskrevet av UTERMÖHL (1958).

De dominerende artene ble målt for biomasseberegninger. Volumberegningene ble foretatt ved at planteplanktonalger ble tilnærmet geometriske størrelser som kuler og sylindre. Egenvekten av cellevolumet settes lik én. Volumet til de enkelte artene ble tatt ut fra TRAVERS (1974). Flere planktonarter kan variere i cellestørrelse, så disse volumberegningene er noe unøyaktige. Volumberegningene tar bare hensyn til ytre mål. Diatomerenes vacuole er ikke trukket fra det totale volum. Selve arbeidet må betegnes som grovtelling. Det er ikke brukt noe tid til finbestemmelse av planteplanktonartene.

Primærproduktiviteten er definert som hastigheten til primærproduksjonen og målt i mg Carbon produsert pr. m³ pr. time.

Produktivitetsmålingene ble gjort med C-14 teknikk etter STEEMAN NIELSEN (1952). Inkubasjonstiden var 4 timer, fra kl. 1030 til kl. 1430. Produktiviteten ble målt i dypene 0 m, 1 m, 2 m og 4 m på stasjon 5. Prøvene ble filtrert og filtratet lagret i dypfryser for senere analysering ved Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt.

2.3.2 Bearbeidelse

Ved beregning av antall celler, biomasse og produktivitet i bassenget, ble hvert dyp prøvene ble tatt fra ansett som representativt for et visst dybdeintervall. Resultatet for hvert dyp med hensyn på antall celler, biomasse og produktivitet pr. volumenhet ble multiplisert med den vannmasse dybdeintervallet representerte, og ved å summere beregningene fra alle dyp, ble summen et estimat for hele bassenget. Middelveidien pr. liter eller pr. m³ ble funnet ved å dele med den totale vannmassen i bassenget.

2.4. Dyreplankton

2.4.1 Innsamling og opparbeidelse

Innsamlingen av dyreplankton ble foretatt ved hjelp av en elektrisk sentrifugalpumpe med en kapasitet på 70 liter pr. minutt og vannet som ble pumpet opp ble filtrert over en 90 μ duk. Det ble pumpet i 10 sekunder på bunnen og 30 sekunder i de frie vannmassene. Innsamling av prøver ble tatt på stasjonene 2 og 5 i dypene 0 m, 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m og ved alle 8 stasjonene 10 cm over bunnen og på bunnen (Fig. 2.1c). Prøvene ble tatt ukentlig kl. 1000 -1200. Den 5.-6. april og 11.-12. mai ble det gjennomført døgnstasjoner med prøvetaking fra kl. 0900 og gjentatt hver tredje time. Alle prøvene ble tatt på stasjon 2. Prøvene ble konserverte på 4 prosent formalin utblandet med sjøvann. Dyreplankton fanget med Juday-håv og to-kamret håv har ikke blitt inkludert i materialet.

Opparbeidelsen av dyreplankton ble gjort med WILD M5 binocular med måleocular. Dyreplankton som ble bestemt til art var:

- 1) Cyclopina gracilis, Claus ($\bar{L}=400 \mu$), en littoral cyclopoid copepod som oppholder seg blandt alger.
- 2) Amonardia nordmanni Brady ($\bar{L}=950 \mu$) og Tisbe ensifer Fisher ($\bar{L}=1250 \mu$), to bunnlevende harpacticide copepoder, og som de fleste harpacticide copepoder lever de blandt fingrete alger.
- 3) Gammarus locusta Linné ($>1,5$ mm), er en amphipod som lever hovedsakelig av plantevekster og dyr som er døde.

Videre dyreplankton som ble bestemt til gruppe:

- a) Copepodnauplier ($\bar{L}=260 \mu$), hovedsakelig av Centropages hamatus.
- b) Calnoide copepoder ($>400 \mu$) som er pelagiske og beiter på planteplankton.

De dominerende artene var:

- Acartia clausi Giesbrecht ($>500 \mu$)
- Centropages hamatus Lilljebor ($>1400 \mu$)
- Temora longicornis Müller ($>1250 \mu$)
- c) Spionide nectocheta ($>250 \mu$), pelagiske larveformer av rørmark.
- d) I tillegg var det i løpet av forsøksperioden en del små meduser, tunicatarver og veligestadier av strandsnegler.

Antall av de forskjellige dyreplankton i hver prøve ble talt og standard lengde ble målt på copepodnauplier som vist på Fig. 2.2.

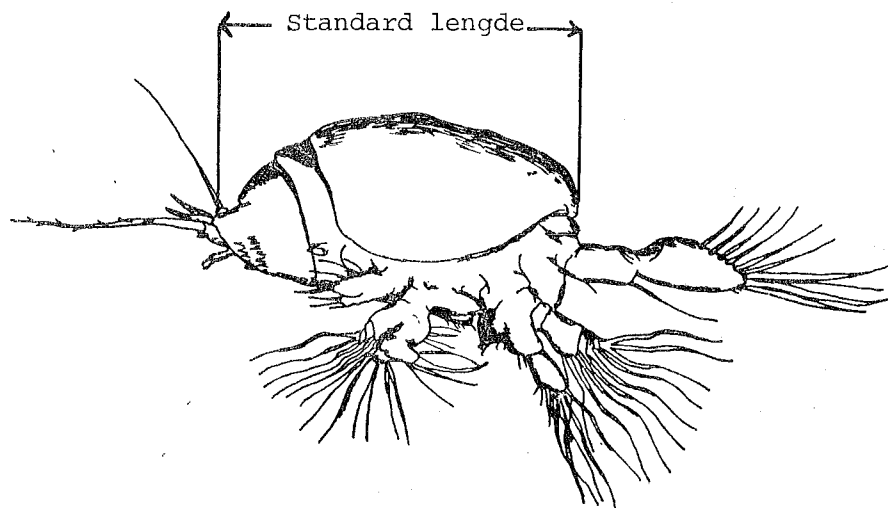


Fig. 2.2. Standard lengde målt på naupli av Centropages hamatus.

2.4.2 Bearbeidelse

Bestandsberegningene av dyreplankton ble gjort på grunnlag av resultatene fra planktonpumpeinnsamlingene. For å finne midlere antall dyr pr. liter i bassenget ble det benyttet samme prosedyre som for planteplankton.

For bestemmelse av kaloriinnhold ble dyreplanktonet, alt etter deres kroppsform, tilnærmet en ellipsoide eller en sylinder. Volumet ble satt lik våtvekten i det tettheten ble satt lik én og tørrvekten ble kalkulert ut fra et tørrvekt/våtvekt forhold på 17 prosent (GAUDY 1974). 1 g tørrvekt dyreplankton ble satt lik 5253 kalorier (LAURENCE 1976).

2.5. Torskelarver

2.5.1 Definisjoner

Med standard lengde (SL) menes avstanden fra enden av notochord til fremre del av maxille (WYATT 1972), se Fig. 2.3.

Med kroppshøyden (KH) menes avstanden mellom ventral- og dorsalsiden, målt rett bak anus vinkelrett på notochord, som vist på Fig. 2.3.

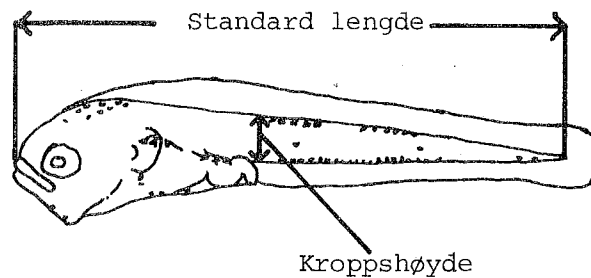


Fig. 2.3. Mål for standard lengde og kroppshøyde på torskelarver.

Betegnelsen mage er synonymt for fordøyelsesapparatet.

Til fordøyningsgraden nyspist og halvfordøyd regnes byttedyr hvor det kan sees vev inne i exoskjelettet (Fig. 2.4a og b).

Til fordøyningsgraden ferdigfordøyd regnes byttedyr hvor exoskjelettet er tomt (Fig. 2.4c).

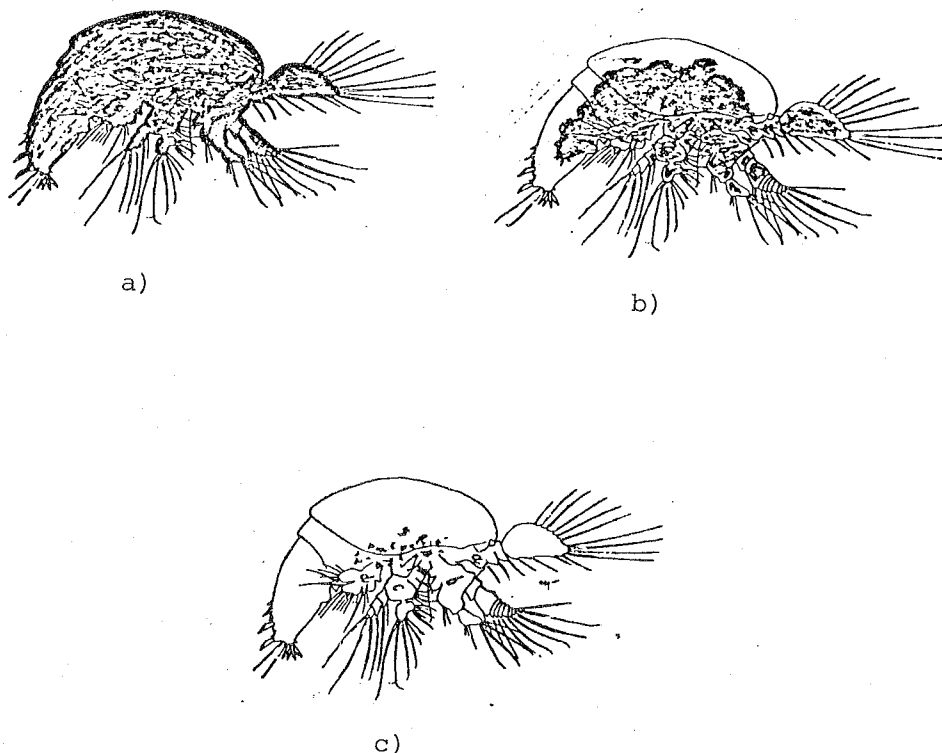


Fig. 2.4. Fordøyningsgraden a) nyspist, b) halvfordøyd og c) ferdigfordøyd.

Metamorfose defineres som det tidspunkt fiskelarver har utviklet anatomiske og morfologiske karakterer som er lik de voksnes. Hos torskelarver skjer metamorfosen ved en størrelse på omkring 1000 μ g tørrvekt og en lengde på 10-12 mm (LAURENCE 1977).

Spesifikk veksthastighet (k) oppgis i prosent og ble kalkulert etter formelen:

$$W_t = W_{t_0} \cdot e^{k \cdot t}$$

hvor W_{t_0} og W_t er middel tørrvekt ved begynnelsen og slutten av et tidsintervall i dager (t) (LAURENCE 1977).

Den relative kondisjonsfaktoren (RKF) = $\frac{V \text{ (mg tørrvekt)} \cdot 10^3}{SL \text{ (mm)}^n}$

hvor n varierer fra art til art (EHRlich et al. 1976).

2.5.2 Biologisk bakgrunn

I eksperimentet ble det brukt larver av kyst-torsk (Gadus morhua Linnea 1758).

Foreldrebestanden av torsk ble kjøpt hos Fiskernes Salgslag, Arendal, i løpet av februar og mars. Torskeeggene ble naturlig gytt i et gytebasseng natt til den 9. og 10. mars. Eggene ble samlet opp i en silkasse som var plassert under overflateutløpet til gytebassenget. Eggene ble overført til laboratoriet og de ble deretter plassert i hvert sitt kar, hvor sjøvann ble ført inn i overflaten for å oppnå sirkulasjon. Eggene fra den 9. mars ble inkubert i et kar med middeltemperatur på $7,5^{\circ}\text{C}$ og eggene fra den 10. mars ble inkubert med en middeltemperatur på $7,9^{\circ}\text{C}$. Klekkingen startet for begge gruppene den 19. mars og alderen på torskelarvene regnes fra den 21. mars, dagen for 50 prosent klekking. Omkring 200 000 av disse torskelarvene ble overført til bassenget den 24. mars. Tabell 2.1 viser noen data på torskeeggene.

Tabell 2.1. Data fra inkubering av torskeeggene.

Dato	9. mars	10. mars
Midlere eggdiameter, mm	1,40	1,54
Inkubasjonstid i dager	12	11
Inkubasjon middel temp.	$7,5^{\circ}\text{C}$	$7,9^{\circ}\text{C}$

2.5.3 Innsamling og konservering

Innsamlingen av torskelarver ble foretatt med en Juday-håv i vel 30 dager fra 29. mars til 30. april og en to-kamret håv i perioden fra 1. mai til 12. mai (Fig. 2.5a), c), d)).

Håvene hadde en maskevidde på henholdsvis 90 μ og 500 μ . Begge håvene ble trukket mellom stasjonene 2 og 5 og Juday-håven også mellom stasjonen 5 og 2. Juday-håven ble trukket fra bunnen til overflaten i et skråtrekk og filtrert 5 m³ vann hver vei. Den to-kamrete håven ble trukket horisontalt i dypene 0 m, 1 m og 2 m og filtrerte 7,5 m³ vann i hvert kammer i ett trekk. Innsamlingen ble gjort vanligvis daglig kl. 0900, 1500, 1900 og under døgnstasjonene den 5.-6. april og 11.-12. mai hver tredje time fra kl. 0900.

De innsamlede torskelarvene ble lagt på 4 prosent formalin utblandet med sjøvann (33 promille).

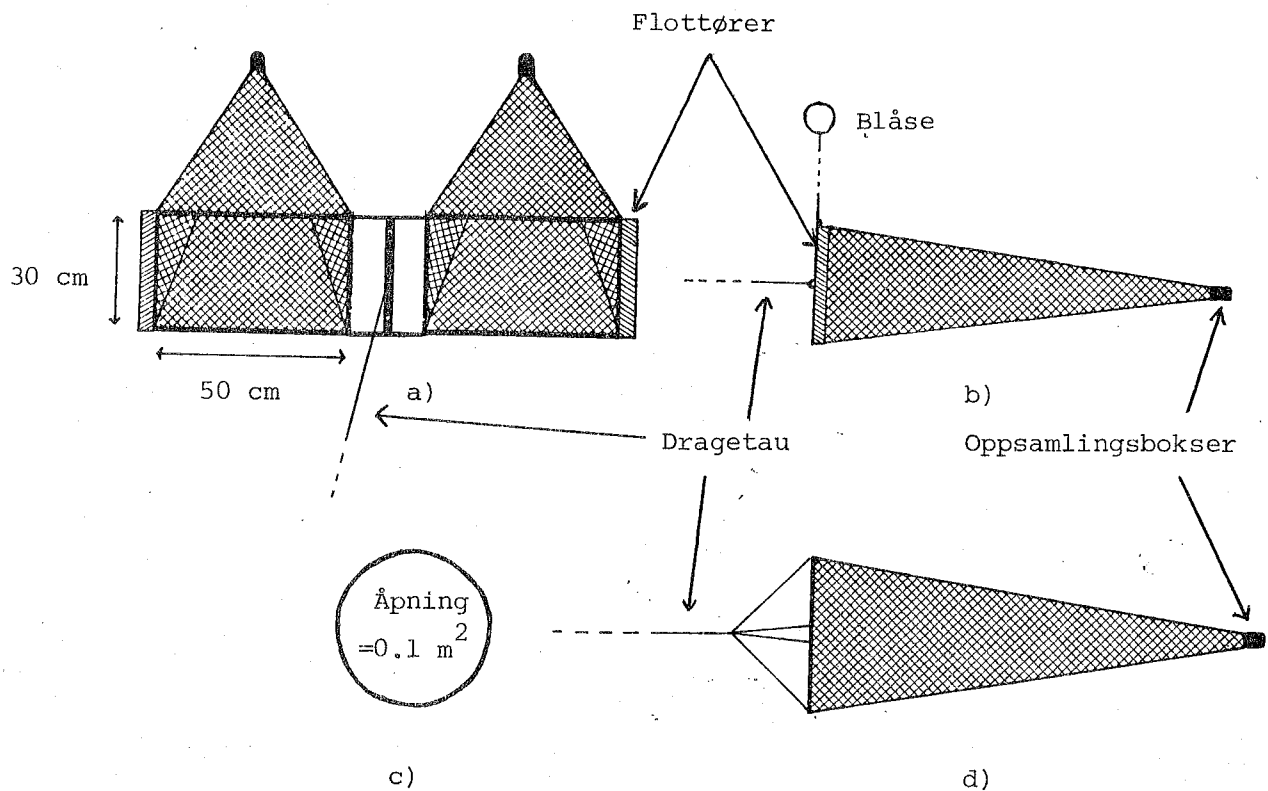


Fig. 2.5. Redskapene a) to-kamret håv sett fra forsiden, b) to-kamret håv sett fra siden, c) Juday-håv fra forsiden og d) fra siden.

2.5.4 Opparbeidelse

Opparbeidelse av torskelarvene ble foretatt tidligst ett døgn fra fangst og det ble benyttet et WILD M5 binocular med måleocular. Standard lengde (Fig. 2.3) ble målt på alle torskelarvene og målenøyaktigheten var 0,04 mm. Fra hele forsøksperioden ble omtrent 20 torskelarver plukket tilfeldig ut fra hver innsamlet prøve og disse ble undersøkt med hensyn på mageinnhold. Opparbeidelsen av mageinnholdet ble gjort ved 50 gangers forstørrelse, og organismene ble bestemt til art eller gruppe og til fordøyningsgrad. Totallengden ble målt for copepodnauplier fra de to første fangstdatoene, 29. og 30. mars. Omtrent 20 larver fra hver av datoene 29.mars, 2.-, 6.-, 10.-, 16.- og 24. april, 2. og 12.mai ble plukket ut for så å bli undersøkt med hensyn på standard lengde, kroppshøyde (Fig. 2.3) og tørrvekt. Målenøyaktigheten på kroppshøyden var 0,02 mm. Torskelarvene ble lagt én time i destillert vann, deretter tørket ved 70°C i 24 timer og til slutt veid med en Beckman Microbalanse LM-500 til nærmeste $\pm 1 \mu\text{g}$.

2.5.5 Bearbeidelse

Prøvetakingen med Juday-håven var ikke stratifisert og torskelarvene ble fanget i alle dyp. Antall larver fanget i 10 m³ filtrert vannmasse er antatt å gi et estimat av hvor mange larver det var pr. 10 m³ vann i bassenget. Den to-kamrete håven fanget larver i dypene 0 m, 1 m og 2 m. Antall larver fanget pr. 15 m³ filtrert vannmasse i disse dyp, er antatt å gi et estimat av hvor mange larver det fantes pr. 15 m³ i de tre dyp. Vannmassene i bassenget er fordelt på de tre dyp med henholdsvis 1000, 1700 og 1700 m³.

