



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

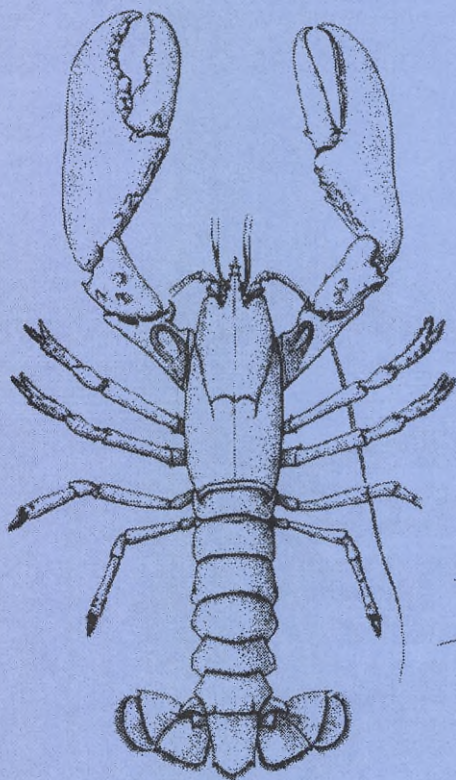
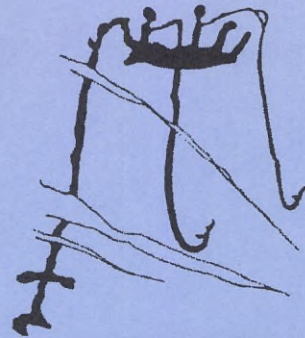
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



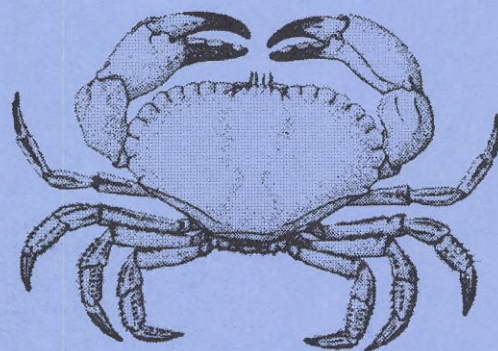


Information från

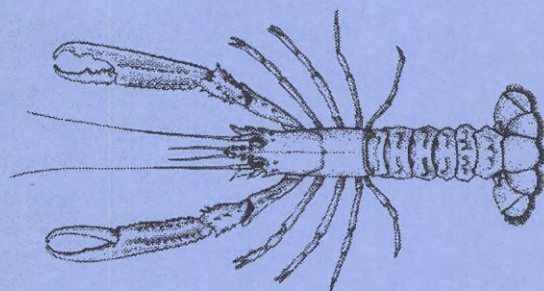
HAVSFISKELABORATORIET



Homarus vulgaris



Cancer pagurus



Nephrops norvegicus

Hummer

Fredningsområde
som avelsbank?
av M. Ulmestrand

Havskräfta

Mundelarnas
byggnad
av A. Sellborn

Stora kräftdjur

Födointag genom
filtrering
av D. Valentinsson

Havskräfta

Bohålsräkning
från ytan
av M. Ulmestrand

Beställningadress: Havsfiskelaboratoriet, Box 4, 453 21 Lysekil, Tel: 0523-187 00, Fax: 0523-139 77
Upplaga: 1000 ex.
Tryckt hos Alltryck, Lysekil

Innehåll

Mats Ulmestrand: Har ett hummerfredningsområde någon betydelse som avelsbank?	3
Anders Sellborn: Mundelarnas funktionella morfologi hos havskräfta (<i>Nephrops norvegicus</i> L.), speciellt i relation till suspensionsätande	13
Daniel Valentinsson: Olika aspekter på suspensionsätning hos tre decapodararter från svenska västkusten	24
Mats Ulmestrand: Uppskattning av täthet och utbredning av havskräftbestånd med en fiskeoberoende metod	33

Har ett hummerfredningsområde någon betydelse som avelsbank?

av Mats Ulmestrand, Havsfiskelaboratoriet, Lysekil

Abstract

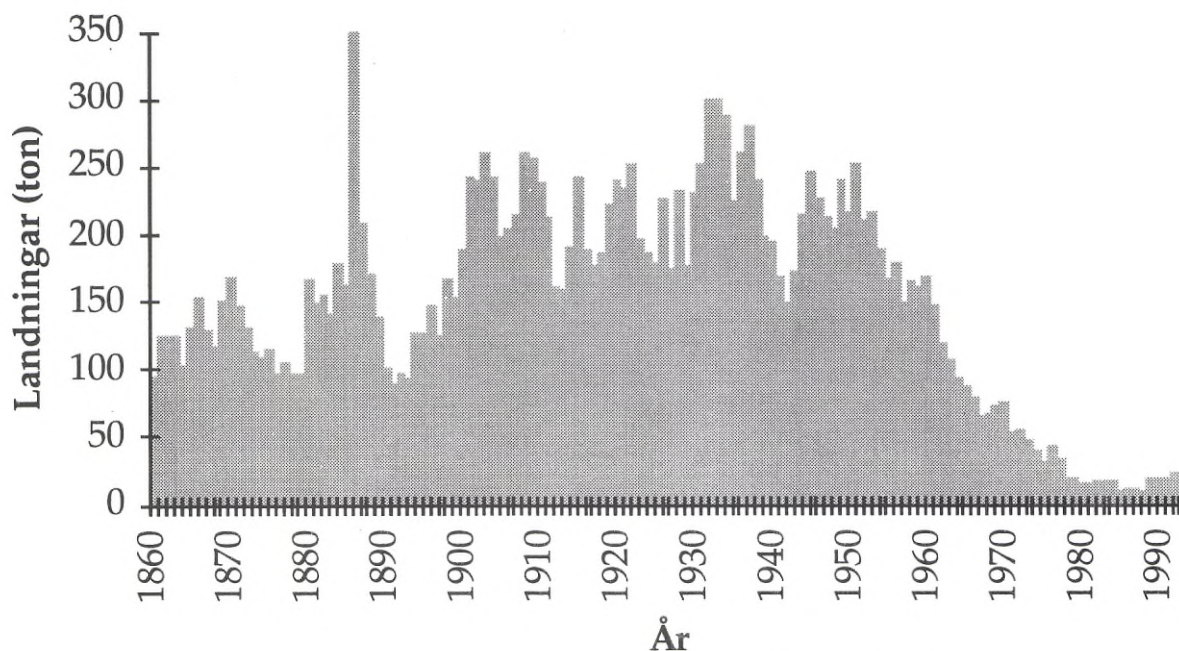
Since 1989 a lobster (*Homarus gammarus*) fishing area of 1.05 km² was closed and protected from all fishery except experimental fishery carried out by the Institute of Marine Research in Lysekil. All caught lobster were tagged and released in the area again. This paper gives an estimation of the change in egg production while the fishing mortality on *H. gammarus* stops.

Inledning

De officiella landningarna av hummer (*Homarus gammarus* L.) från den svenska västkusten har visat en kraftigt sjunkande trend från drygt 200 ton/år vid 1950-talets början till under 10 ton/år i mitten på 1980-talet (se fig. 1.). Det har spekulerats mycket om orsakerna till denna nedåtgående trend men i brist på biologiska data från hummerbeståndet har inga säkra slutsatser angående orsakerna kunnat dras. Dybern (1965) redogjorde för tänkbara orsaker till nedgången. Bl.a påpekades möjligheten att landningarna kan ha minskat trots att beståndet var stabilt, vilket kan förklaras med att fisketrycket minskat och/eller att landningarna i ökad omfattning sålts utanför officiella kanaler och därför inte inkluderats i statistiken. Samstämmiga uppgifter från erfarna yrkesfiskare pekar dock på att beståndets

storlek minskat eftersom de hävdar att fångst per fiskeansträngning minskat från 1950-talet och fram till mitten på 1970-talet. Även den norska statistiken på hummerlandningar från Skager-rakkusten under samma period visar liknande nedåtgående trend men här har man även kunnat belägga att också fångst per fiskeansträngning har en nedåtgående trend (Tveite, 1991). Slutsatsen drogs att minskningen i hummerlandningarna vid svenska västkusten åtminstone delvis beror på ett minskat hummerbestånd.

För att stärka hummerbeståndet och på sikt öka avkastningen har man infört särskilda bestämmelser inom hummerfisket. Minimimåttet på landningsbar hummer höjdes under en tvåårsperiod från 21 cm till 22 cm totallängd år 1971-73. Orsaken var att man ville få ett "biologiskt



Figur 1. Svenska officiella hummerlandningarna (ton) för åren 1907-1993 (Data från SCB).

minimimått" där hummern (honorna) skulle ha chans att fortplanta sig minst en gång i sitt liv. Dessutom diskuterades möjligheten att totalfreda vissa områden. Redan år 1903 påpekade Filip Trybom i Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens skrift att "För att få kraftiga stam- eller avelshumrar, och följaktligen äfven ett godt hummerbestånd, kan det högst sannolikt komma att väl löna sig att utvälja och från fångst fullständigt skydda vissa smärre, ej alltför långt från hvarandra aflägsna områden". I dessa områden skulle hummern alltså få leva utan fiskeridödighet i syfte att skapa kraftiga avelshumrar, vars pelagiska larver skulle öka rekryteringen till omkringliggande, fiskbara områden. Det finns dock inte någon utvärdering av vilken betydelse ett totalfredat område har för beståndsutvecklingen och det är därför ovisst vilken beståndsfrämjande effekt ett sådant område kan ha.

Sedan 1989 har ett havsområde på 1,05 km² vid ön Kåvra i Brofjordens mynning totalfredats från allt allmänt fiske (utom handredskap med lina och krok) med syfte att Havsfiskelaboratoriet skall kunna utföra olika undersökningar rörande hummer. Laboratoriet har provfiskat med nät, ryssjor och tinor för att framför allt fånga och märka hummer, återutsätta samt uppfölja återfångsterna. Huvudmålsättningen har varit att med märkningarna dokumentera hummerns

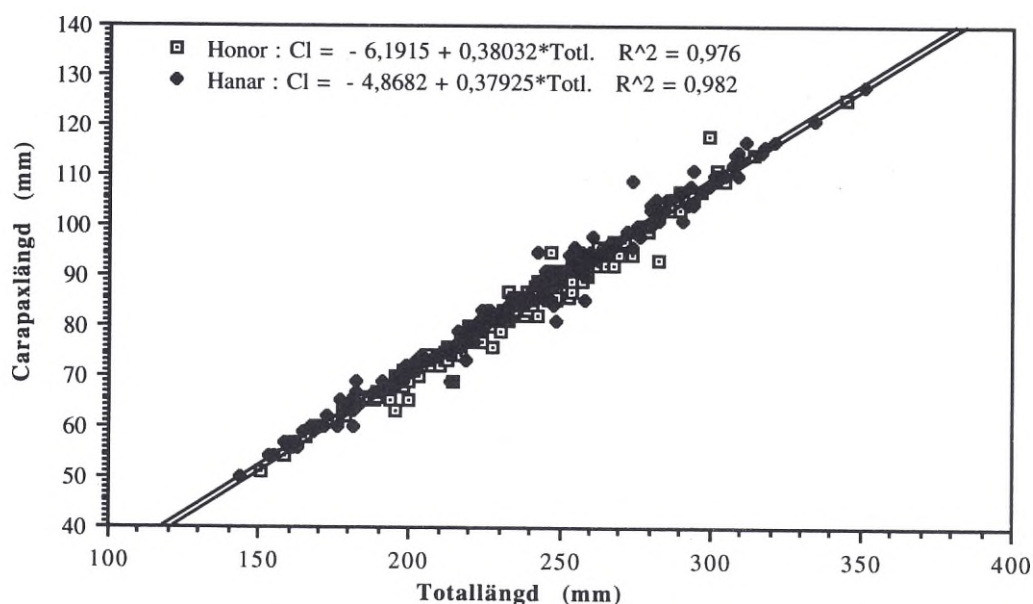
vandringsmönster och tillväxthastighet samt storleks- och könssammansättningen i ett område utan fiskeridödighet.

Föreliggande rapport är en sammanställning av fångstresultaten fram till 1993 års provfiske vid Kåvra samt av mätningar från det kommersiella hummerfisket 1993 i ett försök att belysa den minskade dödlighetens eventuella effekt på produktionen av ägg i det totalfredade området Kåvra jämfört med ett fiskat område.

Material och metoder

Längdmätningar

Uppgifter om könssammansättning och storleksfördelning från det kommersiella hummerfisket har inhämtats från Sveriges två största hummerlandningshamnar, Smögen och Havstensund, under december 1993. Vid mätningarna separerades hanar och honor och humrarnas carapaxlängd (CL) mättes från ögonhållans bakkant till bakre delen av carapax varvid längden registrerades till närmast lägre hela millimeter. Vid mätningarna på Kåvra mättes total längden (från spetsen på rostrum till bakersta kanten av telson) under 1989-90 och carapaxlängden under provfisket 1991-93. Under vissa perioder mättes både total längd och carapaxlängd och omräkning har skett från total längd till carapaxlängd enligt ekvationerna i figur 2. Det är



Figur 2. Förhållandet mellan carapaxlängd och totallängd hos hummerhanar och -honor vid svenska västkusten.

brukligt att använda storleksgrupper på 5 mm-intervall vid presentation av längdfrekvensdata för hummer, men för att belysa ansamlingarna till vissa storlekar (kohorter) har istället 1 mm-intervall använts i detta arbete. Antalet humrar (n) med längden (L) har utjämnats (\bar{n}) med hänsyn till antalet från intilliggande längder och ett glidande medelvärde har applicerats på längdfrekvenserna enligt:

$$\bar{n}_L = (n_{L-2} + 2*n_{L-1} + 3*n_L + 2*n_{L+1} + n_{L+2}) / 9$$

Dödlighetsberäkningar

Ett sätt att uppskatta totala dödligheten (Z) är att från fångstdata (antal individer/årsklass) beräkna överlevnaden (S) som antalsminskningen från den ena årsklassen (N_0) till nästa årsklass (N_1). Metoden, som finns beskriven i (Gulland, 1969), går kortfattat ut på att överlevnaden

$$S = N_1/N_0$$

Relationen mellan överlevnad (S) och totala dödlighetskoefficienten (Z) är:

$$S = N_1/N_0 = e^{-Zt}, \text{ dvs. } Zt = -\log(N_1/N_0) = \log(N_0/N_1) = \log(N_0) - \log(N_1)$$

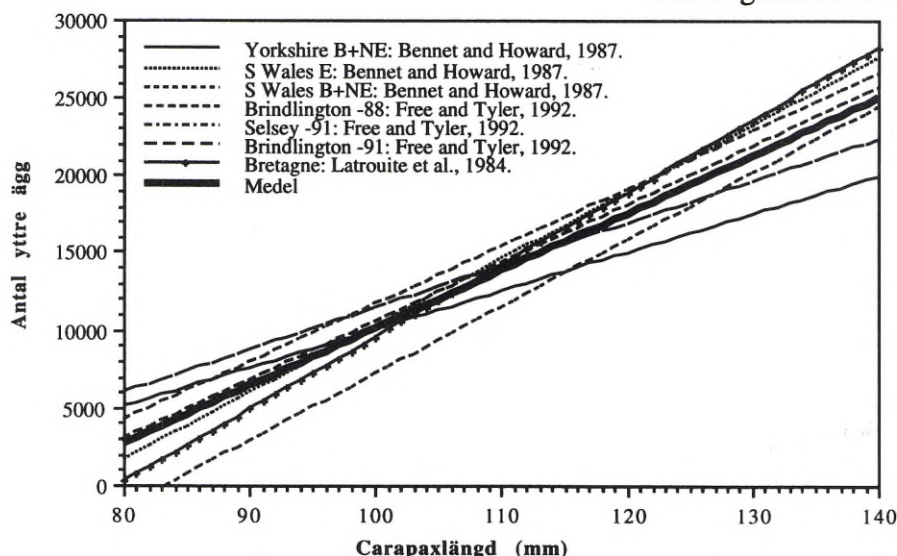
där t är tidsintervall. Omskrivet blir detta: $\log(N_1) = \log(N_0) - Zt$, dvs. om $\log(N_1)$ plottas mot t (t.ex. årsklasser) beskriver detta en rät linje med riktningskoefficienten $-Z$ där Z är den totala mortaliteten.

Eftersom en sådan här fångstanalys kräver kunskap om tillväxten för hummern i våra vat-

ten, vilken för närvarande är okänd, har längdklasser använts istället för årsklasser. Hummerstorlekarna i fångsten är således avsatta mot logaritmen av antalet för varje storleksklass. Avtagandet i antal hos humrar större än den minsta storleken som rekryteras (till höger om toppen på fångstkurvan) kan sedan approximeras med en rät linje vars riktningskoefficient är ett relativt mått på den totala dödligheten. Dyliga uppskattningar av total dödlighet har gjorts med hjälp av fångstens storlekssammansättningar vid Kåvra under 1989-93. Metoden kräver ett relativt stort individantal i provet och eftersom fångsterna från 1990 och 1991 var relativt små, har fångsten från 1989 och 1990 samt fångsten från 1991 och 1992 slagits ihop. Femårsperioden som Kåvra hade varit fredad är därför i dödlighetsberäkningarna fördelad på tre perioder; 1989-90, 1991-92 och 1993.

Fekunditetsuppskattningar

Uppgifter om fekunditet (antal ägg på pleopoderna under abdomen) har inhämtats från undersökningar angående äggantal hos olika storlekar av hummerhonor (*H. gammarus*) runt Storbritannien (Bennet, 1987; Free, 1992) och vid Bretagne (Latrouite, 1984). Några svenska undersökningar på hummerns fekunditet finns inte publicerade. Eftersom en viss geografisk variation förekommer, har en medelfekunditet beräknats (Figur 3.). Då uppgifterna skall användas för beräkning av den relativa skillnaden i % av äggproduktionen är den absoluta fekunditeten inte avgörande för resultatet.



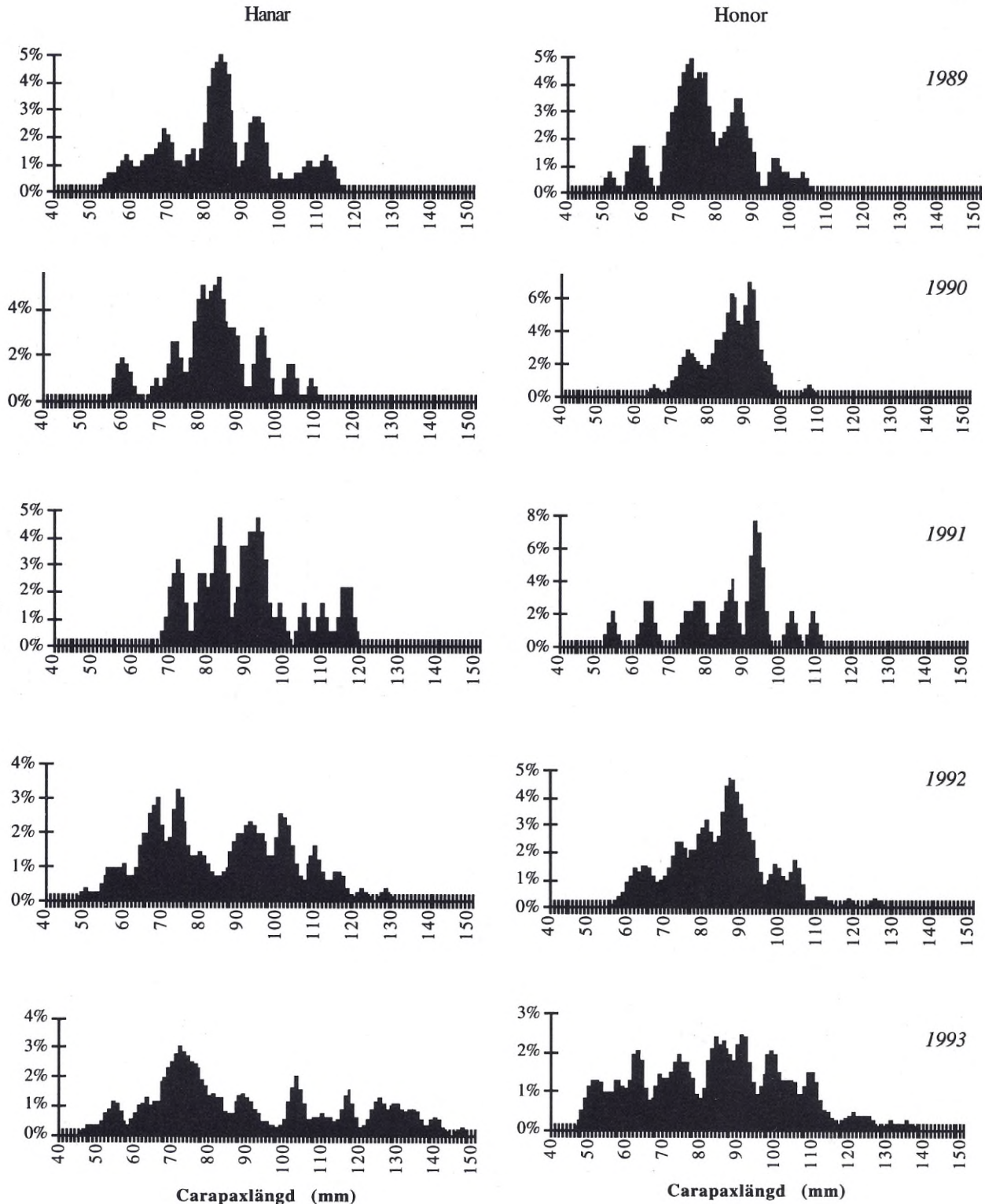
Figur 3.
Fekunditet (antal ägg under bakkroppen) hos hummerhonor (*Homarus gammarus*) från olika undersökningar.

