

STUDIES OF AN EXPERIMENTAL CULTIVATION  
OF MUSSELS .

Tjärnö July 1977

by

Anne-Marie Larsson and Lisa Lempert

Report No 25

1978

Department of Oceanography  
University of Gothenburg  
Box 4038  
S-400 40 Gothenburg  
Sweden

Göteborgs Universitet  
Oceanografiska Institutionen

STUDIES OF AN EXPERIMENTAL CULTIVATION OF MUSSELS.

Tjärnö July 1977

by

Anne-Marie Larsson and Lisa Lempert

Institute of Oceanography  
University of Gothenburg

A b s t r a c t

Technical problems concerned with cultivation of mussels (*Mutilus edulis*) along the Swedish westcoast have been studied during the last three years. Before a future expansion can be attempted, these developments must be complemented by an analysis of the ecological systems interacting with the mussels.

In a pilot project during July 1977, we considered an experimental cultivation of mussels on the coast of northern Bohuslän. We were most interested in sampling techniques, water exchange and nutrient variations in and around the cultivation.

This report presents our results.

During the next few years we intend to continue with a more extensive project. One of our goals will be to draw up criteria for deciding where the cultivations should be placed and which dimensions they should have, in order to maximize production and at the same time minimize effects on the surroundings.

GÖTEBORGS UNIVERSITET  
OCEANOGRAFISKA INSTITUTIONEN

UNDERSÖKNING AV EN MUSSELODLING  
TJÄRNÖ JULI 1977

av

Anne-Marie Larsson och Lisa Lempert  
Oceanografiska Institutionen  
Göteborgs Universitet

## INNEHALLSFÖRTECKNING

	SIDA
INLEDNING . . . . .	1
BLAMUSSLAN . . . . .	2
BESKRIVNING AV ODLINGSOMRADET . . . . .	2
STRÖMMÄTNINGAR OCH VATTENOMSÄTTNING	
Allmän diskussion . . . . .	5
Strömförhållanden den 17.7 och 19.7 . . . . .	6
HYDROGRAFISK BESKRIVNING	
Salt, temperatur- och täthetsfördelning . . . . .	7
Närsaltsfördelning . . . . .	8
Diskussion . . . . .	12
SAMMANFATTNING . . . . .	13
REFERENSER . . . . .	14
BILAGA: Spårämnesanalys av en mussla . . . . .	15

## UNDERSÖKNING AV EN MUSSELODLING

Juli 1977

I takt med det ökade intresset för aquakulturer, där musselodling antar en central roll, ökar intresset av att få besvarat vissa frågor rörande musslor och musselodling. En inventering av vilka områden som är lämpliga för odling, dels m.a.p. geografisk placering dels på vattenkvalitet, är nödvändig. Dessutom måste man kunna besvara frågor som rör musselodlingens roll i ekosystemet, möjligheterna av polykulturer med odling av flera olika organismer, marknadsförutsättningar o.s.v.

Musselodling i det naturliga ekosystemet är ett relativt okänt kapitel. De flesta undersökningar som gjorts tidigare har varit laboratorieförsök. Få i havet existerande odlingar har studerats. En undersökning behövs av närsaltsfördelningen, åtgång av växtplankton, de hydrografiska parametrarnas variation i och omkring odlingen, strömförhållanden m.m. Som förberedelse för ett projekt med målsättning att studera en musselodlings mikrohydrografi (däri innefattas även kemiska parametrar) har vi under sommaren 1977 gjort mätningar i en ett år gammal musselodling.

Provtagningsteknik, områdets vattenomsättning samt närsaltshalternas variation i och omkring odlingen har speciellt studerats.

## BLAMUSSLAN

*Mytilus edulis* heter den art av blåmusslan som lever och odlas på västkusten.

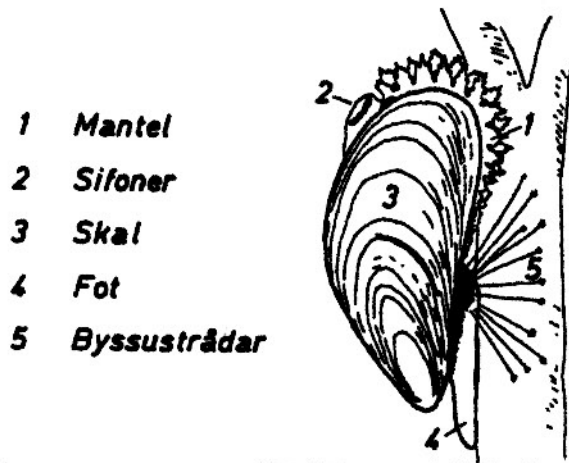


FIG. 1 *Mytilus edulis* som den växer på ex. linor.

Den har yttre befruktning, d.v.s. könsprodukterna förs ut i vattnet, där befruktningen äger rum. Man får en mängd larver som fritt simmar omkring och söker efter en plats att sätta sig på, t.ex. på i havet, av en förutseende odlare, utsatta linor. Musslorna utsöndrar ett sekret som stelnar i vattnet och bildar byssustrådar. Det är med dessa musslorna sätter sig fast. Musslornas föda utgörs huvudsakligen av fytoplankton.

## BESKRIVNING AV ODLINGSOMRADET

Den undersökta odlingen ligger vid TJÄRNÖ, Strömstad (FIG. 2A). Odlingen är en försöksodling för utveckling av odlings-, skörde- och processmetodik för odling av blåmusslor. Den drivs av geologiska institutionen, CTH med anslag från STU.

Odlingen är av s.k. long-line typ. En sådan odling består av ett flertal i båda ändarna förankrade linor. Linorna hålls flytande med hjälp av bojar. Från den horisontella linan hänger band med en halvmeters mellanrum, på vilka musslorna växer.

