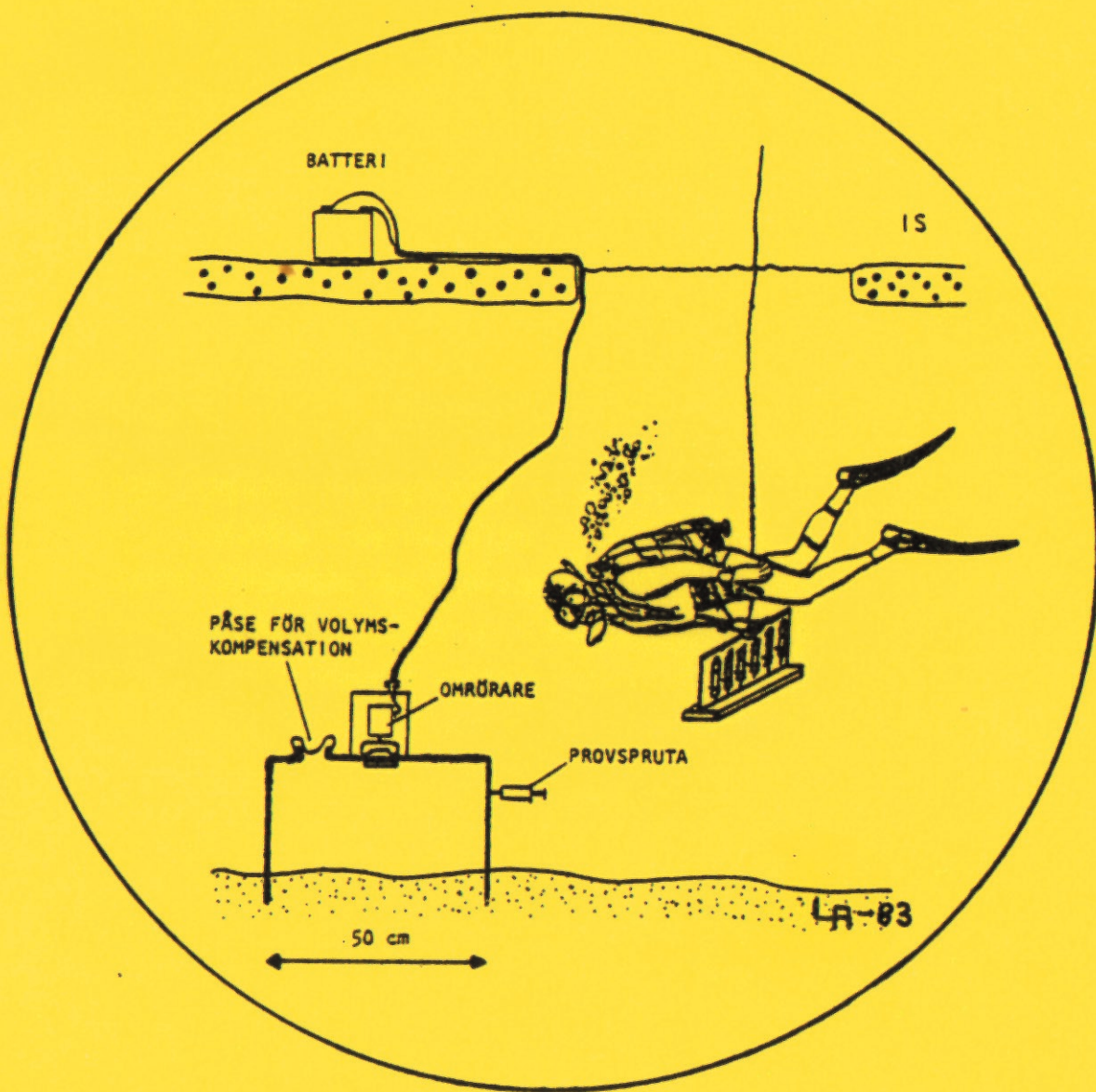


SHF

HAVSFORSKARMÖTE
22-24 MARS 1983
I LINKÖPING



Meddelande nummer 18

ENERGIFLÖDE SAMT BEGRÄNSANDE FAKTORER I MUSSELODLINGAR.

Lars-Ove Loo, Tjärnö Marinbiologiska lab., P1 2781, 452 00 Strömstad.

INLEDNING.

Nedanstående undersökning har ingått som en del i projektet "Kravspecifikation för ekologisk optimering av musselodlingar". Projektet finansierades av Riksbankens Jubileumsfond 1978-1982 och projektledare var Rutger Rosenberg.

Undersökningarna gjordes i en teoretisk 200 ton odling bestående av 14 st parallella långlinor á 180 meter. Samlarbanden, gjorda av polypropylenväv var ca 6 meter långa och satt med 0.5 meters avstånd fästade vid en långlina (fig. 1). Odlingen upptog totalt en yta av $180 \cdot 25 \text{ meter} = 4500 \text{ m}^2$.

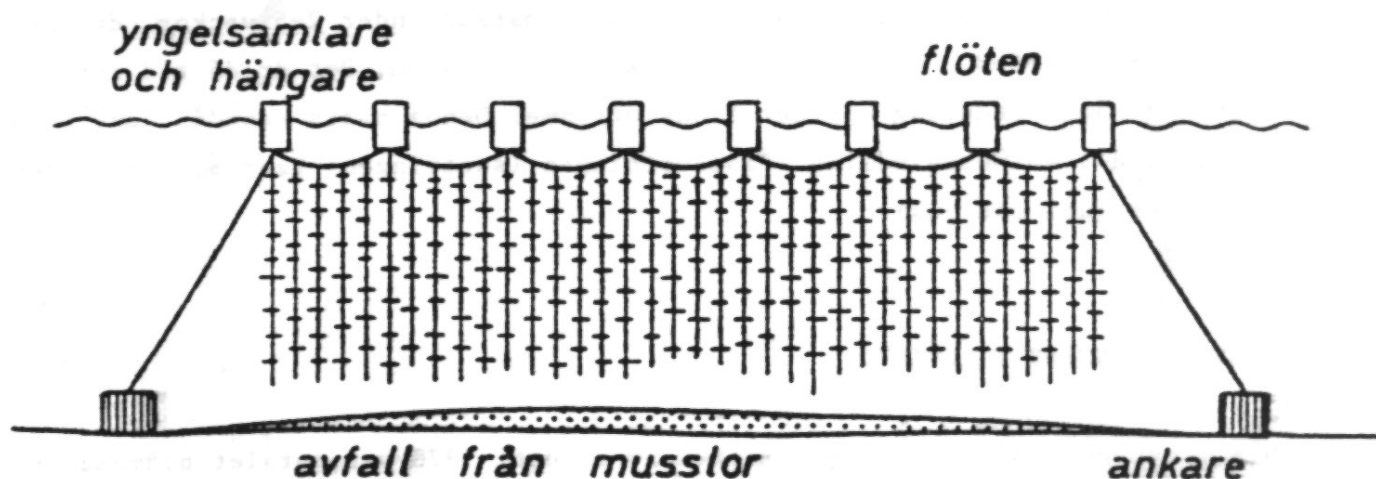


fig. 1.

MUSSLANS LEVNADSSÄTT OCH BIOLOGI.

Blåmusslan (*Mytilus edulis* (L.)) är en fastsittande suspensionsätare (filtrerare) vars geografiska utbredning sträcker sig över stora delar av jordklotet.

Den filtrerar partiklar från vattnet bestående av växtplankton, djurplankton och dött organiskt material (detritus) ner till en storlek av 0.002-0.001 mm. Vattnet sugs in genom den större fransade öppningen (fig. 2) och pressas ut genom den mindre öppningen.