Resultat

Storleksfördelning

Den procentuella storlekssammansättningen hos de fångade humrarna vid Kåvra finns redovisat för åren 1989-1993 i figur 4.

Humrarna har fångats med garn, ryssjor och tinor och längdfrekvenserna i figur 4 är den sammanslagna fångsten från de olika redskapen. Man kan tydligt se hur storlekar grupperar sig kring vissa längder vilket skulle kunna tyda på årsklasser.



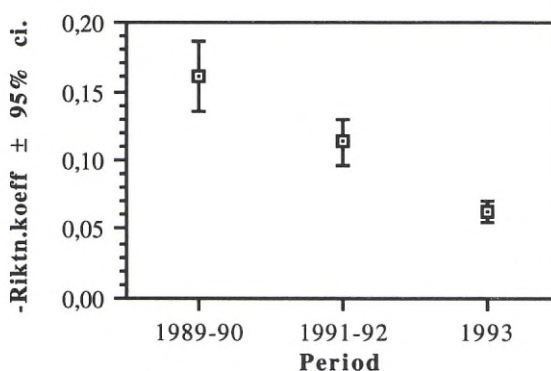
Figur 4. Längdfrekvensdiagram (andelen av viss mm-grupp i förhållande till totala antalet i årsfångsten) hos hummerfångsterna vid Kåvra från 1989 (överst) till 1993 (underst), för hanar (vänster) samt honor (höger).

Den procentuella andelen honor större än 100 mm CL har ökat från 2-3% under 1989-91, till 12-13% under 1991-92 och till 23% under 1993. Motsvarande siffror för de mer snabbväxande hanarna (≥ 100 mm CL) var 9-14% under 1989-91, 21-25% under 1991-92 och 36% under 1993. För 1993 kan även utläsas att förutom ett ökat inslag av stora individer så har även yngre årsklasser börjat uppträda i fångsterna, framför allt hos honorna.

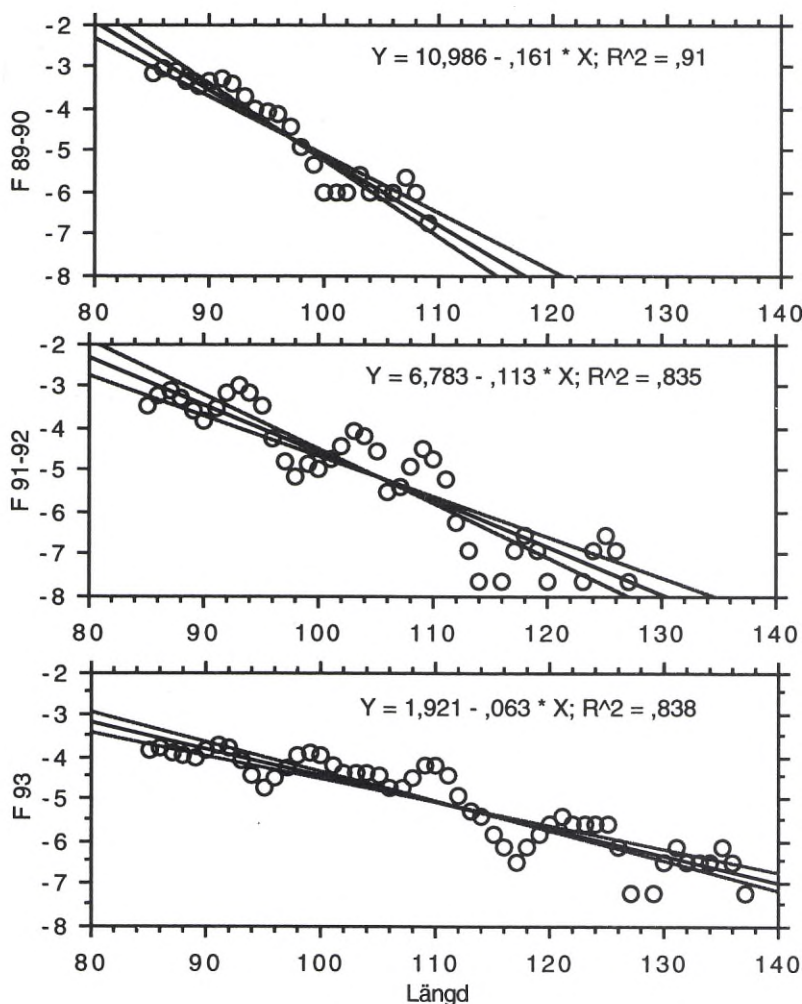
Dödlighet

I figur 5 redovisas uppskattningarna av den totala dödligheten för honor större än 85 mm CL i hummerbeståndet vid Kåvra under perioderna 1989-90, 1991-92 och 1993. Före 1989 bedrevs ett kommersiellt fiske efter hummer i området och efter fredningen har alla fångade humrar

satts tillbaka i området kring Kåvra. Riktningkoefficienten (lutningen) för linjen som beskriver avtagandet i det logariterade antalet från en mindre till en större storleksklass motsvarar den



Figur 6. (-) Riktningkoefficienterna ($\pm 95\%$ konfidensintervall(ci)) ur figur 5 för perioderna 1989-90, 91-92 samt 1993.



Figur 5. Regressionskurvor för storleksklassernas avtagande (logariterat antal) hos hummerhonor fångade vid Kåvra under perioden 1989-90 (överst), 1991-92 (mitten) och 1993 (underst). Linjerna vid sidan om regressionslinjen anger 95% konfidensintervall för riktningkoefficienten.

totala dödligheten över åldern. Om riktningskoefficienten är noll är dödligheten noll och ökar ju mer negativ koefficienten blir. Eftersom uppgifter på tillväxten saknas för dessa humrar antas att tillväxten (längdökning vid skalömsning och tiden mellan ömsningar) är konstant mellan åren för en given storlek och förändringar i den beräknade riktningskoefficienten mellan perioderna är då ett mått på den relativa förändringen i total dödlighet. Figur 6 visar en klar trend i hur den totala dödligheten hos honorna minskar från fredningens inträde fram till 1993.

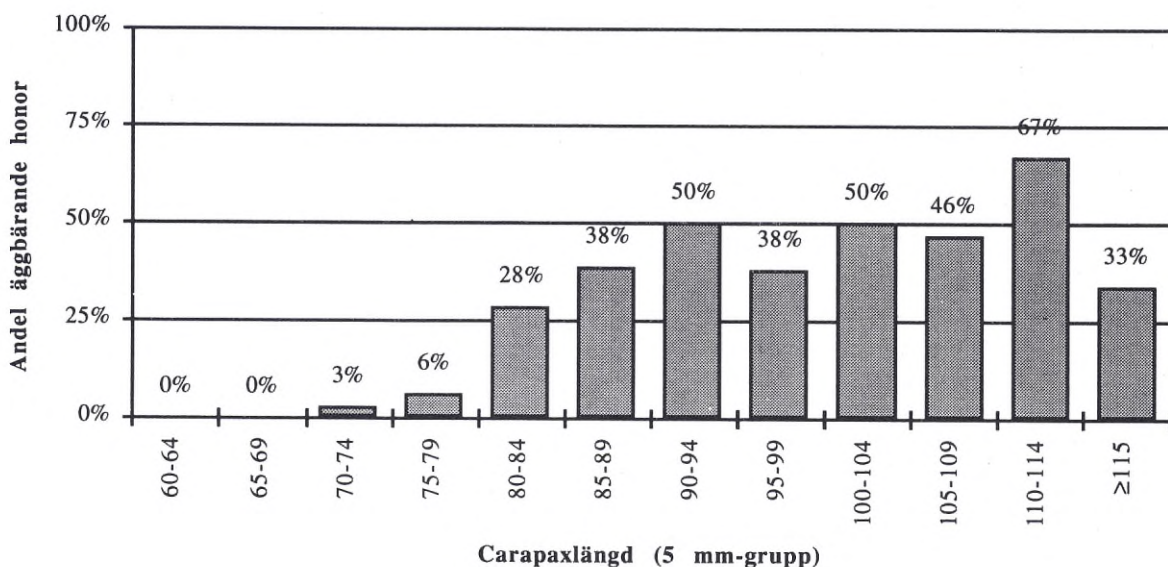
Lekmognad

Storleken då lekmognaden inträder hos honorna vid Kåvra har undersökts genom att plotta andelen honor med yttre rom av totalantalet honor i 5 mm-storleksgrupper (fig. 7). Rombärande honor börjar uppträda vid 70-79 mm CL och vid 90 mm CL är omkring 50 % rombärande. När honorna blivit könsmogna ömsar de skal som oftast vart annat år (Phillips, 1980). Att 50% är lekmogna hos de adulta storlekarna kan därför förklaras av att de leker och ömsar skal vartannat år och därför är endast 50% lekmogna på årsbasis. Ju äldre en hona är desto

längre blir mellanömsningsperioden (Hepper, 1978) och förmodligen leker de också mer sällan ju äldre de blir (Phillips, 1980).

Äggproduktion

Den minskade fiskeridödligheten medför således ett ökat inslag av stora honor i fångsten. Utbredningen och tätheten i ett hummerbestånd bestäms bl.a. av tillgången på passande botten (Addison, 1986). Humrar vid svenska västkusten favoriserar sand- och skalgrusbotten med stenar eller block att finna skydd under (Dybern, 1973). Det finns därför en övre gräns för hur mycket hummer som kan finnas i ett område. Uppskattningen av äggproduktion har gjorts som jämförelse mellan den adulta storleksfördelningen hos honorna vid Kåvra 1993 och motsvarande storleksfördelning i det kommersiella fisket vid Smögen och Havstensund. Eftersom rombärande honor är förbjudna att landas sedan 1985 så har de kommersiella fångsterna uppskalats med proportionen rombärande honor som redovisats från Kåvra (fig.7.) Då det inte finns några publicerade undersökningar angående maximal täthet (antal humrar/m²) för våra vatten så har här två fall undersökts,



Figur 7. Procentuella andelen äggbärande av totalantalet honor för 5mm-grupper i sammanlagda fångsten vid Kåvra 1989-1993.

a) antag att alla tillgängliga boplatser är upptagna och antalet honor ≥ 80 mm CL per yta är detsamma för ett fiskat område som för Kåvra, dvs substratet är utrymmesbegränsat. (Fig. 8).

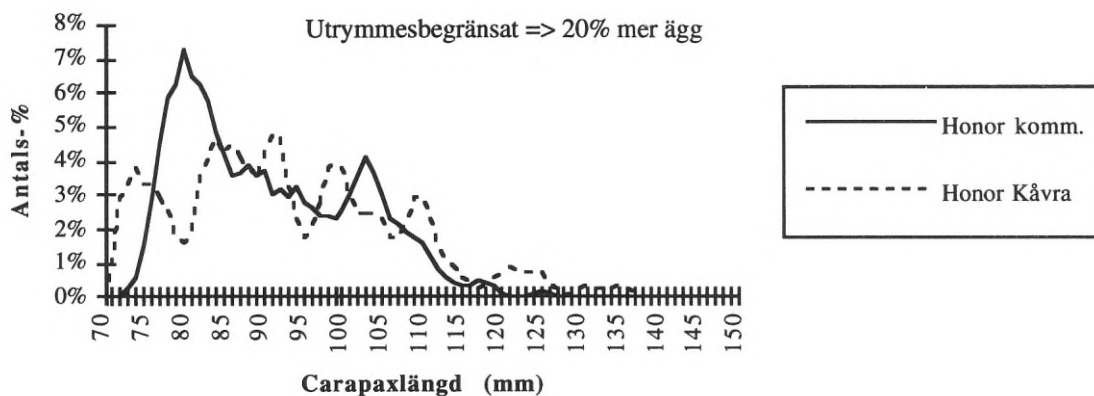
b) antag att det finns plats för det ökade antalet honor som dödlighetsminskningen på Kåvra gett upphov till, dvs substratet är inte utrymmesbegränsat. Antag vidare att den rekryterande årsklassen som inträder i kommersiellt fångstbar storlek har samma styrka i båda områdena (markerat "Lika rekr." i fig. 9).

En summering av antalet ägg för varje storleksklass ger för scenario:

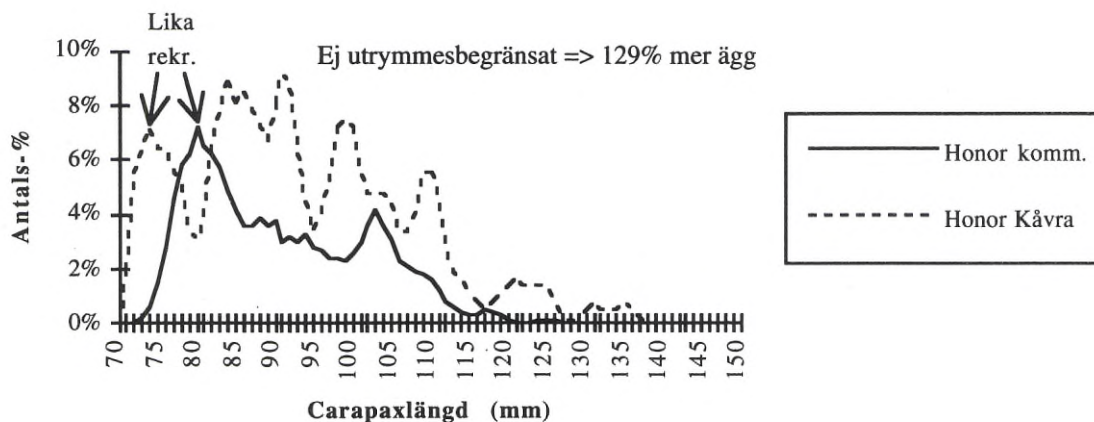
a) att 20% mer ägg produceras per ytenhet vid Kåvra än i ett fiskeexploaterat område.

b) att 129% mer ägg produceras per ytenhet vid Kåvra än i ett fiskeexploaterat område.

Detta innebär att om tätheten på boplatser vid Kåvra är representativt för hela västkustens hummerfiskeområden, så motsvarar äggproduktionen från det totalfredade 1,05 km² området vid Kåvra:



Figur 8. Längdfrekvensen för hummerhonor i en utrymmesbegränsad situation där antalet honor ≥ 80 mm är detsamma för Kåvra som för ett kommersiellt fiskat område (scenario a) ovan.



Figur 9. Längdfrekvensen för hummerhonor i en situation som ej är utrymmesbegränsad utan antalet honor som rekryteras till fångstbar storlek är detsamma för Kåvra som för ett kommersiellt fiskat område.

a) äggproduktionen för 1,26 km² i ett fiske-exploaterat område för den utrymmes-begränsade situationen

eller

b) äggproduktionen för 2,40 km² i ett fiske-exploaterat område för den ej utrymmes-begränsade situationen.

Diskussion

Då landningarna av hummer minskade drastiskt under 1950, 60 och 70-talet i både England, Skottland, Orkney, Shetland, Danmark, Norge och Sverige m.fl. (totalt 13 bestånd), togs frågan upp inom internationella havsforskningsrådet (ICES) vilka åtgärder som skulle kunna vända den nedåtgående trenden (Anon., 1978). Man var överens om att den troligaste orsaken till nedgången var att rekryteringen till hummerbestånden av någon anledning misslyckats. Fiskarkårernas svar på de fallande fångsterna var i många fall att kompensera med ökat antal tinor och således ett ökat fisketryck. Årsfångsterna blev till stor del beroende av den rekryterande årsklassen (de som vid senaste skalömsningen vuxit in i fullmålig storlek) varvid beståndet blev mycket känsligt för svängningar i rekryteringen. Trots att förhållandet mellan lekbeståndets storlek och efterföljande rekrytering är dåligt känt blev den huvudsakliga målsättningen en strävan att skapa förutsättningar för ett ökat lekbestånd. Tänkbara åtgärder för att öka rekryteringen har varit höjt minimimått, fredningstider, romhoneyförbud, fredningsområden samt utplantering av juvenila humrar.

Minimimåttet bör minst sättas till storleken som humrarna får vid skalömsningen efter det att de för första gången blivit könsmogna (Bennet, 1980). För de bestånd där uppgifter på storlek vid lekmognad fanns, visade det sig att minimimåttet för det mesta var för lågt satt och den första åtgärden borde vara att höja minimimåttet i dessa områden för att på sikt öka avkastningen på beståndet. Enligt könsmognaden hos hummerhonor vid Kåvra borde minimimåttet höjas från nuvarande 80 mm CL till minst 85 mm CL. Samma slutsats drogs för bestånden runt Storbritannien (Bennet, 1981), där man höjt minimimåttet i etapper från 80 till 83 och 85 mm.

Fredningstider förekom i några av områdena med motiveringen att låta humrarna vara ifred under sommaren då de kläcker sin rom och byter skal. I Sverige är hummern för närvarande fredad från 1 maj till första måndagen efter 20 september.

Förbud att landa rombärande honor tillämpades runt Storbritannien från 1951 till 1966 då lagen upphörde beroende på att den var för svår att kontrollera eftersom man kan skrubba av romkornen samt att fiskarna kunde hävda att humrar satt sin rom i sumpen efter fångst. I Sverige har romhoneyförbud gällt sedan höstfiskets början 1985. Syftet med denna regel var att minska risken för att fisketrycket skulle bli så stort att lekbeståndet decimeras till otillräcklig storlek. Fångsterna vid Kåvra under 1993 visar ett ökat inslag av mindre storlekar än tidigare. Orsaken till detta kan inte förklaras av resultaten från denna sammanställning men kan vara konsekvensen av det förbud mot landningar av rombärande hummerhonor som infördes 1985.

Bennet (1981) gjorde en analytisk utvärdering (längdkohortanalys) av effekterna av några olika alternativ till förvaltningsmetod för 3 hummerbestånd runt Storbritannien; höjning av minimimått generellt (till 83 eller 85 mm CL) eller bara för honor samt romhoneyförbud. Effekterna varierade mellan bestånden vilka hade olika storlekssammansättning och fisketryck. På kort tid (1 år) fann han en förlust i fångst för alla alternativen och alla bestånd. På lång sikt redovisades däremot vinster i fångst på upp till 17% vid den största höjningen i minimimått. Alternativet med romhoneyförbud orsakade en minskning med 6 % i långtidsfångst för ett av bestånden. Äggproduktionen ökade för alla alternativen och mest vid romhoneyförbud (56-110% ökning). Konklusionen blev att en höjning i minimimått skulle både öka avkastningen på lång sikt och öka lekbeståndet samtidigt som en höjning i minimimått är lättare att genomdriva och kontrollera än ett romhoneyförbud.

En enklare metod att minska fiskeridödligheten på rombärande honor är att totalt stänga ett visst område från fiske för att låta bygga upp ett stort "avelsbestånd" varifrån larver kan spridas till omkringliggande fiskbara områden. Denna metod har föreslagits som en åtgärd för att förbättra rekryteringen (Anon.,

1975), men det finns många tänkbara orsaker till att en begränsning i betydelsen kan uppträda någonstans på vägen från en ökning i äggproduktionen till rekryteringen av det fiskbara beståndet. Många fiskeribiologer har försökt att finna ett samband mellan lekbeståndets storlek och rekryteringen till det fiskbara hummerbeståndet (Scarratt, 1964 m.fl.) och man har endast vid något tillfälle funnit korrelation mellan larvförekomst och kommersiella landningar några år efter (Harding, 1982).

Resultaten från denna sammanställning redovisar en uppskattning av äggproduktionen per ytenhet för två olika situationer, utrymmesbegränsat eller inte utrymmesbegränsat. Effekten som ett totalfredat område får för äggproduktionen beror således på substratets kapacitet att hysa det ökade antalet rombärande humrar. I ett område med ökande täthet av hummer kan man förvänta sig en minskande individuell tillväxt beroende på ökad konkurrens om föda, och samtidigt hämmad tillväxt beroende på den ökade stress som humrar upplever när de kemiskt känner av varandra (Nelson, 1983). Vid skalömsningen har humrar speciellt behov av en skyddad plats på botten. Om alla platser är upptagna kan hummern vänta med ömsningen tills någon bohåla blir ledig, ömsningen blir försenad med följd att tillväxten minskar (Addison, 1986). Storleksfördelningen hos hummerhonorna vid Kåvra jämfört med ett kommersiellt fiskat område (fig 8.) tyder på att tillväxten vid Kåvra varit lägre för den rekryterande storleksklassen jämfört med det fiskeexploaterade området. Detta skulle kunna förklaras med en större hummertäthet vid Kåvra och en lägre tillväxt av bl.a. ovan nämnda orsaker.

Sammanfattningsvis har detta arbete påvisat en minskad total dödlighet i samband med att fiskeridödligheten försvann vid totalfredningen av området Kåvra. Detta medför en ökad äggproduktion om de antagna förutsättningarna gäller. Avsaknaden av oberoende kontroller gör att det dock är omöjligt att koppla förändringen till just totalfredningen. En möjlighet att koppla förändringen till just totalfredningen är att finna ett område som provfiskats och utsatts för fiskeridödlighet före och under samma tidsperiod som Kåvra varit totalfredat. Man kan då använda metoden "BACI" (Underwood, 1991) för detta

område tillsammans med Kåvra. Om orsaken till ökningen i äggproduktionen beror på totalfredningen skulle detta kunna visas vid provtagning i två områden som har fiskeridödlighet varefter provtagningarna fortsätter i båda områdena då det ena totalfredats.