Tørrvekten av en nyklekket torskelarve ble satt lik 56 μg (STRØMME 1977) og ved beregning av torskelarvens energiinnhold har 1 g tørrvekt av larven blitt satt lik 5000 kalorier (LAURENCE 1976).

3. RESULTATER

3.1 Hydrografi

Tabell 3.1 viser de observerte temperaturer, saltholdigheter og oksygenmetninger i dypene 0 m, 2 m og 4 m for bassenget i forsøksperioden fra 24. mars til 12. mai. Den 24. mars var temperaturen i overflaten 2,7^oC og steg med nesten 10^oC til 12,4^oC den 12. mai. Den første uken steg temperaturen med 2,9^oC, som var den største stigningen i en enkelt uke i hele forsøksperioden, alle dyp tatt i betraktning. Temperaturen i 2 m's dyp økte med 8^oC fra 3,7^oC 24.mars til 11,6^oC 12. mai. Temperaturen på 4 m var 4,9^oC 24. mars og 8,4^oC 12. mai med en topp 28. april på 8,9^oC, en økning på bare 4^oC.

Saltholdigheten økte med én promille ved overflaten, og noe mindre i de andre dyp i løpet av forsøksperioden. For alle dyp den 5. mai og for 4 m den 12. mai mangler data på saltholdighet og dermed også på oksygenmetningen. Oksygenmetningen i bassenget hadde sine laveste verdier den 31. mars med 52,2 prosent i overflaten og 40,5 prosent i 4 m's dyp. Topper med over 100 prosent oksygenmetning ved datoene 24. mars og 28. april ble observert.

Tabell 3.1. Temperatur, saltholdighet og oksygenmetning i bassenget i løpet av forsøksperioden.

Dato	0 m			2 m			4 m		
	t ^o C	S ^o /oo	O ₂ metn.	t ^o C	S ^o /oo	O ₂ metn.	t ^o C	S ^o /oo	O ₂ metn.
24.3	2,7	33,653	109,1	3,7	34,052	114,3	4,9	34,449	85,1
31.3	5,6	34,097	52,2	5,5	34,111	48,8	6,2	34,543	40,5
7.4	6,1	34,058	88,9	6,0	34,066	90,5	6,6	34,449	78,7
14.4	6,8	34,253	89,3	6,7	34,241	58,5	6,7	34,349	50,2
21.4	8,3	34,363	95,6	8,4	34,363	92,3	8,9	34,321	92,1
28.4	8,7	34,467	107,1	8,5	34,461	108,4	8,4	34,457	101,6
5.5	10,2	-	-	9,5	-	-	7,7	-	-
12.5	12,4	34,636	72,7	11,6	34,638	79,1	8,4	-	-

3.2 Ernæringsforhold for torskelarven

3.2.1 Planteplankton

I Fig. 3.1 vises biomasse pr. m^3 og gjennomsnittlig antall celler pr. liter av planteplankton i bassenget fra 24. mars til 12. mai. Ved starten av forsøket var det gjennomsnittlige antall celler pr. liter over 3,2 millioner, men avtok etter 14 dager og var i perioden fram til 5. mai under 1 million celler pr. liter. Den siste uken av forsøket fant det sted en økning i antall celler pr. liter og en nådde samme nivå som under begynnelsen av forsøket. Biomassen lå på over 300 mg pr. m^3 i tiden fra 24. mars til 14. april, men avtok raskt i uken fram til 21. april og lå i perioden fram til 5. mai under 150 mg pr. m^3 . Biomassen økte til over 250 mg pr. m^3 i den siste uken fram til 12. mai.

Produktiviteten i løpet av forsøksperioden er vist i Fig. 3.2 og viser at det var en høy produktivitet i bassenget ved starten av forsøket med en toppverdi på $6,7 \mu\text{g C pr. } m^3 \text{ og time}$ etter en uke. Produktiviteten sank så og nådde et minimum 5. mai på under $1 \mu\text{g C pr. } m^3 \text{ og time}$.

Tabell 3.2 viser sammensetningen og antallet av planteplanktonet i tre dyp de første 14 dagene av forsøket. Tabellen viser at planteplanktonet var konsentrert i den øverste meteren av bassenget og at det var små diatomeer som dominerte i denne perioden, med verdi på over 7 millioner pr. liter i overflaten. Dinoflagelater hadde en høyeste tetthet på 100 000 pr. liter i 1 m's dyp den 14. dagen.

I Fig. 3.3 og 3.4 illustreres vertikalprofilene for henholdsvis biomasse og produktivitet den 12. mai, da henholdsvis ialt 6 og 4 dyp ble undersøkt. Biomassen var høyest i 1 m's dyp med en verdi på 400 mg pr. m^3 og avtok til under 100 mg pr. m^3 i overflaten og mot 10 mg pr. m^3 ved bunnen. Produktiviteten var størst i overflaten med verdi på $2,4 \mu\text{g C pr. } m^3 \text{ og time}$ og avtok jevnt mot bunnen, der den var nær $0 \mu\text{g C pr. } m^3 \text{ og time}$.

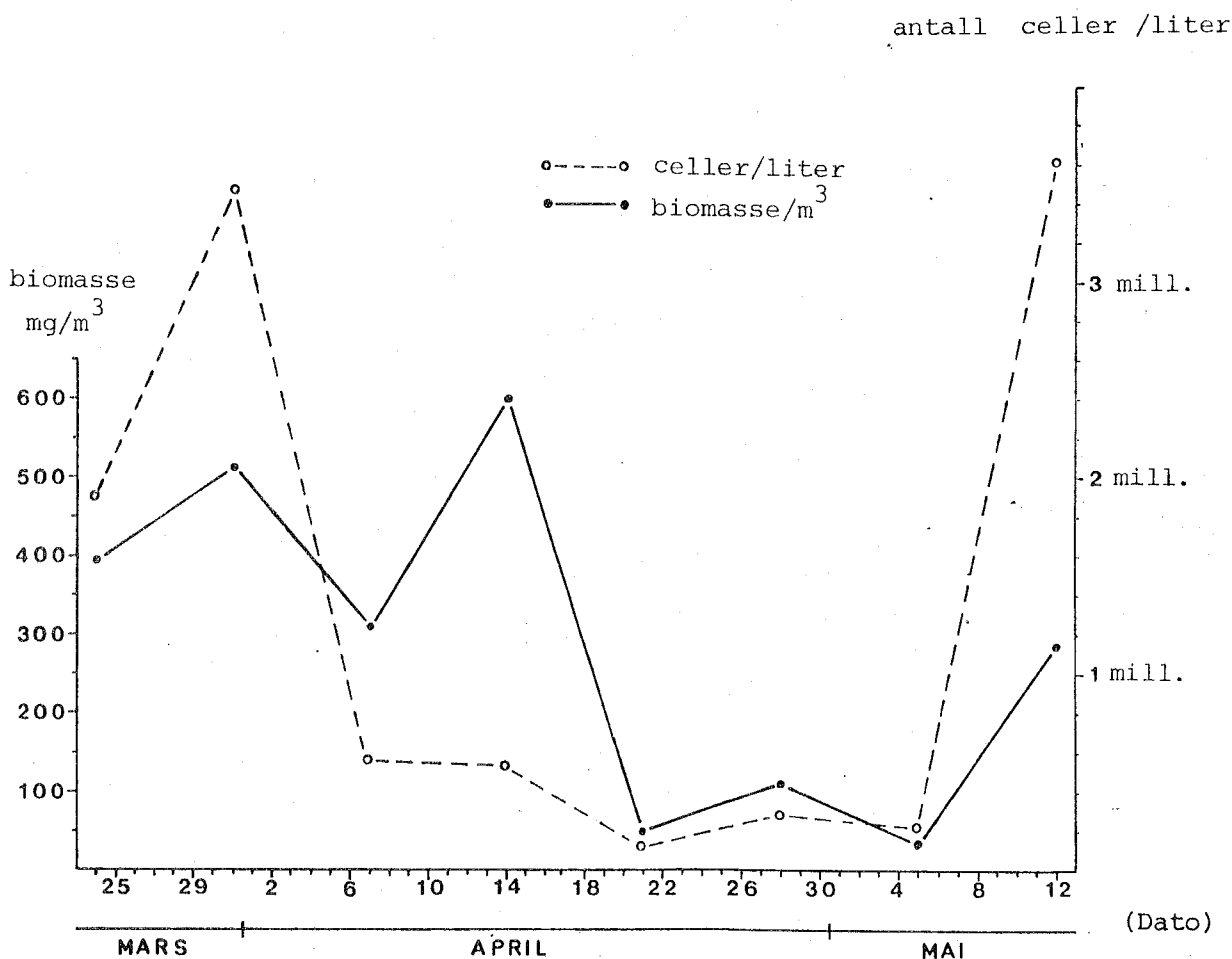


Fig. 3.1. Planteplankton uttrykt i biomasse pr. m³ og antall celler pr. liter i løpet av forsøksperioden.

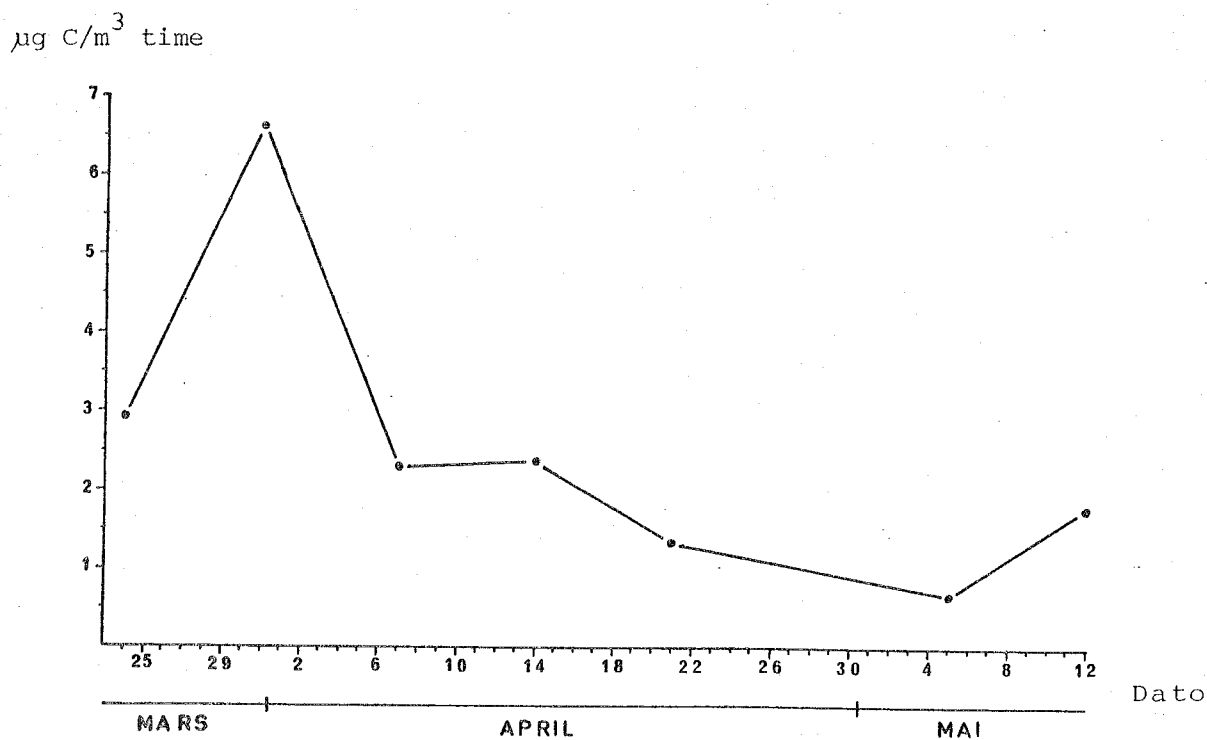


Fig. 3.2. Primærproduktiviteten i bassenget i løpet av forsøksperioden.

Tabell 3.2. Planteplankton samlet i dominerende grupper for tre datoer og tre dyp i de første 14 dagene av forsøket. Planteplanktonet er oppgitt i celler pr. liter.

24. mars 1976	0 m	1 m	4 m
Chaetoceros cf. wighamii	738.000	1.240.000	222.000
Skeletonema costatum	393.000	848.000	86.000
Totalt antall diatomeer	1.350.000	2.316.040	320.200
Dinoflagellater	2.000	4.200	540
Øvrig planteplankton	46.000	50.040	3.750
Totalt celletall	1.398.000	2.370.280	324.490

31. mars 1976	0 m	1 m	4 m
Chaetoceros holsaticus	2.512.000	408.000	20.000
" cf. wighamii	1.978.000	79.000	30.000
Enkelte solitære Chaetoceros	722.000	157.000	16.000
Skeletonema costatum	1.570.000	408.000	80.000
Totalt antall diatomeer	7.536.000	1.202.500	238.000
Dinoflagellater	89.000	14.080	2.000
Øvrig planteplankton	269.000	206.280	42.000
Totalt celletall	7.894.000	2.474.860	428.000

7. april 1976	0 m	1 m	4 m
Chaetoceros wighamii	545.000	86.000	49.000
Totalt antall diatomeer	733.900	220.000	92.800
Dinoflagellater	23.540	100.000	
Øvrig planteplankton	66.400	230.040	7.400
Totalt celletall	823.840	550.040	149.200

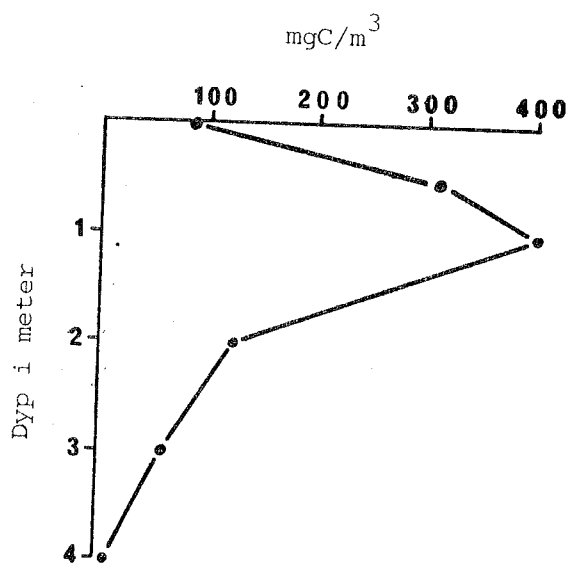


Fig. 3.3. Vertikalprofilen til planteplankton biomassen den 12. mai.

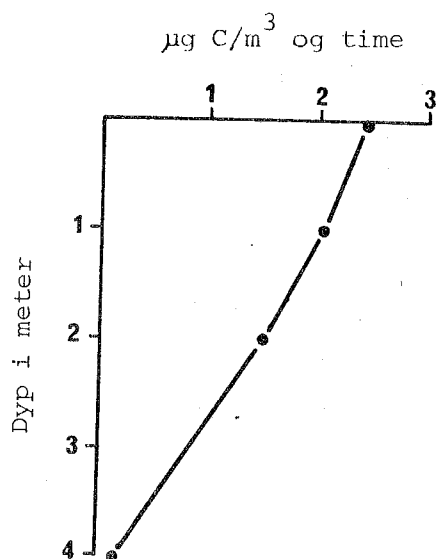


Fig. 3.4. Vertikalprofilen til primærproduktiviteten den 12. mai.

3.2.2 Dyreplankton

Fig. 3.5 viser antall organismer pr. liter av de fem viktigste dyreplanktonartene i bassenget fra 21. mars til 10. mai. Bestanden av calanoide copepoder og harpacticide copepoder var omlag 0,3 organismer pr. liter i hele forsøksperioden. Bestanden av den cyclopoide copepoden C.gracilis økte fram til 13. april til 3 organismer pr. liter, men avtok så og var resten av forsøksperioden i underkant av 1 organisme pr. liter.

Bestanden av copepodnauplier hadde et maksimum tidlig i forsøksperioden med 1,3 organismer pr. liter den 29. mars. Den avtok så og i perioden 6. april til 19. april var det under 0,4 nauplier pr. liter. Etter 19. april ble bestanden av copepodnauplier mangedoblet og nådde et maksimum den 12. mai med 6 nauplier pr. liter.

Spionidlarvene utgjorde under hele forsøksperioden den største enkeltbestand av pelagiske dyreplanktonorganismer. Larvene hadde et maksimum fra 29. mars til 6. april på 9 organismer pr. liter, mens i perioden 12. april til 19. april lå bestanden på 4,5 spionidlarver pr. liter. Etter 19. april økte antall spionidlarver og kom opp i 58 spionidlarver pr. liter den 12. mai.

I Fig. 3.6 vises vertikalfordelingen til de fem viktigste dyreplankton artene/-gruppene i bassenget kl. 1200 de tre datoene 29. mars, 12. april og 29. april. Spionidelarvene og copepodnaupliene som oppholdt seg i de frie vannmassene, hadde sine høyeste tettheter på henholdsvis 3-4 meters dyp og 1,5 - 2,5 meters dyp, mens calanoide copepoder sto jevnt fordelt i hele vannsøylen. C.gracilis og de to harpacticide copepodeartene hadde sine største bestander ved bunnen og C.gracilis dannet den viktigste enkeltbestand av disse nær-bunn-artene. Tabell 3.3 viser de beregnede tørrvekt- og kaloriinnholdverdier etter volumbetraktninger på de oppgitte

dyreplanktonartene og egg av C.gracilis, samt hvilken tilnærmet form og størrelse disse hadde. C.gracilis viste seg å ha et kaloriinnhold som var tre ganger så stort som kaloriinnholdet til en copepodnauplie, mens en eggsekk tilhørende C.gracilis hadde litt høyere kaloriinnhold enn copepodnauplier. Calanoide copepoder og A.nordmanni tilsvarte i kaloriinnhold henholdsvis 13,8 og 22,2 copepodnauplier.