Fig 2

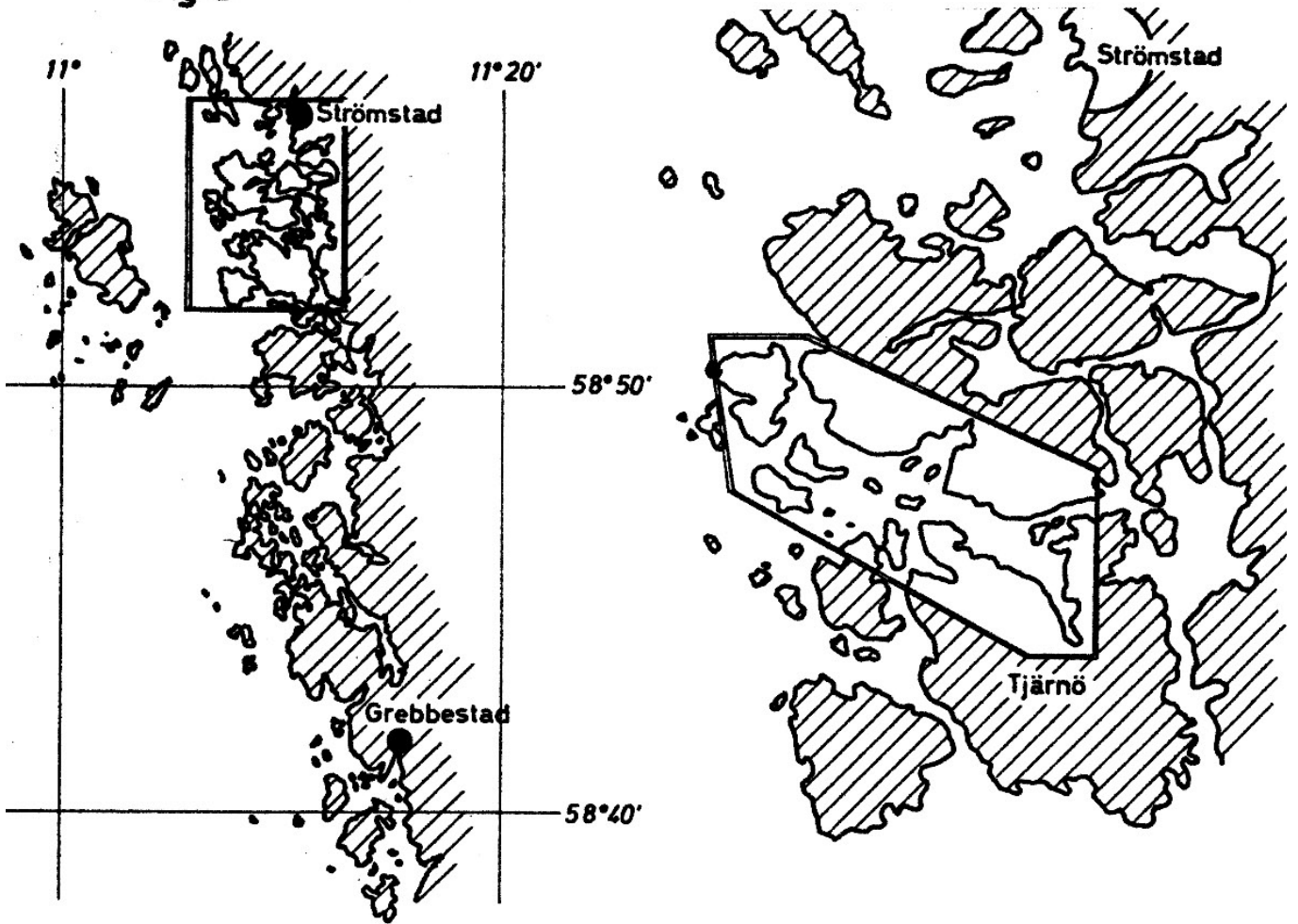


FIG. 2A

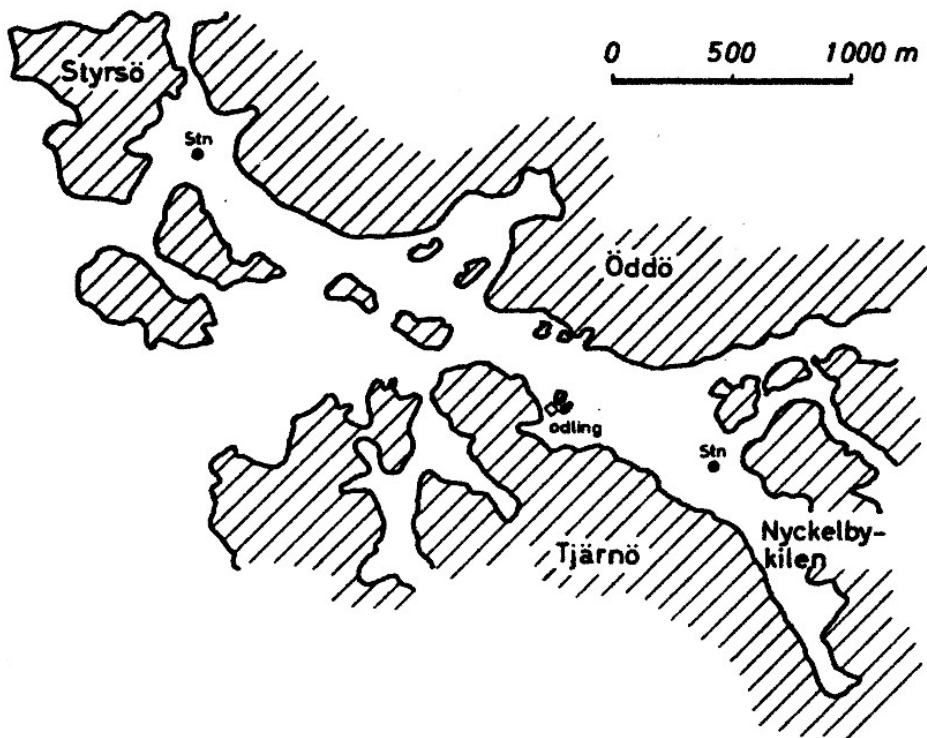


FIG. 2B

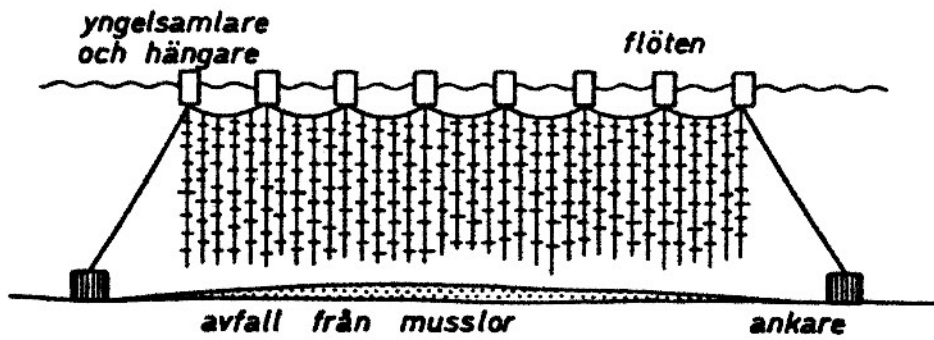


FIG.3 Principskiss för long-line odling.