Den ökning i äggproduktion som uppskattats vid Kåvra (20-129% fler ägg jämfört med produktionen inom det begränsade området innan fredningen) får dock betraktas som marginell jämfört med resultaten från Bennet (1981) där ett romhoneyförbud ger en vinst med 56-110% i äggproduktion hos hela det exploaterbara beståndet. En ökning i minimimått från 80 mm CL till 83 och 85 mm CL gav en vinst på 6-63% och 10-94% respektive i äggproduktion hos hela det exploaterbara beståndet.

En ökning i äggproduktion garanterar dock inte en ökad rekrytering till de efterföljande fiskbara storlekarna. Rekryteringens framgång kontrolleras sannolikt av ett stort antal faktorer såsom t.ex. utbredning och fördelningen av ägg och larver i förhållande till hydrografi, vattentemperatur, plats och omfattning av larvernans bottenfällning, typ av substrat, tillgång till bohålor, tillgång på föda, konkurrens, predation, m.m. Eftersom förhållandet mellan lekbeståndets storlek, äggproduktionen och efterföljande rekrytering är så gott som helt okänt, är det för närvarande omöjligt att bedömma hur stort lekbestånd eller hur stor äggproduktion som behövs för att optimera och garantera den årliga rekryteringen till det fiskbara beståndet.

Vid fortsättningen med hummerundersökningarna rekommenderas att även utföra provtagningar i fiskade områden utanför Kåvra. Eftersom den totala dödligheten är summan av fiskeridödligheten och den naturliga dödligheten så bör det vara möjligt att dokumentera storleken på den naturliga dödligheten när storlekssammansättningen i fångsten stabiliserats vid Kåvra. Uppgifter på fångst per ansträngning ger då upplysning om beståndets övre gräns (maximal täthet). Märkningarna bör ge svar på tillväxten och fekunditetsstudier ger en äggproduktion i absoluta tal. Undersökningarna kommer att kunna ge en ökad förståelse av hummerns biologi och rekryteringsmekanismer, vilket skulle förbättra möjligheten att göra prognoser på hum-

merbeståndets storlek och således underlätta bedömningen av lämpliga bevarandeåtgärder.

Erkännanden

Detta arbete utgör ett 20-poängsarbete i Marin Zoologi, KMFS, Göteborgs Universitet.

Jag vill framföra mitt tack till min handledare Jan Thulin som givit mig inspiration och goda råd under mitt 20-poängsarbete. Tack även till Hans Hallbäck och Peter Jakobsson som gett mig tillfälle att få lite frisk luft och motion under provfisket. Sist men inte minst ett stort tack till Yvonne Eriksson som stansat in allt material i datorn.

Referenser

- Addison, J.T., 1986. Density-dependent mortality and the relationship between size composition and fishing effort in lobster populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 2360-2367.
- Anon., 1975. Report of the Working Group on *Homarus* Stocks. ICES C.M. 1975/K:38.
- Anon., 1978. ICES Crustacean Workng Group's Reports 1977. *Coop. Res. Rep., Int. Coun. Explor. Mer.* 83: 107 pp.
- Bennet, D.B., 1980. Perspectives on European Lobster Management. In: Cobb, J.S. & B. F. Phillips (ed.) *The Biology and Management of Lobsters*. 1. Academic Press, Inc., New York: 317-331.
- Bennet, D. B. & E. Edwards, (1981). Should we ban the berried lobster? ICES C.M. 1981/K:11.
- Bennet, D.B. & A.E. Howard, 1987. Estimates of lobster (*Homarus gammarus*) fecundity from east and west Britain. ICES C.M. 1987/K:47.
- Berril, M., 1974. The burrowing behaviour of newly settled *Homarus vulgaris*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 54: 797-801.
- Dybern, B.I., 1965. Hummerfångst och hummerundersökningar. *Svenska Väst kustfiskaren*. 296-299.
- Dybern, B.I., 1973. Lobster burrows in Swedish waters. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 24: 401-414.
- Dybern, B.I., L. Jacobsson & H. Hallbäck, 1967. On the habitat behaviour of the lobster (*Homarus vulgaris*) in Swedish waters. *Medd. fr. Havsfiskelaboratoriet*.
- Free, E.K. & P.A. Tyler, 1992. Lobster (*Homarus gammarus*) fecundity and maturity in England and Wales. ICES C.M. 1992/K:43.
- Gulland, J.A., 1969. Fish population analysis. FAO, Malta
- Harding, G.C., W.P. Vass & K.F. Drinkwater, 1982. Aspects of Larval American Lobster (*Homarus americanus*) Ecology in St. Georges Bay, Nova Scotia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1117-1129.
- Harding, G.C., K.F. Drinkwater & W.P. Vass, 1983. Factors Influencing the Size of American Lobster (*Homarus americanus*) Stocks Along the Atlantic Coast of Nova Scotia, Gulf of St. Lawrence and Gulf of Maine: A New Synthesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 168-184.
- Hepper, B. T., 1978. Population dynamics of the lobster *Homarus gammarus* (L) off the coasts of England. Fisheries Research technical Report No. 41. (MAFF, Directorate of fisheries research).
- Latrouite, D., Y. Morizur & G. Raguenes, 1984. Fecondites individuelles et par recrue du Homard Europeen, *Homarus gammarus* (L.) des côtes françaises. ICES C.M. 1984/K:38.
- Nelson, K. & D. Hedgecock, 1983. Size-dependence of growth inhibition among juvenile lobsters (*Homarus*). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 66: 125-134.
- Phillips, B.F., J.S. Cobb & R.W. George., 1980. General biology; Growth and molting. In: Cobb, J.S., P.B. F. (ed.) *The Biology and Management of Lobsters*. Academic Press, Inc., New York: 44-46.
- Scarratt, D.J., 1964. Abundance and distribution of lobster larvae (*Homarus americanus*) in Northumberland Strait. *J. Fish. Res. Board Can.* 21: 661-680.
- Tveite, S., 1991. Minstemålet av stor betydning for hummerbestanden. *Fiskets Gang.* 25: 24-25.
- Underwood, A. J., 1991. Beyond BACI: experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. *Aust. J. Freshwater Res.* 42: 569-587.

Mundelarnas funktionella morfologi hos havskräfta (*Nephrops norvegicus* L.), speciellt i relation till suspensionsätande

Av Anders Sellborn

Abstract

The Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) can be a suspension feeder, and the lobster use its mouthparts as a "landing-net". A feeding current was produced by the exopodite of the third maxillipeds and with the pleopods. This paper describes the morphology of the mouthparts with respect to suspension feeding. The activity of the mouthparts were tested during aquaria experiments. Crushed shrimps (*Pandalus borealis*) and nauplii of brine shrimps (*Artemia salina*) were used as prey.

All mouthparts of *N. norvegicus* are covered with setae in different length and size. There are also different shapes among them. In general speaking there are long, serrate setae on the anterior mouthparts and short, stiff setae on the inner mouthparts. Food particles are trapped on the long, serrated setae on the outer mouthparts (mostly the third maxillipeds) and are transported by combing movements of the inner mouthparts to oesophagus.

There was no significant difference in beatspeed of the exopodites. Three different sources were tested against each other: food (crushed shrimp or nauplii of brine shrimp), treatment (before, under and after addition of food) and the interaction food/treatment. Very large variance differences occurred within the same food group when tested for the interaction food/treatment. The explanation is that the exopodites do not beat simultaneously and there are large speed differences between left and right exopodite. A two factor ANOVA analysis of variance was used as a statistic method.

Introduktion

Havskräftan (*Nephrops norvegicus*) lever på vattendjup större än 25 meter, där den gräver gångsystem på fasta lerbottnar. Den är generellt mest aktiv vid gryning och skymning, då den söker föda. Man har observerat att havskräftan konkurrerar med andra bottenlevande djur om att vara både depositionsätande och suspensionsätande samt att den även kan predera på dessa djur. Den har sannolikt en betydande roll i det bentiska ekosystemet. Havskräftan är allmänt utbredd i Skagerrack, Kattegat samt Nordsjön. Den förekommer också från Island ända ner till Medelhavet. *Nephrops norvegicus* är den enda arten inom släktet *Nephrops* som finns i tempererade hav. De andra arterna förekommer främst i Indo-Pacific regionen (Yongue, 1924; Figueiredo, 1967)

Ytterst få arbeten beskriver suspensionsätning hos stora decapoda kräftdjur. De undersökningar som gjorts handlar framför allt om hummern (*Homarus americanus* och *Homarus*

gammarus) och en amerikansk flodkräftart (*Orconectes immunis*).

Vad gäller flodkräftan har man undersökt både juvenila och adulta djur (Budd, 1978). Det visade sig att aduler använde sig av suspensionsätning när det var brist på makroföda och när de precis hade bytt skal eftersom predationsrisken är stor just vid detta tillfälle. Adulta djur kan använda sig av suspensionsätande när det sker förändringar i omgivande miljön (Budd, 1978).

Den amerikanska hummern (*H. americanus*) har åtminstone som post-larval, också visat sig ha en förmåga att suspensionsäta. De kunde ta storlekar från små algceller upp till juvenila zooplankton (Lavalli och Barshaw, 1989). Mundelarnas utveckling från juvenil till adult har väl beskrivits (Factor, 1978; Lavalli, 1992). Nyligen har dokumenterats att adulta individer av den europeiska hummern (*H. gammarus*) och havskräftan (*N. norvegicus*) kan suspensionsäta (Loo et. al. 1993).

Suspensionsätande hos små decapoda kräftdjur finns dokumenterat hos flertalet arter. En eremitkräftart, (*Clibanarius longitarsus*), har visats använda sina båda antennule för att fånga plankton. 2:a och 3:e maxillipeden skapar en vattenström som antennule dras igenom (Manjulatha, 1991). Hos vår eremitkräfta (*Pagurus bernhardus*) sker suspensionsätning av *A. salina* nauplier med hjälp av endopoderna på 3:e maxillipeden och encelliga alger fångas sannolikt med hjälp av de två maxillerna. Själva vattenströmmen skapas av exopoden på 2:a och 3:e maxillipeden (Gerlach, 1976). Två arter av eremitkräftor (*Stratiotes setosus* samt *Pagurus novae-zealandiae*) har undersökts vad gäller suspensionsätning. Den ena av dem (*S. setosus*), som är en mer utpräglad suspensionsätare, har långa och fjäderformade antenner som den sveper runt i vattnet och fångar växt- och zooplankton med. Antennerna är ledade invid fästet så att kräftan kan rotera dessa i slutet av varje slag, vilket medför att kräftan kan spärra ut antennen i rörelseriktningen. Resultatet är att antennerna fungerar som ett nät. Skulle antennerna bli tilltäppta av partiklar så drar kräftan dessa genom 3:e maxillipederna i rengörande syfte. När antennerna är fyllda med föda dras dessa genom borsten på mundelarna och födan förs med hjälp av borsten till munnen (Greenwood, 1972).

Krabbor har också varit föremål för undersökningar vad gäller suspensionsätning. En krabbart (*Gaetice depressus*), har visat förmåga att kunna fånga partiklar i vattnet med hjälp av sina plymformade mundelar (Depledge, 1989).

Vinkarkrabbor (släktet *Uca*) har i en artikel, som behandlade födomekanismer ur en ekologisk synvinkel, visats att de ej på ett "traditionellt" sätt suspensionsäter, utan krabban tillbringar sin mesta tid uppe på land och plockar i sedimentet. När den befinner sig i vattnet använder den olika tekniker för att skaffa föda, bland annat kan den då troligtvis suspensionsäta (Miller, 1961).

Denna undersökning syftar till att försöka beskriva hur själva mekanismen för suspensionsätning hos havskräftan (*N. norvegicus*) går till, vilken roll de olika mundelarna har (morfologisk utformning) samt att försöka se om eventuella födopartiklar inne i gälhålan kan användas som suspenderad föda.

Material och Metoder

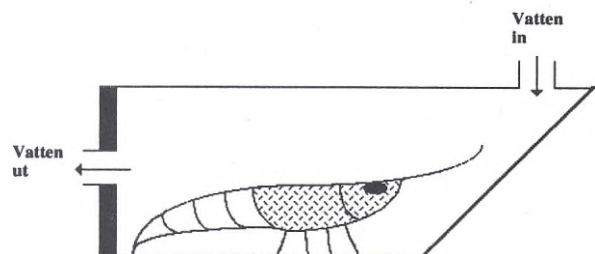
Havskräftorna som användes i denna undersökning hade burfångats och fått gå under svält i cirka 3 månader. På laboratoriet gick kräftorna i akvarier med havsvatten som pumpades upp från ungefär 30 meters djup. Vattnet hade en temperatur på 4°C samt en salthalt på 33‰. Som bytesdjur användes nauplier av *Artemia salina* samt homogenat av räka (*Pandalus borealis*).

Två kräftor användes för dokumentation av mundelarna framifrån och två kräftor användes för filmning in i gälarna. Samtliga var adulta och c:a 4 cm i carapaxlängd.

För att kunna filma mundelarna framifrån, användes en kammare med genomströmmande havsvatten. Kammaren bestod av ett plexiglasrör med innerdiametern 6 cm. I ena änden var röret snedsågat och försedd med en bit plexiglasskiva, fastlimmad med silikon. Andra änden var försedd med ett O-ringstättat lock samt utlopp för havsvattnet. Havsvatteninloppet placerades så att det "nya" vattnet kom in och passerade framför kräftans mundelar och sedan ut genom locket (Fig. 1).

Kammaren riggades upp med hjälp av två byrettstativ och kräftan placerades med mundelarna mot plexiglasskivan. Efter att en svag vattenström kopplats på, injicerades nauplier av *A. salina* eller homogenat av räka i inloppsslangen. Mundelar och gälar filmades med en super-VHS kamera (Panasonic WVF-15) försedd med ett makrofunktionsobjektiv. Kameran kopplades även till en stereolupp (M5-lupp, 6 ggr förstoring) för att få detaljbilder.

Vid filmning in i gälarna användes en långsmal kammare av plexiglas. Kammaren var öp-



Figur. 1. Försökskammare för filmning av mundelar.

pen på ena långsidan och i ena kortsidan. På den andra kortsidan leddes havsvattnet in genom ett hål. På de kräftor som användes i detta försök klipptes ett hål i carapax för att blotta gälarna. Över hålet sattes en bit overheadfilm för att man skulle kunna filma in i gälarna och samtidigt inte störa de mikroströmmar som bildas runt gälarna (Fig. 2).

Hela kammaren, med kräfta, placerades sedan i ett akvarium med den öppna långsidan mot akvarieglaset. Den öppna kortsidan stängdes med nät med 1 mm maskor. För att försöka detektera mikroströmmar användes *A. salina* nauplier samt ägg, dessutom prövades röd latexfärg. Samtliga tre objekt injicerades i inlopps-slangen.

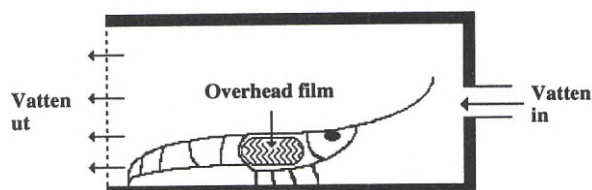
Vid filmning in i gälarna användes M5-lupp.

Lämpliga filmavsnitt valdes ut (precis före, under samt efter tillsats av *A. salina* nauplier eller homogenat av räka) för att användas vid beräkningar av hastigheter hos exopoditerna.

Videobandspelaren (Panasonic NVFS100 S-VHS) som användes var försedd med en bildför-bildfunktion, så att man kunde ta en bild i taget (50 bilder per sekund).

På TV-rutan fästes overheadfilm och sedan togs så många bilder som behövdes för att kunna detektera rörelser hos exopoditerna. Dessa rörelser ritades samtidigt på overheadfilmen. Efter försöken avlivades kräftorna och alla mundelar togs bort. De exopoditer som var avritade mättes med ett skjutmått för att få den verkliga längden.

Genom att man visste hur många bilder per sekund det var, hur många bilder som passerat mellan de utritade rörelserna på overheadfilmen samt verklig längd och uppmätt längd av exopodit



Figur. 2. Försökskammare för filmning av gälhåla.

på overheadfilmen, så fick man fram ett skal-förhållande som kunde användas för att få reda på hastigheten hos exopoditen. Samtliga mundelar fotograferades under lupp för att detektera de olika typerna av borst (setae).

Som statistisk metod användes ANOVA två faktor variansanalys.

Resultat

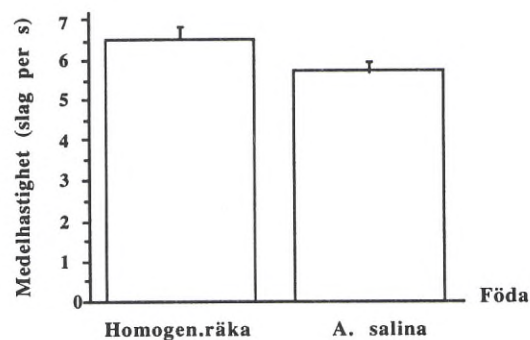
Mundelsaktivitet

De två hastigheter som studerades var: momentana hastigheter (de snabbaste hastigheterna i hela slaglängden) samt medelhastigheter (hastigheten hos hela slaglängden) hos exopoditen.

Medelhastigheterna $\pm 95\%$ konfidensintervall (KI), visade inte på någon signifikant skillnad mellan olika föda (homogeniserad räka och *A. salina* nauplier), behandling (före, under samt efter tillsats) eller interaktionen föda/behandling tillsammans (Tab.1). En tendens till högre slagfrekvens på exopoditen kunde observeras hos homogeniserad räka i jämförelse med *A. salina* nauplier (Fig. 3). Skillnader i variansen inom grupperna homogeniserad räka och *A. salina*

Tabell. 1. Statistiska resultat. Övre delen visar data för medelhastigheten och undre för momentanhastigheten hos exopoditen.

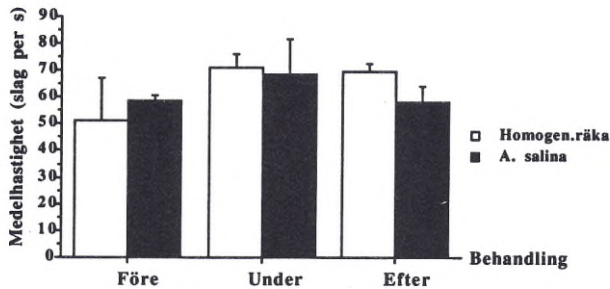
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Föda	1	30,444	30,444	0,090	0,7662
Behandling	2	989,158	494,579	1,470	0,2500
Föda * Behandling	2	465,855	232,928	0,69	0,5102
Residual	24	8076,852	336,536		
Beroende: Medelhastighet					
Föda	1	2117,220	2117,220	4,106	0,0446
Behandling	2	1725,226	862,613	1,673	0,1914
Föda * Behandling	2	2675,486	1337,743	2,595	0,0782
Residual	142	73215,921	515,605		
Beroende: Momentan hastighet					



Figur. 3. Exopoditens medelhastigheter ($\pm 95\%$ KI) vid olika födotillsats.

nauplier mellan medelhastigheter och momentanhastigheter kunde urskiljas (Fig. 4 och 6).

Momentanhastigheterna $\pm 95\%$ konfidensintervall (KI), skilde sig signifikant åt mellan

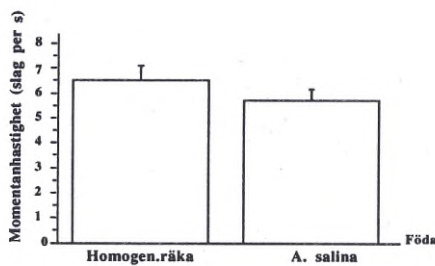


Figur. 4. *Exopodites* medelhastigheter ($\pm 95\%$ KI) vid olika födotillsats samt tillsatstillfälle.

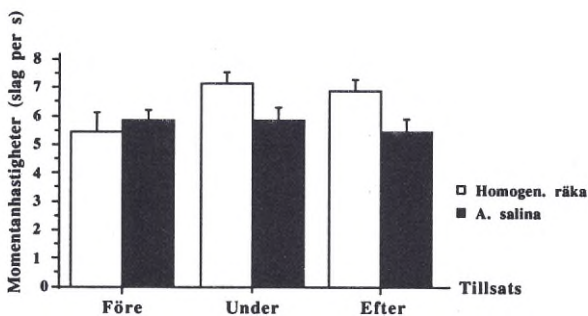
homogeniserad räka och *A. salina* nauplier (Tab. 1), vilket också åskådliggörs i figur 5.

I gälförsöket kunde inte några *A. salina* nauplier eller ägg registreras inne i gälarna. Inte heller latexfärgen kunde identifieras i gälarna.

Mundelsmorfologi och de olika typerna av setae (borst)



Figur. 5. *Exopodites* momentanhastigheter ($\pm 95\%$ KI) vid olika födotillsats.



Figur. 6. *Exopodites* momentanhastigheter ($\pm 95\%$ KI) vid olika födotillsats samt tillsatstillfälle.

