



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.



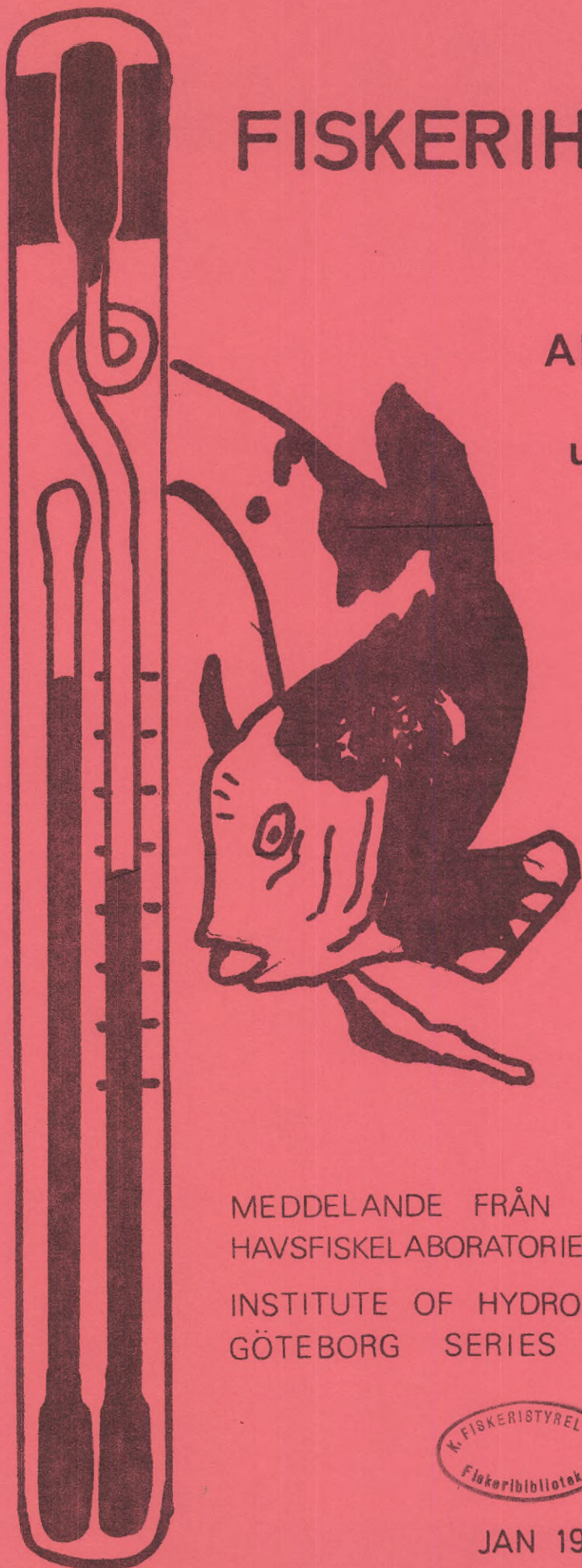
# FISKERIHYDROGRAFI

av

ARTUR SVANSSON

under medverkan av

Laura Píriz



MEDDELANDE FRÅN  
HAVSFISKELABORATORIET LYSEKIL

NR **307**

INSTITUTE OF HYDROGRAPHIC RESEARCH  
GÖTEBORG SERIES

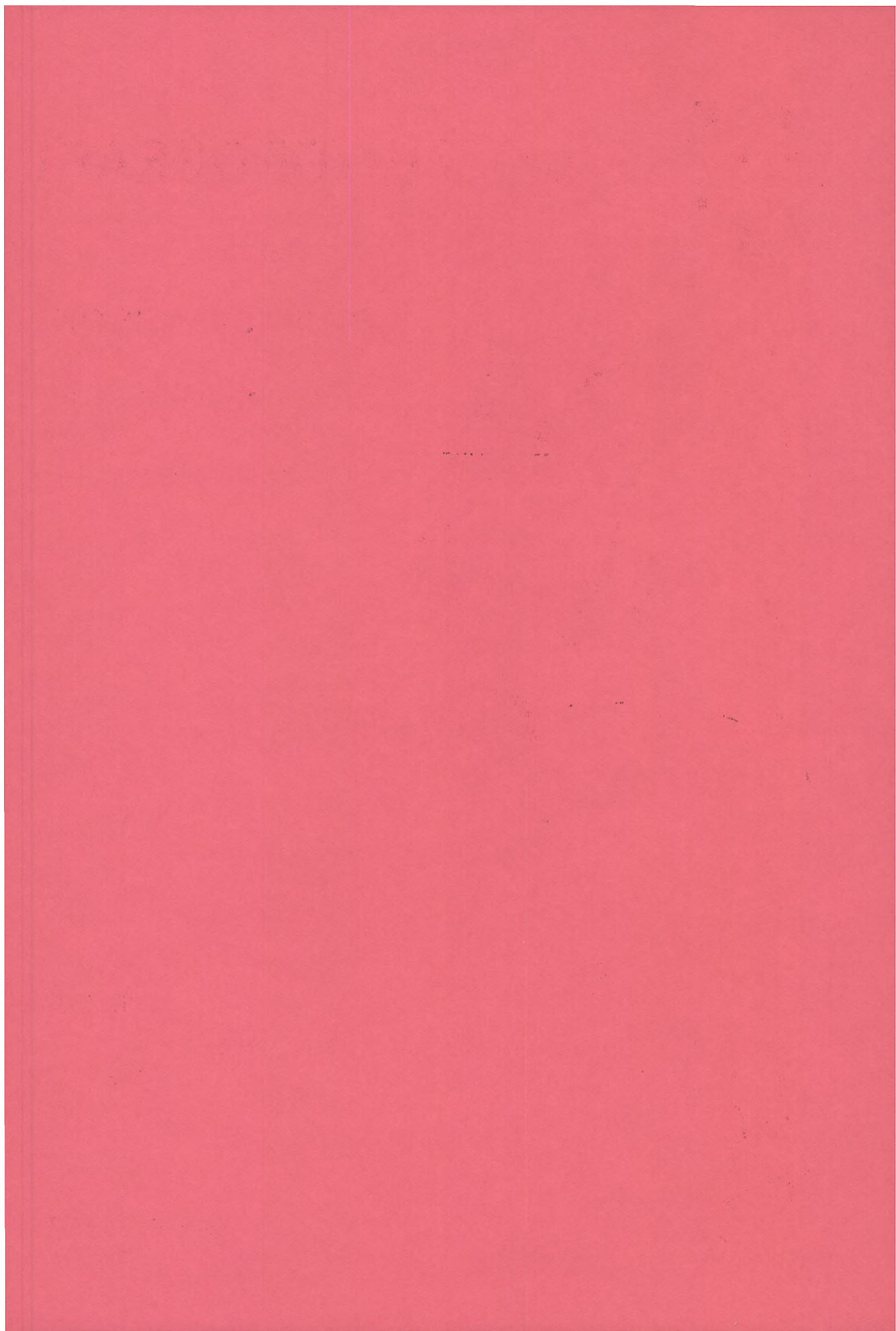
NO **31**



JAN 1985

ISSN-0374-8030





Lennart Hansson  
med hjärtlig hälsning  
från  
författaren



## FISKERIHYDROGRAFI

En sammanställning om kopplingen mellan å ena sidan fisken och fiskfödan och å andra sidan den fysikaliskt-kemiska miljön i sjöar och hav med ett för Sverige intressant fiske

av

Artur Svansson, Hydrografiska laboratoriet

under medverkan av Laura Piriz





Innehåll.	Sid nr
1. Inledning	1
2. Historik	2
3. Fiskerihydrografi i olika delar av världen	4
4. Med utgångspunkt från fisken	5
4.1. Vattendjurs egenskaper i relation till miljön	5
4.2. Några för Sverige intressanta fiskarter och deras livsbeteenden som kan tänkas bero på hydrografen	10
4.2.1. Sill	11
4.2.2. Skarpsill	17
4.2.3. Makrill	18
4.2.4. Torsk	19
4.2.5. Rödspotta	21
4.2.6. Några kräftdjur	22
4.2.6.1. Hummer	22
4.2.6.2. Krabba	23
4.2.6.3. Havskräfta	24
4.2.6.4. Nordhavsräka	25
4.2.7. Ål	26
4.2.8. Lax	27
4.3. Vattenbruk	30
5. Med utgångspunkt från hydrografiska, hydrografi- ekologiska och meteorologiska faktorer	31
5.1. Temperatur, densitet mm	33
5.2. Närsalter	36
5.3. Ljusförhållanden	38
5.4. Växt- och djurproduktion	40
5.5. Syrgas	45
5.6. Vattenrörelser	45
5.7. Finstruktur	49
6. Föroreningar och andra mänskliga ingrepp i vattenmiljön	51
6.1. Miljögifter	52
6.1.1. Tungmetaller och klorerade kolväten	52
6.1.2. Radioaktivitet	54
6.1.3. Olja	55
6.2. Kylvatten	56
6.3. pH-ändringar	58
6.4. Muddring och muddertippning	60



7.	Klimatväxlingar och dessas relation till biologiska långtidsförändringar.	60
	7.1. Klimatväxlingar	61
	7.2. Biologiska långtidsförändringar	63
	7.3. Förändringar 1920-1979	65
8.	Säsongsvariationer	68
9.	Fiskerihydrografi områdesvis	70
	9.1. Svenska insjövattnen	71
	9.1.1. Stora sjöarna	72
	9.1.2. Reglerade sjöar	72
	9.2. Bottenviken	73
	9.3. Bottenhavet	75
	9.4. Egentliga Östersjön	77
	9.5. Kattegatt och Öresund	80
	9.6. Skagerrak	84
	9.7. Nordostatlanten inklusive Nordsjön	86
	9.8. Kustzonen	89
10.	Några "hydrografiska" hjälpmedel i fiskeriforskningen	90
	10.1. Elektrofiske	90
	10.2. Akustik	90
	10.3. Matematiska modeller	91
	10.4. Fjärranalys	92
11.	Diskussion och rekommendationer	93
12.	Tack	96
13.	Förkortningar	97
14.	English Summary	99
15.	Referenser	102

De flesta figurerna har placerats in "i sista minuten". Därför saknas nästan helt hänvisningar till dem i texten.

## 1. Inledning

Tanken att göra en fiskerihydrografisk sammanställning har vuxit fram så småningom hos mig under de mer än 25 år, som jag arbetat som hydrograf vid Fiskeristyrelsen. Det viktigaste med sammanställningen är mitt försök att som hydrograf sätta mig in i de biologiska behoven av hydrografi. Detta som en kontrast till det mera traditionella förfaringsättet att fiskeribiologen "beställer" data mm av hydrografen och gör sina egna tolkningar. Fiskeribiologer har i allmänhet mera kunskaper i hydrografi än vad hydrograferna har i biologi. Min ambition har varit att ändra på detta förhållande, därhän, att både biologer och hydrografer tränger in i varandras områden och löser fiskeriforskningsproblem tillsammans.

Jag har inte fullföljt min ambition till 100 %. Laura Piriz har med sin biologi-bakgrund hjälpt mig i synnerhet med kapitel 4.2. Men hennes hjälp har varit sådan, att jag "tvingats" lära mig fiskarterna och deras problem. Laura Piriz har studerat en mängd relevant litteratur, valt ut de viktigaste arbetena för mig att läsa, varefter jag skrivit texten. Denna har sedan skrivits om många gånger efter kritik från såväl Laura Piriz som från mina kolleger på Havsfiskelaboratoriet samt ibland andra experter.

"Fiskerihydrografi" är inget helt vedertaget begrepp, och jag har gjort mig en egen definition därav. Hydrografi är i ICES mening ekvivalent med fysikalisk och kemisk oceanografi för vattenfasen. Hela och Laevastus Fisheries Hydrography (1962) behandlar enbart saltvattensproblem. Men jag har valt en mera "generös" definition. Den utgår ganska mycket från Fiskeristyrelsens fiskeri-intressen, som ju täcker såväl saltvatten som sötvatten. Generositeten gäller även vattnets gränzdomäner, botten, atmosfären och kusten. Fiskeristyrelsens intressen gäller inte enbart fisk utan även kräftdjur. Vattenbruket är ett delområde på frammarsch, som inte blott innebär odling av fisk utan även av skaldjur. Ibland finns det anledning att beröra omgivningsproblem i relation till delfiner, sälar och andra däggdjur. När sammanställningen nedan inte är så täckande som denna definition av fiskerihydrografi skulle innebära, beror det i allmänhet på att tidsbrist har hindrat en mera omsorgsfull behandling.

Något om dispositionen, som givetvis kunde ha sett annorlunda ut. Kap. 4, som har fiskeribiologiska utgångspunkter kommer före kap. 5, som innehåller hydrografiska grundtankar. Man kunde ha gjort tvärtom, men som en motvikt till dilemmat huruvida fiskeribiologi eller hydrografi bör komma först, förekommer det medvetna upprepningar inte bara en gång utan flera. Detta märks av naturliga skäl mest i kap. 9. Ett kapitel om föroreningar (kap. 6) hör med naturlighet hemma under begreppet fiskerihydrografi. Föroreningen har i allmänhet gått vägen via vattnet antingen direkt (t.ex. via gälarna) eller indirekt (t.ex. via födan).



När man gör en sådan här sammanställning läser man helst litteratur, som är sammanfattande på olika områden. De arbeten, som använts flitigast är följande: Fiskar och Fiske i Norden (ed. K.A. Andersson 1964), The Baltic Sea (ed. A. Voipio 1981), Elements of marine ecology (Tait 1972), Climate and Fisheries (Cushing 1982), Fisheries Oceanography and Ecology (Laevastu and Hayes 1982) och Sjöar under inverkan (Anon. 1976).

## 2. Historik

Människan har fångat fisk sedan urminnes tider; jakt och fiske är äldre än jordbruk och boskapsskötsel. Vid fiske har man säkert tidigt sökt se förklaringar till att fiskelyckor varierar även med abiotiska faktorer som vind, nederbörd mm. Många av de samband som dagens yrkesfiskare och fritidsfiskare tror sig se, har antagligen rötter långt tillbaka i tiden, och man har all anledning att ta dem på allvar, såvida man inte bevisat, att de är felaktiga. Det skulle säkert löra sig att samla fiskares tumregler och bearbeta dem.

Den vetenskapliga sidan har utvecklats senare. Kunskaper om större djurarter är väl äldst. Teorier för vågor och tidvattnen kom på 1700-talet men först i mitten av 1800-talet upptäckte man plankton. Engelsmannen Forbes försökte se samband mellan biologi och miljö men blev mest känd för att han hävdade, att det inte kunde finnas liv i havet på större djup än 600 m.

Världsomseglingen med forskningsfartyget Challenger 1872-76 utgjorde dels ett stort vetenskapligt framsteg i sig, dels inspirerade det enormt till ett ökat intresse för havsforskning. Man får väl anta, att den hydrografiska expeditionen år 1877, som svensken F.L. Ekman genomförde i alla "våra" hav, fick sin inspiration därifrån. Expeditionens resultat bearbetades och publicerades av Otto Pettersson, tidigare kemiprofessor i Uppsala, senare havsforskare på heltid (Ekman och Pettersson 1893).

Otto Pettersson blev inte bara pionjär som hydrograf utan även som fiskerihydrograf. Vintern 1877/78 kom sillperiodsillen tillbaka till Bohusläns skärgård och fjordar efter att ha varit borta sedan 1808. Redan vintern 1878/79 undersöktes temperatur och salthalt i fiskeområdena. Så småningom hävdade Otto Pettersson att det fanns ett samband mellan mängden sill och mängden Bankvatten, vilket definierades av salthaltsgränserna 32 och 34. Man fann bl.a. att hypotesen stöddes av förhållandena 1896/97, när sillfisket var dåligt samtidigt med att mängden bankvatten var litet (Cleve et al 1897). Se vidare nedan i kap. 4.2.1.

År 1901 bildades Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionen (SHBK) och 1902 Internationella havsforskningsrådet ICES. I ICES regi samlade man in hydrografiska data



regelbundet några gånger pr år fram till första världskriget. Under åren 1901-28 levde hydrografer och biologer sida vid sida på Bornö station i Gullmarsfjorden och publicerade sig i SHBK:s jätteformat-skrifter. Otto Pettersson arbetade vidare med att förbättra sin hypotes om den bohuslänska sillen i relation till hydrografen och publicerade ett stort arbete 1922. Men fiskeribiologerna blev mer och mer skeptiska till hans ideer, se kap. 4.2.1. Från slutet av 20-talet verkar det som om det hydrografisk-biologiska samarbetet överansträngts i Sverige för en bra tid framöver.

På 1930-talet lägger man särskilt märke till Plymouth-skolans aktiviteter. Man följde där noggrant de förändringar i biologi och hydrografi, vilka senare kallats Russell-cykeln (se kap. 7.1). De omsorgsfulla mätningarna låg också till grund för Harveys (1950) budgetberäkningar (se kap. 5.4).

Ett par tidiga danska hydrografiska arbeten gäller Kattegatt. Johansen (1925) relaterade variationer i makrillbestånden 1909-23 till hydrografiska faktorer. Korrelationer av årsklasstyrka med omgivningsfaktorer gjordes av Johansen (1929), som studerade beståndet av rödspotteyngel i södra Kattegatt och Bälthavet. Jensen (1952) tittade bl.a. på liknande samband i hela Kattegatt. Jfr kap. 9.5.

I Tyskland gjorde Kurt Kalle ingående mätningar av närsalter och tolkningar av sina data. Inte minst gjorde han tidiga studier av stagnationen i Eg. Östersjöns djuphålör. I Meyer und Kalle (1950) tolkas ökningen av torskfångsterna i Eg. Östersjön från 1935 som en följd av ett starkt inflöde av Kattegatt-vatten. Samtidigt förundrade sig författarna över kontinuerligt minskande fångster av rödspotta från 1930 till 1945 i Eg. Östersjön.

Under 1950-talet byggdes vattenkraften ut i en mängd svenska älvar. Specialister inte minst fiskeribiologer, engagerades för att söka lösningar, som dämpade de uppenbara skadeverkningarna på fisket (se kap. 9.1.2.). Man började bli multidisciplinär för att förstå den ekologiska helhetsbilden, en trend som ökade, när i slutet av 60-talet miljömedvetandet växte kraftigt i samband med ökande föroreningsutsläpp. Det framsteg, som sötvattensekologin gjorde, har sedan smittat av sig på saltvattensidan.

ICES var efter 2:a världskriget ganska passivt, när det gällde Östersjön och överlät ansvaret på de Baltiska Oceanograferna (CBO, första möte 1956) och de Baltiska Marinbiologerna (BMB, första möte 1968). Det Baltiska Året (IBY) 1969-70 var ett stort hydrografiskt projekt under CBO; det bestod mest av upprepade expeditioner till bestämda stationer. Det har i många avseenden fått stå modell till Baltic Monitoring Programme, vilket under Helsingforskonventionens kommission nu innebär en multidisciplinär regelbunden mätverksamhet.

Av vår egen verksamhet (Fiskeristyrelsen bildades 1948, varvid SHBK upplöstes) kan nämnas följande. Under 1959-63

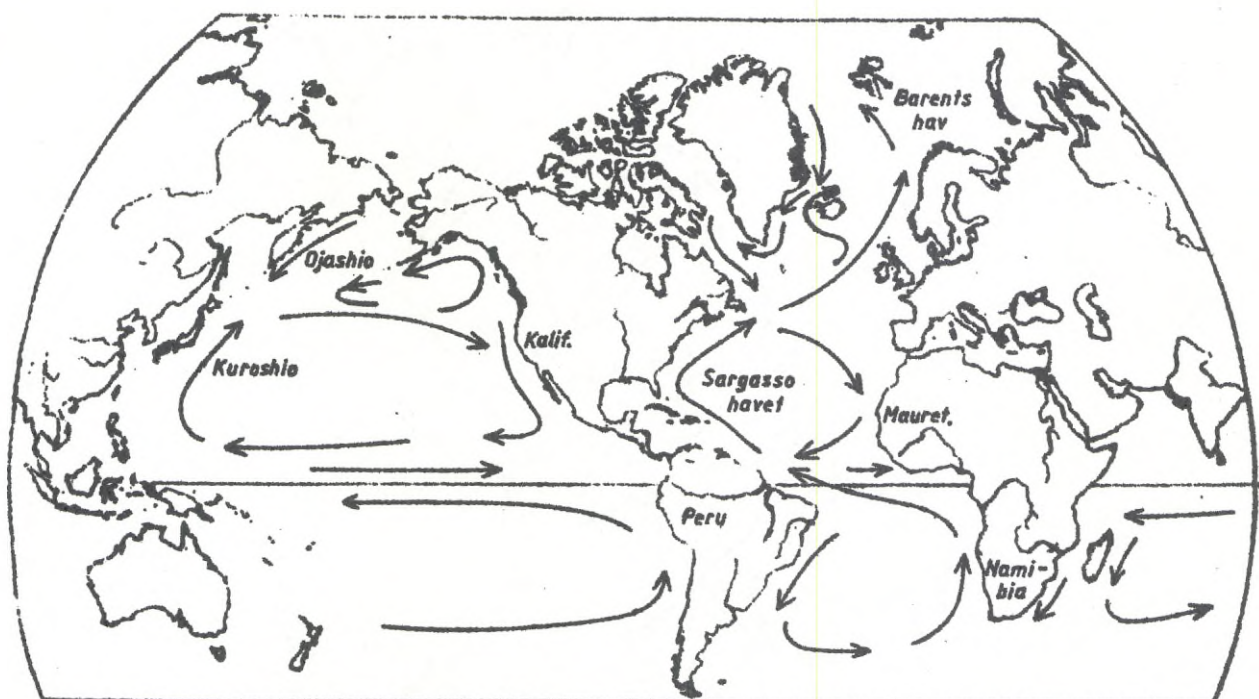


hade vi tillsammans med Armin Lindquist ett projekt i Skagerrak och norra Kattegatt för att kartlägga skarpsillens lek område. Därvid ökades våra kunskaper om Skagerrak, som jag bl.a. gav uttryck åt i en artikel (1965), där jag också dristade mig att gå in på sillperiodhydrografi. Se nedan kap. 4.2.2 och kap. 7.2. om Lindquists resultat av dessa och andra skarpsillundersökningar. - År 1957 intensifierade vi övervakningen av Eg. Östersjöns djuphålur på rekommendation av CBO. Undersökningarna ökade ytterligare från slutet av 1960-talet (efter "larmet om Östersjöns svåra tillstånd") med extra penningmedel från det 1967 bildade Naturvårdsverket. Fonselius avhandlingar (1962, 1967 och 1969) om stagnationen i Eg. Östersjön inspirerade till nya vetenskapliga arbeten (se bl.a. kap. 4.2.4 och 9.4). Under 1970-talet vändes intresset från närsalts- och syrgasproblem till toxiska ämnens förekomst i vattenmiljön. Men nu på 80-talet har efter bottendöden i Laholmsbukten (se kap. 9.5) intresset i Sverige vänt tillbaka till eu- och hypertrofiering.

### 3. Fiskerihydrografi i olika delar av världen

Många av de fiskerihydrografiska samband, som kommer att diskuteras längre fram i denna sammanställning, är specifika för våra vatten. Men många, kanske flertalet problemställningar liknar dem, som gäller för andra sjöar och hav. Vidare finns det genom atmosfärens förmedling en koppling mellan klimat i olika delar av världen, så att det t.ex. kan vara meningsfullt att fundera över en slående samtidighet av stora fångster av sardiner dels utanför Japan, dels i Adriatiska havet (Cushing 1982, se även kap. 7). Det är därför ganska självklart att göra en "global" utblick för att se vad man kan lära av det. Här följer några exempel.

Det finns en uppenbar korrelation mellan fiskmängd och närsaltstillgång. För insjöar och kusthav gäller detta dock för måttliga närsaltsmängder. I oceana sammanhang är sambandet mellan fiskstillgång och uppvällning av närsaltriakt djupvatten ett monumentalt bevis på ett fiskerihydrografiskt samband. Det gäller dels fyra områden vid Amerikas och Afrikas västkuster: utanför Peru, Kalifornien, Namibia och Mauretanien, dels vid de stora divergenserna framför allt längs och nära ekvatorn i Stilla havet. Mest kända är förhållandena utanför Peru. Här fiskades 1970 inte mindre än 12 miljoner ton archoveta, c:a 20 % av hela världens havsfiske det året. Uppenbarligen var detta ett överfiske, eftersom beståndet ännu inte tycks ha återhämtat sig. I genomsnitt var 7:e år inträffar El Nino: fisket slår fei på grund av att vatten av en högre temperatur breder ut sig söderut i motsatt riktning mot den normalt förhärskande Humboldtströmmen. Den kustparallella vinden ändrar sig inte, men närsaltstillförseln är uppenbarligen förminskad, eftersom primärproduktionen går ned till en tredjedel av det normala. Alla biologiska förlopp är inte klarlagda, i synnerhet inte efter överfisket. Däremot har den fysikaliska delen av El Nino blivit ytterligare klarlagd som en slags vågrörelse, som man kan spåra minst ett halvår tidigare i W. Stilla havet. Vågen ger vid amerikanska kusten upphov till en "downwelling"







Några sjöar och vattendrag



(jmf. kap. 5.6), som motverkar den sydliga vindens normala effekt av uppvällning.

Divergenser omnämnes ovan. Där strömmar av olika slag rinner bredvid varandra men i olika riktningar, väller artingen djupvattnet upp, divergenser, men motsatser är också möjlig, konvergenser, där organismer, partiklar mm samlas och där vattnet självt är sjunkande. Det är divergenserna, som effektivt för upp närsalter till ytskiktet, men nyare forskning visar att fronter i allmänhet är födorika. - Västra sidan av Kuroshio (utanför Japen.) har en mycket markant gräns mot kalla Ojashio och detta är också ett viktigt fiskeområde. Det kan vara liknande mekanismer, som gör att Grand Banks utanför Newfoundland är så produktiva. Här möter inre sidan av Golfströmmen den kalla Labradorströmmen. - Vid Björnöen får man ofta de största torskfångsterna där atlantiskt vatten gränsar intill kallare arktiskt vatten. Torskfisket på uppväxtområdena NW och N om Nordnorge tillsammans med fisket vid lekplatsen vid Lofoten är ett av de större fiskerna i världen. År 1930 var fångsten så stor som 4 miljoner ton men är ibland nere i mindre än 1 miljon (1983 endast 300 000). Schou (1936) fann ett samband mellan fångst och nederbörd. Ottestad (1942) fann god korrelation med bredden på årsringar i tall och gran. Variationen kan bero på klimatvariationer, som syns i både nederbörd och årsringar, men det kan vara en tredje klimatfaktor som är den betydelsefulla.

Harden Jones (1968) ritade upp en triangel med hörnen A, B och C för att illustrera fiskens vandringar. Hörnet A representerar lekområdet. Från A följer larverna först med strömmen (triangeln blir ngt deformerad!) men i närheten av barrkammaren B (uppväxtområdet) lämnar de strömmen, medan den vuxna fisken fortsätter med strömmen till födoområdet C. Så småningom hamnar även de unga i C och blir rekryterade till de äldre. De som är lekmogna tar sig till lekområdet "contranant" enligt Jones (lc), d.v.s. mot strömmen. Cushing (t.ex. 1982) brukar skriva "mot strömmen eller i kontraströmmen" antagandes att sådana finnes. Mönstret är inte alltid så lätt att tillämpa i verkligheten, men ibland finner man bra exempel. Norr om stora medsolsvirveln i N Stilla havet finns en mindre motsolsvirvel. Här finner man att såväl hälleflundra som indianlax följer strömmen efter leken. På väg tillbaka till lekområdet går hälleflundran motströms enligt Jones "regel", men indianlaxen (sockeye salmon) tycks gå varvet runt.

#### 4. Med utgångspunkt från fisken.

##### 4.1. Vattendjurs egenskaper i relation till miljön.

De arter av fiskar, kräftdjur m.fl., vilka behandlas i denna sammanställning, är anpassade till ett liv i vatten. Vatten är en vätska med många till synes gynnsamma egenskaper, men den mångtusenåriga anpassningen gör det mindre intressant att spekulera i vattens goda kvaliteter



utan man bör istället koncentrera sig på att objektivt studera egenskaperna själva.

Vatten är nära nog osammantryckligt (inkompressibelt) men inte helt. Vattenytan i oceanerna skulle faktiskt ligga c:a 30 m högre, om inkompressibiliteten vore perfekt (Neumann and Pierson 1966). Praktiskt taget all teori om vattenmekanik utgår från antagandet att vatten är osammantryckligt. Märkligare är det att även en del teori om luftens mekanik kan behandlas på samma sätt. Luft är avsevärt mera sammantryckligt än vatten, men så länge man arbetar med hastigheter, som inte ligger i närheten av ljudhastigheten, fungerar villkoret bra. Ljudhastigheten i vatten är c:a 1500 m/s och inga organismer eller farkoster kan gå fram med en sådan hastighet i vatten. I luft däremot, där ljudhastigheten är c:a 300 m/s, får man vara uppmärksam både vid vindtunnel-experiment och med verklighetens flygplan, projektiler mm.

När ett föremål förflyttas genom vatten, utsätts det för rörelsemotstånd, som man brukar sätta proportionellt mot produkten av vätskans densitet, rörelsehastigheten i kvadrat, föremålets tvärsnittsytan samt en motståndskoefficient. Den sistnämnda varierar med det s.k. Reynoldska talet, som är hastigheten ggr tvärsnittsdiаметern delat med vattnets molekylära (kinematiska) viskositetskoefficient. Den sistnämnda är 0.02 cgs-enheter vid 0 °C och hälften så stor vid 20 °C. Vid Reynoldska tal under c:a 2000 är strömningen laminär med ett mindre motstånd än som uppstår för högre Reynoldska tal, när strömningen kallas turbulent på grund av de virvlar, som uppstår omkring föremålet främst akterut. Detta gäller stela kroppar i laboratorieförsök och fartyg, torpeder mm. Man har försökt översätta detta till fiskar och vattendäggdjur. Gray (1936) fann, att motståndet, som han räknade fram för en fast kropp, som har samma utseende som en (död) delfin, var för stort för att passa ihop med delfinens simhastighet av 40 km/tim i flera timmar. Detta har kallats Grays paradox, men moderna undersökningar (t.ex. Webb 1975) menar att man inte får likställa motståndet hos ett simmande djur med ett "dött" sådant. Det verkliga motståndet är enligt modellbetraktelser avsevärt mindre och det går att få energibudgeten att gå ihop. Många fiskar rör sig med ännu högre hastighet än delfiner, t.ex. barrakudan. Å andra sidan är fiskar ofta inte i snabb rörelse någon längre tid i sänder (Gray 1971).

Vattenorganismer är anpassade till sin miljö på ett mycket intimt sätt. Vid första anblicken ser de ut att lättamt flyta omkring. Vattnets uppkraft är enligt Arkimedes princip proportionellt mot vikten av det undanträngda vattnet. Ett närmare studium visar, att flytandet inte är automatiskt, utan att det behövs mekanismer för att upprätthålla det. Hos de flesta benfiskar finns det en simblåsa, som sörjer för den extra lyftkraft, som behövs. Tait (1972) citerar ett arbete, som visar hur kraftbalansen kan se ut hos en stensnultra, som väger 100 g. Vikterna är följande i luft och i vatten, de senare inom parentes: 1) fett 0.5 g (- 0.1 g), 2) proteiner 16.6 (+ 3.8), kroppsvätskor 73.3 (- 0.9)



och ben mm 9.2 g (+ 2.6). Fisken har alltså en övervikt av 5.4 g och detta kompenseras med simblåsans - 5.4 g. I samma arbete göres en jämförelse med en djuphavsfisk utan simblåsa, där budgeten går ihop på grund av andra proportioner mellan komponenterna. Men de flesta icke-djuphavsfiskar utan simblåsa, t.ex. broskfiskar (hajar, makrill m fl) måste motverka sjunkkraften genom att ständigt vara i rörelse. Kraftbudgeten varierar med t.ex. temperatur och salthalt. När vattnets densitet sjunker om sommaren, minskar uppkraften. Samtidigt minskar friktionen (viskositeten) vid sjunkrörelser. - Eftersom vattenorganismer nästan alla bärs upp av vatten på ett eller annat sätt, är deras uppbyggnad anpassad därefter. Skelettet är förenklat hos vatten-däggdjur och fiskar, eftersom de vilar på vattnet.

Det osmotiska trycket verkar olika i sött och salt vatten. Vätskan i sötvattensfisk är saltare än det omgivande vattnet, och därför söker sig sötvatten in i fisken för att späda ut kroppsvätskan. Sötvattensfisk måste därför bli av med vatten och urinerar mycket. Saltvattensfisk, vars kroppsvätska är mindre salt än det omgivande vattnet, måste i stället dricka mycket för att kompensera uttransporten av vätska. Salt går ut via matsmältningskanalen men också genom saltkörtlar i gälarna. Vandringsfiskar som ål och lax måste ställa om sin osmoregulering, innan de byter från marin miljö till sötvattensmiljö och omvänt.

En del pelagiska fiskarter, som skarpsill, låter sig lockas av en lampa om natten (ljusfiske). Man kallar deras reaktion för positiv fototaxi. Många kräftdjur anpassar sin bytesjakt efter ljuset (se t.ex. 4.2.6). Vanligare är dock negativ fototaxi i så motto att många vattendjur tycks undvika för kraftigt dagsljus. Ett uttryck för detta är djurens dygnsvandringar, där det dock är oklart hur stor roll ljuset spelar.

Sillen är en av de fiskarter, som dygnsvandrar, vilket man måste ta hänsyn till vid sillfiske. Om dagen står den djupt kanske intill botten, på natten är den högt uppe och tas bäst i flyttrål och ringnot. Troligt är emellertid att sillen följer födans (copepoder mm) vandringar, och kanske själv inte är speciellt fototaktisk. Djurplanktonstudier visar, att många (men inte alla) arter dygnsvandrar. De vandrar olika mycket; för en del är språngskiktet en övre gräns. Ett speciellt fenomen är det s.k. Deep Scattering Layer, som finns i oceanerna men knappast i våra vatten: På några hundra meters djup hittar man ett eller flera skikt om dagen. Om natten stiger dessa skikt mot ytan. Man tror att de består av små fiskar 5-10 cm långa, vilkas simblåsor ger extra stora ekon genom resonans (Tait 1972).

Om vi återgår till den mera normala dygnsvandringen, så kan man konstatera att under dagen koncentrerar sig varje art på någon bestämd djupnivå. Strax före solnedgången börjar uppstigningen. När det blivit helmörkt, försvinner lagren och man får en känsla av jämn fördelning mellan yta och djup. Strax före gryningen samlas emellertid arterna igen på sin högsta nivå. Strax efteråt bär det snabbt av mot djupet så



att en timme efter soluppgången alla är nere på sin djupaste nivå. Att ljuset är betydelsefullt visar en del undersökningar, där vandringarna ses korrelera med variationer i molnighet och t.o.m. månken (Tait 1972). - Stimbildning påverkas av ljuset.

Som en alternativ förklaring har man angivit, att växtplankton inte är attraktivt för djurplankton under själva fotosyntesen på grund av att det skulle avgivas en del oangenäma ämnen av växterna. Det verkar t.ex. som om sill och makrill undviker vatten med mycket växtplankton (vilket i sin tur kan bero på att herbivora (växtätande) djurplankton, föda för fisken, undvikit samma områden). En annan förklaring till dygnsvandringen skulle vara, att faran för att bli uppäten (predation) är mycket mindre i mörkret.

Vertikalvandringarna kanske utnyttjas av djuren även på följande sätt. Vattenhastigheten är i allmänhet högre i ytskiktet än längre ned. Djur som vandrat ned i gryningen, kommer nästa natt upp i ett annat ytvatten än natten före. Detta bör ge större chans till föda och kanske styrs förloppet av att ljuset varierar med mängden växtplankton (Tait 1972, se även kap. 5.3). Brett (1971) visade, att en fisk genom att fånga föda i övre vattenlager men smälter den i lägre (vid låg temperatur) gör en fysiologisk vinst med bättre metaboliskt utbyte. Populationer, som är i underläge konkurrensmässigt, uppträder erfarenhetsmässigt som mer djuplevande, vilket antyder en allmän anpassning hos (pelagiska) fiskar att utnyttja temperaturskillnader fysiologiskt.

Alla vattendjur utom fåglar och däggdjur är växelvarma, vilket innebär, att kroppstemperaturen i det närmaste är densamma som omgivningens. Medan en del djur är euryterma, dvs kan tolerera stora temperaturvariationer, är andra stenoterma och tolererar bara små sådana ändringar. Euryterma arter kan dock bestå av flera stenoterma lokalpopulationer. Generellt är temperaturvariationerna små i vatten på grund av vattens höga värmekapacitet. I ytvattnet är det i våra vatten en skillnad på ca 20 °C mellan vinter och sommar, men på större djup minskar skillnaden till kanske bara någon grad. I det senare fallet har ofta en anpassning skett till ett visst litet temperaturintervall, och om detta störes av t.ex. nedsjunkande tungt vatten under kalla vintrar eller av långsamma (klimat)-ändringar, påverkas djurens beteenden. I Nordsjön såg man hur under det varma 30-talet s.k. sydformer (lyrtorsk, kummel, äkta tunga, piggvar, sardin, ansjovis, makrill och tonfisk) flyttade sig nordöver, medan under slutet av 60-talet i stället nordformer som kolja, rödspotta, hälleflundra och sill liksom tryckte sydformerna tillbaka sydvart.

Temperaturen är för fisken en mycket viktig, ja kanske den viktigaste hydrografiska parametern. Den har direkt inverkan på metabolism, lektid mm, dels indirekt genom att den påverkar densitet, gaslöslighet mm. Metabolismen ökar i allmänhet med ökande temperatur men bara till en maxitemperatur. Djur dör av temperaturer över och under sina



individuella gränsvärden. Temperaturen reglerar reproduktion på flera sätt. De flesta menar, att lek sker vid en bestämd temperatur (även för euryterma arter), som dock är olika inte bara för olika arter utan även för samma art på olika lekplatser (vårsill kan leka i Blekinge skärgård vid så låg temperatur som  $3^{\circ}\text{C}$ , i Bottenhavet vid  $6^{\circ}\text{C}$ , jmf 4.2.1). Ofta gäller att ju tidigare lektemperaturerna kommer, ju bättre årsklass kan det bli, eftersom ynglet får längre tid att äta upp sig, innan den ogynnsamma vintern kommer (Svärdson p.m.). I viss motsättning till detta står Cushings (1975) Match-Mismatch (MM)-hypotes. Match betyder att födan finns, när den behövs, mismatch motsatsen. Födan styrs av primärproduktionen, som ute till havs kommer igång, när vinden tillåter, att ett varmare ytskikt kan bildas (se 5.1. och 5.4). Även här är alltså temperaturen med i spelet om än indirekt, och det ser ut som om lek och föda vore kopplade också. Men lekplatser och uppväxtområden för larver-yngel är i allmänhet åtskilda. Förhållandena för temperatur, primärproduktion mm är sannolikt olika på de båda platserna. Därigenom skulle även Cushings hypotes kunna vara i samklang med ovanstående, NB om man glömmet hans deltes, att lek sker efter almanackan i stället för termometern. - I våra vatten slutar många arter att äta om vintern. Ibland beror det på brist på föda, men en del arter, t.ex. ål, slutar äta när temperaturen gått under ett bestämt värde.

De flesta fiskarter utvecklar alltså från år till år variabelt stora årsklasser. Även hydrografen varierar från år till år. Man kan ofta visa, att när denna varit gynnsam, det bildas en stor årsklass samt också identifiera vilka hydrografiska faktorer som kan tänkas vara avgörande för olika arter. Men de rent biologiska faktorerna kan vara minst lika viktiga. Naturligt finns det predation, intra- och interspecifik konkurrens, det finns dominanta arter, som växer till stor biomassa på andras bekostnad (Svärdson 1976) mm. För bottenfaunan på Västkusten har man visat, att hydrografiska faktorer är de viktigaste reglerande ovanför språngskiktet (10-20 m), medan biologiska faktorer är de viktigaste i den hydrografiskt stabilare miljön under språngskiktet (Rosenberg och Möller 1979). Icke-naturligt är det framför allt fisket, som i våra dagar är alltför effektivt och rubbar den ekologiska balansen.

Om omgivningsfaktorerna är konstanta kan man grovt uttrycka minskningen  $-dN$  av antalet fiskar  $N$  i ett bestånd som  $dN = -Z N dt$ , där  $dt$  är åldersändringen och  $Z$  kallas koefficienten för mortalitet (sorten inverterad tid, vanligtvis  $\text{år}^{-1}$ ). Mortalitet som brukar översättas med dödlighet, delas in i fiskedödlighet  $F$  och naturlig dödlighet  $M$ . Den senare består mest av predation av andra fiskar. Eftersom  $dN$  ändras med ökande  $N$ , säger man att ändringen är täthetsberoende; Cushing (1982) kallar ibland klimatiska faktorer för täthetsberoende. Integrering ger

$N = N_0 \exp(-Zt)$ , där  $N_0$  är antalet fiskar för  $t=0$ . Man använder ofta istället antalet rekryter  $R$ , vid åldern  $t_R$ , den ålder som den unga fisken börjar fångas ( $N = R \exp(-Z(t-t_R))$ ).



M brukar ligga på 0.1-0.2 år<sup>-1</sup> i hårt eller måttligt fiskade bestånd. Om det inte förekommer något fiske under längre tid ökar M.

Hydrografiska faktorer är av betydelse under hela fiskens liv, men sannolikt mera ju yngre fisken är. Den är då mindre aktiv och extremt känslig för variationer i omgivningen. Regleringen av de flesta kritiska biologiska processer, som larver och yngel genomgår, är i allmänhet starkt beroende av hydrografiska parametrar. Speciellt gäller detta längden av vissa processer som äggkläckning, resorption av gulsäcken, metamorfos mm. Larven driver med strömmen, och det ser ofta ut som om den ägglägningsmogna honan söker sig motströms (Jones triangel, se kap. 3), så att dess larver kan driva tillbaka till ett bra uppväxtområde. Många arters larver hamnar i grunda kustområden, där det både finns tidig vårföda och få predatorer. En hydrograf ställs inför frågan om strömmens mot-kusten-komponent är stor nog för denna transport, eller det måste till något ytterligare, t.ex. ett val av rätt tidvattensfas, som rödspottans larver anses kunna göra i Engelska kanalen.

Födoproduktionen har många hydrografiska komponenter, vilket utvecklas i kap. 5.4. När fisken har lekt, tar den sig till födoområden, som är rika på lämplig föda för vuxen fisk (feeding grounds). Mitt i vintern produceras i våra vatten mycket litet föda, och de flesta fiskarter lever på sparlåga, ofta i speciellt lämpliga övervintringsområden.

#### 4.2. Några för Sverige intressanta fiskarter och deras livsbeteenden, som kan tänkas bero på hydrografen.

Med intressanta fiskarter menas här huvudsakligen sådana arter som har ett högt totalt fångstvärde. Men intressanta arter är förstås också sådana, som tjänar som föda åt de förstnämnda. De senare kan komma med i de kollektiva benämningarna skrapfisk och industrifisk. Denna del var så stor som 20 % av landad fångst (i vikt räknat) år 1980. Den innehåller mest konsumtionsfiskarter men det finns typiska industriarter som t.ex. blåvitlingen (*Gadus poutassou*), tobis (*Ammodytes tobianus*) m.fl.

Den svenskfångade fisk, som landades av yrkesfiskare 1980 fördelade sig värdemässigt i följande ordning: sill, torsk, ål, räka, lax, (skrapfisk), havskräfta, skarpsill, lyrtorsk, kolja, makrill och rödspotta (Anon. 1982b, där "övrig sötvattensfisk" kommer på plats mellan skarpsill och lyrtorsk). Alla dessa, utom lyrtorsk och kolja, behandlas nedan i särskilda underkapitel. Där finns även hummer och krabba som ligger längre ned på listan än t.ex. rödtunga, kummel, pigghaj, vitling och öring. Anledningen är bl.a. den, att åtminstone hummern fiskas i stor mängd av icke-yrkesfiskare, varför den inte kommer in på rätt plats i fångststatistiken. - Det här gjorda urvalet hindrar inte att andra arter kommer att nämnas i andra kapitel, t.ex. i 9.1., som handlar om insjövatten.





#### 4.2.1. Sill (Clupea harengus).

Sillen finns i alla våra hav, från Bottenviken till Skagerrak. Den kallas i stora delar av Östersjön för strömming, men eftersom det handlar om en och samma art skall vi här kalla all *Clupea harengus*, L., för sill. Sill från olika regioner uppvisar stora skillnader i storlek. Den del av den Atlanto-skandiska sillen, som leker vid Norge och åtminstone förr åt upp sig vid Island kan bli upp till 20-25 år gammal och har då nått en längd av c:a 40 cm. Mot Bottenviken blir sillen varken så stor eller gammal. Det är troligt att den låga salthalten har störst betydelse, men även närsaltstillgång, isförhållanden mm inverkar. Östersjön var förr näringsfattigare än Skagerrak-Nordsjön-Atlanten. En ökning är nu på gång i Östersjön, vilket kan ha resulterat i större totalmängd sill (Nehring 1982) och eventuellt också bättre tillväxt.

Sillen lever pelagiskt och är därmed beroende av god tillgång på plankton. Till skillnad från många andra fiskar, är sillens ägg fastklibbade på grunda bottnar, ofta på grovt substrat, sand, grus eller sten (i Nordsjön och angränsande hav på djup mellan 13-95 m och i Skagerrak och Kattegatt på djup mellan 2-54 m, oftast 15-20 m (Rosenberg 1982)). Sådan bottenbeskaffenhet hör ihop med relativt hög vattenhastighet (t.ex. tidvattenström). Frågan är vad som är primärt, det grova substratet, den goda genomströmningen eller båda faktorerna. En annan frågeställning är hur god syresättningen bör vara. I ett lekområde med god vertikalblandning från yta till botten är ventilationen mycket effektiv. - I Östersjön leker sillen oftast på tångruskor på ett djup av 0.5 - 10 m.

Rätt mycket finns gjort om temperaturens inverkan på olika utvecklingsstadier av sill. Olika sillstammar leker vid olika temperaturer så att lek äger rum på alla tider av året. Vårlek sker vid låg temperatur (från 3 °C) och i detta kalla vatten tar det c:a 4 veckor för äggen att kläckas. Vid höstlek är temperaturen högre (6 - 12 °C) och kläckningen går då proportionellt snabbare (Andersson, 1964). Metamorfoseringen äger rum endast under den produktiva delen av året (april-oktober). Vårleklarver blir därmed yngel ganska snart, medan höstleklarver får vänta över vintern och utsätts därmed för predation och spridning under längre tid.

Sillbestånden varierar dels på kort sikt så att vissa årsklasser blir stora och dominerar i fisket år efter år, dels på lång sikt, så att man kan tala om sekulär variation. Ljungman, Otto Pettersson m.fl. (se nedan) studerade Bohusläns sillperioder av en skenbar periodicitet av drygt 100 år. Vad beträffar den kortare tidsskalan har t.ex. Cushing (1975) framfört sin MM-hypotes (se 4.1). Den innebär, att medan sillens lek är biologiskt styrd och därmed ganska exakt i tiden (enl Cushing) för varje sillstam, så är tillgången på föda om våren beroende av uppvärmningsförloppet. Där bottendjupet är större än ljus-zonens djup måste det



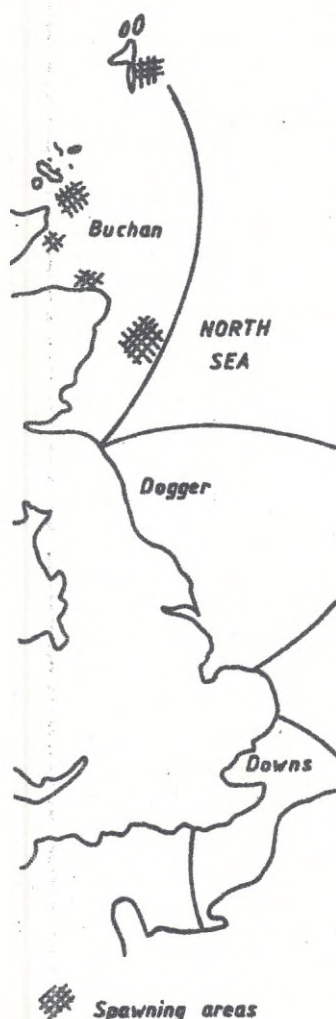
utbildas ett språngskikt för att vårblomningen skall bli effektiv (Sverdrup 1953), men detta försenas, om våren är stormig, och då kan sillarverna dö av svält (mismatch).

Mot Cushing har man anfört att lektiden är mera styrd av temperaturen, se 4.1. Cushings hypotes har också kritiserats av Sinclair and Tremblay (1983), som påpekar att det finns så många sillstammar, som var för sig leker på olika tider, att som helhet pågår sillek hela året.

Sinclair and Tremblay (lc) och tidigare Iles and Sinclair (1982) lägger stor vikt vid begreppet "larval retention area". Retention betyder kvarhållande, och teorin går ut på att det finns hydrografiska egenskaper (staket), som gör att sillarver har lätt att stanna inom ett område, vilket sannolikt är fördelaktigt för larvens tillväxt och överlevnad. I den tidigare artikeln (Iles and Sinclair lc) lades huvudvikten vid observationen, att gränsen för ett lek-område för sill ofta sammanfaller med Simpsons and Hunters (1974) fronter, som karakteriseras av att parametern  $H/U^3$  ändras drastiskt (H=bottendjupet och U=vattenhastigheten). På den sidan om fronten, där sillarverna uppehåller sig, är vattnet välblandat från yta till botten. På den andra sidan om fronten finns det en termoklin. I det välblandade vattnet är enligt Sinclair and Tremblay (lc) primärproduktionen relativt låg men jämn utan vår- eller hösttopp. Enligt dessa författare kan endast höstlekare passa ihop med detta slag av retentionsområde. Vårlekarnas retentionsområde skulle däremot karakteriseras av stratifikation och att primärproduktionen har vår- och hösttopp. Cushings (1975) menar tvärtom att höstlek är förbunden med tydlig hösttopp, men vid en tidpunkt då larverna hoppat över staketet och finns i delar av Nordsjön, där primärproduktionen har hösttopp.

Låt oss pröva retentionshypotesen på den nordsjösill, som också kommer in till Skagerrak-Kattegatt. Det är den s.k. Buchan-sillen (tidigare var det även Dogger-sillen), som leker på sensommaren hösten. Lekplatserna ligger (sannolikt) i sådana områden nära Skottland, där vattnet på grund av tidvatten och måttligt djup är välblandat innanför en front av vertikal temperaturändring. Teoretiskt bör (Margalef 1963) primärproduktionen innanför fronten uppvisa det väntade toplösa låga förloppet (hög diversitet-låg abundans). Enligt fleråriga februari-undersökningar finns larverna (sillemör) ute i hela Nordsjön då, så det är inte tal om någon retention i lekområdet över hela vintern. Man kan tänka sig att staketet bryts ner, när termoklinen försvinner under senhösten. En stor del av larverna driver in i Skagerrak-Kattegatt, olika mycket olika år, sannolikt beroende på varierande cirkulationsbefrämjande vindar (Davies 1980). - Rosenberg (p.m.) vill se hela norra Nordjön plus Skagerrak - Kattegatt som Buchan-sillens retentionsområde.