Den undersökta odlingen är 40 m bred och 80 m lång. Banden är ca 7 m långa. Vid vår undersökning valdes fem stationer i anslutning till odlingen enligt fig. 4.

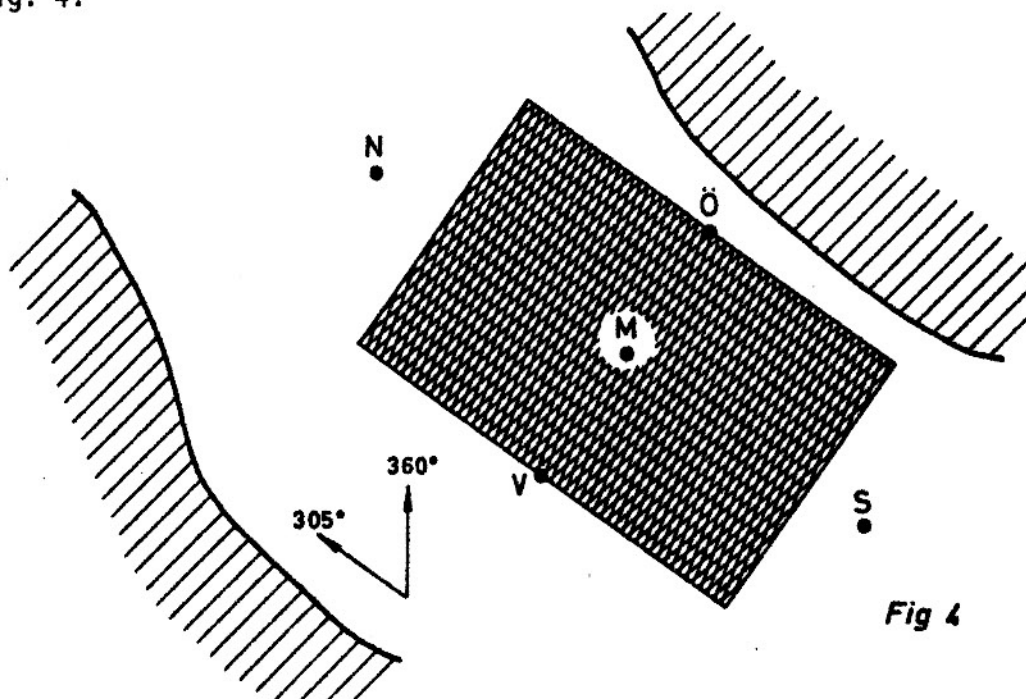


FIG. 4 Karta över själva odlingsområdet. För geografisk placering se FIG. 2B. Stationerna är utmärkt med använda beteckningar.

På en linje parallell med längdriktningen hade vi 3 stationer. En i vardera ändan (N och S) och en i mitten (M). På vardera sidan om den mittersta på en linje vinkelrät mot längdriktningen hade vi de två andra stationerna (V och Ö).

Vid varje station placerades slangar ner till sex olika djup. Slangarna fästes vid bojarna och fick sitta kvar under hela provtagningsperioden. Vid provtagningsstillfällena pumpades vatten upp från de olika djupen. Pumpordningen användes för att området kring mätpunkten skulle vara så ostört som möjligt. Mät djupet var 1,2,3,4,6,7 m. Vi mätte salthalt, temperatur, fosfat, totalfosfor, partikulärfosfor, nitrat, nitrit, ammonium och i vissa fall syrgashalt och pH-värde. Dessutom utfördes



strömmätningar vid N- och S-ändan av odlingen.

## STRÖMMÄTNINGAR OCH VATTENOMSÄTTNING

### Allmän dis.cussion

I ett sund, med välblandat hav utanför och ett vattenområde innanför, med periodiska vattenståndsändringar (t.ex. tidvatten) kan man koppla vattenståndsändringen till en ström genom sundet. Man kan räkna ut hur mycket det måste strömma för att åstadkomma en given vattenståndsändring över en viss area, och därmed också hur långt vattnet hinner innan tidvattnet vänder.

Man kan dela in sundet i olika "zoner". En mynningszon, där den horisontella amplituden sträcker sig ut i det välblandade havet. Denna zon övergår i en blandningszon där en del nytt vatten blandas in, men inte allt byts ut. Ju längre in man kommer desto mindre nytt vatten blandas in. Tillräckligt långt in är den största delen ej utbytt, och samma vatten pumpas periodiskt fram och tillbaka.

Samtidigt med detta påverkar andra faktorer omsättningen. Det ovan beskrivna gäller för en kanal. Har man öar, förträngningar och utvidgningar bidrar detta till att öka omblandningen. Det kan t.ex. bli så att det vid inström strömmar mer på ena sidan och vid utström mer på andra. Även horisontella strömmar tvärs sundet kan uppstå.

Om språngskiktets läge varierar induceras stora vattenrörelser. Om sundets mynning inte är den enda förbindelsen mot havet, måste man försöka uppskatta hur mycket de olika öppningarna påverkar omsättningen. Är de trånga och grunda har de inte lika stor inverkan. Vinden kan dock driva en cirkulerande ström, så att det ser ut som om man hade en cirkulation med inström på ett och utström på ett annat ställe, medan det i själva verket är ett tunnt yt-skikt som åker omkring.

Det är inte trivialt att bestämma storleken på den area som berörs av "tidvattenpumpen". En grov uppskattning, där vi beaktat djup, bredd och förbindelse med havet, ger en area av storleksordningen  $3 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ . Sundets tvärsnittsarea är ungefär  $3 \cdot 10^3 \text{ m}^2$ . Vattenståndsändringen per tidsenhet fås ur pegelobservationer. Hastigheten på det inströmmande vattnet står i

proportion till vattenståndsändringen.

$$v \cdot a = \frac{\partial \xi}{\partial t} \cdot A$$

där

$V$  = strömhastighet

$a$  = tvärsnittsarea

$A$  = arean av området som berörs  
innanför tvärsnittet

$\frac{\partial \xi}{\partial t}$  = vattenståndsändring/tidsenhet

För  $\frac{\partial \xi}{\partial t} = 1,29 \cdot 10^{-5}$  m/s erhålls  $V = 1,2$  cm/s (17.7)

och för  $\frac{\partial \xi}{\partial t} = 2,0 \cdot 10^{-5}$  m/s erhålls  $V = 1,9$  cm/s (19.7)

Storleksordningen på strömmen skulle alltså bli 1 cm/s.