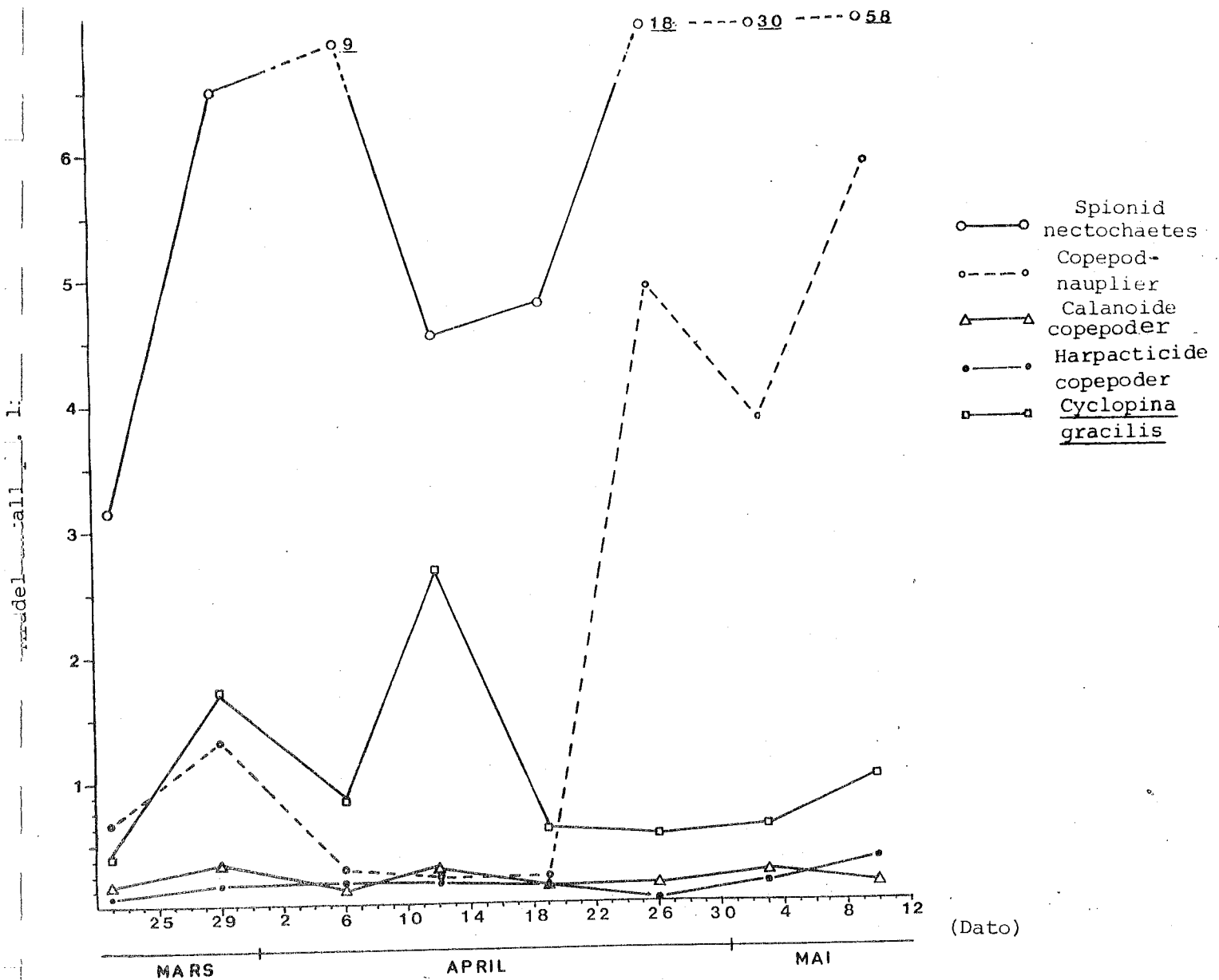


Fig. 3.5. Bestanden av dyreplanktonorganismer i bassenget i løpet av forsøksperioden.

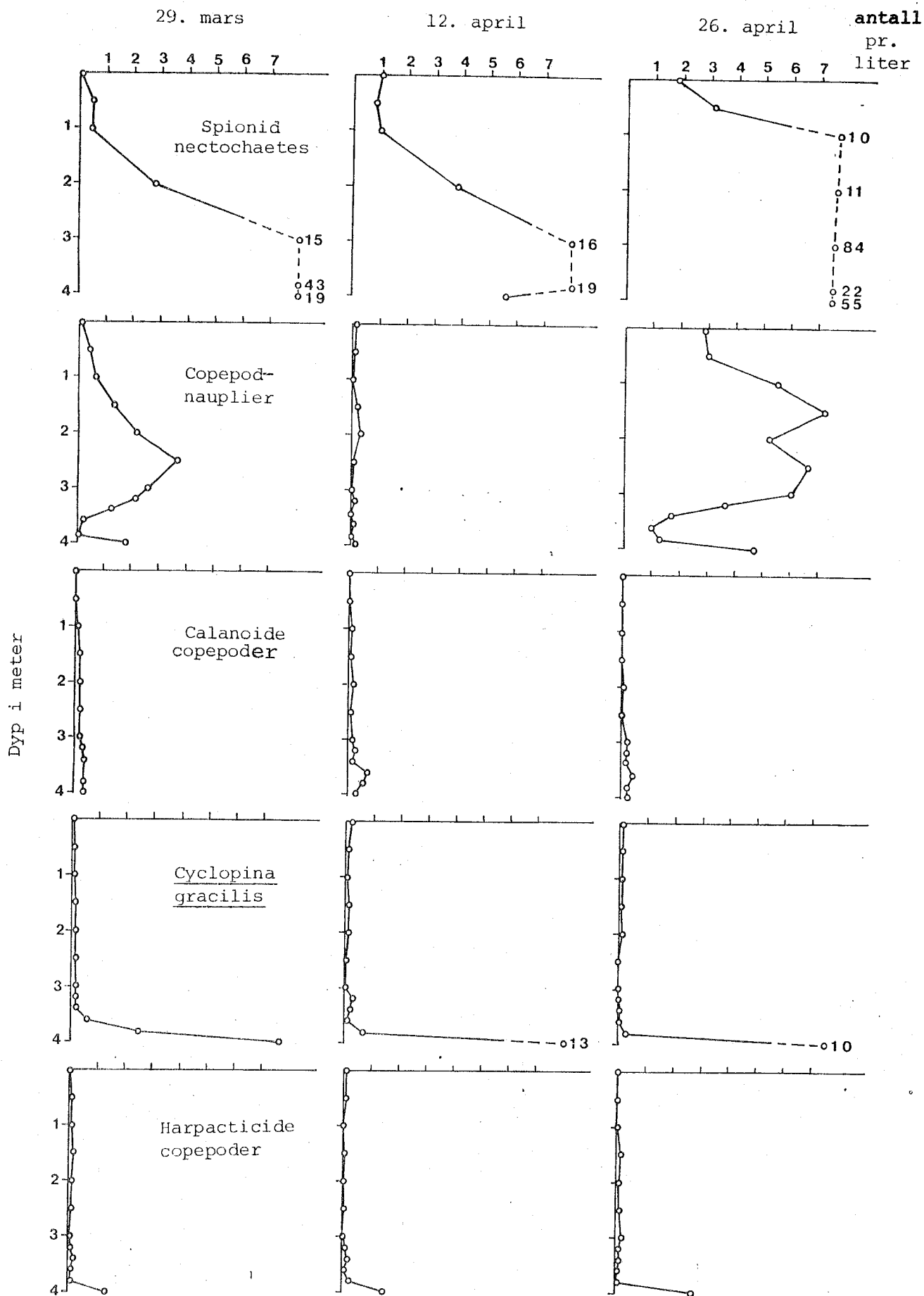


Fig. 3.6. Vertikalprofil til de dominerende dyreplanktonorganismene kl. 1200 ved tre datoer i forsøksperioden.

Tabell 3.3. Beregnet tørrvekt og kaloriinnhold til dyreplankton og egg tilhørende C.gracilis. \bar{L} =lengde, B=bredde, S=sylinder og E=ellipsoide. Tørrvekt og kaloriinnhold er oppgitt med to desimaler.

	Tilnærmet form	Størrelse i μm	Tørrvekt i μg	Kaloriinnhold i 10^{-3} kalorier
Copepodnauplie	E	\bar{L} =260, B=120	0,33	1,73
Calanoide copepoder	S	\bar{L} =500, B=130	4,51	23,96
<u>Cyclopina gracilis</u>	$\frac{1}{2}$ E	\bar{L} =400, B=240	1,02	5,36
1 egg	E	\bar{L} =60, B=40	0,04	
1 eggsekk=9 egg			0,38	2,00
<u>Amonardia nordmanni</u>	S	\bar{L} =950, B=240	7,30	38,35

I fangstene med Juday-håv etter torskelarver fulgte det også med dyreplanktonorganismer. Av disse ble flere hundre ephyra undersøkt og i én ephyra ble det funnet en torskelarve. Bestanden av ephyra er anslått til 10 000 da den var på sitt høyeste i begynnelsen av april. Bestanden av amphipoden G.locusta var på et par hundre tusen i månedskiftet mars/april. Den oppholdt seg pelagisk om natten og ved bunnen om dagen.

Amphipoder ble overført fra bassenget til laboratoriet der de ble plassert i kar sammen med torskelarver. Det ble ikke observert at amphipodene gikk til angrep på larvene, men derimot kunne de kollidere med larvene og i slike tilfeller være årsak til at larvene døde.

3.3. Overleving av torskelarver

I Fig. 3.7 vises reduksjon i antall fangete torskelarver i bassenget i løpet av forsøksperioden. Den heltrukne linjen i Fig. 3.7 er fremkommet ved regresjonsanalyse på fangstene fra

10 m³ filtrert vann med Juday-håv kl. 0900 og fangstene er representert med punktplottene i figuren. Regresjonslinjen har form av en avtagende eksponentiell kurve og er bygd på data fra 30. mars, da larvene var 9 dager gamle, til 29. april da larvene var 40 dager gamle. Korrelasjonskoeffisienten var 0,84. Etter 29. april ble det benyttet et større redskap, en to-kamret håv, fordi larvene var blitt store nok til å kunne unnvike Juday-håven, noe som de siste fangsttallene med Juday-håven tydet på. I tillegg inneholder Fig. 3.7 en stiplet linje, som er blitt trukket gjennom de tre "beste" estimat, tatt ved tidspunktene 24. mars, 5. - 6. april og 12. mai. Det ble overført 200 000 torskelarver ved en alder av 3 dager til bassenget den 24. mars, og disse representerer det første "beste" estimat. Det andre "beste" estimat er fra døgntasjonen 5. - 6. april og er vist i Fig. 3.8. Den stiplede linjen i figuren representerer gjennomsnittet for 7 av 8 dobbelttrekk med Juday-håven og i alt ble 1,8 prosent av vannmassen i bassenget filtrert. Ved utregningen av gjennomsnittet på 130 larver pr. 10 m³ filtrert vannmasse, ble fangstene kl. 1700 holdt utenfor på grunn av det høye fangsttallet. Et middeltall på 130 larver pr. 10 m³ filtrert vannmasse representerer en bestand på 60 000 larver i bassenget. Dersom alle åtte klokkeslett hadde blitt tatt med, ville bestanden blitt utregnet til å være 66 000 larver.

Fangsten 12. mai er grunnlaget for tredje og siste "beste" estimat og Tabell 3.4 gir antall fangete og antall estimerte torskelarver i dypene 0 m, 1 m og 2 m med bruk av to-kamret håv som redskap. Summen av antall estimerte torskelarver i de tre dypene gir omlag 20 000 torskelarver i bassenget.

Ved forsøkets endelige slutt 1. august var det 4000 torsk i bassenget.

Antall larver fanget pr. 10 m^3

Populasjonsantall

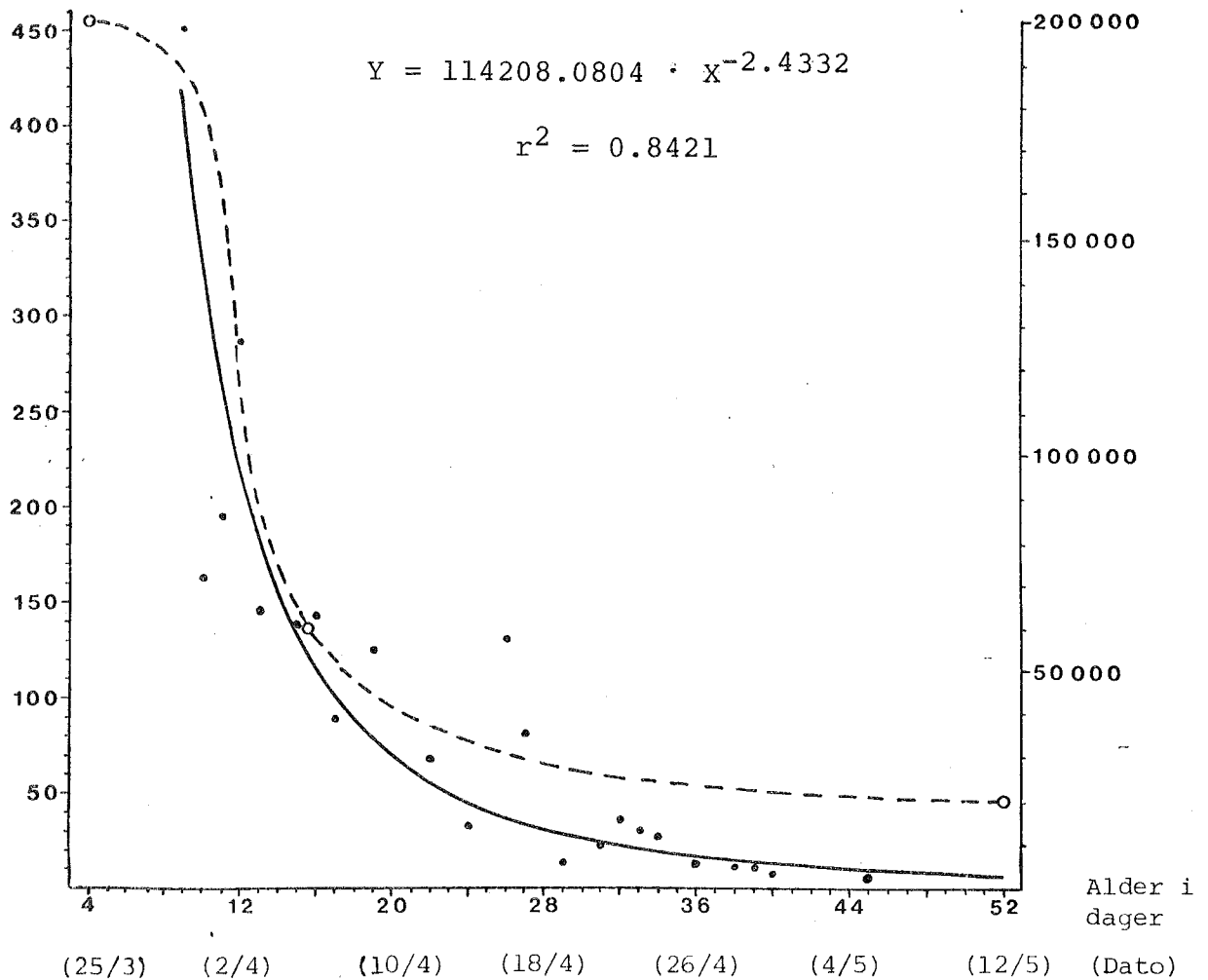


Fig. 3.7. Antall torskelarver fra utsetting 24. mars til 12. mai. Den heltrukne linjen er fremkommet ved regresjonsanalyse på fangstdata, mens den stiplede er trukket gjennom de tre "beste" estimat ved datoene 24. mars, 5. - 6. april og 12. mai.

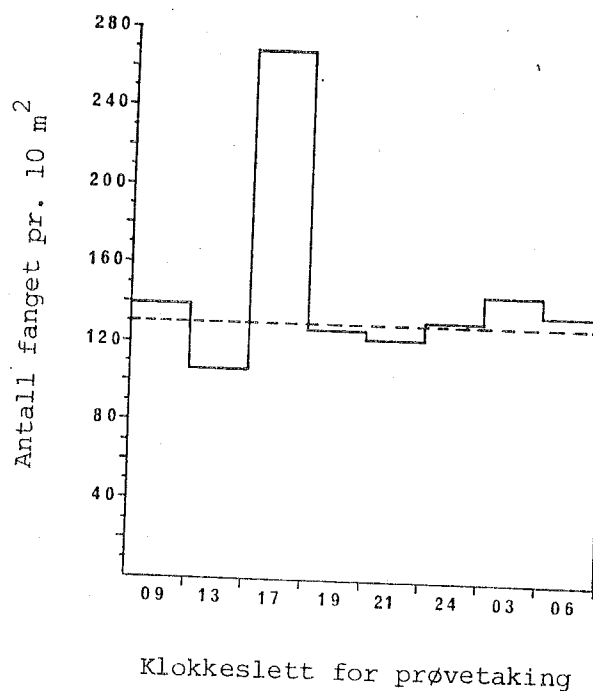


Fig. 3.8. Gjenfangst av torskelarver gjennom ett døgn fra døgntasjon 5. - 6. april da torskelarvene var 15 dager gamle.

Tabell 3.4. Antall fanget og antall estimerte torskelarver i bassenget i 0 m, 1 m og 2 m's dyp den 12. mai.

Dyp i meter	Antall fanget	Antall estimert
0	6	400
1	25	2833
2	172	19493

3.4 Matinntak hos torskelarver

3.4.1 Sammensetningen av byttedyr over tid

I Fig. 3.9 vises det prosentvise innslaget av de forskjellige byttedyr som fantes i magen på 8-52 dager gamle torskelarver. I den første tiden, da larvene var 8-16 dager gamle var over 90 prosent av mageinnholdet copepodnauplier. Men etter at larvene ble 16 dager, avtok det prosentvise innslaget av copepodnauplier i mageinnholdet raskt og lå i tiden fra 19 til 45 dager under 50 prosent og med en laveste verdi på 10 prosent. I denne perioden var det den litt større arten C.gracilis som dominerte mageinnholdet med verdier mellom 40 og 80 prosent. Etter at larvene var 45 dager gamle økte innslaget av copepodnauplier i mageinnholdet, men avtok igjen etter knapt en uke. Da larvene var 50 dager gamle økte innslaget av harpacticide copepoder til over 40 prosent, mens de tidligere utgjorde høyden 1 prosent av mageinnholdet. Av harpacticide copepoder dominerte A.nordmanni. Calanoide copepoder utgjorde under 5 prosent av mageinnholdet, untatt i perioden da larvene skiftet kost, fra copepodnauplier til C.gracilis. Helt mot slutten av forsøket begynte torskelarvene å spise amphipodeyngel.

Fig. 3.10 angir forholdet mellom torskelarvens lengde og størrelsen på største og minste byttedyr funnet i magen på torskelarven ved en gitt lengde. Figuren viser at torskelarvene ved metamorfose fremdeles spiser byttedyr på 0,2 mm, mens størrelsen på det største byttedyr økte jamt fra 0,35 mm ved første næringsopptak til 2,0 mm i løpet av forsøksperioden. Figuren angir hvor noen av byttedyrene ligger innenfor "aksepteringstrekanten" og ved hvilken lengde av torskelarven de kan bli føde for larven.