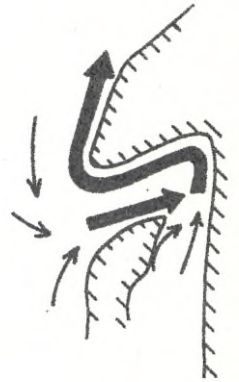
Den norska (atlanto-skandiska) sillen, som nu återvänt efter att varit borta sedan slutet av 60-talet, är vårlekande. Den leker på bankarna längs Norges västkust. Det





är vanligtvis lek söder om  $62^{\circ}$  N som ger upphov till de stora fiskena, men 1983 års årsklass norr om  $62^{\circ}$  N är faktiskt mycket stark (Hagström p.m.). Otto Pettersson (1922) menade, att den sillen lekte i ett ganska homogent vatten av salthalter mellan  $32$  och  $34$  enheter, dvs varken baltiskt lågt eller atlantiskt högt. Han kallade vattnet för (nordligt) bankvatten och ansåg vidare, att sillen föredrog vatten med god ventilation. Det är svårt att se hur retentionsmekanismen bör fungera här. Termisk barriär (se nedan) förekommer inte i så salt vatten. Tidvattnet ökar successivt norrut längs Norges kust, men är svagt, ungefär som i Skagerrak, längs SW-Norge. (I brev 1984-04-24 skriver Ljöen att sillen nu leker norr om  $62^{\circ}$  N. "Om vintern er vannmassene her vertikalt helt gjennemblandet med höyt oksygeninnhold"). Eventuellt utgör den stora nordgående strömmen utanför kusten ett retentionsstaket. Den har ju en mot-land-komponent i de övre lagren vilken ökar vid västvindläge, där larverna finns (men från-land-komponent nära botten). Larverna och/ eller ynglen sprids så småningom i den stora strömmen och driver mot uppväxtområden i Nordnorge.

Hydrografiskt liknar kusten utanför SW-Norge vår Bohuskust med samma ström svepande förbi, dock är salthalten några enheter lägre i vår del av den baltiska strömmen. Så en hydrograf blir inte förvånad att höra att den norska sillen finns i små mängder (dock utan att leka) även i Bohusläns skärgård (Höglund 1976). Skagerraks vårlekande sillstam, som för övrigt leker längs hela norska sydkusten, borde ha liknande lekförhållanden som den norska sillen, dvs samma typ av retentionsområde och samma öde för de större larverna och ynglen, nämligen att transporteras längs Norge. Man kan fråga sig varför det inte förekommer någon större lek i det nästan homogena vintervårvattnet längs Danmarks Skagerrak-kust (Det finns en mindre mängd Jammerbugts vårlekare).



Låt oss övergå till den sill, som leker om våren längs den svenska östersjökusten. Leken sker här på vegetation (Fucus och Zostera) på mycket grunt vatten. Om våren börjar leken tidigt vid södra Östersjökusten, förmodligen p.g.a. temperaturen, som är som högst där, samt att primärproduktionen kan starta tidigt. Leken sker successivt senare mot mot norr (men även mot djupare vatten; en del fiskare sätter sina garn enligt uppmätt tempertur) och i Bottenhavet så sent som i juni. Man kan tänka sig att ett retentionsområde begränsas av den s.k. termiska barriären. När om våren solinstrålningen ökar, uppvärms grunda partier snabbare till högre temperatur än djupare sådana. Barriären ligger där vattnet har maximum-densitets-temperatur (I egentliga Östersjön ungefär  $+ 2.5^{\circ}$  C). Utanför barriären fortsätter konvektionen, dvs vatten som uppvärms sjunker till botten eller till haloklinen. På insidan är temperaturen högre än maxdensitetstemperaturen och vattnet blir termiskt skiktat. Med denna mekanism skulle man kunna tänka sig en ökad primärproduktion, som i vilket fall som helst kommer igång tidigare innanför barriären. Det skissade förloppet är teoretiskt och måste jämföras med det verkliga. Otterlind (p.m.) tror t.ex. att fenomenet "dränks" av de ofta förekommande vindinducerade uppvällningsförloppen.



Om hösten avkyls kustvattnet fortare till lägre temperatur än ute till havs. Till en början bildas ett tungt kustvatten, som sjunker nedåt utåt. Så småningom bildas en termisk barriär med skiktat vatten på insidan, där temperaturerna är lägre än maxdensitetstemperaturen. Om temperaturskillnaderna kust-hav har betydelse för höstlek av sill vet man inte. Som det är ont om höstlekare i Östersjön nu, så förekommer det inte mycken forskning på sådana sillstammar. Ojaveer (1981) menar, att höstlek äger rum längre ut i kustbandet på djupare vatten än vårlek och att utvecklingen av höstlarver äger rum i det varmaste vinter-vattnet nära haloklinen. Sjöblom (1978) och Shirokov (1969) menar att det blir en bra årsklass av höstlekare endast om våren är tidig vilket vanligtvis hör ihop med en mild vinter (jmf. kap. 7.3). I det fallet metamorfoserar höstsillen snabbare och födokonkurrensen med vårsillarven blir liten. Vid den svenska kusten av Bottniska viken fiskades på 1920-talet främst höstlekande strömming. Då var planktonproduktionen till största delen bestående av sötvattenorganismer såsom *Limnocalanus grimaldi* och *Mysis relicta* (K.A. Andersson 1964). Om isotbredningens ev. inverkan se kap. 5.1.

Upphovsmärnen till retentionshypotesen menar, att varierande meteorologiska förhållanden modererar tidvattnets roll och ger upphov till variationer i retentionsområdet ifråga från år till år, variationer som kan sättas i samband med varierande årsklasstyrka, men också skiftet mellan vår- och höstlekare. Enligt Anokhina (1971) är egenskapen att vara vår- eller höstlekare helt oberoende av tiden när de föds.

Som för så många andra fiskarter, brukar man skilja mellan tre olika stadier i den vuxna sillens årsrytm. Förutom leken är det fråga om födoperiod och övervintring. De tre stadierna tillbringas vanligen på olika lokaler. Dygnsvandringar är typiska för sillen som följer födan mot ytan om natten och ner mot djupet om dagen (se även 4.1.). Enligt Dietrich et al (1959) föredrar sillen, om natten att stanna i det kallare vattnet under termoklinen. Om sådant inte finnes går sillen ändå upp till vattenytan. Dietrich (1c) fann också att under år då djupvattnets temperatur är låg, koncentreras sillen där under en längre tidsperiod. Norska vårsillens födoområde ligger (låg?) NE om Island. Buchan- och Dogger-sillens födoområde ligger i Fladen Grund området. För Rügen-sillen och/eller Kattegatts vårlekare ligger motsvarande område i Skagerrak-Kattegatt. För Östersjöns övriga sillstammar ligger födoområdet litet överallt öster om Bornholm och norröver.

Övervintringen är det tredje årsstadiet. I Östersjön sker den mesta övervintringen i haloklinen. Ojaveer (1981) har en figur över hur sill (och skarpsill) flyttar på sig från årstid till årstid i mellersta och norra Östersjön. Om vintern söker sig nästan all sill ned mot haloklinen på c:a 70 m djup, kanske mest för att det finns en värmetransport underifrån, men kanske även för att det kan bli föda via den detritus som samlas i haloklinen, även om födointaget under vintern i allmänhet är mycket lågt. Under haloklinen är syrgasförhållandena för dåliga för att inbjuda till



övervintring. I Bottniska viken finns det inte något stagnant vatten och här sker kanske övervintringen vid botten. Om våren när ytvattnet har värmts upp, drar sig ungsillen dit, medan de äldre håller sig kvar på större djup, gärna nära botten.

Nordsjösillen övervintrar längs Norska rännans ytterkant, men ibland inne i Skagerraks och norra Kattegatts skärgård. Hans Höglund (1972, 1976) har visat att den bohuslänska sillperiodsillen var nordsjösill som sträckt ut sitt övervintringsområde från yttersidan av Norska Pännan till vår svenska skärgård. O. Pettersson (1922) menade att liksom för leken vid Norge, gällde för den utlekta sillen att den kom in tillsammans med bankvattnet. Man må konstatera, att det normala övervintringsområdet i allmänhet har salthalter högre än 34 enheter. Som sillen tycks undvika baltiskt vatten (Andersson 1964) räcker det kanske med villkoret att salthalten är högre än 32 enheter.

En del forskare menar att den Jutska strömmen drivs av sötvattenöverskottet (Krauss 1955). I så fall skulle en minskning av sötvattenöverskottet förorsaka inte bara en minskning av mängden baltiskt vatten av låg salthalt utan även en minskning av atlantiskt vatten av hög salthalt. På så sätt skulle minskningen av baltiskt vatten komma samtidigt med en skenbart viktig men i verkligheten oväsentlig minskning av salt oceanvatten.

Bohusläns sillperioder hör mer till kap. 7, men eftersom det så exklusivt gäller sill, följer här en redogörelse av ämnet. Höglund (1976) är en svensk version av ett ICES-föredrag, som hölls 1975 men publicerades på engelska först år 1978. Han delar in sitt arbete i följande kapitel:

1. Sillperiodernas förmenta lagbundenhet,
  2. Fångsternas riklighet,
  3. Sillsorterna under perioderna,
  4. Utomskärsperioder i öppna Skagerrak och
  5. Har bohuslänska och västnorska sillperioder alternerat?
- Låt mig referera dessa kapitel (utom 2) i korthet.

Efter många års historiska studier ansåg sig Ljungman (1879) kunna fastslå, att det fanns en utpräglad lagbundenhet i det bohuslänska sillfiskenas uppträdande ända tillbaka till vikingatiden. Han jämförde med den av Schwabe funna 55.5-åriga solfläcksperioden och menade, att rikt sillfiske förekom vid vartannat solfläcksmaximum. Den verkliga perioden var därför 111 år, som Otto Pettersson (1922) i stället ville tolka som en tidvattenperiod. Höglund (lc) menar, att det bara är tre sillperioder, som man har historiska bevis för, nämlig 1556-1589, 1747-1809 och 1877-1906. Med den bakgrunden finner Höglund det uteslutet, att man skulle kunna beräkna en nästa sillfiskeperiod, som Devold (1963) gjorde.

Det har rått livlig debatt, huruvida sillen under Bohusläns (tre) sillperioder var nordsjösill eller atlantoskandisk norsk vårlekande sill. Höglund (1972) visade övertygande, att sill som man grävt fram i s.k. grumsedammar från 1700-talets silloljehantering, hade nordsjösillens (Buchan m.fl.) karakteristik. Höglund (1976) ger vittnesbörd



från 1800-talsperioden, vilka visar, att det även då rörde sig om Nordsjösill.

Man måste skilja på sillfångst och sillförekomst. Före det senaste sekelskiftet fångades sillen endast inomskärs. Under tiden 1903-1920, när man börjat använda motorer i fiskebåtarna, fanns det "sillperiodsill" bara utomskärs Bohuslän. Men sedan var den även där försvunnen, tills den kom tillbaka 1943-54 samt 1963-65, då den stora överfiskningen satte stopp för alla teorier. (Det har nästan alltid funnits, även nu, 1- och 2-åringar av nordsjösill, som har Skagerrak-Kattegatt som uppväxtplats. Dessa fångas numera, men så skedde inte förr i tiden). I detta fallet råder alltså inget tvivel, om att nordsjösillen endast under vissa år väljer att övervintra i Skagerrak, medan under andra år, den övervintrar på annan plats (i.eg. Nordsjön väl). Det vore intressant att göra ett djupare studium av t.ex. åren 1943-54 kontra 1955-1962 och se om hydrografiska faktorer har haft med variationerna att skaffa. Den förklaring, som Höglund (p.m) prioriterar är relaterad till sillstammens storlek. När denna är tillräckligt stor finns det inte plats i Nordsjön för all sill. Emellertid tycks det vara svårt att hitta data nog att avgöra denna förklarings riktighet (1960 års årsklass var dock så stor att den kan förklara perioden 1963-65).

I sitt kapitel nr fem tar Höglund (1976) upp frågan, huruvida vintersillfisket i Bohuslän och vårsillfisket vid Norges västkust alternerat. Höglund börjar med "I århundraden levde bland den norska fiskarallmogen och bland sillhanteringens män den tron, att när det norska vårsillfisket slog fel, skulle orsaken ha varit, att vårsillen upphört med att söka sig till det norska Vestlandet och i stället flyttat sina lekplatser till Bohuslän". Otto Pettersson (1922) tog upp tanken (och satte den i samband med förekomsten av bankvatten, se ovan) men modererade den på ett "uppseendeväckande" sätt. Man visste vid den tiden att bohussillen var utlekt och Otto Pettersson (1922) postulerade då, att den norska vårlekande sillen blev höstlekare. Leken skulle förrättas någonstans i Nordsjön, varefter den övervintrade i bohuslänskt bankvatten. Höglund (lc) avvisar teorin med att det inte var norsk sill, som fångades i Bohuslän utan nordsjösill.

Cushing (1982) som är överens med Höglund om vilken sill det rörde sig, vill ändå dröja vid alterneringstanken. Oberoende av sillsort, så ser det ut som om fiskena inte förekom samtidigt. Höglund (lc) betonar igen, att alterneringen bara kan gälla fångsten av sill i skärgårdarna. Där utanför kan sillen före c:a 1900 ha förekommit ändå. Beverton and Lee (1965) ville se ett samband mellan is vid Island och nämnda alternering. En ökning av isutbredningen skulle missgynna den atlantoskandiska norska vårsillen.

Cushing (1982) har även ett avsnitt om det stora sillfisket med Skanör och Falsterbo som centrum under medeltiden. Enligt Pettersson (lc) var detta tider med extremt stora mängder bankvatten.





#### 4.2.2. Skarpsill (Sprattus s.)

Skarpsillens utseende och leverne liknar i mycket sillens och Ojaveer (1981) behandlar de båda arterna sida vid sida. Men skillnaderna är dock ganska många. Äggen är pelagiska, leken sker i våra vatten oftast utanför kustzoner, skarpsillen blir aldrig så gammal som sillen kan bli, och den bildar inte så många lokala populationer som sillen. Men skillnaderna mellan populationerna i Skagerrak-Kattegatt och i Östersjön verkar större än motsvarande för sillen.

Lindquist skrev 1963 ett arbete "Skarpsillen ett fiskerihydrografiskt exempel". Han sammanfattade bl.a. resultaten av fem års under sökningar i Skagerrak-Kattegatt under skarpsillens lek där i maj-juni 1959-1963. Det gjordes under samma tid avsevärda hydrografiska undersökningar (se t.ex. Svansson 1965b). Skarpsill-leken äger rum på gränsen mellan Skagerrak och Kattegatt, sannolikt utmed den front, som i genomsnitt ligger där. Lindquist (1964) menar att det är temperaturen, som styr leken, vilken äger rum på den varmare sidan av fronten. Men man får ha i minnet att fronten också är ett övergångsområde för salthalt och ström. Fronten pendlar med väder och vind och så gör också leken, ibland väster om Skagen och ibland en bit ner i Kattegatt. Många av frontegenskaperna fortsätter längs Bohuslän och Norge, men tydligen inte de för lek avgörande.



Enligt Molander (1964) hamnar de flesta larverna i den bohusländska skärgården och väldigt få går till norska fjordar, som anses ha lokal lek. Ur hydrografisk synpunkt låter detta som en alltför effektiv transport från den Baltiska strömmen till skärgården innanför. Olle Hagström (p.m) menar att senare larvundersökningar visat, att Kattegatt är viktigaste uppväxtområdet.

I södra Östersjön börjar lek så tidigt som i mars-april och då i varmt och salt djupvatten. Men när temperaturen stiger i ytvattnet förflyttas leken dit. Det bör vara en fördel att leka i näringsrikt ytvatten. En hora stöter ut sina ägg litet då och då under c:a en månad och behöver föda för att klara det och sig själv. Östersjöleken återfinnes knappast vid någon front som i Skagerrak-Kattegatt, men Ojaveers (lc) följande dunkelheter antyder kanske liknande omständigheter: Leken sker "in the area of the coastal slopes of deeps in the open sea, but also in the deeps".

Ojaveer (lc) visar var sill och skarpsill vistas i Östersjön under de fyra årstiderna. Om vintern går båda arterna ner mot haloklinen, varvid de yngsta går högre och nära en botten, medan äldre skarpsillar går ut till sjöss, där de "gräver ner sig" i salthaltssprångskiktet dock inte under nivån för 1 ml/l syrgas. Det är nog ont om föda, i synnerhet som skarpsillen föredrar varmvatten-zooplankton. - I Skagerrak-Kattegatt övervintrar rollgruppen i skärgården. De följande åren av sitt liv finns den efter leken i hela Kattegatt och utefter kusterna i Skagerrak (Anon. 1978). När vintern närmar sig, söker den sig till det varmaste vattnet, som i december månad finns på c:a 50 m djup utmed kusten. Men från januari månad finner man det varmaste vattnet i



fjordarna, i synnerhet gäller det det stagnanta vattnet under tröskelnivå (Lindquist 1964b).

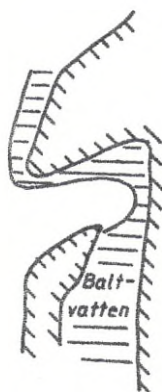
#### 4.2.3. Makrill (Scomber scombrus).

Makrillen lever i pelagiska stim och rör sig ständigt (den har ingen simblåsa). Makrillen förekommer sommartid i Östersjön men endast i små mängder. För svenskt vidkommande har endast Skagerrak-Kattegatt och Nordsjön haft betydelse, men de senaste åren har det även där varit ont om makrill.

Makrillen blir lekmogen, när den är 3-4 år gammal. Lindquist (1970) visar en karta över var makrillen befinner sig vid olika tider på året. Under januari-mars övervintrar den i yttre delen av Norska rännan, mest utanför Skagerrak, vid botten på c:a 200 m djup. Det verkar som om övervintringen sker i eller närheten av den till Skagerrak inrinnande djupströmmen. I en motsvande figur i Anon (1978) sträcker sig övervintringsområdet in i Skagerrak men där mera på den norska sidan i den utrinnande djupströmmen. Temperaturen, som brukar anses vara den avgörande övervintringsfaktorn, är i eller nära djupströmmen om vintern högre än i det baltiska vattnet. Men det finns många andra lokaler, där temperaturen är lika hög (6-7 °C). Därför kan det vara någon annan faktor, som är bestämmande. Föda lär det inte vara, eftersom metabolismen är på sparlåga, men det är kanske fördelaktigt med strömmande vatten för en mindre aktiv makrill. Den höga muskelhalten kräver ständig hög syretillförsel. Dock bör strömhastigheten inte vara så hög att fisken slösar energi.

Leken sker om våren och försommaren i ytvatten, som är varmare än 12 °C. Lek äger rum i stora delar av centrala Nordsjön, dock inte vid Storbritanniens eller Tyskland-Danmarks kuster. Man kan fråga sig om t.ex. det starka tidvattnet där är till ett hinder. Enligt en figur i Anon (1978) är lek markerad i hela Skagerrak. Lindquist (lc) anser emellertid att enligt egna och Myrbergets (1965) undersökningar det är mycket få ägg på den södra sidan i det inrinnande ytvattnet av den Jutska strömmen. Lindquists (lc) tidigare åberopade figur visar på en lekvandring in till Skagerrak i motsatt riktning mot den utåtströmmande ytströmmen längs Norge. Makrillen kämpar sig alltså mot strömmen in mot varmare och mindre salt baltiskt vatten.

Primärproduktionen börjar tidigare i det baltiska vattnet än i övriga Nordsjön-Skagerrak, och man kan tänka sig att makrillen som lämnar övervintringsområdet i mars hittar föda under den ännu så länge kalla baltiska strömmen (längs Norge). När sedan leken kommer igång i maj finns det nog föda överallt i det område som makrillen leker i. Anon (1978) menar att den största mängden ägg återfinnes där djurplankton-koncentrationen är störst. - De ägg och larver, som utvecklas i Skagerrak, har nog stor chans att transporteras ut ur området. Men i stället kommer det så småningom in med den Jutska strömmen larver som härrör från lek i egentliga Nordsjön. - Under tiden efter leken men före vintern tycks den vuxna makrillen föredra egentliga Nordsjön framför





Skagerrak-Kattegatt. Där livnär den sig på små stimpfiskar som sill och skarpsill.

Ole Bagge meddelar mig, att makrillen åtminstone förr lekte i Kattegatt W om Vinga och vissa år t.o.m. i Öresund och Kielbukten. Han säger vidare, att för en 15-20 år sedan var det ett intensivt fiske med bottengarn i juni längs Jyllands nord- och ostkust, vid Läsö och Anholt efter makrill, som efter leken företog födovandringar mot Öresund och W. Östersjön. Under aug-nov vandrade de tillbaka och fångades i Öresund, bäst vid ostlig vind.



#### 4.2.4. Torsk (*Gadus morhua*).

Torsken finns i alla våra hav, men i Bottniska viken endast i små mängder. Torsken är visserligen en kallvattensart, men i Östersjön är det salthalten som styr, och därför är södra delen det viktigaste fångstområdet i Östersjön. All vår torsk bör nog räknas som lokala bestånd, i motsats till vandrings torsken, vilken finns vid Lofoten i Barents hav, vid Island m fl platser.

Torsken leker på våren och försommaren, fast torskägg och lekmogen fisk kan påträffas nästan året runt (Otterlind 1978 b). I de stora oceanerna blir torsken könsmogen som tidigast vid 6 år (70 cm:s längd). I Nordsjön och Östersjön sker den första leken redan vid 3-4 års ålder, ibland redan vid 2 år (25 cm). Honorna har högre fertilitet i Östersjön och äggen blir också större där (1.7-1.8 mm). Leken i Kattegatt och Skagerrak bör likna den i Nordsjön. Den äger där rum på våren på 60-100 m djup vid botten, varefter de befruktade äggen snabbt stiger mot vattenytan. Stimmen sprids efter leken. Äggen kläcks och den planktoniska fasen för larverna varar ca 10 veckor. Därpå tar sig ynglen ner till botten för att börja leva ett bottennära (demersalt) liv.

Bagge (1981) redovisar hur man skiljer på två torskstammar i Östersjön, en väster om Bornholm, vilken han kallar övergångsområdets stam och en öster om Bornholm, som får det latinska namnet *G m callarias* och som vi också kan kalla den (egentliga) östersjötorsken. Medan leken för övergångsområdets torsk liknar den för nordsjötorsken, *Gadus morhua*, så är leken för den (egentliga) östersjötorsken mera sofistikerad. Den låga salthalten är här av begränsande inverkan främst genom sin inverkan på vattnets densitet. Saken kompliceras ytterligare av att syrgasen p.g. av den varierande stagnationsgraden (kap.9.4) ibland är mycket låg vid eller nära djupet för den kritiska salthalten. Denna salthalt är ca 10 salthaltsenheter (samma som tidigare o/oo), medan Lindblom (1972 och 1975) anger 12 som kritisk salthalt. Temperaturen vid leken är ofta 3-5 °C. Vid 5 °C är densiteten vid den kritiska salthalten 1008 kg/m<sup>3</sup> (sigma-t=8). I Bottenhavet är bottensalhalten högst 7 enheter. Leken misslyckas där antingen för att salthalten är för låg i sig själv och/eller för att äggen i den låga densiteten (1004) sjunker till botten, vilket de kanske inte tål. Sund et al (1964) skriver att torskägg är mycket känsliga för mekanisk stöt.



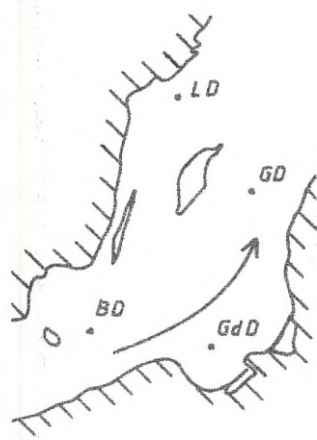
Temperaturens inverkan på årsklassens storlek tycks vara mindre viktig i Östersjön. Sund et al (1964) menar att vandrings-torsk får en bättre årsklass om vintern varit kall. Förklaringen skulle vara att vinterkonvektionen då är effektivare med att föra upp närsalter från djupare skikt. Dickson et al (1973) har sett att högsta överlevnad av ägg och larver förekommer vid 2-3 °C i Nordsjön.

De huvudsakliga lekområdena för den (egentliga) Östersjötorsken är Borrholmsbassängen, Gdanskbukten och södra delen av östra Gotlandsbassängen. Precis som i Nordsjön samlas torsken i stim för att leka, normalt vid botten (varvid fisken kan fångas med bottenräd) i ett vatten, som har salthalt över 10 enheter och syrgas över 1 ml/l. Äggen kläcks efter 1-2 veckor (65 dygnsgrader, Sund et al 1964; Lindroth (p.m.) påpekar, att begreppet dygnsgrader bör användas med försiktighet. Det har t.ex. inte någon mening vid noll grader.). Om emellertid syrgasförhållandena är ogynnsamma vid botten, sker leken ovanför densamma i ett skikt som har lämpliga syrgas- och salthaltsvärden. (Man får då ta till flyttråd för att fånga torsken). Tjockleken hos det skikt som ligger mellan isolinjerna för 10 saltenheter och 1 ml/l syrgas bör vara en väsentlig parameter. Ibland kan dock syrgasen nära botten åter stiga till mer än 1 ml/l (två isolinjer) men vanligtvis kan torsken inte utnyttja detta, eftersom skiktet med lägre syrgas verkar som en spärr. Detta fenomen syns tydligt om man studerar hydrografiska data från östra Gotlandsdjupet för 1972.



Lekområden för torsk

Den största mängden ägg hittar man i södra Gotlandsbassängen, men äggens bästa överlevnad och högsta täthet förekommer i Borrholmsbassängen (Anon. 1979). Larven lämnar lekplatsen, då den är 10-15 mm lång, vilket inträffar någon månad efter kläckningen. Nästa stadium tillbringas i Östersjöns kustområden där djupet är 30-40 m. Enl. Bagge (1981) kommer det mesta till tyska, polska och sovjetiska kuster eventuellt på grund av den (troliga) motsols-cirkulationen i Östersjön. Men det kommer också larver-ungel till svenska ytterskärgårdar och man skulle kunna spekulera i att transporten dit går öster och norr om Gotland. Ryska undersökningar har visat att antalet larver i norra hälften av eg. Östersjön är större än vad som motsvarar de fåtaliga ägg som erhålles vid hävning där (Otterlind 1978b). I södra Östersjön träffas ung torsk (0.5 - 3 år gammal) också på trädbottnar från 70 m till 35 m. Ett annat viktigt svenskt uppväxtområde är längs Gotlands östsida.



Djuphålur

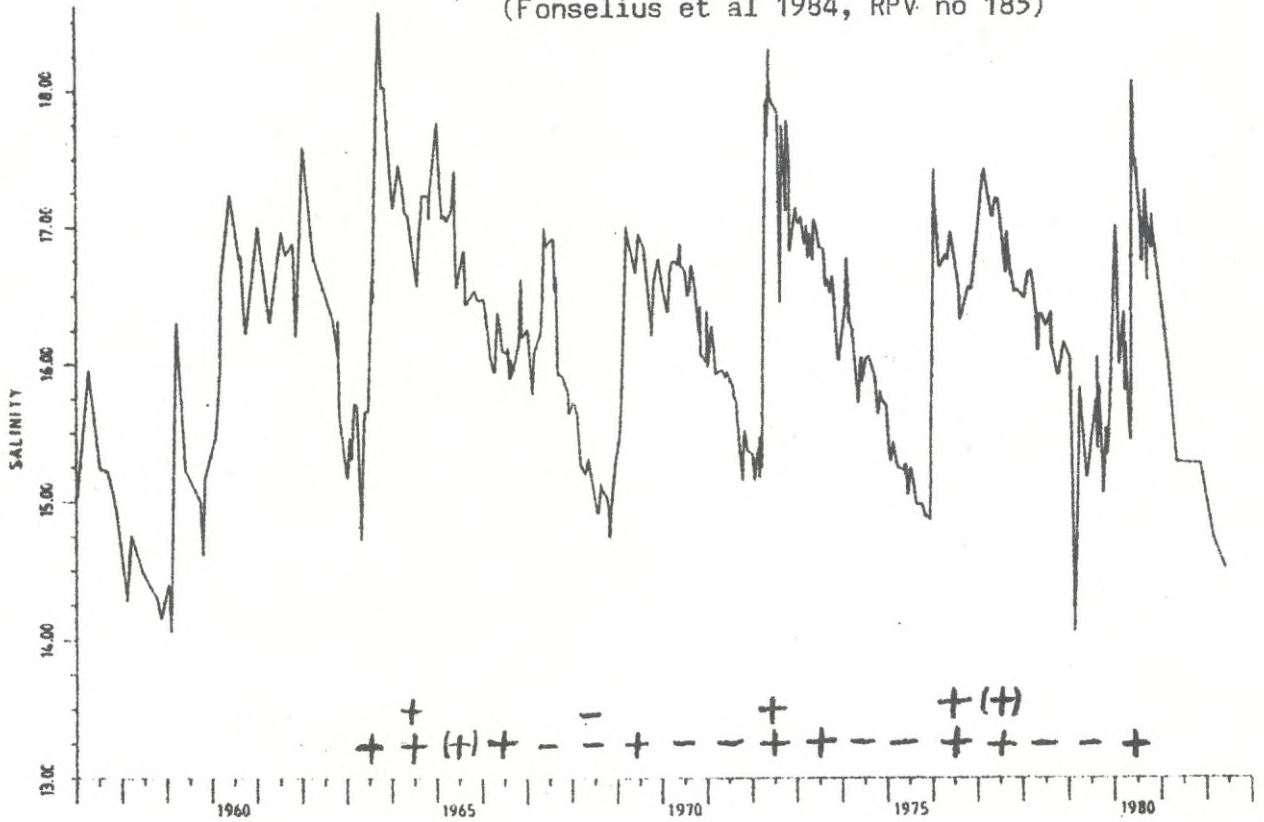
B = Bornholm  
G = Gotland  
Gd = Gdansk  
L = Landsort

Torskfångsterna i Bottenhavet har alltid varit små men variationerna har tilldragit sig intresse. Lek förekommer här men leder inte till något resultat. Man har spekulerat i att torsklarver transporteras norröver mera effektivt vissa år än andra. Vattenståndsändringar har anförts som en mekanism. Östersjöns vattenstånd höjer och sänker sig, vilket bra kan studeras vid Landsort. Vid enstaka tillfällen stiger vattenståndet till en halv meter eller mer över det normala och då transporteras stora delar av Kattegatts vatten (ev. mest ytvatten) in i södra Östersjön. Men det ena vattnet trycker på det andra och man får en transport också från eg. Östersjön till Bottenhavet. Om detta sker vid lämplig



BORNHOLM DEEP BOTTOM SALINITY 1957-1982

(Fonselius et al 1984, RPV no 185)



Cod year class

- Good        +
- Very good   ++
- Bad         -
- Very bad   --



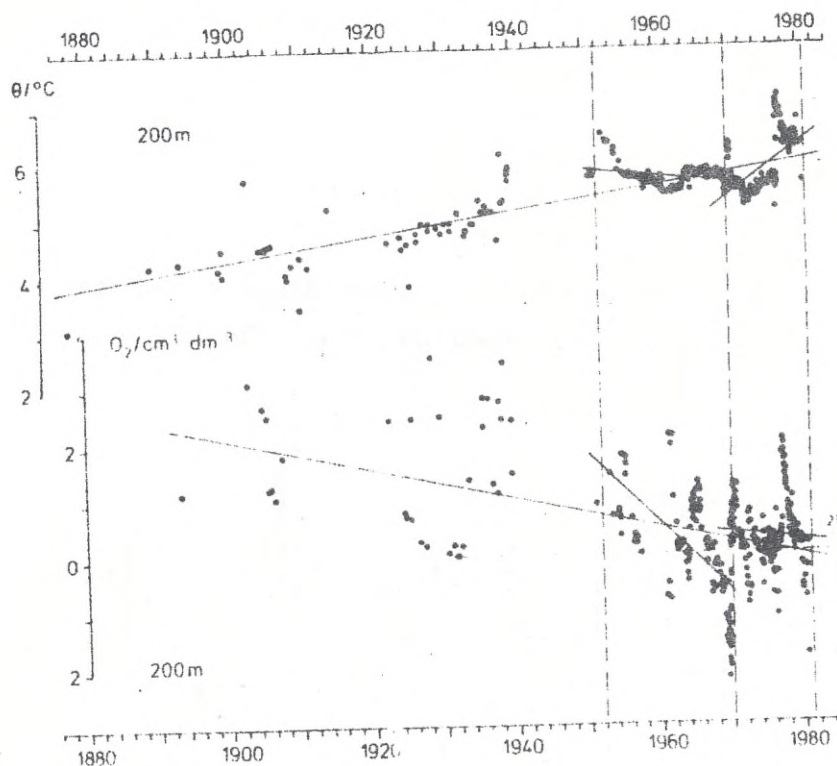


Fig. 4  
 Variability of temperature  $\theta$  and oxygen content  $O_2$  in the deep water of the Gotland Deep (BY15) (from MATTHÄUS, 1982)

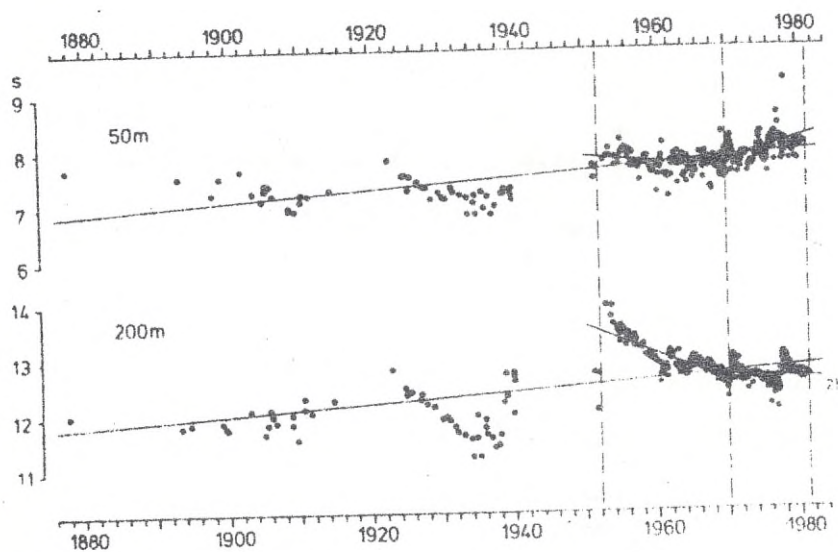


Fig. 5  
 Variability of the salinity  $s$  above and below the permanent halocline of the Gotland Deep (BY15) (from MATTHÄUS, 1982)

Från Matthäus 1984 (Beiträge zur Meereskunde) temperatur, syrgashalt och salthalt på 200 m i Gotlandsdjupet.



tidpunkt på året och dessutom en sydlig vindkomponent hjälper till kan man tänka sig en torskyngeltransport till Bottenhavet. Eftersom Östersjövattnet är tyngre sjunker det ned till en djupare nivå i Bottenhavet.

Otterlind (1983) skriver att faktorer, som främjar nyrekryteringen i Östersjön är gynnsamm lek miljö = hög salthalt och syrgashalt i bottenvattnet och (framför allt) rik tillgång på näring för larver och ung fisk. Han menar att uppblomstringen i torskfisket i slutet av 70-talet även under perioder av ringa tillförsel av Kattegatt-vatten indikerar att näringstillgången för larver och ungfisk är den avgörande miljöfaktorn. Nehring (1982) har visat att närsalter ökade markant i det vinterblandade ytskiktet från 1969 och är övertygad om att ökningen av fångsten i Östersjöfisket orsakats av närsaltsökningen.

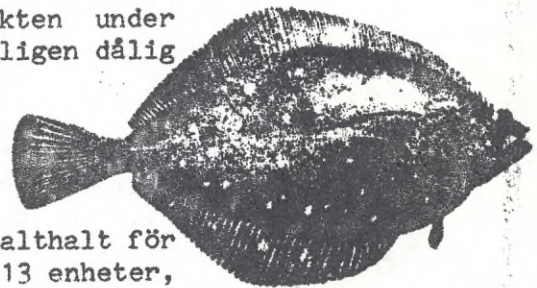
Fisket analyseras ju varje år i ICES publikation Annales Biologiques. Det kan vara intressant att se vad författarna där har att säga om relationen torsk-syrgas. Låt oss se på perioden 1963-80. Ett grovt studium visar att det efter inflöden av nytt vatten till Bornholmsdjupet alltid uppstår en bra årsklass. Det är inte alltid att vid en förnyelse av vattnet i Bornholmsbassängen det också sker en sådan i Gotlandsbassängen. I det senare fallet bör man dock inte stirra sig blind på syrgasförhållandena vid det största djupet utan det ur torsksynpunkt mera aktuella 70-125 m.

Inflöden 1963 och 1964 "resulterade" i goda årsklasser alla åren 1963-66, varav den för 1964 var mycket god. 1969 års inflöde resulterade bara i en god årsklass. 1972 års inflöde följdes av en mycket god årsklass 1972 och en god sådan 1973. Nästa gång det kommer in vatten är 1976 (med påspädning 1977) och återigen är det mycket god klass 1976 och god 1977. Slutligen är 1980 års årsklass god samtidigt med inflödet detta år.

När syrgasförhållandena är sämre sker leken mest pelagiskt (i övre delen av haloklinen) och årsklasserna blir sämre. Det normala lekområdets volym reduceras. Torsken kan antingen stanna kvar och ta konsekvenserna eller söka nya lekområden. Ibland rapporteras (Aro och Sjöblom 1981) att torsken emigrerat till Finska viken och Rigabukten under sådana år (t.ex. 1974, 1978 och 1979). En synnerligen dålig årsklass blev det 1968, året före ett inflöde.

#### 4.2.5. Rödspotta (Pleuronectes platessa).

Liksom torsken kräver rödspottan en viss salthalt för att leken skall lyckas. Kritiska salthalten är 12-13 enheter, dvs något högre än för torsk, vilket innebär att lekgränsen i Östersjön ligger närmare Bälthavet än för torsken. Östersjöns bestånd rekryteras därför mest från Kattegatt och Bälthavet. Beträffande Skagerrak är man osäker, men en teori är att lek där är sällsynt och att rekrytering dit sker enbart från Nordsjön.





Rödspottan, som blir könsmogen i 3 års-åldern, leker pelagiskt varligen i februari-mars. Antalet dygngrader är c:a 125. Det är osäkert vilken temperatur som är gynnsammast. 1963 var en kall vår och då blev årsklassen i Nordsjön stark, men det finns indikationer på motsatt effekt av låg temperatur.

Larverna sprids med strömmarna och hamnar så småningom på mycket grunt vatten vid kusterna. Mot-land-komponenten i ytan hos en motsols-cirkulation bidrar säkert, men så snart metamorfosering ägt rum, söker sig ynglet också aktivt mot land. Jones et al (1979) visar hur ynglen i södra Nordsjön utryttjar den lämpliga tidvattensfasen för att bli förda mot land. Med växande ålder drar sig rödspottan ut mot större djup, leker i Nordsjön på 20-40 m och i Östersjön på 60-90 (om leken lyckas) och vistas resten av sitt liv på ungefär samma djup som där leken försiggår. Rödspottans tillväxt beror som för de flesta fiskarter av tätheten av det egna beståndet, ev. är detta beroende extra stort hos rödspottan (plattfiskar i allmänhet). Bottenfaunan i Östersjön har ökat under de senaste 50 åren. En del menar att detta beror på det ökade närsaltsinnehållet, men Persson (1982) pekar på det förändrade predationstrycket från rödspottan, vilken fiskats mycket hårdare under de senaste 15 åren än tidigare.

#### 4.2.6. Några kräftdjur (dekapoder).

Nedan behandlas de fyra viktigaste arterna, hummer, krabba, havskräfta och räka. Man kan skaffa sig en god baskunskap i Fiske och Fiskar i Norden, där kräftdjurskapitlet är skrivet av Hans Höglund (1964).

De fyra arterna har bl.a. det gemensamt, att de håller sig på eller i botten, och att deras reproduktionsbiologi är likartad. Honan bär de befruktade äggen under lång tid, och därför är det viktigare att känna till plats och tid för äggkläckningen än för parringen. Larverna är frisimmande i flera veckor och undergår en serie skalbyten innan de metamorfoserar och bottenfäller. Under den tiden driver de med strömmarna. P.g.a. dessa kräftdjurs stenohalinitet är den geografiska utbredningen i "våra" hav begränsad till Skagerrak och Kattegatt.

##### 4.2.6.1. Hummer (Homarus gammarus).

Hummern trivs bara i salthalter över c:a 20 enheter men larverna kan sannolikt tåla något lägre salthalt. I våra vatten blir det både Skagerrak och Kattegatt som kommer ifråga. Den uppehåller sig vidare på ganska grunt vatten 10 - 40 m:s djup. Den finns i hela skärgården, men har ofta fiskats bort längst in (Dybern p.m.). Helst bör bottnarna vara klippiga eller steniga med sand eller ackumulerat skalgrus och ha god vattenomblandning. Hummern dör, om temperaturen överskrider ca 20 °C under en längre tid och börjar bli långsammare i sina reaktioner vid temperaturer lägre än 10 °C. Lek och skalömsning äger bäst rum vid 14 -





16 °C. Under den aktiva sommarhöstperioden håller hummern sig därför gärna vid haloklinen, som i de aktuella områdena sammanfaller med termoklinen. Dybern (1973) visar hur det vertikala utrymmet för hummern minskar från norr mot söder på grund av att språngskiktets tjocklek minskar. Kanske man lika gärna kan uttrycka det så, att zonen, där lämpliga temperaturer och salthalter överlappar blir successivt tunnare, när man går från norra Skagerrak till södra Kattegatt. Givetvis spelar bottenens lutning en viktig roll för zonen bredd. Hummern är relativt stationär och rör sig endast kortare sträckor, i regel mindre än en km.

Ökad partikelmängd kan tänkas minska hummerns aktivitet. Ökad partikelmängd förorsakar också ökad sedimentation, vilket t.ex. har medfört att hummern har så gott som helt försvunnit från Göteborgs inre skärgård (Dybern p.m.). Under tidiga stadier är larverna i huvudsak fotopositiva och söker sin föda i de översta lagren. Men som Harding et al (1982) visat undviker larverna av den amerikanska hummern för starkt solljus. Under de sista stadierna blir hummerlarverna mer och mer foto-negativa och söker efter mörkare steniga bottenar att bottenfälla på (Botero et al 1982). Detta gäller även för den europeiska hummern enl. Dybern (p.m.).

När det gäller horisontella larvrörelser har man sett patchiness som associerats till konvergenslinjer i Langmuir-celler (Cobb 1983). Larverna dras under sitt tidigare liv (liksom olja och andra föroreningar) passivt till dessa linjer. Senare larvstadier kan tänkas röra sig aktivt till sådana områden, eftersom de är rika på föda (Harding et al 1c). Även dessa rön gäller den amerikanska hummern, och man kan inte utan vidare översätta dem till svenska förhållanden.

#### 4.2.6.2. Krabba (Cancer pagurus).

Krabban har ett levnadssätt som i viss mån liknar hummerns. Omvärldskraven är ungefär desamma (finns dock även ofta på lerbotten), och även krabban trivs ofta bäst i språngskiktet mellan (om sommaren) varmt baltiskt vatten och salt oceanvatten. Krabban kan fiskas med samma redskap som hummern och på samma område. - Fångst av rombärande honor i tinor är sällsynt.

Honorna kan göra långa vandringar efter parningen. Äggkläckningen kan därför ske långt från hemområdet. Hallbäck (pm) har funnit att de flesta vandrande krabbhonor, som märkts vid Lysekil eller söder därom, har återfunnits söder om märkningsplatsen (rekordet är Lysekil-Kullen, vilket tog 4 år). Härvid verkar honorna gå i riktning mot den ström, som skall föra larverna tillbaka till hemområdet. (Detta anses också vara fallet utanför skotska nordsjökusten, där krabban migrerar mot norr, Meek 1903). Men Hallbäck fann också att honor, som märkts norr om Lysekil kunde återfinnas norr om märkningsplatsen. Här stämmer alltså inte återföringhypotesen, såvida man inte inkluderar ett helt Skagerrak-varv, vilket tycks vara möjligt enligt plastpost-undersökningar av Skagerraks ytströmmar (Engström 1967). Alternativet är att larverna kan röra sig oberoende av strömmen. Rosenberg (p.m.)





påpekar, att kräftdjurslarver har olika strategi för att spridas, t.ex. kommer estuarina former åter till estuariet.

Howard (1982) upptäckte att rombärande honor koncentreras i Lyme Bay, England. Vidare påpekar han att de platser, där romhonorna hittades, karakteriseras av svaga tidvattenströmmar.

Till skillnad från hummern gör krabban ofta längre säsongsvandringar mot kusten under våren och bort från kusten under hösten. Krabban söker sannolikt efter en högre temperatur vid båda tillfällena.

#### 4.2.6.3. Havskräfta (*Nephrops norvegicus*).



Havskräftan liknar i vissa avseenden hummern. Den har emellertid snävare salthaltskrav, helst mer än c:a 28 enheter, och trivs i lägre temperaturer, 6-13 °C. Den gräver ner sig i sandblandad lera (Dybern and Höjsaeter 1965). Dess huvudsakliga utbredningsområde är utanför kustzonen, på djup från 35 till 120 m i Skagerrak och Kattegatt, men bestånd finns också i skärgården och djupare än 120 m. Den fiskas f n så gott som endast med trål, och det finns därför områden, där beståndet är i stort sett ofiskat; ett tinfiske har emellertid börjat utvecklas på senare år. Den fångas på lämpliga djup i östra Kattegatt och i Skagerrak.

Havskräftan leker inom hela sitt horisontella utbredningsområde, mest i mitten av sitt djupintervall (Dybern p.m). I vattnen öster om Skottland bärs äggen av honan i c:a 9 månader innan de kläcks, men om detsamma gäller i Skagerrak och Kattegatt vet man inte (Dybern p.m.). Larverna är pelagiska under 3-6 veckor. Under den tiden sjunker de successivt till botten. Enl. Anon (1978) driver larverna inte så långt från kläckningsområdet. Detta låter rimligt för Kattegatt, där den nordgående ytströmmen och den sydgående djupströmmen är av samma storleksordning. I Skagerrak däremot har strömmen samma riktning såväl vid yta som botten, och det är svårt att tänka sig att larver från de viktiga trålområdena Leran och Sörgrundet skulle kunna bottenfällas i sina kläckningsområden. (Se dock resonemanget i 4.2.6.2. om möjlighet till en sluten circulation).

Havskräftan tillbringar sin mesta tid i gånger i botten, men går på jakt efter föda, när ljuset är lagom starkt för att den skall se bytet, men samtidigt själv är så svår som möjligt att se (Dybern p. m.; se även Höglund and Dybern 1965). Eftersom ljusklimatet skiftar med djup, årstid, molnighet och optisk vattenkvalitet, kan trålfångsten, som blir störst, när havskräftan är ute ur sitt bo, bli ganska olika. Det borde vara relativt lätt att göra upp en tabell för bästa fiskeplats och fisketid med uppgifter om medelinstrålning (som man känner som funktion av latitud och datum), siktdjup, bottendjup samt några olika grader av molnighet.



De största fångsterna får man under augusti-oktober, men också i februari-mars är fisket bra. Dybern (pm) menar igen, att ljuset är den viktigaste faktorn. Det blir stora fångster, när fiskarens trålingar sammanfaller med den tid på dygnet, när havskraften är ute på jakt. Andra författare betonar andra faktorer. Bagge et al (1979) visar på ett samband mellan fångst och syrgashalt i S Kattegatt. Fångsten tycks öka med minskande syrgashalt. Eftersom syrgasen har sitt minimum i september, ser det ut som om höstmaximum i fisket vore kopplat till syrgasvärdena. Detta gäller bara för S Kattegatt; i norra Kattegatt och Skagerrak är syre-minimumet mycket svagare. Bagges et al (lc) tolkning delas dock inte av alla forskare. - Temperaturfaktorn kan vara oviktig, eftersom största fångsterna på hösten inträffar vid 10-12 °C, medan de inträffar vid endast 5 °C vid senvinterfisket.

Proportionen mellan fångade honor och hanar varierar säsongsmässigt p g a att rombärande honor ofta saknas i fångsterna. Bagge et al (lc) menar att ytterligare syrgasnedgång i S Kattegatt (t ex på grund av eutrofiering) skulle kunna tvinga fram romhonor ur deras gömslen. Detta har i så fall ogynnsamma konsekvenser för beståndet.

#### 4.2.6.4. Nordhavsräka (*Pandalus borealis*).

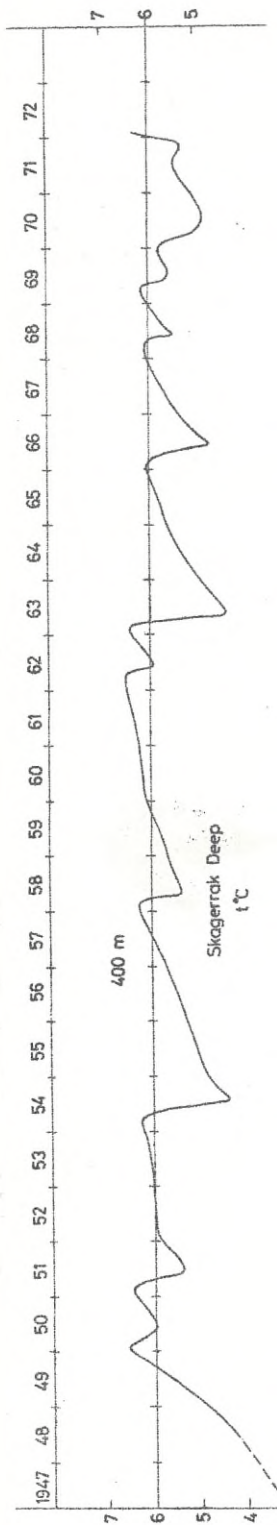
Av de fyra skaldjursarterna har räkan det snävaste salthalts-toleransområdet, 33-35 enheter (se nedan ang. temperaturtolerans), och trivs på de största djupen, 100-500 m, dock mest på 250-400 m. Den finns alltså praktiskt taget endast i Skagerrak av "våra" hav. Botten skall vara lerartad och betäckt med ett näringsrikt detrituslager. Åtminstone i södra och östra Skagerrak betyder detta att räka finns både under Stora strömmen och innanför denna i Skagerraks centrala delar (under tröskelnivån 270 m). Man får därför tänka sig att bottenbeskaffenheten blir mer och mer gynnsam med ökande djup, men kanske någon annan faktor sätter stopp vid 500 m (ljuset, konkurrens med andra arter?). Under strömmen bör kornstorleken i sedimentet vara större än innanför strömmen.

I Gulf of Maine har Stickney and Perkins (1981) påträffat mycket diatomeer i räkmagar. Wienberg (1980) har studerat *Pandalus borealis* födoval i Skagerrak. Han fann att räkan äter mest plankton under de mörka timmarna och mest bentiska arter under dagen. Detritus är dock på alla tider av dygnet den viktigaste födan.

Räkan leker om hösten men äggen kläcks och släpps först våren därpå c:a 100 m grundare än räkans normala djup. (I Gullmaren lever räkan normalt på 80-100 m:s djup men släpper sina larver på c:a 50 m.). Larverna är pelagiska under inte mindre än 3 månader. På den tiden borde larven försvinna ut ur Skagerrak, såvida inte den mesta tiden tillbringas på stort djup, där strömmen är svagare än i ytan. Och kläckningen sker verkligen på grundare vatten, d v s under Stora strömmen. Om emellertid larven sjunker successivt mot botten kommer den så småningom att föras in mot Skagerraks mitt av tvärcirkulationen. Stickney and Perkins (1981) diskuterar match-mismatch med vårproduktionen av plankton (i







Gulf of Maine), men i Skagerraks salthaltsskiktade vatten kommer denna igång så tidigt om våren att det inte borde bli några MM-variationer.