Blåmusslorna är skildkönade dvs det finns hannar och honor. När de ska föröka sig släpper de ut könsprodukterna direkt i vattenmassan där befruktningen

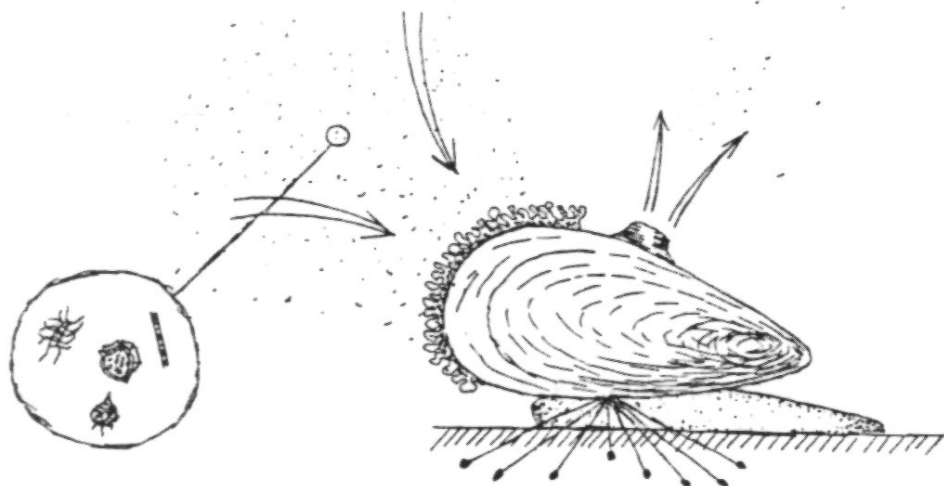


fig. 2.

äger rum (fig. 3). Redan efter några dygn börjar ett skal att anläggas. Larverna lever sedan fritt svävande i vattenmassan under 2-5 veckor, de har efter denna period uppnått en storlek av 0.3-0.4 mm. Det är då tid att fästa på något underlag där det finns utrymme. Denna plats kan då t.ex. vara samlarband i en musselodling. Fastsättningen (settlingsen) äger huvudsakligen rum under juni och juli.

MUSSELODLINGENS TILLVÄXT.

När provtagningarna började i mitten av augusti 1978 var antalet blåmusslor på samlarbanden strax över 2000 individer per meter. Antalet minskade successivt (fig. 4) under det första året och stabiliserades på 400-500 individer per meter. Under hösten 1978 var längdtillväxten kraftig och avtog under vintern (fig. 5). Tillväxten ökade åter under våren 1979 och pågick till och med hösten 1979. Musslorna hade då uppnått en medellängd av 5-6 cm, och en ålder av 17-18 månader. (Loo and Rosenberg, under tryckning).

Om man jämför musslornas färskvikt (våtvikt) och energiinnehåll under hela odlingsperioden så följde de ungefär samma mönster under vår och höst perioderna. Under vintrarna minskade energiinnehållet mer än färskvikten vilket visar att musslorna lider av näringsbrist under dessa perioder. Även under sommaren minskade energiinnehållet och då troligen pga frisläppandet av könsprodukter. Under våren 1979 ökade energiinnehållet med ca 100 % och under hösten samma år med ca 200 % (fig. 6). (Rosenberg and Loo, under tryckning).

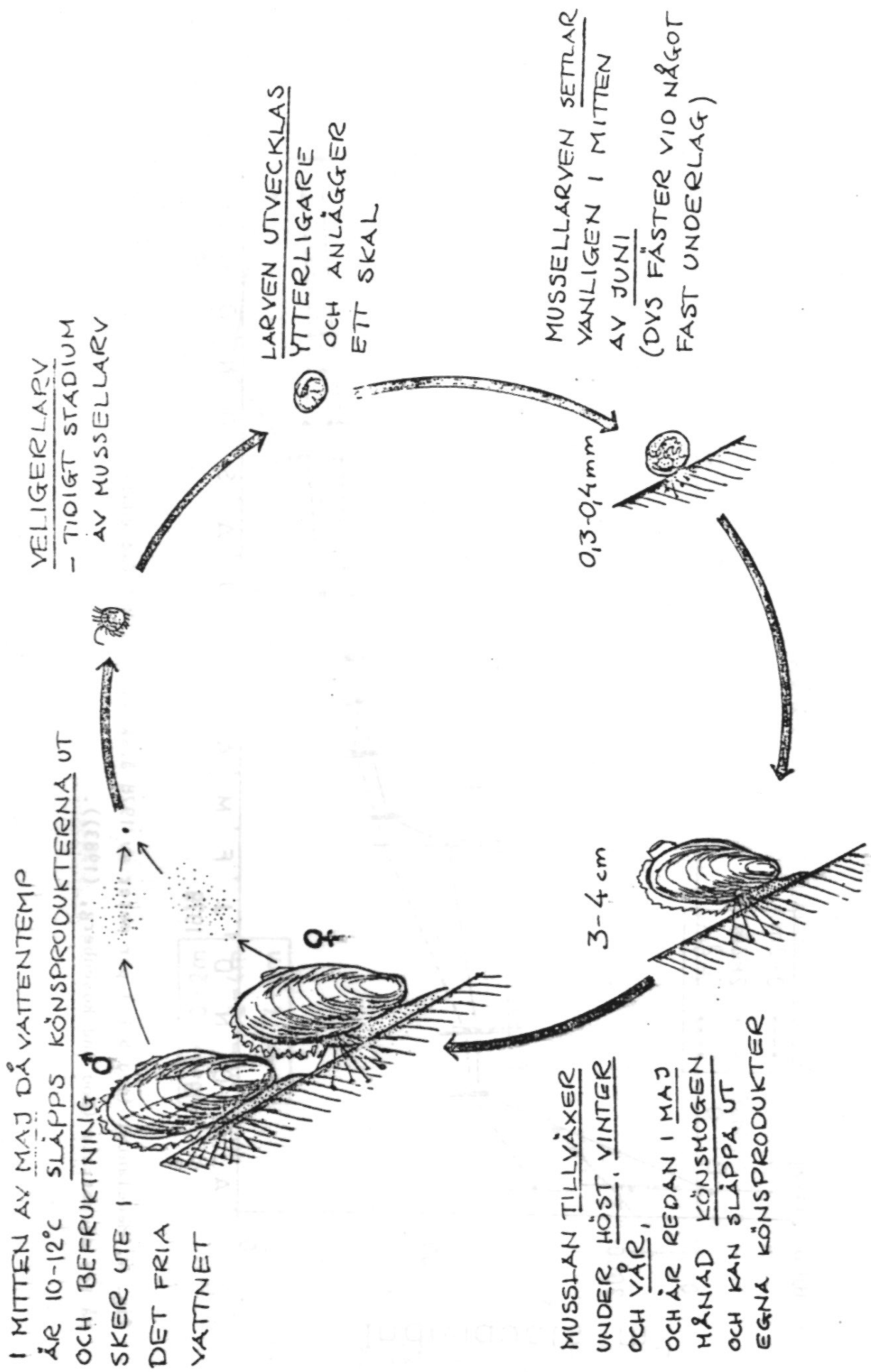


fig. 3.