Tidvattnets period är ca 12 tim. Det ger en horisontell amplitud av  $\sim 200$  m. Vi mätte strömmar på  $\sim 6$  cm/s. De andra faktorer som nämnts bidrar således mer än tidvattnet. Mätningarna är ändå inte representativa. Vi har mätt i anslutning till odlingen, vilken ligger på ena sidan av sundet (se FIG. 2B). Strömprofilen ser ungefär ut så här:



, där vi alltså har mätt på ena sidan.

#### Strömförhållanden den 17.7 och 19.7.

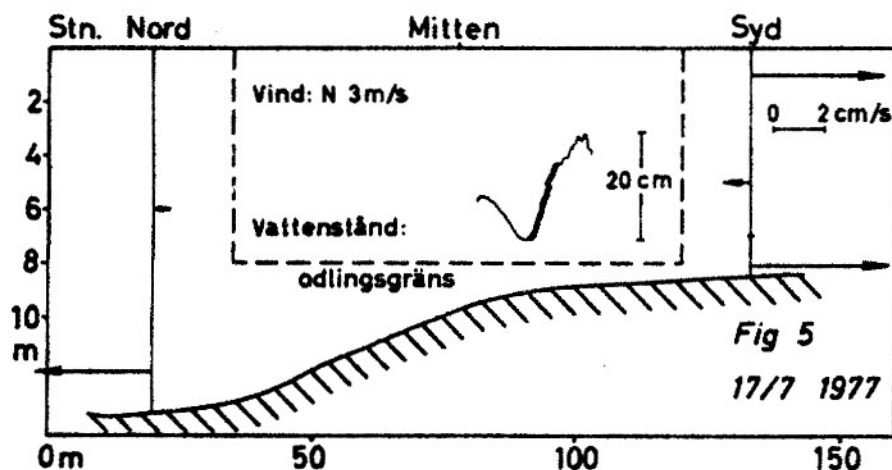


FIG. 5 Strömmar den 17.7 i ett längdsnitt av odlingen. Vattenståndsändring samt vindriktning och styrka angivet. Mätperioden markerad på vattenståndskurvan.

Den 17.7 strömmade det svagt. Man kan urskilja en viss tendens till inström, vilket stämmer bra med pegelobservationer. Vinden var svag, nordlig.

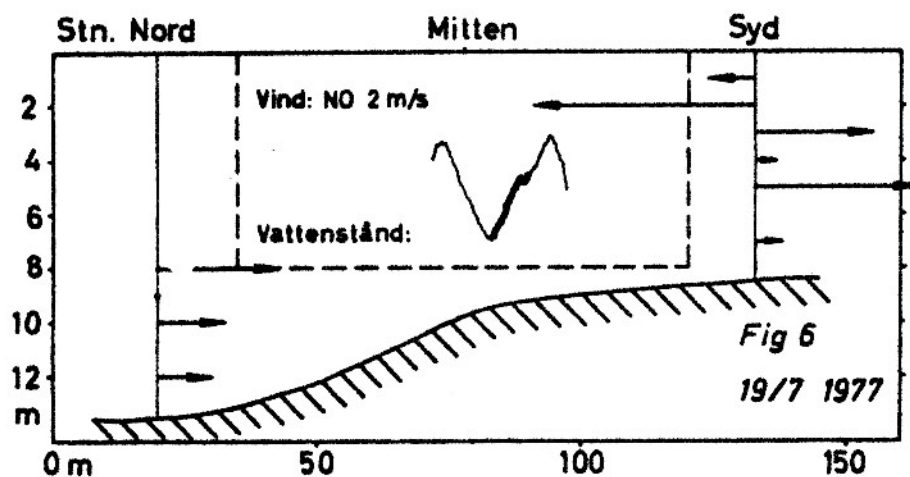


FIG. 6 Strömmar den 19.7 i ett längdsnitt av odlingen. Vattenståndsändring samt vindriktning och styrka angivet. Mätperioden markerad i vattenståndscurvan.

Den 19.7 strömmade det in, utom i det översta skiktet där det var utström. Vinden var svag, nordostlig. Pegelobservationer från samma tidpunkt visar att tidvattnet är på väg in.

#### HYDROGRAFISK BESKRIVNING

#### Salt, temperatur- och täthetsfördelning den 17.7 och 19.7.

Salthalterna varierade kontinuerligt båda dagarna. Temperaturen däremot visade oregelbundna variationer.

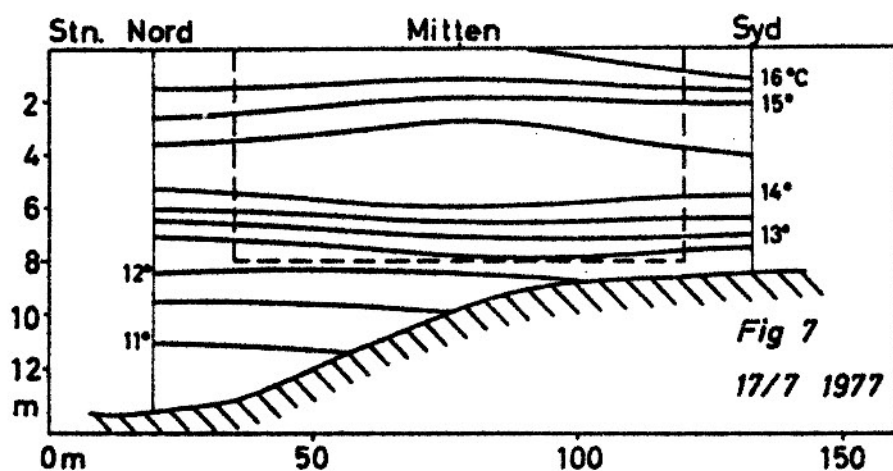


FIG. 7 Isothermer i odlingen den 17.7. Skillnaden mellan isolinjerna är  $.5^{\circ}$ .

Figur 7 visar att temperaturen sjunker i mitten av odlingen. Under odlingen

är isotermerna horisontella. Detta skulle kunna bero på blandning av vattnet när det kommer in i odlingen. Det märkliga är dock att vattnet verkar återgå till sin ursprungliga skiktning efter odlingen.

Den 19.7 gjorde vi mätningar i områdena innanför och utanför odlingsområdet (Styrsö - Nyckelbykilen FIG. 2B).

Figur 8 visar temperaturfördelningen i snittet.