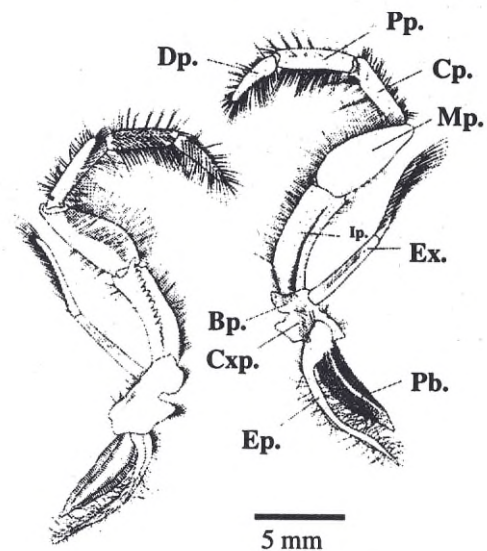
Det finns tre huvudtyper av borst; enkla, plymformade samt sågformade. Inom dessa huvudgrupper kan variationen vara stor (Fig.7).



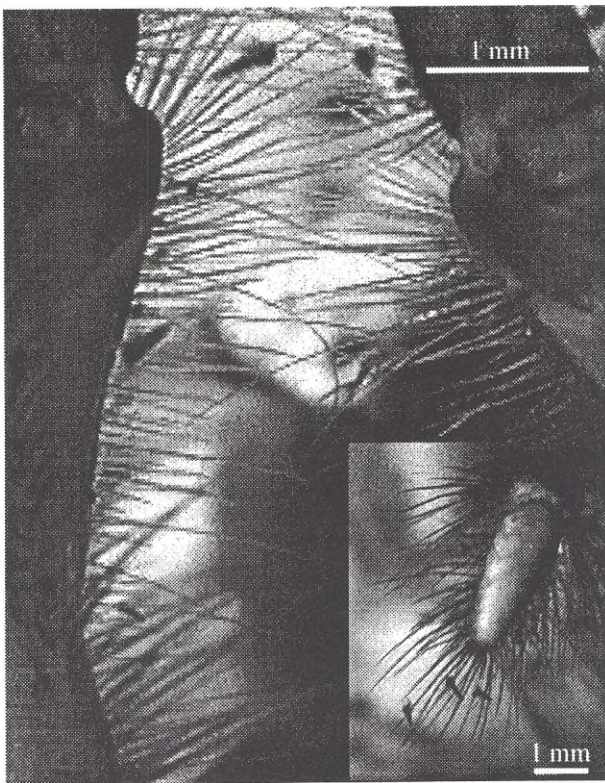
Figur. 7. Olika typer av borst (Farmer, 1974).

3:e maxillipeden

3:e maxillipeden sitter ytterst och består av många olika delar (Fig. 8). Kräftan rör mycket på denna del som fungerar både som "inhåvare" av födopartiklar i vattnet, insamlare av depositions-



Figur. 8. 3:e maxillipeden hos havskräftan (vänster resp. höger). Dp: dactylopodit; Pp: propodit; Cp: carpopodit; Mp: meropodit; Ip: ischiopodit; Ex: exopodit; Bp: basipodit; Cxp: coxopodit; Ep: epipodit; Pb: podobranch (Farmer, 1974).

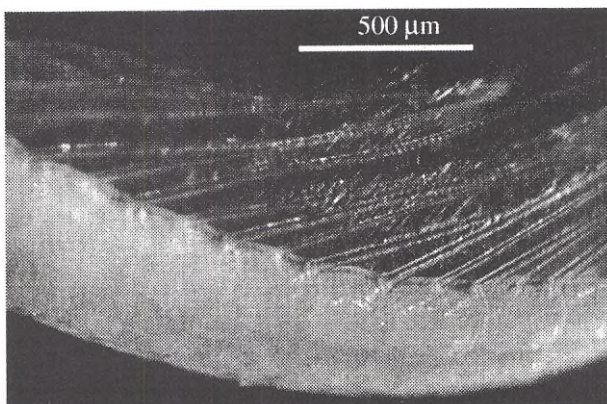


Figur. 9. Sekvens där *A. salina* nauplier har fastnat i borsten på 3:e maxillipeden. Infälld bild visar nauplier som fastnat på dactylopoditens borst.

material samt som fasthållare av makroföda (Fig. 9).

På de yttersta delarna (dactylopodit, propodit, carpopodit samt meropodit) finns i huvudsak långa, sågformade borst som kan fungera som uppfångare av suspenderade partiklar.

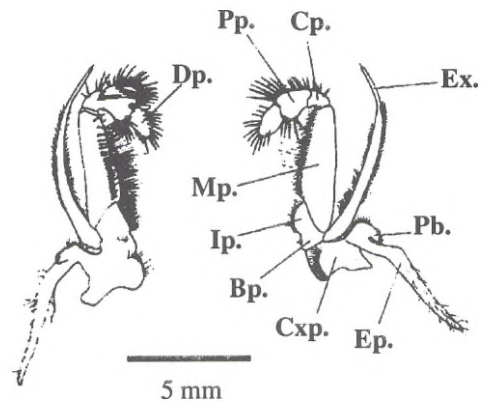
Exopoditen har plymformade borst istället för sågformade, vilket har att göra med exopoditens huvudsakliga funktion, att föra bort gammalt ventilationsvatten (Fig. 10). Toppen på exopoditen är segmenterad.



Figur. 10. Segmenterad del av exopoditen. Även plymformade borst syns.

2:a maxillipeden

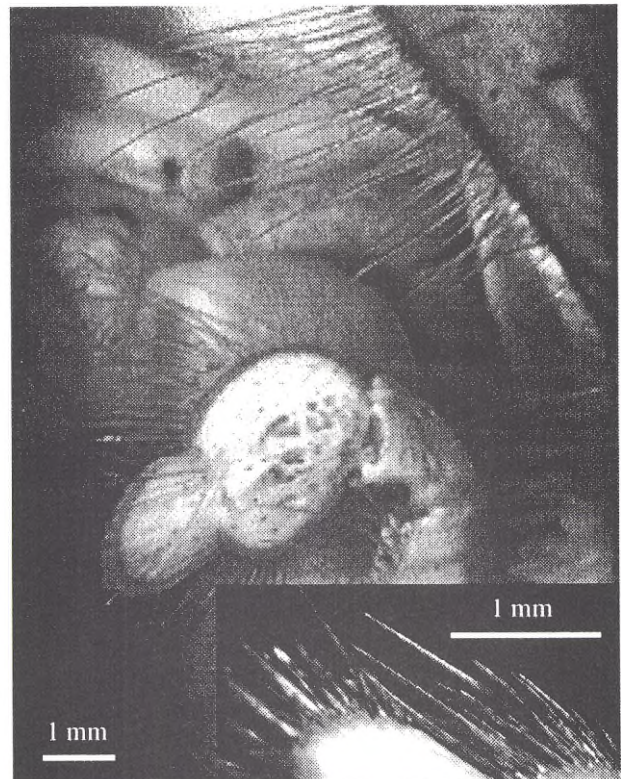
2:a maxillipeden sitter innanför 3:e maxillipeden och är inte lika rörlig som den. Dactylopodit, propodit samt carpopodit är inte långa och smala som hos 3:e maxillipeden. Li-



Figur. 11. 2:a maxillipeden hos havskräftan (vänster resp. höger). Dp: dactylopodit; Pp: propodit; Cp: carpopodit; Pb: podobranch; Mp: meropodit; Ip: ischiopodit; Bp: basipodit; Cxp: coxopodit; Ep: epipodit; Ex: exopodit (Farmer, 1974).

kså är ischiopoditen mycket mindre på 2:a maxillipeden (Fig. 11).

2:a maxillipeden spelar inte lika stor roll som 3:e maxillipeden vad gäller uppfångande av födopartiklar i vattnet. Exopoditen rör sig relativt ofta och samarbetar med exopoditen på 3:e



Figur. 12. Borst på dactylopoditen och propoditen. Infälld bild visar detaljer av borsten.

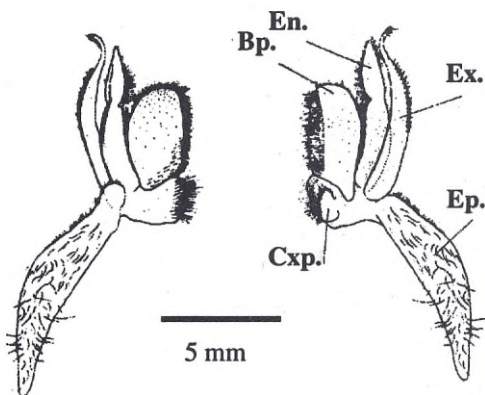
maxillipeden för att åstadkomma ett cirkulerande vattenflöde med "nytt" inkommande vatten rakt framifrån, samt för att få bort ventilationsvattnet från mundelarna.

Det verkar som om 2:a maxillipeden har funktionen att borsta bort partiklar från 3:e maxillipeden. Detta sker med dactylopoditen och propoditen som har långa, styva och sågformade borst (Fig. 12).

Själva rörelsen hos 2:a maxillipeden kan antingen vara antagonistisk och forma en cirkel eller så kan vänster och höger maxilliped slå mot varandra.

Den 2:a maxillipeden kan också tillsammans med den 3:e fungera som en fasthållare av makroföda.

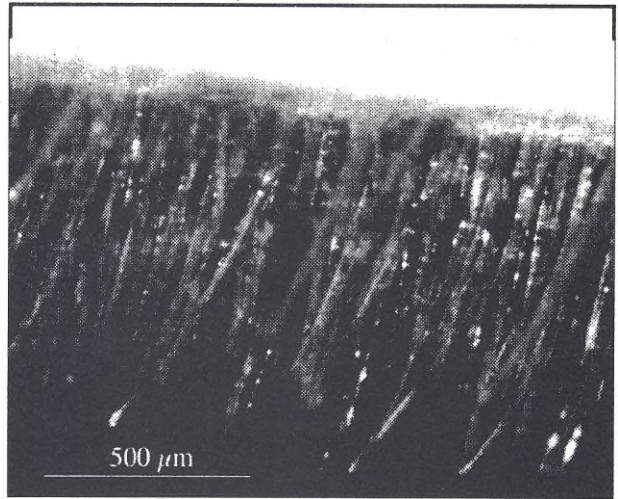
1:a maxillipeden



Figur. 13. 1:a maxillipeden hos havskräftan (vänster resp. höger) En: endopodit; Bp: basipodit; Ex: exopodit; Ep: epipodit; Cxp: coxopodit (Farmer, 1974).

1:a maxillipeden är mycket platt och relativt orörlig på grund av att den inte är lika ledad som 2:a- och 3:e maxillipederna (Fig. 13).

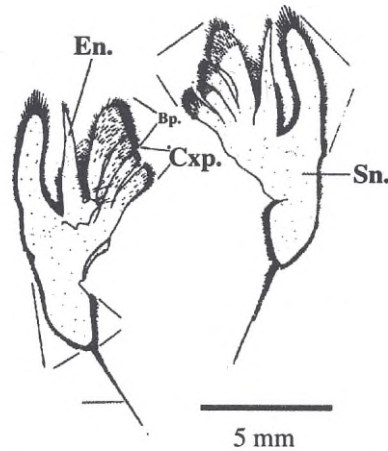
Exopoditen sitter knappt synlig och rör sig tillsammans med 3:e maxillipedens exopodit för att transportera bort det använda ventilationsvattnet. 1:a maxillipedens viktigaste uppgift vad gäller suspensionsätande verkar vara att fungera som en kam som utgörs främst av basipoditen och coxopoditen. Endopoditen kan också hjälpa till att borsta ren de främre mundelarna från partiklar. Endopodens borst är relativt långa och både enkla och sågformade varianter förekom-



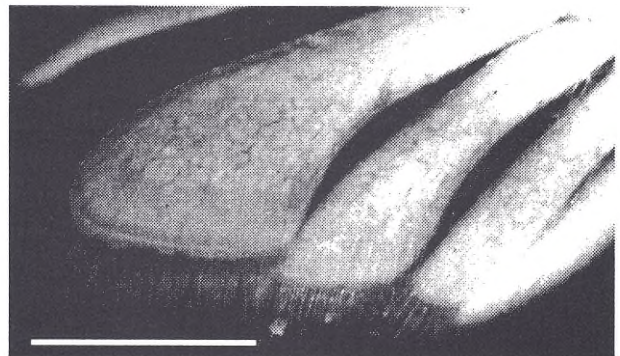
Figur. 14. Endopoditens borst (detaljbild). mer (Fig. 14). Rörelsen hos 1:a maxillipeden är riktad utåt för att därmed komma åt att borsta ur partiklar från 2:a maxillipeden.

2:a maxilla

Även 2:a maxilla är platt och ser nästan likadan ut som 1:a maxillipeden. Största skillnaden är att exopodit och endopodit har ersatts med scaphognathiten (Fig. 15).



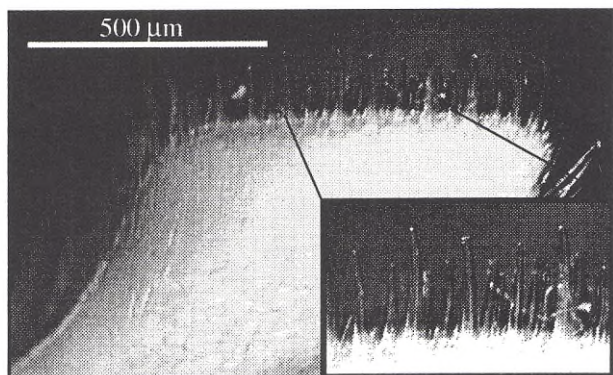
Figur. 15. 2:a maxilla hos havskräftan (vänster resp. höger) En: endopodit; Bp: basipodit; Cxp: coxopodit; Sn: scaphognathit (Farmer, 1974).



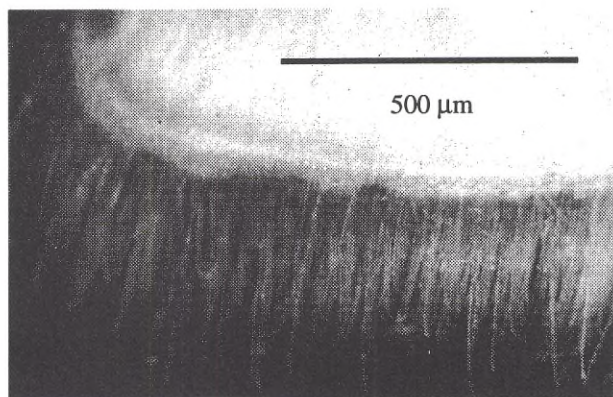
Figur. 16. Basipodit och coxopodit hos 2:a maxilla.

Hos 2:a maxilla har basipodit och coxopodit splittrats upp och fått mer kamformat utseende (Fig. 16).

Borsten är både små, korta och enkla (Fig. 17) och långa och sågformade (Fig. 18). De kamma ur de yttre mundelarna (främst 2:a



Figur. 17. Detaljbild av borsten på basipoditen. Infälld bild visar borsten i närbild.



Figur. 18. Långa, sågformade borst på basipoditen.

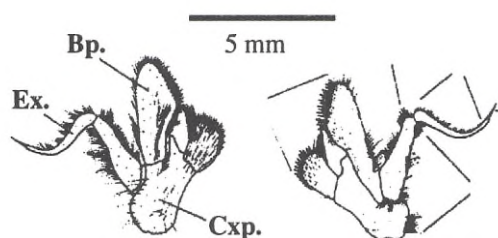
maxillipeden) där födopartiklar fastnar i de plym- och sågformade borsten. Dessutom har de en fasthållande funktion för makroföda.

Förutom det ovan nämnda (som berör suspensionsätning) har 2:a maxilla som funktion att driva kräftans ventilationsström. Detta sker med hjälp av scaphognathiterna som rör sig inåt och utåt. Resten (endopodit, basipodit och coxopodit) kan vika sig utåt och kamma ur de främre mundelarna.

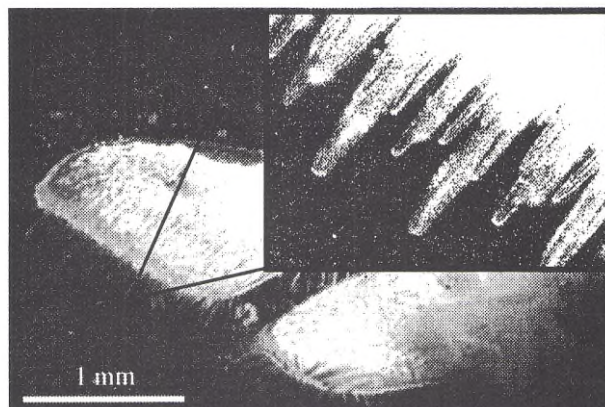
1:a maxilla

1:a maxilla består endast av basipodit, coxopodit och exopodit (Fig. 19).

Fortfarande bildar basipodit och coxopodit en kam, den är dock inte lika uppsplittrad som hos 2:a maxilla (Fig. 20). Funktionen är dock



Figur. 19. 1:a maxilla hos havskräftan (vänster resp. höger) Bp: basipodit; Ex: exopodit; Cxp: coxopodit (Farmer, 1974).



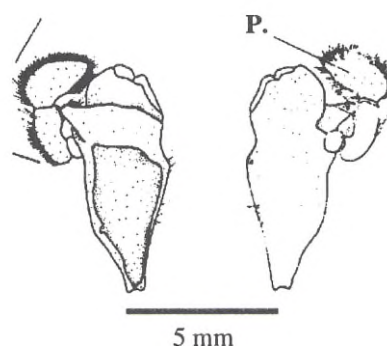
Figur. 20. Detaljbild av borst på basipodit hos 1:a maxilla.

densamma och samma typ av borst som i Fig. 17 förekommer. 1:a maxillas borst används också som fasthållare av makroföda. Även denna mundel kan vikas utåt.

Mandibler

Mandiblerna är sklerotiserade, det vill säga inlagrade med kitin, vilket gör dem hårda (Fig. 21).

De har troligtvis ingen filtreringsfunktion utan står för sönderdelande av makroföda. Enligt Budd *et. al.* (1978) kan mandiblerna hos flodkräftan (*O. immunis*) styra undan födoströmmen

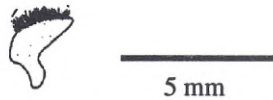


Figur. 21. Mandibler hos havskräftan. P: palp (Farmer, 1974).

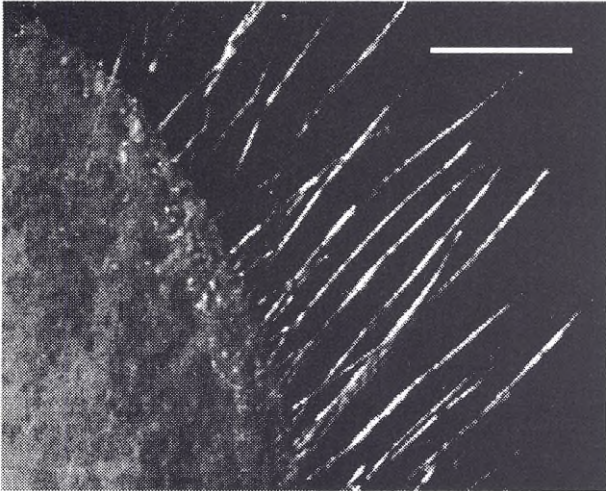
från munnen. Vad mandibularpalpen har för funktion är svårt att fastställa. Eventuellt håller den fast makrofödan medan kitindelen sönderdelar födan och/eller skovlar in födan i oesophagus.

Paragnather

Paragnatherna sitter i öppningen ner till oesophagus och har förmodligen till funktion att skovla in födan i munnen (Fig. 22). Deras borst är relativt långa och smala (Fig. 23).



Figur. 22. Paragnath hos havskräftan (Farmer, 1974).

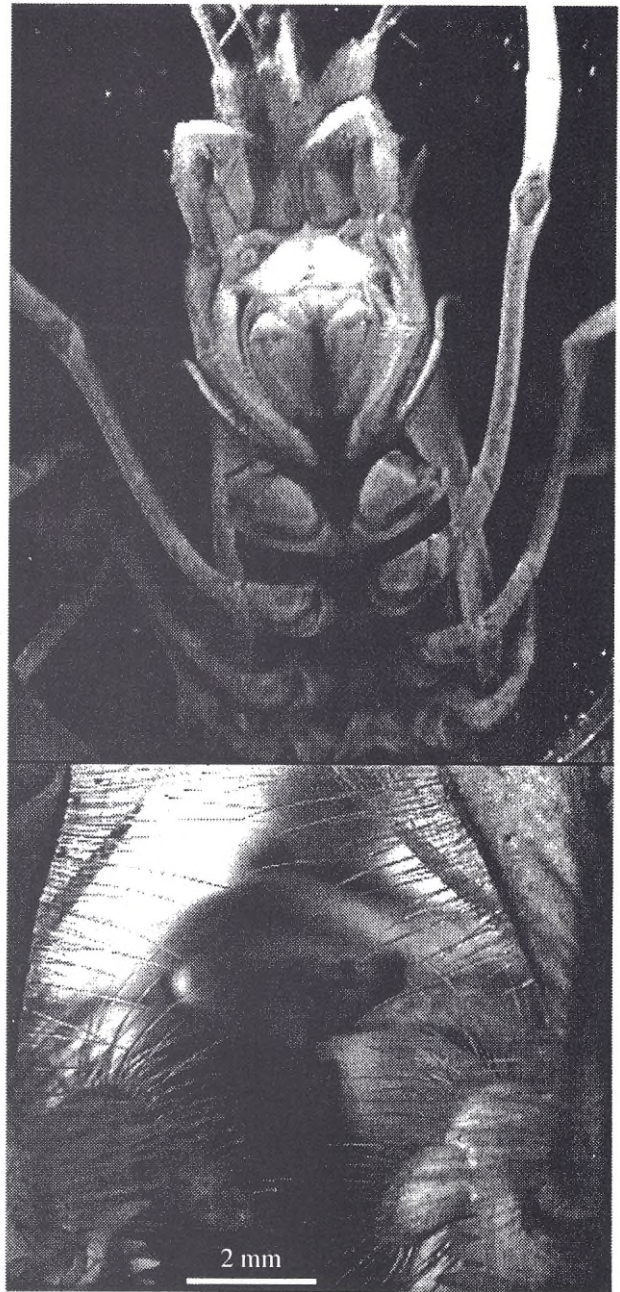


Figur. 23. Borsten på paragnathen.

