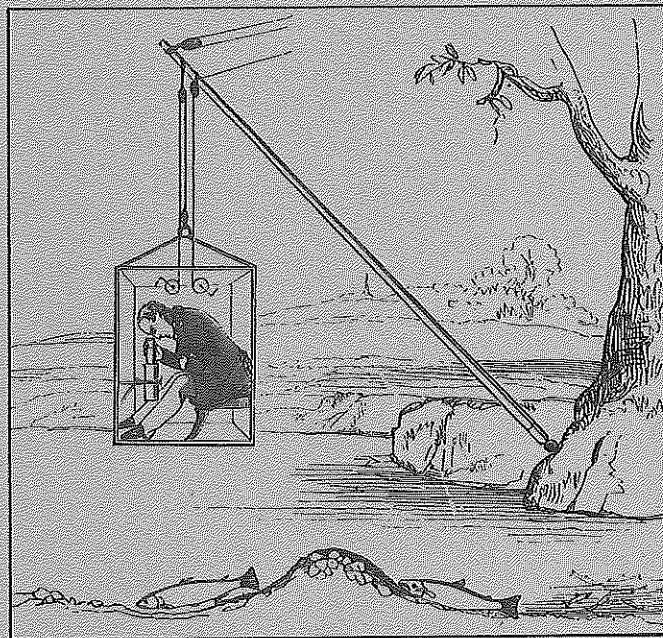


Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET

Drottningholm



OLOF ENDERLEIN

Siklöjan (*Coregonus albula* (L.))
i Bottenviken

Författare:

Olof Enderlein

Sötvattenslaboratoriet
170 11 DROTTNINGHOLM

ISSN 0346-7007

SIKLÖJAN (COREGONUS ALBULA (L.)) I BOTTENVIKEN

Olof Enderlein

FÖRORD

KAPITEL 1.	SIKLÖJANS UTBREDNING, TAXONOMI OCH INVANDRINGS- HISTORIA	1
KAPITEL 2.	SIKLÖJANS MILJÖ I BOTTENVIKEN	8
KAPITEL 3.	SIKLÖJANS VANDRINGAR I BOTTENVIKEN	17
KAPITEL 4.	NÄR, VAR, VAD OCH HUR MYCKET ÄTER DEN VUXNA SIKLÖJAN	27
KAPITEL 5.	FÖDOKONKURRENSEN MELLAN SIKLÖJA, STRÖMMING OCH NORS	42
KAPITEL 6.	SIKLÖJANS LEKPLATSER I BOTTENVIKEN	49
KAPITEL 7.	SIKLÖJANS TILLVÄXT, KONDITION, KÖNSPRODUKTERNAS UTVECKLING OCH MÄNGD, ÅLDER VID KÖNSMOGNAD SAMT KÖNSFÖRDELNING VID STIGANDE ÅLDER	58
KAPITEL 8.	UPPSKATTNING AV MÄNGDEN SIKLÖJA	74
KAPITEL 9.	SIKLÖJEBESTÅNDETS VARIATIONER	87
KAPITEL 10.	SIKLÖJEFISKETS FRAMTID	103
ERKÄNNANDE		113
LITTERATUR		114
ENGLISH SUMMARY: THE CISCO (COREGONUS ALBULA (L.)) IN THE BOTHNIAN BAY		122

FÖRORD

I beslut 1975-05-15 ålade regeringen Luleå kommun att som särskilt villkor för tillstånd till anläggande av industriområde för "Stålverk 80", till Kammarkollegiets fondbyrå inbetala bl a 500 000 kronor att användas för fiskeribiologiska undersökningar enligt Fiskeristyrelsens bestämmande.

Fiskeristyrelsen ansåg att kunskapen om biologin för den i Norrbottens kustområde så betydelsefulla siklöjan borde förbättras, speciellt med avseende på populationsdynamik, vandringar och i vad mån dessa är beroende av vattnets fysikaliska och kemiska förhållanden.

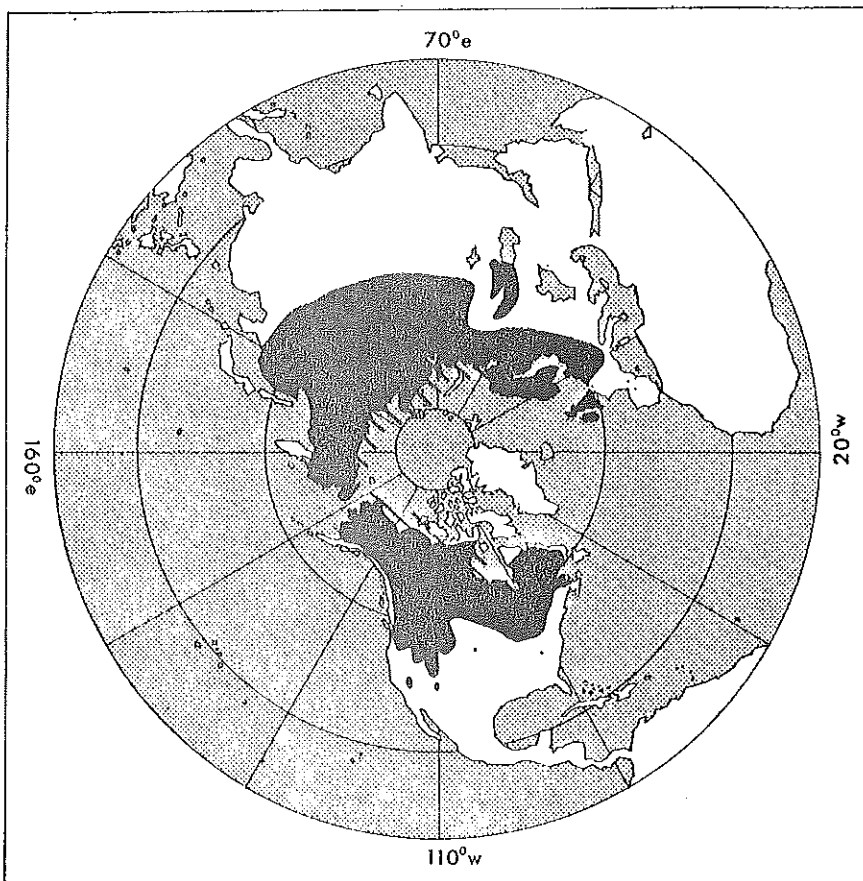
Undersökningarna påbörjades under hösten 1975 och avslutades 1980. Vissa resultat har redovisats tidigare i fem publikationer. Denna slutrapport innehåller dels sammanfattningar av det tidigare publicerade materialet (kapitel 4, 5 och delvis 8) dels övriga resultat. I de fall en tidigare publikation ligger till grund, har redovisningen av material och metoder gjorts mer summarisk än i andra fall.

KAPITEL 1. SIKLÖJANS UTBREDNING, TAXONOMI OCH INVANDRINGSHISTORIA

Den fiskart som har den ekonomiskt största betydelsen för fiskarna i Norrbotten är siklöjan. Denna fiskas företrädesvis på hösten, under slutet av september och större delen av oktober, för den mycket uppskattade rommens skull.

Släktet sikar (Coregonus) till vilket siklöjan räknas är spridda runt hela norra halvklotet från Irland genom hela Sovjetunionen och tvärs över norra Nordamerika (Figur 1:1).

Inom detta område är det naturligt att en mängd varianter av siklöja utvecklats. Vikten vid könsmognaden kan exempelvis variera från 5 g till 1 kg.



Figur 1:1. Världsutbredningen av släktet sikar (Coregonus).

World distribution of whitefishes.