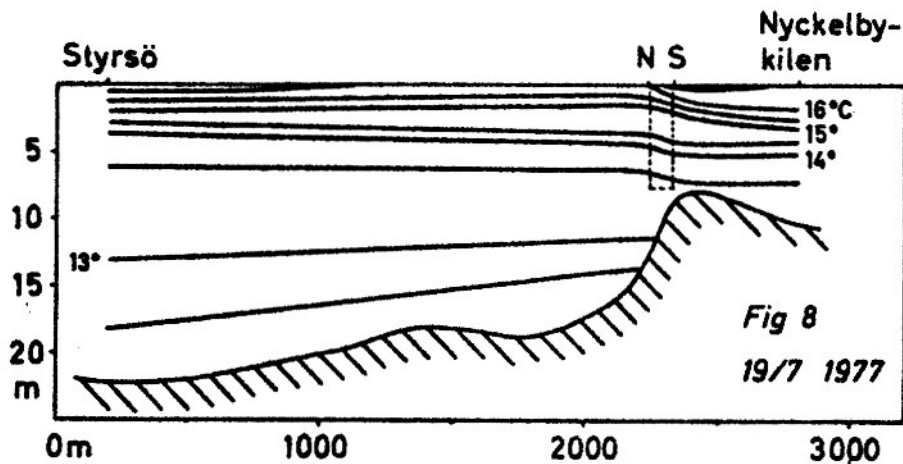


FIG. 8 Temperatursnitt från Styrsö till Nyckelbykilen den 19.7. Odlingen Markerad.

Även här kan vi se en tydlig förändring av temperaturen i odlingen. För att med bestämdhet kunna säga att språnget endast orsakas av odlingen måste man ha en bättre rumsupplösning. Mätningar av närsalthalterna i odlingen tyder dock på att det kan vara en korrekt beskrivning.

### Närsaltsfördelning

Under två dagar, den 17.7 resp. 19.7, har vi utfört mätningar av fosfat, totalfosfor, partikulärfosfor, nitrat, nitrit, samt ammonium. Den 21.7 har analys av alla fosforparametrar gjorts. Samtliga analyser är utförda på filtrerade prover. Absorbansen för alla prover utom ammonium, är mätta i 2 cm kyvett i en digital filterfotometer (Vitatron). Ammonium är mätt i 1 cm kyvett i spektrofotometer (Hitachi). Analyserna utfördes direkt i anslutning till provtagningen på Tjärnö Marinbiologiska Station.

Följande analysmetoder har använts:

Fosfat enl. Murphy and Riley (1963)

Tot-P, part-P enl. Koroleff (1968).

Nitrit enl. Bentschneider and Robinson (1952)

Nitrat enl. Morris and Riley (1963) modifierad av Grasshoff (1964)  
 Ammonium enl. Koroleff (1969) modifierad av Carlberg (1972).  
 Samtliga analysmetoder finns samlade i "New Baltic Manual" av S. Carlberg.

Halten partikulärfosfor antas ge en bild av halten suspenderat organiskt material i vattnet. Det råder ingen kvantitativ överensstämmelse, men samtida analyser av organiskt material (fytoplankton) och partikulärfosfor visar en viss korrelation (S. Björn-Rasmussen, 1976).

Närsaltanalyserna visar stora variationer av halterna inom odlingen. De visar också att halterna varierar avsevärt mellan provtagningsstillfällena.

Följande längd- och tvärsnitt får representera typiska fördelningar av närsalterna vid de tre provtagningsdagarna. Haltvariationerna är så stora och oregelbundna att isolinjer eller vertikalkurvor inte går att rita in. Halten vid varje provtagningspunkt är istället direkt markerad.

Längdsnitten (FIG. 9, 10, 11 och 12) visar en förhöjning av närsalthalten i mitten av odlingen. Överhuvudtaget samtliga mätningar utom ammonium visar entydigt samma bild. I nedre delen av odlingen är halten låg och oftast lika den i det vatten som omger odlingen.

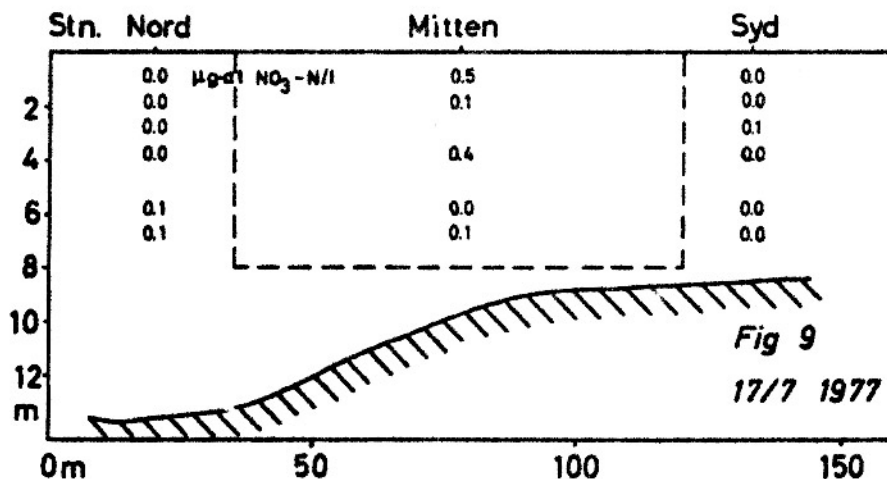


FIG: 9 Nitrathalten i ett längdsnitt av odlingen, den 17.7.1977.

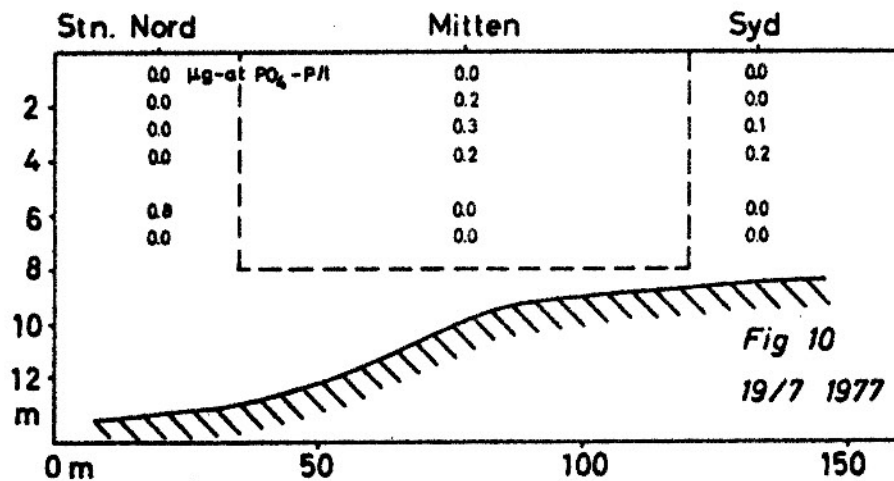


FIG. 10 Fosfathalten i ett längdsnitt av odlingen, den 19.7.1977.