Diskussion

Undersökningen visar att havskräftan har förmågan att använda sina borstförsedda mundelar för att filtrera material ur vattnet och föra dem till munnen. Anledningen till de stora variansskillnaderna i slaghastigheterna hos exopoditerna är att kräftan ofta varierar slaghastigheten och dessutom slår exopoditerna oftast oberoende av varandra.

Hos flodkräftan (*O. immunis*) kunde man konstatera att endast ena sidans exopodit arbetade när en födoström förekom. Om djuret blev stört på något sätt slog båda sidornas exopoditer kraftigt (Budd, 1978). Havskräftorna i försöken betedde sig likadant, vissa stunder rörde de bara ena sidans exopodit för att i nästa stund slå kraftigt med båda.



Figur. 24. Översiktsbild (överst) av havskräftans underdel. Detaljbild (underst) av "filtret" som borsten bildar.

När *A. salina* nauplier tillsattes verkade inte kräftorna kunna känna lukten av dessa. Först när nauplierna kom i kontakt med borsten började kräftorna uppfatta att något fanns i vattnet. Då började de röra extra mycket på främst 3:e maxillipeden. Även avborstande rörelser hos alla mundelar observerades. När homogeniserad råka tillsattes kände kräftan direkt av detta vilket resulterade i en febril aktivitet hos exopoditer och mundelar.

Den amerikanska hummern (*H. americanus*) har visat sig ha stor urskilningsförmåga vad gäller levande plankton och polystyrenkulor.

Planktonkonsumtionen var mellan 50-100 %, medan kulkonsumtionen var 20-55 % (Lavalli, 1989).

Att suspensionsätande hos havskräfta är effektivt visade Loo *et. al.* (1993) i en undersökning där både adulta havskräftor (*N. norvegicus*) och adulta humrar (*H. gammarus*) undersöktes. Det visade sig att antalet födopartiklar i storleken 600 μm reducerades till 50 % på cirka 5 timmar och efter 12 timmar var 90 % bortfilterade.

Hos den amerikanska hummern (*H. americanus*) har ett liknande försök gjorts: under en period av 4 timmar kunde 30-35 % av humrarna filtrera ut fluorescerande kulor med en storlek på 100 μm ; 20-55 % kunde filtrera ut kulor på 70 μm men ingen av humrarna kunde filtrera kulor på 12-20 μm eller på 40 μm (Lavalli, 1989).

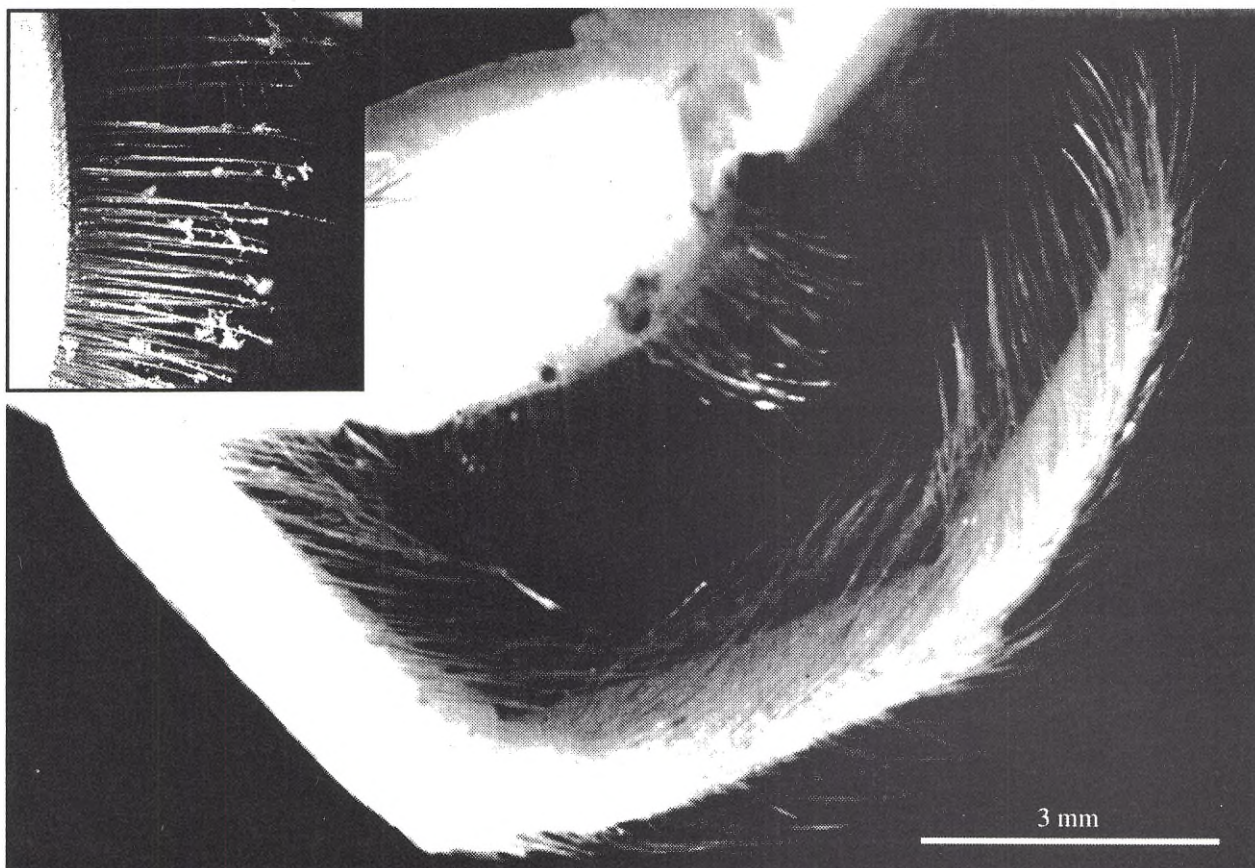
Borsten har en mycket stor betydelse för larvstadierna hos stora decapoder. De är längre än hos adulter och kan därför, till exempel, bidra till att hålla larven svävande i vattenmassan. I de tre larvstadierna hos den amerikanska hummern (*H. americanus*) fungerar borsten på exopoditen och pereopoderna som viktiga simverktyg (Factor,

1978). Humrar i det första larvstadiet är fritt simmande och borsten är väl anpassade till att fånga föda och inte enbart till att skapa en respiratorisk vattenström (Factor, 1978).

När borsten ska användas till infångande av partiklar är det avståndet mellan varje borst som är avgörande för hur pass effektivt filtret blir. Hos flodkräftan (*O. immunis*) bildar 1:a maxillipeden och maxilla ett tvåfilterssystem med ett grovt filter (8,8 μm) på 1:a maxillipeden och ett finare (3,6 μm) på maxilla. Detta medför att det grövre filtret skyddar och förhindrar att det finare filtret sätts igen av stora partiklar (Budd, 1978).

Hos penaeida räkor filtreras partiklar ut med hjälp av borst på 1:a och 2:a maxillipederna och på 1:a och 2:a maxilla, som tillsammans formar ett filter. När partiklar har filtrerats igenom de plymformade borsten på 1:a maxillipeden så kommer de att passera kamformade borst på 2:a maxilla. Dessa borst styr partiklarna till paragnatherna och därifrån till oesophagus (Hunt, 1992).

Borsten är fördelade på mundelarna beroende på vad de ska användas till och generellt

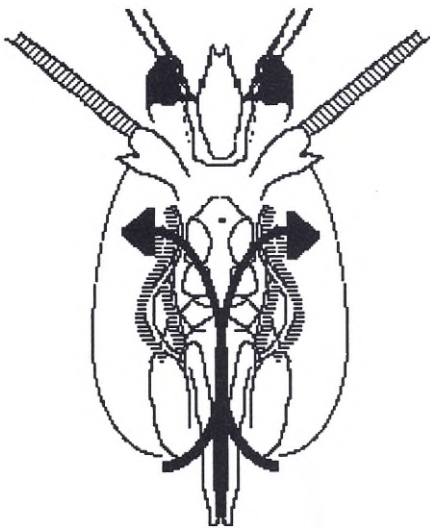


Figur. 25. Allmän översiktspild av 3:e maxillipedens borststupsättning. Infälld bild visar partiklar som fastnat på borsten.

kan man säga att borsten på de yttre mundelarna är långa och sågformade (Fig. 25). Med dessa borst kan kräftan fånga upp suspenserade partiklar ur vattnet. De verkar också ha en god mekanoreceptorisk förmåga, vilket gör att kräftan snabbt uppfattar om något fastnar i borsten. Borsten på 3:e maxillipeden fungerar alltså som partikelfångare och de ser dessutom till att de inre filtren inte blir tilltäppta. Flodkräftan (*O. immunis*) använder också sina 3:e maxillipeder till att skovla föda in i födoströmmen, medan borsten på maxilla bildar ett draperi som förhindrar att födopartiklar går förlorade invid munregionen (Budd, 1978). De inre mundelsborsten har alltså till främsta uppgift att borsta av och att föra in födan till oesophagus.

För att få nytt vatten till munregionen utnyttjar kräftan sina pleopoder som den slår kraftigt med. Observationer har gjorts av kräftor som står i öppningen av sina bohålor med utspärrade klor och med slående pleopoder (muntligen, Ulmestrand). Även i dessa försök observerades att kräftan slog med sina pleopoder när homogeniserad räka eller *A. salina* nauplier tillsattes.

Genom att slå med pleopoderna kan havskräftan snabbt få tillgång till en större vattenmängd med suspenderat material. Dessutom får också kräftan snabbt reda på (kemosensoriskt) om det kan finnas något ätbart inom räckhåll.



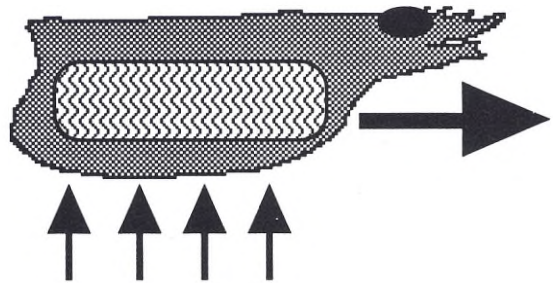
Figur. 26. Vattenström som exopoditerna åstadkommer.

Denna födoström verkar förekomma hos de flesta decapoda kräftdjur. Exopoditerna spelar en stor roll för att styra vattenströmmar (Fig. 26).

Budd *et. al.* (1978) fann att hos flodkräftan (*O. immunis*) var det exopoderna på 1:a och 2:a maxillipeden som i huvudsak producerade födoströmmen. Eremitkräftan (*P. bernhardus*) är ett exempel på där inga pleopoderna finns för att förstärka födoströmmen. Här är det istället endopoderna på 2:a och 3:e maxillipederna som producerar denna födoström (Gerlach, 1976). Ett annat exempel är krabbor, som så vitt jag vet, till största delen använder sina pleopoder till vård av ägg och yngel och inte för att skapa någon födoström.

Den amerikanska hummern (*H. americanus*) använder sina pleopoder för att få en vattenström att snabbt passera under sig. Exopoditerna på maxillipederna skapar en annan vattenström som utnyttjas av antennule. Dessa känner av om det finns föda i närheten. Blir antennule stimulerad kommer exopoditströmmen att omdirigera partiklar, som far förbi hummern via pleopodströmmen, in till munregionen. Sedan tar 3:e maxillipeden över och fångar upp partiklarna. De förs därefter in mot munnen med hjälp av de andra mundelarna (Lavalli, 1989).

Detta händelseförlopp sker troligtvis också hos havskräftan eftersom dessa ofta står och slår med sina pleopoder.



Figur. 27. Havskräftans ventilationsström.

Försöket med att se eventuella födopartiklar i gälhålan gick inte bra. Havskräftan har ett mycket effektivt skydd mot att material ska kunna komma in i gälhålan via ventilationsströmmen (Fig. 27).

Detta skydd består av att borsten invid benbaserna bildar ett filter (Farmer, 1974).

Inga partiklar kunde ses i gälhålan, inte ens latexfärgen, som annars syntes mycket bra i vattnet.

När man tittar in i gälhålan ser man hur podobrancherna, som är fästade invid kräftans gångben, rör sig tvärs emot de andra gälarna (pleurobrancherna). Dessa rörelser kan medföra att ventilationsströmmen blir effektivare. Podobrancherna borde alltså kunna fungera som hydrauliska pumpar.

Benrörelserna har säkert en stor betydelse vad gäller fördelning av partiklar i gälhålan. Gälarna kan hållas fria från partiklar och tillsammans med borsten vid benbaserna bildas en effektiv renhållningsapparat. Loo *et. al.* (1993) har observerat att *A. salina* nauplier har fastnat i gälarna. Framtida försök får utröna om partiklar som fastnar i gälarna kan användas som föda.

I denna rapport har det konstaterats att havskräftan kan använda sina borstförsedda mundelar för att få tag i suspenderad föda och att detta sker med hjälp av avborstande rörelser när sådant material har fastnat på borsten. Det behövs emellertid fler fältstudier av havskräftan för att få en helhetsbild av hur och när suspensionsätande sker. Hur fördelar sig partiklar runt om och i kräftthål, vilken typ av suspenderat material föredrar kräftan, hur ofta används suspensionsätande hos havskräftan är några av de frågor som kan vara intressanta att söka svar på.

Erkännande

Detta arbete utgör ett examensarbete i Marin Zoologi, Göteborgs Universitet.

Tack till mina tålmodiga handledare Lars-Ove Loo och Mats Ulmestrand som hjälpt mig under arbetets gång. Tack även till Havsfiske-laboratoriet i Lysekil för att jag fick utföra mina experiment där under april, maj och halva juni 1993 samt Östersjölaboratoriet i Karlskrona för att jag fick låna en dator under resten av sommaren 1993.

Referenser

- Budd, T. W. , J. C. Lewis & M. L. Tracey, 1978. The filter-feeding apparatus in crayfish. *Can. J. Zool.* 56: 695-707.
- Depledge, M. H. , 1989. Observations on the feeding behaviour of *Gaetice depressus* (Grapsidae: Varuninae) with special reference to suspension feeding. *Marine Biology.* 100: 253-259.
- Factor, J. R. , 1978. Morphology of the mouthparts of larval lobsters, *Homarus americanus* (Decapoda: Nephropidae), with special emphasis on their setae. *Biol. Bull.* 154: 383-408.
- Farmer, A. S. D. , 1974. The functional morphology of the mouthparts and pereopods of *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *J. Nat. Hist.* 8: 121-142.
- Figueiredo, M. J. & H. J. Thomas, 1967. *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) Leach-A Review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 5: 371-407.
- Gerlach, S. A. , D. K. Ekstrøm & P. B. Eckardt, 1976. Filter feeding in the Hermit Crab, *Pagurus bernhardus*. *Oecologia.* 24: 257-264.
- Greenwood, J. G. , 1972. The mouthparts and feeding behaviour of two species of hermit crabs. *J. nat. Hist.* 6: 325-337.
- Hunt, M. J. , H. Winsor & C. G. Alexander, 1992. Feeding by penaeid prawns: the role of the anterior mouthparts. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 160: 33-42.
- Lavalli, K. L. & D. E. Barshaw, 1989. Post-larval American Lobsters (*Homarus americanus*) living in burrows may be suspension feeding. *Mar. Behav. Physiol.* 15: 255-264.
- Lavalli, K. L. & J. R. Factor, 1992. Functional morphology of the mouthparts of juvenile lobsters, *Homarus americanus* (Decapoda: Nephropidae), and comparison with the larval stages. *Journal of Crustacean Biology.* 12: 467-510.
- Loo, L. O. , S. Baden & M. Ulmestrand, 1993. Suspension feeding in adult *Nephrops norvegicus* (L.) and *Homarus gammarus* (L.) (Decapoda). *Netherlands Journal of Sea Research.* 31: 291-297.
- Manjulatha, C. & D. E. Babu, 1991. Functional organisation of mouth parts, and filter feeding in *Clibanarius longitarsus* (Crustacea: Anomura). *Marine Biology.* 109: 121-127.
- Miller, D. C. , 1961. The feeding mechanism of Fiddler crabs, with ecological considerations of feeding adaptations. *Zoologica: New York Zoological Society.* 46: 89-101.
- Yongue, C. M. , 1924. Studies on the comparative physiology of digestion. II. -The mechanism of feeding, digestion and assimilation in *Nephrops norvegicus*. *J. Exp. Biol.* 1: 343-389.

Olika aspekter på suspensionsätning hos tre decapodararter från svenska västkusten

av Daniel Valentinsson, Havsfiskelaboratoriet, Lysekil

Abstract

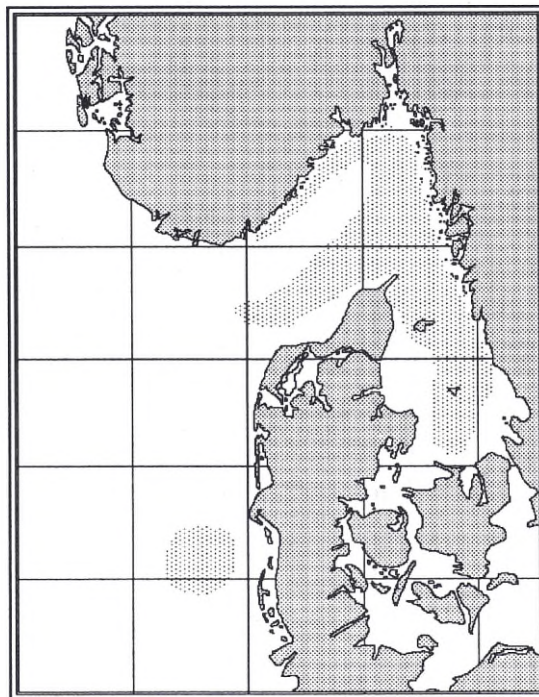
Suspension feeding in adults of the edible crab *Cancer pagurus* (118-295 g) and the squat lobster *Galathea strigosa* (22-29 g) was tested in experiments offering planktonic food items of about 600 µm size measuring the clearing capacity. Both species were found to significantly clear the water of food particles comprising nauplii of the brine shrimp *Artemia salina*. Food intake was verified with stomach analysis. In another experiment it was investigated if the ability to suspension feed is different between the sexes in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*, and if the clearance rate is dependent on the concentration of food items. No difference between the sexes was found. Neither was any difference in clearance rate depending on the food concentration found. The significance of the ability to suspension feed in larger decapods is discussed regarding the species ecological roles.

Inledning

Suspensionsätande är en viktig transportväg av energi från pelagiala till bentiska ekosystem. Det största flödet sker via partikulärt organiskt material (POM, seston, "marine snow") med huvudsakligt ursprung i fytoplankton (Wotton, 1990; Shimeta, 1991). Detta flöde är således viktigt såväl i den fotiska zonen som under densamma (Muschenheim, 1987; Riebesell, 1991; Loo, 1991; Lampitt et al., 1993 a). En annan potentiell energikälla för bentiska filtrerare är de zooplankton som lever i sedimentets omedelbara närhet. Dessa djur brukar kollektivt kallas hyperbentos eller suprabentos. Exempel på typiska hyperbentiska grupper är: pungräkor, cumacea, lysräkor, hoppkräftor och pilmaskar (Beyer, 1958; Hesthagen, 1973; Mees & Hamerlynck, 1992).

Viktiga suspensionsätande grupper av marina djur är t ex svampar, nässeldjur, sjöpungar, musslor, ormstjärnor och vissa borstmaskar. Även bland decapoderna har filtrering påvisats hos postlarvala stadier av hummer (*Homarus gammaurus*) (Lavalli, 1989), adulta eremitkräftor (*Pagurus bernhardus*) (Gerlach et al., 1976), *Upogebia deltaura* (Griffis & Suchanek, 1991) och nyligen hos aduler av hummer och havskräfta (*Nephrops norvegicus*) (Loo et al., 1993).

Havskräftan förekommer på nordöstra Atlantens kontinentalsockel och i Medelhavet. I Sverige finns den i Kattegatt och Skagerrak på relativt fast lerbotten från ca 25 meter och djupare (Fig. 1). Den är där ett av karaktärsdjuren. Fisket har under de senaste decennierna ökat kraftigt, varför frågor rörande havskräftans eko-



Figur 1. Utbredning av havskräftan *Nephrops norvegicus* i Skagerrak, Kattegatt och östra Nordsjön (efter Figueiredo and Thomas, 1967 och Ulmestrand, pers.com.).

logi och odling av kräftor rönt ett allt större intresse (Baden et al., 1990a).

Havskräftan tillbringar en stor del av sin tid i gångsystem, som oftast består av en horisontell tunnel med två öppningar. Den ena öppningen är kraterliknande med en schaktad vall av urgrävd lera framför, medan den andra är mindre och utan liknande vall. Även gångar med fler än två öppningar förekommer (Dybern, 1965; Rice & Chapman, 1971).