Temperaturens inverkan på bestånden har diskuterats mycket. När räkfisket under 60-talet gick tillbaka i Skagerrak (2000 ton 1966 mot 5000 ton 1962) ville man särskilt från norsk sida (Rasmussen 1967) koppla ihop detta med sänkningen av botten temperaturen under tröskeldjupet under kalla vintrar. Under förvåren 1963 gick temperaturen på 400 m ner från normala 6.5 till 4 °C. Den hann stiga till 6.5 °C, när det åter blev kall vinter så att temperaturen under förvåren 1966 föll till 4.5 °C. (Därefter har kalla vintrar inte förorsakat fall till lägre än 5.0 °C utom våren 1970 (4.2 °C)).

Dow (1973) fann i Gulf of Maine en korrelation på 0.66 mellan abundans av *Pandalus b.* och vattentemperaturen de fyra föregående åren (43 år lång mätserie). Dåliga fångster 1966 i Skagerrak skulle då kunna spåras tillbaka till kalla vintern 1962/63, dock är de flesta fiskade räkor inte äldre än 1.5 - 2.5 år. Dybern (p.m.) menar i stället att överfiskning i slutet av 50-talet och början av 60-talet var en viktigare faktor och pekar på det faktum att fångsterna länge fortsatt att befinna sig på 2000 tons nivå trots att de kalla vintrarna efter 1966 varit måttliga. - Över tröskelnivån har temperaturen en annan karaktär än under samma nivå. Medan årstidsvariationen på 400 m är oväsentlig, är 200-300 m nivåerna underkastade sådana variationer på gott och väl en grad. Dessutom finns det långtidsvariationer, som liknar dem i Färö-Shetland-kanalen. Under tiden 1977-1980 var det kallare än normalt med så mycket som ibland en hel grad.

Det finns alltså räka även i Gullmarsfjorden. Den rekryteras eventuellt från Skagerrak, men kan när den en gång bottenfällt knappast komma ut ur Gullmaren. Bottenvattnet förnyas varje vår och är då som kallast, c:a 5 °C. Temperaturen är högst, c:a 6 °C i januari, varför förhållandena är ganska likartade med Skagerraks temperaturer där räkor finns. Om man vill studera temperaturfaktorn närmare borde Gullmaren vara en lämplig plats. Man kan t.ex. fråga sig vad den ovanligt höga temperaturen 8 °C vintern 68/69 betydde eller likaledes den låga temperaturen 3 °C i april 1970. Viss forskning pågår rörande räkan i Gullmaren.

#### 4.2.7. Al (*Anguilla a*)

Älen lever i både salt och sött vatten (Tesch 1973 ger en god översikt). Den anses födas i Sargassohavet, och larverna förs sedan med strömmarna (Golfströmmen och Nordostatlantiska strömmen) till våra vatten, Medelhavet m.fl. platser. Metamorfoseringen kan anses gå i två steg, först till glasål, senare till gulål. Med början i januari eller februari förs c:a 3 år gamla glasålar med strömmarna från Nordsjön in i Skagerrak (Lindquist 1976) för vidare befordran till nästan alla våra vatten. Eftersom glasålen har preferens för varmt vatten, kan den attraheras av kylvatten





från kärnkraftverk (se 6.2.). Vid lämplig salthalt och temperatur pigmenterar glasålen och blir gulål. Denna lever alltså i sött eller bräckt vatten. Till den senare kategorin räknas även den baltiska strömmens vatten i Bohusläns kustzon, där det bedrivs ett omfattande gulålsfiske. Gulålen stannar i sitt "hem" i flera år. Om vintern gömmer den sig i sedimentet (dyn) och mår därvid kanske illa av höga metallhalter mm, så att den får sjukdomar som röd böldsjuka mm (Rödsäter et al 1977, Berntsson et al 1973).

När ålen kommit till "mogen" ålder 10-20 år börjar den bli könsmogen, ändrar färg mm (blankål) och börjar vandra ifrån sitt "hem". Den är då på väg mot lekområdet och har slutat att inta föda. Den fångas nu i bottengarn vid kusten t.ex. vid Åhus i Skåne. Fångsterna (aug-okt) är högst vid nymåne, men även högre vid vissa vindriktningar (Renström 1979). Man vet inte varför ålen uppför sig så eller hur den bär sig åt att navigera till lekplatsen, men det finns flera hypoteser.

Alfångsterna har gått ner på senare år, i synnerhet på vandringsålen i Östersjön. Svärdson (1976c) menar att klimatförändringarna i NE-Atlanten kan vara orsaken t.ex. indirekt genom ett större predationstryck på larverna i Nordsjön. Som nedgången endast drabbat Norge, Sverige och Östersjöländerna, så bör det inte ha skett någon förändring i Sargassohavet, Golfströmmen eller NE-Atlantiska strömmen. Gulålfisket i Skagerraks (och Kattegatts?) kustzon har inte försämrats, däremot instegit till år och älvar.

Många undersökningar har gjorts för att utröna påverkan av utsläpp från skogsindustrin i Hanöbukten. I närområdet lönar det sig inte längre att sätta ut bottengarn medan eventuell påverkan längre bort diskuteras.



#### 4.2.8. Lax (Salmo salar)

I "The Baltic Sea", som Voipio varit editor för, har Arne Lindroth skrivit om vandringsfiskar, och en hel del av det som följer nedan om lax, är hämtat därur. En nyligen skriven sammanfattning finns i Hannerz och Degerman (1984).

Salmo salar liksom många andra laxfiskar, är vandrande så att den lever en del av sitt liv i sötvatten och en annan del i havet. Den kallas anadrom, eftersom den vandrar "uppåt" för att leka, medan ålen, som vandrar "nedåt" ett vattendrag för att leka, kallas för en katadrom vandringsfisk. Om man är noga skall man kalla Salmo salar för atlantisk lax till skillnad från en del Stillehavslaxar, som betar sig på ett liknande sätt som den atlantiska laxen. Man skall dock tillägga att av "vår" atlantiska lax, uppför sig Östersjöns lax speciellt. Den går praktiskt taget aldrig ut ur Östersjön, medan västkustlaxen tillbringar sitt havsliv i äkta oceanvatten.

Laxen börjar sitt liv i rinnande sötvatten som gulsäcks-larv. Dess första yngelstadium är bl.a. karakteriserat av stora fläckar på kroppsidorna, och den kallas då för stirr.



Efter 1-3 år är det tid att vandra ut i saltvatten. Ju längre söderut vattendraget ligger, desto snabbare går uppväxten. Laxen omvandlas då till smolt, vilket bl.a. innebär, att de stora stirrfläckarna försvinner och fisken blir blank. Framför allt innebär smoltomvandlingen en fysiologisk omställning för livet i havet. Från det att laxen lämnat vattendraget till slutet av första havsvintern talar man om postsmolt. Så växer laxen till sig i havet, innan den återvänder till hem-vattendraget för att leka. Om den gör så redan efter en havsvinter kallas den grilse.

Leken äger rum på hösten, men äggen kläcks inte förrän på våren (440 dygnsgrader). Under vintern ligger äggen täckta och skyddade, men en god vattenföring åstadkommer ändå i allmänhet en tillräcklig vattenomsättning och sköljning. Det är ganska roga med bottenbeskaffenheten, som skall vara grusaktig dock ej för homogen. Man kan tänka sig att strömningen, syrsättningen mm varierar från år till år beroende på vinterns karaktär. En viktig faktor är också tillförsel av grundvatten underifrån. Man har visat, att släktingen öring föredrar lekogränder med en kombination av yt- och grundvatten (Hansen 1975). Det är fördelaktigt med en jämn uppvärmning av vattnet under den sista fasen före kläckningen.

När gulsäcken är slut eller strax därefter, börjar stirrlivet, som tillbringas i mera långsamt rinnande delar av vattendraget. Stirren är en stationär och revirförsvarande fisk, som bara gör korta utflykter för att fånga drivande föda av t.ex. insekter. Om vattenföringen är låg, kan viktiga områden torrläggas, och det blir hårdare livsvillkor på de kvarvarande platserna. Vattendrag är numera ofta förorenade eller försurade. Laxrom måste ha pH över 5, medan stirr kan klara ned till pH 4.5. Även födan (t.ex. dagsländor) är känslig för låga pH. - Efter hand som stirren växer till söker de sig (igen) till mer strömmande vatten.

Smolten vandrar ut om våren, men smoltifieringen har startat sommaren före. Omställningen sker när en viss storlek uppnåtts, 11 - 18 cm. Laxen genomgår nu sådana hormonella förändringar att den t.ex. kan tolerera saltvatten. Utvandringen går ofta så till, att smolten går upp från botten och låter sig föras iväg med eller simmar aktivt i strömmen. Utvandringen är intensivast vid 10 °C, vilket ofta sammanfaller med vårfloden. Temperaturen anses vara den faktor som utlöser utvandringen som därför sker tidigare i södra Sverige än i norra. - Smoltutvandringen ser ut att variera från år till år. Predatorerna lake och gädda sörjer för en del av den variationen. Vid stor vattenföring är det lättare att komma förbi dem. I södra Sverige varierar vattenföringen med nederbörd, medan i norra Sverige snösmältningen är viktigast.

Postsmolten kan uppträda nära kusten under sin första havstid. Larsson et al (1979) menar att de följer med de förhärskande motsolsströmmarna i Bottniska viken, varvid en del lax stannar kvar i strömsystemet i stället för att som majoriteten föras (?) ned till egentliga Östersjön. Den lax,



som vandrar ut från vattendrag till Östersjön, stannar där också hela sin havstid, medan postsmolt från svenska västkustälvar, tar sig långt ut i Nordatlanten, de flesta till norska kustvatten, men en del ända till Grönlands västkust, där den blandas med andra europeiska och amerikanska bestånd av atlantlax.

Under första tiden i havet övergår laxen successivt till att ändra sin föda från insekter till havsföda. I Östersjön blir det mycket sill och skarpsill. I synnerhet sillen står ganska djupt vintertid, men trots det fångas lax ofta nära vattenytan. Den anses gå högt uppe under natten. Den följer väl sillens dygnsvandringar (sådana även vintertid?). Den strövar omkring i s.k. aggregationer, som ju är någonting mellan stim och ensamliv.

Uppehållstiden i havet varierar från grilse, som stannar enbart över vintern (är i regel bara hanar) till lax som stannar 2-3-4 vintrar. Det finns många ideer om hur laxen orienterar för att komma tillbaka till den älv, där den föddes och där den skall leka. Det antas allmänt att det är flera olika medel, som laxen kan använda sig av. Framför allt bör det vara olika sätt att ta sig till mynningsområdet, samt att i detta hitta rätt mynning. Medan i den senare fasen lukten spelar en väsentlig roll, är det för den första fasen mera spekulativt. Solorientering förkastas vanligen, medan jordmagnetisk orientering är en möjlighet (Altnér 1969). Som framgår av kapitel 5.7 (Finstruktur), menar Westerberg (1984) att laxen kan gå med- eller motströms genom att undersöka havets finstruktur av framför allt temperatur. Westerberg (lc) menar, att de dykningar, han har funnit, att lax gör då och då, syftar till att ge en uppfattning om den horisontella strukturen, som speglas i den vertikala fördelningen av relevanta parametrar. Man kan koppla på Cushings (1982) m.fl:s hypotes att laxen (och många andra fiskar) skulle gå motströms samma väg som den drivit medströms i yngre dar. Westerberg (pm) menar att Bottniska viken-lax nog går mot strömmen, varvid den svenska laxen först hittar sin älv, medan den finska laxen gör det senare efter att först gjort sällskap med den svenska. För västkustlax skulle det röra sig om med- och motströmsrörelse i bl.a. baltiska strömmen och den norska kustströmmen. - Troligen är de skilda älvarnas laxstammar genetiskt anpassade till just de specifika strömförhållanden, som råder för att de skall kunna återkomma till sin hemälv. Liknande har visats för öring i Östersjön (Svärdson 1982).

När laxen kommit fram till sin älvs mynning, betyder det inte att den genast vandrar upp utan den kan stanna i mynningsområdet en längre tid. Om hydrografiska faktorer spelar roll för uppvandringen vet man inte. Variationer äger rum i tillrinning av älvvatten, vindförhållanden, havsvattenstånd mm, men inga klara samband har man funnit.

Lindroth (1950) visar sin numera välkända laxkurva, som visar fångsten av lax i 13 svenska älvar under 1885-1948, då havsfisket ännu inte var så stort att det störde älvfisket. Däremot har det i de 13 älvarna varit varierande förhållanden beträffande reglering, förorening mm. Trots detta är



fångstvariationerna i de enskilda älvarna förvånansvärt likartade med varandra och därför även med Laxkurvan. Typiskt är det höga fångster i slutet av 1800-talet och sedan igen under 1940-talet, medan det är låga fångster 1900-1940. Lindroth (1c) prövar olika möjliga förklaringar till fångstvariationerna, vattenföring, isvintrar mm men finner ingen bra lösning av problemet. I en senare uppsats (Lindroth 1981) konkluderar han "it is tempting to assume that the common life on the feeding grounds in this enclosed brackish water sea is instrumental" och den sannolikaste förklaringen (men ej giltig blott för Östersjöområdet), men att de odlade laxbeståndens beteende ej tycks följa de få orörda älvarnas bestånd och detta "could mean that the fluctuations were generated in the river", åtminstone till en viss del. Hannerz et al (1984) visar på samvariationer för laxbestånd utanför Östersjön. Goda laxår i Nordnorge och norra Sovjetunionen förekommer samtidigt med goda laxår i såväl Skottland som i Kanada (men inte samtidigt i Östersjön).

#### 4.3. Vattenbruk.

En del av informationen i detta kapitel är hämtad ur Anon (1981 c). Det har nyligen gjorts en stor utredning med Hans Ackefors som ordförande för Styrgruppen för vattenbruk, där man bl.a. givit ut en serie arbeten i FRN:s serie Svensk Akvakultur. En sådan skrift är Anon (1982 c), som handlar om vattenbrukets miljöfrågor.

Med vattenbruk (akvakultur) avser man odling av vattenlevande organismer. I en extensiv odling sättes arten ut i ett vatten, där den lever av naturlig födoproduktion, medan i en intensiv odling organismen blir utfodrad. Blåmussla (*Mytilus edulis*) och regnbågslax (*Salmo gairdneri*) är f.n. mycket vanliga föremål för vattenbruk, den förra i extensiv, den senare i intensiv odling.

Syftet med vattenbruk är att odla vattenorganismer antingen för utplantering eller för konsumtion. De arter, som odlas i Sverige är företrädesvis öring, regnbåge, röding, harr men framför allt (atlantisk) lax. För att kompensera de skador, som utbyggnad av vattenkraften medfört på laxfisket, odlas årligen drygt 2 miljoner laxsmolt för utsättning. Även ål och signalkräfta har på senare tid tillkommit. Den sistnämnda har i många insjöar ersatt den inhemska flodkräftan, som försvunnit genom kräftpest.

Odling av fisk för konsumtion har förekommit i södra Sverige under lång tid. Under 1:a hälften av 1900-talet hade karpodlingen sin blomstringstid, men har nu nästan upphört. Nu är det odling av regnbåge, som dominerar mest i flytande nätkassar i både söt- och saltvatten.

Laxfisk har den bästa tillväxten runt 15 °C, medan vid temperaturer nära 0 °C ingen tillväxt sker. Ål är mera värmekrävande och behöver c:a 25 °C för god tillväxt. Regnbåge dör vid temperaturer lägre än c:a minus 0.5 °C. Det betyder, att det kan bli kritiskt i Öresund, Kattegatt och Skagerrak, där vattnet fryser först vid temperaturer



lägre än  $-0.5^{\circ}\text{C}$  (salthalter större än 10 enheter, se kap. 5.1). Under de senaste milda vintrarna har det inte förekommit några kritiska negativa temperaturer vid t.ex. Bornö hydrografiska fältstation, där temperaturen mäts dagligen. Men under t.ex. den kalla vintern 1963 var temperaturerna under stor del av februari och mars kritiska ned till 15 m:s djup och enstaka dagar även på 20 m (I mitten av februari förekom temperaturen  $-1.4^{\circ}\text{C}$  på flera djup). På 33 m har det emellertid aldrig uppmätts några negativa temperaturer, och försök planeras att hålla odling igång med vatten, som pumpas upp från sådana djupare nivåer. Observera, att man bör använda uttrycket negativa temperaturer och inte som tyvärr blivit brukligt, underkylt vatten, som ju har en annan betydelse.

Vid intensiv kassodling får man föroreningar, dels av exkrementer dels av foderrester. Man räknar med att vid odling av ett ton fisk per år föroreningen blir 12-15 kg fosfor och 75 kg kväve (Karlgrén 1981). Av spillet sedimenterar en del under kassarna, medan resten sprids i vattenmassan. Från miljövårdssynpunkt är det främst närsaltstillskotten, som kan ge anledning till bekymmer, vilka är likartade med dem som s.k. kommunal förorening ger upphov till. Men rening av vatten vid en kassodling är inte lätt att utföra, däremot kan man suga upp bottenavlagringen (dock kostnadskrävande). Alternativet är att inte tillåta större odling än miljön kan anses tåla. I Anon (1981 c) finns formler för beräkning av väntad belastning på en insjö, när man känner sjöarealen, vattentillrinningen, fosforhalten i tillflödena samt en tolgranskurva i ett s.k. belastningsdiagram med fosfor i  $\text{g}/\text{m}^2$  och år på ena axeln och vatten i  $\text{m}^3/\text{m}^2$  och år på andra axeln.

Om organiskt material från en kassodling ansamlas i vattnet under ett språngskikt, kan syrgasinnehållet där påverkas till en minskning. Om skiktet bryts upp av höstkonvektionen, kan odlingen skadas av det dåliga vattnet. I de starkt skiktade vattnen vid svenska västkusten bryts språngskikten aldrig upp (utom möjligen tidvis av frånlandsvind), men djupvattnet förnyas dock vanligen ändå på något sätt varje vinter.

##### 5. Med utgångspunkt från hydrografiska, hydrografi - ekologiska och meteorologiska faktorer.

Solen är vår energikälla. Från den kommer värmestrålning som gör att vi dels har det medeltillstånd av temperatur på olika delar av våra insjöar och hav (och dess olika djupnivåer), dels har säsongsvariationer. I kap. 5.1. behandlas uppvärmning och avkylning, temperatursprångskikt (termoklin), temperaturens inverkan på densiteten m.m. Vattnets värmekapacitet är stor och utbytet mellan hav och atmosfär är så väsentligt, att man gärna kan tala om atmosfär och hav som ett oskiljaktigt par, som ständigt delar upp solenergin mellan sig. Havet hjälper till att skapa temperaturskillnader i atmosfären, vilka i sin tur ger upphov till högtryck, och lågtryck med tillhörande vindar. Vinden driver vattnet och ger det egenskaper som har betydelse vid



utbytet av värme m.m. tillbaka till atmosfären.

Även vattnet självt transporteras upp i luften och återvänder direkt genom nederbörd eller indirekt via älvar. Nederbörden kan vara rik på kemikalier, som transporterats långväga ifrån (ibland sker även torrdeposition). Älvsvattnet är också mer eller mindre rikt på lösta och suspenderade ämnen. Schou (1936) såg ett samband mellan sill- och torskfiske och nederbörd, ev. på grund av tillförsel av närsalter i ett lättare ytskikt. Densitetsstabilitetens betydelse för primärproduktionen utvecklas nedan i 5.1.

De stora atmosfäriska Rossby-vågorna går fram över nord- och sydkalotterna. De hänger var för sig ihop till ett mönster, så att t.ex. ett läge som ger nordliga vindar över NE-Atlanten med Norska havet också ger kallt väder över en viss del av Stilla havet. Om det finns ett samband mellan fiske och väderleksläget på vardera ställena kommer även fiskena att vara korrelerade med varandra (se även kap.7.). - Vädrets säsongsvariationer tas upp i kap. 8. Där och i kap. 7. behandlas långtidsvariationer i vindförhållanden, molnighet m.m. som är viktiga parametrar i t.ex. Cushings MM-teori (se bl.a. 4.1).

Vattnet rör sig i vågor och strömmar, drivna av vindar, lufttrycksskillnader och uppvärmning-avkylning. Detta behandlas nedan i kap. 5.6. efter närsalter och produktion; strömförhållanden är minst lika viktiga för fisken direkt som indirekt via produktionscykeln. Kapitel 5 avslutas med ett stycke om finstruktur i havet, som enligt Westerberg (1984) har stor betydelse för fiskens orientering.

I kapitlet 4.2.1 om sill redogörs för den s.k. retentionshypotesen. Områden med kraftigt tidvatten och måttligt djup begränsas av en front, som kan verka som ett staket för sillarver. I kap. 4.2.1 har jag också spekulerat huruvida s.k. termiska barriärer i Östersjön kan inhägna ett retentionsområde för vårsillen där. Fronter i allmänhet berörs nedan i 5.6.

Men dessförinnan behandlas närsalter i 5.2 och primär-sekundär produktion i 5.4. Instrålning av dagsljus (irradiation) är nödvändig för primärproduktion men spelar också roll för fiskens beteende, t.ex. kräftdjur som likt havskräftan (4.2.6.3) lever nergrävd utom när ljusförhållandena tillåter jakt. Ljusets variation med latitud, molnighet, siktdjup och vattendjup tas upp i 5.3. medan djurens vertikala dygnsvandringar tagits upp tidigare i 4.1.

Något om botten, som inte fått eget underkapitel (jmf. 6.4.). Man talar om ackumulations- (sedimentations) bottenar och erosionsbottenar samt om en tredje typ som är ett mellanting demellan. Sedimentationen (positiv eller negativ) är en funktion av partiklarnas densitet och storlek samt vattenhastigheten (eg. också utbytesförhållandena nära botten men dessa kan vanligtvis relateras till vattenhastigheten). På grundområden är det vindvågornas vattenhastigheter, som är avgörande och därför är i allmänhet grunda bottenar oftast



erosionsbottnar. Det finns en typisk säsongsvariation. På våren - sommaren sedimenterar en del av produktion, men när hösten-vintern kommer eroderas den upp av höststormar och höstkonvektion (se 5.1).

På de större djupen är bottnarna ackumulationsbottnar i synnerhet, där en viss stagnation råder, så att höstkonvektionen inte når ner till botten. Så är fallet i Skagerraks djuphåla, i Kattegatts östra del, i Egentliga Östersjöns djupare delar under haloklinen, sannolikt i Bottenhavet och Bottenviken samt i många fjordar.

I de flesta nämnda sedimentationsbassängerna finns det bottenfauna och dessa djur sörjer för en viss återföring av bottensubstans till kräftdjur, demersal (nära botten levande) fisk m.m. I områden där stagnationen gått så långt att djurlivet är borta, vänder situationen så att kemisk utlösning från botten av vissa ämnen t.ex. fosfor kan äga rum (se 5.2., 9.4.).

#### 5.1. Temperatur, densitet mm.

Vattnets temperatur bestäms av solens instrålning, vattnets egen utstrålning, avdunstning, turbulent ledning mellan hav och atmosfär samt horisontell värmetransport. Medan dessa faktorer väsentligen verkar vid vattenytan så gör vattenomblandningen att värmen vandrar nedåt och åt sidorna. Härvid spelar densiteten en viktig roll. Densiteten styrs själv av temperaturen men i havsvatten också av salthalten. Vattentrycket spelar en mindre roll men måste beaktas på flera tusen meters djup i oceanen.

Låt oss börja med en insjö, kanske Vättern som är så stor att värmen från tillrinnande å-vatten är försumbar. På våren börjar soluppvärmningen bli så kraftig att temperaturen i ytan kan stiga. Värmestrålningen är långvågig medan det synliga ljuset är mera kortvågigt av samma elektromagnetiska slag. I våra vatten når värmestrålningen endast ner några cm. Eftersom sötvatten av mer än 4 °C vid uppvärmning blir lättare så blir det våruppvärmda vattnet liggande i vattenytan. Vid vindstilla kan ett tunt ytlager bli mycket varmt, men så småningom måste en del värme avgå genom utstrålning, avdunstning och konvektiv värmeledning. När natten kommer blir det en netto avkylning, och då sjunker avkylt och därmed tyngre vatten en liten bit förorsakandes en blandning så att värmets omfördelas till en större volym men med mindre temperaturkontraster än under dagen. Om det blåser en vind över vattnet så blir dels värmeavgången större av avdunstning och konvektiv värmeledning, dels blir blandningen nedåt effektivare. Vind-effekterna gör sig gällande både dag och natt. - Ökad molnighet minskar instrålningen men också utstrålningen.

Eftersom vädrets olika komponenter växlar så enormt så ger ett studium av t.ex. batytermografkurvor under våren ett något förvirrat intryck. Men värmeinnehållet i ytskiktet ökar successivt med tiden. Man ser flera övergångar från varmare



till kallare vatten men vanligtvis får man ett stort språngskikt mellan ett varmt ytskikt och ett kallare underliggande vatten. I Eg. Östersjön ligger temperatursprångskiktet på 15-25 m i aug, när ytvattnet är som varmest. På sensommaren-hösten börjar avkylningen först mera tillfälligt sedan som regel. Avkylningen verkar på samma håll som vindblandningen: utjämning av temperaturskillnader först ned till språngskiktet sedan så småningom ett tärande även på detta så att det flyttas till större och större djup. Till en början leder relativt små avkylningar till att det mesta värmnet ändå inte går till luften utan till större vattendjup.

När avkylningen i ytan nått temperaturen för densitetsmaximum, d.v.s.  $4^{\circ}\text{C}$  är i allmänhet omblandningen så effektiv att hela vattenmassan från yta till botten har temperaturen  $4^{\circ}\text{C}$ . Ytterligare avkylning leder till lättare vatten men nära  $4^{\circ}\text{C}$  kan den minsta vind homogenisera vattnet igen. Men så småningom bildas det ett relativt tunt lager av 0-gradigt vatten, som kan frysa till is. När hela sjön islagts får sjön praktiskt taget inget energitillskott, som kan åstadkomma blandning. Den temperaturfördelning som råder vid isläggningen har en tendens att vara kvar tills islossningen börjar. Värmeinhållet under isen kan variera kraftigt beroende på om isläggningen kommit i "normal" tid eller försenats av stark vind (Svensson et al 1980).

Hur skiljer sig nu den beskrivna årscykeln om man kommer ut i havet? Med ökad salthalt förskjuts temperaturerna för maximum-densitet och för fryspunkt mot lägre temperaturer. Nedanstående tabell visar dessa temperaturer för våra havsområden

Salth.	Temp. för		Ytvatten i
	Maxdens.	Fryspunkt	
0	4.0	0.0	Insjöar
3	3.3	-0.2	Bottenviken
4	3.1	-0.2	Bottenhavet
5	2.9	-0.3	
6	2.7	-0.3	N. och Mell. Eg. Östersjön
8	2.2	-0.4	SW Eg. Östersjön
10	1.8	-0.5	Öresund
15	0.8	-0.8	" , Kattegatt
20	-0.3	-1.1	Kattegatt, E. Skagerrak
24.7	-1.33	-1.33	" "
30	-2.5	-1.6	Skagerraks mitt
35	-3.6	-1.9	

När som för Östersjön fryspunkten fortfarande ligger lägre än max.dens.-temperaturen så blir förhållandena i många avseenden lika med dem för insjöfallet. Men närvaron av saltvatten har andra konsekvenser. Vi ser det tydligast i egentliga Östersjön, dit det sker diskontinuerliga inflöden av Kattegatt-vatten. Detta lägger sig som ett tungt bottenskikt, som alltför långsamt blandar sig med ovanliggande vatten. Långt innan blandningen gått till



densitetsutjämnings har ett nytt paket tungt vatten ånyo fyllt hålorna. Härigenom bildas ett "golv" (haloklinen) av tungt vatten, som ersätter botten på grundare områden. Temperaturutjämnings under vintern når till denna botten, som i norra egentliga Östersjön är på 60-70 m. I Bottenhavet och Bottenviken ser man spår av samma fenomen men mycket svagare.

I Skagerrak är salthalten så hög att densitetsmaximum ligger på andra sidan fryspunkten. Teoretiskt skulle hela vattenmassan ner till botten kunna bli nerkyld till fryspunkten och det hela bli ett isblock. I SW delen av Skagerrak sker praktisk tagit aldrig någon isbildning. I Kattegatt och längs Sveriges och Norges Skagerrak-kuster är salthaltsändringen i vertikalled så stor att isbildningen kommer att likna den i brack- och sötvatten.

När det gäller isbildning skiljer sig havsvatten från sötvatten också i det avseendet, att en del av saltet lämnar isen och sjunker som ett relativt tungt vatten mot botten. I oceanerna bildas en del djupvatten på detta sätt, men det är osäkert om det spelar någon roll i våra hav. När isen smälter kan den därför vara relativt söt, så att det ibland bildas ett markant lättare ytskikt.

Uppvärmning och avkylning går snabbare i en grund kustzon än i en djup utsjö. När avkylningsen börjar om sensommaren, kommer det kallare kustvattnet att sjunka ned längs botten till ett djup som passar den nya densiteten. Man kan tänka sig att det på detta sätt rinner kustvatten ner på haloklinen i Östersjön under en del av avkylningsperioden.

När avkylningsen kommer i närheten av densitetsmaximum uppstår det en termisk barriär mellan å ena sidan ett kallare kustvatten, som inte sjunker vid vidare avkylning och ett varmare utsjövatten, som fortfarande blandas konvektivt. Gränsen vandrar successivt ut mot vattenområdets mitt. Längs barriären bör det på grund av jordrotationen, flyta en gränsström. På våren återupprepas fenomenet, som redan beskrivits i kap.4.2.1. Kustvattnet stabiliseras först, medan det kallare utsjövattnet fortfarande undergår konvektiv (vertikal) blandning. I kap. 4.2.1. spekuleras huruvida den termiska barriären kan utgöra ett s.k. retentionsstaket för den värlekande sillen i Östersjön.

I ett vatten, som är homogent, bildas lätt stora turbulenta virvlar, och partiklar mm får åka upp och ned. Vattnet är instabilt till skillnad från den stabilitet, som erhålles, då densiteten ökar markant med ökande djup. Sverdrup (1953) visade att det behövs en viss stabilitet för att primärproduktion skall komma igång; hissåkandet måste vara begränsat till ljuszon (som själv kan vara olika djup för olika plankton; flera dinoflagellater behöver förhållandevis litet med ljus). Kattegatt-vatten är ständigt stabilt p.g.a. från yta mot botten ökande salthalt året om. Här kan primärproduktionen komma igång i februari. Dessförinnan har ljuset varit begränsande. Mitt i Östersjön däremot kommer produktionen igång först sedan 1) densitetsmaximum passerats och 2) vinden inte är kraftigare



än att ett stabilt uppvärmt ytlager kan bildas. Början och slut på växtplanktons vegetationsperiod i små skogssjöar kan direkt relateras till etablering resp. upplösning av språngskikt (Ramberg 1976). På grund av varierande vindar kan man få varierande produktionsförhållanden. Andra stabilisationsfaktorer är sötvatten som rinner ut över tyngre saltvatten t.ex. från smältande is eller vid en älvmyning. Särskilt om våren, när närsaltstillgången är god kan även ett tunt lättare ytskikt ge upphov till en produktion av betydelse. I den ovan relaterade kustzonen är förhållandena gynnsamma för att vårproduktionen skall starta tidigare än ute till havs.

## 5.2. Närsalter

För att organiska växtplankton skall kunna bildas behövs förutom tillräckligt med solljus, även oorganiska komponenterna koldioxid och närsalter. Som framgått av ovan i 5.1. behövs en viss fysikalisk stabilisering, så att växtplankton kan befinna sig i solljuset under en ganska stor del av sin levnadstid. Vid kolsyreassimilationen bildas syrgas och ytskiktet blir ofta övermättat på detta ämne under produktionstiden.

De närsalter man talar mest om är de som innehåller fosfor och kväve, men ibland kan också andra ämnen ha samma betydelse. Kisel måste till för kiselalger (diatomeer) skal, och om kisel tar slut upphör tillväxten av dessa alger. Men medan kisel bara är nödvändigt för kiselalger är fosfor och kväve nödvändiga för alla växter. Tar den ena av dessa båda ämnen slut upphör algproduktionen. Det pågår en ständig debatt om vilket av de båda ämnena som tar först slut och därmed är den begränsande faktorn. I många insjöar och i Bottenviken är fosfor begränsande men i egentliga Östersjön och Kattegatt är det uppenbarligen kväve.

Av fosfor är det fosfat,  $PO_4$ , som deltar i primärproduktionen. Förutom fosfat mäter vi totalfosfor (TP), som innefattar både fosfat och organiskt fosfor. När produktionen kommer igång på våren går  $PO_4$  snabbt ned till låga värden. Totalfosfor håller sig i början relativt konstant, men så småningom går även den ner dock inte till noll. En anledning till att även TP minskar är sedimentationen, en annan kan vara den att inte alla djurplankton kommer med i våra TP-prover.

Medan fosfor har en viktig oorganisk komponent,  $PO_4$ , har kvävet minst 3: nitrat,  $NO_3$ , nitrit,  $NO_2$  och ammonium,  $NH_4$ . Man bestämmer även urea och total-kväve (TN), men analyserna av TN har tidigare varit ganska otillförlitliga. Vi i FS har mätt kvävekomponenter sedan c:a 1969, medan fosfat började 1957 (eller tidigare) och TP 1968.

I oceanen är det en generell regel att närsaltskoncentrationen ökar med ökande djup. Om dessa på något sätt bringas upp i ytskiktet t.ex. vid s.k. upwelling (vid Peru t.ex.) kommer i allmänhet fosfor och kväve upp i den



behövliga proportionen 1 viktsdel P och 7 viktsdelar N. Primärproduktionen styrs så småningom delvis av remineraliseringen i samma skikt. (Fosfor remineraliseras snabbare än kväve när växter och djur ruttnar men det kommer mycket kväve-produkter från djurplanktons ekskrementer inklusive urin.

Måttliga närsaltsökningar (eutrofiering) ger ofta men inte alltid positiva effekter på fiskmängden. Svärdson et al (1981) menar att en sådan ökning kan verka på samma sätt som vissa temperaturökningar. Den gynnar dock inte alla fiskarter utan de s.k. dominanta. Övriga arter kan drabbas av nedgång i stället. I Östersjön har närsalterna ökat de senaste 20 åren och detta har förorsakat en uppgång för sill, skarpsill och torsk (9.4.).

Klassiskt sett skall Östersjön ha en nettointransport av närsalter i motsats till Medelhavet. Det senare havet utarmas av att närsaltsfattigt vatten rinner in i ytan medan högre koncentrationer förs ut i en djupström (vid Gibraltar). I Östersjön är strömningsmönstret det motsatta och det är troligt att för 20-30 år sedan det ägde rum en sådan nettointransport. Men trots detta var vinter- $PO_4$  låg i Östersjön c:a 0.3 ugat/l när vi började mäta på 50-talet. Motsvarande siffra för Nordsjön är c:a 0.7 ugat/l f.n. men kan ha varit lägre på 50-talet. I Engelska kanalen var vinterfosfor 1935-1965 bara 0.5 men är i dag c:a 0.7 ugat/l (Southward 1980 i Cushing 1982, jmf. kap. 7.1). Så Östersjön betraktades förr som oligotroft. En anledning kan ha varit kraftig sedimentation i djuphålorna (även i Bottenhavet).

I dag har situationen ändrats så att vinter- $PO_4$  i egentliga Östersjön är nästan lika hög som i Nordsjön och det råder en netto-uttransport från Östersjön (kap. 9.5). Sannolikt beror en del av ändringen på en ökad tillförsel från land, samt en därav föranledd förändring i sedimentationen. Den ökade tillförseln har förorsakat ett ökat nedfall av organiskt material till bottenvattnet och botten, där syrgasåtgången ökat så att svavelvätebildning inträtt (med vissa avbrott). Men när  $H_2S$  börjar bildas händer det att fosfor utlöses från botten samt att kvävgas bildas. Så småningom kommer fosfor upp till ytan, där kvävebristen periodvis kompenseras av fixering av luft-kväve via blågröna alger, ev. också på grund av stora kväveutsläpp från land, t.ex. jordbruket. En del av närsaltsökningen kan bero på ändrad transportmekanism, antingen internt eller externt (från Kattegatt till Östersjön), eftersom även salhalten ökat (Nehring 1982). Se vidare kap. 4.2.4 och 9.4.

Att vi nu har en nettouttransport av närsalter har förorsakat en ökning av TP även i Kattegatt (kvävemätningarna är för få för att tillåta en slutsats). På så sätt har Kattegatts bottenvattnet utsatts för större syrgastäring och tillsammans med lokala utsläpp har närsaltsökningen lett till extra svåra problem i t.ex. Laholmsbukten (9.5).



### 5.3. Ljusförhållanden.

Innehållet i detta underkapitel har i mycket hämtats ur litteratur, som skrivits av Nils Jerlov, speciellt hans bok *Marine Optics* (1976).

Något mindre än hälften av solenergin i våglängdsområdet 300-3000 nanometer (nm) är synligt ljus mellan 350 och 700 nm. Fördelningen mellan dag (med solinstrålning) och natt (utan solinstrålning) växlar på våra breddgrader starkt med årstiden. Den totala årsinstrålningen är mindre variabel, på 70 grs latitud är den c:a 2/3 av den på 55 gr. Ljus är nödvändigt för att alger skall kunna växa (fotosyntes; på stort djup i Stilla havet har man dock nyligen funnit fisksamhällen, som ytterst lever på kemosyntes i stället för fotosyntes.).

Algerna växer mest nära vattenytan, eftersom ljuset snabbt dämpas med växande djup. De flesta (rygggradslösa) vattendjur men även en del fiskarter utför vertikalvandring mellan ytskiktet om natten och djupet om dagen (se kap. 4.1). Grovt sett betar djuren om natten det som vuxit under dagen. Bottenlevande djur, speciellt kräftdjur, anpassar sin bytesjakt efter ljusförhållandena.

Med Jerlov (1c) skall vi tala om irradians och därmed mena allt det ljus som träffar t.ex. en planktonalg. Man skiljer vidare mellan den nedåtriktade och den uppåtriktade irradiansen; den senare kan vara ända upp till 30 % av den nedåtriktade (Höjerslev p.m.). Ljuset dämpas på sin väg nedåt i vattnet, i det stora hela exponentiellt som  $\exp(-Kz)$ , där  $z$  är djupet i meter och  $K$  är dämpningskoefficienten i  $m^{-1}$ . Man använder också begreppet irradianstransmittans, som uttrycker hur många % av irradiansen som finns på 1 m:s djup av det som finns strax under vattenytan. I ett klart vatten är alltså transmittanstalet stort och dämpningskoefficienten liten. Ett praktiskt mått är siktdjupet. Det finns ett grovt samband mellan siktdjupet  $D$  m och minsta dämpningskoefficienten  $K$ :  $DK=2$ . I våra vatten ligger minsta  $K$  i grönt (550 nm), i klarare vatten ligger den i blått.

När ett fartyg en gång ankrade på 45 m:s djup i ett grekiskt vatten, kunde kaptenen se sitt ankare. De klaraste vattnen finns i E Medelhavet, i ålens Sargassohav och en del andra platser på jorden. Försurade insjöar är klarare än produktiva. Sistnämnda faktum visar, att partikelinnehållet är viktigt för vattnets transmittans. Men även lösta ämnen spelar roll, inte minst i våra vatten, där humus- (och antagligen lignin-) halterna är höga nog för att minska transmittansen (Nyquist 1979). Havsforskare mäter e-absorptionen i c:a 380 nm på filtrerade prover (ofta i 5 cm:s kyvett) och kallar det gulämne med sorten  $m^{-1}$ , medan limnolger m fl mäter Färg i 420 nm på ofta ofiltrerade prover. De lösta substanser, som minskar irradiansens transmittans är i huvudsak detta gulämne, vars e-absorption ökar med minskande våglängd. Om den vid 380 nm är 1 enhet är den vid 530 nm bara 0.1 enheter.



Jerlov har lagt ner mycken möda på att klassificera havsvatten optiskt. På senare tid har han begränsat sig till 8 typer; tidigare laborerade han med flera. Det klaraste vattnet kallas typ I, och därefter följer i tur och ordning IA, IB, II, III, 1, 3 och 5. Medan de förstnämnda gäller överallt på jorden, där vattnet är så klart, är det för typerna 1,3 och 5 så mycket inslag av gulämne, att de passar bra för våra vatten, men inte t.ex. i uppvällningsvatten utanför Afrika (Jerlov 1977). En viktig anledning till att ha dessa typer, är att det är svårt för en "lekman" att mäta upp en vattentyps alla egenskaper, men man kan genom en enda mätning bestämma Jerlovs vattentyp och sedan gå in i Jerlovs olika skrifter och få veta mera. Så vitt jag fattat det, varierar typen på en plats från tid till tid mest beroende på partikelinnehållet, men variationen är sådan att förändringarna sker ganska likartat i hela spektrum, och det är som om spektralkurvan parallellförflyttades, åtminstone om man håller sig inom de två grupperna I-III resp 1-5 var för sig. Riley (1956) satte upp en formel för sambandet mellan (total-)K och klorofyllkoncentration. Den skulle gälla för brittiska vatten, dvs utanför gulämnazonen. Såvitt bekant finns ingen sådan formel för våra vatten. När man ser på siktdjupsvärden under året, är sambandet ofta dåligt mellan siktdjup och övriga produktionsparametrar och man får ingen känsla av årstidsvariation (Nyquist 1979). Det kan bero på att de flesta studierna gjorts i grunda vatten, där inflytandet av uppvirvlat bottenmaterial av alla slag måste störa bilden. - I insjöar är siktdjupet ofta väl korrelerat med säsongsvariationer, men även suspenderande ämnen inverkar. Härigenom har ofta sjöar med längre omsättningstid större siktdjup. T.ex. Vättern med en omsättningstid av 58 år har ett siktdjup av c:a 11 m. Siktdjupets beroende av planktonförekomst medför att ett erfarenhetsmässigt samband mellan siktdjup och totalfosfor upprättats för större svenska insjöar (Ahl 1976).

På en karta i Jerlov (1976) visas en fördelning över de optiska vattentyperna i hela världen. Där har Östersjön fått beteckningen 3 och Skagerrak typen 1. Låt oss se på typen 3. Minsta dämpningskoefficienten är 0.19 (550 nm) och siktdjupet därmed c:a 10 m. Totalenergin och totalkvanta dämpas på någorlunda lika sätt. På 15 m:s djup är den förra 1.7%, den senare 2.3% av respektive ytvärde (Jerlov 1977). Den 10%-iga kvantanivån ligger på 8.5 m:s djup eller ungefär på samma djup som siktdjupet.

Gulämnet i Bottenviken är c:a 2 enheter ( $m^{-1}$ ), i Eg. Östersjön c:a 1 och i Baltiska strömmens vatten i Skagerrak c:a 0.7, samt i Jutiska strömmen c:a 0.3 enheter (Bladh 1972). Om det bara berodde på gulämnet, så skulle man kunna tänka sig att typ 5 (D = 7m) passade för Bottenviken och typ 1 (D=17m) för Kattegatt-Baltiska strömmen. Men Lisitzin (1938) fann i genomsnitt högre värden än 7 m i Bottenviken, och 17 m är alldeles för högt för Kattegatt. Möller (1980) fann i N Kattegatt i genomsnitt 8.5 m under 1977 (max 12 m, min 6 m), och en ännu opublicerad översikt över Bohusfjordarnas siktdjup, visar, att det i yttre delarna inte blir mer än 7.5 m i totalgenomsnitt. Det är inte omöjligt,



att siktdjupet är ungefär lika i årsgenomsnitt i alla våra hav, men eftersom gulämnehalten skiljer sig kraftigt, kan man fråga sig, om det rör sig om en och samma vattentyp (3). Det finns uppenbarligen mera partiklar i de produktiva områdena i Kattegatt-Skagerrak än i det fattiga Bøttenviken.

Siktdjupen i de bohuslänska fjordarna är i allmänhet mindre än i det baltiska vattnet utanför. Siktdjupen korrelerar både (negativt) med totalfosforhalt (Söderström 1976 och 1979) och (positivt) med salthalt (Svansson 1984b). Medelsiktdjupet i Bohusläns fjordar har minskat från 4.9 m 1972-76 till 3.8 m 1977-81 (Degerman och Rosenberg 1982, som bearbetat Fiskeristyrelsens mätningar). Söderström (1c) menar att siktdjupen på 50-talet var avsevärt högre, kanske det dubbla.

Det finns optiska instrument, som via lampa och fotocell bestämmer det av partiklar spridda ljuset. Detta blir därför ett ganska gott mått på partikelhalten. Man kan också använda den inte så partikelkänsliga genomskinlighetsmätaren (beam transmittance meter) med rödfilter. Men att med hjälp av dessa data beräkna irradians-K, är ännu inte något löst problem. Rileys formel ovan är mycket approximativ.

#### 5.4. Växt- och djurproduktion.

En del av informationen i detta avsnitt är tagen från The Baltic Sea (ed. Voipio), där Hällfors och Niemi skrivit om vegetation och primärproduktion, Ackefors om zooplankton samt Lassig och Leppäkoski om den bentiska faunan. Plymouthskolans undersökningar i Engelska kanalen är berömda. Resultaten är pedagogiskt väl återgivna i Tait (1972).

Fotosyntesen är den viktigaste mekanismen för naturen att skapa organisk (levande) substans ur oorganisk. Planktonalgerna ger i allmänhet den mesta växtproduktionen, men på grunda bottenar mest längs våra kuster spelar fastsittande alger en stor roll. En del blomväxter (t.ex. Zostera) förekommer även i vatten. Planktonalgers tillväxt är oftast förenad med delning.

Närmare ekvatorn kan primärproduktionen (av alger) pågå året runt, och där kan det ställa in sig en balans mellan produktion och konsumtion. Men i de flesta av våra vatten är variationerna i ljus, temperatur mm sådana, att man får ett uppehåll under den mörka årstiden. Är vattnet året-runt-skiktat som längs Bohuslän, i Kattegatt, vid älvmynningar m fl platser, är det ljuset som bestämmer, när produktionen skall komma igång. I annat fall får man oftast invänta den termiska stabiliteten (se kap. 5.1), som kan komma tidigt eller sent, mest beroende på vindhastigheten. Men bilden behöver kompletteras av ytterligare några möjliga varianter. Om isen är utan snötäcke, kan det, om solen står tillräckligt högt, finnas växande planktonalger under isen. Under isen finns det nämligen i allmänhet ett lättare sötvattenlager. Ett sådant stabilt ytskikt finns också ofta, där isen nyss har smält.



Klassiskt får man på våra breddgrader först en vårblomning, som växer ohämmat, eftersom de växtätande djuren ännu inte finns i någon större mängd. Kiselalger (diatomeer) dominerar om våren, därefter kommer dinoflagellater, monader mm, men när hösten kommer kan kiselalger blomma upp på nytt. Lindahl (p.m.) påpekar, att kiselalger delar sig snabbare än dinoflagellater, som i gengäld klarar låga näringsnivåer bättre än diatomeerna. Växtbiomassan ser om våren ut att öka tills ett av näringsämnena kväve eller fosfor (men sällan kisel) tagit slut, men minskningen kan också bero på att växtätarna hunnit ifatt och håller algbiomassan på den låga nivå, som är karakteristiskt för sommaren. Denna låga nivå betyder inte att produktionen är låg, men vanligtvis lägre än under vårexpllosionen. I Kattegatt är den t.ex. hög nästan hela den produktiva perioden (Steemann Nielsen 1971). Det råder delade meningar, om varifrån de nödvändiga näringsämnena kommer. Det finns en tillförsel underifrån genom språngskiktet, större vid högre vindhastighet, men lika viktiga är nog de näringsämnen som djurplankton ger ifrån sig: ammonium, urin, fekalier mm (recirkulation). Men i det senare fallet råder nog en nettonedtransport av näringsämnen, eftersom djurplankton tillbringar stor del av sin tid under ljuszonen. Det finns även mindre former, som deltar i recirkulationen av fosfor och kväve, t.ex. ciliater, heterotrofa flagellater m.fl.

Om hösten ökar upptransporten av näringsämnen genom att höstkonvektionen kommit igång. Härigenom kommer en ökad primärproduktion, hösttoppen, som dock är mindre än vårtoppen. Så småningom motverkas nämligen näringsökningseffekten av att blandningsskiktet blir för djupt, vilket tvingar alger att tillbringa för mycket tid i mörker.

Tait (1972) har ett kapitel om energirelationer i den marina produktionen, som det kan vara värt att titta på, bl.a. för att det är pedagogiskt väl tillrättat (det mesta härrör från Harvey 1950). Författarens alla detaljsiffror är medtagna här; figuren i slutet av detta kap. underlättar läsningen. Dessa siffror passar i allmänhet förhållanden i Engelska kanalen. Redan här är de i många fall osäkra, och de måste vara ännu mera osäkra om de överflyttas t.ex. till Eg. Östersjön, som har ungefär samma primärproduktion räknat i g kol/m<sup>2</sup> och år, men där artsammansättning mm är helt olika på grund av den låga salthalten. Men som sagt exemplet är mycket instruktivt och återges i brist på liknande översikt över förhållandena i våra vatten (Askölaboratoriets forskare har publicerat en rad arbeten, som pekar fram mot en sådan total budget för Östersjön, se t.ex. Jansson et al 1984.) - Den använda energienheten är kcal. Numera skall man ju använda joule; 1 kcal är = 4.187 kJoule. Biomassan uttrycks antingen som våtvikt (vv) eller torrsvikt (tv), varvid för fisk Tait använder relationen 6 g vv = 1 g tv. Tait använder vidare 1 g tv = 0.44 g kol, och jag har inkluderat fosfor genom relationen 1 g P = 41 g C (1 g kol = 0.0244 g fosfor).

Undersökningar har visat, att ca 0.2 % av energin av synligt solljus vid vattenytan går till primärproduktion. Tait (1c) anger 500 kcal/m<sup>2</sup> och år som bruttoproduktion på brittiska breddgrader, vilket motsvarar  $25 \times 10^4$  kcal/m<sup>2</sup>



totalt av det synliga ljuset. Med en faktor 5 kommer man till  $125 \times 10 \text{ kcal/m}^2$  total instrålning vid molnfri himmel, vilket stämmer rätt bra med Auréns (1939) värden, höjda med 10 % (Johnson 1940). Det antas att för växtplankton 2 kcal ger 1 g tv; 500 kcal ger då 250 g tv. I kol räknat blir det 110 g. Växtplanktons<sub>2</sub> respiration tas så högt som 30 %, återstår 77 g kol/m<sup>2</sup> och år (350 kcal). Biomassan i Engelska kanalen av växtplankton är i årsgenomsnitt 4 g tv/m<sup>2</sup> eller 1.76 g kol/m<sup>2</sup> (=0.043 g fosfor). Om man dividerar den producerade mängden kol med biomassan räknad som kol får man omsättningen  $77/1.76 = 44$  och  $365 \text{ dagar}/44 = 8$  kallas lämpligen omsättningstiden för växtplankton. - Tait antar att 20 % blir detritus (se nedan), medan 80 % blir föda åt växtätande djurplankton (herbivora zooplankton).

De 80 %-en är lika med  $280 \text{ kcal/m}^2$  och år. Av dessa försvinner 70 % till andning och rörelseenergi, 10 % blir detritus och bara 56 kcal blir kvar för tillväxt. I det här steget anses 4 kcal motsvara 1 g tv. Så  $56 \text{ kcal} = 14 \text{ g tv} = 6.2 \text{ g kol} (= 0.15 \text{ g fosfor})$ . Biomassan sätts till 1.5 g tv eller 0.66 g kol, och omsättningen blir  $6.2/0.66 = 9$ ;  $365/9 = 39$  dagar blir omsättningstiden för växtätande djurplankton. Av de 56 kcal antas att 10 % dör och blir detritus, varför det är 50 kcal kvar för pelagiska köttätare (karnivorer inklusive pelagisk fisk).