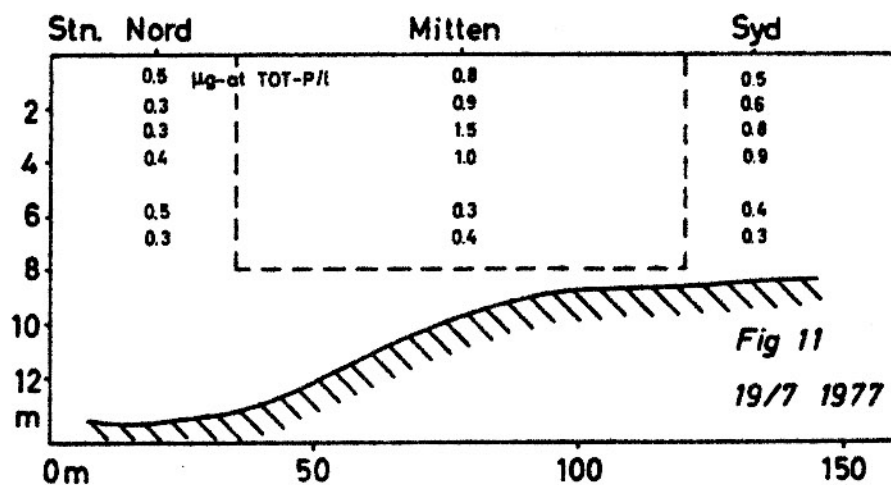


FIG. 11. Halten totalfosfor i ett längdsnitt av odlingen, den 19.7.1977.

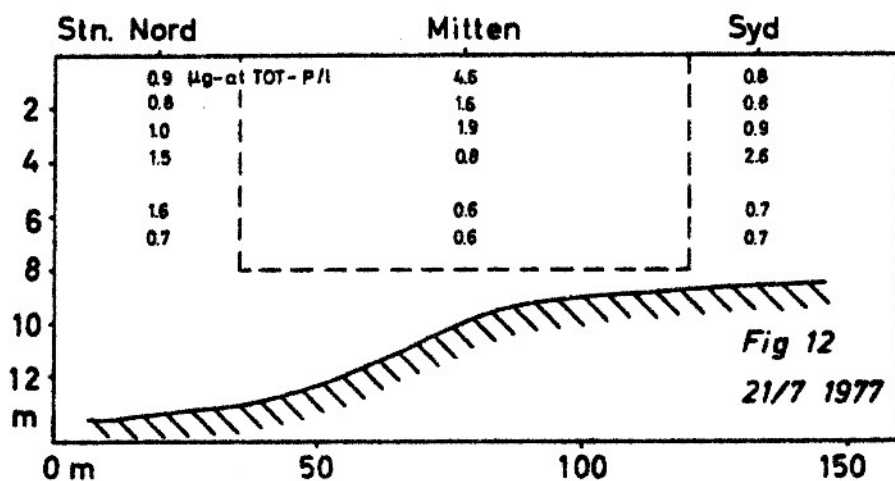


FIG. 12 Halten totalfosfor i ett längdsnitt av odlingen, 21.2.1977.

Tvårsnittet (FIG. 13 och 14) visar att halterna är högre i hela tvärsnittsarean, men att de absolut högsta halterna finns i odlingens nordöstra del.

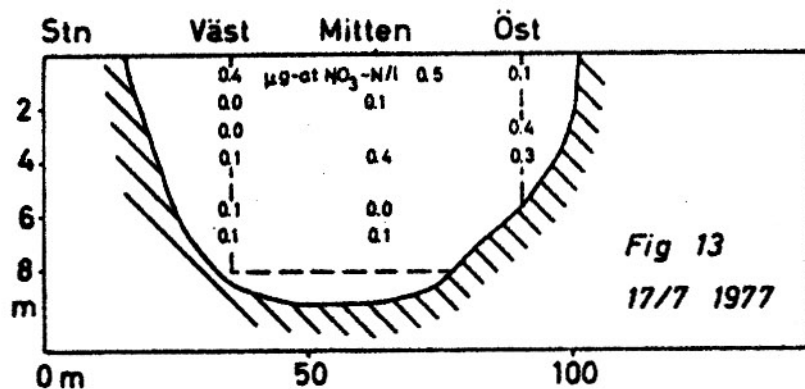


FIG. 13 Nitrathalten i ett tvärsnitt av odlingen, den 17.7.1977.

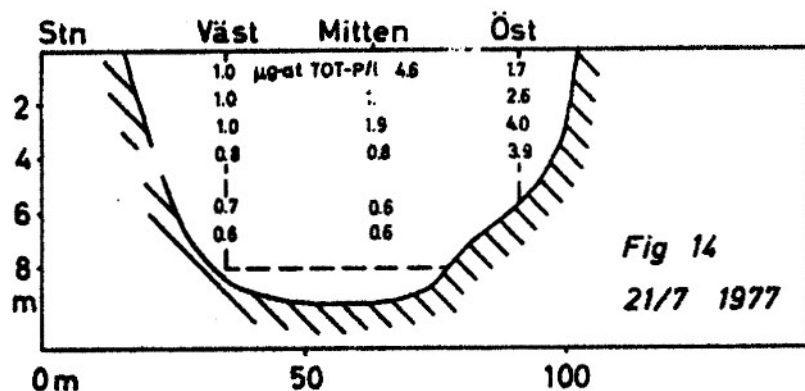


FIG. 14 Halten totalfosfor i ett tvärsnitt av odlingen, den 21.7.1977.

FIG. 15 och 16 redovisar mätningar den 19.7, då vi undersökte området från Styrösö till Nyckelbykilen. De visar, att närsaltshalterna stiger i odlingen men är lika före, efter och nedanför odlingen.