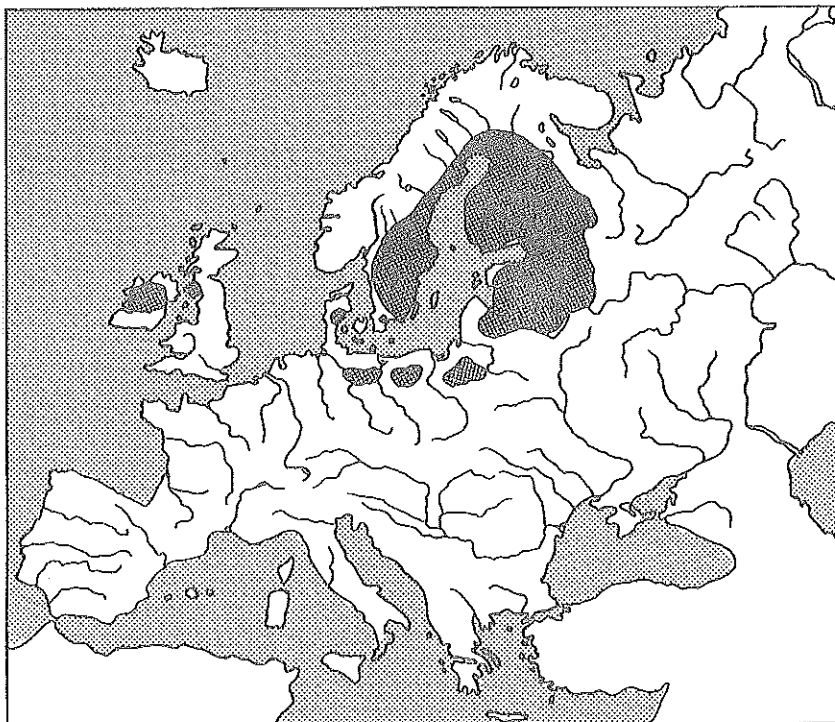
(Reproduced by permission of the Minister of Supply and Services, Canada, from Freshwater Fishes of Canada Bulletin 184, 1973.)

För att vara så konkurrenskraftig som möjligt i respektive miljö har siklöjan varit tvungen att anta en mängd "olika skepnader". Under årtusenden har i varje vattensystem genom naturligt urval den mest lämpade "skepnaden" blivit dominerande och som regel konkurrerat ut de andra.

Då dessa varianter från olika vattensystem kan se olika ut har de ofta beskrivits som olika arter. Eftersom gränserna mellan de olika varianterna inte alltid är så skarpa så har ibland våldsamma gräl mellan olika forskare uppstått.

Den siklöja som finns i Norrbotten råder det dock allmän enighet om att kalla Coregonus albula (L.) *).

C. albula förekommer dessutom på Irland, Skottland (där den kallas C. vandesius Rich.), norra Tyskland, Polen, Skandinavien till Baltikum samt i NV delen av Europeiska Sovjetunionen (Figur 1:2).



Figur 1:2. Siklöjans utbredning i Europa.

The distribution of cisco in Europa.

*) Linné gav siklöjan dess latinska namn. Linné är så känd att hans namn kan förkortas med ett L., men vanligtvis skrivs hela namnet på namngivaren (auktor) ut.

Öster därom blir den avlöst av C. sardinella Val. vilken numera anses vara en underart av C. albula och därför bör heta C. albula sardinella. Denna art eller underart förekommer i hela norra Sovjetunionen tillsammans med ett antal större siklöjor vilka betraktas som separata arter (Hamrin 1979).

C. albula förekommer även i nordvästra Nordamerika. Öster därom finns inte mindre än 18 arter, eller snarare är det så många man just nu är relativt eniga om (Scott och Crossman 1973). Den som anses vara mest lik vår C. albula heter C. artedii Le Sueur.

I Sverige har vi ytterligare en art siklöja, nämligen C. trybomi *) Svärdson (Svärdson 1970, 1979), som är vårlekande. Denna art är endast känd från fyra sjöar i Sverige, nämligen: Ören, Asunden, Stora Hålsjön och Fegen. Till utseende och storlek är denna siklöja mycket lik C. albula.

Före den senaste istiden antar man att siklöja fanns i Skandinavien. Under istiden (Figur 1:3) tvingades denna siklöja "över-



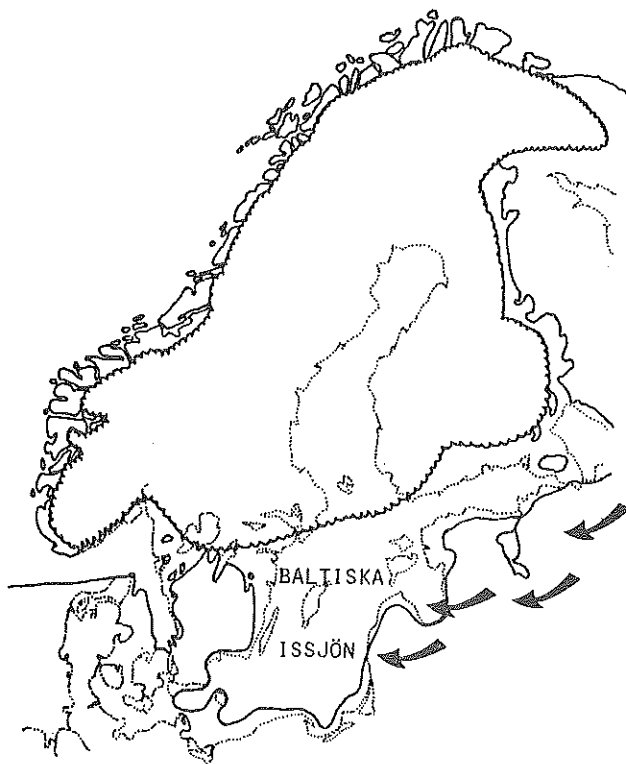
Figur 1:3.

Inlandsisens utbredning för ca 14 000 år sedan. (Ur Atlas över Sverige.)

The ice-cover, during the last ice-age, about 14 000 years ago. (From Atlas över Sverige.)

*) Professor G Svärdson har givit den vårlekande siklöjan namnet trybomi efter Dr Trybom som 1903 undersökte tre vårlekande siklöjor i Stora Hålsjön. Trybom vägrade dock själv att ge dessa fiskar rangen av art (Svärdson 1949).

vintra" i "Doggersjön" dvs nuvarande Nordsjön. Dessutom fanns siklöja öster om en gräns vid Vita havet och floden Onega. Den siklöja som "övervintrade" i Doggersjön spred sig efter istiden till sin nuvarande utbredning på Irland, Jylland, nordvästra Tyskland och ev till sydvästra Norge (Svärdson 1979). Det är denna siklöja som dag kallas C. vandesius. Den siklöja som idag finns i Sverige och i andra länder runt Östersjön (C. albula) invandrade däremot från öster. Detta skedde genom att det under istiden bildades en stor issjö pga att en isvall dämde upp floden Onega (Segestråle 1957). I den så bildade issjön slussades ett flertal djurarter uppåt, däribland siklöja, och söderut till en nivå som låg så högt, att när inlandsisen började dra sig tillbaka så kunde vattnet från issjön rinna ut i sydvästlig riktning. Siklöjan antas på så sätt ha kommit in i sötvattnet Baltiska issjön, (Figur 1:4) varifrån den kunde kolonisera bl a södra Sverige. När inlandsisen så småningom hade dra-

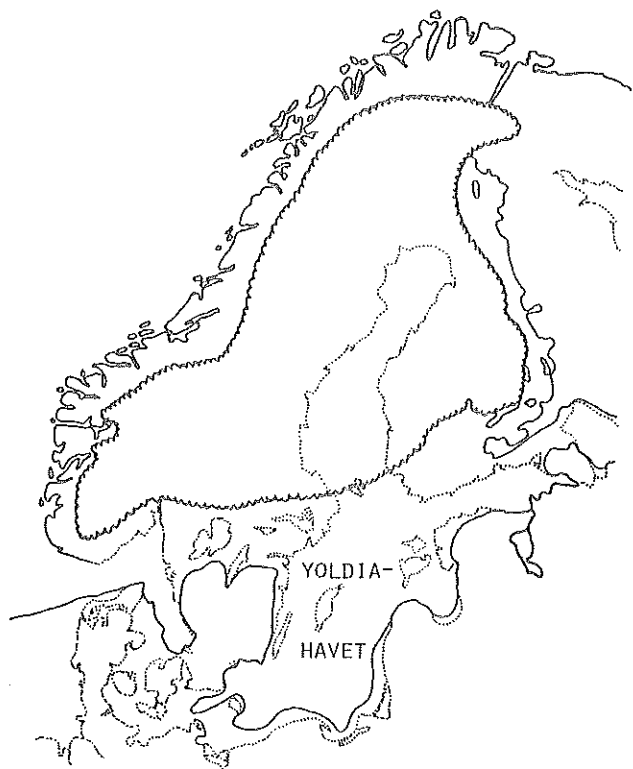


Figur 1:4.