Av  $50 \text{ kcal/m}^2$  och år anses endast 10 % gå till tillväxt (tertiär produktion), medan 10 % igen går till detritus och resten förloras i andning mm. Denna gången anses 3 kcal ge 1 g tv. Av 5 kcal blir alltså 1.66 g tv eller 0.73 g kol (eller 0.018 g fosfor) allt pr m<sup>2</sup> och år. Biomassan sätts till 2 g tv/m<sup>2</sup> (= 0.88 g kol), varav 1.8 g tv som pelagisk fisk (1 g/m<sup>2</sup> = 10 kg/har). Omsättningen =  $0.73/0.88 = 0.83$  och omsättningstiden  $365/0.83 = 1.2$  år. Fisket tog 1969 så litet som 3 % av pelagiska fiskbiomassan i Engelska kanalen.

Tait går så över till vad han kallar detrituskedjan med underrubrikerna bentisk fauna och andra detritusätare, demersal fisk samt bentiska predatorer. Det som ovan ansetts gå till detritus är c:a  $110 \text{ kcal/m}^2$  och år. Men 110 blir snabbt nära nog det dubbla (218), när Tait lägger till bidraget från land men också från fastsittande alger, som f.ö. producerar till större djup än växtplankton. Tait antar att 25 % av 218 kcal går direkt till detritusätarna, medan 75 % tas om hand av bakterier först.

$190 \text{ kcal/m}^2$  och år går alltså till bakterierna. Därav förloras 106 till andning mm och kvar blir 84 kcal. Fortfarande anses 3 kcal bli 1 g tv;  $84 \text{ kcal} = 28 \text{ g tv} = 12.3 \text{ g kol} (= 0.30 \text{ g fosfor})$ . Biomassan är så liten som  $0.025 \text{ g tv/m}^2 = 0.011 \text{ g kol} (= 0.0003 \text{ g fosfor})$ . Omsättningen =  $12.3/0.011 = 1118$  och omsättningstiden =  $365/1118 = 0.3$  dagar.

$84 \text{ kcal/m}^2$  och år går till bentiska växtätare och andra detritusätare. Ytterligare 28 har gått direktvägen (se ovan). Av 112 kcal förloras 89.5 till andning mm och 22.5 blir kvar. Med 3 kcal = 1 g tv biomassa får vi  $22.5 \text{ kcal} = 7.5 \text{ g tv} = 3.3 \text{ g kol} (= 0.08 \text{ g fosfor})$ . Biomassan sätts till  $7.5 \text{ g tv/m}^2 = 3.3 \text{ g kol} (= 0.08 \text{ g fosfor})$ . Omsättningstiden alltså ett år. Av producerad  $22.5 \text{ kcal/m}^2$  och år fördelas 10.1 till demersal (bottennära) fisk och 12.4 till bentiska predatorer.



Demersal fisk äter även pelagiska predatorer (torsk äter sill, skarpsill mm), och Tait adderar 3.86 kcal till de 10.1 från bentiska herbivorer. Av 13.96 kcal blir det bara 1.36 kvar för fisken att växa med. Med 3 kcal = 1 g tv får vi 1.36 kcal = 0.453 g tv = 0.20 g kol (= 0.005 g fosfor). Biomassan sätts till 1.12 g tv/m<sup>2</sup> (Engelska kanalen fortfarande) = 0.49 g kol (= 0.012 g fosfor). Omsättningen = 0.20/0.49 = 0.4. Omsättningstiden = 2.5 år. År 1969 fiskade man i Kanalen 18 % av demersala fiskbiomassan.

Jag har roat mig med att addera all biomassefosfor. Det blir 0.213 g/m<sup>2</sup> när man har lagt till 0.027 för bentiska predatorer och 0.012 för sedimentation (eg. 2 kcal/m<sup>2</sup>). Om man skall jämföra summan med skillnaden mellan vinter- och sommarfosfor, bör man reducera siffran en smula, eftersom en del djur lever mer än ett år. Grovt räknat 0.2 g fosfor blir kvar för jämförelse. Om man ser på fosfatfosfor i Kattegatt (station Fladen) så finner man att mängden i pelaren 0-55 m minskar från 1.14 g/m<sup>2</sup> i mars till 0.52 under september. Skillnaden 0.6 g/m<sup>2</sup> är alltså 3 ggr så stor som den borde vara enligt Tait's Kanalen-modell. Jag skall här inte spekulera om orsaken till diskrepansen.

Hällfors och Niemi (1981) återger Lassig et al (1978) karta över primärproduktionen enligt mätningar på 60- och 70-talen. Bottenviken har lägst produktion, c:a 20 g kol/m<sup>2</sup> och år. Bottenhavet hade vid Finngrundet c:a 60 g kol/m<sup>2</sup> och år under 1961-1968 (Michanek 1970, Fonselius 1972,). Som framgår av Fonselius (lc) hade årsproduktionen en ökande trend. Under 1964-67 uppmättes vid Hävrings fyrskipp c:a 80 g kol/m<sup>2</sup> och år. Senare har Lindahl (1977) uppmätt nära 90 g öster om Gotland och c:a 125 i Hanöbukten. I Kattegatt visar Steemann Nielsens mätningar (Aertebjerg et al 1981) vid Anholt fyrskipp 1963-67 ett medeltal av 66 g kol medan det under hela perioden 1954-1970 var så mycket som 88 g, vilket innebär att produktionen var högre under 50-talet än under 60-talet.

Hällfors och Niemi (lc) gör följande överslag. Man använder 379 000 km som ytan av Östersjön+Bälthavet. Under denna yta skulle produktionen vara 30 10<sup>12</sup> g kol (dvs 79 g kol/m<sup>2</sup> och år). Författarna adderar så ett bidrag från fastsittande alger av 4 10<sup>12</sup> g kol (dvs 11 g kol/m<sup>2</sup> och år, tillsammans 90 g kol/m<sup>2</sup> och år (Jfr Tait's nettoproduktion av 77 g kol). Enligt Ackefors (1981) kan den årliga produktionen av zooplankton i Egentliga Östersjön grovt uppskattas till 10-20 g kol/m<sup>2</sup>. Hällfors et al (lc) anser att i hela området enl. ovan denna produktion kan sättas lika med 12 g kol/m<sup>2</sup> och år (Jfr Tait's 6.2 g kol för herbivorer och 0.7 för karnivorer). Ackefors (lc) ger för övrigt data för den genomsnittliga biomassa, 25 g vv/m<sup>2</sup> i söder och 13 g i norr av Egentliga Östersjön. Om vi med Steele (1974) sätter 1 g vv lika med 0.25 g tv blir medeltalet 19 g vv lika med 5 g tv (Tait ovan 1.7 g tv).



Hällfors et al (1c) tittar så på totala fiskfångsten 900 000 t/år. Man kommer fram till att denna är 0.2 % av primärproduktionen. Tait får för Engelska kanalen 0.33 % för 1969, då man tog ut bara c:a 10 % av fiskbeståndet.

Fiskfångsterna har ökat i Östersjön under de senaste 20-30 åren och det är mycket troligt att en anledning är det ökade närsaltsinnehållet. Måttliga närsaltsökningar bör vara positiva (eutrofiering i motsats till hypertrofiering). Svärdson (1976b) skriver att siken växer bättre i alla 4 stora (svenska) sjöarna sedan 50-talet och siklöjan gör detsamma (finns dock inte alls i Hjälmarén). Att Hjälmarén har störst avkastning (c:a 4 kg/ha och år) av de stora sjöarna förklarar Ahl (1976) med att den är grundast (6 m); detta betyder i sin tur att närsalterna har lätt att komma upp och tot-P-halten är också större (ända upp till 250 ug/l = 8 mikromoler/l) än i någon av de andra stora sjöarna.

Ett ökat närsaltstillskott ger alltså ofta ökade fiskbestånd. Men åtminstone i insjöar sker så stora förändringar i flora och fauna att det inte är de ursprungliga fiskarterna som ökar utan det blir andra som får sin chans. Fattiga och klara Vättern har "fina" guldalger och laxfiskar, medan innersta delarna av Mälaren har blågröna alger (som irriterar badande), nätpåväxt av kiselalger och mycket gös, som älskar dåliga siktdjup. - Anderssen et al (1977) har konstruerat en fiskeriekologisk modell från fosfor till fisk. Men man har än så länge inte praktiskt räknat med fosfatdelen, dels för att det är komplicerat, men framför allt för att man anser att på kort sikt är det fisket som styr beståndens storlek (Jfr kap. 10.3).

Andreasson et al (1982) anger den nuvarande fiskfångsten pr år i Bottniska viken till 5 kg/ha och jämför den med 40 kg/ha för Eg. Östersjön. För Östersjön som helhet får man 25 kg/ha; motsvarande siffra för 1960 var 12 kg/ha. Rosenberg (p.m.) brukar använda 70 kg/ha eller mer för Kattegatt och Skagerrak samt 48 kg/ha (1976-82) för Nordsjön. - Kustzonen ger lägre fångster: 25 kg/ha i Östergötlands län av Eg. Östersjön (Dahlquist 1981) och 30-39 kg/ha (1982) i Bohuslän av Skagerrak (Anon. 1983). - I Nyman (1978) anges följande potentialer: Norrlandsinsjöar 1-10 kg/ha, Vombsjön 30 och polska insjöar 35 kg/ha (se även kap. 9.1.1).



Figur ur Tait (1972) som illustrerar energirelationerna i kap. 5.4.

På nästa sida återges en nyare version.

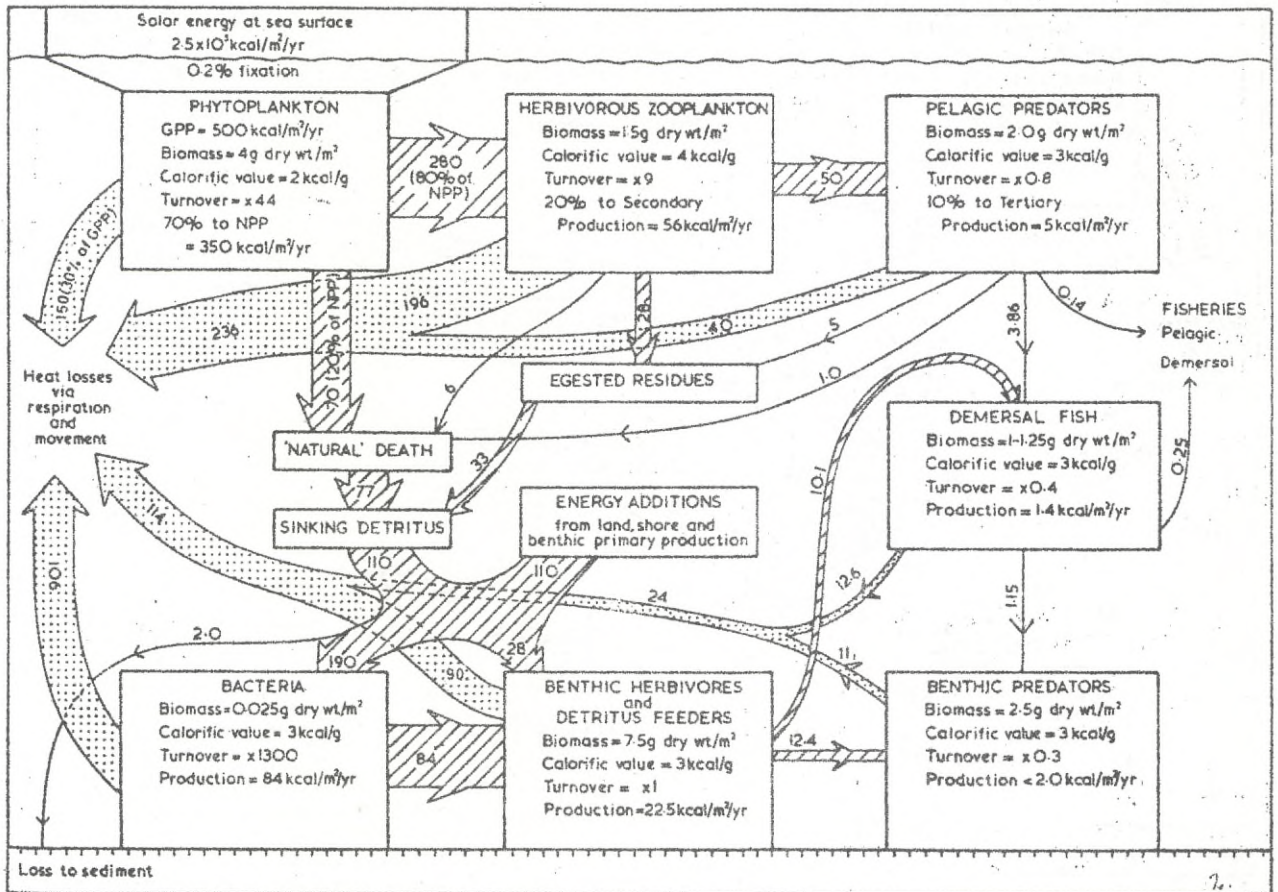


Figure 9.1. Diagrammatic representation of hypothetical energy relationships in a marine ecosystem in coastal waters of the British Isles. Figures on the arrows have units of  $\text{kcal/m}^2/\text{yr}$

From Tait (1972) Elements of Marine Ecology, 2nd ed, London: Butterworths. Reproduced by permission.



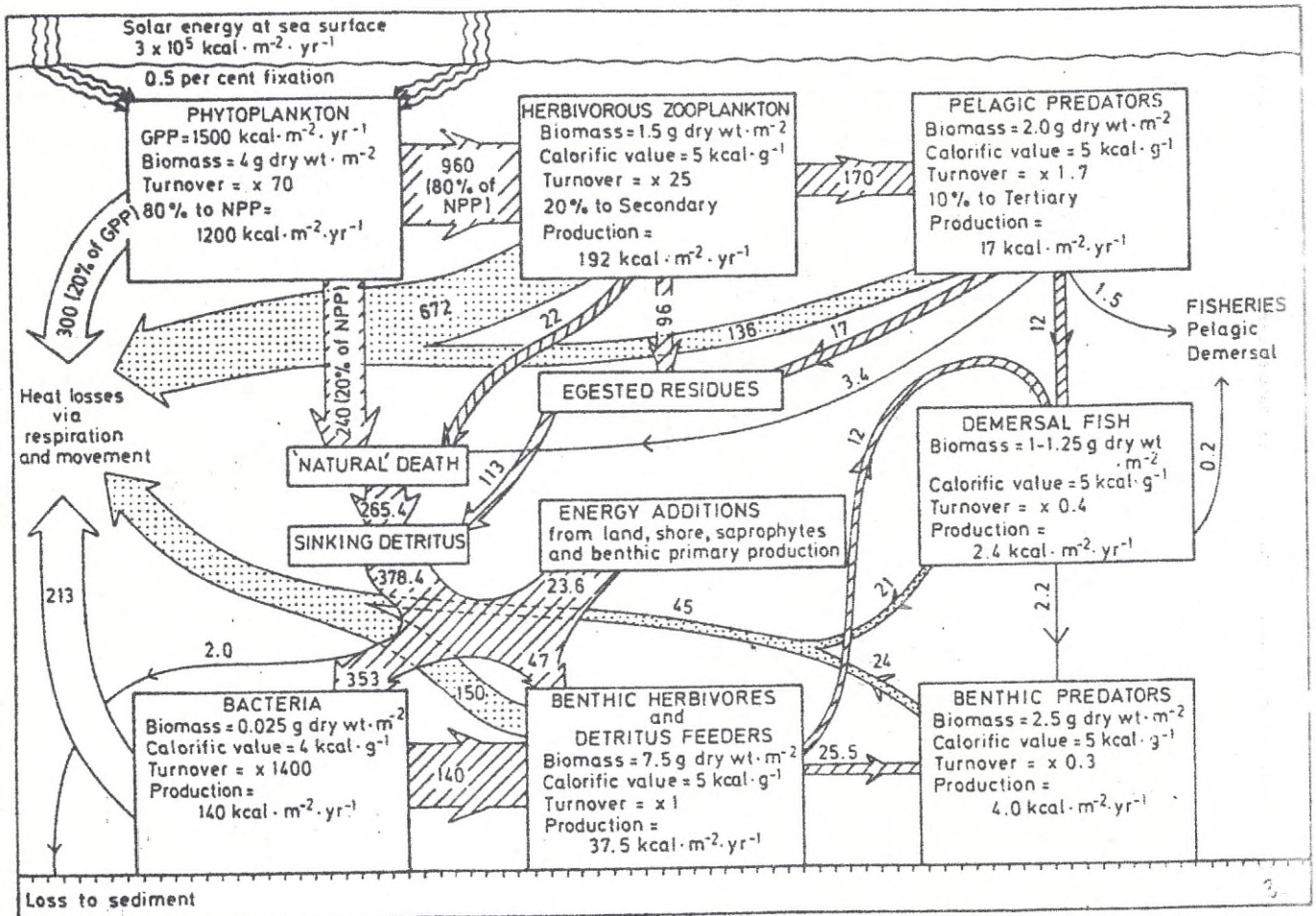


Figure 7.1 Diagrammatic representation of hypothetical energy relationships in a marine ecosystem in coastal waters of the British Isles. Figures on the arrows have units of  $\text{kcal} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}$

From Tait (1981) Elements of Marine Ecology, 3rd ed., London: Butterworths.  
 Reproduced by permission.



### 5.5. Syrgas.

Precis som på land behövs syre för djurens andning och för nedbrytningen av dött organiskt material. Normalt tas syret från i vattnet löst syrgas, men om detta tar slut som t.ex. i egentliga Östersjöns stagnanta bottenvatten, tages syret i stället från  $\text{SO}_4$  varvid även  $\text{H}_2\text{S}$  bildas, samt i liten utsträckning från  $\text{NO}_3$  vid kvävgasbildning. I insjöar där  $\text{SO}_4$  vanligtvis finns i mycket liten mängd kan syret komma från organiska föreningar, varvid metangas bildas.

När syrgasen går ner under något lågt värde, 1.5 ml/l (ca 2 mg/l) brukar anges för torsk i Östersjön, ger sig fisken ofta iväg till angenämare miljöer. Men bottenfaunan kan inte lösa problemet så, utan den dör om  $\text{H}_2\text{S}$  börjar bildas. Som  $\text{H}_2\text{S}$  bildas tidigare i sedimentet än i fria vattnet, ser det ut som om faunan dör redan vid 0.5-1 ml/l syrgas i vattnet. Lindroth (1941) visade dock, att bentosorganismer har ventilationsmekanismer och drar ner vatten att omge sig med. Det finns en hel del litteratur om fisks reaktion på låga syrgashalter, se t.ex. sammanställningen i Ahlfors et al (1981). För sötvatten skulle så höga värden som 5.0 - 5.8 ml/l kunna innebära "slight risk to spawning grounds".

Syrgasbrist kan i enstaka fall inträffa nattetid i växtplankton-soppor, i ålgräsområden och liknande miljöer, då respiration och nedbrytning är allena rådande. Men under dagen produceras syrgas vid fotosyntesen och det är vanligt med övermättnad. Mättnadsgraden är en funktion av temperatur och salthalt. Kallt och sött vatten löser mest syrgas, varmt och salt minst. Om man bättre kände utbyteskoefficienten för syrgas mellan luft och vatten skulle man kunna bestämma primärproduktionen med hjälp av syrgasdata. Den förlust av syrgas från vatten till atmosfär, vilken äger rum under produktionsperioden, kompenseras av transport i motsatt riktning, under den kalla årstiden.

### 5.6. Vattenrörelser.

I älven drivs vattnet (mot havet) av bottenlutningen men bromsas av bottenfriktionen. Vattnet söker att inte röra sig fortare än en lång vågs hastighet. Denna är proportionell mot kvadratrotten ur vattendjupet och ofta anpassar flödet sin vattenhöjd i enlighet härmed. Man mäter vanligtvis flödet via en vattenhöjdsbestämning. En kalibrering är nödvändig då idealfallet med hastigheten exakt lika med våghastigheten i allmänhet inte gäller på grund av vattnets friktion mot botten.

Vattenrörelser i naturen är mer eller mindre turbulenta (till synes oordnade). I älven genereras turbulensen vanligtvis vid den ojämna botten. Man tänker sig gärna att det finns virvlar av olika storlekar och belägenhet. Dessa virvlar bidrar till transport av diverse ting, om det



gäller lösta ämnen vanligtvis från högre koncentrationer till lägre. Om det gäller partiklar som har fallhastighet så spelar denna förstas en viktig roll. Studium av bottenens beskaffenhet säger en hel del om turbulensgraden. På en del bottenar kan inga partiklar sätta sig och t.ex. glaciallera kan fortfarande efter årtusenden ligga kvar i Östersjön. På de största oceandjupen vittnar å andra sidan den mycket finkorniga röda leran om den låga turbulensen.

På allt som rör sig på vår jord verkar jordrotationens avböjande kraft, Coriolis-kraften, 90 grader till höger om rörelsen (på norra halvklotet). I älven driver den vattnet mot högra stranden men kompenseras strax av en tryckkraft på motsatt håll. Resultatet är att vattnet står en aning högre på högra sidan av rörelseriktningen än på den vänstra. I mindre älvar dominerar ofta effekten av älvfårans krökning över effekten av jordrotationen.

När älven kommer ut i insjön eller havet tappar den högertaget och rör sig till höger tills den uppnått ny balans (Lindroth 1952 redovisar mätningar i Indalsälvens mynningsområde.). Men det finns ofta fler krafter med i spelet. Om det öppna vattnet inte är djupare än älven spelar botten-topografin roll för vattenströmmens nya riktning. Ofta sker det sedimentation på grund av mindre hastighet och sedimentbankarna själva påverkar rörelsen. Om det som t.ex. i Kattegatt finns en mer eller mindre permanent ström så får älvvattnet anpassa sig härtill. I Kattegatt är riktningen sådan att de svenska älvarna fortfarande blir högervridna, men på den danska sidan bör det finnas älvar som ser ut att rinna på "fel" håll. Vinden stör förloppet på ett för vindar typiskt godtyckligt sätt och detsamma gäller en del vattenståndsfluktuationer.

De båda senast nämnda effekterna plus storleken av älvsflödet självt är sannolikt mest avgörande för vandringsfiskars variabla beteende vid mötet med älven.

Om älvsflöde kan betecknas som endimensionellt, så är sjö- och havsflöden typiskt tvådimensionella. Dock är ibland en del vattenleder så smala i förhållande till längden att det endimensionella dominerar, t.ex. i Bälthavets alla leder. Jag själv har modellerat alla haven Bottenviken - Skagerrak som en lång kanal, men då går förstas en del finesser förlorade. I en modellvariant studerades de turbulenta utbyteskoefficienter som beskriver hur saltvatten rör sig ända till Bottenviken samtidigt som älv- och annat sötvatten söker sig mot oceanen. En del av den studien upptog en beräkning av de koncentrationsökningar som blir följden av ett föroreningsutsläpp någonstans i systemet, under förutsättning av att de utbyteskoefficienter som beräknats i första fallet kan användas i det andra.

När saltvatten går in i motsatt riktning mot sötvattnet kan det ske på minst 2 olika sätt. Det klassiska är den kompensationsström, som F.L. Ekman (1875) fann i Göta älvs mynning under det egentliga älvvattnet. Sådana finns också här och var i Kattegatt och Bälthavet och kanske i Östersjön. Det andra sättet är en bredvidliggande kompensationsström.

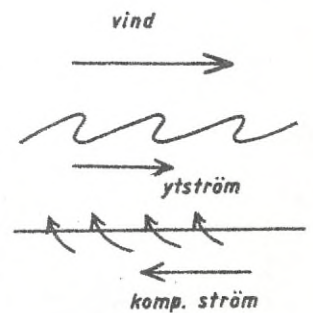


Det finns de som tror att den mäktiga Jutska strömmen i Skagerrak är en sådan kompensationsström till det baltiska utflödet. Även om så inte är fallet totalt, så drivs säkert en viss del av den strömmen av det baltiska utflödet. Sådana effekter bör kunna spåras ävenledes i Östersjön.

I Bälthavet rinner vattnet i medeltal ut ur Östersjön i ytan och därunder rinner kompensationsströmmen in. Men medeltal säger inte allt. Lufttryck och vindar för vatten in och ut ur Östersjön som ser ut att andas om än oregelbundet. Detta gör att transportriktningen i ytan i Bälthavet inte är enbart ut ur Östersjön utan ofta den motsatta. Även om vattnet vänder och går ut igen efter ett tag, så följer inte allt som den transporterat in med ut igen, i synnerhet som det vatten som rinner inåt till Östersjön är tyngre och därmed lagrar in sig på ett större djup.

Vi har gott om oregelbundna vattenståndsfluktuationer i våra hav, däremot väldigt litet tidvatten, som dock där det förekommer spelar stor roll för det marina livet. I trånga sund i Bohusläns skärgård märks tidvattenströmmen, men så vitt jag vet finns inga tidvatten-höjdsvariationer, som spelar någon större biologisk roll i våra vatten.

Vinden är mycket viktig som kraftkälla för vattenrörelser. Vinden ger upphov till de vågor som vi ser på vattenytan och som vi kallar korta vågor. I samband med dem omblandas vattnet på ett turbulent sätt. Vågornas storlek beror av vindhastigheten, s.k. vindrummet, d.v.s. över hur stor längd vinden blåser samt hur länge vinden blåst. Vågorna och blandningen avtar exponentiellt med djupet i homogent vatten. Om vattnet är skiktat minskar ofta vågrörelsen vid ett språngskikt. Men moderna teorier talar om att vindvågorna eroderar språngskiktet varvid vatten transporteras uppåt. Detta vatten ersättes i undre skiktet med en kompensationsström. I våra hav kommer i allmänhet kompensationsströmmen utifrån oceanen, men i en insjö kan det bli komplicerat.



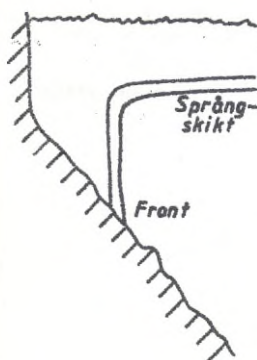
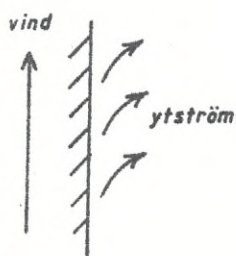
Förutom korta vågor förorsakar vinden också en vattentransport. Teorin säger att på ett oändligt utsträckt hav transporteras ett mer eller mindre tjockt ytskikt  $90^\circ$  till höger i förhållande till vindriktningen. Men åtminstone i våra vatten är det rätt nära en kust. Där stiger vattenståndet, vilket i sin tur ger upphov till att hela vattenmassan börjar röra på sig. I Östersjön stiger vattnet extra högt i ändarna Bottenviken, Finska viken och södra Bälthavet. Det finns matematiska modeller (Jmfr 10.3) som ovanligt vackert återger hur ett homogent Östersjön uppför sig för olika typer av vindar. Sommartid modereras bilden av sommarsprångskiktet, och då har modellerna något svårare att hänga med.

Modellerna klarar större skalor bättre än de små. Det finns i havet en s.k. patchiness (fläckighet). Mätningar av temperatur, närsalter, plankton mm visar en variabilitet. En del av denna beror på fysikalisk variabilitet-större eller mindre virvlar, en annan del har biologiskt upphov. Fysikaliska virvlar kan ge upphov till kemisk-biologisk



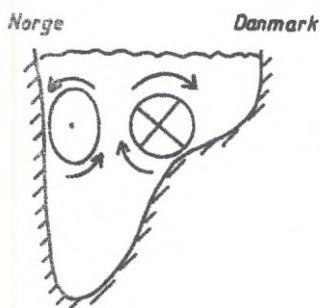
patchiness, men inte omvänt. Det forskas mycket på turbulens av olika skalor. De mindre virvlarnas inverkan på det storskaliga förloppet försöker man parametrera bort, medan de större virvlarna som bl.a. beror av botten-topografi, brukar kunna beräknas av modeller.

Vid kusten uppstår speciella rörelser. Det finns en vacker teori av VW Ekman (1905) som säger att vinden ger upphov till en kustparallell ström, starkast när även vinden är kustparallell. Samtidigt får man en uppvällning av djupvatten, om kusten ligger till vänster om vattnet, när man tänks följa med vinden. Motsatsen kallas på engelska för downwelling. Det sagda gäller på norra halvklotet. Utanför Peru är det "tvärtom", så att vindar från en sydlig riktning ger upphov till den kända uppvällningen (kap.3.). Teorin passar bäst på det fall där kusten är brant, medan i de mera realistiska fallen med grund kust, skärgård, sommarskiktning mm, allt blir mer komplicerat. Det finns en hel del uppvällning längs svenska Östersjökusten (Johansson 1977). Jag själv har spekulerat i möjligheten att ålen låter sig lättare fångas, när vattnet är litet saltare som vid uppvällning. Fisket vid Åhus är effektivast vid sydlig vind, men sambandet vindriktning-salthalt är inte entydigt. Enligt Otterlind (p.m.) är sillfisket på Smålandskusten bättre vid sydlig vind än vid nordlig. Här kan man kanske tänka sig något samband med föda, d.v.s. upptransport av närsalter = mera primärproduktion. Blankålen däremot är ointresserad av föda och vill bara komma ut ur Östersjön.



Komplikationen med uppvällning vid sommarskiktning liknar i viss mån förhållandena vid en tidvattenkust (t.ex. Storbritanniens, se 9.7.). Längs kusten är vattnet homogeniserat av i vårt fall vindblandning. Längre ut har vattnet fortfarande två skikt, över och under termoklinen respektive. Det finns en front mellan kustzon och utsjö och hydrodynamiken fordrar, att det flyter en ström längs fronten med i allmänhet det lättare vattnet till höger om strömmen. I kap. 4.2.1 diskuteras huruvida fronten utanför Skottlands nordsjökust utgör ett s.k. retentionsstaket för den höstlekande Buchansillen.

Fronter uppstår också utanför kustzonen på grund av olika uppvärmning och avkyllning av den grunda kustzonen och den djupare utsjön. Ett specialfall råder, när man är på ömse sidor om temperaturen för maximala densiteten med s.k. termisk barriär, se vidare kap. 4.2.1 och 5.1.



Man kan i viss mån generalisera resultaten av Ekmans vinddrivna kustparallella ström. Man kan se uppvällningen som ett resultat av rörelser vinkelrätt på den huvudsakliga strömriktningen längs kusten. Vinden driver ut ytvattnet från kusten, men det kompenseras av bottennära vatten, som rör sig i motsatt riktning. Den senare strömmens beteende måste passa ihop med bottenfriktionen. Generaliseringen gäller en ström, som Stora strömmen i Skagerrak, vilken flyter fram utan att vara driven av den lokala vinden. Vinkelrätt mot dess rörelseriktning transporteras fortfarande bottennära vatten in mot Skagerraks mitt, men för att det hela skall gå ihop finns det i ytskiktet en i motsatt riktning gående transport



som om det blåste en längs Stora strömmen riktad vind. I ett mellanskikt bör den tvärgående transporten vara noll. Det är väl så man får tolka den flera månader långa driften av satellitföljda bojar från vattnen W om Skottland till Norska havet, vilka strikt följde strömmen, och inte som man hade trott så småningom hamnade utanför.

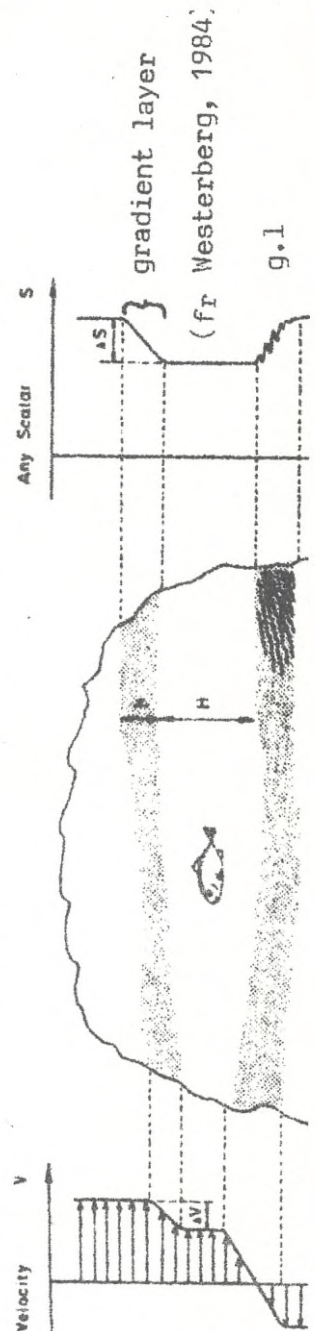
Stora strömmen i Skagerrak följer i stort sett djuplinjerna, och detta är en generell regel, om djupet ändrar sig måttligt. Om ändringen däremot är abrupt, inträffar diverse andra fenomen. När i Skagerrak vattnet kommer fram till Djupa rännans nordliga del, ökar djupet abrupt för en del av strömmen. Strömhastigheten minskar, när strömmen breder ut sig över större djup, och en del material sedimenterar. Det sker också en viss riktningsändring. - När stora korttidsförändringar av vattenstånd går fram över våra hav blir det tryckskillnader ända nere vid botten i t.ex. Skagerrak eller den stora Gotlandsbassängen. Att djupvattnet ändå inte skvalpar över trösklarna, måste bero på att det snabbt skapas förutsättningar för djuplinjeparallella strömmar. Sådana strömmar skulle alltså gå fram över räkorna i Skagerraks djupaste delar.

### 5.7. Finstruktur

Håkan Westerberg (1984) har framställt hypotesen, att fisk kan orientera med hjälp av finstruktur i temperatur mm i havet. Det är därför särskild anledning, att här något litet beröra begreppen fin- och mikro-struktur, vilka anses vara väsentliga i samband med turbulens och blandning.

Mättekniken har ju gått framåt de senaste decennierna, och på 1960-talet fann man av noggranna temperatur-mätningar, att det finns en finstruktur, som man inte sett på batytermogram. Ett sommarsprångskikt består i verkligheten oftast av ett antal steg, som vart och ett är uppbyggt av dels en nästan homogen del, samt också en skarp övergång (gradient) till nästa steg. Den homogena delen karakteriseras av turbulens och snabb omblandning, medan gradientdelen är säte för långsammare molekyllära processer. I gradientdelen finns det i sin tur en mikrostruktur av t.ex. saltfingrar (se nedan), som man behöver frifallande instrument för att upptäcka. Skiktningen hör oftast ihop med vattenrörelser, och horisontal hastighetens förändring i djupled, shearn (direktöversättning från engelskans shear), är intimt förknippad med skiktens tjocklek.

Den vertikala strukturen har en horisontell motsvarighet. Westerberg (lc) menar, att fisk ofta tycks gå med eller mot strömmen, men för att klara detta behöver den indikationer om strömriktningen, eftersom den inte kan referera till botten och inte tycks referera till himlakroppar. Eftersom finstrukturen har en utsträckning i strömriktningen, kan den medverka helt eller delvis vid orienteringen. Finstrukturen har dock ofta begränsad horisontell utsträckning även i strömriktningen samt rör sig upp och ned i de interna vågorna. Det är därför inte förvånande, om fisken enligt Westerbergs (lc) experiment





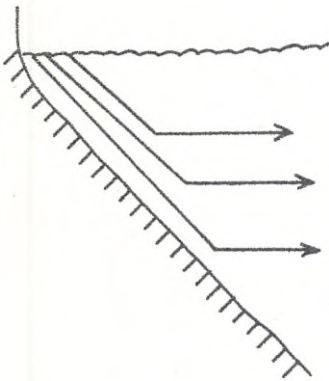
gör vertikala rörelser för att hitta rätt i strukturerna. Intressantast är kanske, när fisken söker sig motströms till en lekplats. Om det är så att vägen är densamma, som fisken kommit som ung i motsatt riktning, kan man tänka sig att den präglats på utvägen. När den skall tillbaka blir det då ett motströmssimmande i ett vatten, som fisken känner till. Enligt Westerbergs (1c) resonemang måste fisken "veta" att den simmar motströms. Men den kan inte direkt känna strömmen eller dess variationer, men däremot den av strömvariationerna framkallade finstrukturen i temperatur mm. Det är först i närområdet av lekplatsen (havsmynningen av laxens hemälv t.ex.) som lukt kommer med i sammanhanget.

Westerberg (1c) går igenom de processer, som kan ge upphov till finstruktur och delar in dem i fyra kategorier. Den första är intrusionstypen. Ovan har omtalats, hur höstavkylning fungerar i stort (kap. 5.1). Om avkylningen är ojämn i rummet, t.ex. större vid kusten än på utsjön, sjunker visserligen det avkylda vattnet, men så småningom blir rörelsen mer och mer horisontell och ger upphov till en långsträckt finstruktur. Det sjunkande vattnet söker sig till sin densitetsnivå, men i saltvatten kan en och samma densitet kombineras av temperatur och salthalt på många olika sätt, och i det allmänna fallet skiljer sig temperatur och salthalt därför från sin omgivning. Därigenom har intrusionen fått en egen etikett. - Viktiga intrusioner härrör från fronter (se ovan) och fisk kan tänkas följa intrusionen bakåt till fronten, där födan ofta är riklig.

Kategori nr två härrör från rörelser intill botten. Ett vatten, som är skiktat, kommer om det strömmar över bottenhinder, att blandas vertikalt med uppkomst av finstruktur. Något för sill att finna sin lekplats?

Den tredje kategorin finstruktur härrör från blandning i havets inre, långt från yta och botten. Denna kategori delas i sin tur in i två undertyper. I den ena uppstår strukturen på grund av s.k. Kelvin-Helmholtsk (KH-) instabilitet, när strömmens hastighet ändrar sig kraftigt i vertikalled. Sådant kan man tänka sig inträffa i gränsskiktet mellan ett uttrinnande älvvatten och en därunder inrinnande kompensationsström. Man skulle kunna tänka sig, att när en lax kommer i närheten av sin hemälv, det inte bara luktar hemälv, utan dessutom långsträckta formationer av lukt, vilka pekar in i älven. Även i Kattegatt bör KH-instabilitet vara vanlig. - Den andra undertypen är kopplad till interna vågor. Om sådana vågor träffar en havsström med för vägen lämplig hastighet, kan vågen bryta och därvid lämna efter sig blandningsprodukter. - För båda undertyperna gäller att det blir långsträckta element i strömriktningen. Man skulle kunna tänka sig att det är sådan struktur, som leder laxen tillbaka från Grönland till Hallandsälvarna och kanske till och med ålen till Sargassohavet.

Den fjärde kategorin handlar om s.k. dubbeldiffusion, som har att göra med att den molekylära diffusionskoefficienten för salt är 100 ggr mindre än den för värme. Saltfingrar är ett specialfall, som anses spela en viktig roll vid bildningen av finstruktur, både självständigt och i





kombination med de andra kategori-processerna. I sig själva tillhör saltfingrarna mikroskalan 1-10 cm.

Länge har man ansett de molekylära processerna för försumbara i jämförelse med de turbulenta, men finstrukturens uppbyggnad med bl.a. dubbeldiffusion, visar att molekylära och turbulenta processer verkar tillsammans. Molekylära processer är mycket långsammare än turbulenta. På det sättet kan finstruktur, som uppstått genom turbulens, kvarleva på grund av molekylär-processer. Detta gör att det alltid finns gott om finstruktur att orientera efter. Dock anser Westerberg (10) att det är lättare att hitta den rätta riktningen (i stället för kontrariktningen), just i det turbulenta instabilitetsskedet, medan de långlivade produkterna mera kanske används att hålla den inslagna kursen.

#### 6. Föroreningar och andra mänskliga ingrepp i vattenmiljön.

Landner har i en Sida-utredning modifierat GESAMPs definition på vattenförorening: "Människans direkta eller indirekta utsläpp av substanser eller energi till vattenresulterande i sådana olägenheter som skador på de levande resurserna, risker för människans hälsa, hindrande av olika aktiviteter såsom fiske, sjöfart, rekreation etc eller minskande av vattnets användbarhet som råvatten, kylvatten, dricksvatten etc." Många av dessa olägenheter t.ex. minskande fiskbestånd, liknar dem, som naturen själv "ställer till med" på grund av klimatvariationer mm. Detta komplicerar en miljöövervakning, som avser testa effekter av föroreningsutsläpp. Man tvingas därför oftast att göra sitt kontrollprogram mera omfattande än man först hade tänkt sig.

Det finns ett par internationella konventioner vars syften är att föroreningsutsläpp skall begränsas så att den marina miljön och speciellt konsumtionsfisken i havet skyddas. Helsingforskonventionen, som täcker Östersjön+Katte-gatt är allomfattande, medan i väster Pariskonventionen är till för problem med föroreningar från land och Oslo-kommissionen för dumpningsfrågor. Oslo-Paris-konventionerna täcker Nordostatlanten, medan Londonkonventionen, som bl.a. tar upp radiakdumpning i oceanen, är världsomspännande. ICES fungerar som vetenskaplig rådgivare åt både Helsingfors- och Oslo-Paris-konventionernas kommissioner. Båda dessa kommissioner organiserar regelbunden miljöövervakning, de senare under den gemensamma Joint Monitoring Group (JMG). Både i öster och väster prioriterar man bestämning av toxiska ämnen i fisk. De skiljer sig från varandra bl.a. genom att Helsingforskommissionen har ett program med traditionell oceanografi som en kontroll av föroreningarnas effekt medan Oslo-Paris-kommissionerna har ett program för övervakning av en del toxiska ämnen i vattenfasen.

De föroreningar som skall tas upp till behandling är 6.1. Miljögifter, antingen förhöjda koncentrationer av ämnen som i lägre dos är naturligt förekommande, t.ex. tungmetaller, eller tekniska produkter som klorerade kolväten (6.1.1.).



Radioaktiva ämnen och olja är lämpliga att ta som särskilda grupper 6.1.2. resp. 6.1.3.

Miljöpåverkan av annan typ är 6.2. kylvatten, 6.3. pH-ändring, 6.4. muddring mm. Sjöregleringar tas upp i kap. 9.1.2. och närsaltsförorening i 5.2.

## 6.1. Miljögifter.

### 6.1.1. Tungmetaller mm och klorerade kolväten.

Det började kanske med Minamata-katastrofen i Japan. 1956 blev folk sjuka i en mystisk nervsjukdom. Först 1959 förstod man att kvicksilver var boven. En industri hade strax före andra världskriget börjat tillverka vinylklorid och formaldehyd och använde därvid kvicksilver som katalysator, vilken efter användningen släpptes ut i Minamata-bukten. Via fisk och skaldjur ökade befolkningens kvicksilver-innehåll och ett 100-tal människor dog eller blev svårt invaliderade. - Även i Sverige fick vi kvicksilverproblem på halsen redan på 50-talet, först med döda fåglar, som ätit Hg-betat utsäde, sedan kvicksilvergäddorna. Landell (1968) skriver att det var Otterlind som 1963-64 undrade om man inte också borde titta på fisken, när man såg vad som hänt vid Minamatabukten. Man började med gädda, menade att eftersom denna är en rovfisk, borde den visa anrikning av Hg. Halterna var verkligen höga, trots att man fångat gäddorna i sjöar utan industriutsläpp. När man sedan undersökte gäddor uppströms och nedströms skogsindustrier, som man visste använde Hg-slembekämpningsmedel, så fann man också avsevärt högre koncentrationer nedströms än uppströms. År 1966 blev det förbud att använda Hg i skogsindustrin, och år 1967 började man svartlista vatten, där fisk hade mer än 1 mg/kg våtvikt Hg i sig.

Kanske var det Rachel Carssons Tyst vår (1962, sv. upplaga 1963) som initierade undersökningar av DDT i fisk. När Sören Jensen och hans medarbetare satte igång med det i slutet av 60-talet, hittade de också PCB. De var därmed de första som fann detta gift i miljön.

Hg-föroreningar har stark berägenhet att kopplas till det svavel, som förekommer i organismernas proteiner. Därigenom leder Hg-förorening av ett vattendrag till upplagring, bioackumulation, i de vattenlevande organismerna. Tungmetaller, som är både giftiga och bioackumulerande (Hg, Cd, Pb, As mfl) utgör svåra miljöhot. Klorerade kolväten (DDT, PCB, toxafen mfl) är fettlösliga. Eftersom fetthalten i vattenväxter- och djur är långt högre än vattnets egen fetthalt, får organismerna betydligt högre halter av dessa klorkolväten, än det omgivande vattnet. Om ett ämne är bioackumulerande och samtidigt svårnedbrytbart finns det förutsättningar för att det anrikas i näringskedjorna. Anrikning kallas också för biomagnifikation. Men allt intag sker inte via näringsintaget. Fiskar och lägre vattendjur får också i sig DDT, PCB och liknande fettlösliga gifter samt



vissa metaller direkt från vattnet via gälarna. I det fallet spelar positionen i näringskedjan inte någon avgörande roll.

Om man tar ett vattenprov för att analysera kadmium, spelar det ingen roll, om man filtrerat provet eller ej. Man kan då också misstänka, att årstidsvariationerna är små. För Hg däremot finns en markant skillnad, som visar att det mesta av Hg sitter i partiklarna. Man kan då misstänka att liksom för totalfosfor, man får en variation med årstiden eventuellt beroende på djurplanktons när- och frånvaro. (se kap. 5.2.)

Årstidsvariationer är viktiga att beakta, om man inte kan ta prover mer än ett par ggr pr år. Olsson (1977) visar hur PCB-halten säsongsvarierade i mört i sjön Roxen 1973-76. Det kommer en markant topp under våren, vilken anses bero på att det under vårfloden virvlas upp stora mängder slam i vattendragen, där det finns miljögifter lagrade. Man bör inte ta prov då och inte heller i samband med leken.

I de näringsrika sjöarna är den samlade mängden växter och djur så stor att gifthalterna blir låga i jämförelse med samma giftutsläpps effekt på en näringsfattig sjö. De sjöar, som kommer ifråga för miljögiftsövervakning är därför de näringsfattiga. I den löpande miljögiftsövervakningen använder man sig ofta av röding i fjälltrakterna och abborre eller mört i övriga delar av landet. I Anon. (1982) visas, att förbuden mot DDT och PCB-användning i Sverige 1970 resp 1972 har gett minskade halter av dessa ämnen i insjöfisk. Samma gäller för Hg t.ex. mört i Mörrumsån. Fenyl-Hg släpptes ut till 1965, därefter ej mer. Halten i mört gick sedan ner från 1968 1,3 mg/kg våtvikt till 1973 0,3 mg/kg, vilket senare värde ligger nära bakgrunds-nivån. Att nedgången tar så lång tid beror på sedimentens dämpande inverkan. Bakgrunds-nivån är i sin tur beroende av storskaliga transporter med vindar och nederbörd. Senare undersökningar har visat, att kvicksilverhalterna i insjöfisk är höga i stora regioner av landet, även där inga punktutsläpp sker. Huruvida det är gamla synder via sedimenten och omgivande mark eller långväga luft är ej klart (Ohlin 1980).

I våra omgivande hav mäter man regelbundet miljögifter i sill, skrubba, sandskädda, blåmussla och torsk samt ägg av sillgrissla, vilken lever på sillfiskar. De första mätningarna på DDT och PCB, (Jensen et al 1972), visade på skillnader mellan Östersjön och Skagerrak-Kattegatt, vilka kunde tolkas som resultat av Östersjöns långa omsättningstid. Senare resultat (Olsson 1978) är inte så entydiga. Halterna är ju beroende av många faktorer förutom omsättningstiden, även den lokala tillförseln, sedimentationen, mm. DDT och PCB i sill är lägst i Skagerrak-Kattegatt, högst i egentliga Östersjön. Bottniska viken har värden däremellan. Men gulål från kustvatten visar högre halter i Skagerrak-Kattegatt. Här får man anta att faktorn lokala tillförseln dominerar (Olsson 1978). Olsson menar också att det föreligger en skillnad mellan ytvatten och äldre djupvatten i Östersjön. Ytvattnet är mer likformigt förorenat från norr till söder och halterna av DDT är ungefär lika höga. Däremot syns DDT vara högre än PCB i djupvattnet.



Tungmetallhalterna i sill ökar i allmänhet med avtagande salthalt i vattnet. Ovanligt höga Hg-halter (mer än 0,2 mg/kg våtvikt) har uppmätts i södra Bottenhavet, medan värdena i övriga hav är låg (mindre än 0,05 mg/kg våtvikt). - Blyhalten var markant högre i levern från de torskar, som i oktober 1981 fångades i Kattegatt än i motsvarande material från Östersjön söder om Gotland.

Det är Statens livsmedelsverk (SLV), som ansvarar för svartlistningen av dem av våra vattenområden, från vilka fisk inte får saluföras på grund av för höga halter av kvicksilver, DDT, PCB eller andra gifter. SLV:s författningssamling meddelar regelbundet om ändringar i dessa bestämmelser. Idag är c:a 250 av Sveriges c:a 80 000 insjöar svartlistade på grund av hög kvicksilverhalt, men Kjell Johansson på SNV menar i Dagens Nyheter 1984 11 30, att kanske ända upp till 10 000 sjöar borde kunna drabbas av bannstrålen, men det finns inte penningmedel att undersöka dem; de är ju ofta små och mindre viktiga ur konsumtionssynpunkt.

#### 6.1.2. Radioaktivitet.

Grimås och Holm (1983) presenterar resultat av mätningar på långlivade radionukleider i svensk marin miljö. Det gäller mest blåstång, blåmussla och torsk samt sediment, men en tabell visar Cs137 och (stabila) K<sup>40</sup> i muskler av 17 fiskarter från Öregundsgrepen i Bottenhavet. Lake och abborre ligger 5 ggr högre än torsk, tånglake, som kommer lägst. Medan blåstång och blåmussla undersökts på 6 lokaler runt Sverige, gäller detta endast på 3 av platserna beträffande torsk, nämligen vid Gotland, utanför Barsebäcks kärnkraftverk samt utanför Smögen. Barsebäcksdata är en del av det kontrollprogram, som finns för alla kärnkraftverken (Forsmark, Simpevarp Barsebäck och Ringhals).

Den radioaktivitet, som uppmäts i svensk marin miljö, utöver den naturliga, kan anses sammansatt av 3 komponenter: a) från kärnkraftverk, b) från atmosfäriskt nedfall i synnerhet från bombtesten före 1963 samt c) från vattenutsläpp från utsläppsanläggningar främst Windscale (Sellafield) vid norra Irländska sjön.

Halten av Cs 137 i vatten är i Östersjön c:a 20 mBq/l (1978-80) och består mest av komponent b (Östersjöns långa omsättningstid). Halten i Skagerrak är så hög som 70 mBq/l och består mest av komponent c. Samma gäller för Kattegatt (60) och kanske även Öresund (32).

Halten Cs 137 i torsk (våtvikt) är två storleksordningar större än i vatten, 183 ggr vid Gotland och 135 ggr vid Smögen. Man väntar sig egentligen en ännu större skillnad mellan Gotland och Smögen nämligen sådan den är för stabila K<sup>40</sup>, dvs 3 ggr högre vid Gotland, där salthalten är 3 ggr lägre än vid Smögen. Grimås et al (1c) anför som en möjlig förklaring att det av någon anledning finns högre halter av Cs 137 i fiskfödan i Skagerrak-Kattegatt (på grund av den stora drift av plankton mm som kommer från Nordsjön) än i Östersjön. En annan, mindre trolig, förklaring skulle kunna



vara att torsk fångad vid Smögen uppehållit sig en längre tid i det mera kontaminerade egentliga Nordsjön.

Relationen till salthalt var tydligare för en 10 år sedan, när atmosfäriska nedfallet dominerade. Man kunde då följa relationen från insjövattnen till havet. Något av detta har dröjt sig kvar i Östersjöns sediment. Östersjöns långa uppehållstid visar sig tydligast i halter och anrikning av plutonium och americium, där den helt dominerande källan är det atmosfäriska nedfallet. Men igen har torsk fångad vid Smögen högre halter än väntat.