Kräftornas aktivitet och därmed fångstbarhet varierar beroende på syrehalt, temperatur, salthalt, ljusintensitet på botten m.m. (Thomas & Figueiredo, 1965; Chapman, 1980; Baden et al., 1990b). Aktiviteten är ofta som störst i skymning och gryning, då det mesta av grävarbeten, födosök etc sker (Farmer, 1974a), men även under dessa tider är ändå högst 30% av populationen ute samtidigt (Chapman, 1979). Hannar tillbringar större del av tiden på sedimentet än honor, som rapporterats kunna stanna i gångsystemen i upp till ett år (Farmer, 1974a). Rombärande honor har visats äta c:a hälften så mycket makroföda som icke rombärande honor (Dunthorn, 1967). Honorna är också de som sist lämnar hålor vid syrebrist. Juvenila kräftor uppehåller sig nästan alltid i gångarna och med ökad ålder tillbringas mer tid på sedimentytan (Chapman, 1979). Fångstfördelningen mellan könen uppvisar stor säsongsvariation. Under vintermånaderna kan hannar utgöra 90% av fångsten, medan fångsterna i maj kan bestå av 70% honor (Ulmestrand, pers.com.).

Att gräva komplicerade gångsystem är inget som är unikt för havskräftan bland decapoderna; thalassiniderna lever i artspecifika gångsystem (Griffis & Suchanek, 1991). Ett exempel från våra vatten är *Upogebia deltaura*, vilken som tidigare nämnts, är suspensionsätare och lever i ett Y-format gångsystem på sandbottnar. Thomas (1968) rapporterade att även den amerikanska hummern kan gräva och leva i gropar under en längre tid. Att decapoder generellt tycks vilja ha tak över huvudet råder det ingen tvekan om, då ju även hårbottenlevande arter ses söka skydd under stenar, i skrevor och på liknande platser.

Den mest betydande predatorn på havskräfta i skotska vatten är torsk (*Gadus morhua*), där över 80% av undersökta torskar i

kräftområden hade ätit kräftor (Thomas, 1965). I Adriatiska havet har man funnit att simkrabban *Liocarcinus depurator* är en betydande predator på unga kräftor (Figueiredo & Thomas, 1967).

Havskräftans roll som predator på bottenlevande djur finns utförligt beskrivet från många områden (Thomas & Davidsson, 1962; Barker & Gibson, 1977; Baden et al., 1990b). De olika mundelarnas funktion vid intag av makroföda är väl dokumenterade (Barker & Gibson, 1977; Farmer, 1974b) och nyligen beskrevs även mekanismerna bakom suspensionsätande (Sellborn, denna publikation). Analyser av maginnehåll i havskräfta är svåra då födan ofta mals till oigenkännlighet av mundelarna (Thomas & Davidsson, 1962). Nedbrytningstid av föda varierar beroende på om den innehåller hårdpartier (mollusca, echinodermata, crustacea m.m.) eller mjukpartier (polychaeta m.m.). Mjuk föda smälts avsevärt snabbare än hård, men det tar sällan mer än 12 timmar förrän magen är tom (Sardà & Valladares, 1990). Svältförsök har visat att isolerade havskräftor klarar minst 30 dygn utan föda (Sardà & Valladares, 1987).

Trollhummern (*Galathea strigosa*) och krabban är i större utsträckning bundna till hårbottnar än havskräftan, även om krabban också förekommer på finare sandbottnar. Båda arterna är vanliga i Skagerrak och Kattegatt. Krabban lever i allmänhet på djup mellan 2 och 50 m, medan trollhummern finns på 10 till 110 m djup (Hansson, 1993). Krabban är mest känd som en predator av epifauna och infauna (Hall et al., 1991), men är även en betydande asätare. Jag har själv observerat att krabbor som lever på sandbottnar oftast ligger nedgrävda i grunda gropar under dagtid, men även vintertid är detta fenomen vanligt. Krabbor som lever på hårbottnar söker under dagtid skydd bland stenar och i skrevor. Trollhummern är däremot helt bunden till sten- och klippbottnar där den till största delen lever i sprickor och under stenar. Övriga uppgifter rörande trollhummerns ekologi är knapphändiga även om det finns vissa indikationer på att den skulle kunna vara kapabel att suspensionsäta (Afzelius, TMBL pers. com.).

Ett av målen med detta arbete är att studera om förmågan att suspensionsäta skiljer sig mellan könen hos havskräfta. Detta mot bakgrund av att honorna kan tillbringa flera månader under

sedimentytan med liten möjlighet att intaga makroföda. Ett annat mål är att studera hur utbredd förmågan att suspensionsäta är bland decapoder. Jag har därför valt att testa krabba och trollhummer som representanter för denna grupp.

Material och Metoder

Filtreringsförsök med krabba och trollhummer

Krabbor och trollhumrar fångades under dykning i mars 1994 i Gåsö ränna (Skagerrak). De hölls sedan i akvarier med kontinuerligt flöde av havsvatten (S=32-34 ‰, 4-6°C) och svältes i minst en vecka innan experimentet.

Varje experimentuppställning bestod av 10 plastakvarier innehållande 2dm³ filtrerat, UV-steriliserat och syresatt havsvatten utan substrat. Djuren hölls isolerade i 5 av dessa akvarier (N=1). Resterande 5 akvarier utan kräftdjur i varje experimentuppställning fungerade som kontroller. Temperaturen under försöket var 11°C, varför djuren placerades i akvarierna redan ett dygn innan experimentet startades för att givas möjlighet att aklimatisera sig. Belysningen i rummet tändes på morgonen och släcktes på kvällen för att i möjligaste mån efterlikna naturliga förhållanden. Som suspenderad föda användes nauplier av *Artemia salina* (Tab 1). Krabborna vägde mellan 118 och 295 g; motsvarande vikter för trollhumrarna var 22 till 29 g. Försöken med trollhummer pågick i 70,5 timmar, medan försöken med krabba avbröts efter 46,5 timmar. Den procentuella reduktionen av *A. salina* beräknades i både behandlingar och kontroller. Även filtreringshastighet ("clearing rate") enligt Griffiths (1980) beräknades:

$$F = ((\ln N_1 - \ln N_2)T^{-1}) \cdot V$$

där:

F= Filtreringshastigheten (dm³ h⁻¹)

N₁= Partikelkoncentration vid tiden t₁

N₂= Partikelkoncentration vid tiden t₂

T= Tid mellan avläsningarna (h)

V= Lösningens volym (dm³)

För att beräkna F togs tre prover ur varje akvarium vid varje tidpunkt. Varje prov bestod av 5 ml, och togs efter omrörning för att undvika icke homogen fördelning av partiklar. Därefter räknades *A. salina* mha stereolupp i 6,5 x förstoring. Efter försöken frystes djuren ned för att senare analyseras map rester av nauplier på gälar och i mag-tarmsystemet. De nedfrysta djurens maginnehåll jämfördes med svultna artfränders, då identifiering av resterna är svåra. Enligt Loo et. al. (1993) motsvarar ett tusen *A. salina* nauplier 1,9 mg askfri torrsvikt (AFDW). För att studera variansernas homogenitet gjordes Cochran-test på resultaten. Partikelreduktionen testades genom att riktningskoefficienterna från en regressionsanalys användes som beroende variabel i en enfaktors ANOVA med två nivåer (behandling och kontroll), P < 0.05 (Sokal & Rohlf, 1969). Transformering av värden gjordes enligt Underwood (1981).

Filtreringsförsök med havskräfta

Havskräftor burfångades i mars 1994 i Skagerrak. Fyra hannar och fyra rombärande honor behandlades likadant som i föregående experiment. I detta försök användes dock 4 kontroller och varje akvarium innehöll 3dm³ vatten. Temperaturen under försöket var 8°C. Kräftorna vägde mellan 64 och 110 g (medelvikt 85 g), vilket motsvarar 45 till 58 mm carapax-längd. Variansernas homogenitet undersöktes på samma sätt som i ovanstående försök. För test av eventuell skillnad i förmåga att reducera *A. salina* från omgivande vatten användes riktnings-

Tabell 1. Ursprungskoncentrationer (*A. salina* /ml)

Art	Ursprungskoncentration
Krabba	13,2
Trollhummer	8,8
Havskräfta (hög)	16,8
Havskräfta (låg)	4,9

koefficienterna från respektive replikat som beroende variabel i en enfaktors ANOVA med tre nivåer (honor, hannar och kontroller), $P < 0,05$. Poweranalys gjordes enligt Montgomery (1991). Försök med två olika koncentrationer av *A. salina* gjordes för att kunna upptäcka eventuella skillnader i filtrerings-hastighet beroende på den suspenderade födans koncentration (Tab 1). De två koncentrationernas filtreringshastigheter jämfördes mha Students t-test. Båda försöken pågick i 24 timmar. En av hannarna dog under försökets gång, varför värdena från en av honorna och från en av kontrollerna bortslumpades.

För beräkning av maintenance antogs följande: $I = A \cdot Ae / 100$, $A = P + R$, $P = 0 \Rightarrow A = R$

Där:

I = Intagen föda (J)

A = Absorberad föda (J)

Ae = Absorptionseffektivitet (%)

P = Produktion (J)

R = Respiration (J)

Respirationen hos havskräfta beräknades enligt Alcaraz & Sarda (1981) till $30 \mu\text{l O}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ våtvikt användande energi-omvandlingen: $1 \text{ ml O}_2 = 19,88 \text{ J}$ (Riisgård & Randløv, 1981). Absorptionseffektiviteten antogs vara 70% (Ulmestrand, pers com.). Produktionen eller tillväxten (reproduktionen är ej inräknad) hos en kräfta, som väger 85 g våtvikt (WW) är ungefär 15 g WW år^{-1} för hannar, och 6 g WW år^{-1} för honor (Ulmestrand, pers com.). Torrsvikt (DW) är omkring 20 % av WW. AFDW $\approx 62,5 \%$ av DW och $1 \text{ mg AFDW} = 23 \text{ J}$ (Brey et al., 1988).

Resultat

Både trollhummer och krabba uppvisade en förmåga att signifikant ($p < 0,05$) reducera nauplier av *Artemia salina* från omgivande vatten (Fig. 2-3; Tab. 2). Resultaten för dessa båda arter rottransformerades då varianserna var heterogena. Ingen signifikant skillnad i förmågan att suspensionsäta mellan könen hos havskräfta kunde detekteras (Power=0,82 för en 30 %-ig skillnad). Båda könen reducerade dock mängden *A. salina* signifikant (Fig. 4; Tab. 2). Det var inte heller någon skillnad i filtreringshastighet beroende på födokoncentrationen ($P = 0,32$). Filtreringshastigheter kan ses i Tab. 3.

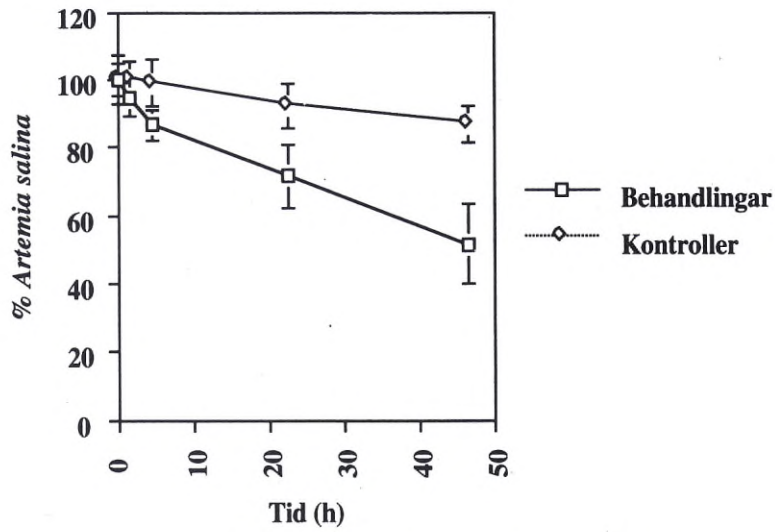
Vid analys av gälarna hittades endast ett fåtal nauplier hos både trollhummer och krabba. Tarmdivertiklarna var däremot välfyllda av svåridentifierbara födo rester i båda arterna.

Diskussion

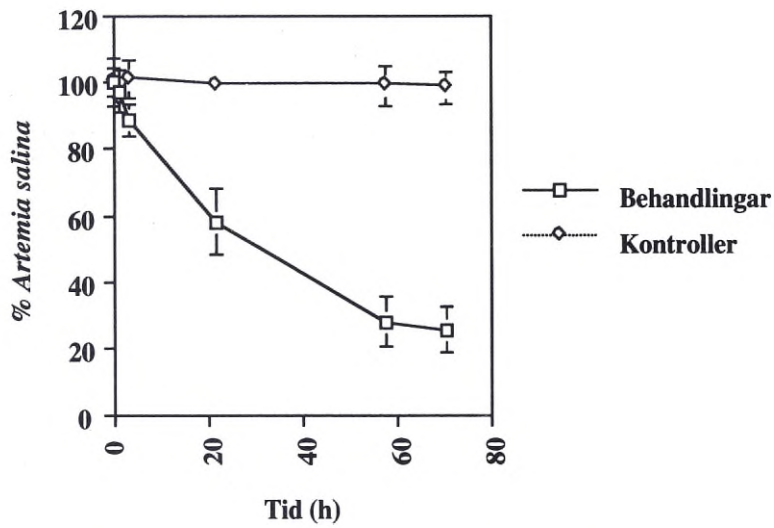
Resultaten pekar på att förmågan att suspensionsäta bland decapoder är mer utbredd än vad man tidigare trott. Detta kastar nytt ljus över dessa arters ekologiska roller. De skulle då kunna vara såväl predatorer/depositionsätare som suspensionsätare/"resuspensionsätare" dvs filtrerare av resuspenderat material. Detta skulle kunna förklara varför rombärande havskräftor kan stanna så länge i sina gångsystem. Att ingen skillnad mellan könen kunde detekteras kan bero på att de inte existerar någon skillnad för just *Artemia salina*, att individer med fritt val hellre väljer makroföda, dvs hannar har förmågan att suspensionsäta men använder sig inte av den förmågan i samma utsträckning som nedgrävda honor, eller att det generellt inte finns någon skillnad.

Såväl suspenderade partiklar som hyperbentos visar stor variation både spatialt och temporalt, (Hesthagen, 1973; Oug, 1977; Fosså, 1985; Mees & Hamerlynck, 1992; Lampitt et al., 1993 b) varför de skulle kunna tänkas vara föremål för "opportunistic feeding" (Cadée, 1984) vid sidan av makroföda hos t ex decapoder. Detta innebär att klassificering av marina djur som depositionsätare, predatorer eller suspensionsätare försvåras då många djur fungerar som generalister, vilka varierar dieten beroende på lokala och tidsmässiga födo variationer.

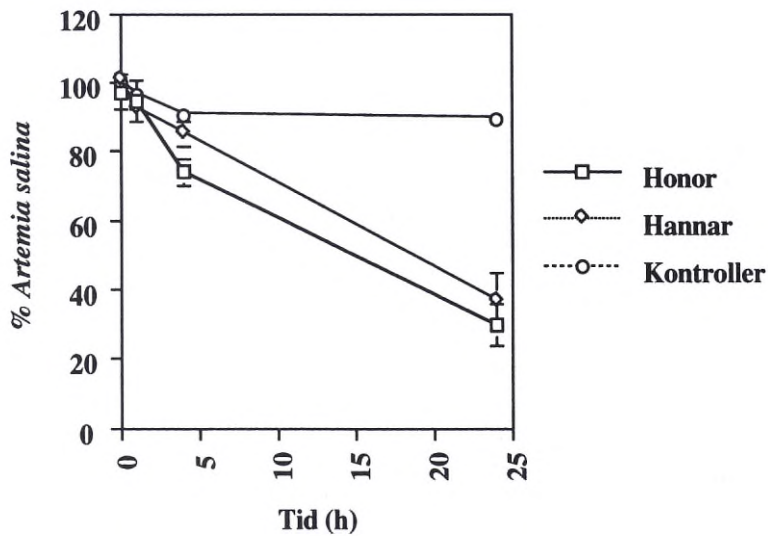
En slutsats av detta arbete är att alla tre arterna uppvisar markanta individuella temporala variationer i suspensionsätandet (Tab. 3.). Observationer av rådata antyder att suspensionsätning är något djuren gör under en viss tid, medan de vid ett senare tillfälle inte äter alls. Detta gör att medelvärden är mycket svårtolkade. Liknande individuella variationer uppvisar även *Upogebia deltaura* (Lindahl, KMFS, pers com.). En tänkbar koppling till naturen vad gäller dessa tidsmässiga variationer är, om t ex havskräftan först med hjälp av pleopoderna un-



Figur 2. Procentuell reduktion av *A. salina* för krabba. Medelvärden \pm SE.



Figur 3. Procentuell reduktion av *A. salina* för trollhummer. Medelvärden \pm SE.



Figur 4. Procentuell reduktion av *A. salina* för havskräfta. Medelvärden \pm SE.

Tabell 2. Statistiska resultat

ANOVA-tabell för krabba					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Behandlingar	1	0,464	0,464	9,509	0,0150
Residual	8	0,391	0,049		
Beroende: Riktningskoefficient					
ANOVA-tabell för trollhummer					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Behandlingar	1	1,793	1,793	138,671	0,0001
Residual	8	0,103	0,013		
Beroende: Riktningskoefficient					
ANOVA-tabell för havskräfta					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Behandlingar	2	10,271	5,136	23,609	0,0014
Residual	6	1,305	0,218		
Beroende: Riktningskoefficient					
Student-Newman-Keuls test (havskräfta)					
Effekt: Behandlingar					
Beroende: Riktningskoefficient					
Signifikansnivå: 0,05					
	Vs.		Skillnad	Kritisk skillnad	
Honor	Hannar		0,080	0,932	
	Kontroller		2,305	1,169	S
Hannar	Kontroller		2,225	0,932	S
S = Signifikant skillnad på denna nivå					

der abdomen skapar en ström, som fyller hålan med fräscht partikelrikt vatten, och sedan aktivt suspensionäter så länge partikelkoncentrationen är tillräckligt hög. Efter detta fylls nytt vatten på igen. En annan möjlighet är att gångarna genom sin konstruktion skapar ett passivt flöde och att djuren kan fånga partiklar direkt ur vattenströmmen.

De uppmätta filtreringshastigheterna är förhållandevis låga (Tab. 3) vid jämförelse med t ex blåmusslor (*Mytilus edulis*), som normalt filtrerar $4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$ (Möhlenberg & Riisgård, 1979). Hos hjärtmusslan (*Cerastoderma edule*) har så hög filtreringshastighet som $6 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ind}^{-1}$ uppmätts (Loo & Rosenberg, 1989). Givetvis är dessa jämförelser svåra att göra då suspensionsätning är musslornas enda sätt att intaga föda, medan det förmodligen mer fungerar som en

komplementär metod för decapoderna. Det är också svårt att jämföra filtreringskapaciteten och eventuell energetisk betydelse mellan de tre arterna jag har undersökt, då den ursprungliga partikelkoncentrationen var olika i alla försöken. Resultaten för havskräfta stämmer dock väl med de, som angavs i Loo et al. (1993).

De i aggregaten ingående fytoplanktonen innehåller karotenoider, vilka visat sig vara viktiga för livskraftighet och produktion av ägg hos många akvatiska organismer (Hirao, 1954; Mikulin, 1975; Castell & Kean, 1986). Karotenoiderna kan inte syntetiseras av djuren själva utan måste tillföras från växtriket. Hos hummer kan resorption av ägg bero antingen på svält eller brist på karotenoider eller proteiner (Castell & Covey, 1976). Om kräftdjuren kan suspensionsäta aggregat eller hyperbentos är det möjligt att

Tabell 3. Filtreringshastigheter uttryckt både som liter per timme och som antal *Artemia salina* intagen per timme.

Art	Medelclearance (SE) l/h	Maximal clearance l/h	Medelantal <i>A. salina</i> /h	Maxantal <i>A. salina</i> /h (mg AFDW)
Krabba	0,04 (0,015)	0,20	180	2000 (3,8)
Trollhummer	0,04 (0,008)	0,34	290	2000 (3,8)
Havskräfta (hög)	0,15 (0,018)	0,57	1390	9400 (17,9)
Havskräfta (låg)	0,27 (0,091)	1,22	500	5800 (11,0)

behovet av karotenoider kan tillgodoses på detta sätt. Detta förtydligar ytterligare vikten av att kartlägga suspensionsätandets ekologiska relevans.

Ett spekulativt försök att uppskatta betydelsen av suspensionsätning för havskräfta kan ses i Fig. 5. Enligt Chapman (1980) är en normal densitet av havskräfta ca 0,15 m⁻², men kan variera mellan 0,1 till 3,8 m⁻². Om man jämför energibehov och energikrav vid makrofaunaintag (Baden et al., 1990) ser man att intaget nätt och jämt täcker energibehovet, trots att en så energikrävande process som reproduktion är försummad. Det skulle därför kunna vara rimligt att tänka sig att havskräftan komplementerar makroätande med suspensionsätande.

Enligt Olesen och Lundsgaard (pers. com.) består det mesta av materialet som sjunker från den eufotiska zonen i Kattegatt av "marine snow", större än 500 µm. En stor del av dessa aggregat torde således vara potentiell föda för filtrerande decapoder. Tillförseln är ganska jämn under hela året med ungefär 60 g AFDW m⁻² år⁻¹ (= 1,09 g AFDW dag⁻¹ per kräfta). Som mest filtrerade en 85 g havskräfta 0,43 g AFDW dag⁻¹ vilket är ett mycket högt värde beroende på en hög koncentration av *A. salina*. Om man istället använder en mer realistisk sestonkoncentration på 19 J⁻¹ (Rosenberg & Loo, 1983) och den högsta uppmätta filtreringshastigheten (1,22 l/h) skulle detta betyda drygt 0,5 kJ·dag⁻¹. Detta innebär ett väsentligt tillskott av energi. Många av antagandena bakom detta resonemang är givetvis bristfälliga, men det illustrerar ändå suspensionsätandets möjliga ekologiska relevans på ett tydligt sätt.