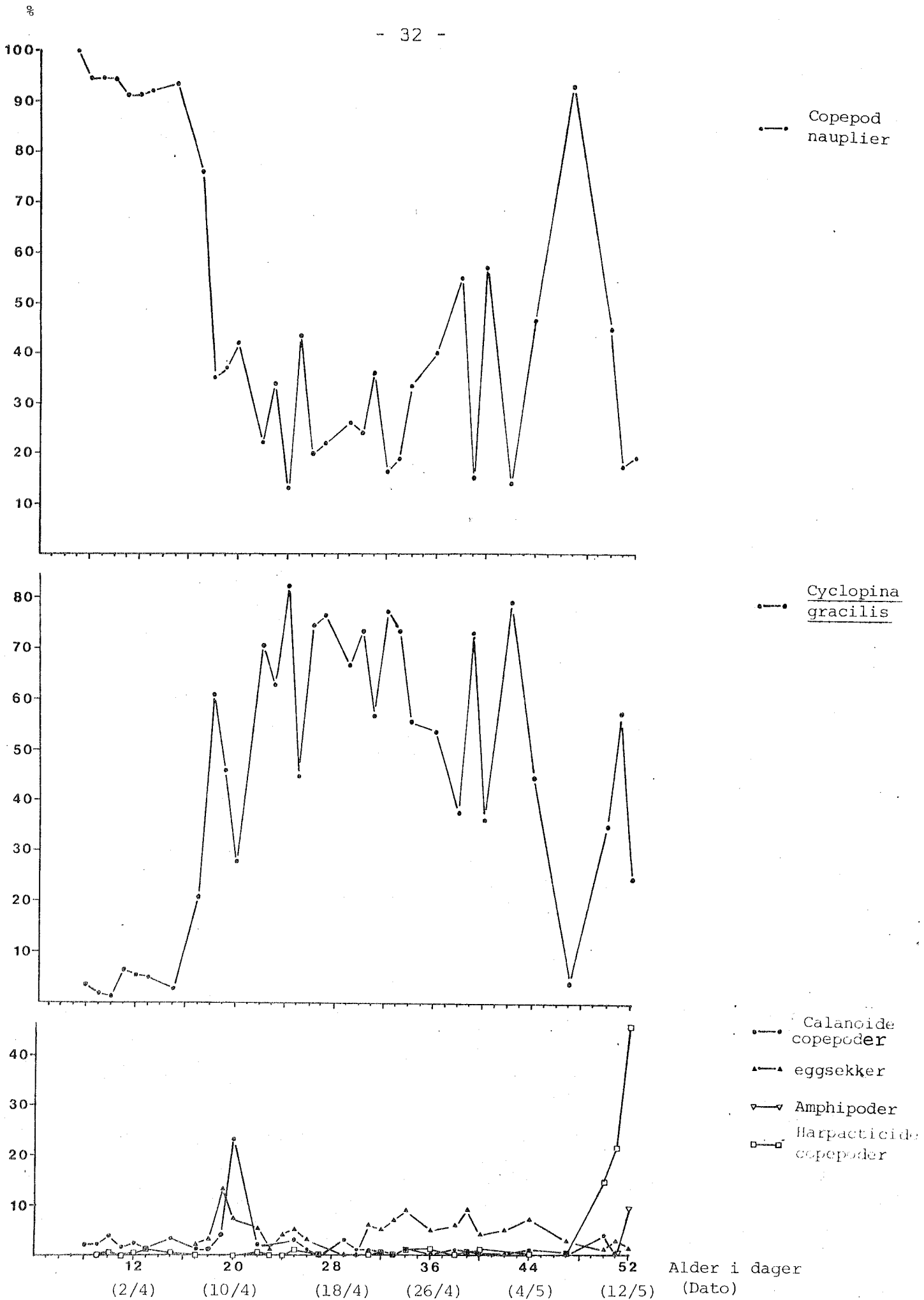


Fig. 3.9. Prosentvis sammensetning av byttedyr i magen på torskelarver fra 8 til 52 dagers alder. I alt ble 1125 larver undersøkt.

Lengde i mm på byttedyr

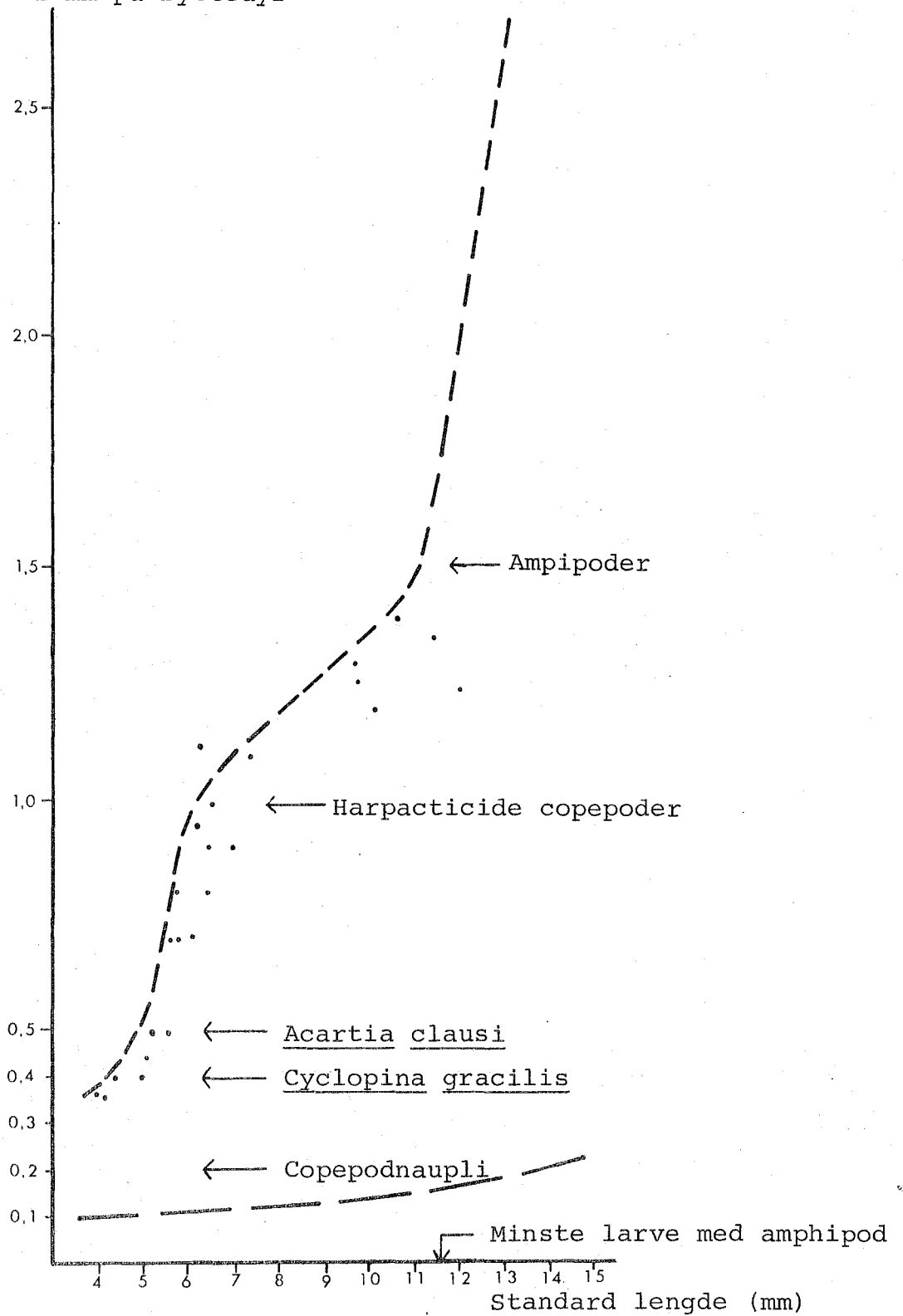


Fig. 3.10. "Aksepteringstrekant" med største (---) og minste byttedyr (—) observert i magen på torskelarven ved en gitt larvelengde.

3.4.2 Første næringsopptak

Den dagen larvene var 5 dager gamle (26. mars) ble det foretatt et trekk i overflaten med den to-kamrete håven, men disse larvene hadde ingen plante- eller dyreplanktonorganismer i magen. To dager senere (28. mars) ble det funnet copepodnauplier i magen hos de fleste larvene og dette var tilfelle i hele perioden fram til 9. april, da første næringsopptak regnes som avsluttet.

Lengde-frekvensfordelingen av copepodnauplier i magen på torskelarver fra disse var 9 til 12 dager gamle og av lengdefrekvensfordelingen av copepodnauplier i bassenget den 29. mars, den dagen larvene var 9 dager gamle, er vist i Fig. 3.11. Figuren viser at torskelarven ikke selekterer på noen bestemt størrelse av copepodnauplier ved første næringsopptak, men at størrelsesfrekvensen av copepodnauplier i bassenget ble gjenspeilet i magen til torskelarven.

I Fig. 3.12 er det vist antall copepodnauplier i magen hos forskjellige størrelsesgrupper av torskelarvene. Det går fram av figuren at det var et skille i matopptak ved en lengde på omkring 4,5 mm hos larvene, ved at larver over 4,4 mm spiste mer enn tre ganger så mye som larver med en lengde på omkring 4,0 mm.

I Tabell 3.5 er det vist gjennomsnittlig mageinnhold i antall av de to minste byttedyrene, copepodnauplier og C.gracilis for tre lengdegrupper av torskelarvene, fra de var 11 til de ble 22 dager gamle. Tabellen viser at larver under 4,5 mm spiste under 1/3 av maten til de lengre larvene. Videre viser tabellen at larvene over 4,5 mm skiftet byttedyr fra copepodnauplier til C.gracilis. Tabellen viser også at i tiden før 7.april var mageinnholdet gjennomgående 3 ganger større kl. 1900 enn kl.0900, men denne forskjellen forsvant senere i perioden.

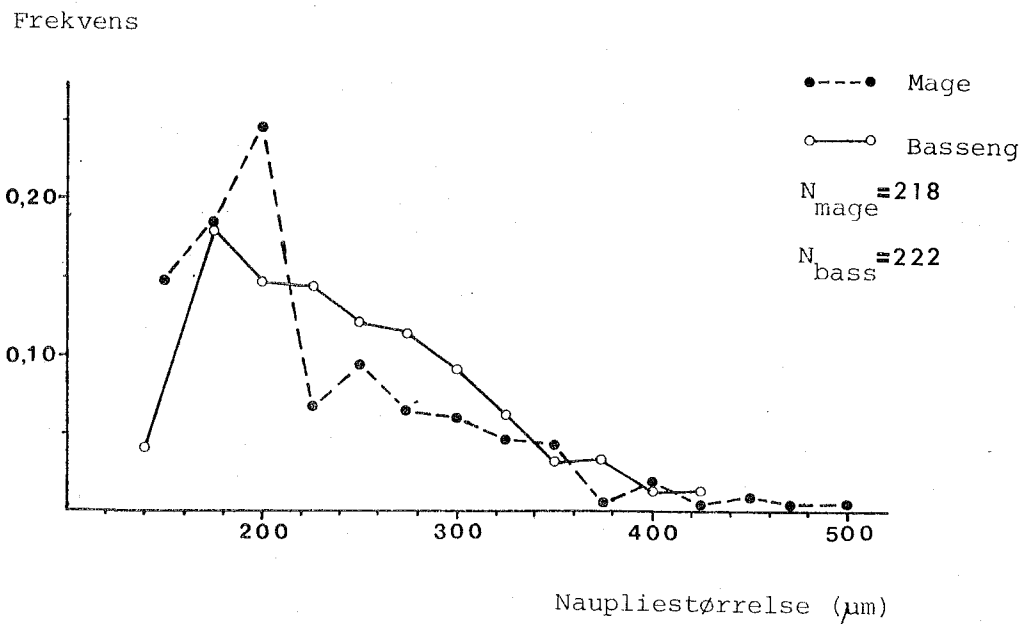


Fig. 3.11. Lengdefrekvensfordelingen av copepodnauplier i bassenget den 29. mars og i magen på torskelarvene fanget i tiden 29. mars til 2. april.

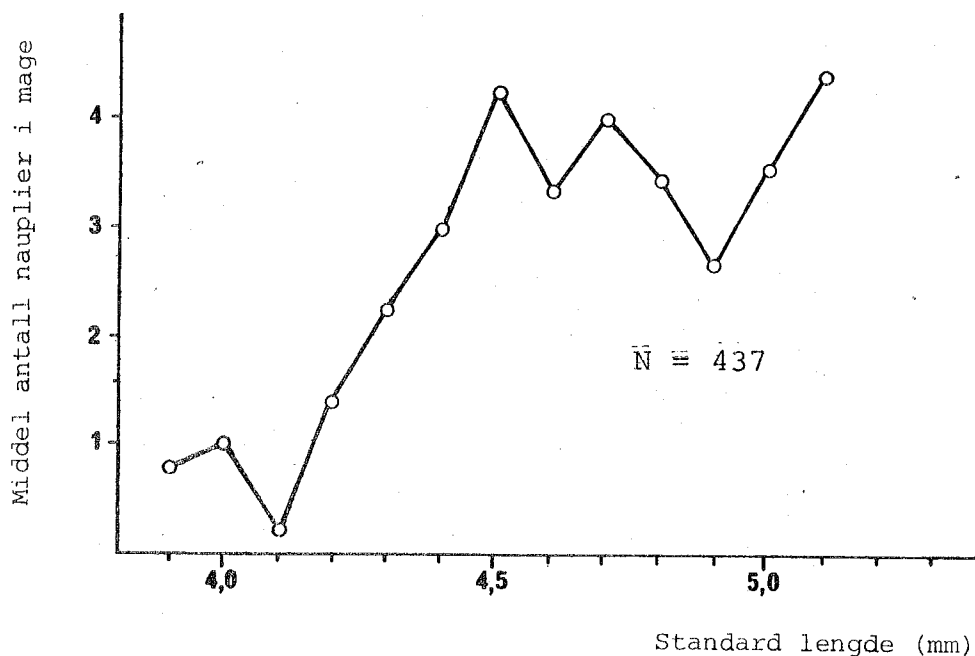


Fig. 3.12. Midlere antall copepodnauplier i mage på torskelarven fanget i tiden 29. mars til 2. april, som en funksjon av larvens lengde.

Tabell 3.5. Gjennomsnittlig mageinnhold hos tre lengdegrupper av torskelarver fra torskelarvene var 11 dager gamle til de ble 22 dager gamle. C.n.=copepodnauplier, C.g.=C.gracilis og n=antall larver undersøkt.

Dato	Lengde- grupper (mm)	Klokken 0900			Klokken 1900		
		C.n	C.g.	n	C.n.	C.g.	n
<u>1.april</u>	SL<4,5	0,60	-	10	2,70	0,24	15
	4,5≤SL<5,0	1,67	0,11	9	7,20	0,40	10
	SL≥5,0	1,22	0,33	9	8,25	0,25	4
<u>3.april</u>	SL<4,5	0,28	-	7	-	-	-
	4,5≤SL<5,0	1,77	0,11	9	-	-	-
	SL≥5,0	4,33	0,33	6	-	-	-
<u>5.april</u>	SL<4,5	0,63	-	11	1,80	-	15
	4,5≤SL<5,0	1,38	-	21	4,88	0,11	17
	SL≥5,0	3,39	0,67	18	10,13	0,13	15
<u>7.april</u>	SL<4,5	-	-	3	-	-	1
	4,5≤SL<5,0	0,88	0,33	9	-	-	1
	SL≥5,0	2,20	0,80	40	6,88	0,75	8
<u>8.april</u>	SL<4,5	0,66	0,66	3	-	-	-
	4,5≤SL<5,0	1,00	1,75	4	-	-	-
	SL≥5,0	0,88	4,64	25	-	-	-
<u>9.april</u>	SL<4,5	0,5	-	2	-	-	-
	4,5≤SL<5,0	0,33	3,66	3	0,66	2,00	3
	SL≥5,0	2,00	4,40	5	6,71	5,14	7
<u>12.april</u>	SL<4,5	-	-	-	-	-	-
	4,5≤SL<5,0	0,5	0,5	2	2,00	1,00	1
	SL≥5,0	1,25	10,75	8	4,55	9,33	9

3.4.3 Endring i matinntak gjennom døgnet

I Fig. 3.13 vises antall nyspiste/halvfordøyde byttedyr respektiv ferdigfordøyde byttedyr i magen hos torskelarvene under døgnstasjon 5.-6. april. Figuren viser at de 15 dager gamle torskelarvene spiste i den lyse perioden av døgnet, fra kl. 0300 om morgenen til kl. 1900 om kvelden. Antall byttedyr i magen hos torskelarven er økende fra morgenen av, med en tendens til stagnasjon i matopptaket midt på dagen. Dette tyder på to perioder med høy beiteaktivitet i døgnet, én i grålysningen og én i skumringen. Den tid larven brukte til å fordøye et byttedyr synes å være 6 timer på bakgrunn av tidsforskjellen mellom toppene til kurvene for nyspiste/halvfordøyde og ferdigfordøyde byttedyr. På bakgrunn av kurven for ferdigfordøyde byttedyr ser det ut for at det tomme skallet hadde et opphold på 4 timer i magen før det ble støtt ut. Samlet tid for et byttedyr i magen ble således 10 timer. På bakgrunn av at torskelarvene hadde to beiteperioder i døgnet og at byttedyr oppholdt seg maksimalt 10 timer i magen til larven vil summen av mageinnholdet kl. 0900 og kl. 1900 gi et uttrykk for torskelarvens dagsrasjon.

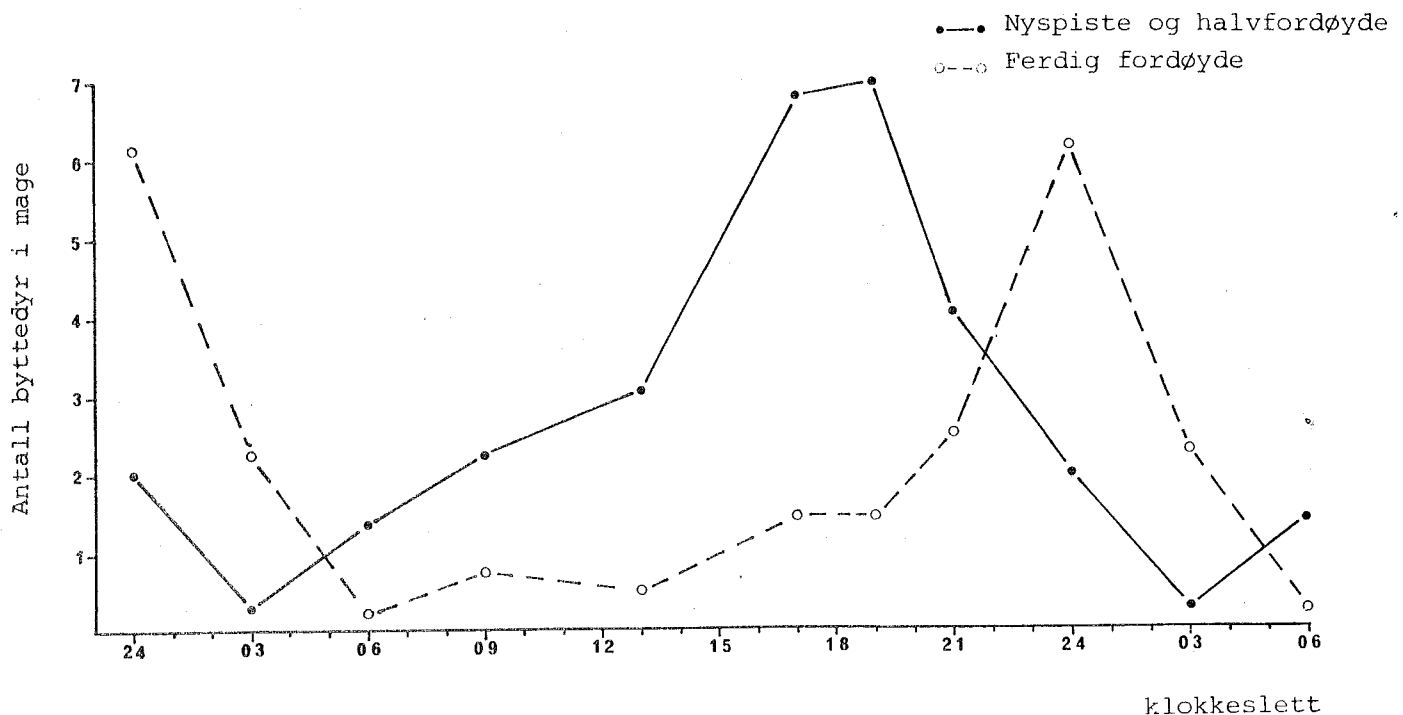


Fig. 3.13. Mageprøver fra døgnstasjonen 5.-6. april. Tallene er middelværdi for mageprøver fra 20 larver fra hvert klokkeslett.