Inlandsisens utbredning för ca 10 000 år sedan. (Ur Atlas över Sverige.) Pilarna markerar siklöjans troliga invandringssväg från Onegas issjö.

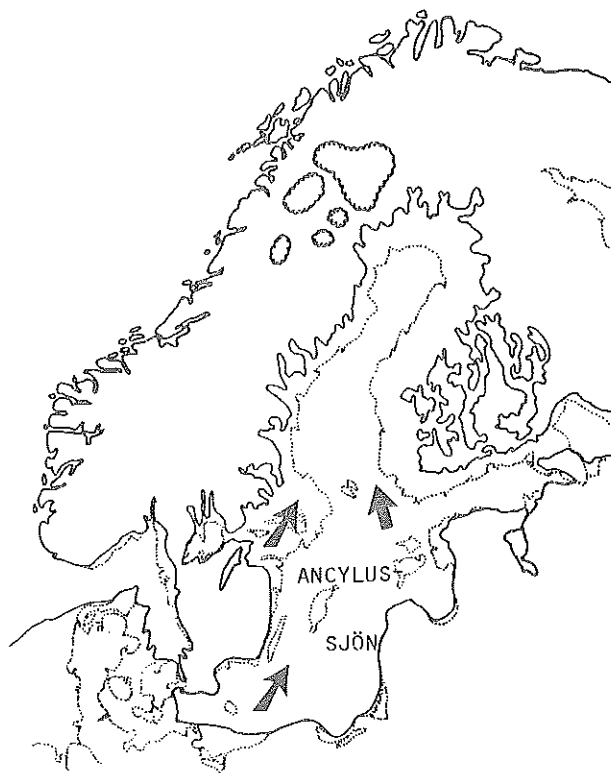
The ice-cover about 10 000 years ago. (From Atlas över Sverige.) The arrows indicate possible immigration routes of cisco from the Onega icelake.

git sig lite längre tillbaka skedde ett saltvattensinbrott över det av inlandsisen nedtryckta mellansverige där Vänern, Vättern och Mälaren idag ligger och Yoldiahavet (Figur 1:5) bildades. Siklöjans svårigheter att tolerera saltvatten gjorde att någon spridning troligtvis inte förekom annat än i sötvatten under denna tid.



Figur 1:5. Inlandsisens utbredning för ca 9 700 år sedan. (Ur Atlas över Sverige.)

The ice-cover about 9 700 years ago. (From Atlas över Sverige.)



Figur 1:6. Inlandsisens utbredning för ca 8 500 år sedan. (Ur Atlas över Sverige.) Pilarna indikerar varifrån och varthän siklöjan begav sig när vattnet åter blev sött.

The ice-cover about 8 500 years ago. (From Atlas över Sverige.) The arrows indicate the spread of cisco when the water again became fresh (Ancylus-lake).

Under det att inlandsisen smälte skedde en kraftig landhöjning i mellansverige, som bröt förbindelsen mellan Västerhavet och Yoldiahavet.

Smältvattnet förvandlade så småningom det instängda havet till en insjö, Ancylussjön (Figur 1:6), med ett utlopp i Dana älv. (Tidigare trodde man att utloppet var Svea älv men senare forskning har visat att Dana älv, dvs över Darsser-tröskeln och Stora Bält är mer troligt.)

Under denna tid med sött vatten fick siklöjan sin nuvarande utbredning i norra Sverige samtidigt som spridningen av siklöja i södra Sverige kan ha underlättats av en överstjälpning av vattendragen från norr till söder pga landhöjningen (Svårdson 1979).

Det var dock inte slut med sikløjans prövningar. För ca 7 000 år sedan öppnade sig en passage mellan Sverige och Danmark (nuvarande Öresund) så att salt vatten kunde tränga in i Ancylussjön och Littorinahavet bildades (Figur 1:7). Vattnet var under denna tid betydligt saltare än det är idag. Bottenvikens vatten var t ex 8 ‰ (Munthe 1940) mot 0-4.5 ‰ idag.



Figur 1:7.

Skandinaviens utseende för ca 6 500 år sedan. (Ur Atlas över Sverige.)

Scandinavia about 6 500 years ago. (From Atlas över Sverige.)

Sikløjans dåliga förmåga att forcera strömmande vatten har gjort att den i mycket liten utsträckning lyckats sprida sig uppströms.

Sikløjans har troligtvis även försvunnit ur många mindre sjöar i södra och mellersta Sverige, pga att dessa varit för varma. Sikløjans betraktas som kallstenoterm, dvs kallvattenälskare.

Sammanfattning

Släktet sikar till vilket sikløjans räknas är spridda runt hela norra halvklotet (Figur 1:1).

Den sikløjans som finns i Norrbottens skärgårdar har fått det latinska namnet Coregonus albula (L.)

Före den senaste istiden antar man att siklöja fanns i Skandinavien. Denna siklöja "övervintrade" i "Doggersjön" nuvarande Nordsjön för att efter istiden sprida sig till Irland, Jylland, nordvästra Tyskland och ev sydvästra Norge. Denna siklöja kallas idag C. vandesius. Den siklöja som idag finns runt Östersjön (C. albula) kom däremot in från öster. Detta skedde med hjälp av att en stor issjö bildades i floden Onega. I denna issjö slussades flera djurarter, däribland siklöja, uppåt och söderut. När sedan inlandsisen drog sig tillbaka kunde vattnet från issjön rinna ut i sydvästlig riktning in i Baltiska issjön (Figur 1:4). Därifrån kunde den kolonisera bl a södra Sverige. Under senare skeden, då den nuvarande Östersjön bestod av sötvatten, har den sedan kunnat sprida sig norrut.

KAPITEL 2. SIKLÖJANS MILJÖ I BOTTENVIKEN

År 1970 antog Nordiska Rådet en rekommendation angående åtgärder mot förorening i Östersjön, och som en följd av denna rekommendation undertecknades 1972 ett samarbetsavtal mellan Statens Naturvårdsverk i Sverige och Havsforskningsinstitutet och Vattenstyrelsen i Finland. Samarbetsavtalet förutsätter att forsknings- och utredningsarbetet om föroreningsförhållandena och därmed sammanhängande frågor i Bottniska viken initieras och samordnas i syfte att skapa en gemensam kunskapsbas för beslut om havsområdets skydd.

För ändamålet har upprättats en kommitté, Kommittén för Bottniska viken. Kommittén skall bl a rapportera om sin verksamhet och om forskningsresultaten (ur Årsrapport 8 (1980) från Kommittén för Bottniska viken).

Ur föreliggande forskningsresultat har jag sammanställt uppgifter som har betydelse för siklöjebeståndet i Bottenviken, både för dess nuvarande utseende och för hur dess framtid kan tänkas bli.