Grimås (1983) ger en rapport över radionuklider vid Barsebäck 1975-82. De totala utsläppen var högst 1978 och 1982, då c:a 150 GBq/år. Utsläppen är i allmänhet större om hösten än övriga årstider. Co 60, Zn 65 och Cs 137 förekommer som de mest frekventa nukliderna. De upptas antingen direkt från vattnet eller via näringskedjorna. Samtliga aktiveringsprodukter utom Cs har högsta halter i blåstång och minst i fisk. Grimås (1c) är undrande över att högre halter (i blåstång) observeras söder om kraftverket än norröver trots att restströmmen rinner norröver. Förklaringen är väl att lokalen söderöver (inne i Salviken) har ett sämre vattenutbyte än lokalen norröver (Sjöbo). - Beträffande sediment anser man sig ha funnit endast 6 % av totala utsläppet av Co 60 i Lundåkrabukten: "Influensområdet är betydligt större än det undersökta området".

En del länder (ej Sverige) dumpar lågaktivt radioaktivt material i E Atlanten (N 46°00', W 16°45') på något mer än 4000 m:s djup (Gurbutt et al 1983).

### 6.1.3. Olja.

Vid ett Östersjömöte i Karlskrona höll Olle Lindén (1982) ett föredrag om miljöeffekter av oljeutsläpp. Han erinrar om att 90 % av den olja, som förorenar havet, kommer via avloppsvatten, ytavrinning, sköljning av fartygstankar mm. Medan dessa mängder uppskattas till 15 miljoner ton/år i hela världen rör det sig om 50 000 - 100 000 t/år i svenska farvatten. Men det är tankfartygsolyckorna, som trots att de bidrar med endast c:a 10 % av alla oljeutsläpp, tilldrar sig det största intresset, eftersom den lokala skadan då i allmänhet blir mycket större än vad som är fallet med de diffusa utsläppen. Vid en sådan avgår under de första dagarna lättflyktiga och ofta giftiga kolväten. Kraftig vind ökar avdunstningen men ger också upphov till emulgering. En del sjunker till botten eller någon mellannivå på grund av att i vattnet suspenderat partikulärt material adderas. Vid temperaturer omkring och under 5 °C har den mikrobiella nedbrytningen inte mycken betydelse för oljans försvinnande. Vid Sefir-olyckan 1977 i Östersjön hade djurplankton tagit upp avsevärda mängder (emulgerad) olja. Man iakttar ofta en ökning av växtplankton i måttligt förorenade vatten. Detta kan bero på ökad tillgång på kväve, men en annan förklaring kan vara minskad betning, eftersom zooplankton brukar minska.



Större undersökningar gjordes efter tankern Tsesis oljeläckage i oktober 1977 av 6400 ton eldningsolja på infarten till Södertälje i Stockholms S skärgård (Lindén et al 1979). Effekterna var av kortvarig natur (några veckor) i pelagialen (fria vattnet). Effekterna i strandzonen (littoralen) var av mera långvarig natur (ett år eller mer) och drabbade mest faunan och avsevärt mindre de fastsittande algerna. Effekterna på botten väntas kvarstå ännu längre än i strandzonen. - När det gäller fisk fann man inte någon förorening i sillkött, men flundror (*Platichthys flesus*), som fångades ett år efter olyckan, hade hög koncentration av olja. Man kan tänka sig, att oljan kommit dit via östersjömusslan (*Macoma*), som flundran äter. Denna mussla konstaterades vara förorenad av olja. Man fann en sämre lek hos den vårlekande sillen i närområdet jämfört med ett längre bort beläget referensområde, men detta är inte ett 100%igt bevis på inverkan från Tsesisoljan.

I april 1977 skedde Bravoolyckan i Ekofiskområdet i Nordsjön. Från ett borrhorn kom det ut totalt 22 000 ton olja. Cirka 75 % av oljan torde ha avdunstat inom 4 dygn efter utsläppet. Inga skador konstaterades på fisket, kanske för att primärproduktionen inte kommit igång på allvar (Anon 1977). Man fruktade ett tag att oljan skulle komma in i Skagerrak, men vindförhållandena var ur den synpunkten gynnsamma. Ahnhoff et al (1977) konstaterade från mätningar från Fiskeristyrelsens Argos att endast på den närmaste mätpositionen, 60 nm från utsläppet, fanns det förhöjda halter av olja i vattnen, men då ända ned till minst 30 m. - Anon (1981b) är en ICES-skrift, som tar upp forskningsaktiviteter i relation till oljeutsläpp.

## 6.2. Kylvatten.

Endast omkring en tredjedel av oljas förbränningsenergi eller kärnreaktors klyvningsenergi omsätts i användbar elektrisk energi, resten måste kylas bort. Kylning med vatten i anslutning till ett öppet sjö- eller havssystem är den mest använda metoden. I Sverige har de stora olje- och kärnkraftverken lokaliserats till kusterna av våra hav.

Det är stora kylvattenmängder det rör sig om. Ehlin skrev 1974: Medan de oljeeldade kraftverken i Västerås och Stenungsund på 200 MW resp 870 MW fordrar 14.5 resp 30 m<sup>3</sup>/s kylvatten, kommer Forsmark med 4000 MW att kräva 200 m<sup>3</sup>/s.

Sänkning av kylvattentemperaturen sker genom blandning med kallare recipientvatten samt värmeavgivning till atmosfären. Blandningen orsakas bl.a. av den naturliga turbulensen i recipientvattnet mest på grund av vindens inverkan. I Sverige har praxis utvecklats att största möjliga utspädning eftersträvas. Bl.a. har risken för skador på den marina miljön ansetts vara mindre, om större vattenmiljöer får en liten temperatur-förhöjning än om en mindre volym får en stor förhöjning. Alla större kraftverk i Sverige har ytutsläpp i en samlad stråle.



Det utsläppta kylvattnet har vintertid en temperatur på ca:  $10^{\circ}\text{C}$ . I Östersjön med sin låga salthalt blir kylvattenplymen kyld med recipientvattnet på  $1-2^{\circ}\text{C}$  och blir snart tyngre än recipientvattnet (maximala täthetstemperaturen ca:  $3^{\circ}\text{C}$ ). Genom sjunkningen kommer kylvattnet ned på nivåer, där recipientens naturliga blandningsintensitet är lägre än i ytvattnet och temperatursänkningen sker därför betydligt långsammare än då plymen flyter, vilket betyder större påverkansområden.

Grimås (1974) diskuterar bl.a. kombinationseffekter gifter-värme. En temperaturförhöjning stimulerar inbyggnaden av t.ex. biocider och tunga metaller i fisk. Dessa produkter har betydligt längre uppehållstider än värmets självt och ökar därigenom värmets verkningsområde. Det finns också anledning misstänka att en temperaturförhöjning får konsekvenser i näringsrika vatten. Grimås (lc) jämför med naturliga förhållanden i Stockholms skärgård, där varma somrar ger ett överskott av organiskt material. Eventuellt beror detta på att det blir överskott på värmeteroleranta blågröna alger, vilka utnyttjas i mindre utsträckning i näringskedjan och i vissa fall är giftiga.

Grimås (lc) påtalar svårigheten att förutspå förändringar i ett biologiskt samhälle vid en temperaturökning. Han tar som exempel samspelet mellan de två viktiga fisknäringssystemerna i Östersjöns botten, kräftdjuret *Pontoporeia* och musslan *Macoma*. *Pontoporeia* är en kallvattenart och ökar i täthet mot djupare botten (om det finns syrgas). *Macoma* kan besätta alla djup, men minskar med djupet, mycket på grund av att *Pontoporeia* är en predator på nysättlade *Macoma*. Teoretiskt kan denna balans rubbas genom ett värmepåslag med negativa effekter för *Pontoporeia* och positiva för *Macoma* och därmed ett rikare bestånd av *Macoma*, som i sin tur utgör viktig föda för t.ex. mört.

Neuman (1983) har jämfört förhållandena vid fyra olika utsläppspunkter, nämligen Västerås (Mälaren) med sötvatten, Oskarshamn (Eg. Östersjön) med salthalten ca: 7, Barsebäck (Öresund) 8-30 salthaltsenheter samt Ringhals (Kattegatt) 20-30 i salthalt. De vanligaste fiskarterna klassificeras som varm- eller kallvattenfiskar på basis av fångst/temperaturrelationer. Till den varma kategorin räknas björkna, skärsnultra och ål samt med vissa reservationer abborre och mört. Till de kalla räknas tånglake, torsk, rötsimpa samt sill.

Kallvattensarterna undviker i allmänhet kylvattnet, medan motsatsen gäller för varmvattensarterna. I Mälaren dominerar (normalt) varmvattensarter, och därför ser man föga skillnad i artsammansättningen mellan utsläppets närområde och ett avlägset referensområde. Ju högre salthalt man har, desto mer dominerar kallvattensarterna, och ju större skillnad får man mellan när- och referensområden.

Neuman (1979) är en sammanfattning av de fiskeribiologiska undersökningar, som genomförts vid Oskarshamns kärnkraftverk under 1962-1978. Fisk omkommer under kylvattnets väg genom verket. I silstationen vid intaget



uppskattas förlusten till 13 ton/år varav hälften är skarpsill-yngel. I den 0.1 km<sup>2</sup> stora utsläppsviken (som endast har en trång förbindelse med utsjön på 3 m x 30 m) förorsakar 50 m<sup>3</sup>/s kylvatten en ganska hög temperaturförhöjning (c:a 10 °C), som gynnar tillväxt och överlevnad hos årsyngel av de viktigaste arterna, aborre och mört. En förändring i födotillgången har skett, som har gynnat björkna, sarv och gädda men missgynnat abborre, gers, id och rötsimpa. - Strömmen av minst 50 m<sup>3</sup>/s genom sundet (kall kompenström rinner in längs botten) har minskat invandringen av flera arter. I havet utanför sundet sker en anlockning av sill under vinter och tidig vår och sillen leker tidigare i uppvärmt vatten. Under de kalla vårarna 1979 och 1982 invaderades utsläppsviken av stora mängder lekande sill; 1979 stannade sillarver kvar i det varma vattnet c:a 2 månader (Neuman 1983). - Westerberg (1979) gjorde en studie över glasålars förhållande till kylvattenutsläppet vid Barsebäcks kärnkraftverk. Glasålarna samlades i varmvattentplymen utom allra närmast utsläppstuben, där vattenhastigheten var för stor.

### 6.3. pH-ändring.

Våra omgivande hav har i allmänhet ett pH, som är över 8. Men i djupområden med låg eller ingen syrgashalt är pH lägre, mellan 7 och 8. Allt havsvatten är rikt på karbonat- och bikarbonatjoner, vilket också kan uttryckas som att alkaliniteten är hög. Vattnet är därmed buffrat och alla pH-förändringar blir små. Alkaliniteten A är i havsvatten ungefär lika med 0.07 x S, där A mäts i millimol/l och S är salthalten. Formeln är modifierad i Östersjön så att alkaliniteten är 0.7 i Bottenviken, 1.5 i egentliga Östersjön, samt 2.0 där S = 20 (Kattegatt) och 2.2 där S = 30 enheter (Skagerrak).

För insjöar gäller emellertid att det bara är i områden där berggrunden är kalksten eller där jordarna är kalkrika, som buffringen är tillfredsställande och pH ligger mellan 7 och 8. De flesta av Sveriges sjöar och vattendrag är emellertid belägna i kalkfattiga områden, så att normal pH ligger mellan 6 och 7. Sådana sjöar är fattigare på näring än sjöarna med högre pH. S.k. humösa sjöar har i naturtillståndet pH = 5-6. - Surheten i opåverkat sjövatten är störst om vintern, på sommaren höjs pH av kolsyreassimilationen.

Sedan några årtionden utsätts våra vatten för en kraftigt ökad syratillförsel som härrör från en ökad användning av fossila bränslen (olja och kol). I genomsnitt är endast en fjärdedel av det svavel, som faller ned över Sverige av eget ursprung. Resten kommer från de stora industriområdena och tätorterna på kontinenten och i Storbritannien.

I Anon (1981) talas om försurningens tre faser. Medan fas nr 1 är ett ofarligt förstadium, börjar fas 2 när alkaliniteten sjunkit under 0.1 mmol/l. Värdet på pH sjunker nu stadigt och särskilt illa blir det efter stor nederbörd. I större sjöar stannar det sura smältvattnet vintertid i ett skikt under isen, inte minst utmed stränderna. Genom att dra



sig ned mot större djup kan fisken ofta undgå att skadas. Under fas nr 3 stabiliseras pH vid 4.5 beroende på att humusämnen och aluminium börjar fungera som buffertar.

I många sjöar där pH >6 ligger antalet växtplanktonarter på 30-80. I de suraste sjöarna är antalet däremot 5-10. I sura vatten sker ofta en massutveckling av enstaka arter såsom den fastsittande grönalgen *Mougeotia*. Även vitmossor breder ut sig. En försurning medför ofta att dagsljuset kan tränga ner till större djup. Detta får till följd att vitmossorna kan finnas på botten som tidigare var för mörka. Vitmossorna kan dessutom utnyttja löst koldioxid i vattnet för sitt kolbehov, medan flertalet högre vattenväxter kräver bikarbonatjoner, vilka ju minskar i sura vatten.

I de suraste klarvattensjöarna domineras djurplankton-samhället ofta av en enda art, hoppkräfta eller hinnkräfta. I sura sjöar sker en förändring både i den vanliga bottenfaunan och i den mikrobiella: vissna löv och annat dött organiskt material blir liggande långa tider utan att förmultna. I kombination med minskat fosfortillskott från försurad mark medför detta att sjöarna blir näringsfattiga (oligotrofa).

En vanlig iakttagelse i ett tidigt försurningsskede är att flodkräftor blir mjukskaliga. Om försurningen ökar slås bestånden snabbt ut. Andra känsliga arter är mört och elritsa. Abborre och gädda är tåligare och kan reproducera sig vid pH 4.5 - 5.0. Äl tål mycket surt vatten, c:a pH 4.5, men verkar inte gå dit frivilligt. Det första påtagliga tecknet på försurning i en sjö är att mörtbeståndet består av stora och gamla individer. Rom- och yngelstadierna saknas.

Flera metaller, bl.a. aluminium löses ut ur omgivande mark när pH går ner. Denna metall kan vara giftig för fisk redan i så låga halter som 0.15 mg/l. Fiskdöd i sura vatten orsakas mycket ofta av för höga Al-halter. Giftverkan består i att vid pH 5-5.5,  $Al(OH)_3$  fälls ut på fiskarnas gälar. I humusrika sjöar kan emellertid fisk ofta klara sig även om pH <5; där är Al bundet till humus. Al tycks binda P, så att sura sjöar blir P-fattiga. Samtidigt binds fosfor i avrinningsområdet hårdare om tillförseln till sjön minskar. - Just aluminiumjonens giftighet vid pH 5-5.5 utgör ett stort problem, som borde studeras hydrografiskt. När surt vatten (pH 4-5), som ofta har höga aluminiumhalter, strömmar in i en sjö med bra pH, bildas fronter mellan vattenmassorna, där aluminium uppträder i sin giftiga form. Oförklarliga fiskdödar sker därvid i skenbart "ickeförsurade" vatten. Liknande exempel finns från Norge, där lax dött nedströms sammanflöden mellan en sur älv och en älv med bra pH (Degerman p.m.).

I naturliga vatten är många tungmetaller till stor del bundna till partiklar i vattnet. Om vattnet försuras kan Hg, Cd och Zn men också Pb och Mn frigöras. Man har kunnat spåra ett samband mellan låga pH i sjövatten och höga Hg-halter i gädda, men mekanismen är ej klarlagd.



Den pH-nedsättning som äger rum i samband med anoxiska bottenvattenförhållanden är ju i de flesta avseenden annorlunda än den "klassiska" försurningen. Men vissa förhållanden för tungmetaller är likartade.

#### 6.4. Muddring och muddertippning.

Blomqvist (1982) handlar om ekologiska bedömningsgrunder för rubricerade frågor. Den förorsakade grumlingen är kortvarig och har, om muddermassorna deponerats på en botten med goda ackumulationsförhållanden, försvunnit inom loppet av någon vecka. Man får ha i minne att grumling är ett i grunda områden naturligt förekommande fenomen.

Verksamhetens mest påtagliga effekt hänför sig till bottenarna och de organismer som utnyttjar denna miljö. Vid en bra utförd muddring och/eller muddertippning i svenska vatten tar rekolonisationen och etablerandet av ett mer moget bottendjursamhälle 2-10 år, ev. ännu längre, då bottenpogografien och därmed bottenströmmarna ändrats. Vid deponering i västkustvatten är det av stor vikt på vilket djup denna sker. Ovanför språngskiktet reglerar främst fysikaliska faktorer rekolonisationstiden, medan biologiska faktorer styr förloppen under språngskiktet (Degerman p.m).

De i Sverige mest aktuella fiskarterna med bottenplacerade ägg utgörs av sill, siklöja, sik, gös, gädda och abborre samt i företrädesvis rinnande vatten vissa laxfiskar. För flertalet plattfiskar är sandiga bottenar väsentliga i tidigare delar av deras liv och Rosenberg et al (1979b) visar, att våra grunda havsområden fungerar som barnkammare och skafferier även för t.ex. havsöring, ål, näbbgädda och unga torskar.

Med undantag av sill och laxfiskar har Blomqvist (1c) inte funnit uppgifter om utpräglat snäva krav på lekområden. För sill gäller att effekterna framför allt hänför sig till det mekaniska borttagandet eller begravandet av ägg eller ändrat substrat.

#### 7. Klimatväxlingar och dessas relation till biologiska långtidsförändringar.

Enligt Svensk Uppslagsbok är klimat "det genomsnittliga väderlekstillståndet och det vanligaste förloppet av de meteorologiska företeelserna under en längre eller kortare tidsrymd på olika punkter av jordytan, särskilt med hänsyn till dessa företeelsers inverkan på organiskt liv". Avvikelser från medeltillståndet kallas lämpligen klimatväxlingar. Att använda begreppen klimat och klimatväxlingar på vatten likaväl som på luft faller sig helt naturligt, däremot inte på biologiska förlopp.

Om man gör spektralanalys av en tidsserie får man bl.a. fram en del mer eller mindre markanta toppar. Praktiskt taget



alltid får man fram en 12-månaderstopp, som dock lämpligen kallas årsväxling. Den 5-årsperiod i salthaltsdata från Kattegatt, som omtalas nedan, är däremot en typisk klimatväxlingsperiod. Tidsserier har också vanligen en trend (som skall plockas bort innan man gör spektralanalys). Trenden beror på vilken tidsrymd man arbetar med, likaså händer det ofta att toppar som kommit fram i ett tidsavsnitt försvinner när man arbetar med ett annat tidsavsnitt, som i övrigt härrör från samma parameter och samma mätposition. Och ofta "ser" man ett par tre cykler av någon lång period, som spektralanalys inte upptäcker av statistiska skäl. Men man får inte ensidigt söka cykler utan mera allmänt se på långtidsändringarnas eventuella likhet från plats till plats, kanske med tydlig fasförskjutning.

Vid författandet av detta kapitel har jag använt mig av, förutom refererad litteratur, Cushings (1982) Climate and Fisheries och sammanställningen av Malmberg et al (1982).

### 7.1. Klimatväxlingar.

De flesta (alla?) klimatväxlingarna i hav och insjö beror av något slags påverkan från atmosfären. Men atmosfären påverkas i sin tur av underlaget, inte minst vattnet. Man får s.k. feedback-effekter där ett låg- eller högtryck kan bli liggande kvar under lång tid på grund av ett ömsesidigt värmeutbyte.

För att tolka klimatväxlingar måste man känna till områdets hydrografi. Östersjöns långa omsättningstid (30-35 år) kan påverka fasförskjutningen mellan orsak och verkan. Samtidigt kan klimatstudier öka kunnandet om ett områdes hydrografi.

Medan temperatur- och salthaltsvariationer vanligtvis är en följd av klimatväxlingar, kan variationer i förekomsten av syrgas, närsalter m.fl. kemiska parametrar även bero av andra orsaker, t.ex. mänsklig påverkan genom förorening. När man kommer in på fisk spelar fisk-fångandet (= fisket) en stor roll liksom konkurrensen om fiskföda mellan olika arter. Konkurrensen gäller biologin i stort, och närsalter mm kan påverkas på detta tredje sätt.

Matthäus (1977) m.fl. har visat att vattentemperaturen i Östersjön för perioden 1900-1975 har en uppåtgående trend. Smed (1981) har presenterat årsmedeltal för varje år av perioden 1876-1975 för nordatlantiska ytvattentemperaturer. I de flesta delar av området finns det en liknande trend och det är troligt att trenden i Östersjöns data har "importerats" utifrån. Alternativt är det ett varmare luftklimat som är primärorsaken. Cushing och Dickson(10) visar hur jordens yttemperatur stigit till ett max 1940 från 1880, medan kurvan faller 1940-1970. (Jmfr Kelly 1982).

Om man studerar Smeds (10) temperaturer närmare så finner man att ökningen inte är jämn utan att den väsentliga ökningen ägde rum mellan 1920 och 1945. I västra Atlanten nådde ökningen sitt maximum redan 1930 och man får



intrycket att förändringar äger rum först i väster för att sedan "exporteras" österöver. Om detta är sant skulle vi i öster ha en prognosmöjlighet genom att följa det som händer i väster.

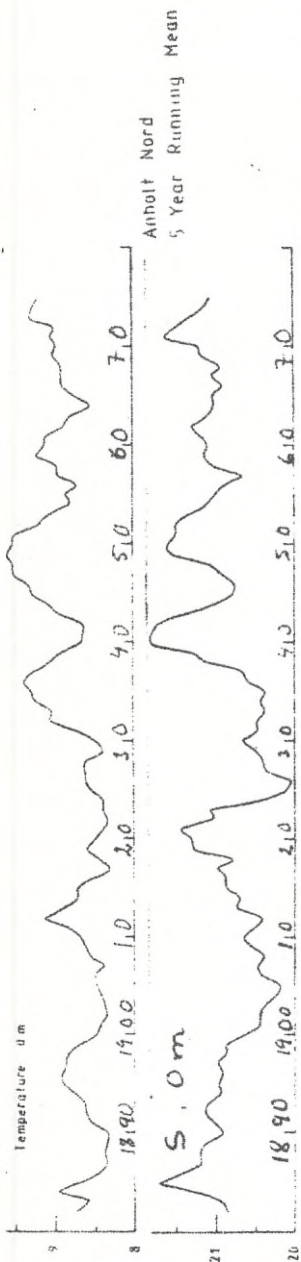
I slutet av 60-talet inträffade vid flera av Smeds statistikområden en lika stor minskning av temperaturen som den omtalade ökningen varit stor. Nergången syntes knappast i Nordsjön och Östersjön men i enlighet med ovan antydda fasförskjutningar skulle man kunna vänta sig en nedgång när som helst.

Klimatförsämringen var markant vid Island med temperaturminimum och största isutbredning 1968. På Island anser man att detta var början till slutet för den Atlanto-Skandiska sillen. I stället för att gå från lekplatserna vid den norska kusten till födoplasterna vid NE Island vandrade den norröver mot Jan Mayen och Spetsbergen, där den antingen utfiskades eller "kom vilse". Beverton och Lee (1965) är inne på liknande tankegångar (jfr 4.2.1. samt nedan).

Trots att man har svårt att se en allmän temperaturnedgång i Nordsjön och Östersjön på 70-talet, så har det skett en del biologiska förändringar, som man undrar om de inte har sitt ursprung i klimatförändringen. I Engelska kanalen skedde förändringar som var en spegelbild till skeenden på 30-talet, så låt oss börja där. Enligt Cooper m.fl. (se t.ex. Russell et al 1971) så har vi från 1930 sådana förändringar som minskning av vinterfosfor, sillen ersattes av sardinen, zooplankton minskade mm. Detta hände samtidigt med uppvärmningen som omtalats ovan. På 60-talet blev det igen mer zooplankton och sardinen gick tillbaka. (Detta är i viss mån en motsatt utveckling till den allmänna nedgången av mindre copepoder i både NE Atlanten och Nordsjön, se även 9.7). Vinterfosfor kom inte upp i 20-talsnivå förrän 1975. Sillen var borta ännu 1970 men finns nu 1984. Cooper (1957) presenterade en fantastisk teori att det är variationer i bildandet av atlantiskt djupvatten i Grönlandshavet, som fortplantar sig ända till Engelska kanalen. Senare har man sett att det verkar som om djupt Labradorvatten breder ut sig österut (Ellett, 1980).

Colebrook och Taylor (1979) har gjort en spektralanalys av nordsjötemperaturer och funnit en periodicitet på 9.4 månader samt en annan på 9 år. Den senare perioden är dock inte statistiskt säkerställd på grund av att tidsserien inte var längre (1948-74). En spektralanalys av den långa serien 1880-1980 från Anholt se bör kunna ge besked på den punkten. Maximov et al (1972) menar att perioderna 8.2 år och 14 år är viktiga för isläggningen i Barents hav. Om man ser på Anholts temperatur så får man ett intryck av en ungefär 15-årig period.

Smeds temperaturserier är 5-års glidande medelvärden. Om man jämför hans serier med dem för Nordsjön och Kattegatt finns det likheter. Det finns t.ex. ett maximum omkring 1960 i våra vatten, vilket verkar ligga successivt tidigare i tiden ju längre västerut i Atlanten man tittar. Vid Svenska Björns fyrskepp finns maximumet igenkännligt (Nilsson





och Svansson 1974), eventuellt något år senare än vid Anholt.

Enligt Colebrook och Taylor (1c) följer temperatur- och salthaltsändringar varandra ute på öppna oceanen. Men omkring Brittiska öarna går de båda parametrarna skilda vägar. Visserligen har vi en långsiktig salthaltsökning 1900-1970 i Östersjön i likhet med temperaturhöjningen, men när vi kommer in på kortare tidsförlopp så ser man skillnaderna. Det finns en 5-års-periodicitet i salthaltsdata på vår shelf vilken upptäcktes av Dickson (1971) och bekräftades av Becker et al (1978). Dickson menar att det är variabel intransport av oceanvatten som är den primära orsaken till salthaltsvariationerna, medan Schott (1966) övertygande visar på nederbördens direkta inverkan på salthaltsvariationerna i Tyska bukten. I mitten av Nordsjön, menar emellertid Schott att vindinflytandet är stort och där närmar sig kanske Dickson och Schott. Om man ser på salthaltstidsserierna från Anholt fyrskepp så tror man sig där se ett samband med nederbörden såsom den avspeglas i den finska älven Vuoksis avrinningsdata. Förutom en 5-årsperiod finns det i Anholts serie en ca 30-årsperiod, som också återfinnes i Vuoksis serie. Brückner (1890) fann en sådan period (35 år) i vattenståndsdata från Kaspiska havet, i tidpunkten för vindruvors mognad samt variationer i Alpglaciärer. Men långa perioder är svåra att fastslå eftersom tillgängliga tids-serier vanligtvis är för korta för det. Hela (1966) analyserade fluktuationer i "kontinentalitet" i Stockholms lufttrycksdata 1866-1965 och tyckte sig se en 40-årsperiod där. Han fann också en 19-årsperiod, som ju kan vara en tidvattensperiod. Ryssen Maximov har sysslat mycket med troliga perioder. Han menar att tre längre perioder bör vara viktiga: 1) en 7-årsperiod som har med jordaxelns s.k. nutation att göra, 2) solfläcksperioden 11 år samt 3) 19-årsperioden. När emellertid Maximov i en bok 1970 konstruerar en formel för att förutsäga isläggningen i Barents hav (jämför ovan), arbetar han med perioderna 3.3, 5.0, 8.1, 14.0 och 80 år, där de kortare härrör från periodogramanalys av data.

## 7.2. Biologiska långtidsförändringar.

Det är väl mest ett hydrografiskt problem att förklara klimatvariationerna. Biologin är mera intresserad av de hydrografiska tidsserierna som sådana och vill veta om de biologiska variationerna kan kopplas ihop med de hydrografiska.

Vi har redan sett i 7.1, att det varma 30-talet medförde stora förändringar i Engelska kanalen, men att 20-talsförhållanden återkom i slutet av 60-talet, varför man beskrivit hela förloppet som Russelloykeln. - ICES anordnade 1975 ett symposium över ändringarna i Nordsjöns fiskbestånd. Från ca 1960 ökade fångsterna från 1-1.5 miljoner ton/år till ca det dubbla och detta trots att sill och makrill nästan blev utfiskade under 1960-talet. I sin sammanfattning skriver Hempel (1978) om orsakerna: "More important are presumably natural environmental factors which determine recruitment, e.g. timely availability of suitable food in the early



life stages." Uppgången av totalfisket är samtidig med temperaturnedgången i W Atlanten och vid Island, medan de hydrografiska klimatfaktorerna i Nordsjön inte pekar på något bestämt håll. Men måste också betänka, att industrifisket från c:a 1970 sökte andra arter, som inte tidigare varit intressanta, såsom tobis, vitlinglyra, skarpsill m.fl. Vidare ökade det totala fisketrycket. Fångst pr fiskeansträngning hade varit bättre att jämföra (Hagström p.m.).

Bohusläns sillperioder är allaredan behandlade i kap. 4.2.1. Det framgår där bl.a., att det ser ut som om det funnits en alternering mellan perioder av fiske på å ena sidan i Skagerrak övervintrande nordsjösill, som lekt på hösten, och å andra sidan vid Norge vårlekande atlantiskandisk sill. Beverton och Lee (1965) menade, att en ökad isutbredning vid Island var samtidig med en tillbakagång av den atlantiskandiska norska sillen och, om alterneringsteorin håller, också samtidig med ökad silltillgång i Bohusläns skärgård. I kap. 9.6. kopplar jag på Otto Petterssons bankvattenide, och menar att kallt vinterklimat över NW-Europa skulle kunna vara gynnsamt för bankvattenbildning.

Lindquist (1964) har undersökt sambandet mellan variationer i skarpsillfångster i Bohuslän samt i vatten och/eller lufttemperaturer. De senare används i brist på vattentemperaturdata, antagandes att de båda temperaturerna är väl korrelerade. På norra Bohuskusten var fisket betydande 1859 (seriens början)-1891 samt igen på 1940 och 1950-talen. Speciellt 1892-1898 var fisket svagt i norra området, men betydande i södra delen, speciellt Göteborgs skärgård. Under dessa år (1892-1898) var lufttemperaturen i norr lägre än i söder vilket är onormalt. Lindquist anmärker att tiderna med gott skarpsillfiske i norr ganska ofta sammanfaller med perioder av gott sillfiske (1942-1954=liten sillfiskeperiod, se 4.2.1.) Det framgår inte hur kopplingen mellan temperatur och fångster skulle se ut i detalj. Om vintern letar skarpsillen upp varmvattenbubblor vilka dock vanligen inte ligger nära vattenytan. Man får väl anta att variationerna i den parameter som Lindquist (lc) arbetar med, d.v.s. temperaturskillnaden mellan norra och södra Bohuslän uttrycker en variation i Skagerraks hydrografi, vilken variation vi dock inte har ett klart begrepp om. I Svansson (1965) antyder jag variation i NE-Atlantiska strömmen. I samma arbete visar jag också att t och S för Bornö 33 m ser ut att uppföra sig annorlunda under lilla sillfiskeperioden än under åren före och efter.

Lindroth (1950, 1965) har studerat laxfångsterna i svenska älvar och konstruerat en "laxkurva" som gäller för flertalet älvar. Det är alltså en tidsserie 1870-1950 över laxfångster. Den liknar något Lindquists (lc) temperaturer enligt ovan med goda fångster fram till 1890 och sedan små fångster fram till 1940, då de igen ökade kraftigt. Efter 1950 har utsjöfisket på lax ökat så kraftigt att förutsättningarna inte längre finns för att konstruera laxkurvas förlängning efter 1950. Det finns vissa likheter mellan laxkurvan och ytsalthalten vid



Anholts fyrskepp. Men lilla sillfiskeperioden 1942-1954 passar inte in i salthaltsvariationerna.- För rinnande vatten är vattenföringen viktig. Perioder (år) med låg nederbörd minskar vattenföringen och lax och öring mår illa. År med mycket nederbörd i form av snö, får man en kraftig vårflod. Dels medför detta risk för bortspolning, men värst ger den numera sura snön en pH-chock (pH 4.5) vid smältning.

Siklöjan tycks variera med en periodicitet på 25-30 år (Johansson 1964, 1974). I 1974-arbetet presenteras en fångst-serie med maxima 1916-1917, 1928 och 1955-1958. Som siklöjan inte trivs i för hög salthalt borde fångstmaxima kunna sammanfalla med salthaltsminima. Enligt ytsalhalten vid Anholt (17-årsutjämnat) infaller minima 1910, 1930 och (svagt) 1950-1960. För Bottniska viken, som det ju gäller, inträffar extremerna något senare än vid Anholt.

Alfångsterna har gått kraftigt tillbaka på senare år och Svärdson (1976c) tror att det är klimatändringar, främst i Nordsjön, som blivit ogynnsamma för ållarverna, när de är på väg in. Dessa skulle uppföra sig som sydformer i likhet med *Sagitta setosa*, som efter 1960-talet inte längre är så välkomna i Nordsjön. - Apropos ål, ålgräset, *Zostera marina*, försvann i början av 30-talet och har nu kommit tillbaka ganska bra. Den gängse åsikten är att ålgräset drabbades av en sjukdom, men Rasmussen (1973) menar att även klimatfaktorn bör beaktas.

Låt oss som en slutkläm på detta underkapitel följa Cushing (1982) på litet vidare vyer över variationerna i jordens fisken. Ovan har det talats mycket om sill, som tydligen är känslig för påverkan antingen denna är naturlig (på grund av klimatvariationer) eller av människan förorsakade (överfiskning mm). Torsken är däremot mera motståndskraftig (t.ex. den norska Lofotentorsken), men i gränsen för dess utbredningsområde är även den känslig. Värmeperioden med kulmen på 30-talet gjorde att torskfångsterna ökade vid W-Grönland, dock inte så mycket förrän på 50- och 60-talen (kollaps från 1968). Likadant var det i Barents hav, där fisket på torsk nu gått tillbaka så att Cushing (lc) skriver "It is possible that as cooling supervened since about 1950, between 500 000 and 1 000 000 tonnes of cod have been lost purely as a result of the climatic change." (Jmfr kap. 3) - Cushing (lc) ser samband mellan våra sillperioder och t.ex. perioder av fiske på japanska och adriatiska sardiner. Han menar tillsammans med klimatforskarna (Lamb, Namias mfl), att klimatvariationerna över hela jorden hänger ihop genom olika fördelning av Rossbyvågorna över norra och södra hemisfärerna med polerna som centra.- Cushing(lc) behandlar förstas El Nino-fenomenet i relation till anchovetafisket utanför Peru, men det är talat om redan i kap. 3.

### 7.3. Förändringar 1920-1979.

Nedan följer en mycket ofullständig redogörelse för tidsutvecklingen under c:a 1920-1979. Det känns angeläget med en avsevärt mera gedigen sammanställning, men i brist på en



det, presenteras vad man skulle kunna kalla ett utkast till en sådan.

Ungefär 1930 höjdes temperaturnivån vid fyrskeppet Anholt, 0 m (På 30 m började stigningen tidigare). Den högre nivån har sedan hållit sig kvar. 30-talet blev extremt mildt med bara 28% isbeläggning i Östersjön-Skagerrak (Anon. 1974). Dekaderna 1920-1969 hade följande isbeläggningsprocenter: 57, 28, 56, 43 och 51 % respektive). Även salthalterna steg vid Anholt, som man ser på en 17-årsutjämnad dataserie.

1920-talet var relativt kallt. Hårda (mer än 50% beläggning) isvintrar var 21/22 (62%), 22/23 (79%), 23/24 (67%), 25/26 (90%) och 28/29 (93%). Johansen (1929) har skrivit om döda tumlare, fisk och kräftdjur under den sistnämnda vintern. Sjöblom (1978) har en teori om att kalla vintrar är gynnsamt för vårlekande sill i Östersjön. Enligt honom skulle så vara fallet under 1926-31, medan Andersson (1964) omnämner 20-talet som ett typiskt årtionde för höstlekare i Bottniska viken (se 4.2.1.) - Under våren 1923 fanns det mycket koljelarver i hela området E Nordsjön- W Östersjön, i det senare området en mycket ovanlig förekomst (Johansen 1926). Det blev senare ett gott koljefiske i Bälthavet (1925).

30-talet var alltså dels självt extremt varmt, dels inleder det en något högre medeltemperaturnivå. Som framgår tidigare i detta kapitel 7, kom sydformerna till Kanalen och södra Nordsjön, och nordformerna vandrade i sin tur norröver. Älgräset försvann, vilket kanske hade med den högre temperaturen att göra (Rasmussen 1973). Enligt Sjöblom (lc) dominerade höstlekande sill i Östersjön under hela perioden 1931-39. - Det fanns inte en enda svår isvinter.

Mot slutet av 30-talet steg salthalten vid Anholt, så att även salthalten kom upp på en högre medelnivå än tidigare under 1900-talet. Även i Östersjön steg nivån, men något senare. Medan 5-års-utjämnade årsmedeltal hade maximum vid Anholt 1940, skedde det vid Utö i N Eg. Östersjön c:a 1945 och vid Säbbskär i Bottenhavet c:a 1950. Sjöblom (lc) visade, att det kalla 40-talet var gynnsamt för vårlekande sill i Östersjön.- Laxfångsterna i de svenska älvarna ökade kraftigt under 40-talet efter att ha legat lågt sedan 1890 (Lindroth 1950). - Perioden 1942-54 var en liten sillperiod i Skagerrak (4.2.1.). - 1945 blev det en stark årsklass av Skagerraks vårlekande sill. Den dominerade i 15 år (Höglund pm). Det var också god årsklass av sik 1945 (Svärdson pm). När Fiskeristyrelsen började mäta temperatur mm i Skagerraks djuphåla 1947, var det där 3 °C kallare än normalt (6 °C), ett resultat av kalla vintrar (se kap. 4.2.6.4) inte minst den 1946/47. Svåra isvintrar var det 39/40 (100%), 40/41 (88%), 41/42 (100%) och 46/47 (100%).

Anholts 5-års-utjämnade temperaturer hade ett maximum 1935 och fick ett nytt sådant 1950 (nästa kom 1960). 50-talet var varmare än 40-talet och hade endast två svåra isvintrar (53/54 (64%) och 55/56 (95%)). Sjöblom (lc) kallar hela perioden 1951-57 års vintrar för varma med dominerande höstlekande



sill i Östersjön. - Sillperioden i Skagerrak slutade som nämnts ovan, 1954. Under 1953/54 sjönk temperaturen i Skagerraks djupvatten från 6 °C till 4 °C. Den svåra isvintern 55/56 satte inget spår i Skagerrak, däremot sjönk temperaturen från 5.8 till 5.0 under vintern 57/58. - Det fanns gott om tonfisk ner till Öresund .. - Stort inflöde till Östersjöns djuphålur 1951/52 (Fonselius 1962).

60-talet var litet kallare än 50-talet. Temperaturen på 0 m vid Anholt hade som nämnts ett maximum 1960, men det är ganska svagt. Svåra isvintrar var 59/60 (57%), 62/63 (85%), 65/66 (87%), 67/68 (51%) och 68/69 (63%). Russell-cykeln vände under 60-talet, så att bl.a. vinterfosfor i Eng. kanalen ökade igen, biologins olika former vandrade söderut mfl fenomen (se 7.2.). Från 1962 började torskfiskar öka i Nordsjön (ev. i samband med ökad dominans av Calanus, se 9.7.). 1960 års årsklass av Nordsjöns banksill var mycket stor, men blev utfiskad under den korta sillperioden 1963-65 i Skagerrak. Vintern 62/63 var mycket svår för Nordsjön och förorsakade fiskdöd (Cushing 1982). Bottenvattnets temperatur i Skagerrak sjönk från 5.5 °C till 4 °C (Se även 4.2.6.4.). 60-talet var kallt vid Island, och 1968 låg isgränsen som sydligast på länge. Det fanns ett ev. samband mellan detta och försvinnandet av den atlantoskandiska norska vårlekande sillen. Samma år var det synnerligen dålig årgång av torsk i Östersjön. Under 1969 sjönk Skagerraks djuptemperatur från 6 °C till 5 °C. År 1969 skedde ett inflöde av syrgasrikt vatten till södra Östersjön, och det blev en god årsklass av torsk där samma år.

Anon (1974) ger uppgifter om isvintrar t.o.m. 1972/73. Av 70-talets isvintrar var till dess endast 69/70 svår (88%). Djuptemperaturen i Skagerrak sjönk 1970 från 5.4 °C till 4.7 °C. Om man dömer isvintrarnas svårighetsgrad efter dessa Skagerraktemperaturer, så hände ingenting förrän våren 1978, då 6 °C blev 5.5 °C, men nästa vår efter vintern 78/79 gick minskningen ytterligare till 4.7 C. - Även Anholtdata fattas mig f.n. efter 1975, och det är osäkert, om 1974 hade ett temperaturmaximum (0 m). - April 1970 var Gullmarens djupvatten 2 °C kallare än normalt (som är 5 °C). År 1972 kom det nytt vatten till södra Östersjön och det blev goda torskårgångar 1972 och 1973. Däremot blev det dåligt 1974, och torsken "emigrerade" mot Finland (4.2.4.). 1973 är ett år som Mats Olsson är undrande över (6.1.2.). Det var då dåligt med vårsyre i Gullmaren och det registrerades lågt höstsyre vid Kullen, men Mats Olsson söker efter något i Östersjön. År 1974 omnämns som ett år med riklig höstnederbörd. År 1976 kom det åter nytt vatten till S Östersjön, så att årgången blev mycket god, medan nästa års torskårgång blev god. År 1979 kom det igen nytt vatten till södra Östersjön, men det gav inte så bra resultat som brukligt är. Vårsyret i Gullmaren var 1979 mycket dåligt, och ledde i slutet av året till döda bottnar. - I slutet av 70-talet var salthalt och temperatur ovanligt låga på 200 m:s djup i Skagerrak i den inkommande strömmen på samma sätt som det upptäckts i Färö-Shetland-kanalen. Samtidigt var också fosfatvärdena lägre än normalt i Skagerrak, 200 m, vilket bör ha betydelse, eftersom det sker en uppvällning av djupvatten där (9.6.).



Svärdson (p.m.) mfl menar, att varma vårar är gynnsamma för goda årsklasser, åtminstone för insjöfisk. Sådana vårar var 1959, 1963, 1966, 1969, 1972 och kanske 1975. Som synes ovan saknas det alltför mycket om just de delar av året som inte är vinter. Cushings (1c) match-mismatch-hypotes är i mycket kopplad till vindfrekvens och det saknas också.

Nehring (1982) har visat, att närsalterna (och även salthalten) började öka i Östersjön från ungefär 1970. I Kattegatt ser man också en tendens till sådan ökning, kanske mest i slutet av 70-talet (Svansson 1984).

### 8. Säsongsvariationer.

Sverige är långsträckt i nord-sydlig riktning. Framför allt av det skälet är klimatet olika i norr och söder. Men alla våra vatten befinner sig ändå så långt från ekvatorn, att produktionen i alla våra vatten har en vintervila. Det betyder, att t.ex. sekundärproduktionen av djurplankton måste börja på ny kula varje vår. Karakteristiskt för våra vatten är en vårblooming av växtplankton. Eftersom djurplankton ännu inte är så många och stora, kan de inte utnyttja växtfödan, utan denna går delvis förlorad för dem, men kommer i stället bottenfaunan tillgodo.

De fyra årstiderna vår, sommar, höst och vinter är olika långa i olika delar av Sverige och dess närmaste omgivning. Meteorologerna har sin definition på årstiderna. Hydrografer och biologer vill nog ha dem litet annorlunda. Låt mig med Tait (1972) göra ett försök till en sådan indelning. Man kunde lämpligen låta våren börja, när vårproduktionen börjar. För att så skall ske, behövs det dels tillräckligt med ljus dels en stabilisering av ytvattnet (5.1.). I Kattegatt och i det baltiska vattnet längs Bohuslän, är vattnet alltid stabilt skiktat, så där bestämmer väl ljuset, när produktionen skall komma igång, vilket sker i mitten av februari. I Bottenviken finns det motsvarande mängd ljus en månad senare, men då ligger det oftast is häruppe. I insjöar och i Östersjön skall man passera temperaturen för maximal densitet, innan vattnet kan stabilisera sig, men eventuellt kan man få en tidigare produktion i det sötare och lättare ytskikt, som bildas vid issmältningen. Man skulle kunna tänka sig en kombinerad effekt, så att en issmältnings-produktion ger upphov till zooplankton, som senare kan utnyttja den riktiga vårbloomingen.

Sommaren skulle man karakterisera som den tid, när närsalterna i ytskiktet ligger på mycket låg nivå. Primärproduktionen är igång, men växtbiomassan är ganska liten genom att den effektivt betas av djurplankton, men också för att närsaltstillförseln utifrån i allmänhet är låg.

Hösten skulle vara den tid, när vattnet börjar avkylas rejält. Först ökar primärproduktionen genom att höstkonvektionen gräver i djupare skikt, som har högre närsaltsinnehåll. Men så småningom kompenseras detta av att



blandningen går djupare än ljuset tillåter, och produktionen stannar av. Men på relativt grunt vatten ökar närsalterna ytterligare, när konvektionen når botten.

Vintern bör vara den tid, då produktionen är låg p.g.a. ljusbrist, is, djup blandningszon mm.

Låt oss gå varvet runt en gång till och se på en del av det som händer fisken.

Många fiskarter leker om våren, och det är en stor mängd larver, som skall konkurrera om det vårmakimum av zooplankton, som följer några veckor efter vårblomningens maximum. Våren är tidig i Kystströmmen i Skagerrak och längs Norge, det är kanske därför som norska vårsillen och Skagerraks vårsill leker så tidigt. Rödspottan i Nordsjön och SW Eg. Östersjön är också tidig med sin lek liksom även östersjötorsken. Kanske livnär sig i Östersjön rödspottans och torskens larver ytterst på detritus och, därmed inte så beroende av primärproduktionen i sitt första stadium. Skarpsill lär leka i S Östersjön ute till havs i mars, trots att mars är kallaste månaden ( $1.8^{\circ}\text{C}$  i genomsnitt vid Bornholmsdjupet) och någon stabilisering ännu inte skett (Lek vid språngskiktet?). Östersjöns vårlekande sill leker inne i kustzonen, och här kommer värmen, stabiliseringen och födan tidigare än ute till sjöss. Det gäller så tidigt som april i Blekinge skärgård, men först i juni i Bottniska viken. Isen går upp i början av mars i Hanöbukten och i mitten av maj i Bottenviken (Anon. 1982c). Om våren kläcks laxrommen. Några år senare lämnar laxsmolten älven också under våren. Räkans larver blir kläckta och frisimmande under våren.

Under maj och juni leker skarpsillen i fronten mellan Skagerrak och Kattegatt, och makrillen leker i det baltiska vattnet i Skagerrak och Kattegatt. Torsklek fortsätter i Östersjön även under försommaren. Under sensommaren kan man i Östersjön se sjök av blågröna alger.

En del höstförhållanden börjar redan i augusti. Blankålen börjar så smått att ta sig till Sargassohavet (kulminerar i oktober). Nordsjöns höstlekande banksill av Dogger- och Buchantyp har börjat leka. Laxen är på väg upp i älvarna, där den leker på hösten.

Vintern är tiden för minst aktivitet och nästan ingen födoproduktion. Makrill och sill övervintrar vid botten i Norska rännans ytterkant, sillen ibland i inre Skagerrak (sillperiod). Larver av höstlekande nordsjösill livnär sig på den lilla föda, som finns i Nordsjön och Skagerrak för att kunna övervintra. I Östersjön går sill och skarpsill gärna ner till haloklinen, där det finns detritus och litet varmare vatten. Demersala fiskar har inte samma behov av vintervila. De lever delvis på vintervilande djur och delvis på bottenfauna.



## 9. Fiskerihydrografi områdesvis.

Nedan följer i underkapitel korta redogörelser för hydrografi och fiskeri i "våra" vatten, från insjöarna och älvarna via det bräckta Östersjön till det nästan oceana Nordsjön. Men först några mera sammanfattande rader.

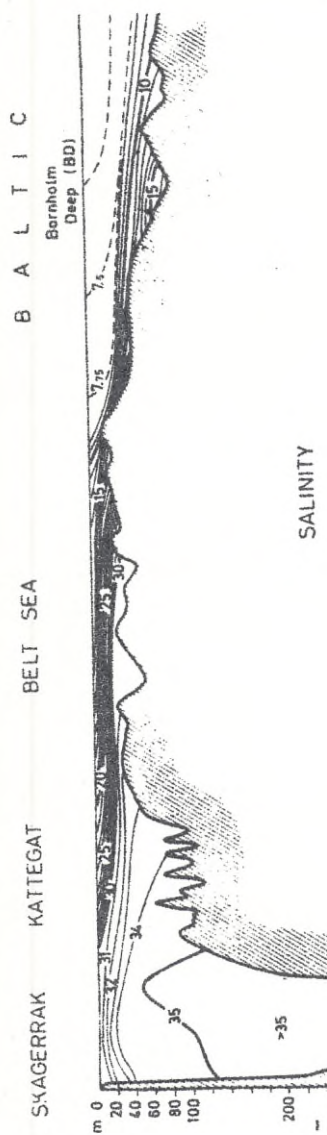
Insjövattnen hyser en mängd stationära sötvattensarter. En del av arterna kan emellertid klara ett brackvattenliv, där salthalten är några enheter, men älvvattnet oftast inte är för avlägset. En del av arterna vandrar från sötvatten till brackvatten och åter under olika stadier av sitt liv. Laxen kan vandra från norra Bottenvikens älvar till södra Östersjön. Älen är nästan den enda art, som vandrar från ena änden av våra vatten, mellersta Sveriges insjöar via Östersjön, till den andra, Skagerrak (och fortsätter ut i oceanen). Den tävlar med västsveriges laxar att vandra långt från det sötaste vatten till det saltaste.

Antalet djurarter sjunker till ett minimum i Östersjöns bräckta vatten, där salthalten är 3-8 enheter i ytan, sedan ökar antalet successivt genom Kattegatt, Skagerrak och Nordsjön.

Östersjöns salthalt är en funktion av flera faktorer, varav de viktigaste är a) topografin, framför allt i Bälthavet, b) nettotillflödet av sötvatten, c) blandningsförhållandena inne i Östersjön samt d) vattenståndsfluktuationer m.fl. meteorologiskt inducerade effekter, som inte innefattas i b) och c). Eftersom det är a) trångt och grunt i Bälten och Öresund, eftersom b) sötvattensöverskottet är rätt stort och eftersom c) blandningsförhållandena en del av året hämmas av isläggning, blir resultatet en relativt låg salthalt i Östersjön och en lång omsättningstid, c:a 35 år. (Lars Rydberg (p.m) tvivlar på punkt c. Han menar att Östersjön är överblandat och att en måttlig ändring i blandningen inte spelar någon roll för salthaltsförhållandena).

Insjövattnen är (tyvärr) inte medtagna i den utsträckning, som motsvarar alla intressanta fiskerihydrografiska frågor, som finns i samband med dem, utan mera som ett komplement till havshydrografen. Hydrografiskt är många problem mera renodlade, när man dels har salthalten lika med noll, dels mindre system, där det är lättare att se det ekologiska samspelet. Sötvattnen är dessutom hemvist under en viss del av livstiden för ett flertal vandringsfisker. Men också sötvattnet självt "vandrar" ut i havet och spelar en avgörande roll. I själva älvmyningen sker en utflockulering av en del kemiska substanser. Och både mer eller mindre stationär sötvattensfisk och vandringsfisker har ett "förhållande" till älvmyningen, vilket ännu inte är helt klarlagt.

Kustzonen är inget väldefinierat område. I genomsnitt är salthalten lägre än i utsjön, men motsatsen råder vid uppvällningssituationer. Oftast är det grundare vid kusten än i utsjön, så att uppvärmning och avkylning går snabbare där,





men det finns ju ställen, där kusten stupar brant i havet, t.ex. på Gotland. Nedan behandlas kustzonen sist (9.8).