3.4.4 Dagsrasjon uttrykt i kalorier hos forskjellige lengdegrupper av torskelarver

Fig. 3.14 viser forandringer i inntatt mengde mat uttrykt i kalorier for de forskjellige lengdegruppene av torskelarver fra de var 8 dager gamle til de ble 29 dager gamle. De to minste lengdegruppene med larver var under 4,5 mm i lengde og disse spiste under 0,01 kalorier pr. dag. Kravet for å kunne bli med i figuren var at det fantes data fra både kl. 0900 og 1900. Dette medførte at for torskelarver under 4,0 mm er det ikke data etter at de var 12 dager gamle og for larver i gruppen 4,0 - 4,5 mm etter at de var 20 dager gamle. Der det fantes data fra ett av klokkeslettene for disse minste larvene, indikerer disse meget små matopptak. De to lengdegruppene 4,5 - 5,0 mm og 5,0 - 5,5 mm spiste til enhver tid mer enn de to minste lengdegruppene og i tiden før larvene ble 17 dager gamle var forskjellen i inntatt mat minst 0,01 kalorier eller like mye som det høyeste matinntaket til de to minste lengdegruppene. Inntaket av mat hadde et minimum for alle lengdegrupper da larvene var 17 dager gamle, men deretter økte matopptaket og larvegruppen 5,5 - 6,0 mm som oppsto da larvene var 18 dager gamle, hadde et matinntak på 0,25 kalorier ved en alder av 29 dager, mens larvegruppene 4,5 - 5,0 mm og 5,0 - 5,5 mm spiste omkring 0,08 kalorier til samme tid.

Forholdet mellom inntatt matmengde i kalorier pr. dag og fiskelarvens eget kaloriinnhold, for 5 forskjellige lengdegrupper av torskelarver i alderen 8 til 29 dager er vist i Fig. 3.15. Figuren viser at larvene under 4,5 mm i lengde aldri spiste mer enn 5 prosent av sitt eget kaloriinnhold og larver på 4,0 mm lå spesielt lavt med et matinntak under 1 prosent av eget kaloriinnhold. Larvene mellom 4,5 - 5,5 mm spiste i begynnelsen omkring 10 prosent av sitt eget kaloriinnhold, men matinntaket avtok for disse larvene mot et minimum, da larvene var 17 dager gamle, for så å øke. Ved en alder av 29 dager spiste larvene, som var mellom 4,5 - 5,5 mm, omkring 15 prosent av sitt eget kaloriinnhold, mens larvene mellom 5,5 - 6,0 mm spiste omkring 35 prosent.

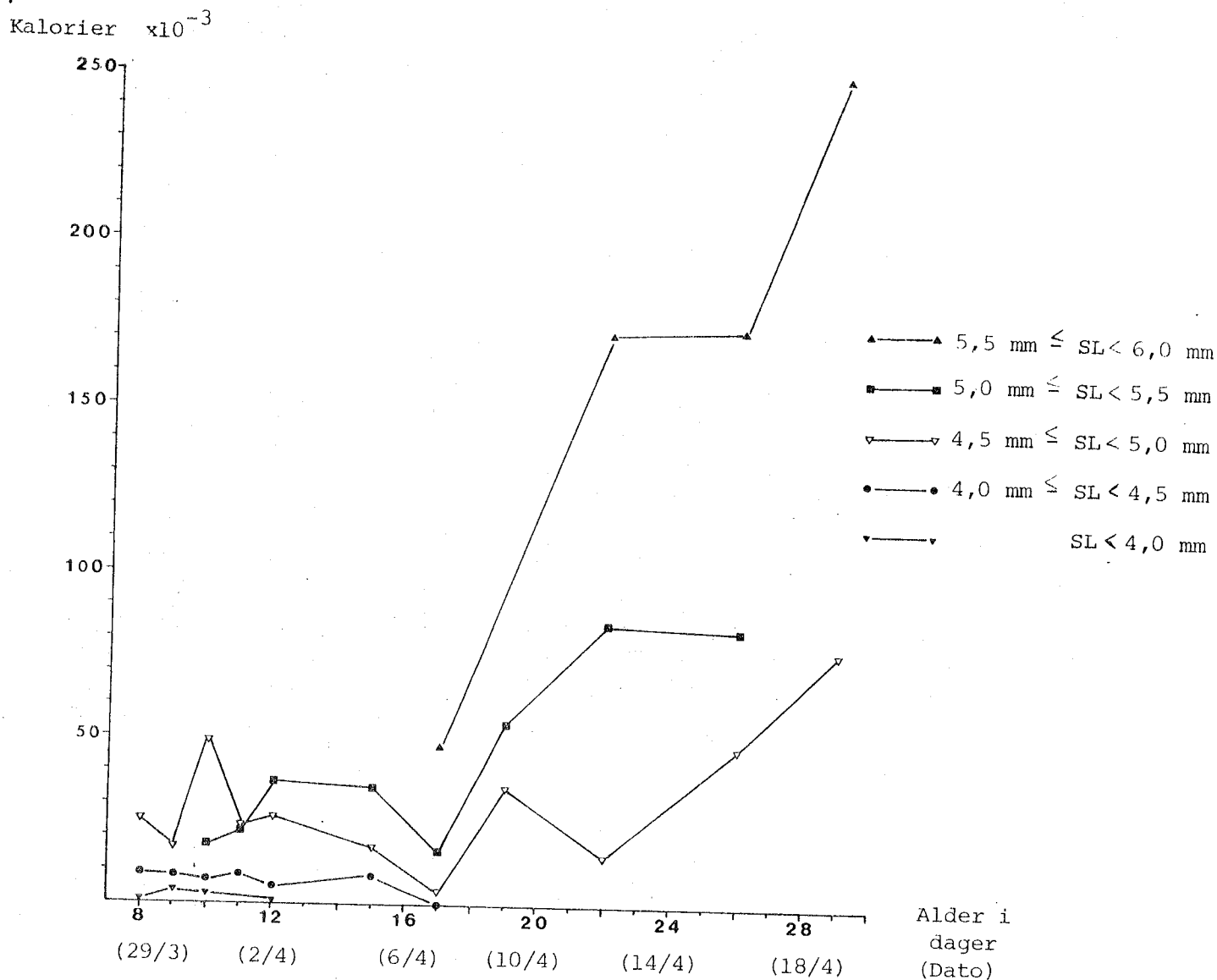


Fig. 3.14. Dagsrasjon uttrykt i kalorier for 5 lengdegrupper av torskelarver fra de var 8 dager gamle til de ble 29 dager gamle.

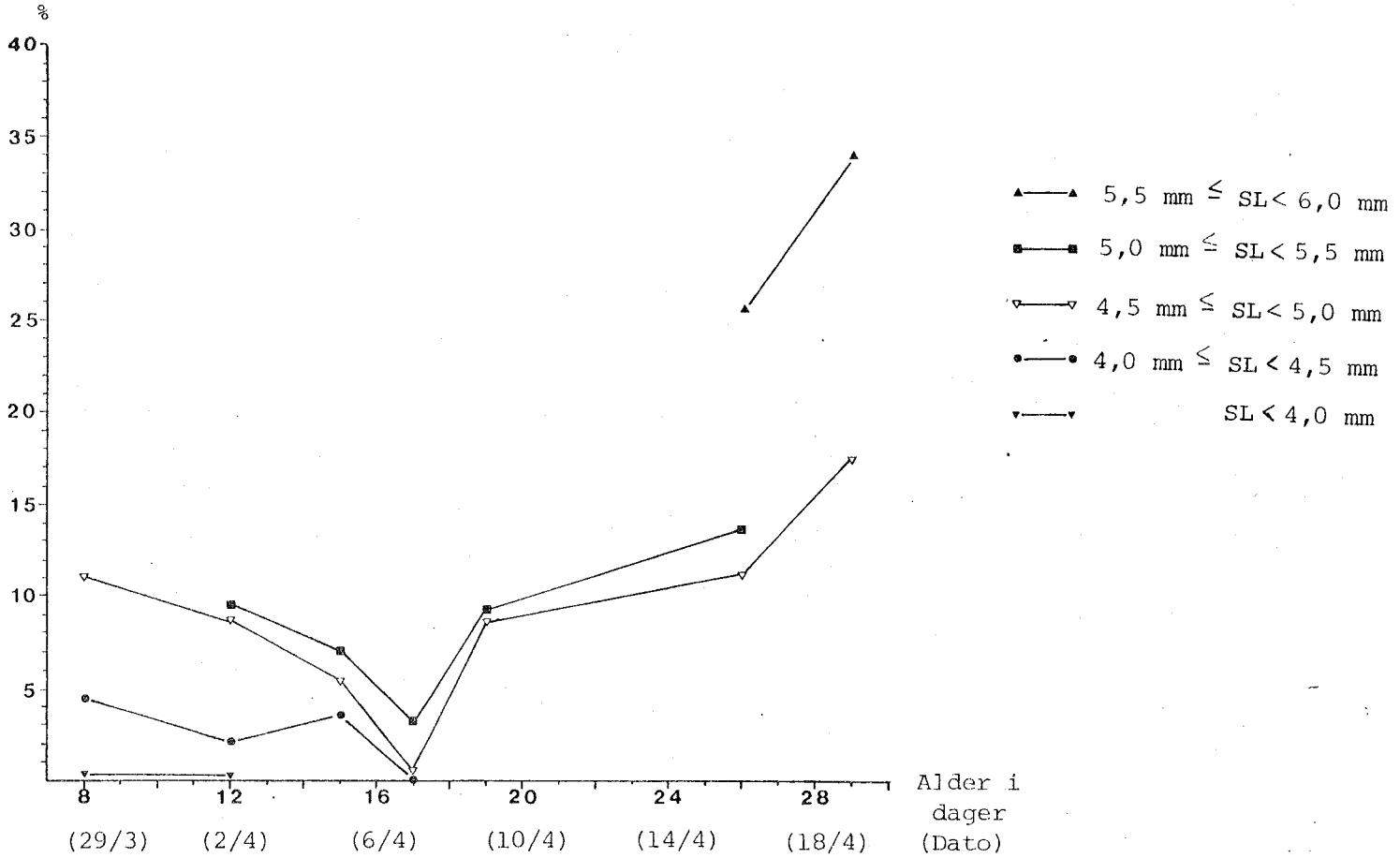


Fig. 3.15. Inntatt matmengde i kalorier i prosent av torskelarvens kaloriinnhold, for 5 forskjellige lengdegrupper av 8-29 dager gamle torskelarver.

3.5 Vekst

3.5.1 Endring_i_lengde

I Fig. 3.16 vises lengde-frekvensfordelingen ved 9 forskjellige tidspunkt i løpet av torskelarvenes 52 første levedager i bassenget og i Tabell 3.6 vises lengdeøkningen i mm pr. dag for 5 perioder i det samme tidsrom og for hele tidsrommet.

I tiden fra klekking og 9 dager framover hadde larvene en gjennomsnittlig lengdeøkning på 0,08 mm pr. dag, fra 3,56 til 4,31 mm og i tiden rundt første næringsopptak, fra larvene var 9 dager til 12 dager, var den samme daglige lengdeøkning kommet ned i 0,05 mm, med middel lengde nær 4,5 mm og et standard avvik som var 0,1 større enn ved klekking.

Fra larvene var 12 dager gamle til de ble 29 dager gamle oppsto et etterslep av larver med lengde under 4,5 mm. Samtidig økte standardavviket fra 0,3 til 0,88 i denne perioden og den daglige gjennomsnittlige lengdeveksten var på 0,07 mm. I den etterfølgende perioden fram til larvene ble 42 dager gamle forsvant de minste larvene fra fangstene og larvene fanget ved en alder av 29 dager og 42 dager hadde samme standard avvik på 0,88. Den gjennomsnittlige daglige lengdeøkningen i perioden var på 0,20 mm.

Lengde-frekvensfordelingen for siste dag i forsøket, 12. mai, da larvene var 52 dager gamle, viser at hovedtyngden av larver var 11-12 mm, mens noen larver hadde vokst raskere enn hovedgruppen og dette medførte at middellengde ble 12,2 mm. Den minste larven var 9,0 mm og lengste larve 17,5 mm. Standardavviket hadde økt i tiden fra larvene var 42 dager til de ble 52 dager gamle fra 0,86 til 1,51, og den gjennomsnittlige daglige lengdeveksten i denne perioden var 0,60 mm mot 0,20 mm i foregående periode.

Tabell 3.6. Middel-lengdeøkning i mm pr. dag for 5 perioder i tiden fra klekking til metamorfose og for hele tiden fra klekking til metamorfose.

Tidsrom	21/3 - 30/3	30/3 - 2/4	2/4 - 19/4	19/4 - 2/5	2/5 - 12/5	21/3 - 12/5
Lengde- økning i mm pr. dag	0,08	0,05	0,07	0,20	0,60	0,17

I Fig. 3.17 vises middel-lengde med standardavvik og lengste og minste larve for de dagene det var store fangster av torskelarver i bassenget. Av figuren fremgår det at lengden på lengste fangete larve økte gjennom hele fangstperioden, mens lengde på minste fangete larve holdt seg på 3,5 - 4,0 mm i tiden fra larvene var 10 dager til de ble 34 dager gamle, for så å øke raskt fra 3,6 mm til 9,0 mm i en alder av 52 dager.

Frekvens

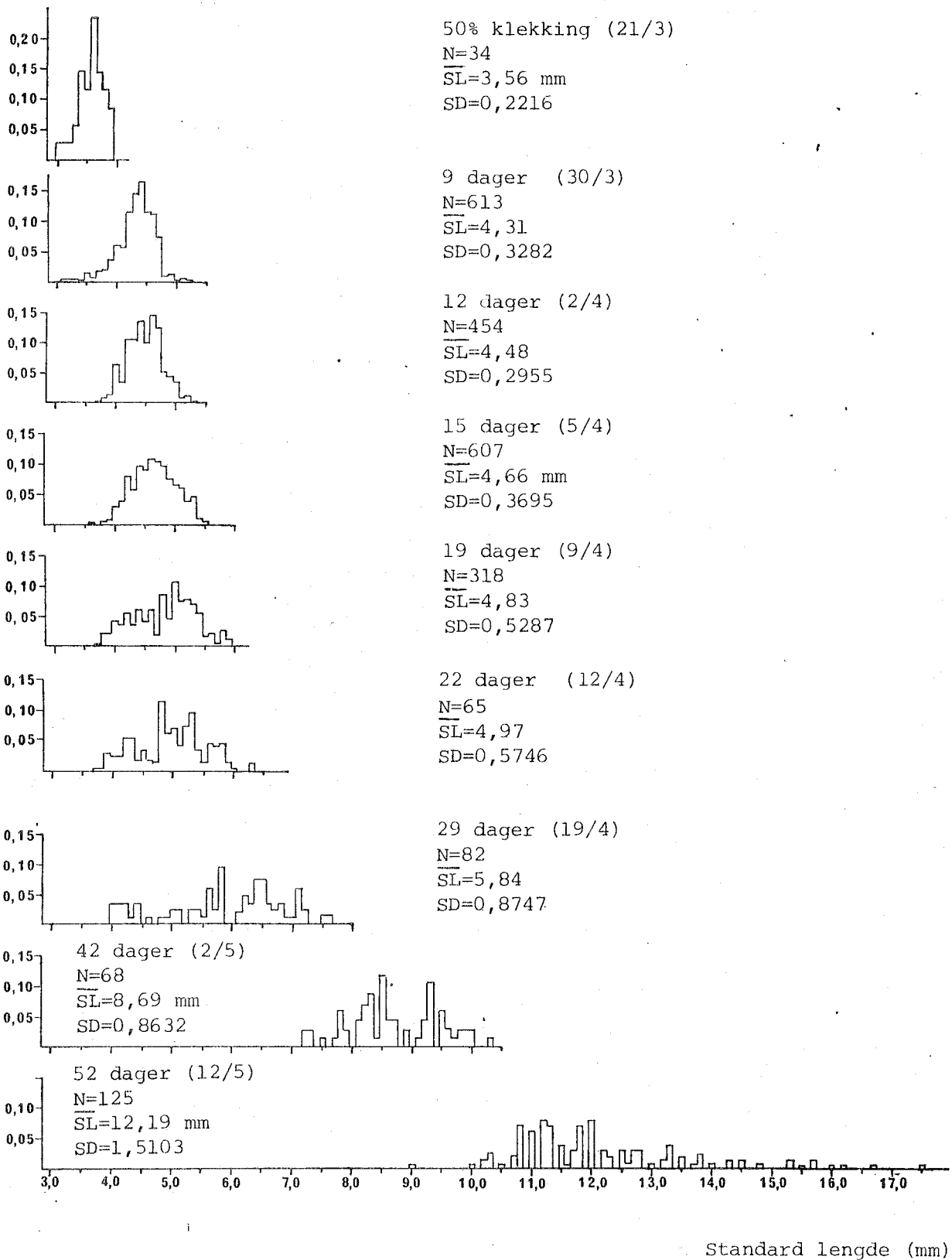


Fig. 3.16. Lengde-frekvensfordelingen til torskelarver fra bassenget ved 9 forskjellige tidspunkt fra klekking til metamorfose.