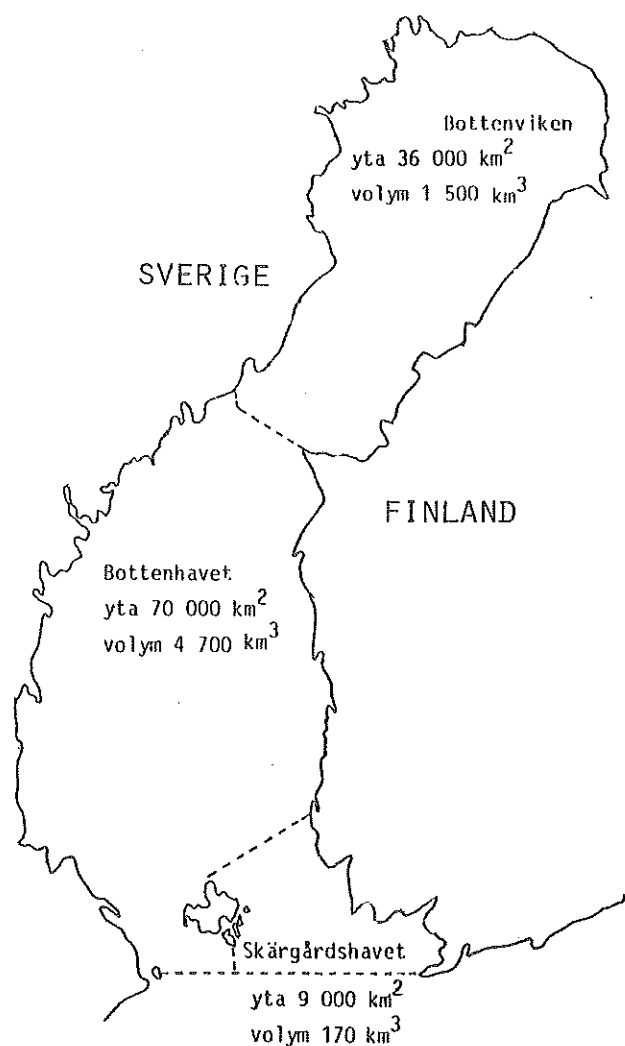
Den nordligaste delen av Östersjön kallas Bottniska viken. Denna består av två bassänger, Bottenviken och Bottenhavet, som åtskiljs av ett tröskelområde, norra Kvarken. I söder begränsas Bottniska viken av södra Kvarken (Figur 2:1).

Bottniska viken har ett vattenutbyte med omgivningen genom vattenströmmar, flodtillrinning, regn och avdunstning. Detta vattenutbyte är beräknat till 1 440 km³/år. I Tabell 2:1 finns närmare angivet hur mycket och var dessa utbyten sker (Ambjörn et al. 1981).

Tabell 2:1. Vattenutbytet i Bottniska viken.

The water exchange in the Bothnian Bay.

Plats	Djup, m	Inflöde km ³ /år	Utflöde km ³ /år
Ålands hav	0-24	360	1 020
	24-60	300	120
	60-botten	180	0
Skärgårdshavet	0-botten	420	300
Flodtillrinning		180	-
Totalt		1 440	1 440



Figur 2:1.
Bottniska viken.
The Gulf of Bothnia.

Med det in- och utgående vattnet följer de för livet i vattnet så viktiga närsalterna. För två av dessa, fosfor och kväve, finns balansräkningar gjorda. När det gäller fosfor så förs det in 26 000 ton per år i Bottniska viken med strömmar medan 20 000 ton per år förs ut. Situationen när det gäller kväve är den motsatta, in förs 314 000 ton per år medan 358 000 ton per år förs ut. Bottniska viken tillförs ytterligare fosfor och kväve från atmosfären, floder, kommuner och industrier. Mängderna finns angivna i Tabell 2:2 (Dahlin 1981).

De slutsatser man kan dra av alla dessa beräkningar är att Bottniska viken har brist på fosfor och överskott på kväve. Värt att notera är också att tillskottet från kommuner och industri är litet även om det lokalt kan ha stor betydelse.

Tabell 2:2. Kväve och fosforbalansen i Bottniska viken.

The balance of nitrogen and phosphorus in the Bothnian Bay.

	Ingående (ton/år)		Utgående (ton/år)		Mängder som binds i Bottniska vikens sediment	
	fosfor	kväve	fosfor	kväve	fosfor	kväve
Vattenströmmar	26 000	314 000	20 000	358 000	10 000	14 000
Från atmosfären	1 500	75 000				
Från floder, naturligt	5 600	85 000				
Från floder, kommuner	600	4 000				
Från floder, industri	400	4 000				

Tyvärar tillför vattenströmmar och floder även skadliga ämnen som PCB, DDT och kadmium (Cd). En årlig balansräkning i ton för dessa ämnen återfinns i Tabell 2:3 (Dahlin 1981).

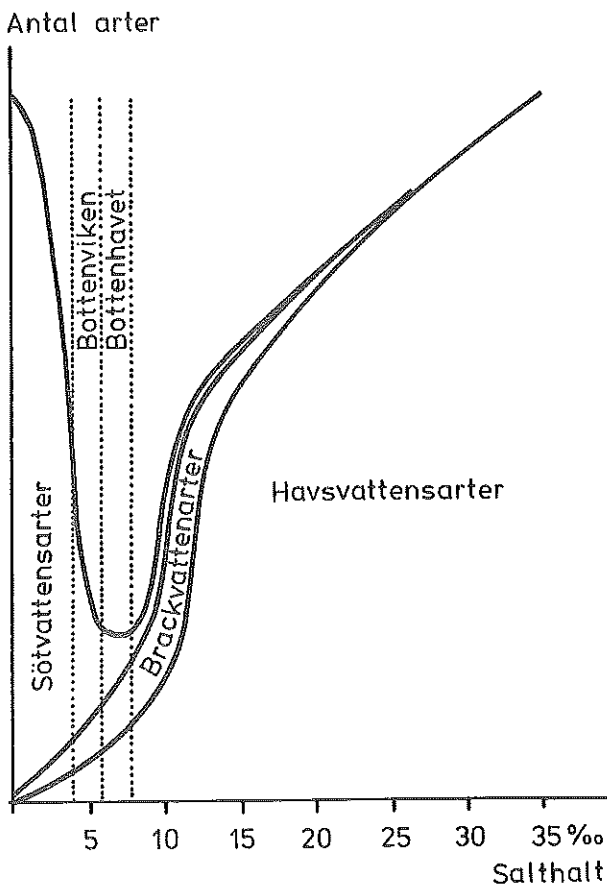
Tabell 2:3 . PCB, DDT och kadmiumbalansen i Bottniska viken.

The balance of PCB, DDT and cadmium in the Bothnian Bay.

	Ingående (ton/år)			Utgående (ton/år)			Bindes i Bottniska vikens sediment (ton/år)		
	PCB	DDT	Cd	PCB	DDT	Cd	PCB	DDT	Cd
Vattenströmmar	4.2	0.6	84	3.8	0.6	96	1	1	4.7
Från atmosfären	2	1.7	2						
Från floder, naturligt	0.001	-	-						
Från floder, kommuner	-	-	-						
Från floder, industri	-	-	2.5						

Tillförseln av ytterligare ett stort antal ämnen finns redovisade i Naturvårdsverkets Rapport: "Andra svensk-finska seminariet om Bottniska viken" (SNV PM 1618, 1981). I stort visar rapporten att utsläppen av de giftiga ämnen, som vi idag kan mäta, minskar i Bottniska viken, men att halterna lokalt kan vara höga. Man bör dock ha i minnet att nya giftiga organiska ämnen tillkommer snabbare än människan hinner utveckla metoder för att spåra och mäta dessa ämnen och att Östersjön är ett av de mest förorenade marina områdena i världen (Elmgren 1984). Östersjön är dessutom

ett speciellt känsligt område, som tål betydligt mindre giftpåverkan än exempelvis haven. Orsaken till att brackvattensområden är speciellt känsliga är att det liv som förekommer från början är anpassat till antingen sött eller salt vatten. Brackvattnen, som med geologiska mått (Östersjöns nuvarande salthaltsförhållanden är bara 3000 år gamla) är mycket unga system och dessutom instabila, har inte givit djur och växter den tid som behövs för att arter skall bli specialanpassade till denna specifika miljö. De djur och växter, som förekommer i Bottniska viken, utsätts därför hela tiden för en stress som endast ett fåtal arter klarar av. Den ytterligare stress som djur och växter får på grund av gifter i sin miljö kan därför lättare få ödesdiga konsekvenser i ett brackvattensystem än vid samma giftmängder i ett sött eller saltvattenssystem. Elmgren (1984) påpekar att det är mycket viktigt att man diskuterar känsligheten för stress utifrån den stressnivå organismen redan befinner sig på. I Figur 2:2 visas hur antalet arter förändras med stigande salthalt.