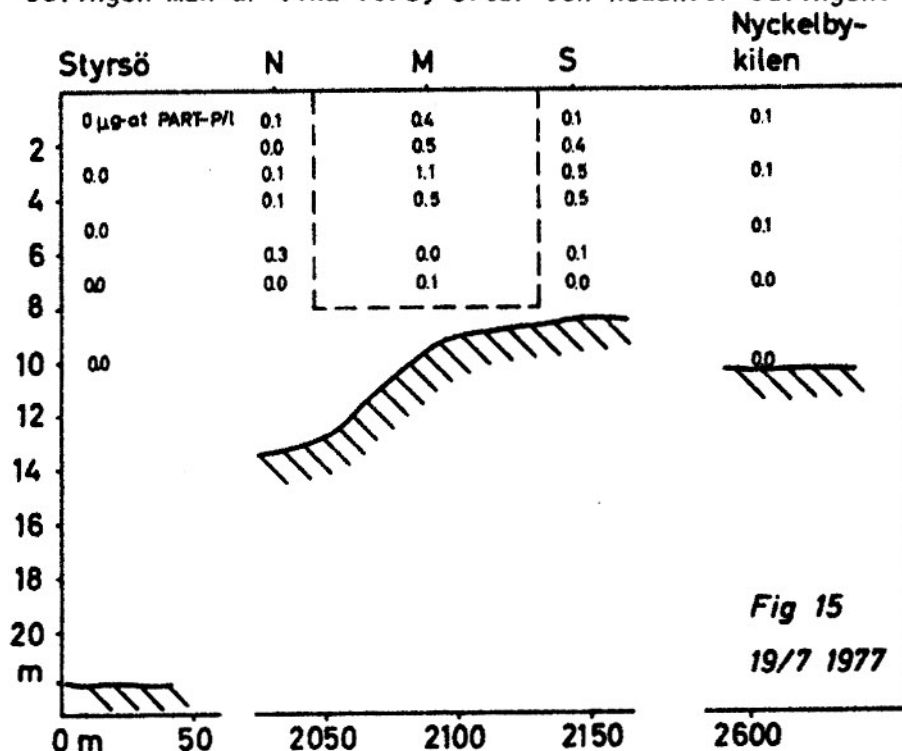


FIG. 15 Halten partikulärfosfor i längdsnittet Styrösö - Nyckelbykilen, den 19.7.1977.

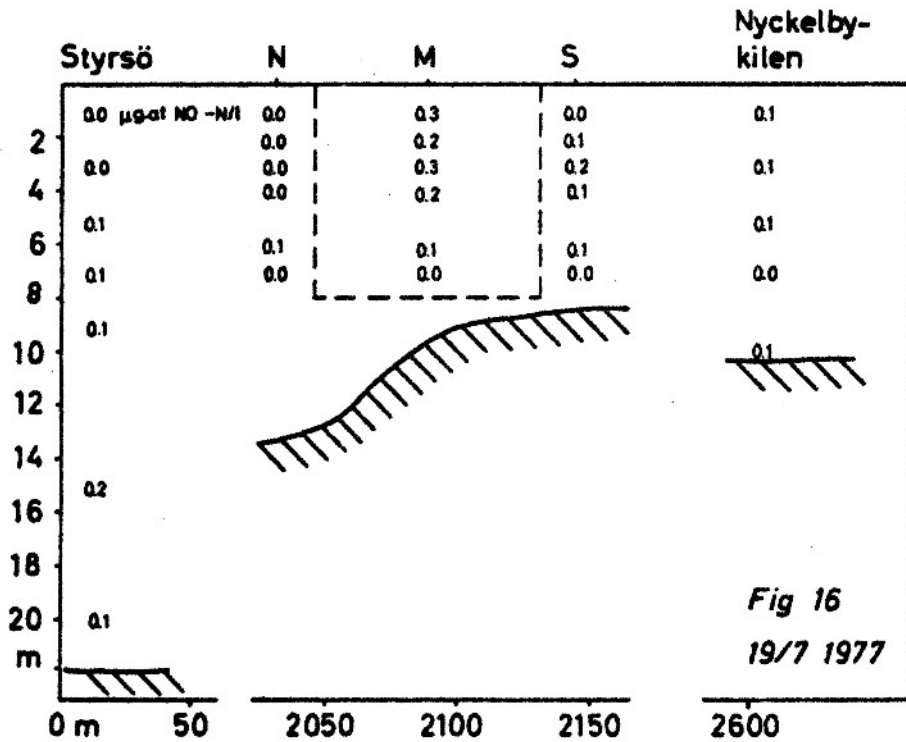


FIG. 16 Nitrathalten i längdsnittet Styrso - Nyckelbykilen, den 19.7.1977.

Provtagningarna i snittet Styrso - Nyckelbykilen är inte tillräckligt täta för att avgöra om förhöjningen av närsaltshalter är specifik för odlingsområdet eller om liknande "bubblor" förekommer även på andra ställen. I litteraturen finns uppgifter om att närsaltshalterna är högre efter odlingen än före beroende på nedbrytning av musslornas avfallsprodukter (Bayne 1976). Vi hade därför väntat oss, att vi direkt ur haltvariationerna skulle kunna tala om hur strömningen i området varit under mätperioden. Av samma anledning hade vi också väntat ökade närsaltshalter mot botten. Endast på vissa ställen har denna förhöjning märkts. Det är tydligt att andra faktorer bestämmer närsaltens fördelning i och omkring odlingen.

### Diskussion

Vindriktning och ström är olika vid provtagningstillfällena (se FIG. 5 och 6), men de höga halterna av nitrat, nitrit, fosfat och totalfosfor i mitten av odlingen vid ytan återfinns alla gånger. Temperaturfördelningen tyder på att en viss blandning sker i odlingen. Även halten partikulärfosfor är högst här.

Om man enligt föregående antar, att partikulärfosforhalten och halten växtplankton i vattnet står i relation till varandra, borde halten partikulärfosfor vara lägre efter odlingen p.g.a. musslornas konsumtion.



Denna minskning kan dock inte verifieras (se fig. 15).

De förhöjda halterna partikulärfosfor i odlingens mitt tyder på en ökad mängd fytoplankton och därmed en hög produktion.

Antag nu att blandningen inom odlingen är sådan att lättare partiklar (små plankton, musslornas avfall etc.) anhopas i mitten av odlingen vid ytan. Ur detta finfördelade organiska material frigörs närsalterna förmodligen snabbt. Enligt uppgift kan allt fosforinnehåll i ett plankton som väger 1 ug avges på 2 timmar (Cushing 1975). Detta skulle kunna förklara en förhöjd produktion och högre närsalthalter vid ytan i mitten av odlingen.