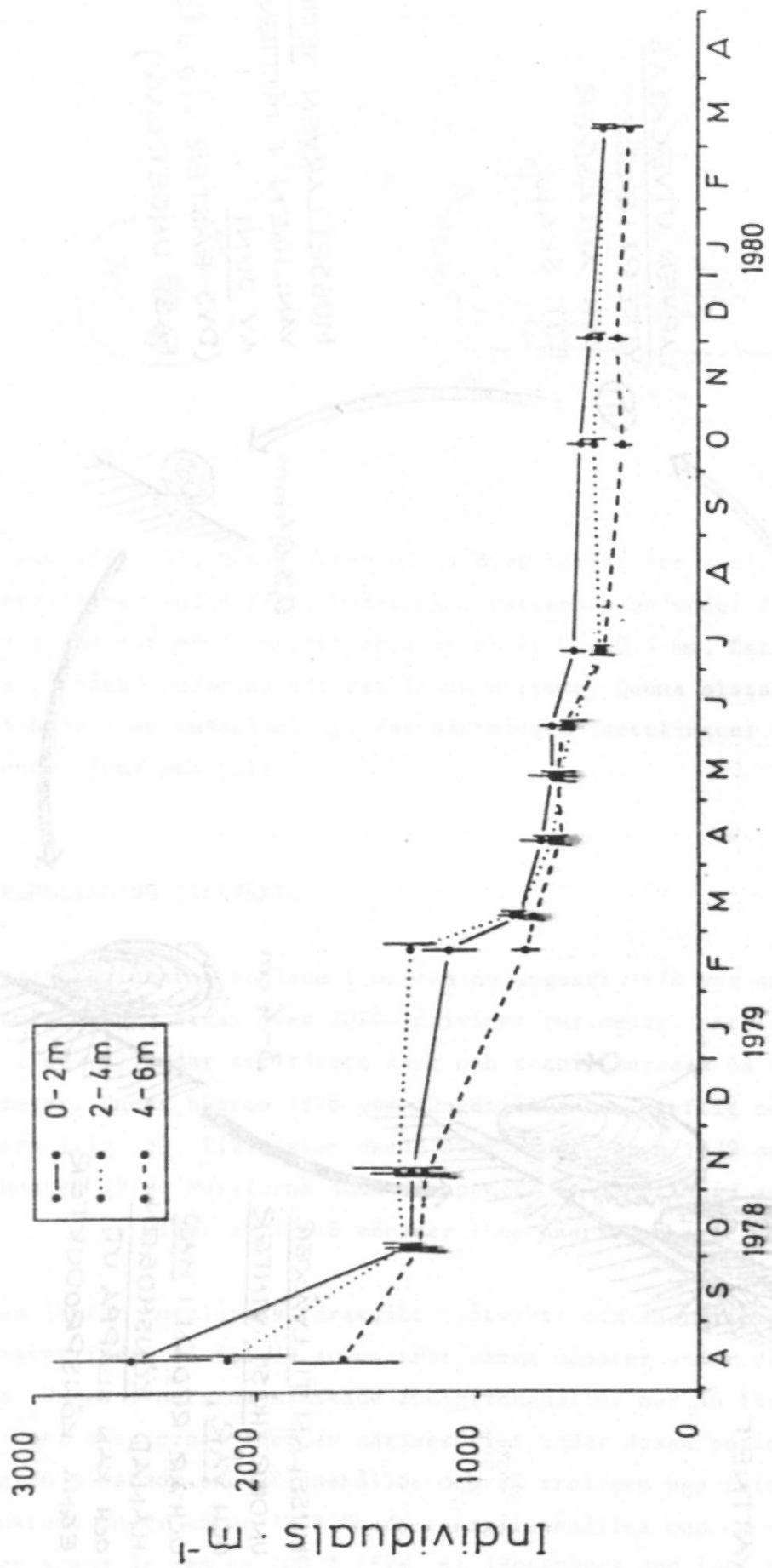


fig. 4. Medelantal (med S.E.) per meter av 1978 årsklass med *Mytilus edulis* på tre djupstrata (Loo and Rosenberg, (1983)).

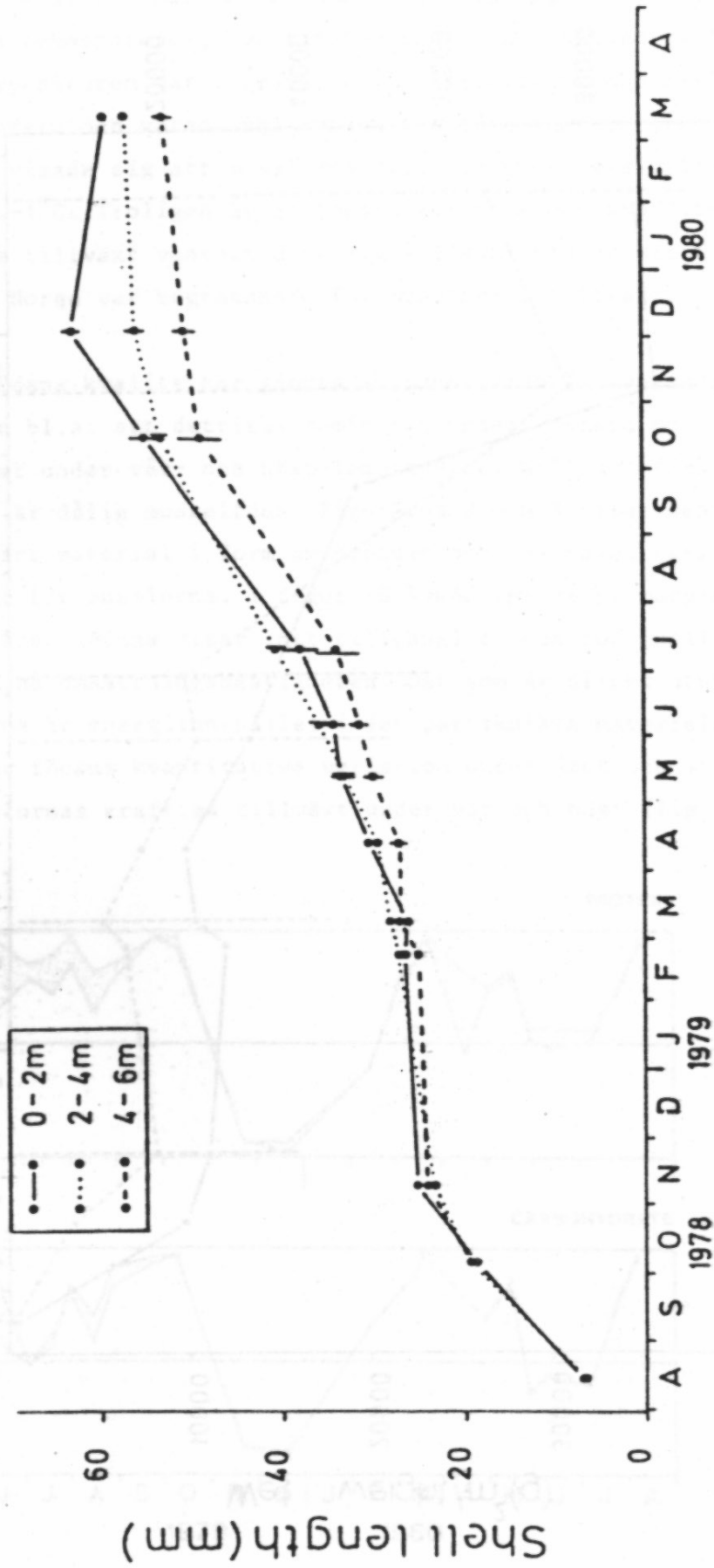


fig. 5. Medelskällängd (med S.E.) av 1978 årsklass med *Mytilus edulis* på tre djupstrata (Loo and Rosenberg, (1983)).