Figur 2:2.

Salthalten i Bottniska vikens djupområden införda i Remanes kurva (Remane och Schlieper 1958) för artantal versus ökande salthalt. (Andersin et al. 1980).

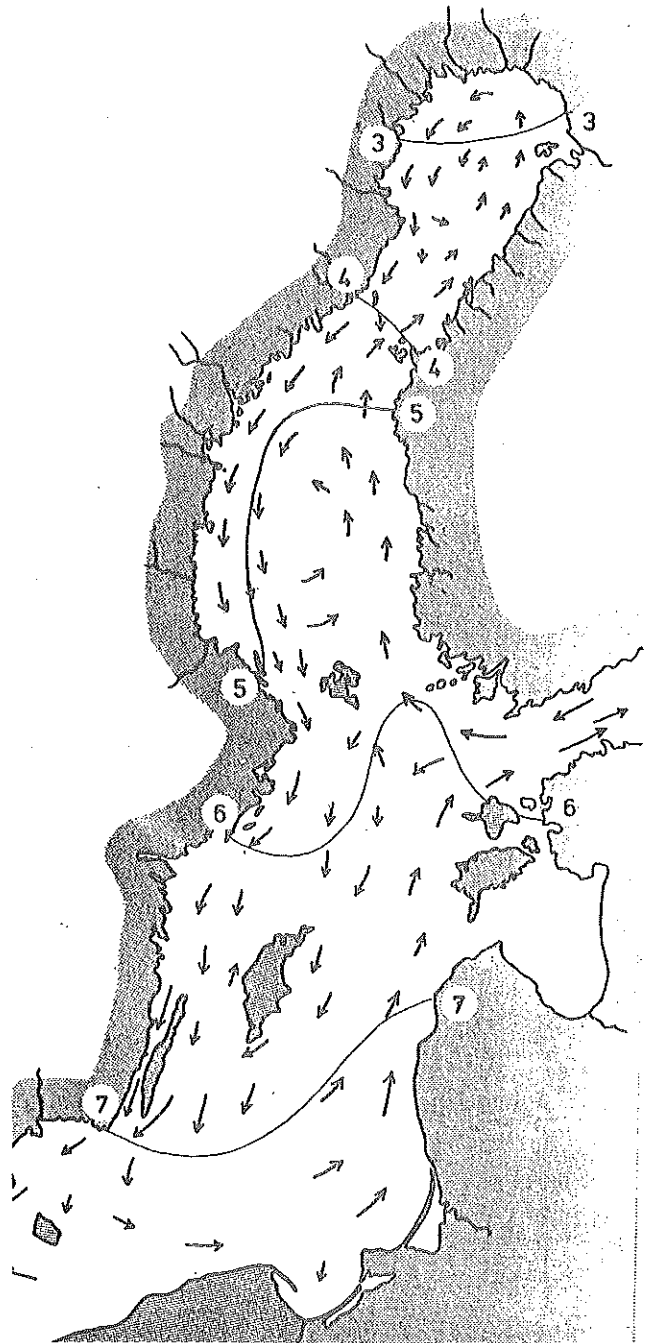
The salinity in the deeper areas of the Gulf of Bothnia in Remane's curve (Remane and Schlieper 1958) for the number of species versus increasing salinity (Andersin et al. 1980).

De strömmar som sköter om transportererna i Bottniska viken är ofullständigt kända, men rent generellt är det cyklonala strömningar (mot-sols virvel). Ytströmmarnas rörelse, som ett årsmedelvärde, framgår av Figur 2:3 (Palmén 1930, Ehlin och Ambjörn 1978). Notera att det något varmare och på bristvaran fosfor något rikare vattnet på sin väg norrut först passerar den finska kusten. Detta medför att produktionen där är något större än på den svenska sidan.

Siklöjan är en utpräglad söt-vattensfisk, som inte uppehåller sig i vatten med en salthalt överstigande $2-3\text{‰}$ (Järvi 1950). Det är därför endast i Bottenviken med en salthalt varierande från 0 till 4.5‰ som det finns ett permanent bestånd av siklöja även om man kan finna siklöja i älvmyningar så långt söderut i Östersjön som utanför Stockholm (Svärdson 1966).

Bottenviken är grund med ett medeldjup av 45 m. Den svenska sidan av Bottenviken har

en skärgård med över 1 000 holmar, öar och skär medan den finska sidan i stort sett saknar skärgård. Vattentemperaturen är jämfört med övriga Östersjön låg och vanligtvis börjar Bottenviken att frysa till i början av november för att ligga till i mitten eller



Figur 2:3.

Ytströmmar i Östersjön. Siffrorna anger den ungefärliga salthalten i ytvattnet i ‰.

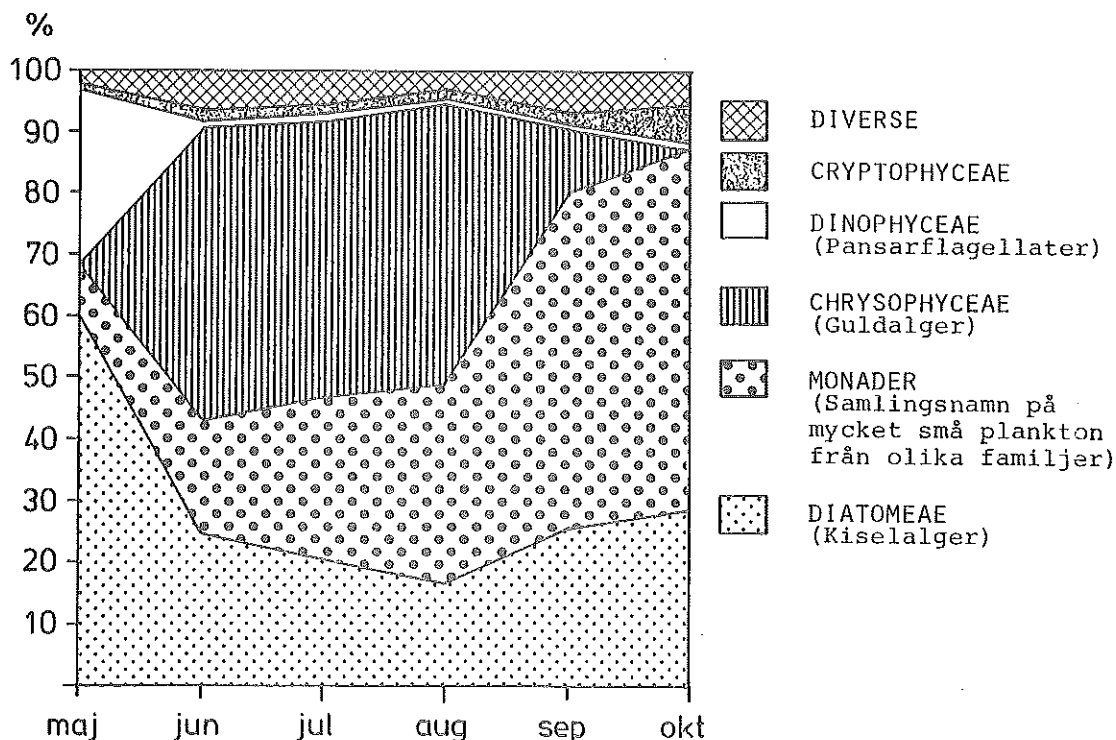
Surface currents in the Baltic. Figures indicate the approximate surface salinity in ‰.

slutet av maj. Syrgashalten i vattnet är hög både under vintern och sommaren och understiger sällan mättnadsgraden vilket beror på avsaknaden av permanenta temperatursprångskikt (Öström 1977).