Bottenviken (9.2) tycks vara det sämst gynnade av våra hav. Isen, vattenståndsvariationerna, ljusets speciella tidsfördelning, fosfatbrist, artfattigdom mm bidrar till ett fiskfattigt hav.

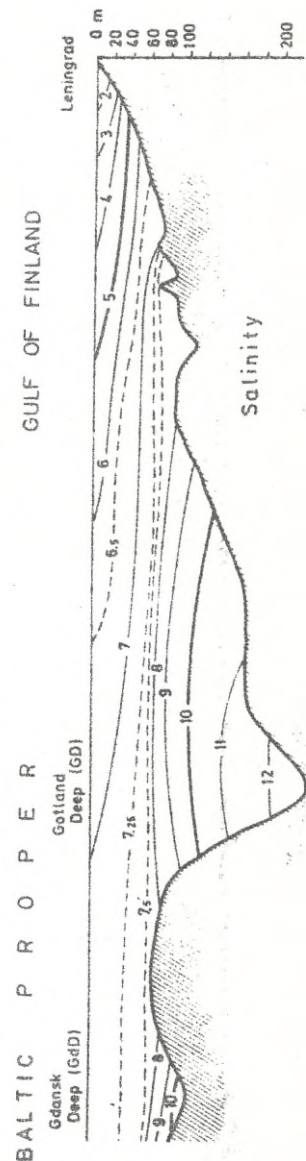
Förhållandena blir successivt mer gynnsamma, när man förflyttar sig mot havssystemets mynning. Södra egentliga Östersjön är mera födorikt än norra egentliga Östersjön. Salthalterna i djuphålorna spelar roll för torskens lek, som endast kan ge avkomma i denna södra del. Närsaltsinnehållet i Östersjön har ökat markant sedan 1970, och detta kommer nog alla arter tillgodo, även om arternas interrelation kan moderera fördelningen. Men Östersjöns artfattigdom ändras inte på kort tid, och den kan vara ett problem, när det gäller anpassning till högre närsaltskoncentrationer.

Öresund-Kattegatt karakteriseras av stora hydrografiska variationer i tid och rum, men trots (eller tack vare) detta är fiskfångsten per hektar bland de högsta i våra vatten (70 kg/ha och år, jmf. kap. 5.4.). Djurarterernas antal är nära nog lika högt som i Skagerrak-Nordsjön. I Skagerrak möts det baltiska bräckta vattnet och Nordsjöns vatten, där vissa delar är oblandat oceanvatten. Trots att Sverige inte längre har mycket fiske kvar i Nordsjön och vattnen därutån, är området medtaget i ett eget kapitel, 9.7, dels för att utbytet både hydrografiskt och biologiskt är så stort, dels också för att det forskats och skrivits så mycket om framför allt Nordsjöns fiskerifrågor.

### 9.1. Svenska insjövatten.

Sandhall och Berggren (1981) har gett ut en trevlig bilderbok med sötvattensplankton. Författarna delar in, som ofta är brukligt, våra insjöar i 3 kategorier: näringsrika (eutrofa), näringsfattiga (oligotrofa) och brunvattensjöar (humösa) och ger exempel på planktonarter i de tre typerna. I riktigt näringsrika (hypertrofa) sjöar domineras växtplankton av ett fåtal arter blågrönalger (+ täta vassbälten och skräpfisk). Oligotrofa sjöar har ofta naturligt dålig förmåga att stå emot pH-ändringar och är idag ibland fisktomma på grund av försurningen (jmf. 6.3). De humösa sjöarna är näringsfattiga och känsliga för försurning som de oligotrofa sjöarna. Kalkning ger inte samma goda effekt vid närvaro av humusämnen. Den humösa sjön har en likhet med eutrofa sjön: det uppstår lätt syrgasbrister i djupare sjöars bottenvatten.

SNV gav 1976 ut "Sjöar under inverkan" i sin serie Diagnos (Anon 1976). Precis som i denna skall vi här koncentrera oss på 1) De 4 stora sjöarna Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmarén och 2) Reglerade sjöar. Eftersom försurning endast drabbar insjöar, tas detta fenomen upp endast i kap. 6. Men i 1:a kapitlet av Anon (1976) presenteras en översikt över alla Sveriges sjöar, t.ex. i





avseende på siktdjup. De klaraste vattnen finner man hos fjällsjöarna (nära 20 m). Humus-halten i norra Sverige ökar markant från fjällområdena ner mot Bottniska viken. Även grumligheten ökar något. Båda effekterna gör att siktdjupen minskar från väster mot öster. De minsta siktdjupen (några decimeter) finns i södra Sveriges slättområden. I dessa vatten är det oftast planktongrumlingen som helt bestämmer siktdjupet.

#### 9.1.1. Stora sjöarna.

Torsten Ahl börjar sitt "hydrografiska" kapitel med att visa på det av kanadensaren Rawson visade omvända förhållandet mellan fiskfångst och sjöns medeldjup. Hjälmaren med sitt lilla medeldjup av 5 m har en fångst av 3.8 kg/ha och år, medan Vättern som har ett medeldjup av 35 m bara kommer upp i 1.6 kg/ha och Mälaren 10 m och 2.8 kg/ha ligger mitt emellan. Vänern, 20 m och 0.9 kg/ha faller utanför lagbundenheten. Med fångst menas i allmänhet komersiell fångst, som kan skilja en del mot verklig fångst, eftersom det finns gott om ogräsfisk, som man undviker att fiska. Ahl anför också att ju längre tid vattnet uppehåller sig i sjön ju större effekter får sedimentations- och koagulationsprocesser som gör att sjöarna fungerar som materialfällor. Uppehållstiden för Vättern är inte mindre än 58 år, vilket skulle förklara varför den är så mycket klarare men också mindre produktiv än Mälaren med 2.8 års omsättningstid.

Vätterns klara vatten gynnar laxartade fiskar som röding och sik, medan "rika" Mälaren har siklöja, gös mm. Men minst lika viktiga som de nämnda abiotiska faktorerna, är de biotiska. Sik och siklöja förekommer t.ex. ofta inte i samma sjö eftersom de konkurrerar om samma föda.

De senaste decenniernas höga utsläpp av närsalter har förorsakat igenvuxna insjöar men ibland har effekten varit positiv. Svärdson (1976b) skriver i "Sjöar under inverkan": "Siken växer bättre i alla 4 sjöarna sedan 1950-talet, särskilt under de första levnadsåren, då den äter plankton." Enligt Ahl (l.c.) översteg kväve- och fosfortillförseln i slutet av 60-talet och början av 70-talet den naturliga tillförseln med faktorer mellan 2 och 9. För Mälarens del innebär detta att 80 % av kvävet och 90 % av fosfor var märsklig förorening. Efter alla reningätgärderna har dessa tal minskat dock inte så mycket som kanske väntat. Ahl: "Även om fosforreduktioner inte leder till drastiska ändringar, så skulle enbart en reduktion av mängden blågröna alger vara till förmån för såväl fiske som rekreation. Dessutom innebär den kemiska fällningen ett skydd mot metallutsläpp."

#### 9.1.2. Reglerade sjöar.

Det är Nils Arvid Nilsson från Fiskeristyrelsens Sötvattenlaboratorium som i Anon. (1976) skrivit om rubricerade ämne. Det mest karakteristiska är de stora vattenståndsfluktuationerna under året. Under sommarhalvåret



fylls magasinet upp till den av domstolen fastställda dämpningsgränsen, under vinterhalvåret sänks vattenytan. Vattenståndsvariationerna är ofta mycket stora, 20 meter eller mera. Regleringszonen förvandlas till en sand-, grus- eller blockbotten så att den gamla bottenfaunan slås ut. Under de första åren efter byggnationen, då nya kalhuggna marker översvämmas och sjösedimenten rörs om frigöres en stor mängd näringsämnen. För den fisk som kan tillgodogöra sig detta via ökad planktonproduktion blir det en positiv utveckling ett par tre år, men sedan blir i det stora hela allt sämre. N.A. Nilsson slutar sitt kapitel med en hädisk tanke: De norrländska sjöarna är av naturen näringsfattiga. Av regleringen blir de än mer så. Kan man tänka sig att tillförseln av kommunalt utsläpp kunde dimensioneras så att en viss balanserad gödsling kommer till stånd?

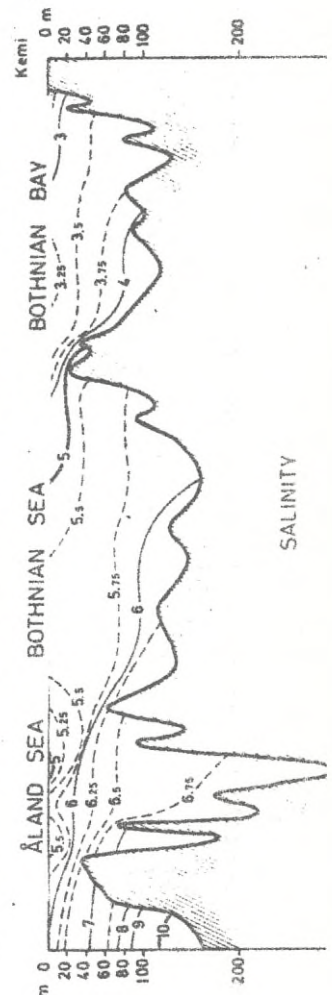
### 9.2. Bottenviken.

På SHF:s möte i Umeå 1977 ägnades huvuddelen av föredragen åt Bottniska viken. Intresset för Bottniska viken ökade när Stålverk 80 började planeras och det gjordes ganska omfattande undersökningar innan projektet lades ner (1976). Uppmärksammade var (är) undersökningarna utanför Rönnskär i samband med Bolidens utsläpp av speciellt arsenik. Det finns en Bottniska viken-kommitté mellan Finland och Sverige, vilken främst skall ägna sig åt gemensamma föroreningsintressen.

Karakteristiska drag för Bottenviken är den låga salthalten, 3.5 i medeltal, den långa isvintern med i medeltal mer än 100 isdagar per år, stora vattenståndsvariationer, men också ett nordligt läge nära polcirkeln. Vidare finns det ont om fosfor men relativt gott om kväve. Bottniska vikens bräckta vatten klassas av biologerna som oligohalint, där antalet limniska arter dominerar över de marina, av vilka de få som finns lever på djupare nivåer än som är vanligt t.ex. i södra Östersjön. Liknande är situationen för fisk med endast strömming och lax som marina arter, medan resten är mer eller mindre limniska som siklöja, havssik m.fl.

Salthalten bestäms av sötvattenstillrinningen c:a 100 km<sup>3</sup>/år och vattenutbytet mellan Bottniska viken och Bottenhavet. Men ser detta ibland uttryckt i uppehållstid vilken för Bottniska viken blir c:a 3 år (Dahlin 1976), men man får vara aktsam med en sådan siffra. Om man förorenar Bottniska viken så påverkas sluttillståndet av att det stora rena havet inte påträffas förrän i Skagerrak-Nordsjön.

Vid c:a 60 m djup ökar salthalten och densiteten så att höstkonvektionen hejdas på detta djup. Djupvattnet visar knappast några drag av stagnation; den turbulenta diffusionen är stor nog att motverka syrgasnedgång m.m. (Dahlin 1977). Under vintern kan salthalten vara låg under isen p.g.a. dålig omblandning. Detta gäller väl speciellt våren, när älvvattenmängden ökar innan isen gått upp.





Som Valtonen (1977) skriver är temperaturförhållandena i Bottenviken hårdare än i många närliggande sjöar. "För det första ligger den grunda vida Bottenviken öppen för vindarna, som om hösten blandar om det 0-gradiga vattnet ned till c:a 50 m:s djup. För det andra strömmar iskylt ytvatten från Bottenhavet från senhösten fram till våren genom den marina mynningen vid N Kvarken djupt in i Bottenviken (Palusuo 1964).....det kalla vattnet, på centrala bottnar normalt 0-2 °C, utgör således en förklaring till att artantalet och även biomassa är låg i Bottenviken."

Som påtalats ovan (Jmfr 9.8) kan man urskilja en kustzon även om gränsen mellan denna och utsjön är suddig. De flesta limniska fiskarterna håller sig vid kusten, kanske för att vara i närheten av älvmyningarna. Men kustzonen karakteriseras också ofta av grunda bottnar vilket bl.a. påverkar temperaturförhållandena: snabbare förändringar än i utsjön. Därigenom kan kustzonen ibland bli lätt isolerad från utsjön vilket förorsaka lokala fiskbestånd men också förhöjda föroreningshalter. Men "barriären" hindrar inte att en del fiskslag går igenom den, laxen på sin färd till och från egentliga östersjön, siklöjan på väg till djupare vatten under sommaren och tillbaka till kustzonen för att leka på hösten, strömmingens liknande vandring som siklöjan, havssiken m.fl.

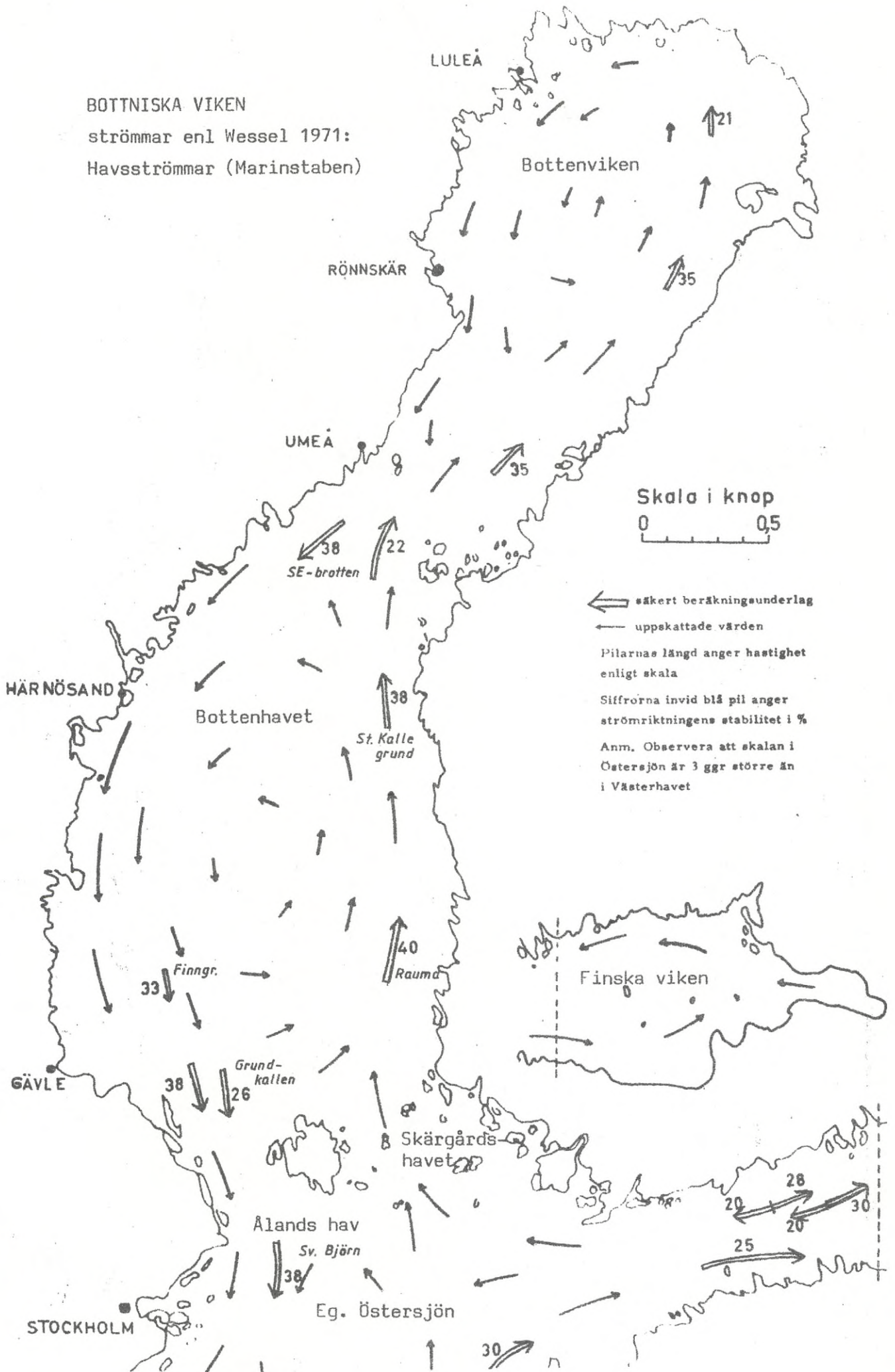
Enligt Palosuo (1966) är antalet dagar med is i medeltal 130 i mellersta Bottenviken och över 170 i den nordligaste delen. På grund av vattenståndsvariationerna ligger isen och skaver på en stor strandyta. - Vattenståndsvariationerna är dels de samma som för hela Östersjön. Långperiodiska förändringar är här liksom i inre delen av Finska viken och nere i SW Östersjön särskilt stora på grund av resonans (seicher). Laxuppgången i älvarna är inte helt bekymmersfri. Alm (1964) skriver, att den huvudsakliga uppgången sker vid högvatten, d.v.s. hög vattenföring i älven. Man kan tänka sig att det är fördelaktigt med överflöd av älvvatten vid mynningen, vilket finns vid hög vattenföring och/eller lågt vattenstånd i havet.

Det nordliga läget ger ett speciellt ljusklimat. Antalet soltimmar per år är inte särskilt mycket lägre än söderut men koncentrationen till sommarhalvåret ger en speciell prägel. Det myckna försommarljuset kan tyvärr inte utnyttjas på grund av isen. - Gulämnesinnehållet är i Bottenviken ganska högt (Bladh 1972, Nyquist 1979), men detta hindrar inte att siktdjupet under försommaren kan bli mer än 12 m i Bottniska vikens mitt eller lika som Östersjön vid samma tid (Lisitzin 1938), se vidare kap. 5.3.

Växtplanktonmaximum inträffar inte förrän i början av juli och är då måttlig. Ute i öppna Bottenviken har primärproduktionen uppmätts till c:a 20 g C/m<sup>2</sup> och år, vilket t.ex. är 1/3 av vad som gäller för Finska vikens opåverkade delar (jmfr kap. 5.4.). I Bottniska vikens kustvatten är primärproduktionen c:a dubbelt mot i utsjön. Den låga primärproduktionen beror väl bl.a. på den låga fosforhalten, fosfor är ju här säkert begränsande faktor. Men Valtonen



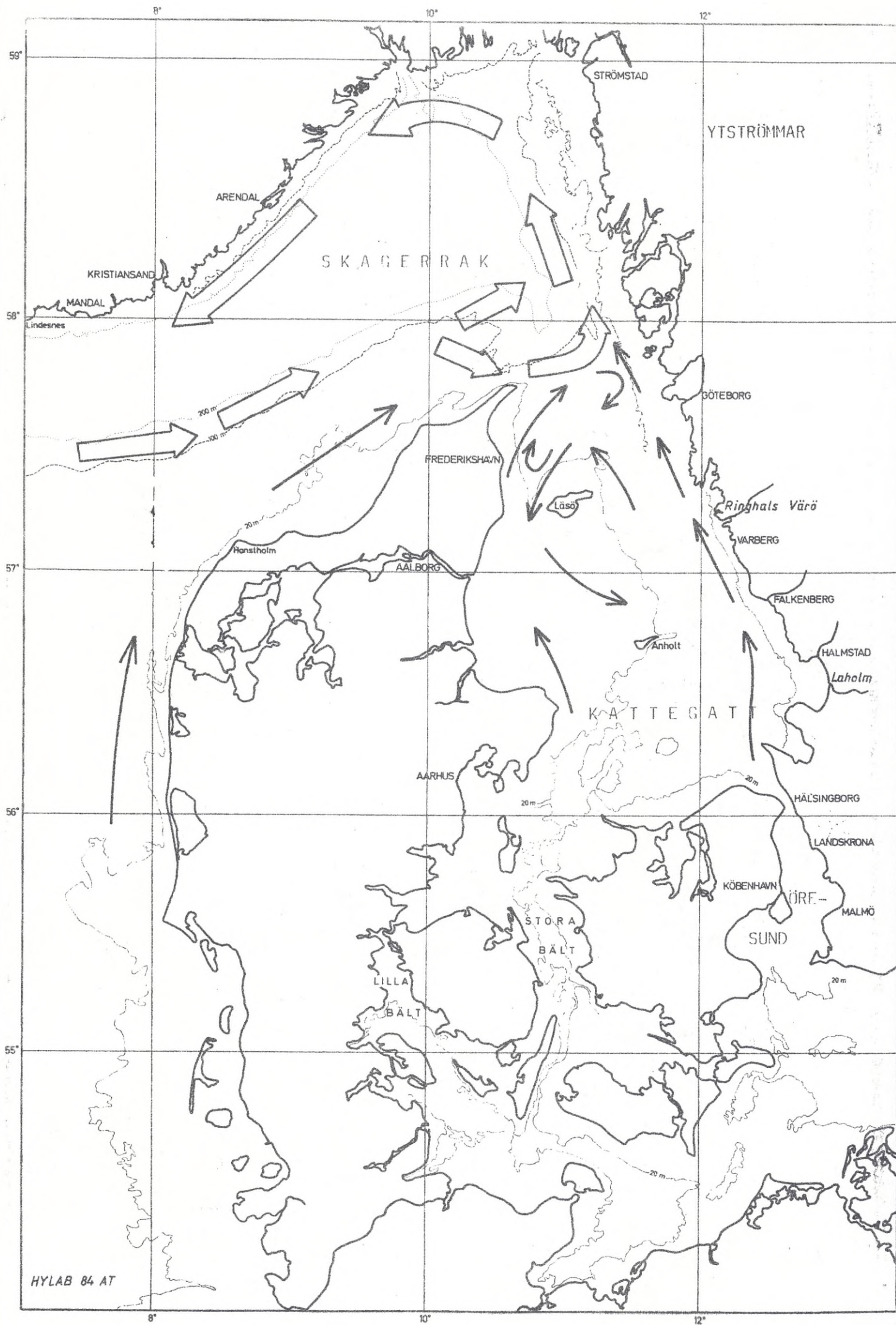
BOTTNISKA VIKEN  
 strömmar enl Wessel 1971:  
 Havsströmmar (Marinstaben)



Skala i knop  
 0 0.5

← säkert beräkningsunderlag  
 → uppskattade värden  
 Pilarnas längd anger hastighet enligt skala  
 Siffrorna invid blå pil anger strömriktningens stabilitet i %  
 Anm. Observera att skalan i Östersjön är 3 ggr större än i Västerhavet





HYLAB 84 AT



(1c) menar att de stora mängderna humusämnen som kommer från älvarna kan användas av de större suspensionsätare efter förarbete av mikrober.

Bottniska viken tillförs ganska mycket föroreningar. Genom ett gott samarbete mellan Finland och Sverige, bl.a. i Bottniska viken-kommitten, har man en uppfattning om hur mycket som tillförs havsområdet från land, som kanske är bättre än för något annat "svenskt" havsområde. Mest markanta är väl de metallutsläpp, som Boliden metall AB Rönnskärsverken gör, de största i Sverige. År 1980 släpptes ut bl.a. 0.35 ton kvicksilver, 2.5 ton kadmium och 271 ton arsenik (Måhlstedt 1983), det sistnämnda grundämnet väl det mest omtalade.

Lithner (1974) är en sammanställning av recipientundersökningar, vilka utfördes 1973-74 utanför Rönnskär. Det konstateras först, att trots god vattenomsättning vid utsläppspunkten, har man hittat effekter på det lägre djurlivet. Hårdast drabbad var (är?) *Pontoporeia affinis*, vitmärlan. Av sedimentkemiska data framgår, att belastningen är ungefär lika stor i området öster som söder om Rönnskär med ett influensområde på c:a 100 km, medan norrut Lithner (1c) anger 50 km som motsvarande utbredning. Att influensområdet är så stort, kan delvis bero på dålig vattenomsättning vintertid. - En del av metallhalterna i fisk är också avtagande från utsläppsområdet och utåt. Det gäller t.ex. bly och kvicksilver i hornsimpa och sik (arseniken ej klar i Lithner (1974)). Edgren et al (1983) informerar om pågående SNV-projektet Fisk/Metall, i vilket bl.a. abborre, hornsimpa och sik insamlas nära Rönnskärsutsläppet samt i referensområden för analys av As, Cd, Cu och Pb. Man gör också i samma område blodanalyser, enzymanalyser, defekter på gälrfäständer på sik, ryggradsdefekter (Se även 9.3.) på hornsimpa och rom/ungel-tester. Abborre fångad i närområdet uppvisade en reduktion av antalet vita blodceller i jämförelse med referensproven. Sik uppvisade förändrad jonbalans och en sänkt proteinhalt i blodplasma (Edgren et al 1c).

### 9.3. Bottenhavet

Bottenhavet har stora likheter med Bottenviken och ofta behandlar man dem tillsammans som Bottniska viken. En del sådana gemensamma egenskaper redogöres för i detta kapitel snarare än i 9.2. Norra Kvarken bildar ett övergångsområde med tröskeldjupet c:a 25 m. I söder ligger gränsen söder om Ålands hav och Skärgårdshavet, som alltså räknas in i Bottenhavet. Tröskeln mot Egentliga Östersjön är c:a 40 m, men en mycket smal ränna, 70 m djup, kan ha betydelse för vattenutbytet. Södra Ålands hav har ett max.-djup av 219 m. En tröskel mellan Söderarm och Lågsjär, som har som största genomströmningsdjup 65 m, delar Ålands hav i en nordlig och en sydlig del. I norra delen är max.-djupet 301 m. Det grunda Skärgårdshavet E om Åland spelar sannolikt en roll för vattenutbytet av ytskiktet mellan Bottenhavet och Egentliga Östersjön. Finngrundsbankarna avskär förbindelse mot NW under 40-metersnivån, och liksom i Egentliga Östersjön har det



djupvatten, som finns norr om dessa bankar, strömmat runt längs djupområdena i E och N Bottenhavet. SSE om Ulvön finns enligt sjökortet Bottenhavets största djup. Det anges till 293 m men åtminstone Fiskeristyrelsens undersökningsfartyg har aldrig funnit mer än 215 m.

I en boxmodell har jag (Svansson 1980) använt medelsalthalterna 3.5 resp. 5.5 för Bottenviken och Bottenhavet. Älvtillrinningen är i modellen 100 resp. 90 km<sup>3</sup>/år och bassängvolymerna 1400 resp. 5000 km<sup>3</sup>. Jag får då vid Bottniska vikens södra gräns en utbytesintransport av 525 km<sup>3</sup>/år, om Östersjön ytskiktssalthalt sätts lika med 7.5. Dahlin (1983) får i stället 1400 km<sup>3</sup>/år. Båda siffrorna kan sägas vara lika riktiga. Man skall bara se till att använda dem i respektive modell och inte blanda ihop modellerna. Se f.ö. resonemanget i Svansson (1980).

I vardera av Bottenviken, Bottenhavet och Egentliga Östersjön anses det finnas en motsols-cirkulation i de övre vattenlagren. Bäst är den dokumenterad vid svenska och finska fyrskepp i Bottenhavet. Palmér (1930) fann i medeltal några få cm/s ström, nordgående vid finska Rauma och Storkallegrund och sydgående vid svenska Sydostbrodden och Finngrundet. Vad som driver cirkulationen är inte klart. Det kan vara älvarna (avlänkning till höger vid mynningen), vinden (Wind stress curl) eller något annat. Men den svaga cirkulationen har uppenbarligen biologisk betydelse, t.ex. för laxens orientering (4.2.8.).

Fisket i Bottniska viken ger avsevärt mindre utbyte än det gör i Egentliga Östersjön. Andreasson et al (1982) anger siffran 50 000 ton/år för den totala fångsten, vilket författarna räknar om till 0.5 g/m<sup>2</sup> (5 kg/ha), medan Eg. Östersjön ger 4 g/m<sup>2</sup> (Jmfr 5.4). Av dessa 50 000 ton tar Sverige endast 15 %, Finland resten. Svenskarna fiskar inte heller så mycket på sådana sötvattensarter som gädda, abborre, storsik, nors m.fl., som finnarna gör. Anledningen till det dåliga uttaget är den låga fiskproduktionen. Denna i sin tur är nog en funktion av flera faktorer: lägre näringskoncentrationer (som nu ökar), den låga salthalten, som t.ex. hindrar utveckling av torskägg i Bottniska viken, kanske det något sämre siktdjupet (på grund av högre halt av humus och lignin), is mm. Ljusets speciella egenskaper på grund av det nordliga läget bör inte ha någon betydelse i sig. Se bara på det fiskrika Barents hav, som ligger nordligare än alla våra hav. Men kombinationen ljus med de övriga speciella egenskaperna kan verka i negativ riktning.

Föroreningsutsläppen är betydande till Bottniska viken. Man skulle säkert ha reagerat kraftigare emot dem, om det funnits ett fiske av södra Östersjöns eller Kattegatts kaliber. Skogsindustrin är rikligt representerad, enligt Carnö (1983) är drygt 50 % av svensk skogsindustri lokaliserad utefter denna kust. Skogsindustrin svarar för huvuddelen av utsläppen av organisk substans, mätt BOD7. Det rör sig mest om ligninämnena, som bryts ner långsamt, och vars påverkan på Östersjön ständigt diskuteras. Men så finns det en mängd substanser i mindre mängd, vilka inte nödvändigtvis



är mindre skadliga för det. Edgren et al (1983) redogör för forskningsinsatser inom ämnesområdet klorlutars biologiska effekter. "Dels har LC 50-studier och laboratoriestudier utförts med avseende på klorlutars, klorerade fenolers och guajakolers effekt på fisk, och dels har ackumuleringen av hartssyror i plasma och galla hos fisk utförts."

Man har funnit ryggradsskador på hornsimpa, vilka man tolkat som förorsakade av föroreningar, först utanför Pönn-skärs metallutsläpp (9.2.) sedan vid Husums sulfatindustri (Bengtsson et al 1983).

#### 9.4. Egentliga Östersjön

Beteckningen Egentliga Östersjön används oftast för ett område av (hela) Östersjön, vilket inte täcks av Bottniska viken, Finska viken eller Rigaviken. Egentliga Östersjön och Finska viken har mycket gemensamt. Det finns t.ex. ingen tröskel dem emellan. Men när man vill betrakta dem som en enhet bör man kalla enheten för Egentliga Östersjön plus Finska viken.

Egentliga Östersjön liknar Bottniska viken i många avseenden: den låga ytskiktssalthalten, den långa omsättningstiden (i relation till Nordsjön-Atlanten), de få djurarterna mm. Men Eg. Östersjön skiljer sig framför allt genom att det finns stagnant vatten i dess djuphålor. Medan termoklinen endast uppträder under den varma årstiden, finns det på 50-70 m djup ett året-runt-språngskikt, där det framför allt är salthalten, som förorsakar en kraftig ökning av densiteten med djupet. Av det skälet kallar man detta språngskikt för haloklinen, trots att nästan alla andra parametrar ändrar sig också, inklusive temperaturen. Haloklinen är ett tiotal meter tjock, och i synnerhet vintertid är det hemvist för djurplankton och fisk, mest sill och skarpsill. Här finns antagligen inte bara närhet till varmare vatten utan också föda av detritustyp.

Man brukar dela in Egentliga Östersjön i bassänger (eller bäcken) omkring djuphålorna. Tyngre vatten kommer in från Kattegatt-Bälthavet. Om det är tillräckligt tungt i förhållande till det vatten, som redan finns i djuphålorna, och om det dessutom kommer tillräckligt rikligt, kan det förnya bottenvattnet i hela Östersjön. Om man följer detta vatten från det att det rinner in antingen som ett kompensationsströmvatten över tröskeln vid Darsser eller som ett ovanligt tungt ytvatten från hela Bälthavet, så söker det sig först till Arkonabassängen. Det vatten, som blir liggande på botten av det största djupet, 55 m, kan normalt inte komma vidare (Det är f.ö. en mycket liten mängd), men vatten ned till 50-meters-nivån letar sig fram mellan Skåne och Bornholm (Bornholmsgattet, även kallat Hamrarne sund) och kan fylla den där innanför belägna Bornholmsbassängen. Tröskeldjupet mellan Bornholm och Tyskland är däremot endast 25-30 m. Inflödet i Bornholmsgattet sker ofta koncentrerat på Bornholmsidan (Petren and Walin 1976). Bornholmsbassängen har en ganska stor areal med djup större än 45-50 m, där haloklinen börjar. Maximidjupet, 105 m, ligger ENE om



Bornholm och S om Utlängan. Förekomsten av tippad ammunition, senapsgas mm, gör att hydrografisk-planktologiska mätningar företages ett stycke från det största djupet. Bornholmsbassängen är det viktigaste reproduktionsområdet för den egentliga östersjötorsken (4.2.4.). Det är förvånansvärt litet biologiskt utbyte över ryggen Tyskland-Bornholm-Skåne. Arkonabassängen har ofta mer gemensamt med Bälthavet än med Bornholmsbassängen (Otterlind p.m.).

Norrut och österut minskar djupen. På ett område, beläget ENE Bornholm - S Ölands södra udde finns möjlighet för vatten ned till 60 metersnivån att komma vidare i Stolpe ränna, som är en utlöpare till ett stort och långsträckt djupområde öster, norr och nordväst om Gotland. Endast över 45-metersnivån kan Bornholmsbassängvatten leta sig fram över grundområdena mot N och NE mot området väster om Gotland. Djupvattnet väster om Gotland har alltså kommit vägen norrifrån runt Gotland.

I Gotlandsbassängerna (E, N och NW om Gotland) ligger haloklinens överdel på 70 m, alltså djupare än i Bornholmsbassängen. Rydberg (1980), Shaffer (1979) med flera menar att tröskeln Polen-Stolpe-Blekinge är en väsentlig hydrografisk gräns. - Gotlandsdjupet är 249 m djupt och beläget mitt emellan Gotland och Lettland tvärs Östergarn (i den s.k. vita zonen, där internationellt fiske är tillåtet). Landsortsdjupet, vilket är 459 m djupt och beläget 15 nm SE Landsort (men innanför den svenska 12-milsgränsen) utgör Östersjöns största djup.

Haloklinen utgör en mäktig barriär bl.a. på grund av sitt stora avstånd från ytan, där vinden verkar (jämför Kattegatt-Öresund) och det vertikala utbytet genom den är litet. Man kan räkna sig till en utbyteskoefficient (av turbulent diffusion) på  $0.1 \text{ cm}^2/\text{sec}$  (Kullenberg 1977), men man vet då inte, om siffran verkligen representerar utbytet genom haloklinens yta eller ett utbyte i den zon, där haloklinen möter botten (sannolik både och). På grund av det svaga utbytet, blir syrgaskoncentrationerna låga, och svavelväte uppstår ofta (när syrgasen försvunnit helt). Djuphålorna är goda sedimentationsbassänger, men när svavelvätegränsen är nådd, löses fosfor ut igen, och en del kväveföreningar i vattenfasen övergår i kvävgas.

Ytskikten har högst närsaltvärden på senvintern strax innan primärproduktionen kommer igång (i april i öppna Eg. Östersjön). Innan sommartermoklinen stabiliserats ordentligt, har en hel del av närsalterna mellan termoklin och haloklin använts av primärproduktionen i ytskiktet. I detta skikt går närsaltskoncentrationen ned till nära noll. Om hösten - vintern går blandningen så småningom hela vägen från ytan till haloklin (eller botten, om haloklin saknas). Närsalter återföres till hela skiktet både genom direkt nedbrytning av organisk substans i vattenmassan själv, men också genom transport från haloklinen eller, där sådan saknas, botten. Rydberg (1983) skattar upptransporten av fosfat genom haloklinen i Eg. Östersjön under vinterperioden till 30 000 ton fosfatfosfor. Han citerar i samma arbete Holm (1978), som



anger utlösningen från sedimenten till endast 5 000 ton fosfor/år. Man bör kunna tänka sig att upptransporten genom haloklinen kan vara olika från år till år beroende på varierande blandningsmekanism, t.ex. tidig eller sen (eller ingen) isläggning.

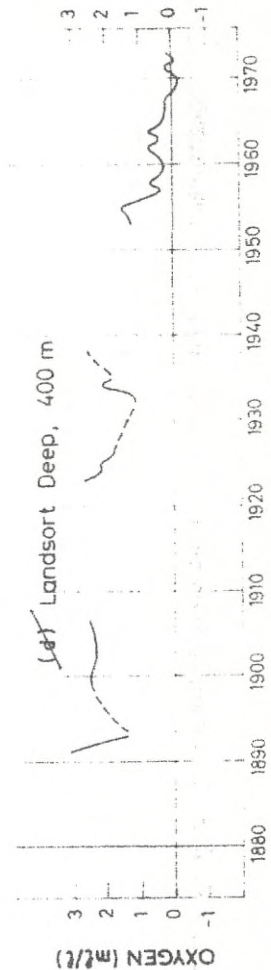
Närsaltsmängderna har ökat i Eg. Östersjön under årens lopp, långsamt sedan lång tid tillbaka under haloklinen, men ganska drastiskt över densamma från c:a 1970. Utsläppen av närsalter från land har ökat, och kanske har denna ökning förorsakat ökat syrgasbehov för nedbrytning av ökad mängd organisk substans under haloklinen. Svavelvätegränsen nås därvid oftare än förr, och mer närsalter löses ur sedimenten, upptransporten genom haloklinen särskilt vintertid, ökar osv. - Svavelväte i Eg. Östersjön har dock förekommit tidigare periodvis enligt undersökningar i sedimentproppar (Hallberg 1974).

Ofta följs ökningen av närsalter av en ökning av salthalten. Den ökning av salthalten, som åtföljt ökningen av ytskiktets närsalter sedan 1970 kan vara en indikation på en ökad upptransport från och genom haloklinen (mest om vintern). Ökningen under haloklinen måste man däremot förklara med en ökad intransport från Kattegatt. Men även den förstnämnda ökningen kan bero på en ökad intransport från Kattegatt. Det finns även den åsikten, att närsaltsökningen efter 1970 enbart har med landtillförsel att göra och att det inte finns något samband med salthaltsökningen (Larsson et al, 1984, Fydeberg, 1983).

Fiskfångsterna ökar från år till år, och det är mycket sannolikt att det är den ökande mängden närsalter, som är skälet (Nehring 1982). Men som den yttersta orsaken till denna ökning inte är klar, är det viktigt att forska vidare. Om t.ex. (vinter-)blandningen är viktig, bör man tänka sig, att närsaltsmängderna kan återgå till tidigare lägre nivå, om blandningsmekanismerna (vind, is mm) ändras.

Torskägg utvecklas bara i södra delen av Östersjön, där kombinationen av salthalt större än 10 enheter och syrgas mer än 1-2 ml/l finns (4.2.4). Men även i övrigt är nog södra Eg. Östersjön gynnsammare, t.ex. dubbelt så födorikt som norra delen enligt Herrroth and Ackefors (1979). Laxen föredrar södra Östersjön (4.2.8.).

Medan Sverige är en stor förorenare av Bottniska viken, är det andra stater som dominerar härvidlag i Eg. Östersjön och Finska viken. I Stockholmsområdet är föroreningarna mest kommunala, men de har minskat markant under senare år (Brattberg p.m.). I större delen av skärgården söder härom kan sillen leka ganska "ostörd" av föroreningar, men det finns Mönsterås skogsindustri och Oskarshamns kärnkraftverk (6.2.). I Hanöbukten ligger två skogsindustrier rätt illa placerade längst inne i "vrån", och dessutom nära guldkusten för blankålsfångst. Denna har minskat i närheten av industrin, som visades av Anheden (Anon. 1979b) vid jämförelse av fångsterna norr och söder om Julebodån. Men skogsindustrierna har pekat på osäkerheterna i denna slutsats (Se även 4.2.7.).





### 9.5. Kattegatt och Öresund

När det gäller hydrografen, har jag hämtat en del från min sammanställning från 1975, men jag utnyttjar även resultaten från det danska Bältprojektet 1975 - 1979 (Aertebjerg et al 1981) och det svenska GF-projektet (Baltic Entrance Projekt) 1974-1977. Tegnér (1979) är en sammanställning mest om föroreningsförhållandena i några kustområden i Skagerrak och Kattegatt. Brodde Almer har i flera korta inlägg redogjort för fiskdöden i Laholmsbukten. Degerman och Rosenberg (1982) redogör för troliga eutrofieringseffekter på fisk och fiske i Skagerrak, Kattegatt och Öresund. Öresund har en egen föroreningskonvention (Se t.ex. Anon. 1980).

Bälthavet (Bälten och Öresund) och Kattegatt kallas ibland för Övergångsområdet (The Transition area) mellan Nordsjön och Östersjön. Medeldjupet i Kattegatt är 23 m och i Öresund 15 m. Kattegatt är grunt i väster och djupare i öster. Öresund är 25-40 m djupt i norr, men i söder ligger det en tröskel med 8 m som största överströmningsdjup. Det effektiva tröskeldjupet mellan Nordsjön och Östersjön ligger emellertid i en annan del av Bälthavet, nämligen på Darssertröskeln (18 m).

Grovt kan man beskriva Kattegatts medelflöden som en inåtgående djupström och en utåtgående ytström, vilken senare består av en blandning av djupvattensflödet och ett sötvtattenöverskott på c:a 450 km<sup>3</sup>/år, mest från Östersjön. Strömmarna i Kattegatt är svagast under sommaren, beroende på såväl litet utflöde från Östersjön som svagare vindar, så att vinderosionen (se 5.5.) blir mindre. På grund av denna senare effekt sugs Skagerrak-vatten in som en kompensation i djupströmmen (Stigebrandt 1983). Men sannolikt finns det också en ström, som återvänder till Skagerrak fortfarande som djupström. - Medelvärden av strömmätningar i norra Öresund visar på en tvålagerfördelning av mot Kattegatt utströmmande ytvatten och därunder inströmmande djupvatten.

Medelsalthalten i ytan är c:a 30 vid Skagens Rev och c:a 10 i södra Öresund. Salthalterna är lägre vid svenska sidan än vid den danska, och man tolkar detta ibland så att den baltiska strömmen (som ytströmmen här vanligtvis kallas) trycker mot den svenska kusten, precis som den gör i Skagerrak. Men strömmätningar visar, att det i genomsnitt rinner vatten från Kattegatt till Skagerrak även i den NW:a delen. Hydrodynamiskt är detta inte något konstigt. Svårare har det varit att förstå andra oväntade komponenter i strömmätningar från Göteborg - Frederikshamns - projektet (Svansson 1984).

I inget av våra hav är tidsvariationerna så stora som i Kattegatt och Öresund. Vatten pumpas ständigt in och ut ur Östersjön, och eftersom även rumsvariationerna är så stora, beror ofta tidsvariationerna på att vatten av en salthalt flyttat sig till en plats, där salthalten normalt är en annan. En del av årstidsvariationerna kan bero av denna effekt. På ett ställe, där årsmedeltalet är ??



salthaltseenheter, är värdet lägst, 19, i maj-juni och högst, 24, i december. På större djup är årstidsvariationerna mindre. På 40 m:s djup på samma plats: minimum 33.3 (aug-sept) och maximum 34.2 (maj).

Den stora salthaltsskillnaden i vertikalled leder till att densiteten ökar från yta till botten under hela året, och därför är vattnet alltid stabilt skiktat. Temperaturen modererar stabiliteten, men ändå är det huvudsakligen salthaltsändring, som gör att skillnaden i densitet mellan ytan och 40 m är  $10 \text{ kg/m}^3$  om sommaren men bara  $5 \text{ kg/m}^3$  om vintern. Den stora stabiliteten gör att sommartemperaturen är så hög som  $17^\circ \text{C}$  i genomsnitt ( $15^\circ \text{C}$  i Östersjön), men också att isläggning sker tidigare än i öppna Östersjön. - Språngskiktet mellan ytvatten och djupvatten kan vara mer eller mindre tjockt. Eftersom skiktets djupläge varierar, kommer i en medelvärdesbildning skiktet att ersättas av en mjuk övergång. Även i verkligheten är ibland språngskiktet tjockt och komplicerat, men ofta hör man talas om skarpa tunna skikt, som dykare speglar sig i.

Vertikalfördelningen från månad till månad av temperatur, närhalter mm ger ett "normalt" intryck, så att man frestas tro att det, som i de flesta av våra hav, är en vertikalomblandning, som om hösten ombesörjer värme- och syrgasflödet nedåt och närsaltsfödet uppåt. Men troligare är det vinderosionen + kompensationsströmmen, som åstadkommer förändringarna. Man kan då lättare förstå varför höstsyrgasvärdena är sämst i SE Kattegatts och Öresunds djupvatten med att området ligger längst bort från det "friska" Skagerrak-vattnet.

Vattenutbytet med Östersjön är långt mindre än det mot Skagerrak. För hela Bälthavet anger man ofta en faktor 5 ggr mindre. Vattenutbytet i Öresund med Östersjön berör inte djupvattnet i Kattegatt och Öresund. Däremot kan ytvatten från dessa områden vara så tungt, att det vid inströmlägen lagrar in sig på någon lämplig nivå i Östersjön. Men allt överskottsvatten från Östersjön skall alltså passera Kattegatt. Danska Bältprojektet visade, att Öresund (men inte Stora Bält) har ett maximum i närsaltskoncentration i relation till Östersjön och Kattegatt (Aertebjerg 1980). Man skulle tro, att vattenutbytet är så stort, att det "balanserar" de rätt stora utsläppen till Öresund, men så är alltså inte fallet.

Hösten 1980 konstaterade fiskarena i Laholmsbukten, att fisket slog fel och att man istället fick upp död bottenfauna. Hösten 1981 blev det ännu värre, därefter förbättrades förhållandena en del, men 1984 är bottenfaunan åter i dåligt skick (Posenberg p.m.). Syrgasvärdena om hösten har fortsatt att vara mycket låga i SE Kattegatts djupvatten. Även tidigare har konstaterats, att vissa sensomrar man fått massor av död flatfisk i redskap, men att det bara inträffat någon dag. Man kallar fenomenet "rusning" och tolkar det, som att fisken flyr från ett område med låga syrgashalter även in i redskap (Almer 1981). Det har framförts en del olika förklaringar till de försämrade förhållandena. Rydberg pekade tidigt på den ökade kväveanvändningen i jordbruket, dels i



allmänhet, dels speciellt i Laholmsbukten (se Rydberg 1984). Det konstaterades nämligen en samtidig exceptionell blomning mest av dinoflagellater. Som det under 1981 blomnade även längs Bohuslän och andra platser, har man även undrat, om det har inträffat någon klimatförändring.

Totalfosforhalterna i Kattegatt har ökat sedan mätningarna påbörjades 1968 (Svansson 1984). Även vinterfosfat har en svagt ökande trend (Aertebjerg p.m). Den troligaste orsaken är att det kommer mer fosfor från Östersjön i samband med de ökande koncentrationerna där. GF-undersökningarna gav som resultat en netto-uttransport av 15 000 ton totalfosfor pr år. Om det är korrekt att tillflödet till Östersjön är så stort som 75 000 ton/år (Larsson et al 1984) så kommer sannolikt mer än 15 000 ton/år att så småningom transporteras ut genom Bälthavet-Kattegatt.

Under Laholmsbuktsundersökningarna har man funnit långsamma variationer i språngskiktets djupläge (Rydberg 1984). Om språngskiktet ligger mycket djupt (mer än 20 m) så är allt vatten i Laholmsbukten baltiskt med bättre syrgasförhållanden. Om språngskiktet ligger grundare, så kommer det att finnas områden med syrgasfattigt bottenvatten av ganska liten tjocklek. I ett sådant tunt skikt måste det lättare kunna bli ytterligare syrgasnedsättning, när nedregnat organiskt material bryts ned, än om skiktet vore tjockare. Ett tjockare skikt har dessutom bättre horisontellt vattenutbyte med Kattegatt djupvatten.

En del kräftdjur som hummer (4.2.6.1.) och krabba (4.4.6.2) uppehåller sig gärna, där språngskiktet träffar botten. Här finns både yttskiktets sommarvärme och djupskiktets höga salthalt. Havskräftan (4.2.6.3.) däremot uppehåller sig i Kattegatt vid botten i djupvattnet. Om ett ev. samband mellan fångster och syrgashalt, se kap. 4.2.6.3.

Degerman och Rosenberg (1982) börjar med en översikt över landningar från fisket 1970-1981 i öppna Skagerrak-Kattegatt. Sill har varierat mellan 64 000 och 204 000 ton med störst årlig fångst i Kattegatt. Före 1970 togs de största sillfångsterna i Skagerrak. Landningen av skarpsill har växlat mellan 20 000 och 131 000 ton med högre uttag i slutet av perioden. 75 % av fångsterna tas mest som industrifisk av danskarna. Landningen av torsk har fördubblats från 20-30 000 ton i början av 70-talet till över 40 000 ton 1980-81. Den största ökningen har där skett i det danska fisket. Vitlingfångsterna har varierat mellan 14 000 och 44 000 ton/år. Sverige fiskar därvidlag endast 1000 t/år. Fångsten av rödspotta har pendlat mellan 15 000 och 27 000 t/år (Sverige högst 450 ton).

När ICES 1951 höll ett specialmöte om Fisheries hydrography, höll Aage J.C. Jensen ett översiktsföredrag (publ. 1952) över danska arbeten om fiskerihydrografiska samband för Kattegatt. A.C. Johansen menade, att rödspottans larvmängder var positivt korrelerade med salthalten, eftersom en låg salthalt beror på en extra stor utström av östersjövatten, som på den tiden undersökningen gäller, var avsevärt födofattigare än Kattegatt-vatten. Men saken



komPLICERAS av att temperaturen har så stort inflytande. Vanligtvis är korrelationen mellan temperatur och larvmängd positiv, inte bara för rödspotta utan även för torsk enl. Blegvad, Poulsen m.fl. Jensen (lc) visar, att det råder en positiv korrelation mellan sillfiske 1919-39 och salthalten vid närliggande fyrskepp. Det gäller salthalten på 20-30 m, där Kobbergrunds höstlekare lekte. Jensen menar, att hög salthalt betyder, att mera närsalter än vanligt förs in i Kattegatt och ger upphov till mera föda åt sillarverna.

Låt oss så se på kustzonen. Göteborgs skärgård är ett område, som får betraktas som förorenat. Svartlistning av fisk (utom lax och öring) på grund av höga kvicksilverhalter gäller i Göta älv söder om Göta till en linje Saltholmen-Hjärtholmen-Hisingen. Lever från torsk är PCB-svartlistad i hela Göteborgs-skärgården. Fiskeribiologiska undersökningar gjordes 1967-1970. Ur Degermans et al (lc) sammanfattning saxar vi följande. Vattnets genomskinlighet hade minskat så att sill undvek innerskärgården, skarpsill inte kunde fiskas med ljus under nattetid och hummer fått svårare att se i det grumliga vattnet. Skrubba, ål och torsk tycktes okänsliga för föroreningarna.

Kungsbackafjorden är välundersökt med avseende på närsalter och bottenfauna (Olsson 1982). Beträffande fisket skriver Degerman et al (lc), att man har ett bottengarnfiske efter lax, öring och näbbgädda; den sistnämnda leker i Kungsbackafjorden. Från 1970-talets början har näbbgäddan lämnat fjorden allt tidigare varje år. En anledning kan vara att den börjat söka föda i öppna Kattegatt i stället.

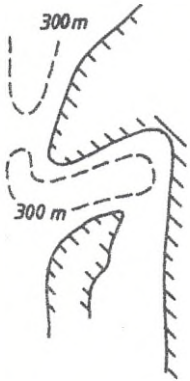
Mellan Kungsbacka och Varberg ligger Värö bruk och Ringhals kärnkraftverk. Precis som i Bohuslän har torskfisket minskat drastiskt i hela kustzonen, och hallandsfiskarena undrar om inte Värö bruk har någon skuld i det. Kärnkraftverket har mycket stora utsläpp av uppvärmt kylvatten, men Grimås och Neumann (1980) kan inte se någon inverkan på fisket efter sill, skarpsill, hummer, krabba eller gulål. Tjockläppad mulle (*Chelon labrus*), som är en varmvattengynnad fisk har ökat, dock inte bara vid Ringhals men även i hela kustzonen i Kattegatt samt även i södra Nordsjön. - En del fiskare fruktar att en alltför stor mängd ålyngel går förlorade i Ringhals kylvatten.