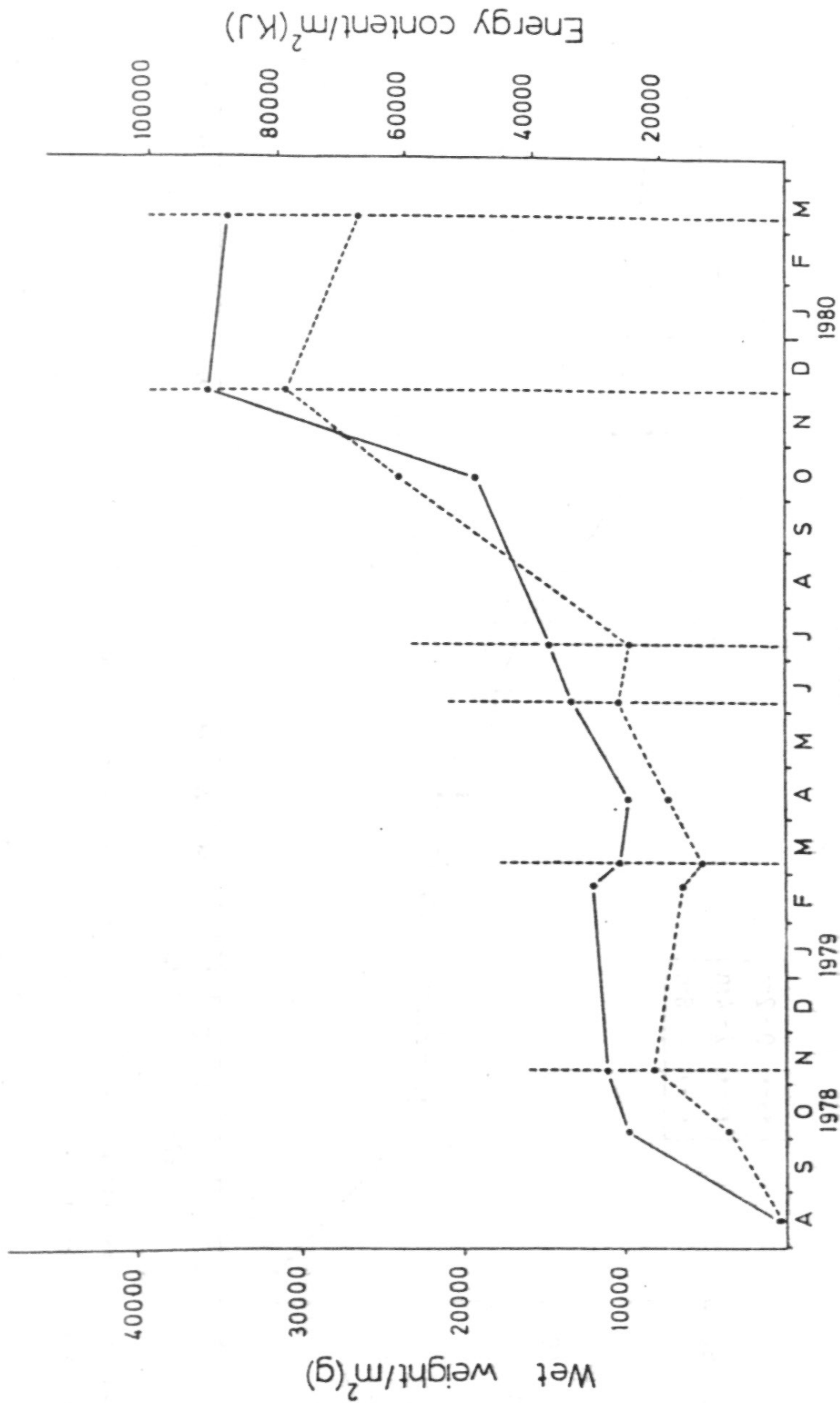


fig. 6. Utvecklingen av en *Mytilus edulis* odling vid Tjärnö visar energiinnehåll (streckad linje) i KJm^{-2} och i g färskvikt (heldragen linje). De vertikala streckade linjerna visar årstidsindelningen (höst, vinter, osv.) se även tabell 1 (Rosenberg and Loo, (1983)).

Som synes tillväxte alltså musslorna sämst under vintrarna. Begränsande faktorer kan då vara temperaturen, kvantiteten föda och kvaliteten på födan. För att se om temperaturen var begränsande för filtrering och assimilation gjordes under vintern och våren 1981 försök vid låga temperaturer (Loo, i manuskript). Det visade sig att musslorna filtrerade och assimilerade ned till en temperatur av -1°C . Troligen är då födans kvalitet och kvantitet begränsande för musslornas tillväxt vintertid. Wallace (1980) visade att födan under vinterperioden i Norge var begränsande för musslornas tillväxt.

Beskrivning av födans kvalite har gjorts av Lännergren (i manuskript)(fig. 7). I figuren ser man bl.a. att detritus dominerar under vintern och att växtplankton dominerar under vår- och höstblomningarna. Williams (1981) har visat att växtdetritus är dålig musselföda. Figurerna 8 och 9 visar den absoluta mängden partikulärt material i form av protein och kolhydrat variation under året tillgängligt för musslorna. I figur 10 åskådliggörs primärproduktionens variation under året. Denna visar inte tillgänglig föda för musslorna utan är bara ett mått på omsättningshastigheten. Det som är direkt utnyttjningsbart för musslorna är energiinnehållet i det partikulära materialet (fig. 11). Denna figur visar födans kvantitativa variation under året och stämmer väl överens med musslornas kraftiga tillväxt under vår och höst (fig. 6).

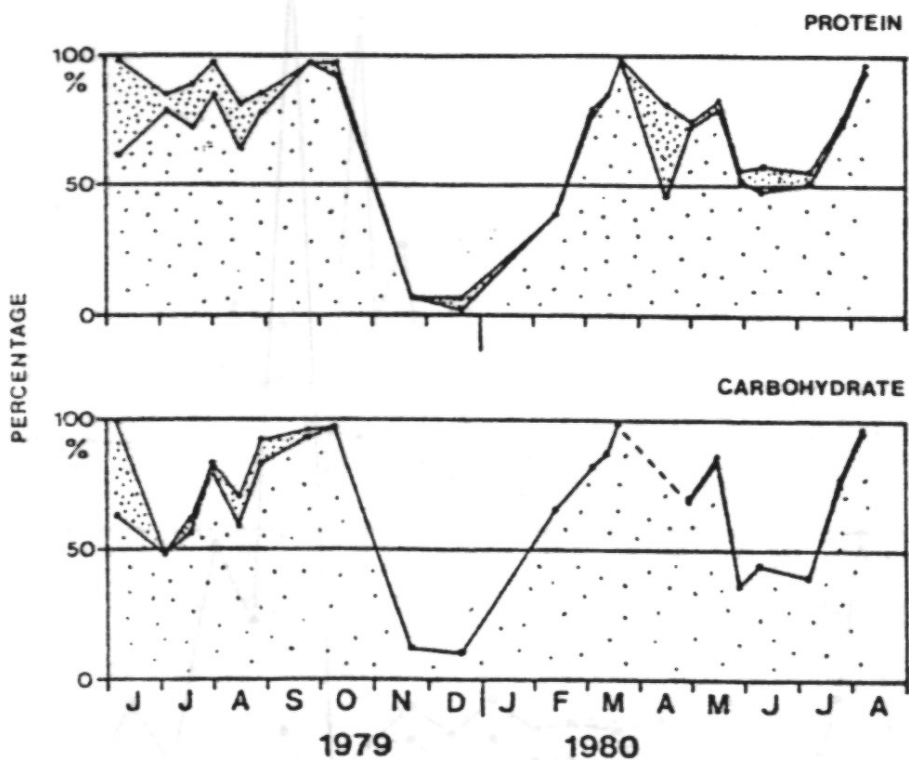


fig. 7. Procentuella fördelningen av kolhydrater och protein bundna till detritus, djurplankton (tätt prickad yta) och växtplankton (glost prickad yta) (Lännergren, i manus).