Bottenvikens vatten uppvisar mycket goda pH-värden, varierande mellan 7.0 och 7.8. Kväve både i form av nitrat och totalkväve förekommer i riklig mängd. Fosfatmängden är däremot mycket låg i Bottenviken. Kväve-fosforförhållandet är mycket ovanligt och något liknande finns ej i andra havsområden (Öström 1977). Den låga fosfatmängden tillika med den låga temperaturen har en starkt hämmande inverkan på växtligheten (primärproduktionen) i Bottenviken. Den årliga primärproduktionen varierar mellan 13-24 g C per m² vilket är de lägsta värdena i hela Östersjön. Bottnhavet har som jämförelse en primärproduktion av 103 g C per m², Alands hav 103-132 g C per m² och egentliga Östersjön 191 g C per m². Sekundärproduktionen (produktionen av djur) per år är också låg med 1.5-4 g C per m² (Ackefors et al. 1978). Som jämförelse har Alands hav 14 g C per m² och egentliga Östersjön 20 g C per m². I förhållande till primärproduktionen är dock sekundärproduktionen hög i Bottenviken. Detta tolkas så att näringskedjans effektivitet är högre i Bottenviken än i övriga delar av Östersjön. Sandström (1980) har förklarat detta ovanliga förhållande med att primärproduktionen börjar lugnare än i övriga Östersjön och sker i takt med sekundärproduktionen, dvs växtplanktonsamhällets tillväxt sker i takt med de växtätande zooplanktonsamhällets tillväxt. I övriga delar av Östersjön däremot sker en våldsam tillväxt på våren av växtplankton (vårblomning) som konsumerar största delen av all tillgänglig fosfor i vattnet. När så forsforn är slut avstannar primärproduktionen och växtplankton börjar dö och sjunker till botten. Detta sker så snabbt att de djurplankton som betar av växtplankton inte hinner med att föröka sig i den takt växtplanktonsamhällen håller. Antalet djurplankton ökar fortfarande när maten börjar ta slut. Ett faktum som stöder detta är att mängden bottenlevande djur, som bl a lever av regnet av döda växt- och djurplankton är betydligt större i egentliga Östersjön, ca 100 g våtvikt per m², än i Bottenviken med 1 g per m² (Elmgren 1978). Ytterligare en orsak till näringskedjans

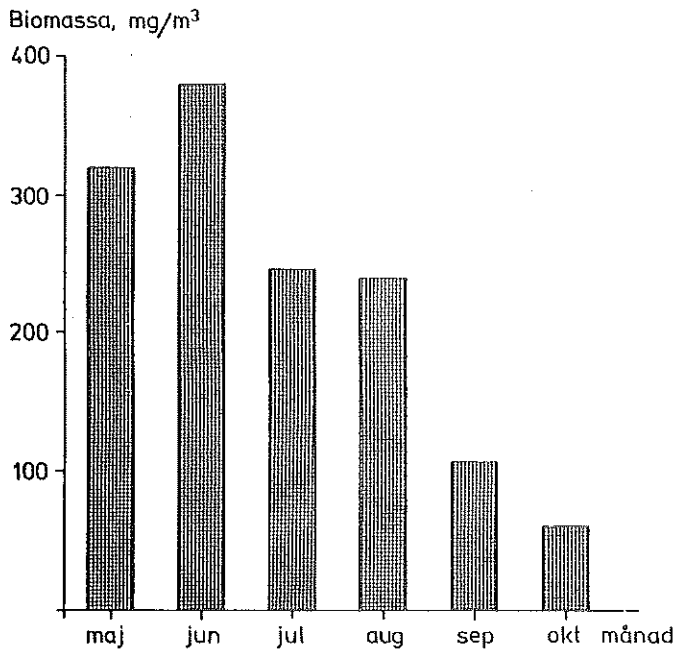
högre effektivitet i Bottenviken är att de växtplanktonarter som där förekommer är små, dvs för djurplankton lättätna (Ackefors et al. 1978).

Växt- och djurplanktonsammansättningen varierar både när det gäller antalet av varje art och förhållandet mellan arter i tid och rum (Wulff et al. 1977, Sandström 1980). En bred sammanställning över växt- och djurplanktonarternas antal och inbördes variation under ett år för Bottenviken finns därför ej. Däremot finns resultat från lokalt gjorda undersökningar. För att visa hur det kan se ut har jag använt data från Askölaboratoriets undersökningar 1976 i Luleå skärgård (Wulff et al. 1977). Variationen inom växtplanktongruppen visas i Figur 2:4 och variationen i totalmängder under olika delar av den isfria perioden i Figur 2:5. Djurplanktonsammansättningen i mängd och på arter eller grupper återges i Figur 2:6.



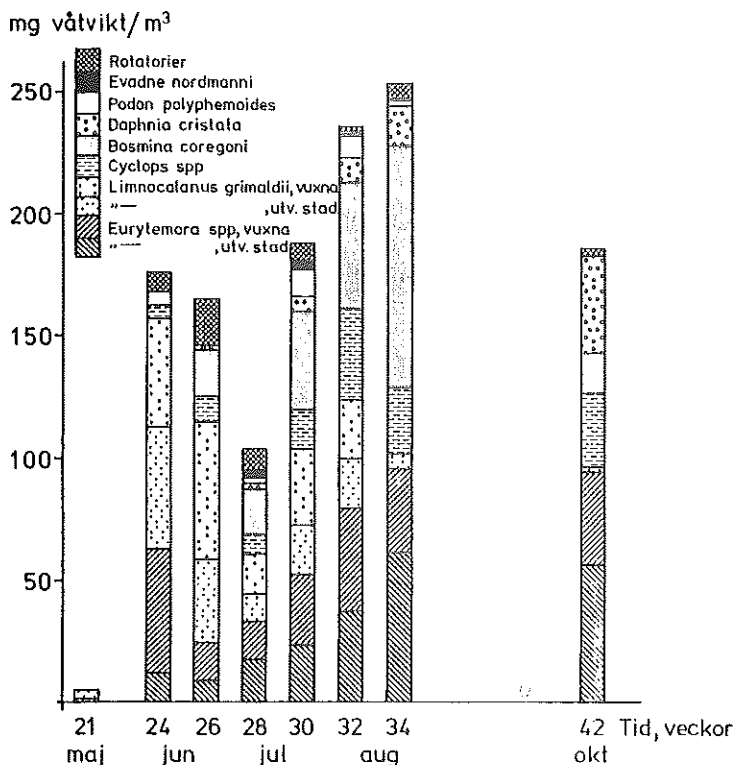
Figur 2:4. Växlingar i växtplanktonsammansättningen i procent mellan olika grupper under den isfria perioden i Luleå skärgård. (Material efter Wulff et al. 1977.)

Changes in the phytoplankton composition in percent between different groups during the icefree season in the Luleå archipelago. (Material from Wulff et al. 1977.)



Figur 2:5. Den totala växtplanktonmängdens variation i biomassa i Luleå skärgård under den isfria perioden.

The total phytoplankton biomass in the Luleå archipelago during the icefree season. (Material from Wulff et al. 1977.)



Figur 2:6. Djurplanktonsamhället i vikt per m³ av olika arter eller släkten i Luleå skärgård under den isfria perioden.

The species composition of zooplankton in weight per m³ of different species or groups in the Luleå archipelago during the icefree season. (Material from Wulff et al. 1977.)

Sammanfattning

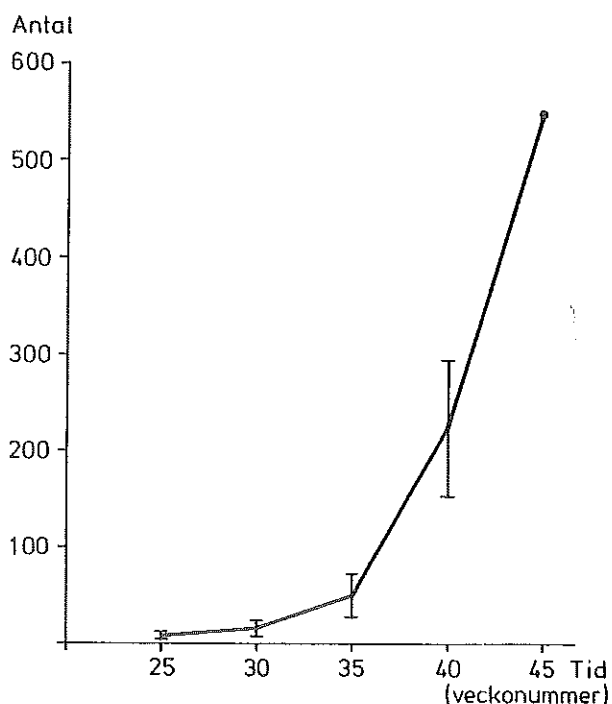
Siklöjan i Bottenviken lever i en hård miljö på grund av det bräckta vattnet, låg temperatur, kort tillväxtsäsong och brist på fosfor. Människans giftutsläpp förbättrar inte heller situationen även om utsläppen på de senaste åren verkar att ha minskat, åtminstone när det gäller mätbara substanser. Men det finns också för siklöjan positiva sidor. Vattnets syrgashalt och pH är utmärkta. Bottenvikens relativt sett höga sekundärproduktion och låga artantal får också räknas till de goda sidorna.