Standard
lengde (mm)

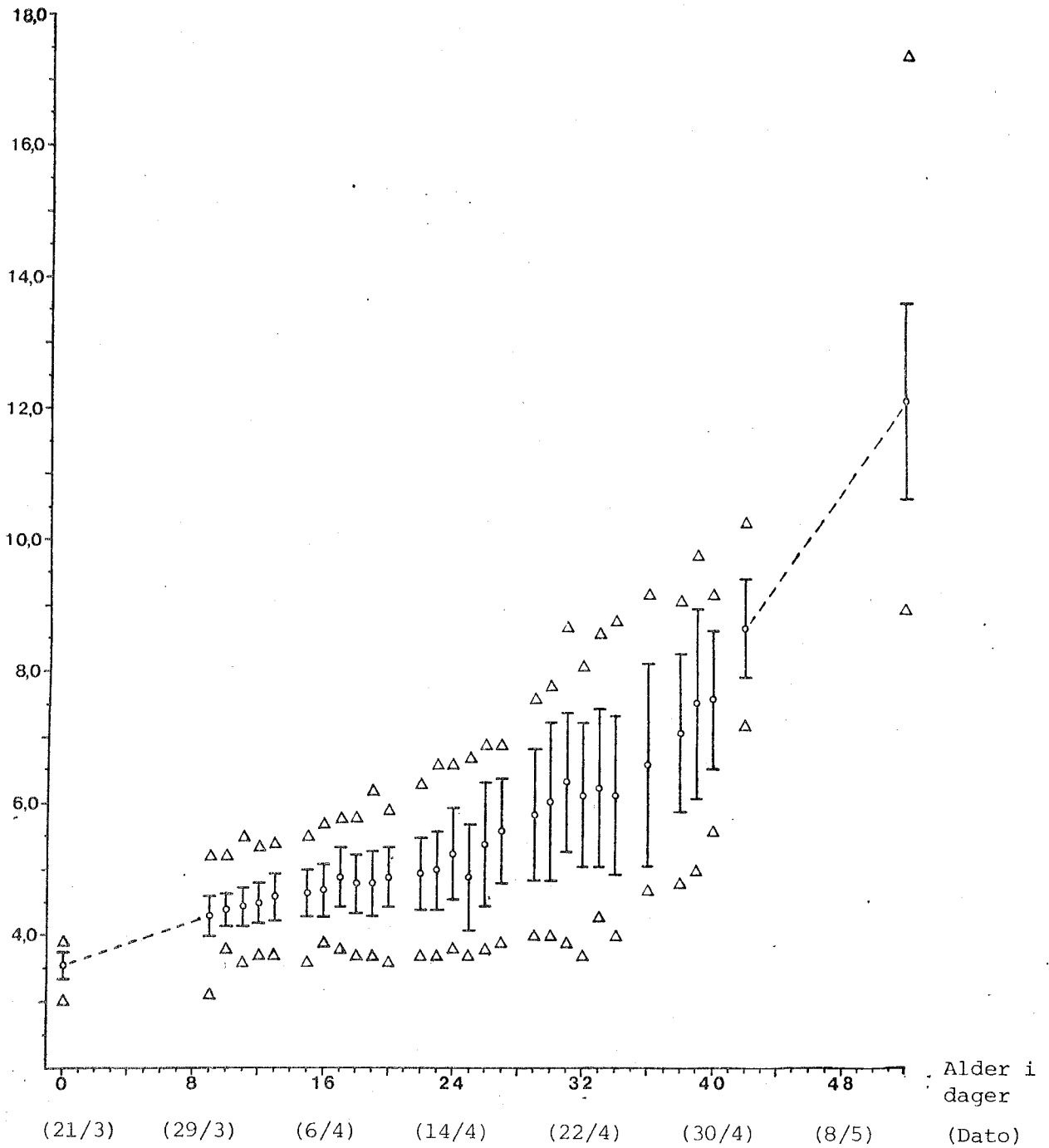


Fig. 3.17. Middel lengde med standardavvik og lengste og minste torskelarve for de dager det var store fangster av torskelarver i bassenget i forsøksperioden.

3.5.2 Endring_i_vekt

Den spesifikke veksthastigheten til torskelarven for 6 perioder i torskelarvens 52 første levedager og for hele perioden på 52 dager er vist i Tabell 3.7.

Tabellen viser at den spesifikke veksthastighet i perioden fra 50 prosent klekking til tiden for første næringsopptak, da larven var 8 dager gamle, var negativ med en verdi på -3,2 prosent. I løpet av første næringsopptak, fram til larvene ble 12 dager gamle, ble den spesifikke veksthastigheten positiv med en verdi på 4,6 prosent. For de etterfølgende periodene økte den spesifikke veksthastigheten jevnt med verdier på 13,2 prosent fra larvene var 34 dager til de ble 42 dager gamle og 9,6 prosent i perioden 42 til 52 dager. For hele perioden fra 50 prosent klekking til metamorfose var den spesifikke veksthastigheten 7,1 prosent.

Tabell 3.7. Spesifikk veksthastighet til torskelarven for 6 perioder i tiden fra 50 prosent klekking til metamorfose og for hele perioden.

Tids- rom	21/3 - 29/3	29/3 - 2/4	2/4 - 10/4	10/4 - 24/4	24/4 - 2/5	2/5 - 12/5	21/3- 12/5
Spesi- fikk vekst- hastig- het	-3,2%	4,6%	4,8%	7,1%	13,2%	9,6%	7,1%

3.6. Kondisjon

Regresjonslinjen for logaritmen av tørrvekt mot logaritmen for lengde er vist i Fig. 3.18 og linjen følger ligningen:

$$\log V (\text{Tørrvekt}) = -0,42 + 3,4413 \log SL$$

med korrelasjonskoeffisient, $r^2 = 0,9641$.

Ligningen bygger på materiale fra torskelarvene var 8-52 dager gamle og gir forholdet mellom vekt og lengde i perioden fra 8 dager til metamorfose.

Resultatet av regresjonsanalysen er blitt benyttet videre for å få et uttrykk for den relative kondisjonsfaktoren (RKF) til torskelarven i tiden fra 8 dager etter 50 prosent klekking til metamorfose og er uttrykt i ligningen:

$$RKF = \frac{V(\text{mg tørrvekt}) \cdot 10^3}{SL (\text{mm})^{3,4413}}$$

Kriteriet for at en torskelarve var i "god" kondisjon var at RKF lå omkring eller over 0,42, mens larver med RKF under 0,21 ble ansett for å være i "dårlig" kondisjon. Ved å studere RKF for hver enkelt larve i det behandlede materialet ble 13 ansett for å være i "god" kondisjon og 14 for å være i "dårlig" kondisjon.

I Fig. 3.19 vises regresjonslinjene til kroppshøyde mot lengde for de 13 torskelarvene med "god" kondisjon og de 14 larvene med "dårlig" kondisjon. Kroppshøyden gir her et uttrykk for larvens kondisjon og hos larver med "god" kondisjon er forholdet mellom kroppshøyde og lengde:

$$KH = -0,1409 + 0,0942 \cdot SL$$

med korrelasjonskoeffisient, $r^2 = 0,8249$,

mens det samme forholdet hos larver med "dårlig" kondisjon var:

$$KH = -0,1530 + 0,0864 \cdot SL$$

med korrelasjonskoeffisient, $r^2 = 0,6567$.

Figuren viser at larver med samme lengde, men med forskjell i kondisjon også hadde forskjell i kroppshøyde. De larver som var i "god" kondisjon hadde en større kroppshøyde enn larver i "dårlig" kondisjon. Videre viser figuren at av det undersøkte materialet var det bare blant larver under 5,0 mm det ble funnet larver i "dårlig" kondisjon, mens larver i "god" kondisjon var å finne fra 4,3 mm til 5,5 mm.

Logaritmer til tørrvekt

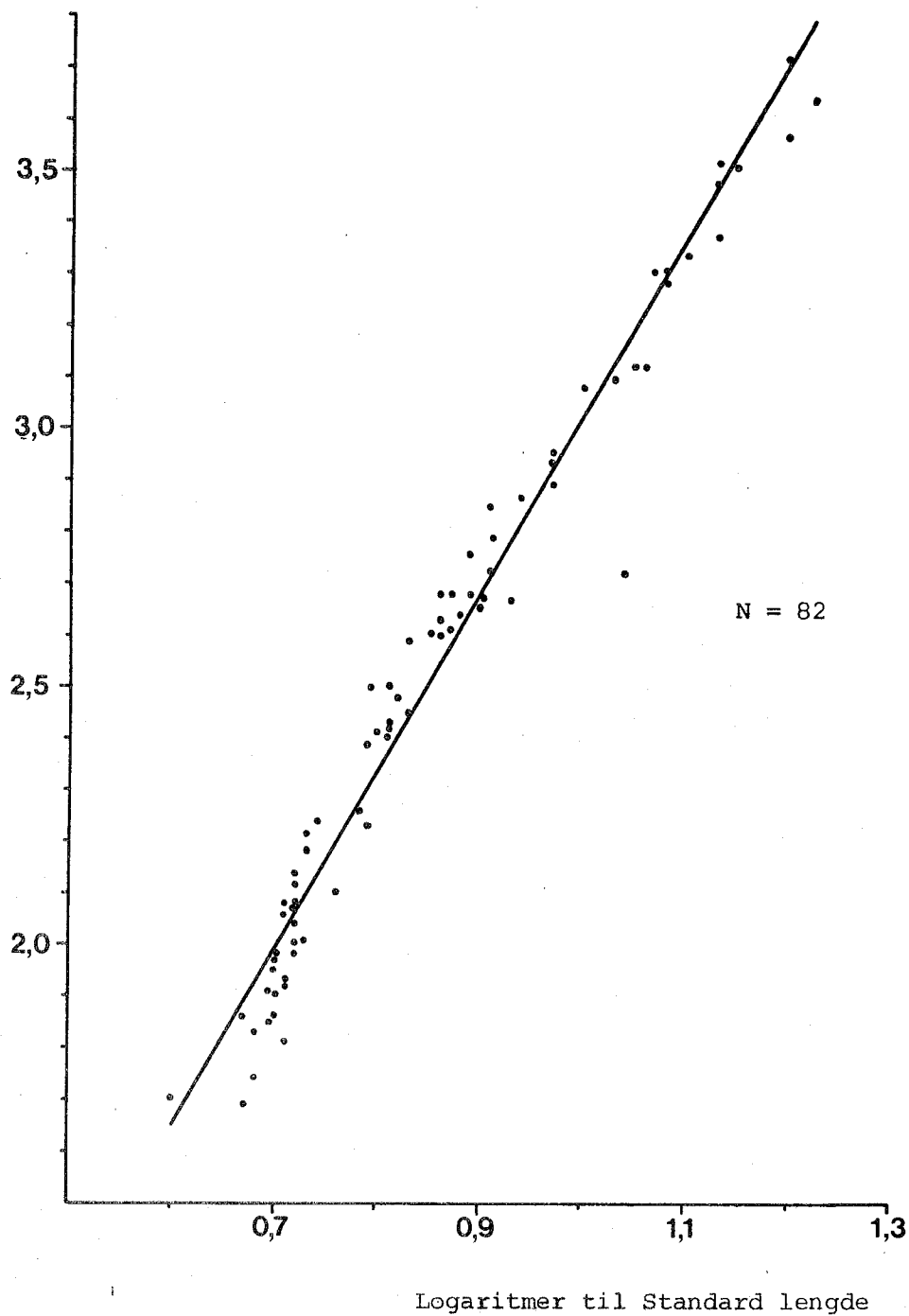


Fig. 3.18. Regresjonslinjen med punkter for logaritmen av tørrvekt mot logaritmen til standard lengde for torskeelarver som var fra 8 til 52 dager gamle.

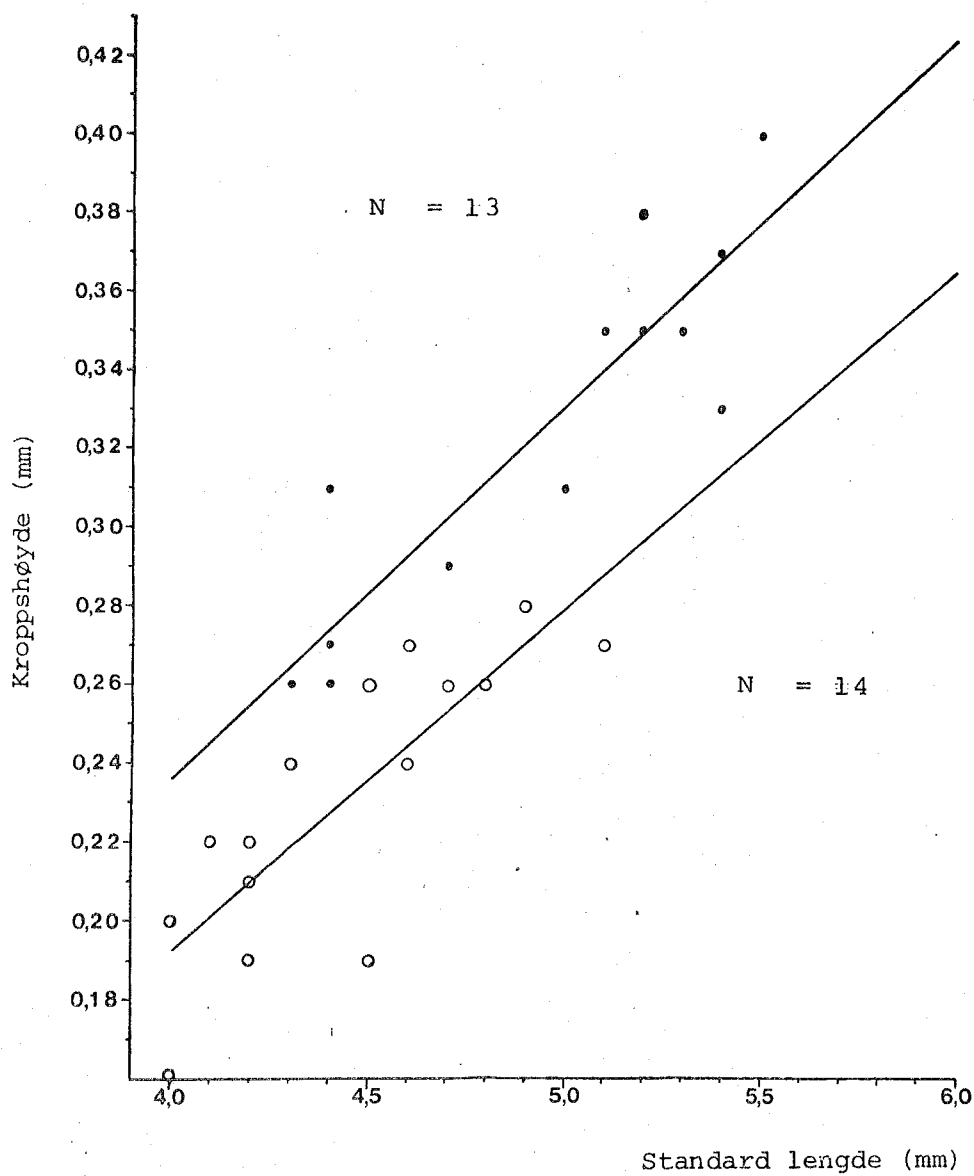


Fig. 3.19. Regresjonslinjene til kroppshøyde mot standard lengde for torskelarver med "god" relativ kondisjonsfaktor og "dårlig" relativ kondisjonsfaktor. • = larver med "god" relativ kondisjonsfaktor og o = larver med "dårlig" relativ kondisjonsfaktor.

DISKUSJON OG KONKLUSJON

I 1975 ble bassenget brukt til studier av egg og larver fra flere marine fiskearter, innbefattet torsk (ØIESTAD et al. 1975). Erfaringene med innsamling av hydrografiske og biologiske data fra dette året dannet grunnlaget for valg av innsamlingsmetodikk ved forsøkene med torskelarver i 1976. Stasjon 5 viste seg godt egnet til å følge med de hydrografiske parametere og planteplankton, mens valget av stasjonsnett ved innsamling av dyreplankton også tok hensyn til de forskjellige bunntypene i bassenget og de organismene som tilhørte disse. Innsamlingen av torskelarver ble lagt til det dype partiet mellom stasjon 2 og 5 (Fig. 1a og c), slik at det ble fanget larver fra alle dyp i bassenget.

Torskelarvene i forsøket kom fra egg av forskjellige hunnfisk og utsetningen som skjedde 24. mars, fant sted på et tidspunkt da bestandene av plante- og dyreplankton var økende (Fig. 3.1 og 3.5). JONES (1973) har påpekt som særdeles viktig for overlevning og vekst hos torskelarver i sjøen at larvene starter sitt næringsopptak mens produksjon av nauplier er på et høydepunkt, fordi larvene da vil vokse opp samtidig med at naupliene vokser og blir til copepoditter og voksne copepoder.

Til tross for at det ved begynnelsen av forsøket var tettheter av planteplankton i de øvre vannlag av bassenget (Tabell 3.2) som tilsvarte en oppblomstringssituasjon i sjøen ble det ikke observert planteplankton i magen til torskelarven. Resultatene fra bassenget stemmer godt overens med laboratorieforsøk av ELLERTSEN et al. (1976) der 5 til 10 dager gamle torskelarver passivt ikke får i seg små alger før konsentrasjonen av disse blir over 10 millioner pr. liter. Laboratorieforsøkene viste videre at fra torskelarvene var 7 dager gamle beitet de aktivt på store planteplanktonarter. Grunnen til at torskelarvene i forsøket ikke synes å ha spist store planteplanktonarter er

trolig at konsentrasjon av disse var under terskelverdien som ligger omkring 100 000 pr. liter. I Tabell 3.2 ser en at tettheter over dette ikke er påvist. I feltmateriale ellers er det observert store planteplanktonorganismer i magen hos torskelarven (BAINBRIDGE & MCKAY 1968 og NORDENG & BRATLAND 1971), men planteplankton spiller likevel trolig en langt mindre rolle i dietten for torsk enn for arter som blant annet anchoveta (Engraulis mordax) (LASKER 1974), rødspette (Pleurenectes platessa L.) (SHELBOURNE 1957) og havsil (Ammodytes marinus Raitt) (WYATT 1974).

Bestandsberegninger for de ulike dyreplanktonartene er naturlig nok beheftet med usikkerhet. Særlig vil dette gjelde for større organismer som calanoide copepoder og amphipoder med stor egenbevegelse, da disse letter vil unnsnippe pumpehodet og dermed bli underestimert. Copepodnauplier og C.gracilis som var hoveddietten for torskelarvene antas som riktigere estimert på grunn av lavere egenbevegelse. Imidlertid gjør adferden til C.gracilis, som er semipelagisk, et godt estimat vanskelig. De høyeste konsentrasjonene på henholdsvis 7-8 copepodnauplier pr. liter i 2 m's dyp og 13 C.gracilis pr. liter over bunnen er i nærheten av det SYSOEVA og DEGTEREVA(1965) hevder er en terskeltetthet for torsk. De satte denne til 20 copepodnauplier pr. liter for torskelarven i naturen og fant videre ut at beiteintensiteten til torskelarven på copepodnauplier avtok når tettheten var under 10 copepodnauplier pr. liter. Det er imidlertid viktig å merke seg at copepodnaupliene referert til av SYSOEVA og DEGTEREVA(1965) besto i overveiende grad av Calanus finmarchicus som er større og trolig raskere enn nauplier av C.hamatus, som dominerte i bassenget. Det er derfor rimelig å anta at copepodnauplier og C.gracilis i bassenget er lettere å fange for torskelarvene enn nauplier av C.finmarchicus. En må derfor anta en lavere terskeltetthet i bassenget. I laboratorieforsøk er den kritiske byttedyrkonsentrasjon for larver i første næringsopptak observert til å ligge i området fra 100 til 1000 byttedyr pr. liter, varierende fra art til art (KRAMER & ZWEIFEL 1970, O'CONNEL & RAYMOND 1970, SAKSENA & HOUDE 1972, LAURENCE

1974, 1976 og HOUDE 1975). LAURENCE (1977) regnet med en konsentrasjon på 2000 byttedyr pr. liter for optimal vekst på torskelarvene i laboratoriet. Disse verdiene er langt høyere enn tettheten av byttedyr i bassenget. Den relativt lave førtettheten i bassenget gav en daglig dødelighetskoeffisient på 0,019 for torskelarvene fram til metamorfose, noe som er lavt når en tilsvarende daglig dødelighetskoeffisient for hyselarver (Melanogrammus aeglefinus) på laboratoriet krevde 3000 byttedyr pr. liter (LAURENCE 1974). Det kan tyde på at omgivelsesfaktorer andre enn bare byttedyrtettheter i bassenget er årsak til den lave dødeligheten og dette vil jeg komme tilbake til senere i diskusjonen.