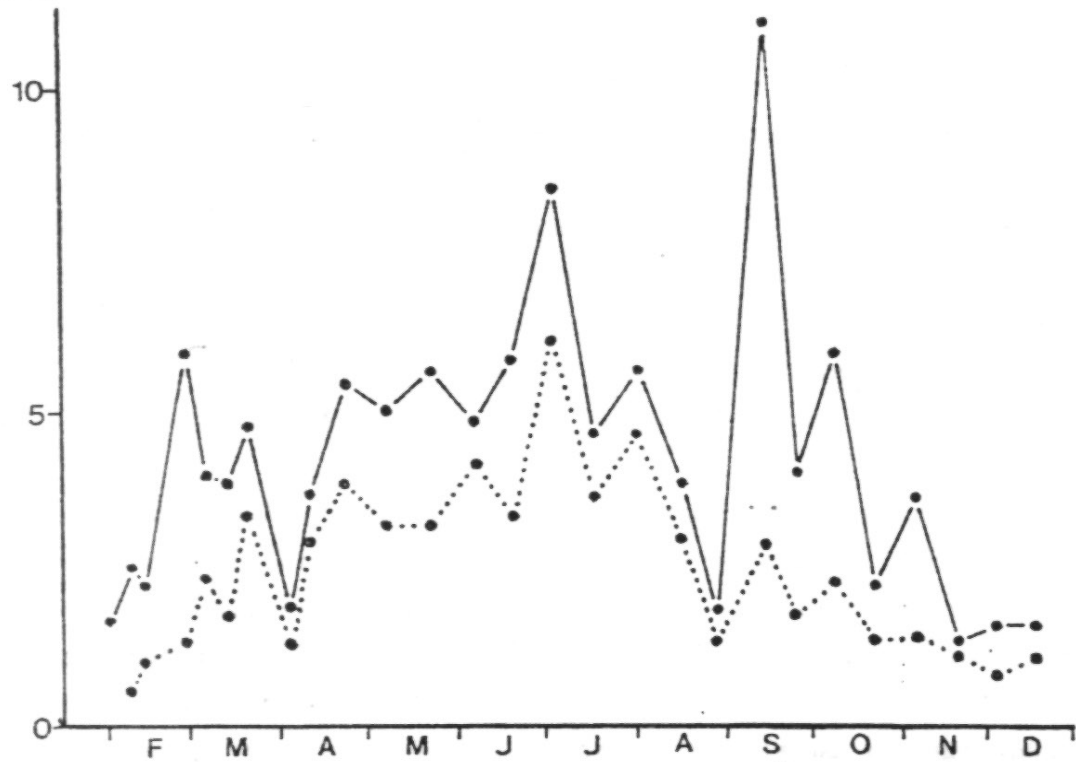
$\frac{g}{m^2}$ PROTEIN

fig. 9. Integrerad protein koncentration (gm^{-2}) från 0-12 m djup. Heldragen linje: fraktion < 200 μm , streckad linje: fraktion < 5 μm .

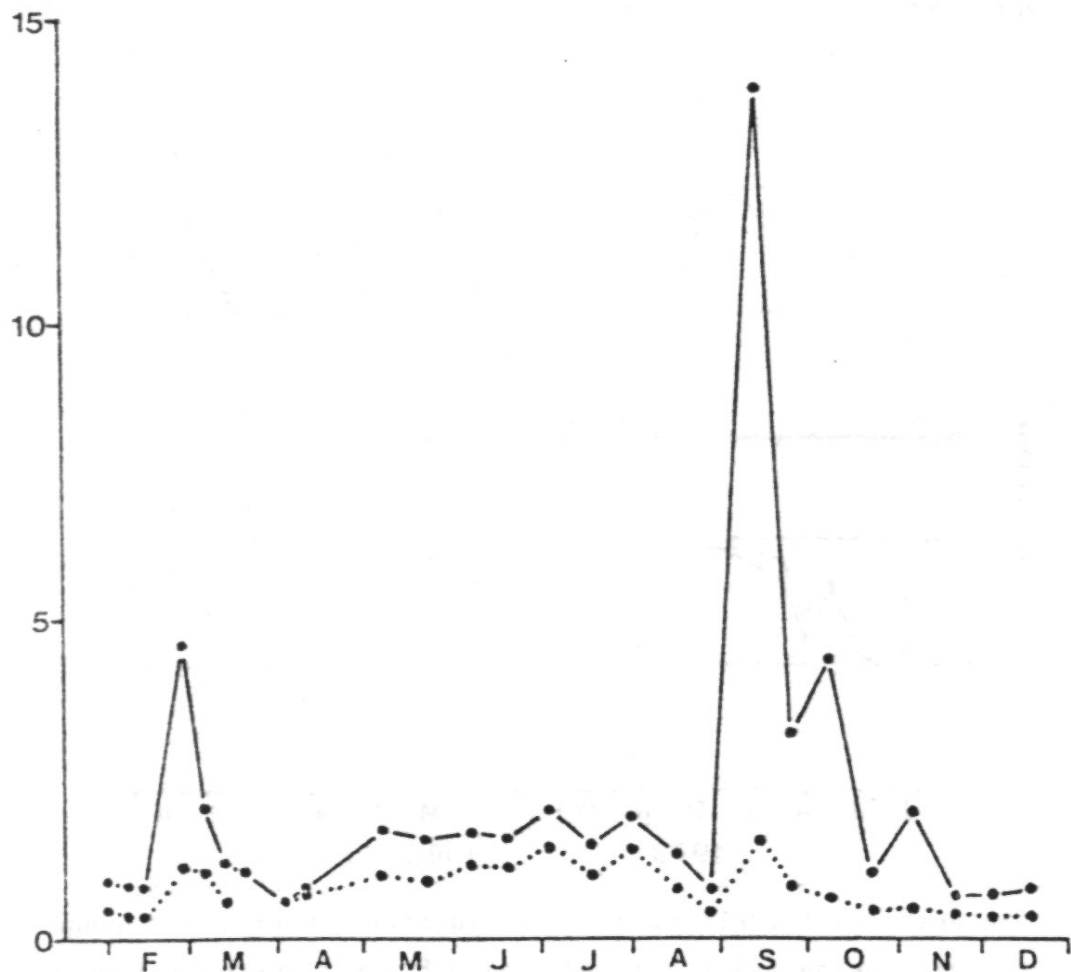
 $\frac{g}{m^2}$ KOLHYDRAT

fig. 8. Integrerad kolhydrat koncentration (gm^{-2}) från 0-12 m djup. Heldragen linje: fraktion < 200 μm , streckad linje: fraktion < 5 μm . (Lännergren, i manus).