Några tecken på att miljön skulle kunna utplåna siklöjebestånden i Bottenviken finns ej idag.

KAPITEL 3. SIKLÖJANS VANDRINGAR I BOTTENVIKEN

Fångsten av siklöja kan växla kraftigt från år till år. Om detta fenomen har man spekulerat mycket och Jalkanen (1893) och Hagman (1914) föreslog att det skulle kunna bero på att siklöjan vandrar. Järvi (1919) hävdade däremot att, åtminstone i Keitele, de vandringar man dittills konstaterat endast var tillfälliga förflyttningar förorsakade av speciella undantagsförhållanden. Huruvida siklöjan vandrar eller inte vandrar är alltså något man varit intresserad av sedan lång tid tillbaka.

Tittar man på resultatet av de provfisken som bedrivits under åren 1976 t o m 1979 (Figur 3:1) så finner man att mängden siklöja fångad i skärgården ökar kraftigt från slutet av augusti till lektiden i slutet av oktober. Samma sak upprepas också om än med varierande intensitet år från år. Det förekommer således någon form av säsongsmässiga vandringar.



Figur 3:1. Siklöjefångsten per natt i Germandöfjärden vid provfiske med skötar åren 1976 t o m 1979 vid olika tidpunkter. Vertikala staplar visar variationen i fångst uttryckt som 95%-iga konfidensintervall.

The catch of cisco per night in Germandöfjärden in similar testfishings with nets from 1976 to 1979 during the icefree season. Vertical bars indicate the 95% confidence intervall.

Metodiken att märka fisk började utvecklas redan på 1870-talet. Det gick dock mycket trögt i början. Återfångsterna var, om några, mycket få mest beroende på de typer av märken som användes. Antingen fick fiskarna allvarliga skador av märket eller hindrades från att äta. Många av de tidigaste märkena sattes nämligen fast i fiskens käkparti. I båda fallen dog fiskarna troligen innan de hann bli återfångade.

Det var inte förrän 1955 som fiskeribiologerna genom Carlin fick ett bra märke och en bra metod att märka lax på (Carlin 1955).

För att få reda på om denna laxmärkningsmetodik (Ottosson 1981) kunde användas på siklöja rådfrågades Sötvattenslaboratoriets fiskmärkningsavdelning 1976. Där fanns tre äldre siklöjemärkningar bokförda, en i Piteå skärgård 1965 (Ahrén 1966), en i Mälaren 1973 och en i Väneren 1974, alla tre gjorda med Carlin-märken. En bearbetning av dessa tre märkningar (Enderlein 1977) visade att siklöjan går bra att märka med Carlin-märken.

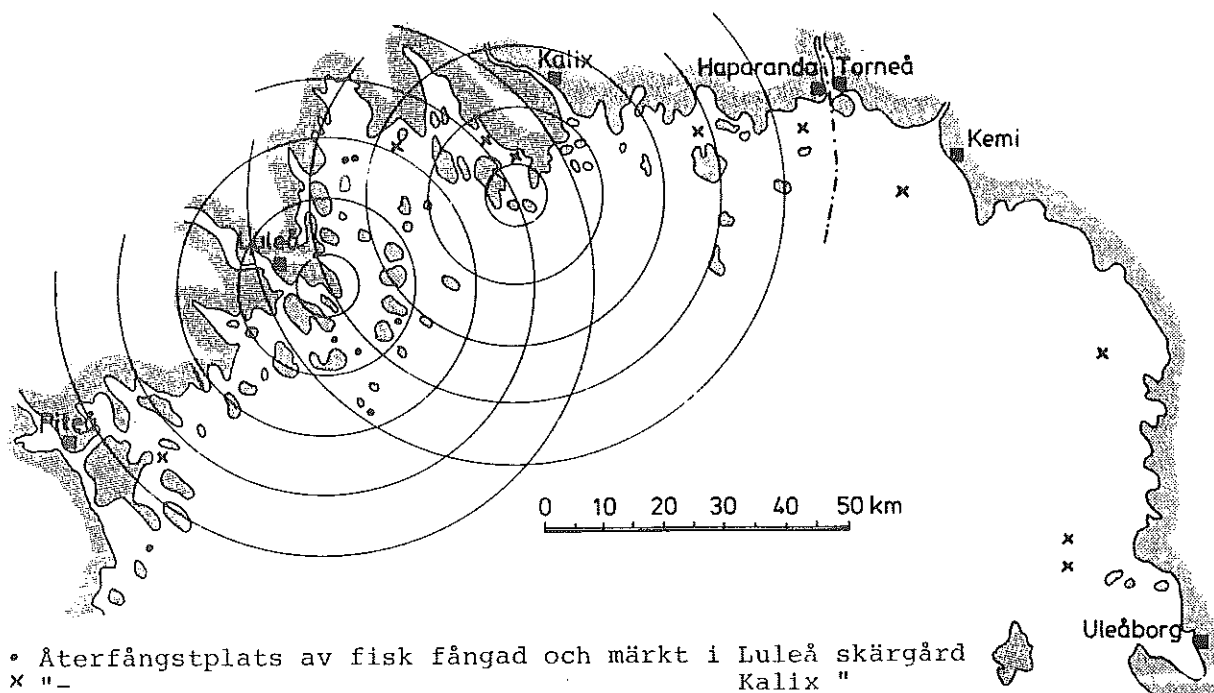
Detta var uppmuntrande men för att få ett resultat måste de märkta fiskarna återfångas. Hur är det med fisket efter siklöja i Bottenviken? Det idealiska förhållandet är att fisket är jämnt fördelat över alla vattenområden och alla årstider. Förhållandena är tyvärr ej idealiska i Bottenviken där siklöjan i huvudsak endast fiskas under september-oktober och då inomskärs på den svenska sidan. Det förekommer dock ett intensivt nätfiske inomskärs under sommaren riktat efter andra fiskarter där en del siklöjor fastnar på grund av märket. Mängden återfångad siklöja har varit god men den bristande spridningen i tid och rum har varit begränsande för resultatet.

Under 1975-78 märktes 4 300 siklöjor. Märkningarna gjordes på ryssjefångad fisk dels i Luleå och dels i Kalix skärgårdar. Fisken märktes och släpptes i anslutning till fångstplatsen. Två platser (Luleå och Kalix) användes för att kunna utesluta att resultatet skulle bero på slumpen, dvs om samma saker sker på skilda ställen samtidigt tyder det på större allmängiltighet. Märkningarna gjordes också under två årstider, sommar och höst. Försök att märka vinternotsfångad fisk i april har också gjorts men 50 % av siklöjorna dog omedelbart efter märkningen. Av de som släpptes har ingen återfångats.

Resultatet av de återfångster som gjorts skulle därför kunna delas upp i fyra grupper:

Märkta höst	-	återfångade sommar
"	"	- " höst
"	sommar	- " sommar
"	"	- " höst

Av gruppen: Märkta sommar-återfångade sommar har ingen återfångats varken ett eller flera år senare på grund av det låga fisketrycket under sommaren, varför denna grupp utgår. Man kan också förvänta sig att de som märkts under hösten och återfångats under sommaren skulle vara få. Det visar sig också att detta stämmer (Figur 3:2). Återfångsterna är också väl spridda. Ingen fisk är fångad inom 5 km:s radie från utsättningsplatserna, medan två siklöjor återfångats utanför Uleåborg mer än 100 km från utsättningsplatsen i Kalix skärgård. På sommaren är alltså siklöjan väl spridd.