Hvor viktig torskelarvens lengde ved første næringsopptak er, ble klart demonstrert ved at larver over 4,5 mm i lengde hadde tre ganger så stort matopptak som larver under 4,5 mm. Dette til tross for at larvene ikke selekterte med hensyn på størrelsen til copepodnauplier, ettersom alle naupliene i bassenget lå innenfor "gapstørrelsen" til torskelarven (WIBORG 1948). Årsaken til at de større larvene tok flere byttedyr ligger trolig i at disse larvene var i stand til å søke gjennom større vannvolum og derfor hadde større sjanse til å treffe byttedyr. LILLELUND & LASKER (1971) fant at ansjovetalarven svømte 50 prosent av tiden den trede dagen etter klekking. Torskelarven vil ved den samme alder ha en svømmeaktivitet på rundt 30-40 prosent (TILSETH pers. medl.). ROSENTHAL & HEMPEL (1970) kom fram til at det var en positiv sammenheng mellom larvelengde og svømmehastighet noe som også vil influere på hvor stort vannvolum larven kan gjennomsøke pr. tidsenhet. Større øyne og munn vil dessuten trolig gi større treffsikkerhet ved angrep på et byttedyr. I sin tur vil større matinntak gi raskere vekst og dermed økende fangstsuksess. Det er vist i arbeid på sild (Clupea harengus L.), sardin (Sardina pilchardus Walbaum), tunge (Solea solea L.) og rødspette (BLAXTER 1965, BLAXTER & STAINES 1971 og ROSENTHAL & HEMPEL 1970) at disse artene har økende fangstsuksess med alderen og at dette

skyltes blant annet økende evne til å se. De største torskelarvene ved første næringsopptak synes derfor å ha mulighet til den beste vekst og overlevning i forsøksperioden.

Til tross for at de gjennomsnittlige tettheter av nauplier i bassenget sank fra 1,3 til 0,3 nauplier pr. liter på 10 dager etter første næringsopptak, besto 90 prosent av mageinnholdet til torskelarven av nauplier i denne tiden. Reduksjon i bestanden var trolig et resultat av nedbeiting fra torskelarven foruten overgang til copepodittstadiet. Nedgangen i copepod-nauplier medførte at torskelarven måtte skifte byttedyr for å overleve. Omleggingen i kostholdet fra nauplier til C.gracilis tok omlag 3 døgn og var karakterisert med en stagnasjon i matopptak og for en tid et større innslag av calanoide copepoder. Den lange overgangsperioden henger trolig sammen med at C.gracilis har en annen vertikalutbredelse og adferd enn nauplier. En lignende overgangsperiode har blitt funnet eksperimentelt hos larver av solabbor (Lepomis gibbosus) der fangstsuksessen gikk drastisk ned da mattilbudet skiftet fra et lite til et større byttedyr og fangstsuksessen tok seg først opp etter tre dager (CONFER & BLADES 1975). Til tross for at bestanden av C.gracilis ikke var mindre enn naupliebestanden og de ikke er for store byttedyr, ble de helt neglisjert til naupliebestanden var beitet ned. At fiskelarver blir hengende ved det byttedyr de først begynner å spise selv når det etterhvert dukker opp flere alternativ, er påvist i felten hos sild (BJØRKE 1976a) og lodde (Mallotus villosus Müller) (BJØRKE 1976b) og på laboratoriet hos sild (ROSENTHAL 1969). Det er interessant å konstatere at da bestanden av nauplier igjen økte på grunn av gyting av C.hamatus fra omlag 20. april, ble de på nytt et viktig byttedyr for torskelarven. Dette hang trolig sammen med at bestanden av C.gracilis ble redusert med 2/3 i løpet av kort tid. Imidlertid ble naupliene vraket som byttedyr i første halvdel av mai mens de hadde sin maksimale tetthet, og nå til fordel for store byttedyr som harpacticide copepoder og amphipoder. I feltmateriale er det påvist at skreilarver beiter på påfølgende stadier av C.finmarchicus etterhvert

som larvene blir eldre (SYSEOVA & DEKTEREVA 1965) og flyndrelarver spiser stadig større Oikopleura i takt med sin egen lengdeøkning (RYLAND 1964, SHELBOURNE 1957 & WYATT 1974). At larvene er i stand til å ta økende størrelse av byttedyr og at dette resulterer i at larvene når de vokser, i økende grad tar flere store byttedyr enn små, må trolig komme av at larvene tjener energetisk på store byttedyr ved at mindre energi brukes til den stadige jakten på mat. Dette demonstreres klart i bassenget ved at naupliene neglisjeres i mai og byttedyr større enn 1 mm foretrekkes. Effekten av munnstørrelsen ved størrelsesseleksjon av byttedyr er blitt vist for flere fiskelarver og med samme resultat som i dette arbeid (WIBORG 1948, SHELBOURNE 1957, BLAXTER 1965, SHIROTA 1970, DETWYLER & HOUDO 1970).

Til tross for at den dominerende dyreplanktongruppen i forsøksperioden var Spionide nectochaeter ble ikke disse dyrene spist av torskelarvene. Dette kommer trolig av dyrets hårete kropp som får det til å virke større enn det egentlig er og dessuten vil de trolig være ubehagelig å få i munnen. De ble derfor trolig vraket aktivt av torskelarven.

Torskelarvene beitet på byttedyrene den tiden det var lyst, fra mellom kl. 0300 - 0600 om morgenen til mellom kl. 1900 - 2100 om kvelden i begynnelsen av april (Fig. 3.1) og med økning i beitetid utover i forsøksperioden ettersom dagene blir lengre. ELLERTSEN et al. (1976) observerte at dersom en torskelarve skal være i stand til å se et byttedyr må lysintensiteten være over 0,1 lux, som også er den observerte terskelverdi for silde-larver (BLAXTER 1965). Utfra en lysterskel på 0,1 lux har BLAXTER (1966) beregnet en beiteperiode på 16 timer for silde-larver i det sørlige Norge og dette stemmer overens med resultatene med torskelarvene. De beste beiteperiodene i døgnet synes å være om morgenen og om kvelden. I laboratorieforsøk er det vist at torskelarver får nedsatt beiteaktivitet ved høye lysintensiteter (ELLERTSEN et al. 1976) og slike lysforhold vil muligens være tilstede i det grunne bassenget midt på dagen.

Nedsatt beiteaktivitet midt på dagen er også blitt observert på sildelarver (HENTSCHEL 1950).

Fordøyelsestiden til et byttedyr i tarmen på en 15 dager gammel torskelarve ble beregnet til 6 timer og med en samlet tid i magen på 10 timer (Fig. 3.1). Disse resultatene stemmer godt overens med LAURENCE (1976) som fant at vinterflyndrelarver (Pseudopleuronectes americanus) har en fordøyelsestid av byttedyr på 6 timer, og med ROSENTHAL & HEMPEL (1971) som beregnet at byttedyr hadde et opphold på opp til 10 timer i magen på sildelarver. Oppholdet i magen vil være avhengig av mengde mat i magen og temperaturen i omgivelsene. Ved å spise mye vil stadig nye byttedyr presse på og medføre at skall av byttedyr som ligger i endetarmen blir presset ut. Ved økende temperatur i omgivelsene vil larvens kroppstemperatur øke og dermed øke reaksjonshastigheten til fordøyelsesenzymene. TYLER (1970) viste at fordøyelseshastigheten hos ung torsk ble fordoblet ved en økning i temperaturen fra 6°C til 10°C, som er relevant for temperaturøkningen i bassenget. Dagsrasjonene som ble beregnet ved å slå sammen tarminnholdet ved slutten av de to beiteperiodene, kl. 0900 og 1900, har derfor trolig blitt noe underestimert i siste del av forsøksperioden.

For bedre å kunne sammenligne matinntaket mellom størrelsesgrupper av torskelarver ble kaloriinnholdet til de forskjellige byttedyr beregnet ved volumbetraktninger og de stemte godt overens med verdier oppgitt i litteraturen (BOGOROV 1957, BOTTRELL et al. 1976, COMITA & SCHINDLER 1961, JOHNSON & OLSON 1948, LASKER et al. 1970) med unntak av verdier funnet av LAURENCE (1976) der tørrvekt på nauplier og eldre stadier av C. hamatus lå høyere enn de som er beregnet i dette arbeid samt i den refererte litteraturen. Forskjellen kan være forårsaket av geografiske og rasemessige forskjeller mellom Øst-og vest-Atlanteren.

Utregnet i kalorier synes et matopptak tilsvarende 0,03 - 0,05 kalorier pr. døgn, som tilsvarende 10 prosent av eget kaloriinnhold, ved første næringsopptak, å være tilstrekkelig til vekst og utvikling av torskelarven. Et matopptak under 5 prosent av eget kaloriinnhold, slik tilfellet var for de larver som var under 4,5 mm ved første næringsopptak, medfører svekkelse av larven idet de ikke får overskudd av energi til vekst og utvikling. Disse larvene klarte da heller ikke å skifte byttedyr, men holdt seg til nauplier helt til de døde ut. Et matopptak på omkring 30 prosent av eget kaloriinnhold ble observert hos de lengste larvene ved en alder av 30 dager og dette var det tredoblete av matopptak hos de lengste larvene i første næringsopptak. Matopptaket etter 30 dager lå omtrent på det nivå som ble observert av LAURENCE (1976) hos vinterflyndrelarver ved 8°C.

Den gjennomsnittlige lengdeøkningen i forsøksperioden som var på 0,17 mm pr. dag med en spesifikk veksthastighet på 7,1 prosent pr. dag var omtrent som vekstforsøk utført på torskelarver av LAURENCE (1977). Han fant en spesifikk veksthastighet ved 7°C og 10°C på henholdsvis 6,67 prosent pr. dag og 8,75 prosent pr. dag. I det samme arbeidet er lengde-vekt data på torskelarver hos SYSOEVA og DEGTEREVA (1965) blitt rekalkulert og viser at i naturen er det påvist en spesifikk veksthastighet på 8,5 prosent pr. dag. Dette tyder på at torskelarvene i bassenget hadde en temmelig normal tilvekst. I tiden før første næringsopptak var det en spesifikk veksthastighet på minus 3,2 prosent pr. dag, som kom av at larvene forbrukte plommesekken samtidig som de ikke spiste noe. Når torskelarvene i slutten av perioden hadde en lengdeøkning på 0,60 mm pr. dag og en spesifikk veksthastighet på 9,6 prosent pr. dag skyltes denne økende veksten trolig tre forhold: den økende temperatur i bassenget forandret funksjonene til veksthormoner slik at larvene vokste mer. LAURENCE (1975, 1976 og 1977) viste at når torskelarver, hyselarver og vinterflyndrelarver ble føret i overskudd, økte veksten med

økende temperatur. Det samme er vist for Archosargus rhombovidalis (STEPIEN 1976) og nerkalakslarver (Oncorhynchus nerka) (SHELBOURNE et al. 1973). Det andre forholdet er omleggingen i kostholdet til de store harpacticide copepodene og amphipodene. Det tredje forholdet som kan forklare den akselerende veksten hos larven er at i tiden fram til metamorfose vil larven skifte kroppsform og beinstrukturen dannes slik at larvene får en sterkere vektøkning med økende lengde.

Forandringen av kroppsform og dannelse av beinstruktur medfører også at den vanlige kondisjonsfaktoren med eksponent lik 3 ikke kan brukes. BLAXTER (1965) påviste at når eksponenten ble satt lik 3, ville kondisjonsfaktoren forandre seg for sildelarver fram til metamorfose. Ved beregning av den relative kondisjonsfaktoren, som er benyttet i dette arbeidet og som tar hensyn til disse forandringer hos larven, ble det funnet en eksponent for torskelarvene i bassengforsøket på 3,44. Tilsvarende beregninger på sild og rødspette av EHRLICH et al. (1976) ga verdier på henholdsvis 4,57 og 3,92, som er høyere enn de verdier funnet på torskelarver i dette forsøket. Årsaken er trolig forskjellen i kroppsform og morfologisk utvikling hos de tre artene.

De morfologiske målingene tyder på at en kan skille larver med "god" og "dårlig" kondisjon ved måling av larvens lengde og muskelhøyde. I dette forsøket var de fleste larvene med "dårlig" kondisjon å finne blant de til enhver tid minste larvene. En mer subjektiv metode ble benyttet av SHELBOURNE (1957) for å vise at rødspettelarver som startet næringsopptaket før oppblomstringen i sjøen var kommet i gang, var i dårligere kondisjon enn de larver som startet næringsopptaket etter oppblomstringen. WYATT (1972) viste i et arbeid på rødspettelarver at forholdet mellom kroppshøyden og kroppslengden var et godt uttrykk for larvens kondisjon.

I løpet av de første 16 dagene av forsøket døde sirka 70 prosent av torskelarvene og prøvetakingen viste at det var i perioden mellom 11. og 16. dagen at den største reduksjonen i antall fore-

kom. Dette stemmer i tid overens med laboratorieforsøk på sultende torskelarver utført av DANIELSSEN & IVERSEN (1974) og IVERSEN & DANIELSSEN (1977) der det ble vist at sultedød startet 11 dager etter klekking og 100 prosent dødelighet inntraff etter 16 dager. Dødeligheten i bassenget før den 11.dagen var liten. Det har neppe spilt noen rolle at larvene ble utsatt for et temperaturfall på $5,2^{\circ}\text{C}$ ved selve overføringen til bassenget. IVERSEN & DANIELSSEN (1977) viste at torskelarver overlevde et temperatursjokk på pluss 10°C i 20 minutter uten at dette svekket larven i noen merkbar grad. Av predatoer var det bare ephyra og amphipoder som kunne være aktuelle, men av flere hundre undersøkte ephyra var det bare én som inneholdt en torskelarve og det ble ikke påvist at amphipoder gikk aktivt til angrep på levende torskelarver. LILLELUND & LASKER (1971) viste at et risp eller bitt fra større dyreplanktonorganismer kunne ødelegge den 2-3 μ tykke larvehuden, noe som ville medføre at larven døde. Slike risp vil trolig en del torskelarver ha vært utsatt for fra amphipodene. LEBOURS (1923) observasjoner er i samsvar med resultatene i dette arbeidet idet hun viste at de yngste stadiene av ephyra riktignok spiser fiskelarver, men at innvirkningen på larvepopulasjoner må være svært liten. Dødelighet forårsaket av predatering på torskelarvene i løpet av forsøksperioden synes således å være svært liten.

Ser en på de hydrografiske forhold så holdt saltholdigheten seg konstant på omlag 34 promille og temperaturen økte fra omlag 4°C til omlag 12°C i forsøksperioden. Begge deler er i den størrelsesorden torskelarven opplever i norske kystfarvann. Oksygenmetningen var gjennomgående over 70 prosent i alle dyp, med sporadiske verdier helt ned i 40 prosent. Dette kan ha kommet av for lang lagring før titrering, feil ved selve titreringen eller at forbruket reelt var høyt i de aktuelle dyp på visse tidspunkt. Imidlertid er det i forsøk av BISHAI (1960) vist at fiskelarver er i stand til å overleve så lave verdier i oksygenmetning. Det er heller ikke grunn til å tro at noen

av de nevnte faktorene har kunnet bevirke den store dødeligheten fra larvenes 11. til 16. levedag.

Logaritmen til antall larver i bassenget i Fig. 4.1 viser et tilsvarende drastisk fall som den kurven MARR (1956) i Fig.4.2 har laget for å angi en "kritisk periode". Den karakteriseres ved at logaritmen til antall overlevende i et kort tidsrom faller drastisk for deretter å flate ut. Tidligere er det vist at larver under 4,5 mm i lengde hadde et betydelig mindre matopptak enn de lengre larvene. Larvene hadde en spredning på 0,66 mm i lengde ved første næringsopptak, noe som skyltes at det ble benyttet egg fra flere hunner. De midlere eggdiametre på de to egg-gruppene var på 1,40 mm og 1,54 mm og STRØMME (1977) har vist at en slik forskjell i eggdiameter vil gi midlere lengdeforskjell på 0,7 mm ved første næringsopptak. Larvene fra den gruppen med størst eggdiameter skulle således være den med høyest overlevning. Forandringen i lengde-frekvensfordelingen i forsøksperioden indikerer at det er de minste larvene som dør under den "kritiske perioden" og verdiene for matopptak viser at denne dødeligheten skyltes sult. De av de minste larvene som kom seg levende gjennom den "kritiske perioden" hadde imidlertid ikke på samme måte som de større larvene foretatt skiftet i byttedyr fra copepodnauplier til C.gracilis og ble "hengende" på lengde-frekvensfordelingenennå i to uker før de døde helt ut omkring 20. april.

Den estimerte bestanden ved metamorfose var på 20 000 torskelarver og det gir en overlevelse på 10 prosent, noe som er meget høyt sammenlignet med antatt overlevelse i naturen på sild (DRAGESUND & NAKKEN 1973) og rødspette (BANNISTER, HARDING & LOCKWOOD 1974). Den viktigste årsaken til den høye overlevelsen i bassenget sammenlignet med naturen er trolig at bassenget ikke inneholder predatorer som ville kunne redusere bestanden av torskelarver kraftig. Av betydning kan det også ha vært at larvene ikke hadde mulighet til å komme så dypt at lys og matettheter kom under terskelverdier, noe som de ellers har mulighet til i naturen. Til slutt kan på nytt nevnes at byttedyrene

Logaritmer til estimert antall torske-
larver i bassenget.