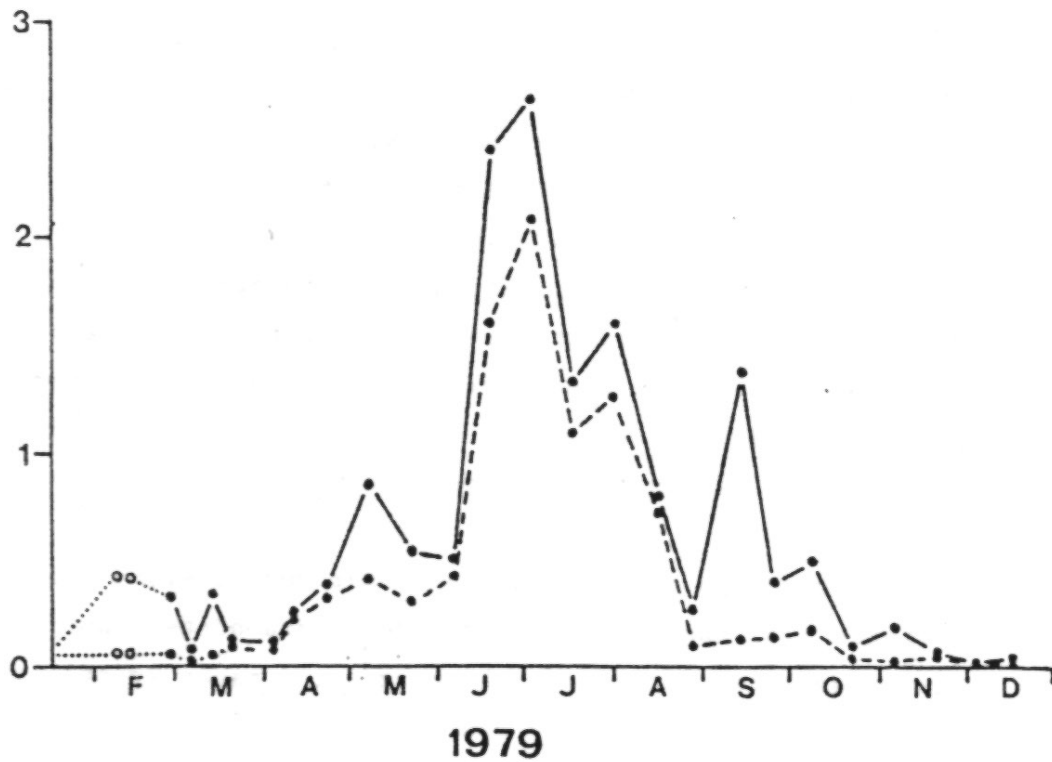


fig. 10. *In situ* kolassimilation ($\text{gCm}^{-2}\text{d}^{-1}$) från 0-12 m djup. Heldragen linje: fraktion < 200 μm , streckad linje: fraktion < 5 μm . (Lännergren, i manus).

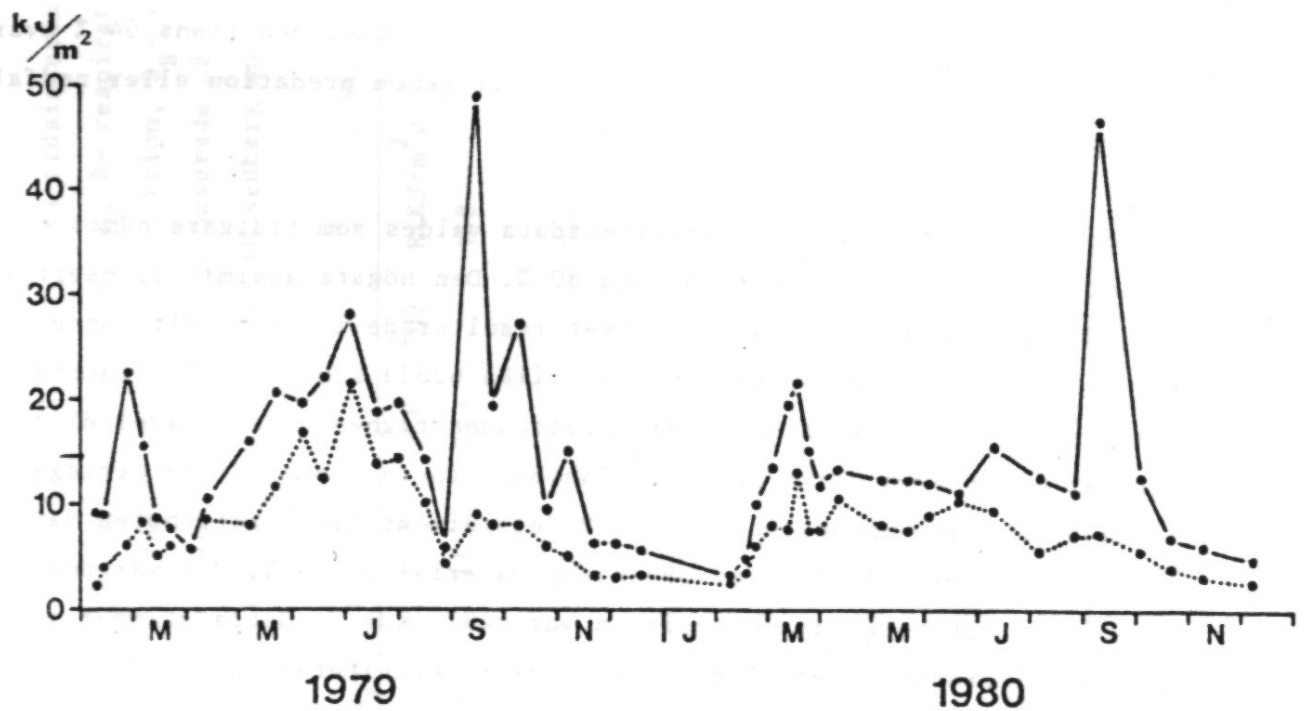


fig. 11. Medelenergiinnehållet i det partikulära materialet. Heldragen linje: fraktion < 200 μm , streckad linje: fraktion < 5 μm . (Lännergren, i manus).

Biomassa (B), produktion (P), respiration (R), assimilation (A), intagen födomängd (I) och fekalieproduktion (F) beräknades för varje årstid (tab. 1) enligt fig. 6, samt för den totala odlingsperioden (tab. 1). Respirationen beräknades med hjälp av litteratur data. Som assimilationseffektivitet användes två olika värden 60 och 80 % eftersom det inte finns några tillförlitliga samband mellan assimilationseffektivitet och andra parametrar. Att 60 och 80 % valdes grundades på följande. Laborariemätningar från 8 maj till 15 augusti med användande av naturligt ytvatten gav ett medelvärde på 72 % (n=27, intervall 44-92 %, SD=16). Under vårbloomingen 1981 vid en temperatur från -1.0°C till $+4.8^{\circ}\text{C}$ gav ett medelvärde på 67 % (n=5, intervall 53-81 %, SD=11). Därför valdes två värden på 60 respektive 80 %.

Assimilationen är beroende av födotillgång och ökar med musslans storlek. Den högsta assimilationen ($751 \text{ KJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) ägde rum den andra hösten samtidigt som blomningen av dinoflagelater inträffade (Lännergren, i manus kript). Även det största intaget av föda ($1252 \text{ KJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) och högsta fekalieproduktion ($501 \text{ KJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) ägde rum under denna period.

De data i tab. 1 för hela perioden, 571 dagar, åskådliggörs i fig. 12. Beräkningarna i figur 12 visar att respirationen står för 58 % av assimilationen och produktionen för 42 %. Av den totala produktionen finns 64 % kvar som biomassa i odlingen och 36 % har försvunnit genom predation eller nedfall till botten från samlarbanden.