Laholmsbuktsproblemen är redan nämnda, men det kan tilläggas, att liknande effekter på fisket även noterats norr och söder därom, t.ex. Skälderviken. En ytterligare negativ faktor för fiskets bedrivande är den stora mängden alger, som produceras och ofta sätter igen nätfiskeredskap. Stora massor av grönalgen *Cladophora* var ett problem på badstränderna i Laholmsbukten allt sedan mitten av 70-talet (Fleischer et al 1978).

Bagge (1980) har studerat fångstutvecklingen under 1924-77 i Öresund. Nedgång noteras för makrill, stenbit, ål, skrubbskädda och rödspotta. Jacobsson (1981) visar att det bara är fångsten av sill som har ökat i Öresund under 70-talet.



### 9.6. Skagerrak.



Skagerrak räknas ofta till Nordsjön och utgör en del av den Norska Pännan, som sträcker sig längs Norge i Skagerrak och Egentliga Nordsjön. Pännan har sin djupaste del, c:a 700 m i Skagerrak, men utanför Utsira i SW Norge ligger det tillhörande tröskeldjupet, 270 m. Skagerrak är dock en vik av Nordsjön; bredden c:a 100 km ändras abruptt vid Skagerraks västra gräns. Den svenska Skagerrak-skärgården innehåller många vikar, som vanligtvis kallas fjordar. Jämfört med norska fjordar är de små. Idefjorden, Gullmarsfjorden och vissa delar av vattnen innanför Orust och Tjörn har trösklar. Det rinner i allmänhet mycket litet sötvatten till dessa fjordar, vilket inte hindrar att sötvattnet har lokal betydelse.

Nästan allt vatten, som rinner in i Nordsjön, passerar Skagerrak och rinner därpå ut längs Norge. (Backhaus, p.m.) har nyligen gjort modellberäkningar, som visar att endast en mindre del passerar Skagerrak). Inflödet på den danska sidan upptar halva bredden och kallas där för den Jutska strömmen. Vid Kattegatts mynning tillkommer den s.k. Baltiska strömmens vatten. Norrmännen kallar de förenade strömmarna längs sin kust för Kystströmmen; den är smalare än den Jutska strömmen. Samma ström längs Bohuslän har faktiskt inget namn. Jag brukar tala om den Stora strömmen både när det gäller den Jutska strömmen och Skagerraks Kystström, dvs både med och utan den baltiska delen. Den Jutska strömmens vattenmängd är  $16\,000\text{ km}^3/\text{år}$  ( $= 500\,000\text{ m}^3/\text{s} = 1/2$  Sverdrup) eller mer i genomsnitt, medan motsvarande värde för den Baltiska strömmen endast är  $2\,500\text{ km}^3/\text{år}$  ( $450\text{ km}^3/\text{år}$  sötvatten utblandat med c:a 5 delar Nordsjövatten).

Den Stora strömmen lyder hydrodynamikens lagar bl.a. på så sätt att samtidigt med att vattnet strömmar fram i samma motsolsriktning från yta till botten, så finns det en av bottenkänningen framkallad tvärcirkulation. Denna är sådan att det skapas en uppvällning av djupvatten på vänstra sidan, dvs i Skagerraks centrala delar. Rodhe (p.m) har räknat ut att inte mindre än en kvarts Sverdrup kommer upp på detta sätt i Skagerrak. Om man multiplicerar detta tal med totalfosforhalten på 200 m:s djup får man en upptransport av nästan 200 000 ton/år. Vattnet transporteras i ytan mot kusten, ett fenomen, som måste vara mycket viktigt för att larver skall kunna transporteras in till sina barnkamrar och för att sill-larver av Skagerraks vårsill skall kunna stanna kvar i kustbandet. När det gäller den senare sillen får man tänka sig att äggen vid botten ligger fastklibbade under en ut-från-kusten-ström, medan larverna, som flyter upp till ytan, drivs inåt. Primärproduktionen bör gynnas av uppvällningen. På sommaren finns det en termoklin i Skagerraks centrala delar på endast 10-15 m:s djup. Man får då en kombination av tillgång på uppvällande näringsrikt vatten och ett kritiskt produktionsdjup, som ligger under termoklinen. Från centrum till kusten blir det effektiva språngskiktet, som mer och mer bestäms av den baltiska salthaltsskiktningen, djupare och djupare beläget och nära kusten, där det råder nedvällning, bör produktionen vara

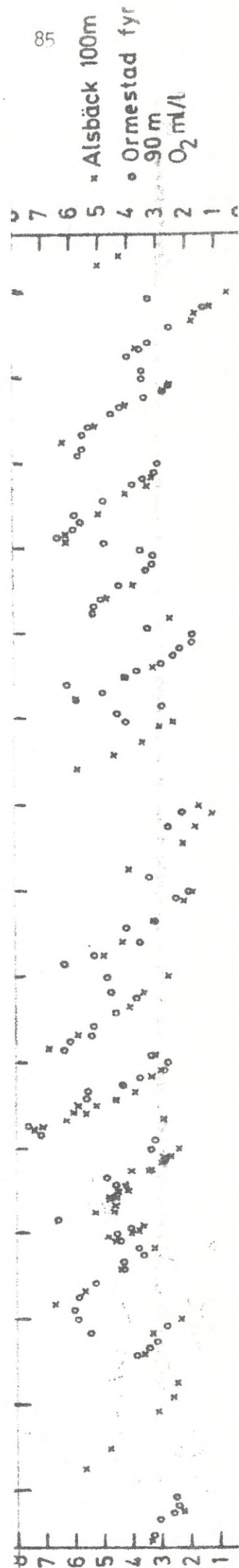


reducerad. Hagström (p.m.) påpekar dock att sill fångas hellre över Stora strömmen än innanför den.

Det är osäkert vad som driver den Stora strömmen. En del anser att det är sötvattensöverskottet från land, som är primus motor, andra att det är avlägsna Golfströmskrafter. Om den första förklaringen skulle gälla, kunde t.ex. under speciellt kalla vintrar, då nederbörden är bunden i snö, Stora strömmen försvagas samtidigt med att mängden baltiskt vatten minskade. Betingelserna skulle vara gynnsamma för bildningen av ett Otto Petterssonskt Bankvatten. I vilket fall som helst finns det variationer i Stora strömmen, vilka beror på vind och lufttryck. Grovt sett kan man skilja på W-lägen och E-lägen. Vid ett W-läge ökar transporten i Stora strömmen över det normala (och det rinner även in mer vatten till Kattegatt än normalt) utom i de yttligaste skikten, det baltiska vattnet stackas upp i Skagerrak. Vid E-lägen är det mesta tvärtom, dock ändrar Stora strömmen sällan sin omlöpsriktning. Om så ändå sker under den produktiva perioden skulle detta kunna få Elnino-konsekvenser. Ett studium av Stora strömmens tidsvariationer kan ev. göras med hjälp av vattenståndsdata. En stark ström mot norr längs Bohuskusten ger ett högre vattenstånd vid Smögen än en svag ström eller sydgående ström. Svårigheten är att vattenståndet varierar även av andra skäl, t.ex. genom att hela nivån höjer eller sänker sig. Se 4.2.1 och 9.7 om intransport av sillarver till Skagerrak.

Temperaturen i det baltiska vattnet skiljer sig något från det övriga Skagerrakvattnet om vår och höst, något kallare om våren och något varmare om hösten. Om hösten håller sig värmen något längre i fjordarna, vilket bl.a. skarpsillen utnyttjar, när den vandrar in i januari (4.2.2). Till Skagerraks djuphåla kommer det under kalla vintrar ned extra kallt vatten, som kan påverka räkbeståndet (4.2.6.4). Det tar några år innan temperaturen återtagit sitt normala läge, men detta betyder inte att det råder så stor stagnation, att syrgasproblem uppstår; syrgasmättnaden är alltid över 80 %.

Fisket i öppna Skagerrak är än så länge opåverkat av föroreningar men i kustbandet finns exempel på motsatsen. Glommas vatten (Nordens största älv) är ganska förorenat, men dess negativa inverkan på sumpad hummer i norra Bohuslän (vid NW-vindar) beror på den låga salthalten. Däremot råder det inget tvivel om föroreningarnas roll för fisket i Tdefjorden. Denna har under lång tid varit nära nog helt fri från fisk, men nu efter stora reningsåtgärder börjar t.ex. lax att passera för att gå upp i älvarna där. I Gullmarsfjorden blir vissa höstar syrgashalten extremt låg så att bottenfaunan dör. Ibland beror detta på att syrsättningen om våren varit dålig på grund av att vattendensiteten varit för låg för ett gott vattenutbyte till de djupare delarna av fjorden. Men enligt Lindahl (p.m.) passar en sådan förklaring inte för 1983. Då var det en hög syrgasförbrukning enbart, som ledde fram till syrgasbrist under senhösten. Saltkällefjorden, dvs Gullmarsfjordens innersta del fick avsevärt förbättrade förhållanden vad beträffar bottenfauna och fastsittande alger, när pappersmassetillverkningen upphörde





1966, men om detta haft någon betydelse för fisket är oklart. I fjordarna innanför Orust och Tjörn (Uddevallafjordarna) råder dåliga syrgasförhållanden i norra delen av systemet (Koljö-, Kalvö-, By- m.fl. fjordar) sannolikt mest av naturliga skäl men också försämrade av mänsklig påverkan.

Lagenfelt och Höglind(1983) har gjort en sammanställning av fisket i norra Bohuslän. De delar generellt in skärgården i tre delar, inre, mellersta och yttre. Antalet fiskarter är lågt i inre delen och ökar mot öppna havet. Vattenutbytet spelar härvid en mycket viktig roll. En typ av inre område är en vik utan eller med liten sötvattentillrinning. Det saknas tröskel, men vattenutbytet blir ändå litet på grund av förekomsten av trånga sund. Den höga primärproduktionen och det begränsade vattenutbytet gör att bottenarna i de djupare delarna av området innehåller höga halter av organiskt material. Bottenvattnet har tidvis lågt syrgasinnehåll. Av kommersiellt viktiga fiskarter trivs bara ålen här. Öring passerar området på väg till och från sin å. Om sötvattentillrinningen är några  $m^3/s$  eller mer och vattenutbytet inte alltför dåligt, finns det i mynningsområdet sötvattensarter som sik, abborre m fl (mynningen av Enningdalsälven, Broälven, Örekilsälven m fl). - I ytterområdena bedrivs yrkesmässigt fiske efter ett stort antal arter t.ex. torsk, räka, pigghaj, hummer m.fl. Ibland får man beteckna delar av fjordarna som ytterområden, t ex i Gullmarsfjorden, där det finns räka från 80 m och djupare och hummer går t o m in i Saltkällefjorden. - Kosterrännan är förstas ett ytterområde. Det finns räka på djup under 80-90 m. Antagligen rinner det ner kallt vatten till botten under kalla vintrar precis som det sker i Skagerraks djupbassäng. - Utanför Åby-, Bro- och Gullmarsfjordarna finns ett fiskrikt "ytter"-område. Här finns det förstas sill-lekplaster.

Som strömsystemet är beskrivet ovan får man en känsla av att larver och yngel av t.ex. kräftdjur skulle transporteras alltför lätt ut ur området. Som antyds i 4.2.6.2 har en del flaskpostundersökningar visat att det nog finns en svag sluten cirkulationskomponent. Nyligen har detta bekräftats av teoretiska beräkningar (Stigebrandt p.m.).

#### 9.7. Nordostatlanten inklusive Nordsjön.

Norska havet (havet mellan Grönland, Island och Norge) karakteriseras av kallt vatten i mitten och i väster men varmare vatten i öster. Det senare vattnet härrör från sydligare trakter och kallas ibland för Golfströmsvatten. Men det rör sig egentligen om Golfströmmens förlängning, den Nordatlantiska strömmen. Som man på senare tid blivit osäker om hur det ser ut i denna ströms östra del i den egentliga Atlanten, skall jag här använda beteckningen NE-atlantiska strömmen om den ström, som man finner vid shelfkanten väster om Irland och Skottland, och som sedan rinner genom Färö-Shetland-kanalen in i Norska havet. Här fortsätter huvudmassan, några Sverdrup (1 Sverdrup =  $10^6 m^3/s$ ) längs shelfkanten norröver utanför Norge. Norr om Shetland länkas





en mindre mängd, c:a en Sverdrup av och rinner in mot Nordsjön och Skagerrak. Den kallas ibland för Tampen-Bankströmmen och följer approximativt 200-m isobaten. När den förenats med två andra strömmar, som rinner in från Nordsjön samt med den Baltiska strömmen, uppstår vad norrmännen kallar Kystströmmen. Den rinner ut igen längs Bohuslän och Norge, och så småningom går den parallellt med den ursprungliga NE-Atlantiska strömmen. Längre norröver kommer det till möten mellan de två strömmarna. Här skall vi bara konstatera att även det nordliga Barents hav får del av varmare och saltare Atlantvatten.

De ovan nämnda "andra" strömmarna är dels den s.k. Dooley-strömmen, kanske en halv Sverdrup, vilken är en grundare avlänkning av NE-atlant-strömmen. Den rinner in i Nordsjön mellan Orkney och Shetland och fortsätter sedan tvärsöver mot Skagerrak, approximativt längs 100-m-isobaten. Den strömmen spelar stor roll för intransport av sillarver från lekplatserna vid Skottland till Skagerrak-Kattegatt (se vidare bl.a. 4.2.1.). Längs Storbritannien rinner det en svag svag ström, i Nordsjön sydvart, vilken Cushing (1982) kallar Cesium-strömmen (se nedan). Denna svaga ström förenar sig i södra Nordsjön med en ström från Engelska kanalen, så att det längs Holland, Tyskland och Danmark rinner c:a 0.2 Sverdrup mot Skagerrak.

Längs Storbritanniens flesta kuster samt i S och SE Nordsjön är tidvattnet kraftigt. Det finns här områden med djup mindre än 70 m, som har så kraftig blandning, att de aldrig får något sommar-språngskikt. Därutöver finns ett övergångsområde av frontkaraktär mot det centrala Nordsjön (Pingree et al 1978). Teoretiskt bör det rinna en ström längs fronten (jmf. kap. 5.6) i en sådan riktning så att det lättare vattnet ligger till höger om strömriktningen. Sådana frontområden anses vara gynnsamma för en hög primärproduktion. I kapitlet om sill (4.2.1.) har diskuterats huruvida fronten fungerar som ett retentionsstaket. Namnet Cesium-strömmen kommer av att radioaktiva utsläpp från Windscale till Irländska sjön ganska snabbt transporteras runt Storbritanniens kust, medan det tar avsevärt längre tid innan Nordsjöns mittpartier får kännning av dem. Man får faktiskt en känsla av ett svårgenomträngligt staket (Kautsky 1976).

Cushing (1982) har ett särskilt kapitel om Nordsjön eftersom "det är ett av de mest studerade havsområdena i världen". Innan de nationella fiskezonerna infördes 1977, hade Sverige ett stort fiske i Nordsjön; det var verkligen ett av våra (fiske-)hav. Vi fiskade mest sill, som efter ringnotens införande på 60-talet snabbt blev utfiskad. Även makrillen gick samma väg. Allvarligt var att en stor del började användas i fiskmjölsindustrin, där även ungfisk kan användas. Från 1962 till nu har emellertid fångsterna av sådana torskfisker som torsk, kolja, vitling, gråsej och vitlinglyra ökat, så att årsfångsten av all fisk i Nordsjön ökade från litet mer än en miljon 1960 till minst det dubbla i mitten av 70-talet. Det är troligt att kollapsen av sill och makrill bidragit till ökningen av torskfisk, men sammanhangen är nog mer komplicerade än så.



Från Cushings (1982) sammanfattning plockar jag följande (Se även kap. 7). Sedan 1948 har mängden mindre copepoder (hoppkräftor) minskat stadigt med en faktor 4 eller 5, och säsongen för djurplankton-produktion har minskat med en eller två generationer. Reduktionen av de små copepoderna är omvänt proportionell mot antalet dagar med västvind över Brittiska öarna, och vindriktningen har successivt övergått till annan riktning. Stor-copepoden *Calanus* har därmed ökat. Den anses vara en arktisk form och dess ökning bör vara kopplat till ett ökat arktiskt inflytande i Färö-Shetland-kanalen. Hur detta går till i detalj vet man väl inte. NE-atlantiska strömmen verkar vara mycket permanent och stabil och ser ut att effektivt skärma av arktiskt inflytande. En påspädning av arktiskt vatten längre åt W eller SW diskuteras. - Cushing (1c) menar att det finns ett samband mellan fisktillgång och *Calanus*-dominans. Denna har verkat positivt för demersala fiskar, men sammanhanget med de pelagiska arterna är komplicerat p.g.a. det abnorma fisket.

Som framgår av kapitlet om sill (4.2.1.) kommer till Skagerrak-Kattegatt larver och yngel av höstlekanande sill, sannolikt mest från området NE om Skottland -Shetland (Buchan-sill), men kanske också (mera förr) från Dogger. Däremot har vi inte något utbyte med den sill, som leker nära Engelska kanalen, Down-sillen. Om man jämför sillarvernas spridning med fördelningen av radioaktivt cesium, är likheten dålig. Sillarverna sprids avsevärt snabbare än cesium. Man kan antingen förklara det med att leken kanske sker utanför "staketet" och får följa med Dooley-strömmen och vindströmmar, eller med att larverna har en viss självständighet. Under vintern är staketet mycket svagare, och vindinducerade strömmar kan lättare föra vattnet och dess innehåll åt ett håll, som bestäms av vinden. Men även vintertid måste det finnas ett viss staket enligt fördelningen av cesium-data (Kautsky 1976). Att larver har en egen vilja visar Adams (1983). Han citerar en undersökning om rödspottelarver. Normalt når larverna Texel i Holland vid ett sådant stadium att det är tid att bottenfälla. Men den kalla vintern 1963 fördröjdes processen, och bottenfällningen skedde i stället nära Helgoland, dit strömmen vidarefört dem.

Cesium-fördelningen pekar på en "egen" transportväg längs västra, södra och östra kustzonerna till Skagerrak. Denna transportväg, som är viktig för en del fiskarters larver, är också utsatt för en ganska kraftig förorening. Innehållet av toxiska ämnen i fisk är förhöjt, särskilt längs Hollands och Tysklands kuster. Tyska bukten som SE-vrån kallas, är den del av Nordsjön, som har det sämsta vattenutbytet. Här har det också på sistone noterats en del eutrofieringseffekter med låga syrgasvärden mm. Sedimentationen är liten i det starka tidvattnet, och först inne i Skagerrak-Kattegatt finns det goda sedimentations-tillfällen. Sverige har därför intressen i att "avlägsna" Nordsjön hålles så rent som möjligt.



### 9.8. Kustzonen.

Kusten är landets gräns mot insjön eller havet ; här skall vi mena det senare endast. Ofta är området närmast land grunt, och i oceansammanhang talar man om den grunda shelfen. Men alla våra hav räknas i det sammanhanget som hörande till shelfen. Man skulle kunna tänka sig att införa begreppet mini-shelf, men det är inte brukligt. En del kuster är dock branta, och är området närmast land ofta lika djupt som havet utanför, t.ex. vid Gotlands W-kust. En tredje "komplikation" är skärgården.

Eftersom området utanför kusten varierar så mycket, måste en kustzon vara relativt generöst definierad. Håkansson et al (1983) har försökt sig på att definiera kustzonen och använder bl.a. begreppet topografisk öppenhet. När havet om sommaren har en termoklin, kan det uppstå s.k. baroklina kelvinvågor intill kusten med en bredd av (i Östersjön) c:a 5 km. De har inte iakttagits i verkligheten annat än i insjöar t.ex. Vättern (Svensson 1979) , men storleksordningen 5 km anges ibland som ett mått på kustzonens bredd i Östersjön.

Uppvällning av djupvatten vid kusten är ett välkänt fenomen. I vissa delar av världen är uppvällningen av djupvatten gigantisk och ger upphov till rika fisken på grund av att närsalter och planktonsporer kommer upp från rika djupmagasin (Jmfr kap. 3). I våra vatten är uppvällningen av en mindre storleksordning, men de ofta förekommande SW-vindarna gör att fenomenet är påtagligt då och då vid svenska östersjökusterna.

I Östersjön tävlar uppvällningen med förekomsten av den isolerande termiska barriären som beskrivits i kap. 4.2.1, där det diskuteras, huruvida termisk barriär kan ha någon betydelse för den värlekande sillen utefter den svenska Östersjökusten. Termisk barriär förekommer inte, när salthalten är över 25 enheter, men det hindrar förstås inte, att det i Kattegatt och Skagerrak går att definiera en kustzon. Som framgår av 9.6 delar Lagenfelt et al (1983) in Skagerraks skärgård i tre delar, inre, mellersta och yttre delen. En typ av inre område är en vik utan eller med liten sötvattenstillrinning. Tröskel saknas oftast, men vattenutbytet blir ändå litet på grund av trånga sund. En sådan indelning som gjorts för Bohuslän passar säkert för många andra kustzoner med skärgård som t.ex. Blekinge (Lagenfelt p.m.). Man kan säga att vår kunskap är på det stadiet, att många olika ansatser måste prövas. Så småningom kan man kanske komma fram till den enhetlighet, som Håkansson et al (1c) eftersträvar.

Kustzonen uppför sig i vissa avseenden extremt i förhållande till öppna sjön. Ibland är den isolerad från havet och kan behålla hos sig sillarver men också föröreningar. Men ibland ventileras kustzonen mycket effektivt, vilket igen kan vara positivt och negativt. Positivt om föröreningar förs bort, negativt om fisklarver och fiskföda förs ut till sjöss.



Till kustzonen hör älvmyningarna med sitt söta vatten. Det avlänkas ofta till höger, men vind och vattenståndsändringar kan störa det förloppet. Generellt har kustzonen sötare vatten än utsjön. Därför karakteriseras kustzonen av att det även finns sötvattensfiskar (jmf 6.2.). Den zon där dessa trivs, är med naturlighet bredare ju lägre utsjöns salthalt är men alltså smal i Kattegatt och Skagerrak.

Det finns ett SNV-projekt om grunda mjukbottnar som lek- och uppväxtområde för fisk. Det leds av Rutger Rosenberg och skall snart slutrapporteras. Bland resultaten kan nämnas att produktionen av fisk och fiskföda i några grundområden på svenska västkusten tillhör de högsta, som uppmätts i Europa. Betydande mängder torsk och plattfisk hämtar sin föda under natten i kustzonens grunda områden (Rosenberg p.m.).

## 10. Några "hydrografiska" hjälpmedel i fiskeriforskningen

Jag tar här upp 1) elfiske, 2) akustiska principer och instrument, 3) matematiska modeller och 4) fjärranalys.

### 10.1. Elfiske

Elfiske grundar sig på att fisk under vissa omständigheter reagerar på en elektrisk ström i vattnet, genom att simma mot anoden och bedövas nära denna (Muus och Dahlström 1981). Elfiske används för att studera och sköta fiskbestånd i sötvattendrag. Fisken reagerar på det spänningsfall  $dV$ , som uppstår mellan huvud och stjärt. Långt från anoden skräms fisken och avlägsnar sig. Men vid ett visst  $dV$  börjar fisken darra och ett litet större  $dV$  får fisken att simma mot anoden (elektrotaxi). Nu får man passa på att fånga den innan den kommer så nära anoden att den dör. - Elfiske i saltvatten får en annan karaktär p.g.a. den höga ledningsförmågan. Enligt Hagström (p.m.) elfiskar bomträlare i Nordsjön efter tunga.

### 10.2. Akustik

I vatten går ljudet fram c:a 5 ggr snabbare än i luft. Medan ljus och radiovågor bara kan tränga fram några få hundra meter, kan ljud gå mycket långt. Medan man förr tvivlade på att vattendjur reagerar på ljud (de har ofta inga eller dåligt utvecklade öron) har fortsatt forskning visat, att vattnet "bubblar" av djurens ljudalstring, och att de även uppfattar det, t.ex. med simblåsan. Vindvågor ger upphov till en hel del buller.

Ljudhastigheten är en funktion av temperatur, salthalt och djup (tryck). En grads temperaturökning ökar ljudhastigheten med c:a 5 m/s, medan det behövs 4 salthaltsenheter eller 300 m:s djupökning för att nå samma effekt. Ett ekolod, som är inställt på 1500 m/s visar nästan 20 m fel i Landsortdjupet (459 m), där ljudhastigheten är c:a 1450 m/s



på grund av den lägre salthalten. De ljudfrekvenser man brukar använda sig av i instrument av ekolodstyp ligger mellan 10 och 200 kilohertz (ett ungt människoöra hör toner mellan 0.02 och 20 khz). Låga frekvenser ger större räckvidd (även genom sediment, som man kan se detaljer av på ekogrammet), medan höga frekvenser ger högre upplösning och passar bättre för fisklodning. - En speciell variant är eko-integreringstrustning, där man söker översätta summan av en serie signaler till mängd fisk (se bl.a. Lindquist och Gullman 1975, Craig 1984).

Om man sänder ut ljudstrålar i annan riktning än rakt ned, sägs man använda asdic eller sonar. Fiskare kan finna fisk och militären söker efter fientliga ubåtar med denna metod. Denna kompliceras dock av att ljudstrålar bryts och reflekteras på ett liknande sätt som ljusstrålar. Om ljudhastigheten avtar med djupet, t.ex. på grund av att temperaturen avtar med djupet men ökningen av salthalt är liten (Östersjön om sommaren) så böjs ljudstrålen så att den når botten närmare fartyget, än som den skulle ha gjort, om strålen gått rätlinigt. Motsatsen är fallet, när ljudhastigheten ökar med djupet, som den gör där det finns baltiskt vatten i Skagerrak och Kattegatt under hela året utom under maj-aug, då den minskar svagt med djupet (Johansson and Svansson 1974). Vanligtvis är ljudhastighetsändringarna med djupet inte "mjuka" utan gör hopp på grund av t.ex. temperaturens ojämna förlopp. Förhållandena är i allmänhet mest variabla i Kattegatt och Skagerrak. Ett idealt tillstånd vore att fiskaren hade möjlighet att mäta temperatur och salthalt och därpå antingen ginge in i en bok med olika utbredningsmönster eller alternativt hade en dator, som visade mönstret på en skärm. I dagens verklighet prövar fiskaren kanske sin utbredning mot sitt eget kölvatten. Ett av alla problem med asdic, är att det kan finnas fisk (ubåtar), som ligger i någon akustisk skuggzon och därmed inte kan upptäckas av instrument.

I de stora oceanerna finns på 750-1500 m djup en zon, där ljudhastigheten har ett minimum. Detta bildar en kanal, där ljudet kan gå fram, utan att förloras mot yta eller botten. Här har man uppnått räckvidder på 10 000 km!

### 10.3. Matematiska modeller

"Hydrografiska modeller är en del av den nödvändiga basen för beståndsuppskattning" skriver en utredare i ett förslag till Fiskeristyrelsens framtida utseende (Johansson 1984).

Matematiska modeller har blivit ett begrepp framför allt sedan man börjat lösa problem numeriskt, när det inte går att göra det matematiskt-analytiskt. Det numeriska arbetet blir omfattande men passar utmärkt för datorer. Att använda modeller, liksom teoretiska ekvationer i allmänhet, är ett sätt att i formler finna uttryck för det som sker i naturen. Men vanligtvis måste man ge avkall på en del av den komplicerade verkligheten och skapa en teori, som gäller under vissa förenklade betingelser. När man löser ekvationer,



analytiskt eller numeriskt, får man ett intryck av exakthet. Man glömmmer då lätt de osäkra förutsättningarna och blir besviken, när lösningen inte liknar verkligheten så bra som man hade trott att den skulle göra. Men teorier och modeller är nödvändiga instrument för att sammanfatta våra tankar om naturen och förhoppningsvis får vi därigenom en kontinuerligt bättre bild av den verklighet som vi vill förstå.

De modeller man lyckats bäst med är tidvattensmodeller, därnäst vindinducerade förändringar av vattenstånd och därmed förknippade vattentransporter. I kap. 4.2.1. föreslås, att man skall använda en modell enl Davies (1980) för att beräkna hur intransporten av (Buchan-) sillarver till Skagerrak varierar från vinter till vinter. I de flesta modeller delar man upp rummet i små enheter, boxar, men begreppet boxmodell brukar användas endast, då boxarna var för sig sammanfaller med ekologiska enhetsområden. Det finns flera boxmodeller för våra hav (Sjöberg 1980, Stigebrandt 1983 m.fl.) men ingen av dem speglar effekterna av diskontinuerliga flöden från Kattegatt till djuphålorna i Östersjön. Boxmodellerna är ofta ekologiska. Steele (1974) har en tvåboxmodell (yt- och djupvatten) av Nordsjön med närsaltdynamik samt produktion av växt- och djurplankton. Andersen et al (1977) är ett ambitiöst försök att gå från fosfor till fisk. Modellen har dock hitintills prövats med enbart fiskdynamik, där man ändock gått ett steg längre (flera fiskarter) än i Beverton och Holts (1957) banbrytande modell för en enda fiskart.

#### 10.4. Fjärranalys

Med fjärranalys (FA), eller remote sensing, som den engelska termen lyder, menas registrering, bearbetning och analys av speciellt elektromagnetisk strålning i syfte att utan direkt kontakt med mätföremålet erhålla information från jorden, vattnet eller atmosfären. De instrument, som används kan placeras på satelliter och flygplan men även på fartyg, landgående fordon eller bergshöjder.

Jag har tidigare varit med i en del FA-grupper och kunnat följa med i vad som händer (Jag gjorde en liten utredning åt SNV 1981). Men utvecklingen går mycket snabbt, och det jag skriver här kan vara föråldrat. Tidskriften "Fjärranalys, information från Rymdbolaget" är lämplig lektyr för den som vill hålla sig a jour med utvecklingen. - FA skall ses som en kompletterande observationsmetod och inte något som ersätter alla gamla sådana. Liksom när det gäller matematiska modeller (10.3) finns det på sina håll en bevikelse över att FA inte kan göra mer. Men om man inte har orealistiska förväntningar, skall man finna, att FA redan har fört och kommer ett föra vårt vetande om naturen avsevärt framåt.

En enkel FA-teknik består i att ta fotografiska bilder, vanligen med användande av färgfilter. Bullis et al (1976) härrör från ett föredrag vid ICES årsmöte 1976, där Bullis bl.a. berättade, att man i USA fotograferat tonfisk (Thunnus thynnus) med Hasselbladskamera från flygplan. Fisken sågs i det relativt klara oceanvattnet ned till ett djup av 15 m i



blått och grönt men däremot inte i rött (jmf 5.3). - En vanligare teknik i satelliter liknar den som används i TV-kameror. Här kan man dels få "vanliga" bilder, dels bilder baserade på datorbearbetning av signalerna, vilken ger en avsevärt detaljrikare bild. Satelliterna Landsat (1, 2 och 3) har givit mycket bra signaler ifrån sig; horisontalupplösningen är 100 m. Bertil Öström, som arbetade vid Hydrografiska laboratoriet under många år, visade 1976, att man kunde identifiera blågröna alger i Östersjön på (obearbetade) Landsat-bilder. - År 1972 gjordes en jämförelse mellan förekomst i Mexikanska golfen av fisken menhaden (*Brevoortia patronus*) och Landsat-signaler. Man fick en signifikant korrelation för signalen i rött (Bullis et al 1976).

I menhaden-experimentet ovan syntes ingen fisk från satelliten, utan man spårade något annat, som i sin tur "drog till sig" fisken. Det kan ha varit frontzonen mellan två vattenmassor (jmf 5.6, 5.7) med riklig tillgång på föda. Både temperatur och optiska egenskaper kan då ha varit olika i de två vattenmassorna. Temperaturmätningar är bland de vanligaste i FA-sammanhang, och man arbetar världen över med att söka samband med andra oceanografiska faktorer. Det finns temperatursensorer i väderlekssatelliterna, som passerar över Sverige 8-10 ggr/dygn. Wennerberg (1980) är en datorbearbetning av motsvarande temperatursignaler. Trots att absolutnoggrannheten är låg, c:a 1.5 - 2 °C, på grund av variabla atmosfäriska förhållanden, menar hon att relativnoggrannheten är så god som 0.2 °C. Man hör ofta skepsis på grund av att temperaturen egentligen representerar bara ett mycket tunt ytskikt. Men jämförelser med den direkt uppmätta temperaturen visar att man oftast får en god information från ett avsevärt tjockare ytskikt (på grund av omblandningen).

Satelliten Nimbus 7 skulle vara speciellt lämplig för observation av vattnets färg, suspenderande sediment och klorofyllhaltigt växtplankton. Huruvida man fått några bra resultat är obekant. Det kan bli svårt att hitta klorofyll i Östersjön med allt sitt gulämne, som ger liknande signaler (jmf 5.3). - Lindell (1980) visar ett högtkorrelerat samband mellan ljustransmission i Mälaren och Landsatinformation.

I slutet av 70-talet satsade Delegationen för Rymdverksamhet en hel del på området fiskeri-FA. Bertil Öström gjorde en studieresa i USA, och han samarbetade i Sune Svanbergs laserexperiment (Se t.ex. Fredriksson et al 1979, där studier gjordes på fisk från Argos). Tyvärr lades projektet ned.

## 11. Diskussion och rekommendationer

Det första man tänker på, när man gått igenom en mängd litteratur om samband mellan hydrografi och fiskeribiologi, är banalt: man vet för litet, man bör göra mer undersökningar och studier. Lika banalt är att konstatera att resurserna är



för små för att man skall bli nöjd, i synnerhet i ett litet land som Sverige. När det gäller det öppna havet förbättrar det internationella samarbetet situationen avsevärt, men även här är vi långt från idealtillståndet. PMK-utsjö är ett ambitiöst försök att övervaka Östersjöområdet tillstånd men primärt endast föroreningar. Ett närmare samarbete med fiskeriundersökningarna vore en fördel, bl.a. skulle det ge den bättre mätfrekvens, som nu är ett problem.

Jag skall här glömma prioriteringskrav och i stället utifrån sammanställningen ovan ge exempel på några önskvärda studier. En del av sina kunskapsbrister kan man avhjälpa genom att återigen gå igenom gamla data i ny belysning. En del avhjälper man med nya undersökningar, som bäst utnyttjas tillsammans med resultaten av redan gjorda äldre undersökningar.

Hydrografins betydelse för fisken är antagligen störst under de första stadierna av fiskens liv. Lek är vanligast om våren och låt mig börja med vårlekande sill i Östersjön. Här skulle jag vilja skissa ett 5-årsprogram att utföras t.ex. i Asköområdet eller vid Simpevarp eller annan plats. Varje år skulle man göra undersökningar under åtminstone mars, april och maj. Man mäter i ett snitt från kusten genom väntat lek område samt ut till havs tills man åtminstone träffar haloklinen. Om det ligger is, mäter man utifrån och in till isranden. Man följer utvecklingen av primärproduktion och / eller växtplankton, djurplankton (inklusive sillarver), lämpliga sillstudier samt hydrografi (temperatur, syrgashalt, närsalter). I lugnt väder bör det finnas stor skillnad mellan kustzon och utsjö, men hur mycket störs detta av vindar? När larverna kläcks undersöker man, om de är instängda i kustzonen eller om de går igenom den termiska barriären. Man får också veta om barriären är speciellt födorik (eller motsatt, om termiska barriären är överreklamerad).

Om man i stället gjorde undersökningen i Blekinge skärgård, kunde man sträcka ut snittet, så att man även träffade på torsklek. Under en 5-årsperiod hinner man få med de olika varianterna av lek vid botten och lek vid haloklinen. Intressant är ju även att se vad de torsklarver lever av, som kläcks tidigast, d.v.s. tidigare än zooplankton hunnit växa till sig. Ett noggrant studium av vad haloklinlagret innehåller, bör ingå.

När det gäller Skagerraks vårlekande sill, kan man inte bara kopiera ovanstående program, eftersom frågeställningarna delvis verkar annorlunda. För att konstatera, om leken äger rum innanför något slags staket, behöver man nog göra ganska omfattande strömmätningar både i lekområdet och längre ut. Det är så mycket nödvändigare med sådana mätningar, som man (Rosenberg) är speciellt intresserad av att få veta vart larver och yngel tar vägen.

Låt mig dröja vid Skagerrak. Som framgår ovan (t.ex. 9.6) diskuteras för många arter av fisk och kräftdjur frågan huruvida larver och yngel kan stanna kvar i Skagerrak eller hamnar utanför på grund av den kraftiga och permanenta strömmen. Det är ju i allmänhet inget problem för bestånden,



eftersom i så fall larver, som fötts utanför Skagerrak (mest i Nordsjön) kommer in och ersätter det förlorade. Alternativet är att yngel på egen hand kan hoppa av från strömmen, men sannolikt inte på det ställe, där föräldrarna har hållit till.

Det finns ytterligare skäl till att mäta strömmens variationer i Skagerrak. Höstlekande Buchan-sillens larver må vara instängda bakom ett retentionsstaket några månader, men på senhösten och förvintern är de ute i hela Nordsjön, Skagerrak och delvis Kattegatt. Cushing (1982) menar att de behöver komma över "mot Danmark", där det finns hösttopp i produktionen. Indriften till våra vatten varierar uppenbarligen från år till år. Det skulle man bestämma genom att låta strömmätare ligga ute på strategiska positioner och nivåer. Ett studium av sambandet mellan ström och vattenstånd skulle ev. leda till samband som skulle kunna bli ett billigare sätt att uppskatta variationerna. En transportmodell av Davies (1980) typ är ett lämligt komplement.

Efter leken förflyttar sig fisk ofta till platser med bättre föda för vuxen fisk än den som lekområdena erbjuder. Ofta följer fiskarna efter, men inte alltid, alla områden är inte lämpliga att fiska på, kvaliteten är inte god nog vid alla tider på året mm. Varje land söker numera att bestämma fiskbestånden med olika hjälpmedel, t.ex. ekointegrering. Man kan tänka sig att en del områden är mer prioriterade än andra, t.ex. på grund av extra närsaltstillförsel genom uppvällning mm. I Skagerrak väntar man sig att födoförhållandena skall vara bäst innanför (till vänster om) strömmen, men Olle Hagströms (pm) iakttagelser pekar på att sillen mest finns i själva strömmen. Det vore en angelägen uppgift att få klarhet i dessa ting.

Under vintern är födobehovet mindre, men sannolikt ändå av betydelse. Ett närmare studium av haloklinen i Eg. Östersjön har anbefallts ovan. Här kan tilläggas: även under vintern. - Om det kommer in sillperiodsill till Skagerrak, bör man givetvis göra undersökningar för att få ytterligare hjälpmedel att förstå varför sillen ibland väljer att övervintra där.

Man behöver skaffa sig mer kunskap om förhållandet kustzon-öppet hav inte bara för att förstå den vårlekande sillen i Östersjön utan av många andra skäl. Ett viktigt delproblem gäller älvmynnningar. Här lever en mängd sötvattenarter, varav många vandrar upp i vattendragen för att leka. En del, som lax och ål, stannar bara en kortare tid innan de beger sig längre ut i havet. Men man vet inte så mycket som man skulle vilja om det som varierar, vattenföring, havsvattenstånd, vindar mm och dessa faktorerers inverkan på fiskens beteende, t.ex. lekuppvandring. En undersökning bör kunna utnyttja fjärranalys (kap. 10), eftersom i allmänhet älvvatten har andra termiska och optiska egenskaper än havsvatten. Håkan Westerberg kan säkert skissera ett älvmynningsprogram, som skulle kunna fullt ut pröva hans hypoteser (se kap. 5.7) om fisks orienteringsmetoder. Nu har han som alla vi andra för begränsade resurser.



Mina kunskaper på sötvattenssidan är för dåliga för att jag skall föreslå något undersökningsprojekt där. Många undersökningar har gjorts i samband med föroreningsutsläpp. Då satsas i allmänhet mer pengar än om det enbart gäller fiskeri. Det är lättare att ta reda på en insjöns produktionsbudget än t.ex. Eng. kanalens och många lärdomar kan flyttas från det lilla till det stora formatet.

Problemet huruvida förändringar av närsalter, syrgas mm beror på klimatet eller på mänskliga ingrepp, är inte primärt fiskerihydrografiskt, men har icke desto mindre stora konsekvenser för t.ex. Östersjöfisket. Närsaltsökningen där sedan 1970 har resulterat i ökade fiskbestånd. Det är oerhört viktigt att förstå vad som är orsaken till närsaltsökningen, så att man kan göra en bra prognos för framtidens fiske i Östersjön. Därvid är det viktigt att följa med de globala förändringarna och där förstå vilka av dem som är klimat- (hydrografi-) influerade. - Det är väl oklart, vilken hänsyn de kvotbestämmande fiskeri-administratörerna kommer att kunna ta till hydrografin i allmänhet och klimatförändringarna i synnerhet. Man söker ju nu göra prognoser med rent fiskeribiologiska modeller, där bl.a. samband mellan bestånd och rekrytering ingår. Men dessa samband grundar sig på fiskeri- och undersökningsdata, som i sin tur är störda av klimatfaktorn. Det är därför viktigt att även ur denna synpunkt följa hydrografin.

Som framgår av den gjorda sammanställningen finns det fiskerihydrografiska samband som är nästan säkra, men det finns många, där sannolikheten är sämre. Det behövs mycken forskning för att pröva hypoteserna, mest beroende på att data är för glesa i tid och rum. Teknikutvecklingen kan här förbättra läget, först väl mest för hydrografin, men i ett långt perspektiv kommer nog mättekniken att förbättras även på det fiskeribiologiska området.

Denna sammanställning av svensk fiskerihydrografi "om kopplingen mellan å ena sidan fisken och fiskfödan och å andra sidan den fysikaliskt-kemiska miljön i sjöar och hav med ett för Sverige intressant fiske" är på intet vis fullständig. Bl.a. av tidsbrist har det varit omöjligt att läsa all den litteratur, som kan tänkas behandla samband mellan hydrografi och fiskeri. Men av många skäl är det kanske klokt att stanna upp här, betrakta arbetet som ett första utkast och kanske om någon tid börja om på nytt.

## 12. Tack

riktar jag först till Laura Piriz, som satte fart på arbetet och som gjort litteraturstudierna till kap. 4.2. Dessförinnan fick jag initialt råd och anvisningar vid besök hos eller brev från : Sten Andreasson, Rikard Ljöen, Svend-Aage Malmberg, Lennart Nyman, Mats Olsson, Veikko Sjöblom, Gunnar Svärdson och Tapani Valtonen.



Följande personer tackar jag för att dessutom ha läst delavsnitt (ibland i flera omgångar): Ole Bagge (4.2.), Stig Carlberg (6.1.3), Bernt-Ingemar Dybern (4.2.6.), Ulf Grimås (6.1.1. och 6.1.2.), Hans Höglund (4.2., speciellt 4.2.1.), Ingvar Lagenfelt (kustproblematik), Erik Neuman (6.2.),

Gunnar Otterlind (4.2., speciellt 4.2.4.), Lars Rydberg (5. samt hydrografen i 9.) samt Håkan Westerberg (framför allt 4.1.).

Jag tackar följande personer, som (dessutom) granskat manuskriptet i sin helhet, nämligen Rutger Rosenberg, Arne Lindroth, Odd Lindahl, Olle Hagström och Erik Degerman. Kommentarererna har lett till många omskrivningar och en uppenbar kvalitetsförbättring.

Till sist tackar jag Anita Taglind, (och mot slutet av arbetet även Mohini Mangalore) som tillbringat många timmar vid dataterminalen för att skriva och om och omigen ändra i texten, samt övriga på Hydrografiska laboratoriet med Stig Fonselius i spetsen, vilka jag på ett eller annat sätt besvärat vid tillkomsten av denna sammanställning.

### 13. Förkortningar samt några ordförklaringar

Batytermograf = Ett instrument, där på en sotad glasskiva el. liknande temperaturen ritas mot djupet

Bentos = Havs- eller sjöbottens fastsittande eller rörliga växt- och djurvärld

BMB = Baltiska marinbiologerna

Bottenfauna = Bottenens djurvärld

Bq = Becquerel

CBO = De baltiska oceanograferna (Conference of Baltic Oceanographers)

Demersala fiskar = Fiskar som lever nära botten

Detritus= I vattnet svävande eller sjunket dött organiskt material

Diatomeer = Kiselalger

Eg. = Egentliga (Östersjön)

Ekologi = Läran om växter och djurs förhållande till varandra och till sin miljö

FA = Fjärranalys

FRN = Forskningsrådsnämnden



- FS = Fiskeristyrelsen
- Fytoplankton = Växtplankton
- GF = Göteborg-Frederikshamn (-projektet)
- ICES = Internationella havsforskningsrådet (sekretariat i Köpenhamn)
- Konvektion = Vertikala vattenrörelser
- lc = Loc cit = samma referens som ovan för samma författare
- LC 50 = Letal koncentration, som förorsakar att 50 % slås ut
- Littoralen = Strandregionen
- MM = Match Mismatch (4.1)
- N = Kväve
- P = Fosfor
- Pelagialen = Fria vattnet
- Plankton= Levande organismer från växt- och djurriket, som svävar fritt i vattnet och driver med strömmarna
- pm = Personligt meddelande (personal communication)
- PMK = Program för övervakning av Miljö-kvalitet
- pp = Pages (sidor)
- RPV (ICES)= Rapports et Procès-Verbaux des Réunions
- S = Salthalten (anges i enheter, praktiskt taget detsamma som förut o/oo)
- SHBK = Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionen (1901-1948)
- SHF = Svenska Havsforskningsföreningen
- SNV = Statens Naturvårdsverk
- TP = Totalfosfor
- TN = Totalkväve
- tv = Torrsvikt
- ugat/l = mikrogramatomer pr liter (Fosfor: 1 ugat/l = 31 mikrogram/liter; kväve: 1 ugat/l = 14 mikrogram/liter )
- vv = Våtvikt
- Zooplankton = Djurplankton



Al = aluminium	Hg = kvicksilver	NO <sub>3</sub> = nitrat
As = arsenik	H <sub>2</sub> S = svavelväte	PB <sub>3</sub> = bly
Cd = kadmium	K = kalium	PO <sub>4</sub> = fosfat
Co = kobolt	NH <sub>4</sub> = ammonium	SO <sub>4</sub> = sulfat
Cs = cesium	NO <sub>2</sub> = nitrit	Zn = zink

#### 14. English Summary.

This synopsis of (Swedish) Fisheries Hydrography deals with the coupling between on one hand the fish and its food and on the other the physical and chemical environment in lakes and seas where there is a fishing activity of Swedish interest. The synopsis contains few figures and no tables and is thereby particularly difficult to understand for those who do not read Swedish. This short summary unfortunately can only give a vague idea of the content. Possibly the text will be translated into English in future depending upon various conditions. For the time being the non-Swedish reader is recommended to contact the author if he likes to know more about the synopsis than is contained in this summary.

The definition of hydrography used here is clearly wider than the one used by ICES, and into the concept of Fish also crustacea are embraced. Most of the compilatory literature used is listed at the end of the introductory Chapter 1.

The content of the short Chapters 2 (History) and 3 (Fisheries Hydrography in various parts of the world) partly originate from Cushing (1982). The El Nino phenomenon is mentioned in Chapter 3, whereas other global questions may be found in Chapter 7.

The Chapter 4 is called "Fish as starting point". It begins with a short account of properties of aquatic animals in relation to environment (Chapter 4.1). Some pieces of information have their origin in Tait (1972). Cushing's Match/Mismatch hypothesis is explained. Harden Jones' (1968) triangle of migration is discussed; the female migrates to a place where her eggs and larvae can drive with the current (back) to the nursery ground.

The Chapter 4.2. is a rather detailed synopsis of the behaviour of the most important "Swedish" fish species in relation to the environment; herring (4.2.1.), sprat (4.2.2.), mackerel (4.2.3.), cod (4.2.4.), lobster (4.2.6.1.), crab (4.2.6.2.), Norway lobster (4.2.6.3.), deepwater prawn (4.2.6.4.), eel (4.2.7.) and salmon (4.2.8.). Most of "our" herring spawn in the coastal zone and it is discussed if Iles and Sinclair's (1982) "retention area" hypothesis can be applied. A particular retention area could be the coastal zone inside the "thermal bar" in the Baltic. At the end of Chapter 4.2.1. the herring periods of Bohuslän (the Swedish Skagerrak Coastal area) are described according to Höglund (1976). Cushing (1982) thinks that the old idea, that this fishery and the Atlantoscandian Norwegian fishery are alternating in time, is still valid though there is no doubt that the herring belong(ed) to different stocks. A colder climate would suit the Bohuslän herring and a warmer



the Norwegian herring. - The greater part of Chapter 4.2.4. concerns Baltic cod. The age group seems to be larger after inflows of new water from the Kattegat to the deeps. The catches of cod (and herring) have increased particularly since 1970 which apparently is related to the doubling of the winter amounts of nutrients. - With the crustacea it is especially discussed whether Jones' (1968) larval drift hypothesis holds good or not. Actually there are difficulties to bring hypothesis and reality (the strong currents of the Skagerrak) to an agreement. The Chapter 4.3. is a very short account of aquaculture. There are problems with negative winter temperatures (down to minus 1.4 °C) in the Kattegat - Skagerrak coastal zone.

The Chapter 5 focuses hydrography and ecology (in relation to fisheries problems). In Chapter 5.1 (temperature, density etc.) Sverdrup's (1953) idea, that primary production cannot start before a certain water density stability is reached, is explained. The Chapter 5.2 is about nutrients and 5.3 light conditions (yellow humic substances are characteristic for the Baltic). In Chapter 5.4 Tait's (1972) scheme of ecological energy relations in the English Channel is quoted in some detail. There is no similar budget compiled for "Swedish" waters, but it is assumed better, to show a real example than principles only. At the end of Chapter 5.4 some catch figures are presented. The catches increase from 5 kg per ha and annum in the Gulf of Bothnia to 40 kg/ha in the Baltic Proper and more than 70 in the Skagerrak - Kattegat. The Chapter 5.5 is about Oxygen and 5.6 Water movements. Chapter 5.7 is devoted to Fine structure inspired by Westenberg's (1984) recent dissertation on hydrographic features important for the orientation of fish.

The Chapter 6 is called "Pollution of fish and other human influences on the water environment". Lakes and rivers are usually more polluted than the sea and this fact is reflected in the text. The Acidification (6.3) is exclusively a fresh water problem whereas Radioactivity (6.1.2), Oil (6.1.3) and Cooling Water (6.2) are nearly only brackish and salt water problems. The Chapter 6.1.1 is titled Heavy Metals and Chlorinated Hydrocarbons, and 6.4 Dredging and Dredge Spoil Deposition. The long turnover time of the Baltic, some 35 years contributes to higher pollution levels in the Sea, compared with Kattegat and Skagerrak concentrations.

The Chapter 7 is called Climate Variations (7.1) and their Relation to Biological Long-Term Changes (7.2). The warm 1930s had probably many biological consequences also for our waters. Autumn spawning herring dominated in the Baltic. Eel larvae might have had easier passage through North Sea to our waters. It is not clear whether the general deterioration after about 1970, when the cod fishery of the West Greenland and the Barents Sea diminished as well as the failure of Atlantoscandian Norwegian herring, has had any consequences in our waters. The doubling of the Baltic winter nutrients since 1970 is usually supposed to have anthropogenic origin.