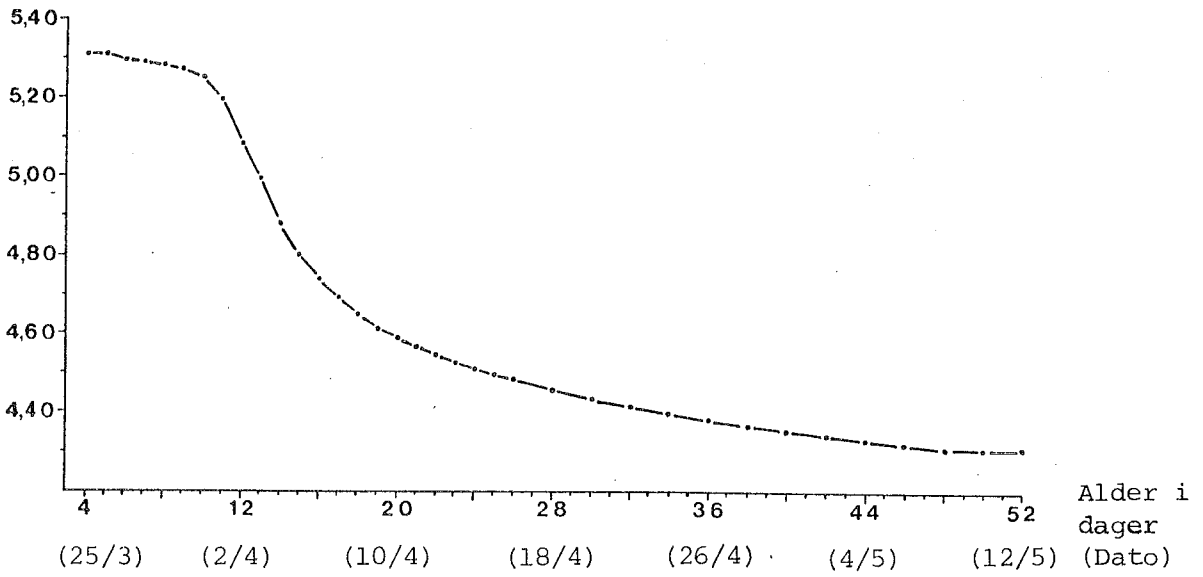


Fig. 4.1. Logaritmen til estimert antall torskelarver i bassenget i forsøksperioden.

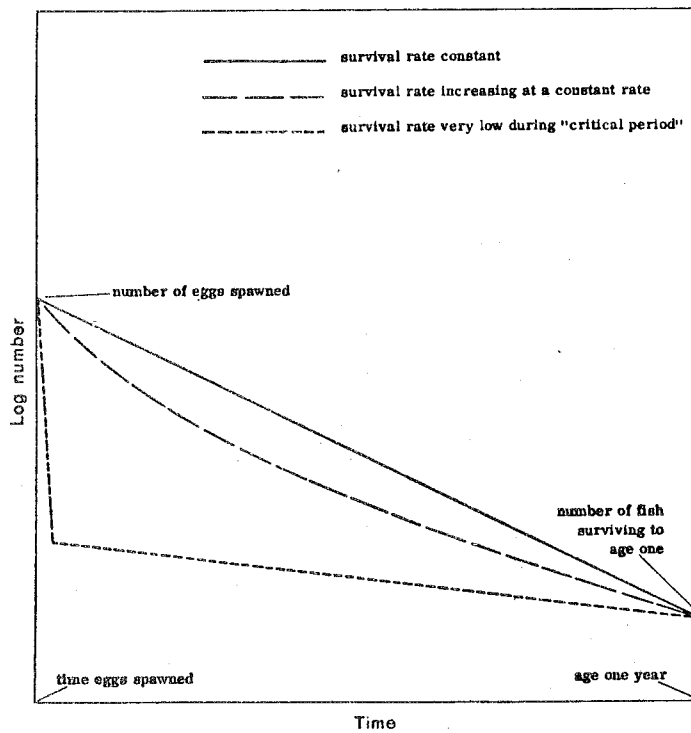


Fig. 4.2. Tre former (skjematisk) som overlevningskurven til fiskelarver kan ta, fra den tiden eggene blir gytt til alderen ett år (MARR 1956).

i bassenget muligens var lettere å fange for torskelarven enn de byttedyr torskelarven vanligvis beiter på i naturen og er tilbudt i laboratoriet. Dette vil også begunstige overlevningen for mindre pågående larver.

SAMMENDRAG

- 1) Hydrografiske parametre i bassenget lå innenfor toleransegrensen for torske-larven.
- 2) Plante- og dyreplanktonsamfunnene gjennomløp naturlige populasjonsdynamiske prosesser i bassenget.
- 3) Planteplankton ble ikke observert i torskemager.
- 4) Torskelarvene spiste til å begynne med copepod-nauplier og innslaget av større byttedyr økte etterhvert som larvene vokste.
- 5) Nedbeiting av copepod-nauplier medførte at torskelarvene la om kostholdet til et nytt byttedyr og skiftet tok omlag tre dager.
- 6) Særlig stor larvedødelighet ble observert fra 11 til 16 dager etter 50 prosent klekking, og denne perioden faller i tid sammen med sultedød av torskelarver på laboratoriet.
- 7) De minste torskelarvene spiste til enhver tid minst og klarte ikke skiftet fra nauplier til større byttedyr og de var derfor utsatt for den største dødelighet.
- 8) 4,5 mm i lengde synes å være kritisk lengde når tettheten av byttedyr høyden er 4 copepod-nauplier pr. liter ved første næringsopptak.
- 9) Torskelarvene hadde i den første tiden et matinntak som tilsvarte 10 prosent av eget kaloriinnhold. Senere økte denne prosentdelen mot 30 prosent.

- 10) Torskelarvene hadde en gjennomsnittlig daglig lengdeøkning fra klekking til metamorfose på 0,17 mm og spesifikk veksthastighet i samme periode på 7,1 prosent pr. dag.
- 11) For bruk av relativ kondisjonsfaktor (RKF) ble eksponenten n beregnet til 3,44.
- 12) En kan skille larver med "god" og "dårlig" kondisjon ved måling av høyden på kroppsmuskulaturen og kroppslengden.
- 13) Overlevningen fra klekking til metamorfose var på 10 prosent, med en daglig dødelighetskoeffisient i samme periode på 0,02.
- 14) Bassengmetoden viste seg godt egnet til studier av torskelarven fra klekking til metamorfose. Den ga mulighet til nøye overvåking av hydrografiske parametere og av utviklingen i plante- og dyreplanktonsamfunnene.

TAKK

Mange personer bør takkes for hjelpsomhet i forbindelse med arbeidet med denne oppgaven:

"Torskelarvegruppen" ved Havforskningsinstituttet med Per Solemdal som leder, for gode råd og innføring i problematikken omkring fiskelarver.

Ansatte ved Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen for praktiske råd og en hjelpende hånd når det trengtes.

Viktor Øiestad for gode råd, veiledning underveis og kritisk gjennomlesning av oppgaven.

Anders Fernø for kritisk gjennomlesning av oppgaven.

Gunn Nilsen for vel utført arbeid med maskinskriving av oppgaven.

LITTERATUR

- BAINBRIDGE, V. & MCKAY, B.J. 1968. The feeding of cod and redfish larvae. Spec. Publs int. Commn NW. Atlant. Fish. 7:187-217.
- BANNISTER, R.C.A., HARDING, D. & LOCKWOOD, S.J. 1974. Larval mortality and subsequent year-class strength in plaice (Pleuronectes platessa L.). I Blaxter, J.H.S. (redaktør): The early Life History of fish:21-37. Springer-Verlag, Berlin.
- BISHAI, H.M. 1960. The effect of gas content of water on larval and young fish. Z.wiss.Zool.163: 37-64.
- BJØRKE, H. 1976a. Food and feeding of young herring larvae of Norwegian spring spawners. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1976 (H:36):1-24. [Mimeo.]
- BJØRKE, H. 1976b. Some preliminary results on food of young capelin larvae. Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, 1976 (H:37):1-12. [Mimeo.]
- BLAXTER, J.H.S. 1965. The feeding of herring larvae and their ecology in relation to feeding. Rep. Calif. coop. oceanic Fish. Invest. 10:79-88.
- BLAXTER, J.H.S. 1966. The effect of light intensity on the feeding ecology of herring. I Bainbridge, R., Evans, G.C. & Rackham, O. (red).: Light as an ecological factor:393-409. Blackwell Sc. Publ. Oxford.

- BLAXTER, J.H.S. & STAINES, M. 1971. Food searching potential in marine fish larvae. I Crisp, D.J. (red.): IV European Marine Biology Symposium:467-485. Cambridge University Press.
- BOGOROV, B.G. 1959. On the standardisation of marine plankton investigation. Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr. 44:621-642.
- BOTTRELL, H.H., DUNCAN, A., GLIWICZ, Z.M., GRYGIEREK, E., HERZIG, A., HILLBRICHT-IKOWSKA, A., KURASAWA, H., LARSSON, P. & WEGLENSKA, T. 1976. A review of some problems in zooplankton production studies. Norw.J.Zool. 24:419-456.
- CONFER, J.L. & BLADES, P.I. 1975. Omnivorous zooplankton and planktivorous fish. Limnol. oceanogr. V.20(4):571-579.
- COMITA, G.W. & SCHINDLER, D.W. 1963. Calorific Values of Microcrustacea. Science. V.140:1394-1395.
- DANIELSSEN, D.S. & IVERSEN, S.A. 1974. Egg og larveutvikling hos rødspette (Pleuronectes platessa L.), torsk (Gadus morhua L.) og vårgytende sild (Clupea harengus L.) ved konstante temperaturer. Fisken Hav. Ser. B, 1974(22):1-31.
- DANNEVIG, G.M. 1886. Aarsberetning for Arendal og Omegns Filial. I: Årsberetn. Selsk. norske Fisk. Frem.:37-44.
- DETWYLER, R. & HOUDE, E.D. 1970. Food selection by laboratoryreared larvae of scaled sardine Harengula pensacolae (Pices, Clupeidae) and the bay anchovy Anchoa mitchilli (Pices, Engraulidae). Mar. Biol. 7:214-222.

DRAGESUND, O. & NAKKEN, O. 1973. Relationship of parent stock size and year class strength in Norwegian spring spawning herring. Rapp. P.-v.Réun.Cons.perm.int.Explor Mer. 164: 15-29.

EHRlich, K.F., BLAXTER, J.H.S. & PEMBERTON, R. 1976. Morphological and Histological changes during the growth and starvation of herring and plaice larvae. Mar.Biol. 35: 105-118.

ELLERTSEN, B., MOKSNESS, E., SOLEMDAL, P., STRØMME, T., TILSETH, S. & ØIESTAD, V. 1976. The influence of light and food density on the feeding success in larvae of cod (Gadus morhua L.), field and laboratory observations. Coun.Meet.int.Coun.Explor. Sea, 1976 (F:34):1-16, 6 tab. og 15 fig. [Mimeo.]

ELLERTSEN, B., MOKSNESS, E., SOLEMDAL, P., STRØMME, T., TILSETH, S., WESTGÅRD, T. & ØIESTAD, V. 1977. Vertical distribution and feeding of cod larvae in relation to occurrence and size of prey organisms. Coun.Meet. int.Coun.Explor.Sea, 1977 (L:33):1-22, 17 fig. [Mimeo.]

FABRE-DOMERGUE & EUGÈNE BIETRIX 1897. La période critique post-larvaire des poissons marins. Bull. Mus.Hist.nat., Paris 3:57-58.

GAUDY, R. 1974. Feeding four species of pelagic copepods under experimental conditions. Mar.Biol. 25:125-141.

- GREEN, E.J. & CARRIT, D.E. 1967. New Tables for Oksygen Saturation of Seawater. J.mar.Res., 25(2): 140-147. (Ikke lest.)
- HENTSCHEL, E. 1950. Die Nahrung der Herringslarven. Helgoländer Wiss.Meeresunters. 3:59-81.
- HJORT, J. 1914. Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. Rapp.P.-v.Réun. Cons.perm.int.Explor.Mer. 20:1-228.
- HOUDE, E.D. 1975. Effects of stocking density and food density on survival, growth and yield of laboratory-reared larvae of sea bream Archosargus rhomboidalis (L). (Sparidae). J.Fish.Biol. 7:115-127.
- HUNTER, J.R. 1976. Report of a colloquium on Larval Fish Mortality Studies and Their Relation to Fishery Research, January 1975. NOAA Technical Report, national Marine Fisheries Service No. 395:1-5.
- IVERSEN, S.A. & DANIELSEN, D.S. 1977. Forhøyete temperaturers innvirkning på egg og larver av torsk (Gadus morhua L.) og rødspette (Pleuronectes platessa L.) og larver av vårgytende sild (Clupea harengus L.). Fisken Hav. Ser. B, 1977(3):1-28.
- JOHNSON, M.W. & OLSON, J.B. 1948. The life history and biology of a marine Harpacticod copepod, Tisbe furcata (Baird). Biol.Bull.mar.biol.Lab., Woods Hole 95 (3):320-332.

- JONES, R. 1973. Density dependent regulation of the numbers of cod and haddock. Rapp.P. -v.Réun.Cons.perm.int.Explor.Mer.164: 156-173.
- KRAMER, D. & ZWEIFEL, J.R. 1970. Growth of anchovy larvae (Engraulis mordax Girard) in the laboratory as influenced by temperature. Rep. Calif.coop.oceanic Fish.Invest., Vol.14: 84-87.
- LASKER, R. 1974. A link between food chain studies and fisheries research: a larval fish bio-assay. Coun.Meet.int.Coun.Explor.Sea, 1974 (H:10):1-36. Mimeo.
- LASKER, R., FEDER, H.M., THEILACKER, G.H. & MAY, R.C. 1970. Feeding, Growth and survival of Engraulis mordax larvae reared in the laboratory. Mar.Biol. 5:345-353.
- LAURENCE, G.C. 1974. Growth and survival of haddock (Melanogrammus aeglefinus) larvae in relation to planktonic prey concentration. J.Fish.Res.Bd.Can., 31:1415-1419.
- LAURENCE, G.C. 1975. Laboratory growth and metabolism of the winter flounder Pseudopleuronectes americanus from hatching through metamorphosis at three temperatures. Mar.Biol.32:223-239.
- LAURENCE, G.C. 1976. A bioenergetic model for the analysis of feeding and survival potential of winter flounder larvae (Pseudopleuronectes americanus) during the period from hatching to metamorphosis. Coun.Meet.int.Coun.Explor.Sea, 1976 (L:36):1-25, 17 fig. [Mimeo.]

- LAURENCE, G.C. 1977. Comparative growth, respiration and delay feeding abilities of larval cod (Gadus morhua) and haddock (Melanogrammus aeglefinus) as influenced by temperature during laboratory studie. Coun.Meet.int. Coun.Explor.Sea, 1977 (L:31):1-10, 4 fig. og 2 tab. [Mimeo.]
- LEBOUR, M.V. 1923. The food of Plankton Organisms. II. J.mar.biol.Ass.U.K. 13:70-92.
- LILLELUND, K. & LASKER, R. 1971. Laboratory studies by marine copepods on fish larvae. Fish.Bull. 69 (3):655-667.
- MARR, J.C. 1956. The "critical period" in the early life history of marine fishes. J.Cons.perm.int.Explor.Mer., 21(2):160-170.
- NORDENG, H. & BRATLAND, P. 1971. Feeding of plaice (Pleuronectes platessa L.) and cod (Gadus morhua) larvae. J.Cons.perm.int.Explor.Mer., 34(1):11-57.
- O'CONNEL, C.P. & RAYMOND, L.P. 1970. The effect of food density on survival and growth of early post yolk-sac larvae of the northern anchovy (Engraulis mordax Girard) in the laboratory. J.Exp.Mar.Biol. & Ecol. 5:187-197.
- ROLLEFSEN, G. 1946. Kunstig oppdrett av flyndreyngel. I Godske, C.L. (red.): Forskning og framsteg: 91-113. J.W.Eides Forlag, Bergen.

- ROSENTHAL, H. 1969. Verdauungsgeschwindigkeit, Nahrungswahl und Nahrungsbedarf bei den Larven des Hering, Clupea harengus L., Ber. dt.wiss.Kommission Meeresforsch., 20:60-69.
- ROSENTHAL, H. & HEMPEL, G. 1970. Experimental studies in feeding and food requirements of herring larvae (Clupea harengus L.). I Steele, J.H. (red.): Marine Food Chains:344-364. Oliver and Boyd, Edinburgh.
- ROSENTHAL, H. & HEMPEL, G. 1971. Experimental estimates of minimum food density for herring larvae. Rapp.P.-v.Réun.Cons.perm.int.Explor.Mer.160: 125-127.
- RYLAND, J.S. 1964. The feeding of plaice and sand-eel larvae in the southern North Sea. J.mar.biol.Ass. U.K. 44:343-364.
- SAKSENA, V.P. & HOUDE, E.D. 1972. Effect of food level on the growth and survival of laboratoryreared larvae of bay anchovy (Anchoa mitchilli Valenciennes) and scaled sardine (Harengula pensacola Goode and Bean). J.Exp.Mar.Biol. & Ecol. 8:249-258.
- SHELBOURNE, J.E. 1957. The feeding and condition of plaice larvae in good and bad plankton patches. J.mar.biol.Ass.U.K. 36:539-552.
- SHELBOURNE, J.E., BRETT, J.R. & SHIRAHATA, S. 1973. Effect of temperature and feeding regime on the specific growth rate of sockeye salmon fry (Oncorhynchus nerka) with a consideration of size effect. J.Fish.Res.Bd.Can. 30(8):1191-1194.

- SHIROTA, A. 1970. Studies on the mouth size of fish larvae. Bull.Jap.Soc.Scient.Fish.36(4): 353-368.
- STEEMANN NIELSEN, E. 1952. The use of radio-activa Carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. J.Cons.perm.int.Explor.Mer.,18: 117-140. (Ikke lest.)
- STEPHAN, W.P. Jr. 1976. Feeding of laboratory reared larvae of the sea bream Archosargus rhomboidalis (Sparidae). Mar.Biol.38:1-16.
- STRØMME, T. 1977. Interspesifikk variasjon i lengde og plommesekk på larver av torsk (Gadus morhua L.) og effekt av sult på uforete larver. Hovedoppgave i fiskeribiologi, Universitetet i Bergen. Upublisert. Deponert ved Universitetsbiblioteket i Bergen.
- SYSOEVA, T.K. & DEGTEREVA, A.A. 1965. The relation between the feeding of cod larvae and pelagic fry and the distribution and abundance of their principal food organisms. Spec.publs int. Commn NW.Atlant.Fish. 6:411-416.
- TRAVERS, M. 1974. Le microplancton du Golfe de Marseille: Volume, surface et volume plasmique de organismes. Tethys 6(4):689-712. (Ikke lest.)
- TYLER, A.V. 1970. Rates of gastric emptying in young cod. J.Fish.Res.Bd Can. 28(7):1177-1189.
- WIBORG, K.F. 1948. Investigations on Cod larvae in Coastal Waters of Northern Norway. Fiskeridi.Skr. HavUnders.9(3):1-27.

- WYATT, T. 1972. Some effects of food density on the growth and behaviour of plaice larvae. Mar.Biol. 14:210-216.
- WYATT, T. 1974. The feeding of Plaice and Sand-Eel Larvae in the Southern Bight in Relation to the Distribution of their Food Organisms. I Blaxter, J.H.S. (red.): The early life history of fish.:245-251. Springer-Verlag, Berlin.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton metohodik. Mitt. int. Verien. theor. angew. Limnol. 9:1-38. (Ikke lest.)
- ØIESTAD, V., ELLERTSEN, B., SOLEMDAL, P. & TILSETH, S. 1975. Rearing of different species of maringe fish fry in a constructed basin. I Persoone, G. & Jaspers, E. (red.): 10th European Symposium on Marine Biologi Vol. 1:303-329. Ostend, Belgium.