Grundat på assimilationseffektivitetsdata valdes som tidigare nämnts två olika assimilationseffektiviteter, 60 och 80 %. Den högsta assimilationseffektiviteten, 80 %, användes i figur 12 vilket resulterade i ett totalt intag av föda för hela perioden av 313963 KJm^{-2} av vilka 62823 KJm^{-2} (20 %) släpptes som fekalier. Undersökningar av sedimentationshastighet under musselodlingar gjordes under fyra olika perioder (Dahlbäck (pers. comm.) i en utvidgad studie av Dahlbäck and Gunnarsson (1981)). Medelsedimentationshastigheten var $2.1 \text{ gCm}^{-2}\text{d}^{-1}$ och medelhalten av organiskt material på 19 %. Motsvarande energiinnehåll för hela odlingsperioden var 64834 KJm^{-2} . Detta stämmer väl överens med fekalieproduktionen då assimilationseffektiviteten var 80 %.

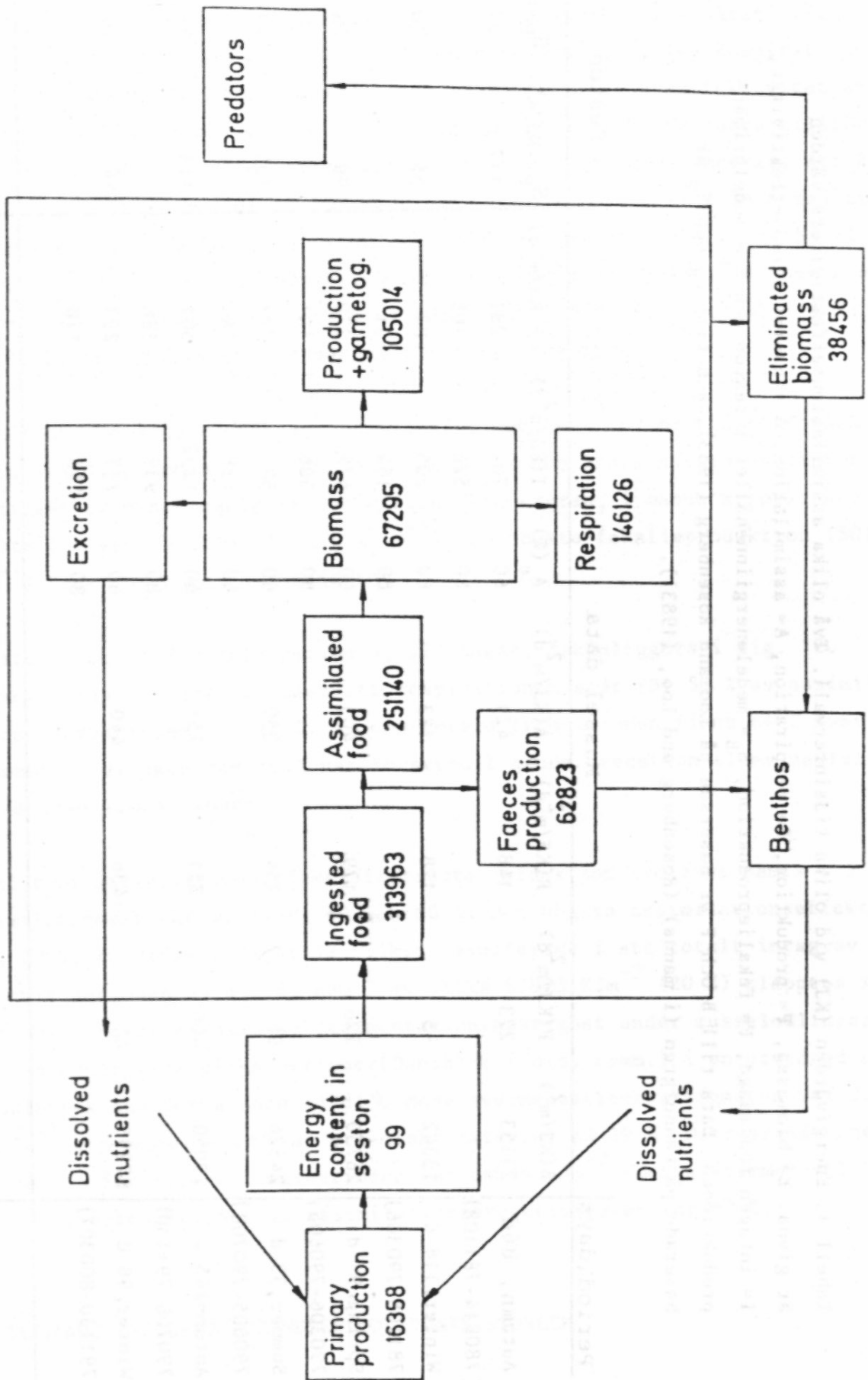
BEGRÄNSANDE FAKTORER FÖR MUSSELODLINGARS STORLEK.

De två ekologiskt begränsande faktorerna för en odlings storlek är sestonkoncentrationen (födokoncentrationen) och strömhastigheten (födans tillförselhastighet).

Tabell 1. Energivärden (KJ) vid olika tidsintervall. Två olika assimilationseffektivitets värden är givna. B= biomassa, P= produktion, R= respiration, A= assimilation, A_e= assimilationseffektivitet, I= intagen födomängd, F= fekaliieproduktion, S_B= medelenerginnehållet i seston och S_P= medelprimärproduktionen. Data till B och P är baserade på Loo and Rosenberg (1983), och till S_B och S_P är baserade på Lännergren (i manus) (Rosenberg and Loo, (1983)).

Period, days	Muskel data						Seston		
	B (KJ/m ²)	P (KJ/m ² d)	R (KJ/m ² d)	A (KJ/m ² d)	A _e (%)	I (KJ/m ² d)	F (KJ/m ² d)	S _B (KJ/m ²)	S _P (KJ/m ² d)
Autumn, 86d (780814-781108)	21153	273	148	421	60	702	281	117	27
Winter, 118 d (781108-790306)	13342	-5	128	123	60	526	105	55	10
Spring, 91 d (790306-790605)	26750	226	179	405	60	675	270	99	28
Summer, 33 d (790605-790708)	24326	96	254	350	60	583	233	135	107
Autumn, 45 d (790708-791130)	79050	400	351	751	60	1252	501	113	39
Winter, 98 d (791130-800307)	67295	4	436	440	60	733	293	54	10
Whole period 571 d (KJ/m ²)	67295	105014	146126	251140	60	418600	167460	99	16358
					80	313963	62823		

fig. 12. Förenklat energiflödes diagram i KJm^{-2} av *Mytilus edulis* (med skal) baserat på data för hela odlingsperioden, 571 dagar, med en assimilations-effektivitet på 80 % (se tabell 1) (Rosenberg and Loo, (1983)).



Detta illustreras med två exempel (Rosenberg and Loo, under tryckning) grundade på Incze and Lutz (1980). En ettårig odling av lång-line typ och samma storlek som Tjärnö odlingen användes. I det första exemplet (fig. 13) var seston koncentrationen och antalet långlinor variabla och övriga parametrar konstanta. Då erhöles ett exponentiellt samband mellan sestonkoncentration och antalet långlinor. I det andra exemplet var strömshastigheten och antalet långlinor variabla och övriga parametrar konstanta. I detta fall erhöles ett linjärt samband, vilket innebär att strömshastigheten är den begränsande faktorn om man vill ha så stora odlingar som möjligt.