Chapter 8, Seasonal Variations and Chapter 9, Fisheries Hydrography by areas include both information mentioned in earlier chapters as well as new information. As Sweden is situated between latitudes  $55^{\circ}$  N and nearly  $70^{\circ}$  N there are rather large seasonal variations between north and south parts. For the northern parts ice conditions both in the lakes and the Gulf of Bothnia are usually more hampering than low light. In these parts the spring starts late, whereas the opposite is the case with the Kattegat and parts of the Skagerrak, where spring blooms may appear already at the end of February.

The Chapter 9.1 about Swedish fresh waters is divided into 9.1.1. The Great Lakes (Vänern, Vättern, Mälaren and Hjälmaren) and 9.1.2. regulated lakes (due to power plant buildings). Lake Vättern with a turnover time of about 60 years is less productive with Arctic char and whitefish in contrast to lake Mälaren 3 years with vendace, pike-perch etc. The Gulf of Bothnia is divided into the Bothnian Bay (9.2) and the Bothnian Sea (9.3). Both have rather poor fish stocks, which however is not caused by the rather high pollution effluents. The Chapter 9.4 concerns the Baltic Proper which is characterized by the existence of a permanent halocline at 60-70 m in the northern and eastern part and 50 m in the SW part. There are few fish species which form large stock in the Baltic out of which herring and cod are most important and also salmon and eel. The Chapter 9.5 is about Kattegat and Öresund. The surface waters along Swedish coast and also in the Skagerrak (Chapter 9.6) are similar, and often called Baltic current water. SE Kattegat and Öresund have near critical oxygen content in the deep, and in the Laholm Bight the bottom animals have been in poor condition for some years. The Skagerrak is also characterized by the strong current from the North Sea, the Jutland current. Recent investigations of the coastal zone of Bohuslän are discussed. The Chapter 9.7 is titled North East Atlantic, the North Sea inclusive and 9.8 The Coastal Zone. The Chapter 9.8 is rather short, partly because there is much written about this area in previous chapters.

The name of Chapter 10 is "Some Hydrographic tools in Fisheries Research", 10.1 being Electrofishing, 10.2 Acoustics, 10.3 Mathematical models and 10.4 Remote sensing.

The Chapter 11 looks into the future. Apart from a general wish for more research in this rather difficult field, the author would like to recommend special studies in sections from the coast to the open sea. It would have most bearing upon herring, but in the Baltic also cod studies should be included.



15. Referenser:

- Anon. 1974: Vintersjöfart med stora fartyg i Bottenviken.  
- Styrelsen för Vintersjöfartsforskning,  
forskningsrapp. nr 6.
- Anon. 1976: Sjöar under inverkan.  
- SNV Diagnos.
- Anon. 1977: The Ekofisk Bravo blowout.  
- ICES C.M. 1977/E:55.
- Anon. 1978: Västerhavsfisk.  
Meddelande från Havsfiskelab. nr 237, 141 pp.
- Anon. 1979: The biology, distribution and state of exploitation of  
fish stocks in the ICES area.  
- Cooperative Research Rep (ICES) no. 86, 203 pp.
- Anon. 1979b: Fiskeutredning, Nymölla.  
- Fiskerintendenten i V:a distriktet  
(1979-04-10).
- Anon. 1980: Öresund. Tillstånd, effekter av närsalter.  
- Öresundskommisionen, Liber, 252 pp.
- Anon. 1981: Försurning av mark och vatten.  
- SNV (Monitor), 176 pp.
- Anon. 1981b: Research activities related to oil pollution incidents.  
- ICES Cooperative Research Report no 107, 51 pp
- Anon. 1981c: Fiskodling, lagstiftning och tillämpning.  
- SNV Medd. 2/1981.
- Anon. 1982: Tungmetaller och organiska miljögifter i svensk natur.  
- SNV (Monitor), 176 pp.
- Anon. 1982b: Långsiktsplan för yrkesfisket.  
- Fiskeristyrelsen 1982-08-13.
- Anon. 1982c: Climatological ice atlas for the Baltic Sea, Kattegat,  
Skagerrak and Lake Vänern (1963-1979).  
- Sjöfartsverket Norrköping, 220 pp.
- Anon. 1982d: Som fisken i vattnet: Vattenbrukets miljöfrågor.  
- FRN Rapport 82:7.
- Anon. 1983: Kustfisket i Göteborgs och Bohus län. Rapport 2:  
Fiskeribiologiska förutsättningar.  
- Länsstyrelsen, maj 1983.
- Ackefors, H., 1981: Zooplankton.  
- I The Baltic Sea (Elsevier, ed Voipio),  
238-254.
- Adams, J., 1983: Biological subdivisions of the North Sea.  
- I Flushing time of the North Sea, Cooperative  
Research Report (ICES), no. 123, 34-58.



- Aertebjerg, G., 1980: Oxygen, naeringssalte og primaerproduktion i Kattegat.  
- Seminarierapport, Lysebu, Oslo 14-15 august 1980. Nord.min.rådet. Nu B 1980:24.
- Aertebjerg, G., Jacobsen, T., Gargas, E. and E. Buch, 1981: The Belt Project: Evaluation of the physical, chemical and biological measurements.  
- Miljöstyrelsen, Danmark.
- Ahl, T., 1976: De stora sjöarnas fysikaliska och kemiska förhållanden.  
- I Sjöar under påverkan, SNV (Diagnos), 26-43.
- Ahlfors, Andersson and Hultberg, 1981: Literature review on effects of pulp and paper mill effluents.  
- EIFAC, 230 pp.
- Ahnoff, M., Carlberg, S., Johansson, L. and B. Yhlen, 1977: The Bravo blowout. Oil pollution analysis on North Sea water 9-11 May 1977. Preliminary results.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 218, 9 pp.
- Alm, G., 1964: Laxfamiljen.  
- I Fiskar och fiske i Norden (ed.K.A.Andersson), 465-494.
- Almer, B., 1981: Bottendjursdöden och fisket i Laholmsbukten.  
- Hallands natur nr 7.
- Altner, H., 1969: Så orienterar laxen.  
- Ur Signaler i djurvärlden. Strömbergs, Stockholm.
- Andersen, K.P. and E. Ursin, 1977: A multispecies extension to the Beverton and Holt theory of fishing, with accounts of phosphorus circulation and primary production.  
- Medd. Danm. Fiskeri- og Havundersøgelser, N.S. vol. 7, 319-435.
- Andersson, K.A., ed, 1964: Fiskar och fiske i Norden.  
- Natur och Kultur, 769 pp.
- Andersson, K.A., 1964b: Sillens periodicitet i den bohuslänska skärgården.  
- Sv. Västkustfiskaren nr 13-14, 1964.
- Andreasson, S. and B. Petersson, 1982: The fish fauna of the Gulf of Bothnia.  
- Coastal research in the Gulf of Bothnia (ed Müller), 301-315.
- Aneer, G., 1984: Some speculations about the Baltic herring in connection with the eutrophication of the Baltic Sea.  
- Can.J.Spec.Publ.Fish.Aquat.Sci (in press).



- Anokhina, L., 1971: Maturations of Baltic and White Sea herring with special Reference to variations in fecundity and egg diameter.  
- RPV (ICES), vol. 160, 12-17.
- Aro, E. and V. Sjöblom, 1981: Cod off the coast of Finland in 1978 and 1979.  
- Ann. Biol. (ICES) for 1979, vol. 36, 115-116.
- Aurén, T.E., 1939: Radiation climate in Scandinavian peninsula.  
- Arkiv. Mat. Astr. o. Fysik, Bd 26A no 20, 50 pp
- Bagge, O., 1980: Fiskeri.  
- I Öresund, tillstånd, effekter av närsalter. Öresundskommissionen, Nordstedts, 205-219.
- Bagge, O., 1981: Demersal fishes.  
- I The Baltic Sea (editor Voipio), Elsevier, 311-333.
- Bagge, O. and S. Munch-Petersén, 1979: Some possible factors governing the catchability of Norway Lobster in the Kattegat.  
- RPV (ICES), vol. 175, 143-146.
- Becker, G. and D. Kohnke, 1978: Long-term variations of temperature and salinity in the inner German Bight.  
- RPV (ICES), vol. 172, 335-344.
- Bengtsson, B-E. och Å. Bengtsson, 1983: Rygggradsskador hos hornsimpa i Bottenhavet och Bottenviken.  
- SNV PM 1618 (ed Cedervall), 186-190.
- Berntsson, K.-E., Johansson, N., Ljungberg, O. och A.Svansson, 1973: Ålundersökning, sjukdomsförekomst och vattenföroreningar.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 142.
- Beverton, R.J.H. and S.J. Holt, 1957: On the dynamics of exploited fish populations.  
- Fish. invest. Ser. 2, vol. 19, 533 pp.
- Beverton, R.J.H. and A.J. Lee, 1965: The influence of hydrographic and other factors on the distribution of cod on the Spitzbergen shelf.  
- Spec. Publ. ICNAF, vol. 6, 226-246.
- Bladh, J-O., 1972: Measurements of yellow substance in the Baltic and neighbouring seas during 1970-72.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 138.
- Blomqvist, S., 1982: Ekologiska bedömningsgrunder för muddring och muddertippning.  
- SNV PM 1613.



- Botero, L. and J. Atema , 1982: Behavior and substrate selection during larval settling in the Lobster *Homarus Americanus*.  
- Journal of Crustacean Biology, 21(1), 59-69.
- Brett, J.R., 1971: Energetic responses of salmon to temperature.  
- Amer. Zool. Vol. 11, 99-113.
- Brückner, E., 1890: Klimaschwankungen.  
- Geogr. Abhandl. IV (2) Wien.
- Bullis, H.R. and A.J. Kemmerer, 1976: Examples of Aerospace remote sensing applications to fishery investigations.  
- ICES onummerat (SEFC no 458, Marmap no 128), 21 pp.
- Carnö, B., 1983: Utsläpp från skogsindustrin.  
- SNV PM 1618 (ed Cedervall), 81-84.
- Carson, R., 1963: Tyst vår.  
- Tidens förlag, 288 pp.
- Cleve, P.T., Ekman, G., Hjort, J. och O. Pettersson, 1897: Skageracks tillstånd under den motsvarande sillfiskeperioden  
- Göteborgs Fiskeriförening.
- Cobb, S. J., 1983: Where are the Lobster Larvae?  
- Maritimes, vol. 27 (3), 5-7.
- Colebrook, J.M. and A.H. Taylor, 1979: Year-to-year changes in sea-surface temperature, North Atlantic and North Sea, 1948-1974.  
- Deep Sea Research, vol. 26, 825-850.
- Cooper, L.H.N., 1957: Death of a channel herring fishery.  
- The New Scientist, May 2.
- Craig, R.E. (ed), 1984: Fisheries Acoustics (Bergen symp. June 1982).  
- RPV (ICES) vol. 184, 154 pp.
- Cushing, D.H., 1975: Marine ecology and fisheries.  
- Cambridge University Press, 278 pp.
- Cushing, D.H., 1982: Climate and fisheries.  
- Academic Press, 373 pp.
- Cushing, D.H. and R.R. Dickson, 1976: The biological response in the sea to climatic changes.  
- Adv. Mar. Biol. vol. 14, 1-122.
- Dahlin, H., 1976: Kortfattad rapport om hydrografiska och kemiska förhållanden i Bottniska viken 1968-1972.  
- Acta Univ. Oul. A 42. Biol 3 (Bothnian Bay Symposium 1974).
- Dahlin, H., 1977: "27 box" model for hydrochemical modeling in the Bothnian Bay and the Bothnian Sea.  
- Ambio Spec. Rep. No. 5.



- Dahlin, H., 1983: Bottniska vikens materialbalans, översiktsföredrag.  
- SNV (Rapport) PM 1618.
- Davies, A.M., 1980: Application of numerical models to the computation of the windinduced circulation of the North Sea during JONSDAP '76.  
- Meteor Forschungsergebnisse, Reihe A, No. 22, 53-68.
- Degerman, E. and R. Rosenberg, 1982: Effekter på fiske, fisk och skaldjur som kan ha samband med eutrofiering i Skagerrak, Kattegatt och Öresund.  
- Rapport till SNV 1982-12-08.
- Devold, F., 1963: The life history of the Atlanto-Scandian herring.  
- RPV (ICES), vol. 154, 98-108.
- Dickson, R.R., 1971: A recurrent and persistent pressure - anomaly pattern as the principal cause of intermediate-scale hydrographic variation in the European shelf seas.  
- Deut. Hydr. Z. Jg 24(3), 97-119.
- Dickson, R.R., Pope, J.G. and M.J. Holden, 1973: Environmental influences on the survival of North Sea cod.  
- In The Early Life History of Fish (Springer, ed Blaxter).
- Dietrich, G., Sahrhage, D. and K. Schubert, 1959: Locating fish concentrations by thermometric methods.  
- Modern Fishing Gear of the World, 453-461.
- Dow, R.D., 1973: Fluctuations in marine species abundance during climatic cycles.  
- Mar. Technol. Soc. Journ. 7, 38-42.
- Dybern, B.-I., 1973: Lobster burrows in Swedish waters.  
- Helgoländer wiss. Meeresunters. 24, 401-414.
- Dybern, B.I. and Höisaeter, T., 1965: The burrows of *Nephrops norvegicus* (L).  
- Sarsia 21, 30 Dec. 1965, 49-56.
- Edgren, M., Miettinen, V. och M. Olsson, 1983: Miljögifter/metaller - en översikt av forskningsverksamheten i Bottniska viken.  
- SNV PM 1618 (ed Cedervall), 124-134.
- Ehlin, U., 1974: Spridning och avkylning av kylvatten.  
- I Kylvatteneffekter på miljön, Vattenfalls miljövärdsstiftelse och SNV (1974:25).
- Ekman, F.L., 1875: Om de strömningar som uppstå i närheten av flodmynningar.  
- K. Vetenskapsakad. Handl. vol. 32(7), 43-134.



- Ekman, F.L. och O. Pettersson, 1893: Den svenska hydrografiska Expeditionen 1877.  
- Kungl. Vetenskapsakad. handlingar vol. 25 (1), 163 pp.
- Ekman, V.W., 1905: On the influence of the earth's rotation on ocean currents.  
- Arkiv. f. matem., astr. och fysik, vol. 2(11), 52 pp.
- Ellett, D.J., 1980: Long-term water-mass variations in the North-eastern Atlantic.  
- ICES C.M/C:9.
- Engström, S., 1967: Laying out surface drifters in the eastern North Sea and in the Skagerrack in the summer of 1966.  
- Meddelande från Havsfiskelab. nr 33.
- Fleischer, S., Stibe, L. and T. von Wachenfeldt, 1978:  
- Inledande undersökningar 1976-78 av grönalgen *Cladophora glomerata* i Laholmsbukten.  
- Länsstyrelsen i Hallands län.
- Fonselius, S., 1962: Hydrography of the Baltic Deep Basins.  
- Fish.Bd.Sweden, Ser. Hydrogr., No 13, 40 pp.
- Fonselius, S., 1967: Hydrography of the Baltic Deep Basins II.  
- Fish.Bd.Sweden, Ser. Hydrogr., No 20, 31 pp.
- Fonselius, S., 1969: Hydrography of the Baltic Deep Basins III.  
- Fish.Bd.Sweden, Ser. Hydrogr., No 23, 96 pp.
- Fonselius, S., 1972: On biogenic elements and organic matter in the Baltic.  
- Ambio special rep. no 1, 29-36.
- Fredriksson, K., Galle, B., Nyström, K., Svanberg, S. and B. Öström, 1979: Marine laser probing: Results from a field test.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 245, 20 pp.
- Gray, J., 1936: Studies in animal locomotion, VI. The propulsive powers of the dolphin.  
- J. exp. biol., vol. 13, 192-199.
- Gray, J., 1971: How fishes swim.  
- In Readings from Scientific American, Oceanography 1971. Freeman and comp.
- Grimås, U., 1974: Värmeeffekter på skilda nivåer i ekosystemet.  
- Kylvatten, effekter på miljön. Vattefalls miljövårdsstiftelse och SNV (1974:25).
- Grimås, U., 1983: Radioekologiska kontrollundersökningar vid Barsebäcksverket 1975-1982.  
- SNV PM 1693, 42 pp.



- Grimås, U. och E. Holm, 1983: Några långlivade radionuklider i biota och sediment från svenska vatten.  
- SNV PM 1702, 29 pp.
- Grimås, U. och E. Neumann, 1980: Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1968-1980. En sammanfattning.  
- SNV PM 1345, 19 pp.
- Gurbutt, P.A. and Dickson, P.R., 1983: Interim oceanographic description of the North-East Atlantic site for the disposal of low-level radioactive waste.  
- Nuclear Energy Agency of OECD, Paris.
- Hallberg, R., 1974: Paleoredox conditions in the eastern Gotland basin during recent centuries.  
- Havsforskningsinstitutets Skrift nr 238, 3-16.
- Hanssen, E.A., 1975: Some effects of groundwater on brown trout redds.  
- Trans. Am. Fish. Soc., vol. 104, 100-110.
- Härnerz, L. och E. Degerman, 1984: Lax, en utredning beträffande förutsättningarna för det svenska laxfisket.  
- Jordbruksdepartementet Ds Jo 1984:5.
- Harding, G.C., Vass, P.W. and 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.
- Harvey, H.W., 1950: On the production of living matter in the sea off Plymouth.  
- J. Mar. Biol. Ass. UK, vol. 29.
- Hela, I., 1966: Fluctuations in the degree of continentality of Northern Europe in 1866-1965.  
- Geophysica, vol. 8, 331-334.
- Hela, I. and T. Laevastu, 1962: Fisheries hydrography.  
- Fishing News, 137 pp.
- Hempel, G., 1978: Synopsis of the symposium on North Sea fishstocks, recent changes and their causes.  
- RPV (ICES), vol. 172, 445-449.
- Herrnroth, L. and H. Ackefors, 1979: The zooplankton of the Baltic proper.  
- Inst. Mar. res. Lysekil, Rep. No. 2, 60 pp.
- Holm, N.G., 1978: Phosphorus exchange through the sediment-water interphase.  
- Doct. diss. Geologiska inst. Stockholm univ.
- Howard, A.E., 1982: The distribution and behaviour of ovigerous edible crabs, and consequent sampling bias.  
- J. Cons. (ICES), vol. 40, 259-261.
- Håkansson, L. och H. Kvarnäs, 1983: Vattenutbytet i kustzoner.  
- SNV PM 1618 (ed Cedervall), 17-21.



- Hällfors, G. and A. Niemi, 1981: Vegetation and primary production.  
- I The Baltic Sea (Elsevier, ed Voipio),  
220-238.
- Höglund, H., 1964: De matnyttiga kräftdjuren.  
- I Fiskar och fiske i Norden  
(ed. K.A. Andersson), 226-245.
- Höglund, H., 1972: On the Bohuslän herring during the great herring  
fishery period in the eighteenth century.  
- Inst. Mar. Res. Lysekil, Ser.Biol.Rep. no 20,  
86 pp.
- Höglund, H., 1976: Bohusläns sillperioder.  
- Medd. från Havs fiskelab. nr 207, 43 pp.
- Höglund, H., 1977: Om sillen i Bohuslän under den stora sillfiske-  
perioden på 1700-talet.  
- Göteborg, Handelstryckeriet, 86 pp.
- Höglund, H. and B.I. Dybern, 1965: Diurnal and seasonal variations in  
the catch-composition of *Nephrops norvegicus* L at  
the Swedish west coast".  
- ICES C.M. 1965/M: 146.
- Iles, T.D. and M. Sinclair, 1982: Atlantic Herring: Stock Discrete-  
ness and abundance.  
- Science vol. 215, 627-633.
- Jacobsson, A., 1981: Yrkesfiskets utveckling vid svenska Öresunds-  
kusten under 1970-talet.  
-Rapp. SNV, 24 pp.
- Jansson, B.-O., Wilmot, W., and F. Wulff, 1984: Coupling the subsystems,  
the Baltic Sea as a case study.  
- In Flows of energy and materials in marine  
ecosystems, Plenum (ed. Fasham), 549-595.
- Jensen, A.J.C., 1952: The influence of hydrographical factors on fish  
stocks and fisheries in the transition area,  
especially on their fluctuations from year to  
year.  
- RPV (ICES), vol. 131, 51-60.
- Jensen, S., Johnels, A.G., Olsson, M. and G. Otterlind, 1972: DDT and  
PCB in herring and cod from the Baltic, the  
Kattegat and the Skagerrak.  
- Ambio Spec. Rep. no. 1, 71-85.
- Jerlov, N.G., 1976: Marine Optics.  
- Elsevier Oc. Ser. no. 14, 231 pp.
- Jerlov, N.G., 1977: Classification of sea water in terms of quanta  
irradiance.  
- J. du Conseil (ICES), vol. 37(3), 281-287.



- Johansen, A.C., 1925: On the influence of currents upon the frequency of the mackerel in the Kattegat and adjacent parts.  
- Medd. Komm. Havunders. 7(8), 26 pp.
- Johansen, A.C., 1926: On the remarkable quantities of haddock in the Belt Sea during the winter of 25-26 and causes leading to the same.  
- J. du Conseil (ICES) vol. 1, 140-156.
- Johansen, A.C., 1929: Iagttagelser om Forekomst af døde Marsvin, Fisk og større Krebsdyr i Vinteren 1928-29 og tidligere Vintre i Farvandene omkr. Danmark.  
- Beretning Danm. Biol. Sta., 64-89.
- Johansson, A., 1984: Fiskeriadministrationen. Betänkande av utredningen om fiskeriadministrationen.  
- Ds Jo 1984:7.
- Johansson, K-B., 1964: Förvärvsfiskets möjligheter.  
- Föredrag vid Norrbottens län hushållningssällskaps årsmöte 1964.
- Johansson, K-B., 1974: Några uppgifter om fisket vid Norrbottens läns kust.  
- Fiskerinytt, nr 1.
- Johansson, J. and A. Svansson, 1974: Processing historical data from the Gullmar fjord and the Brofjorden area.  
- Medd, från Havsfiskelab. nr 161.
- Johansson, L., 1977: Uppvällning i svenska kustvatten, en undersökning utifrån tre års ytvattentemperaturkartor.  
- SMHI, PM U 1/77.
- Johnsson (Jerlov), N.G., 1940: Östersjöns värmeekonomi.  
- SHBK, Ny ser., nr 15, 18 pp.
- Jones, F.R. Harden, 1968: Fish migration.  
- Edward Arnold (Publishers) Ltda.
- Jones, F.R. Harden, Arnold, G.P., Walker, M.G. and P. Scholes, 1979: Selective tidal stream transport and the migration of plaice in the southern North Sea.  
- J. du Conseil (ICES), vol. 38(1), 331-337.
- Jones, F.R. Harden, 1981: Fish migration: strategy and tactics.  
- I Animal migration, ed D.J. Aidley Cambridge UP, 139-165.
- Karlgren, L., 1981: Föreningar från fiskodling.  
- SNV PM 1395.
- Kautsky, H., 1976: The Caesium 137 content in the water of the North Sea during the years 1969 to 1975.  
- Deut. Hydr. Zeitschr. vol. 29, 217-221.



- Kelly, P.M., 1982: Recent climatic variations in the North Atlantic sector.  
- ICES Mini-symposium, GEN 3.
- Krauss, W., 1955: Zum System der Meeresströmungen in der höheren Breiten.  
- Deutch. Hydrogr. Zeits, vol. 8, 102-111.
- Kullenberg, G., 1977: Observations of the mixing in the Baltic thermo- and halocline layers.  
- Tellus, vol. 29, 572-587.
- Lagenfelt, I., 1983: Fångstområdeskartering av fisket i Gullmarsområdet.  
- Fiskenämden i Göteborgs- och Bohus län.
- Lagenfelt, I. och K. Höglind, 1983: Fiske och grundområden, en inventering av kustnära vatten i Strömstads kommun.  
- Fiskenämden i Göteborgs och Bohus län.
- Laevastu, T. and M.L. Hayes, 1982: Fisheries oceanography and ecology  
- Fishing News Books Ltd (ISBN: 0 85238 1174), 199 pp.
- Landell, N-E., 1968: Fågeldöd, fiskhot, kvicksilver.  
- Aldus aktuellt, 135 pp.
- Larsson, P.O. och Ateshkar, S., 1979: Laxsmoltens vandring från Luleälven.  
- Fiskeritidskr. för Finland nr 1.
- Larsson, U., Elmgren, R. and F. Wulff, 1984: Eutrophication and the Baltic Sea, causes and consequences.  
- Ambio in print.
- Lassig, J., Leppänen, J-M., Niemi, Å. and G. Tamelander, 1978: Phytoplankton primary production in the Gulf of Bothnia 1972-75 as compared with other parts of the Baltic Sea.  
- Finn. Mar. Res. 244, 101-115.
- Lassig, J. and E. Leppäkoski, 1981: Benthic fauna of the Baltic Sea.  
- I The Baltic Sea (Elsevier, ed Voipio), 254-265.
- Lindahl, O., 1977: Studies on the production of phytoplankton and zooplankton in the Baltic in 1976, and a summary of results from 1973-1976.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 220.
- Lindblom, R., 1972: Abundance and horizontal distribution of pelagic fish eggs and larvae in the Baltic Sea 1967-1971.  
- Meddelande från Havsfiskelab. nr 140.
- Lindblom, R., 1975: Torsken och skarpsillen i Östersjön i juni 1975.  
- Ostkusten, aug.



- Lindell, T., 1980: Kalibrering av Landsatdata för kartering av vattenkvaliteten i Mälaren.  
- SNV PM 1266.
- Lindén, O., Elmgren, R. and P. Boehm, 1979: The Tsesis oil spill: its impact on the coastal ecosystem of the Baltic Sea.  
- Ambio, 244-253.
- Lindén, O., 1982: Miljöeffekter av oljeutsläpp.  
- I Östersjön, näringsresurs och skyddsvärd miljö (Karlskrona kommun, DSH, IVL) bidrag nr 25, 5 sidor.
- Lindroth, A., 1941: Atmungsventilation der Polychäten.  
- Zt für vergleichende Physiologie, Band 28(5), 485-532.
- Lindroth, A., 1950: Laxbeståndets fluktuationer i de norrländska älvarna.  
- Sv. Vattenkraftföreningens publ. 415 (1950:5).
- Lindroth, A., 1952: - LFI Meddelande.
- Lindroth, A., 1965: The Baltic Salmon stock.  
- Mitt. Internat. Verein. Limnol. vol 13, 163-192
- Lindroth, A., 1981: Anadromous and catadromous fishes.  
- I The Baltic Sea (Elsevier, ed. Voipio), 292-311.
- Lindquist, A., 1963: Skarpsillen, ett fiskerihydrografiskt exempel.  
- Zool. revy, vol. 4, 81-89.
- Lindquist, A., 1964: On the size of a spawning area of a pelagic spawning fish.  
- RPV (ICES), vol. 155.
- Lindquist, A., 1964b: Zur Fischereihydrographie der Sprotte (*Clupea sprattus*) an der Schwedischen Westküste.  
- Inst. Mar. Res., Ser. Biol. Rep. no. 15, 87 pp.
- Lindquist, A., 1970: Zur Verbreitung der Fischeier und Fischlarven in Skagerrak in den Monaten Mai und Juni.  
- Inst. Mar. Res. Lysekil, Ser. Biol. Rep. no 19, 82 pp. (Eng. summary)
- Lindquist, A., 1976: Observations on glass eels in the Skagerrak and the Kattegat.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 201.
- Lindquist, A. och J. Gullman, 1975: Ekointegreringar med "Argos" vid Öland och i Skagerrak.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 187, 25 pp.
- Lisitzin, E., 1938: Über die Durchsichtigkeit des Wassers in nördlichen Teil des Baltischen Meeres.  
- Fennia vol. 65(3), 22 pp.



- Lithner, G., 1974: Rönnskärsundersökningarna 1973.  
- SNV 1974-07-22.
- Ljungman, A.W., 1879: Bidrag till lösningen af frågan om de stora sillfiskenas sekulära periodicitet.  
- Nord. Tidskr. f. Fiskeri, 5 Aarg., 257-268.  
(Översatt till engelska 1882 i US Comm. Fish. Fisheries vol. 7, 497-503).
- Malmberg, S-A. and A. Svansson, 1982: Variations in the physical marine environment in relation to climate.  
- ICES, C.M. 1982/Gen:4.
- Margalef, P., 1963: Algunas regularidades en la distribución a escala pequeña y media de las poblaciones marinas de fitoplancton y en sus características funcionales  
- Investigación Pesquera, tomo XXIII, 169-230.
- Matthäus, W., 1977: Zur mittleren jahreszeitlichen Veränderlichkeit der Temperatur in der offenen Ostsee.  
- Beitr. Meeresk. vol. 40, 117-155.
- Maximov, I.V., Sarukhanyan, E.I. and N.P. Smirnov, 1972: Long-term variations of the North Atlantic current and their possible causes.  
- RPV (ICES), vol. 162.
- Meyer, P.F. und K. Kalle, 1950: Die biologische Umstimmung in der Ostsee in den letzten Jahrzehnten, eine Folge hydrographischer Wasserumschichtungen?  
- Arch. t. Fischereiwiss, vol. 2.
- Michanek, G., 1970: Data of primary production measured by the C14-method at two lightships in the Baltic.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 86.
- Molander, A.R., 1964: Skarpsillen.  
- I Fiskar och fiske i Norden (ed. K.A. Andersson), 196-204.
- Muus, B. och P. Dahlström, 1981: Sötvattensfisk och fiske.  
- Norstedt och Söner, 224 pp.
- Myrberget, S., 1965: Distribution of mackerel eggs and larvae in the Skagerrak 1957-1958.  
- Rep. Norw. Fish. Mar. Inv. 13(8), 20-28.
- Måhlstedt, S., 1983: Utsläpp från svensk metallurgisk industri.  
- SNV PM 1618 (ed Cedervall), 85-86.
- Möller, P., 1980: The Baltic Entrance Project: Optical investigations in Northern Kattegat.  
- Medd, från Havsfiskelab. nr 259.
- Nehring, D., 1982: Langzeittrends des Phosphat- und Nitratgehalts in der Ostsee.  
- Beitr. zur Meereskunde (Berlin), Heft 47, 61-86



- Neumann, G. and W.J. Pierson, 1966: Principles of physical oceanography.  
- Prentice-Hall Inc. 545 pp.
- Neuman, E., 1979: Fiskeribiologiska undersökningar vid Oskarshamnsverket åren 1962-1978.  
- SNV PM 1154.
- Neuman, E., 1983: Thermal discharge and fish fauna in Sweden.  
- Wat. Sci. Tech., vol. 15, 67-87.
- Nilsson, H. and A. Svansson, 1974: Long term variations of oceanographic parameters in the Baltic and adjacent waters  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 174.
- Nilsson, N-A., 1976: Reglerade sjöars ekologi.  
- I Sjöar under påverkan, SNV (Diagnos), 111-124.
- Nyman, L., 1978: Avkastningspotentialen av konsumtionsfisk i svenska insjöar mot bakgrund av olika nyttjandeformer.  
- Inf. Sötvattenslab. nr 11, 20 pp.
- Nyquist, G., 1979: Investigation of some optical properties of seawater with special reference to lignin.  
- Dpt Analyt. and Marine Chemistry, Göteborg Univ
- Ohlin, B., 1980: Förändringar av metylkvicksilverhalter i fisk från svartlistade sjöar utan känt kvicksilverutsläpp till vattnet, 1967-1979.  
- Vår föda, vol. 32, suppl. 2, 157-197.
- Ojaveer, E., 1981: Marine pelagic fishes.  
- I The Baltic Sea (ed. Voipio), 276-292.
- Ojaveer, E., 1981b: On embryonal mortality of spring spawning herring on spawning grounds in the NE Gulf of Riga.  
- RPV (ICES), vol. 178, p 401.
- Olsson, I., 1982: Kungsbackafjorden som ekosystem, speciellt dess produktionsbetingelser.  
- Rapp. till Kungsbacka kommun 1982-05-24, 79 pp.
- Olsson, M., 1977: Mercury, DDT and PCB in aquatic test organisms.  
- SNV PM no 900.
- Olsson, M., 1978: DDT, PCB och Östersjöns fauna.  
- I Diagnos Östersjön, SNV-Liber, pp 126-137.
- Otterlind, G., 1978: Fisken och fisket.  
- I Diagnos Östersjön SNV, 84-99.
- Otterlind, G., 1978b: Torsken i Östersjön.  
- Yrkesfiskaren, årg. 2, 9, 10-13.
- Otterlind, G., 1983: Torsken och Bottenhavet.  
- Yrkesfiskaren, årg. 7, 1, 10-11 och 2, 10-11.



- Ottestad, P., 1942: On periodical variation in the yield of the great sea fisheries and the possibility of establishing yield prognoses.  
- Fiskeridir. Skrifter, Havundersög. vol. 7(5), 2-11.
- Palmén, E., 1930: Untersuchungen über die Strömungen in den Finnland umgebenden Meeren.  
- Soc. Scient. Fennica Comm. Phys-Math. Vol. 12, 94 pp.
- Palosuo, E., 1964: A description of the seasonal variations of water exchange between the Baltic proper and the Gulf of Bothnia.  
- Havsforskningsinstitutets skrift nr 215.
- Palosuo, E., 1966: Ice in the Baltic.  
- I Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev (ed. Barnes), vol 4, 79-90.
- Persson, L.E., 1982: Förändringar i bottenfaunas biomassa i Östersjön under 1900-talet.  
- SHF, Medd. 17, 130-134.
- Petrén O. and G.Walin, 1976: Some observations of the deep flow in the Bornholm strait during the period June 1973 - December 1974.  
- Tellus, vol. 28, 74-87.
- Pettersson, O., 1922: Om det Bohuslänska sillfiskets periodicitet.  
- Sv. Hydrogr. Biolog. komm:s skrifter, häfte VII.
- Pingree, R.D. and D.K. Griffiths, 1978: Tidal fronts on the shelf seas around the British Isles.  
- J. Geophys. Res. vol. 83, 4615-4622.
- Pamberg, L., 1976: Relations between phytoplankton and environment in two Swedish forest lakes.  
- Scripta Limnologica Upsaliensia, no. 426, 97 pp
- Rasmussen, B., 1967: Temperaturforhold og Rekefiske i Skagerrak 1962-66.  
- Fiskets gang nr 47, 1967, 842-847.
- Rasmussen, E., 1973: The destruction of Zostera.  
- Ophelia, vol. 11 (1973), 404-412.
- Renström, M., 1979: The influence of wind and current on catches of silver eel in the Hanö Bight.  
- RPV(ICES) , vol. 174, pp 127-133.
- Riley, G.A., 1956: Oceanography of Long Island Sound, 1952-54. II Physical oceanography.  
- Bull. Bingham Oceanogr. Coll. vol 15, 15-46.
- Rosenberg, R., 1982: Några lekplatser för sill i Skagerrak och Kattegatt.  
- Meddelande från Havsfiskelab. nr 283.



- Rosenberg, R. and P. Möller, 1979: Salinity stratified benthic macrofaunal communities and long-term monitoring along the west coast of Sweden.  
- J. exp. mar. biology and ecology, vol. 37, 175-203.
- Rosenberg, R., Pihl, L., Möller, P. och J. Mattsson, 1979b: Havsviken, barnkammare och skafferier för våra fiskar.  
- Årsskrift Göteborgs Naturhistoriska museum, 13-26.
- Russell, F.S., Southward, A.J., Boalch, G.T. and E.I. Butler, 1971: Changes in biological conditions in the English channel off Plymouth during the last half century  
- Nature, vol. 234, 468-470.
- Rydberg, L., 1980: Vattenomsättning och syrebalans i Östersjön.  
- NFR årsbok för 1979-80, 220-236.
- Rydberg, L., 1983: Västkustens hydrografi och närsaltstransporter. Trender och klimatberoende i Östersjön och Västerhavet.  
- Oceanografiska institutionen, Röda serien nr 6, 42 pp.
- Rydberg, L., 1984: Some observations of nutrient fluxes through the coastal zone.  
- ICES special meeting in Nantes 1984, paper no. 62.
- Rödsäther, M., Olafsen, J. and J. Raa, 1977: Copper as an initiating factor of vibriosis in eel.  
- J. Fish. Biol., vol. 10, 17-21.
- Sandhall, Å. och H. Berggren, 1981: Mikrobilder, liv i damm och sjö.  
- Esselte studium, 107 pp.
- Schott, F., 1966: Der Oberflächensaltzgehalt in der Nordsee.  
- Deutsche Hydrographische Zeitschrift A19, 58 pp
- Schou, G., 1936: Gibt es eine Gesetzmässigkeit zwischen Niederschlagsmenge und Fischereiertrag?  
- Bioklim. Beibl. vol. 3.
- Shaffer, G., 1979: On the phosphorus and oxygen dynamics of the Baltic sea.  
- Contribution Askö Lab., no. 26, 90 pp.
- Shirokov, L.V., 1969: On the Influence of Abiotic Factors upon the Strength of Downs and Dogger Herring-Year-Classes in the North Sea.  
- ICES C.M. 1969/H:18.
- Simpson, J.H. and J.R. Hunter, 1974: Fronts in the Irish Sea.  
- Nature vol. 250, 404-406.



- Sinclair, M. and M.J. Tremblay, 1983: A new hypothesis to account for the timing of spawning of herring populations.  
- ICES C.M./H:47.
- Sjöberg, S., 1980: Modelling, simulation and analysis of pelagic ecosystems with special reference to the Baltic sea.  
- Dept. Zool. Inst. Univ. Stockholm.
- Sjöblom, V., 1978: The effect of climatic variations on fishing and fish populations.  
- Fennia, vol. 150, 33-37.
- Smed, J., Meincke, J. and D.J. Ellett, 1981: Time series of oceanographic measurements in the ICES area.  
- Report World Climate Program: Papers presented at the meeting on time series of ocean measurements (Tokyo, 11-15 May 1981).
- Steele, J.H., 1974: The structure of marine ecosystems.  
- Yale Univ. Press, 174 pp.
- Stemann Nielsen, E., 1965: On the determination of the activity in C-14-ampoules for measuring primary production.  
- Limn. and Ocean., vol. 10, R247-R252.
- Stemann Nielsen, E., 1971: - I Vandressource Forureningsrådet-sekretariat. Publik nr 14.
- Stickney, A.P. and H. Perkins, 1981: Observations on the food of the larvae of the Northern Shrimp, *Pandalus borealis* (Kröyer).  
- Crustaceana, 40 (1), 36-49.
- Stigebrandt, A., 1983: A model for the exchange of water and salt between the Baltic and the Skagerrak.  
- J. Phys. Oceanogr. vol. 13, 411-427.
- Sund, O., Rollefson, G. och K.A. Andersson, 1964: Torskartade fiskar.  
- I Fiskar och fiske i Norden (ed K.A. Andersson) 114-149.
- Svansson, A., 1965: Some hydrographic problems of the Skagerack.  
- Progress in oceanogr., vol. 3, 355-372.
- Svansson, A., 1965b: Hydrographic measurements in the Skagerack and the Kattegat, May - June 1963.  
- Medd. från Havsfiskelab. nr 6.
- Svansson, A., 1975: Physical and chemical oceanography of the Skagerack and the Kattegat.  
- Rep. no. 1, Fish.Bd Sweden, Inst Mar.Res. 88 pp
- Svansson, A., 1980: Exchange of water and salt in the Baltic and adjacent seas.  
- Ocean. Acta, vol. 3(4), 431-440.



- Svansson, A., 1984: Hydrographic features of the Kattegat.  
-RPV(ICES) , vol. 185, 78-90.
- Svansson, A., 1984b: Hydrography of the Gullmar Fjord.  
- Medd. från Havsfiskelab., nr 297.
- Svensson, J., 1979: Observations of internal waves in Lake Vänern.  
- SMHI manuscript.
- Svensson, T., Degerman, E., Jansson, B. och S. Westerlund, 1980: Energiutvinning ur sjö- och havssediment.  
- Byggeforskningsrådet, R76:1980.
- Sverdrup, H.U., 1953: On conditions for vernal blooming of phytoplankton.  
- J. du Conseil (ICES), vol. 18, 287-295.
- Svärdson, G., 1976: Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes.  
- Inst. Freshw. Res. Rep. No. 55, 144-171.
- Svärdson, G., 1976b: Fiskar och fiske i de stora sjöarna.  
- I SNV 1976:2 Diagnos. Sjöar under påverkan 61-72.
- Svärdson, G., 1976c: The decline of the Baltic eel population.  
- Inst. Freshw. Res. Rep. No. 55, 136-143.
- Svärdson, G., 1982: Adaptive difference in the long-distance migration of some trout stocks.  
- Rep. Inst. Freshw. Res. , vol. 60, 51-80.
- Svärdson, G. and G. Molin, 1981: The Impact of Eutrophication and Climate on a Warmwater Fish Community.  
- Inst. Freshw. Res. Rep. No. 59, 143-151.
- Söderström, J., 1976: Ekologiska studier i en eutrofierad fjord.  
- SNV PM 684, 3-66.
- Söderström, J., 1979: Tolkning av siktdjupsmätningar i kustvatten.  
- Vatten, vol. 35, 301-308.
- Tait, R.V., 1972: Elements of marine ecology.  
- Butterworths, 2nd edition, 314 pp. En tredje upplaga kom ut 1981.
- Tegnér, T., 1979: Sammanställning av oceanografiska förhållanden i några kustområden i Skagerrak och Kattegatt.  
- Havsfiskelab. Hydr. avdelningen.
- Tesch, F.-W., 1973: Der Aal.  
-Verlag P. Parey, Hamburg und Berlin, 306 pp.
- Valtonen, T., 1977: Bottenvikens biologi.  
- SHF, vol. 12, 72-84.

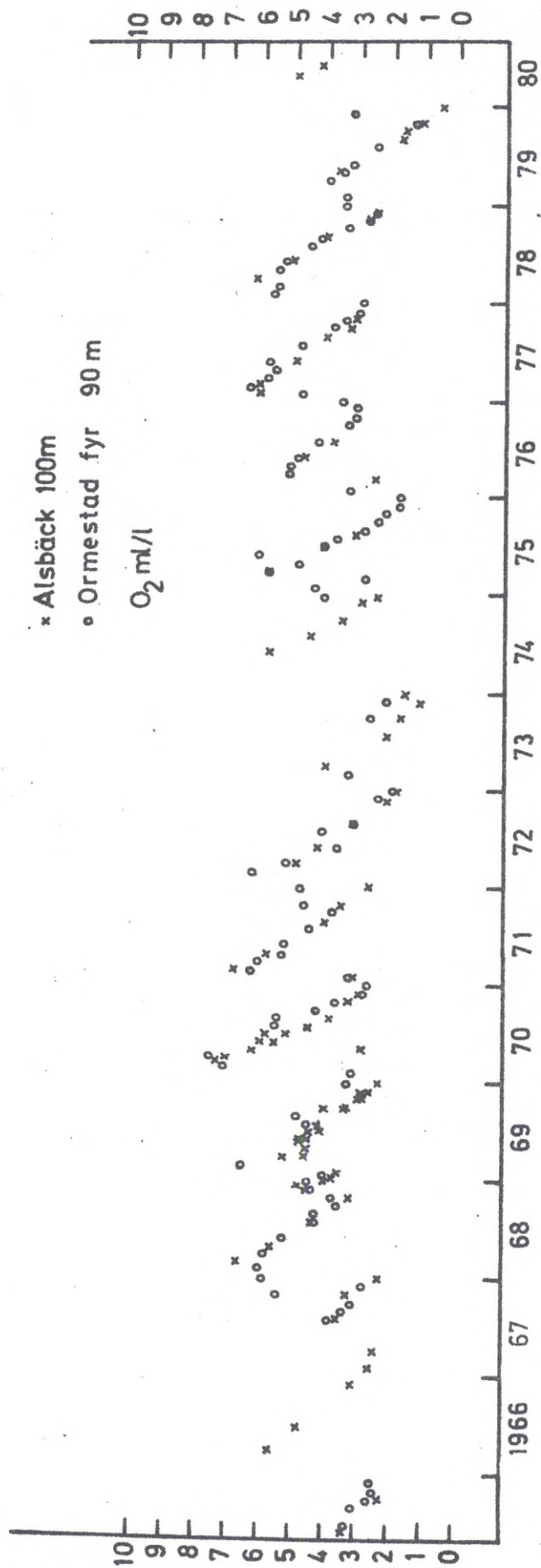


- Voipio, A. ed., 1981: The Baltic Sea.  
- Elsevier, 418 pp.
- Webb, P.W., 1975: Hydrodynamics and energetics of fish propulsion.  
- Bull. Fish. Res. Board Canada, Bull. 190,  
159 pp.
- Wennerberg, G., 1980: Användning av vädersatellit för att studera  
ytvattentemperatur.  
- SMHI, HB rapport nr 41.
- Westerberg, H., 1979: Observationer av glasål i varmvattenutsläpp från  
kärnkraftverk.  
- Inf. från Sötvattenlab., nr 7, 12 pp.
- Westerberg, H., 1984: Hydrographic finestructure and the orientation  
behaviour of fish studied by ultrasonic telemetry  
- Dept. of Oceanography, Gothenburg, Sweden.
- Wienberg, R., 1980: On the food and feeding habits of *Pandalus  
borealis* Krøyer.  
- C.M. 1980/K:9.



Rättelse:

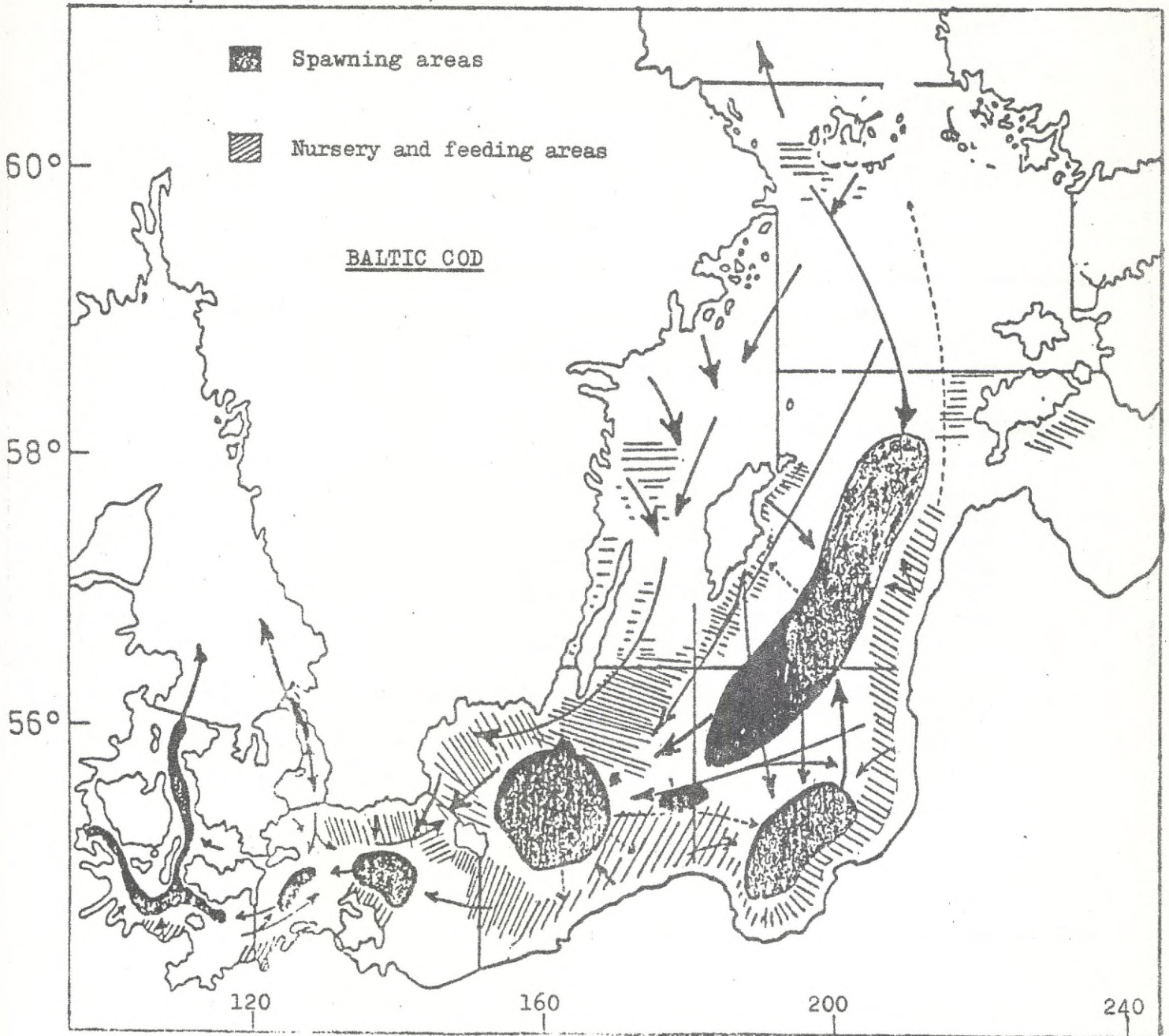
Figuren på sidan 85 skall se ut så här.





Rättelse 2:

Lekområden för torsk (sid. 20) framgår bättre av följande figur.  
Reproducerad från Cooperative Research Report (ICES), nr 86 (1979).



Figuren på sidan 12 är delvis hämtad från Cushing 1982.

Figuren på sidan 62. Anholt Nord ligger i Kattegatt (se karta vid sid. 75, nära ön Anholt).

Figuren vid sidan 74: Blå pil = dubbel pil.  
"Anm. Observera....." gäller ej.



Fyll bara i en sida. Bifoga om möjligt ett ex av rapporten!

Organisation  
Fiskeristyrelsen

Institution eller avdelning

Adress  
Hydrografiska Laboratoriet  
Box 2566  
403 17 GÖTEBORG

Telefonnr (aven riktnr)  
031-63 03 00

Rapportförfattare: (efternamn, tilltalsnamn)  
Svansson, Artur

**REGISTRERINGSUPPGIFT** **RAPPORT**

Utgivningsdatum

Ärendebeteckning (diariernr)

Bilaga  
 Ett ex av rapporten bifogas

Kontrakt nr (anslagsgivares)

Projekttitel och ev SERIX projektnr

Anslagsgivare för projektet

Rapportens titel och undertitel (originalspråk samt ev översättning till svenska och/eller engelska)

Fiskerihydrografi. En sammanställning mellan å ena sidan fisken och fiskfödan och å andra sidan den fysikaliskt-kemiska miljön i sjöar och hav med ett för Sverige intressant fiske.

Sammanfattning av rapport (fakta med huvudvikt på resultatet)

Sammanställningen börjar med en kort historik (kap. 2) och fortsätter med några exempel på fiskerihydrografi i olika delar av världen. I kap. 4 göres en genomgång av ett 10-tal viktiga fisk- (och kräftdjurs-) arter med speciell inriktning på relation till miljön. Kap. 5 har hydrografiskt-ekologiska förtecken. Kap. 6 handlar om miljögifter i fisk och kap. 7 om klimatväxlingars relation till biologiska långtidsförändringar. Kap. 8 ser på problemen ur säsongssynpunkt och kap. 9 ur geografisk synvinkel. Sammanställningen slutar med en del förslag till framtida undersökningar.

This synopsis of (Swedish) Fisheries Hydrography deals with the coupling between on one hand the fish and its food and on the other the physical and chemical environment in lakes and seas where there is a fishing activity of Swedish interest.

Förslag till nyckelord samt ev anknytning till geografiskt område, näringsgren eller vattendrag

Fiskerihydrografi, fiskeri, hydrografi, Skagerrak, Kattegatt, Östersjön

Övriga bibliografiska uppgifter (t ex rapportserie, nr, år eller tidskrift, volym, år, sid)

Meddelande från Havsfiskelaboratoriet, Lysekil nr 307  
IHR, Göteborg Series no 31

ISSN 0374-8030

ISBN

Beställningsadress för rapporten (om annan än ovan)

Språk svenska

Antal sid inkl bil Pris (exkl moms)

IRS CIS GEO VAT NAR

Nyckelord

Inrapportör Dokumenttyp Projektnummer Rapportnummer

Fylls i av miljöstatensnämnden