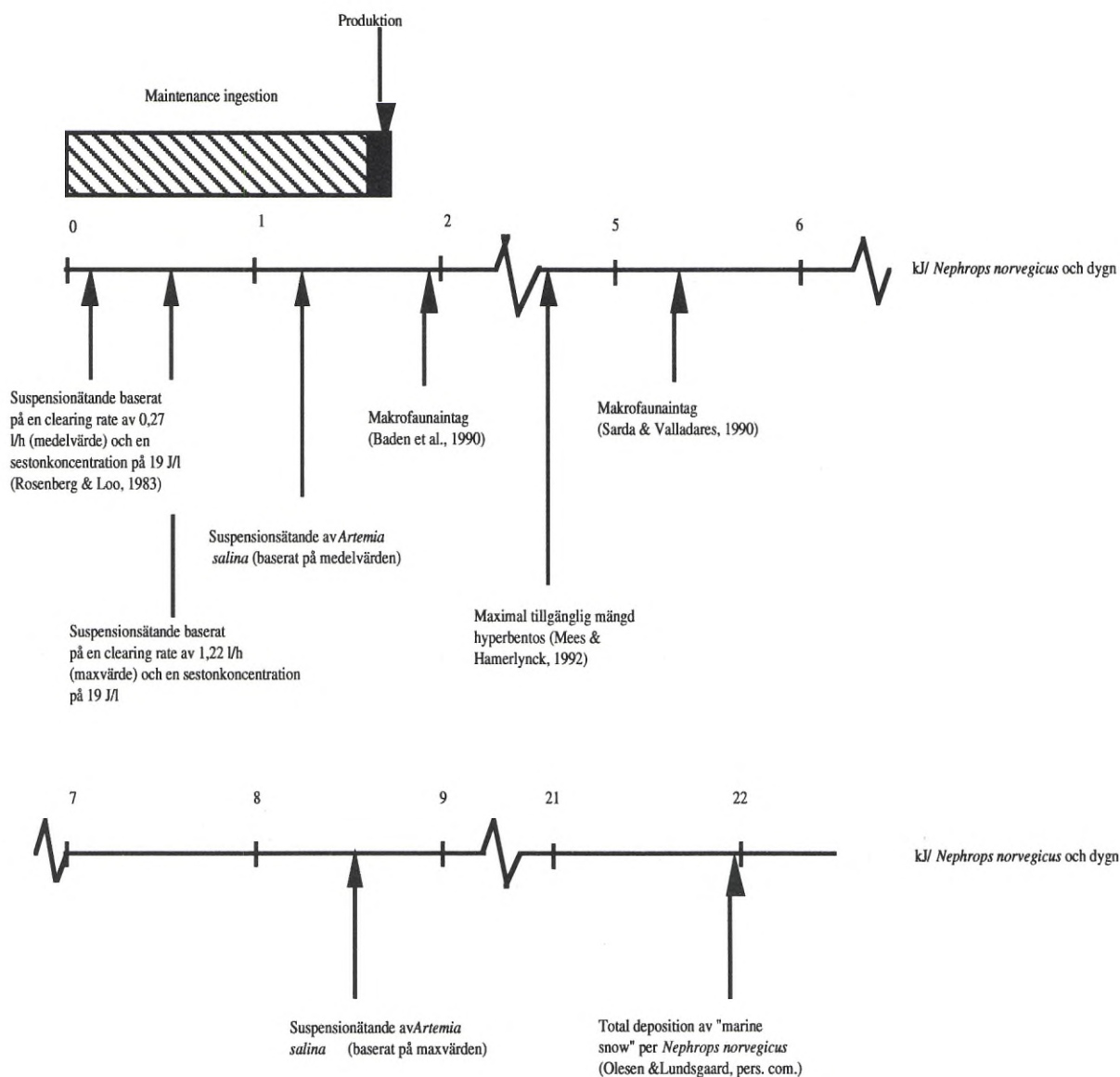
För att ytterligare klarlägga suspensionsätandets betydelse hos decapoder skulle det i framtiden vara av intresse att kvantifiera mängden tillgänglig "marine snow" och hyperbentos i

fält. Det skulle också vara intressant att undersöka hur partiklar rör sig i och omkring havskräftans gångar, och om gångarnas riktning beror på den normalt dominerande strömriktningen.

Erkännanden

Detta arbete är ett examensarbete i marin zoologi på KMFS, Göteborgs Universitet.

Jag vill först och främst tacka Lars-Ove Loo för alla goda råd och ett aldrig sinande tålamod. Tack även till Mats Ulmestrand för hjälp med utrustning och värdefulla "insider-tips". Vidare skulle jag vilja tacka alla andra examensarbetare och all personal på Kristinebergs marina forskningsstation som gjort detta arbete till en mycket trevlig upplevelse.



Figur 5. Spekulativ energibudget över suspensionsätandets betydelse för havskräfta. Se text för utförligare förklaring.

Referenser

- Alcaraz, M., Sarda, F. (1981). Oxygen consumption by *Nephrops norvegicus* (L.), (Crustacea:Decapoda) in relationship with its moulting stage. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 54: 113-118
- Baden, S. P., Loo, L. O., Pihl, L., Rosenberg, R. (1990a). Effects of Eutrophication on Benthic Communities Including Fish - Swedish West Coast. *Ambio*. 19: 113-122
- Baden, S. P., Pihl, L., Rosenberg, R. (1990b). Effects of Oxygen Depletion on the Ecology, Blood Physiology and Fishery of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67: 141-155
- Barker, P. L., Gibson, R. (1977). Observations on the feeding mechanism, structure of the gut, and digestive physiology of the european lobster *Homarus gammarus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 26: 297-324
- Beyer, F. (1958). A new, Bottom-living Trachymedusa from the Oslofjord. *Nytt Magazin for Zoologi*. 6: 121-142
- Brey, T., Rumohr, H., Ankar, S. (1988). Energy content of macrobenthic invertebrates: general conversion factors from weight to energy. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 117: 271-278
- Cadee, C. C. (1984). "Opportunistic feeding", a serious pitfall in trophic structure analysis of (paleo)faunas. *Lethalia*. 17: 289-292
- Castell, J. D., Covey, J. F. (1976). Dietary lipid requirements of adult lobsters, *Homarus americanus* (M.E.). *J. Nutr.* 106: 1159-1165
- Castell, J. D., Kean, J. C. (1986). Evaluation of the role of nutrition in lobster recruitment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 2320-2327
- Chapman, C. J. (1980). Ecology of juvenile and adult *Nephrops*. In: Cobb, J. S., Phillips, B. F. (ed.) *The biology and management of lobsters*. Academic Press, New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco, p. 143-178
- Chapman, C. J., Howard, F. G. (1979). Field Observations on the Emergence Rhythm of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus*, Using Different Methods. *Mar. Biol.* 51: 157-165
- Dunthorn, A. A. (1967). Some Observations on the Behaviour and Development of the Norway lobster. *ICES C.M.1967/K:5*.
- Dybern, B. I., Høisaeter, T. (1965). The Burrows of *Nephrops norvegicus*. *Sarsia*. 21: 49-55
- Farmer, A. S. D. (1974). Burrowing behaviour of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 2: 49-58
- Farmer, A. S. D. (1974). The functional morphology of the mouthparts and pereopods of *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *J. Nat. Hist.* 8: 121-142
- Figueiredo, M. J., Thomas, H. J. (1967). *Nephrops norvegicus* (L., 1758) Leach a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 5: 371-407
- Fosså, J. H. (1985). Near-bottom vertical zonation during daytime of deep-living hyperbenthic mysids (Crustacea: Mysidacea). *Sarsia*. 70: 297-307
- Gerlach, S. A., Ekstrøm, D. K., Eckardt, P. B. (1976). Filter feeding in the Hermit Crab, *Pagurus bernhardus*. *Oecologia*. 24: 257-264
- Griffis, R. B., Suchanek, T. H. (1991). A Model of Burrow Architecture and Trophic Modes in Thalassinidean Shrimp (Decapoda, Thalassinidea). *Mar Ecol-Progr Ser.* 79: 171-183
- Griffiths, R. J. (1980). Filtration, respiration assimilation in the black mussel *Choromytilus meridionalis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 3: 63-70
- Hall, S. J., Robertson, M. R., Basford, D. J., Fryer, R. (1993). Pit-Digging by the Crab *Cancer pagurus* - A Test for Long-Term, Large-Scale Effects on Infaunal Community Structure. *J. Anim. Ecol.* 62: 59-66
- Hansson, H. G. (1993). Ett urval av sydsandinaviska marina flercelliga evertebrater. 1-144
- Hesthagen, I. H. (1973). Diurnal and seasonal variations in the near-bottom fauna - the hyperbenthos - in one of the deeper channels of the Kieler Bucht (Western Baltic). *Kieler Meeresforschungen*. 29: 116-140
- Hirao, S., Yamada, J., Kikucki, R. (1954). Violaxanthin in rainbow trout eggs. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 20: 431-434
- Lampitt, R. S., Hillier, W. R., Challenor, P. G. (1993b). Seasonal and Diel Variation in the Open Ocean Concentration of Marine Snow Aggregates. *Nature*. 362: 737-739
- Lampitt, R. S., Wishner, K. F., Turley, C. M., Angel, M. V. (1993a). Marine Snow Studies in the Northeast Atlantic Ocean - Distribution, Composition and Role as a Food Source for Migrating Plankton. *Mar Biol.* 116: 689-702
- Lavalli, K. L., Barshaw, D. E. (1989). Post-larval American Lobsters (*Homarus Americanus*) living in burrows may be suspension feeding. *Mar. Beh. Physiol.* 15: 255-264
- Loo, L.-O. (1991). Benthic Pelagic Coupling In A Boreal Marine Ecosystem. Ph. D Thesis Univ. of Gothenburg.
- Loo, L. O., Baden, S. P., Ulmestrand, M. (1993). Suspension feeding in adult *Nephrops norvegicus* (L.) and *Homarus gammarus* (L.) (Decapoda). *Neth. J. Sea Res.* 31: 291-297
- Loo, L. O., Rosenberg, R. (1989). Bivalve suspension-feeding dynamics and benthic-pelagic coupling in an eutrophicated marine bay. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 130: 253-276
- Mees, J., Hamerlynck, O. (1992). Spatial community structure of the winter hyperbenthos of the Schelde estuary, the Netherlands, and the adjacent coastal waters. *Neth. J. Sea Res.* 29: 357-370
- Mikulin, A. Y., Soin, S. G. (1975). The functional significance of carotenoids in the embryonic development of teleosts. *J. Ichthyol.* 15: 749-759
- Montgomery, D. C. (1991). Design and analysis of experiments. John Wiley & Sons, New York
- Muschenheim, D. K. (1987). The dynamics of near-bed seston flux and suspension-feeding benthos. *J. Mar. Res.* 45: 473-496
- Møhlenberg, F., Riisgård, H. U. (1979). Filtration rate, using a new indirect technique, in thirteen species of suspension-feeding bivalves. *Mar. Biol.* 54: 143-147
- Oug, E. (1977). Faunal distribution close to the sediment of a shallow marine environment. *Sarsia*. 63: 115-121
- Rice, A. L., Chapman, C. J. (1971). Observations on the burrows and burrowing behaviour of two mud-dwelling decapod crustaceans, *Nephrops norvegicus* and *Goneplax rhomboides*. *Mar. Biol.* 10: 330-342
- Riebesell, U. (1991). Particle Aggregation During a Diatom Bloom. 2. Biological Aspects. *Mar Ecol-Progr Ser.* 69: 281-291
- Riisgård, H. U., Randsløv, A. (1981). Energy budgets, growth and filtration rates in *Mytilus edulis* at different algal concentrations. *Mar. Biol.* 61: 227-234
- Rosenberg, R., Loo, L. O. (1983). Energy-flow in a *Mytilus edulis* culture in western Sweden. *Aquaculture*. 35: 151-161
- Sardà, F., Vallardes, F. J. (1987). *Nephrops norvegicus* (L.): Evaluation of soft material in the feeding : effects of starvation on hepatopancreas weight, on the cannibalism and morality in captivity. *ICES C.M.1987/K:55*.
- Sardà, F., Vallardes, F. J. (1990). Gastric evacuation of different foods by *Nephrops norvegicus* (Crustacea:Decapoda) and estimation of soft tissue ingested, maximum food intake and cannibalism in captivity. *Mar. Biol.* 104: 25-30
- Sellborn, A. (I tryck). Mundelarnas funktionella morfologi hos havskräftan (*Nephrops norvegicus* L.) med speciellt hänses till suspensionsätande. 20-p arbete i zoekologi, Göteborgs Universitet.
- Shimeta, J., Jumars, P. A. (1991). Physical mechanisms and rates of particle capture by suspension-feeders. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 29: 191-257
- Sokal, R. R., Rohlf, R. J. (1969). *Biometry*. W.H. Freeman & Co., San Francisco, CA,
- Thomas, H. J. (1965). The White Fish Communities Associated with *Nephrops norvegicus* (L.) and the By-catch of White Fish in the Norway lobster Fishery, together with Notes on Norway lobster predators. *Rapp. P. -V. Reun., Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 156: 155-160
- Thomas, H. J., Davidson, C. (1962). The food of the Norway lobster. *Mar. Res.* 3: 5-15
- Thomas, H. J., Figueiredo, M. J. (1965). Seasonal Variations in the Catch Composition of the Norway Lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) around Scotland. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.* 30: 75-85
- Thomas, M. L. H. (1968). Overwintering of American Lobsters, *Homarus americanus*, in Burrows in Bideford River, Prince Edward Island. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 25: 2725-2727
- Underwood, A. J. (1981). Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 19: 513-605
- Wotton, R. S. (1990). The Biology of Particles in Aquatic Systems - Some Concluding Comments. In: Wotton, R. S. (ed.) *Biology of Particles in Aquatic Systems*. CRC Press Inc, 2000 Corporate Blvd NW, Boca Raton, FL 33431, p. 289

Uppskattning av täthet och utbredning av havskräftbestånd med en fiskeoberoende metod

av Mats Ulmestrand, Havsfiskelaboratoriet, Lysekil

Abstract

This paper describes the development of a method for environmental mapping and characterisation of the sea floor. One biological application of the method was found in estimation of density and distribution of burrows made by the Norway lobster using optical and acoustic data sources as video recording, side scan sonar and multi beam echo sounder. There is a strong need for development of a fishing independent method in the stock assessment work for Norway lobster and the method developed in this project could be an alternative to the conventionally used methods.

Bakgrund

Vid uppskattningar av bestånden av havskräfta används generellt metoder som baseras på längdfördelningen hos fångade havskräftor.

Eftersom havskräftor bor nedgrävda i gångsystem i botten, är de bara fångstbara med trål när de befinner sig uppe på sedimentet. Man har funnit många olika faktorer (ljusintensitet, syrgashalt, temperatur m.m.) som påverkar havskräftors beteende och framför allt dess aktivitet uppe på sedimentet. Exempelvis unga havskräftor och rombärande honor befinner sig huvudsakligen nere i sina gångsystem. Med ökad kräftstorlek ökar deras aktivitet uppe på sedimentet och riktigt stora hanar befinner sig till mycket stor del uppe på sedimentet.

Dessa skillnader i aktivitet orsakar stora skillnader i fångstbarheten av havskräftorna. Detta i sin tur medför att storleks- och könsfördelningen i fångsten sannolikt inte representerar det totala beståndet, och det är därför inte rättvisande att basera en beståndsuppskattning på sådana data. Dessutom fiskas havskräfta ofta intensivt på begränsade delar av det definierade beståndet, dvs många trålare exploaterar en liten del av beståndet. Fångster från ett högexploaterat område är inte ens representativt för det fångstbara beståndet i hela området. Ett vanligt problem är därför att det totala beståndet har en mycket större utbredning än det område själva fisket bedrivs i och ännu större utbredning än området från vilka fångstprover insamlas.

Underförstått i gängse analytiska beståndsuppskattningsmetoder är dessutom antagandet

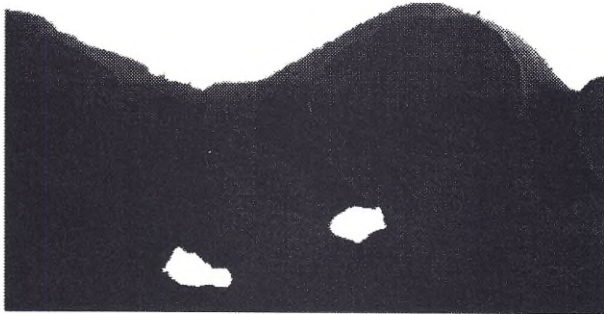
att beståndet återfördelar sig geografiskt och blandas efter det att de fångstbara havskräftorna fiskats upp samt att alla havskräftor är lika tillgängliga för fångst. Dessa antaganden stämmer uppenbarligen inte för bottenlevande, grävande och stationära djur som havskräftor.

I ett försök att finna alternativ till dessa fiskeberoende beståndsuppskattningsmetoder deltar Havsfiskelaboratoriet i ett Svensk-Norskt samarbetsprojekt kallat ESMAC (Environmental Seafloor Mapping And Characterization) (Kristensen et al, 1993). Målsättningen med detta projekt är att utveckla en metod för att insamla och hantera stora volymer av data från hydroakustiska sensorer (sidoscannande sonar och ekolod) samt att verifiera dessa data med bottenprover och videodata från den fjärrstyrda undervattensfarkosten "Sjöugglan". Med hjälp av alla dessa data (optiska och akustiska) skall algoritmer (bruksanvisningar) utvecklas för biologisk och geologisk klassificering av havsbotten i ett antal fördefinierade klasser, t.ex. havskräftbotten.

Karaktäristiskt för en havskräftbotten är dels sedimentet som består av siltinblandad lera och dels de för havskräftan karaktäristiska bohålor (Dybern och Höisaeter, 1965) med relativt stora ingångshål (se figur 1 och 2). Inom projektet utvecklas även program för att, utöver kartering av havskräftbottnar, kunna urskilja och beräkna tätheter av kräfthålor. Metoden är sannolikt mycket användbar för att följa återkoloniseringsen av havskräfta på utslagna bottnar såsom t.ex. på de flera tusen kvadratkilometer

kräftbottnar i sydöstra Kattegatt som slogs ut på havskräfta pga låga syrehalter i bottenvattnet.

Metoden är sannolikt mycket användbar för att följa återkoloniseringen av havskräfta på utslagna bottnar såsom t.ex. på de flera tusen kvadratkilometer kräftbottnar i sydöstra Kattegatt som slogs ut på havskräfta pga låga syrehalter i bottenvattnet.



Figur 1. Vertikalt snitt av en kräftbotten med gångsystem och utgångshål.



Figur 2. Vy över havskräftbotten med ingångshål.

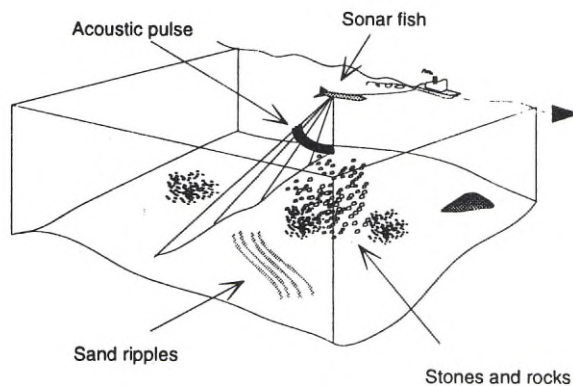
Akustiska och optiska datakällor

Sidoscannande sonar (side scan sonar).

Ett ekolod beräknar vattendjupet genom att sända ut ljud och mäta tiden för ljudet att eka tillbaka. Styrkan på ekot ger även information om bottenypen. Principen för en sidoscannande sonar är densamma som för ett vanligt ekolod förutom att ljudet är vinklat och scannar åt sidorna (fig 3). En typisk sidoscannande sonar sitter i en sk. "fisk" som släpas i sin kabel efter en farkost och scannar åt båda sidorna samtidigt. Variationer i styrkan i den från botten reflekterade ljudsignalen ger information om sedimentets struktur och utseende samt eventuella föremål på botten. Upplösningen på reflektionen ökar med ökande frekvens hos svängaren. En 500 kHz sidoscannande sonar ger tillräckligt hög upplösning för att urskilja kräfhålor men genererar också relativt mycket (utrymmeskrävande) data vilket kräver stor datalagringskapacitet. 2-3 km körning med en 500 kHz sonar genererar ca 200 Mbyte av data. Efter filtrering av störningar och ett antal korrektioner av inspelade sonardata, kan man göra mosaik och producera kartor över havsbotten. Figur 4. ger exempel på pappersutskriften av data från sidoscannande sonar.