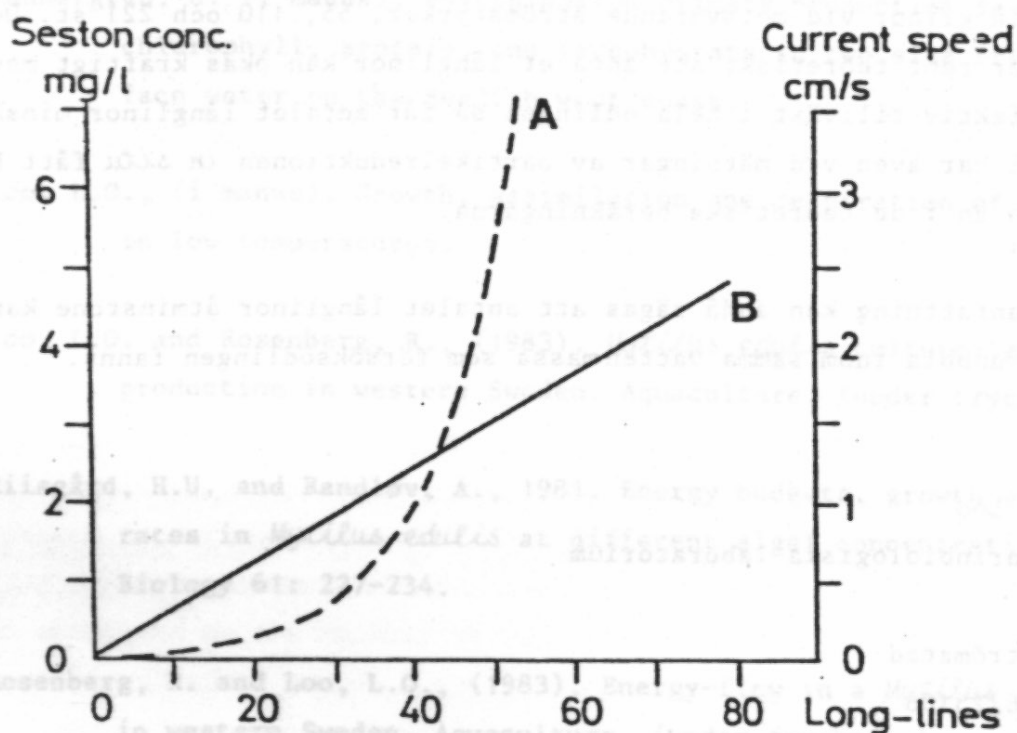


fig. 13. Sestonkoncentrationen i mg l^{-1} (A) och strömshastigheten (B) i relation till antalet långlinor (Rosenberg and Loo, (1983)).

Data använda i diagrammet:

	A	B
Längden på långlinorna	180	180 m
Djup	6	6 m
Strömshastighet	1	$Y \text{ cms}^{-1}$
Avstånd mellan banden	0.5	0.5 m
Musslor	518	518 ind.m^{-1}
Filtreringshastighet	3.2	3.2 lh^{-1}
Sestonkonc. före odlingen	Y	1.1 mg l^{-1}
Sestonkonc. efter odlingen	0.05	0.05 mg l^{-1}
Antal långlinor	X	X

Om odlingen som har måtten 180•25 meter sätts vinkelrät mot strömmen med långsidan, 180 meter, mot strömmen så kan den procentuella reduktionen av partiklar i vattnet beräknas. Man kan tänka sig att musslorna kan sänka partikelkoncentrationen till en så låg nivå att de varken tillväxer eller svälter dvs till "maintenance concentration" som är lika med 0.05 mg l^{-1} motsvarande 1 J l^{-1} (Riisgård and Randløv, 1981). Reduktionen av seston var hösten 1979, från ett medelenergiinnehåll i seston på 113 KJ m^{-2} (18.8 J l^{-1}), 21, 11 och 5 % vid respektive strömstyrkor, 1, 2 och 4 cms^{-1} . Man kan även beräkna antalet möjliga långlinor vid motsvarande strömstyrkor, 55, 110 och 221 st. Dessa data anger rent teoretiskt att antalet långlinor kan ökas kraftigt men för att få en effektiv tillväxt i hela odlingen så får antalet långlinor minskas något. Vi har även vid mätningar av partikelreduktionen *in situ* fått högre reduktion än i de teoretiska beräkningarna.

Som sammanfattning kan ändå sägas att antalet långlinor åtminstone kan ökas till det dubbla inom samma vattenmassa som försöksodlingen fanns.

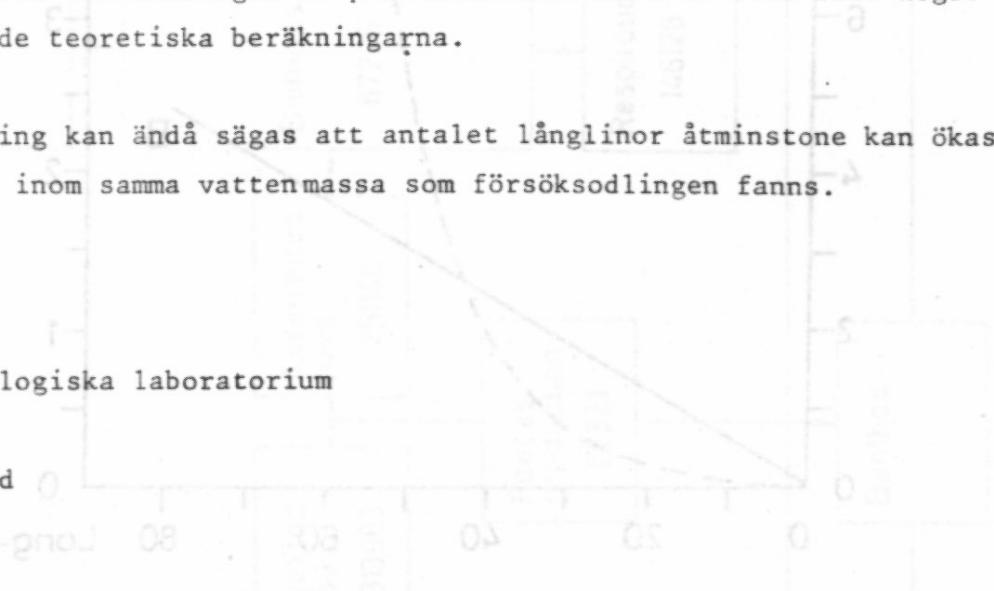
Lars-Ove Loo

Tjärnö marinbiologiska laboratorium

Pl. 2781

456 00 Strömstad

tel. 0526/25106



REFERENSER.

- Dahlbäck, B. and Gunnarsson. L.Å.H., 1981. Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. *Marine Biology* 63: 269-275.
- Incze, L.S. and Lutz, R.A. 1980. Mussel culture: an east coast perspective. In: *Mussel culture and harvest: a north American perspective*, ed. R.A. Lutz, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam, pp. 99-140.
- Lännergren, C. (i manus). Phytoplankton primary production and suspended chlorophyll, protein, and carbohydrate in two size fraction in surface water on the Swedish west coast.
- Loo, L.O., (i manus). Growth, assimilation and respiration of *Mytilus edulis* in low temperatures.
- Loo, L.O. and Rosenberg, R., (1983). *Mytilus edulis* culture: growth and production in western Sweden. *Aquaculture*, (under tryckning).
- Riisgård, H.U. and Randløv, A., 1981. Energy budgets, growth and filtration rates in *Mytilus edulis* at different algal concentrations. *Marine Biology* 61: 227-234.
- Rosenberg, R. and Loo, L.O., (1983). Energy-flow in a *Mytilus edulis* culture in western Sweden. *Aquaculture*, (under tryckning).
- Wallace, J.C., 1980. Growth rates of different populations of the edible mussel, *Mytilus edulis*, in north Norway. *Aquaculture* 19: 303-311.
- Williams, P., 1981. Detritus utilization by *Mytilus edulis*. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.*, 12: 739-746.