Antag vidare att de tyngre partiklarna snabbt sjunker till botten och går förlorade ur systemet. De hinner då inte brytas ner innan de sedimenterar. Som jämförelse kan nämnas att ett plankton med 1 g vikt behöver 700 timmar för att avge allt fosforinnehåll (Cushing 1975). Detta medför att det inte finns någon förhöjning av närsaltshalterna under odlingen.

För att bättre kunna förklara plankton och närsaltsfördelningen i odlingen fordras således en noggrann kartläggning av strömningen i området, exempelvis genom rodaminförsök. Dessutom fordras en bättre uppskattning av mängden biomassa samt av produktions- och nedbrytningshastigheter. Mätningarna skulle då kunna visa om haltfördelningen är specifik för odlingsområdet och i så fall om den är dynamiskt påverkad exempelvis genom up-wellingsfenomen, eller om det är biologisk-kemiska processer som bestämmer fördelningen.

#### SAMMANFATTNING

De mätningar som vi gjort, räcker uppenbarligen inte till för att avgöra hur musselodling i havet påverkar områdets ekosystem. Mätningarna visar dock att intressanta fenomen uppträder.

För att kunna besvara de frågeställningar som tagits upp i denna rapport fordras en mer omfattande undersökning.

REFERENSER:

Bayne, B.L.: Marine Mussels, their ecology and physiology.  
Cam. Univ. Press 1976.

Björn-Rasmussen, S.: Phytoplankton in an eutrophical estuary.  
Dep. of Mar. Bot. Gbg. Univ. 1976.

Carlberg, S.: New Baltic Manual. With methods for sampling and analysis  
of physical, chemical and biological parameters.  
International Council for the Exploration of the Sea,  
Danmark 1972.

Cushing, D.H.: Marine Ecology and Fisheries, Cambridge University, Press 1975.

Haamer, J.: Musselodling i Europa samt förslag till ny teknik för kommande  
svensk odling. Rapport, CTH, Geol. Inst. 1975.

Haamer, J.: Musselodling. Forum 1977.

STU-rapport, Röntgenfluorescens.

## SPÄRMNESANALYS

Förutom de fältundersökningar som här redovisats har försök att bestämma halterna av vissa spårämnen i musslorna gjorts.

Musslor anrikas många ämnen i betydligt större koncentrationer än vad det omgivande vattnet innehåller. Detta gör det möjligt att använda musslor som indikator på vattenkvaliteten. Tungmetaller kan anrikas i hög grad och det är viktigt att de musslor som odlas för människoföda ej får för höga halter.

Röntgenfluorescensanalys är en metod för kvantitativ och kvalitativ analys av grundämnescykler. Varje grundämne har förmåga att emittera (skicka ut) röntgenfotoner, vars energi är karakteristisk för varje ämne. Metoden går ut på att man åstadkommer en emission av fotoner och sedan mäter deras energi.

Fysiska institutionen i Göteborg har en sådan anläggning, där det finns dataprogram för utvärdering av energispektrat.

Vid röntgenanalys får man reda på alla i substansen förekommande grundämnen tyngre än klor.

En metodstudie pågår för att komma fram till bästa och riktigaste sättet att rutinemässigt analysera musslor. Ett prov har gjorts på en musslas mjukdelar upplösta i vatten, frystorkade och pressade till en tablett. Provet märktes med yttrium och titan i kända halter, för att ge en kvantitativ uppskattning av innehållet. FIG. 17 visar det erhållna spektrat.

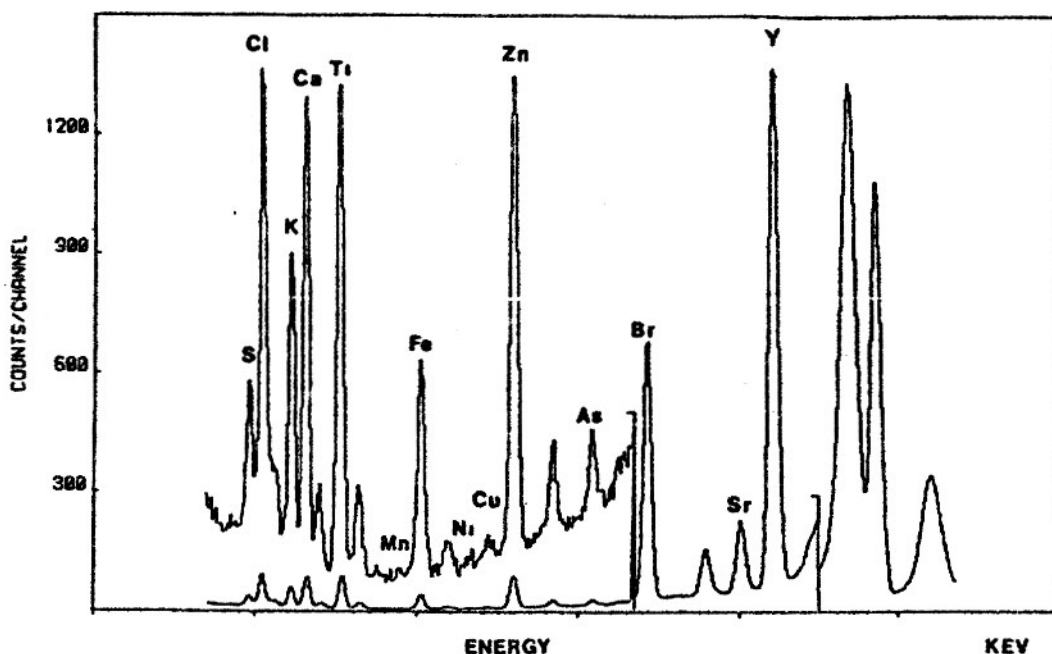


FIG. 17 Spektra av grundämnescykler i en mussla. Ovanför topparna anges vilket ämne de representerar.

Ur diagrammet har följande koncentrationer utvärderats:

Ämne	koncentration (ppm av torrsubstans)
svavel	60000 ± 30000
klor	100000 ± 30000
kalium	8000 ± 2000
calcium	7500 ± 1000
titan <sup>x</sup>	2572 ± 500
mangan	6 ± 4
järn	160 ± 30
nickel	2 ± 1
koppar	7 ± 3
zink	90 ± 20
arsenik	5 ± 2
bly	1.5 ± 1.0
selenium	0.5 ± 0.5
brom	295 ± 40
rubidium	12 ± 8
strontium	65 ± 10
yttrium <sup>x</sup>	510 ± 30

<sup>x</sup> inre standard