Creation and Retrieval of Rectified Sidescan Imagery

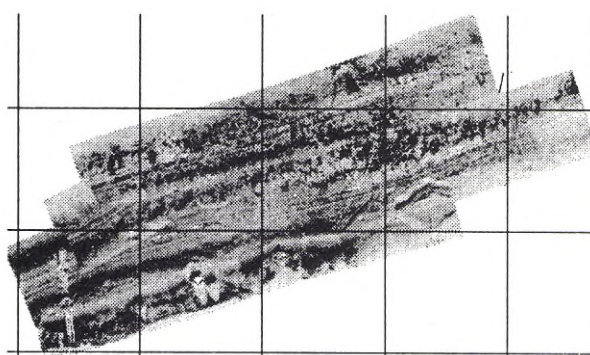
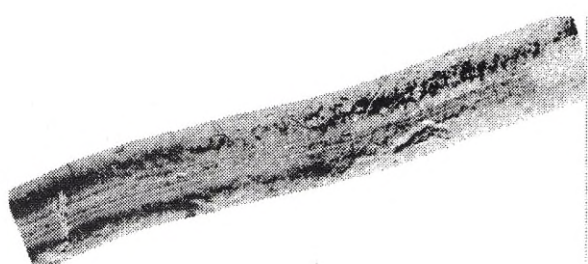
Geometrically rectified sea-floor strips are created from sidescan sonar records and navigational data. The rectified strips are treated as objects which include the geographic information needed for mosaicing several such strips together.



SIDESCAN SONAR

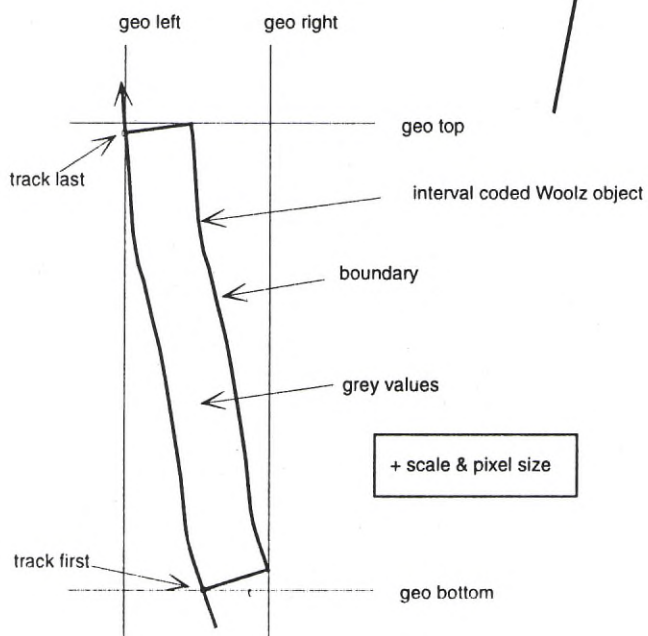
Navigational Data
Sidescan Data

RECTIFIED SONAR STRIP

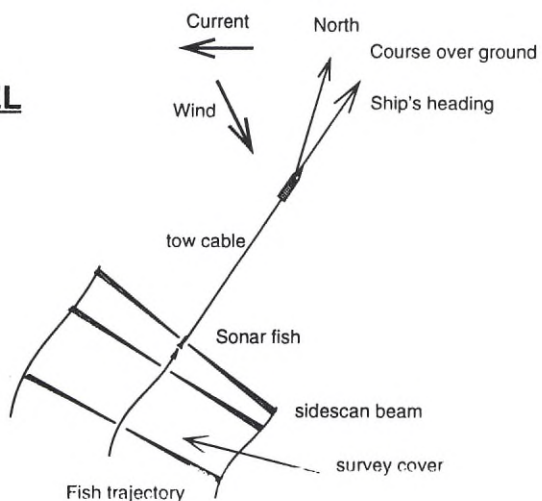


SIDESCAN MOSAIC

OBJECT REPRESENTATION



MODEL



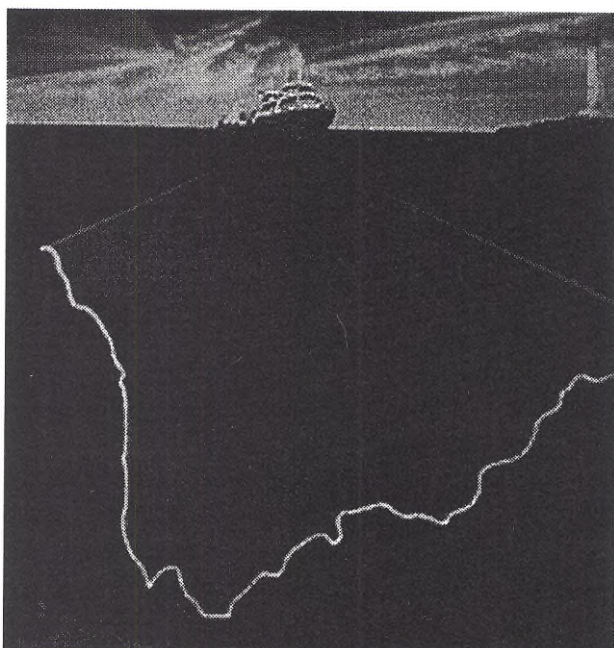
Figur 3. Schematisk beskrivning av en sidosannande sonar.



Figur 4: Exempel på utskrifter från sidoscannande sonar

Flerstrålande ekolod (multibeam echo sounder).

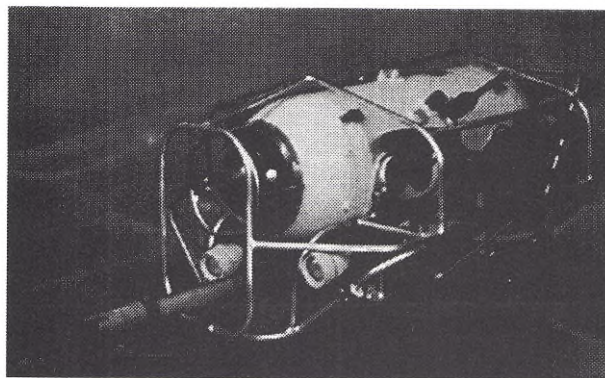
Liksom för en sidoscannande sonar genererar ett flerstrålande ekolod data även från sidorna av fartyget (fig. 5). Principen består i att många svängare placeras intill varandra och man får därför en bild av ytan som fartyget passerat. Ett flerstrålande ekolod har i allmänhet inte lika hög upplösning som en sidoscannande sonar men kan istället täcka en större yta och ge information om bottenytan och substratet är lämpligt för kolonisering av havskräftor. Med denna utrustning kan man alltså snabbt kartlägga områden med potential för havskräftbestånd (rätt djup och sediment), för att därefter gå in med mer högupplösande sonarer och videofilmning.



Figur 5. Principen för ett flerstrålande ekolod

Sjöugglan.

Sjöugglan är en fjärrstyrd undervattensfarkost (se fig. 6) som manövreras från en manöverpanel (t.ex. ombord på ett fartyg) genom en 350 m lång kabel ned till sjöugglan. Härvid kan "piloten" bestämma djup, sido- och stupvinkel, kompasskurs samt fart ($\leq 2,5$ knop). Ugglan är utrustad med en SVHS videokamera, sektor-scannande sonar, griparm och positioneringssystem. Dessutom finns ett s.k. CAT-system (Computer Aided Tracking) varvid man med datorns hjälp kan låta ugglan söka utefter t.ex. ett rutnät på botten.



Figur 6. Sjöugglan

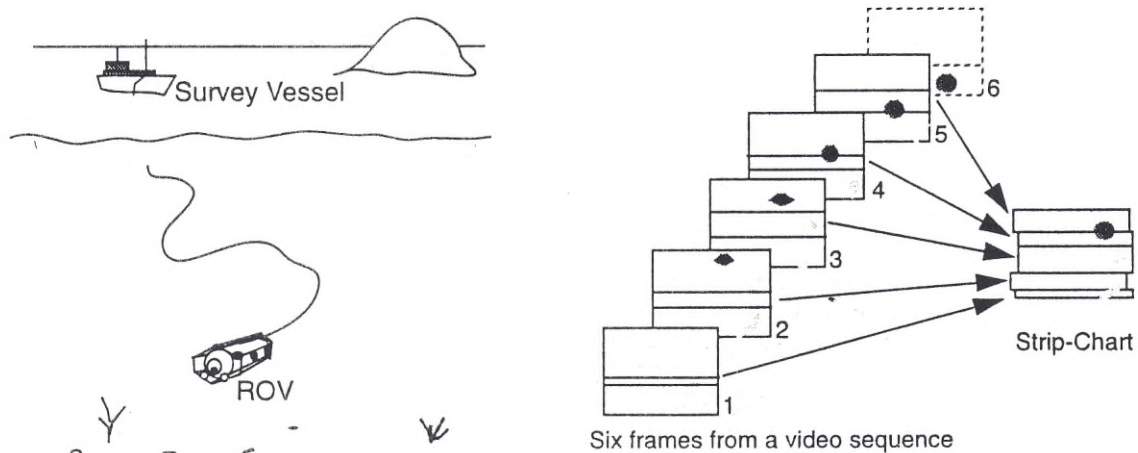
Med videokameran kan man kontinuerligt filma och banda havsbotten utefter linjen som sjöugglan körs.

Bailey et al. (1993) redovisar skotska försök att med hjälp av videofilmning av havsbotten uppskatta storleken av beståndet av havskräfta vid Fladen Ground. En videokamera på en bottenstående släde släpades efter fartyget varefter bottenytan som filmats beräknades och antal gångsystem uppskattades genom att flera personer manuellt räknade hålen. Problem med denna metod är att den är tidskrävande och subjektiv. En van räknare registrerar fler system än den ovane.

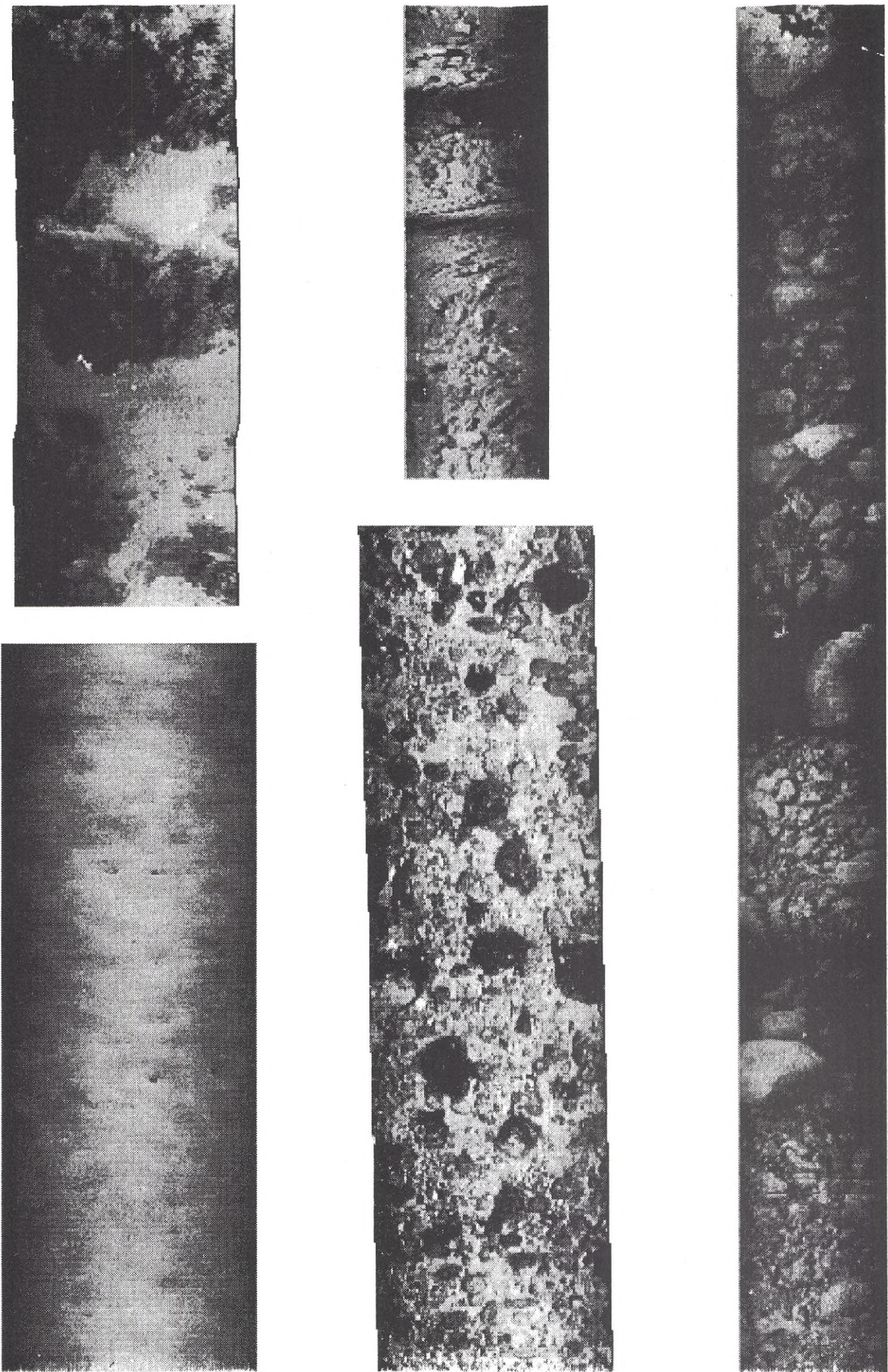
Inom ESMAC arbetas istället fram ett bildbehandlingssystem för att med datorns hjälp leta fram och räkna kräfthål. Detta kan ske på två olika sätt. En sk lågnivåalgoritm innebär att ett program tränas att känna igen mönster i en bild, medan en högnivåalgoritm innebär att man symboliskt beskriver utseendet på t.ex. ett gångsystem (kulle med sluttande ingångshål) varefter bottenbilden beskrivs på motsvarande sätt och man kontrollerar om beskrivningen av gångsystemet ingår i bottenbilden.

Eftersom sikten vid havsbotten ofta är mycket begränsad (pga. hög partikelhalt), att strålkastarna förstärker partiklarna samt att ugglans vinkel mot havsbotten är liten, är endast en mindre del av bilden (smalt horisontellt band mitt på bilden) av tillräckligt hög kvalitet för att vara användbar. Ett program har därför utvecklats för att fånga och digitalisera enstaka videobilder, klippa ut delen med hög kvalitet, bläddra sig fram några bilder, fånga och klippa igen osv, samt slutligen klistra ihop dessa till långa högkvalitativa remsor, s.k. "strip charts". Metodens

förlopp beskrivs i fig. 7 och i fig. 8 ges exempel på strip charts från olika typer av bottenar. GISMO (se nedan) kommer att utvecklas till att göra mosaiker av flera strip charts och på så sätt producera kartor över havsbottenen.



Figur 7. Schematisk beskrivning av användning av "Sjöugglan" (till vänster) och principen för "strip-chart"-metoden (till höger).



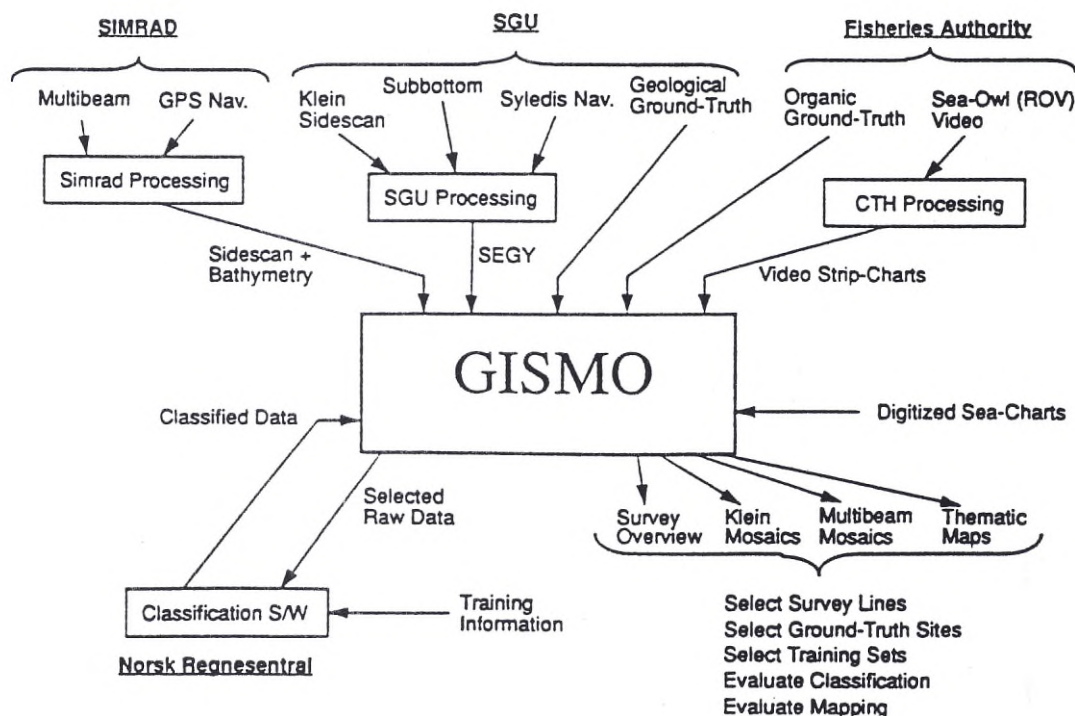
Figur 8. Exempel på kvalitativa remsor producerade från sekvenser filmade under vattnet.

GISMO

GISMO (Geographic Information System + MOsaiccing) är arbetsnamnet på ett system av datorprogram utvecklat för ESMAC (Bolinder och Shippey, 1993). Målsättningen med GISMO är att rationellt kunna bearbeta och förflytta sig inom stora mängder data från sidoscannande sonar, flerstrålande ekolod och videodata från sjöugglan, både tillsammans och var för sig. Även om konvertering av data till sanna koordinater är nödvändigt, krävs att klassifiseringen görs på "oförstörd rådata" då konverteringen förstör mycket av den statistiska informationen. Själva klassifiseringen av bottenarna kräver därför tillgång till stor datalagringskapacitet. Genom att ha noggrann positionering på sonarer och sjöuggla samt ett system i GISMO för mönsterigenkänning kan man göra mosaiker av insamlade data och producera en karta för varje typ av data källa. Dessa kartor läggs sedan på varandra i olika lager och slutprodukten är en detaljerad geografisk karta med vilken man noggrant kan klassificera havsbottenen och t.ex. beräkna täthet och utbredning av kräfhål inom den undersökta ytan av havsbottenen.

Referenser

- Bailey, N., Chapman, C., Kinnear, J., Bova, D., Weetman, A. (1993). Estimation of Nephrops stock biomass on the Fladen Ground by TV survey. ICES C.M. 1993/K:34.
- Bolinder, A., Shippey, G. A. (1993). GISMO - a system for hydroacoustic seabed mapping and classification under X-windows. Hydroacoustic Conference, Stockholm, Sept. 1993.
- Dybern, B. I., Höisaeter, T. (1965). The Burrows of Nephrops norvegicus. Sarsia. 21: 49-57
- Huseby, R. B., Milvang, O., Solberg, A., Weisteen, K. (1993). Seabed classification from backscatter sonar data using statistical methods. Proc. Institute of Acoustics. 15: 415-420
- Kristensen, J. H., Pøhner, F., Shippey, G. A., Vikgren, K., Cato, I., Ulmestrand, M. (1993). ESMAC, a Nordic research programme for environmental mapping and carterization of the seafloor. Proc. Institute of Acoustics. 15: 131-139
- Milvang, O., Huseby, R. B., Weisteen, K., Solberg, A. (1993). Feature extraction for backscatter sonar data. Proc. Institute of Acoustics. 15: 165-172
- Shippey, G. A., Vikgren, K., Elhammer, A., Finndin, R. (1993). Design of a marine GIS for seabed mapping and classification. Proc. Institute of Acoustics. 15: 195-202
- Vikgren, K., Finndin, R. (1993). Application of camera strip-charts for interpretation of sonar images. Hydroacoustic Conference, Stockholm, Sept. 1993.



Figur 9. Schematisk beskrivning av olika typer av utgångsdata till GISMO.

FISKERIVERKETS HAVSFISKELABORATORIUM I LYSEKIL

Havsfiskelaboratoriet tillhör Fiskeriverkets utredningsavdelning och bedriver forskning och undersökningsverksamhet inom området marin fisk/marint fiske. De huvudsakliga arbetsuppgifterna för laboratoriet är uppskattning av de fiskbestånd som är av störst intresse för det svenska fisket: torsk, sill/strömming, havskräfta, räka, skarpsill och rödspotta. Bland annat dessa undersökningar ligger till grund för de biologiska råd som ges av Internationella Havsforskningsrådet (ICES). Dessa i sin tur är ett viktigt underlag inför de internationella förhandlingar som förs om de fångstmängder som får tas i det svenska havsfisket.

Förutom beståndsuppskattningarna bedrivs ett flertal andra projekt på Havsfiskelaboratoriet. Några exempel är utveckling av selektiva fiskeredskap inom torsk-, havskräft- och räkfiskena, östersjötorskens reproduktionsbiologi, hummerns ekologi samt utvecklandet av akustiska modeller för kartering och klassificering av havsbotten.

Sedan 1991 finns en filial till Havsfiskelaboratoriet; Östersjölaboratoriet i Karlskrona. Här arbetar man framför allt med provtagningar och undersökningar i Östersjön och bidrar därigenom till att öka kapaciteten inom svensk fiskeriforskning.



Fiskeriverket, Havsfiskelaboratoriet: Laboratoriechef: Jan Thulin
Besöksadress: Turistgatan 5, Postadress: Box 4, 453 21 Lysekil
Tel: 0523-187 00, Fax: 0523-139 77, e-mail: j.thulin@imr.se



Fiskeriverket, Östersjölaboratoriet: Platschef: Gunnar Sellerberg
Utövägen 5, 371 37 Karlskrona, Tel: 0455-142 30, Fax: 0455-104 84