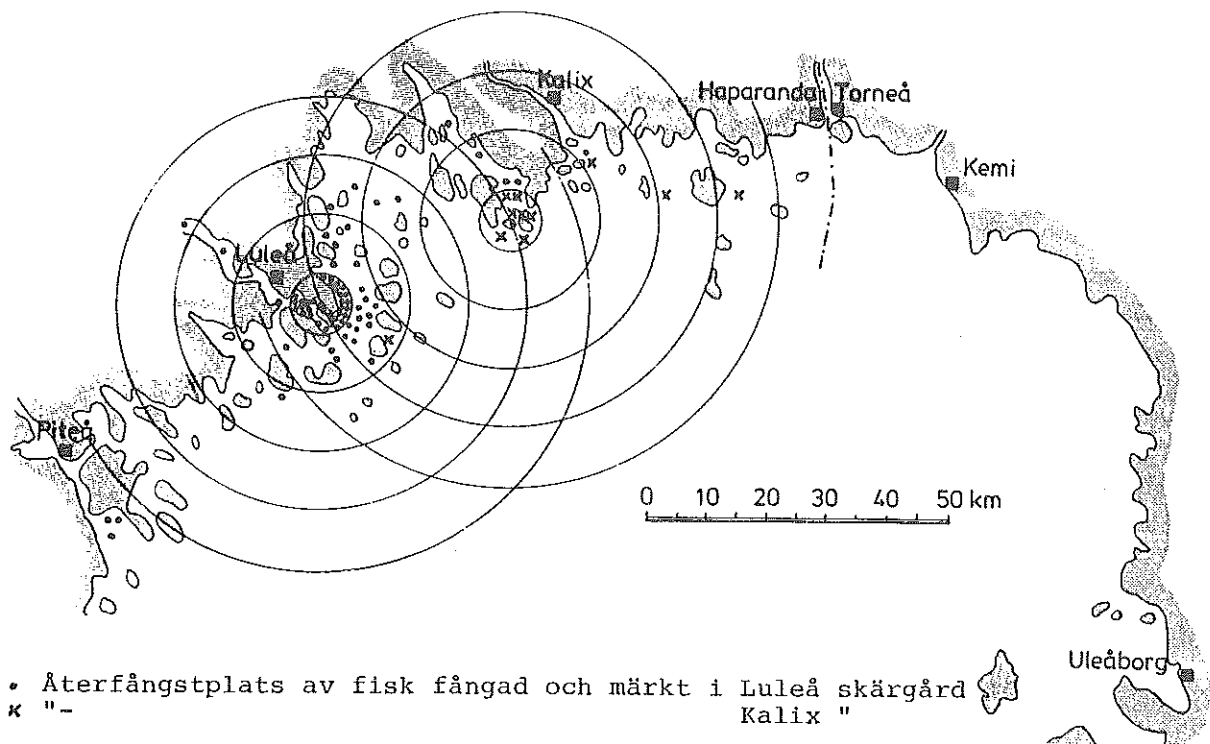


Figur 3:2. Återfångstplatser av siklöja märkta under oktober månad och återfångade under perioden maj-augusti ett eller flera år senare.

Places where cisco tagged in October were recovered during the period May-August one or more years later.

- Tagged in Luleå archipelago
- x Tagged in Kalix archipelago

Goda återfångster förväntades för höst-höst gruppen. Det resultatet har jag också fått, speciellt för siklöja märkt i Luleå skärgård (Figur 3:3). Återfångsterna visar att siklöjan år efter år återkommer till den plats där den fångats och märkts. Detta betyder att siklöjan återvänder till en speciell lekplats år efter år. Siklöjan i Bottenviken får därför anses bestå av en serie lekpopulationer eller lekstammar, var och en med sitt lekområde.



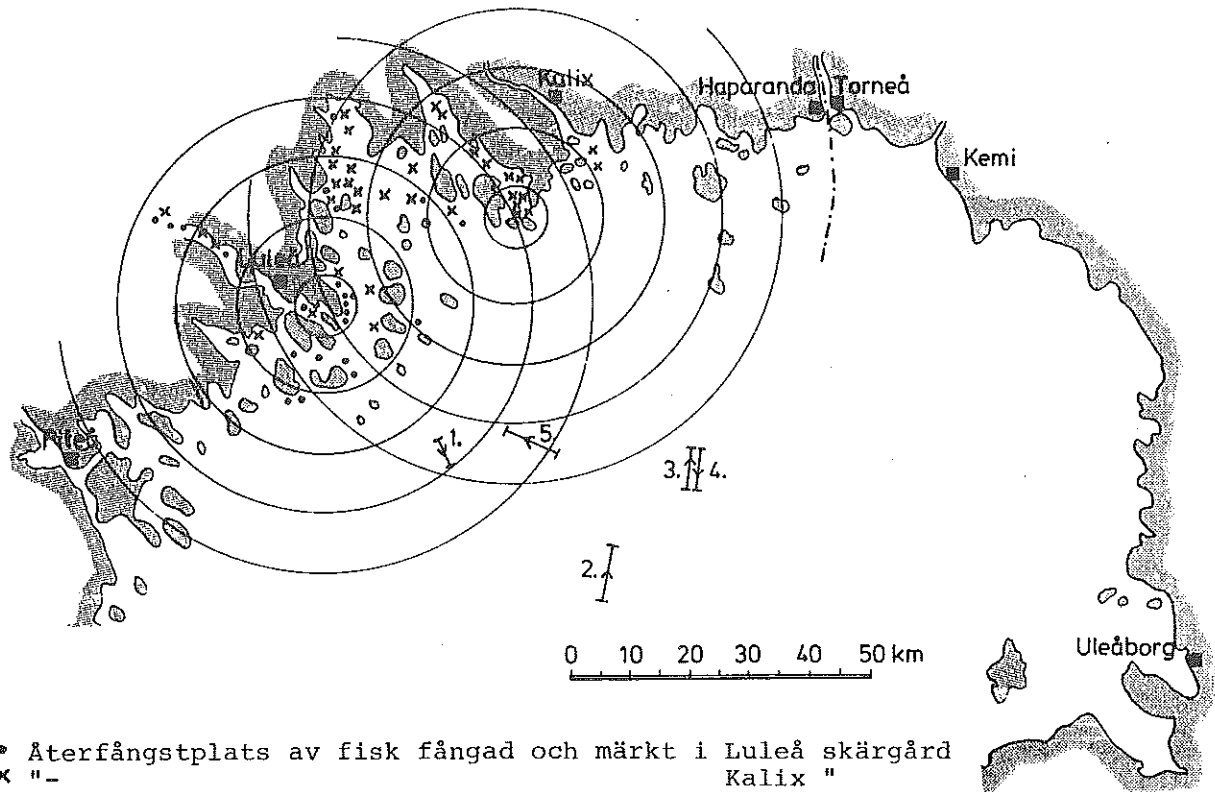
Figur 3:3. Återfångstplatser av siklöja märkta under oktober månad och återfångade under perioden september-november ett eller flera år senare.

Places where cisco tagged in October were recovered during the period September-November one or more years later.

- Tagged in Luleå archipelago
- x Tagged in Kalix archipelago

För sommar-höstgruppen skulle man kunna tänka sig två alternativ: Antingen en mängd återfynd på någon eller några få platser under en kort tid eller återfynd utspridda på hela skärgårdsområdet under en längre tid. Det första alternativet skulle tyda på att lekpopulationerna höll ihop under sommaren medan det andra att de blandades. Figur 3:4 avslöjar att det är det andra alternativet som är det rätta. Lekpopulationerna är under somma-

ren blandade och de som då märktes har sedan på hösten, då de återfångades, varit på eller på väg till sina respektive lekplatser.

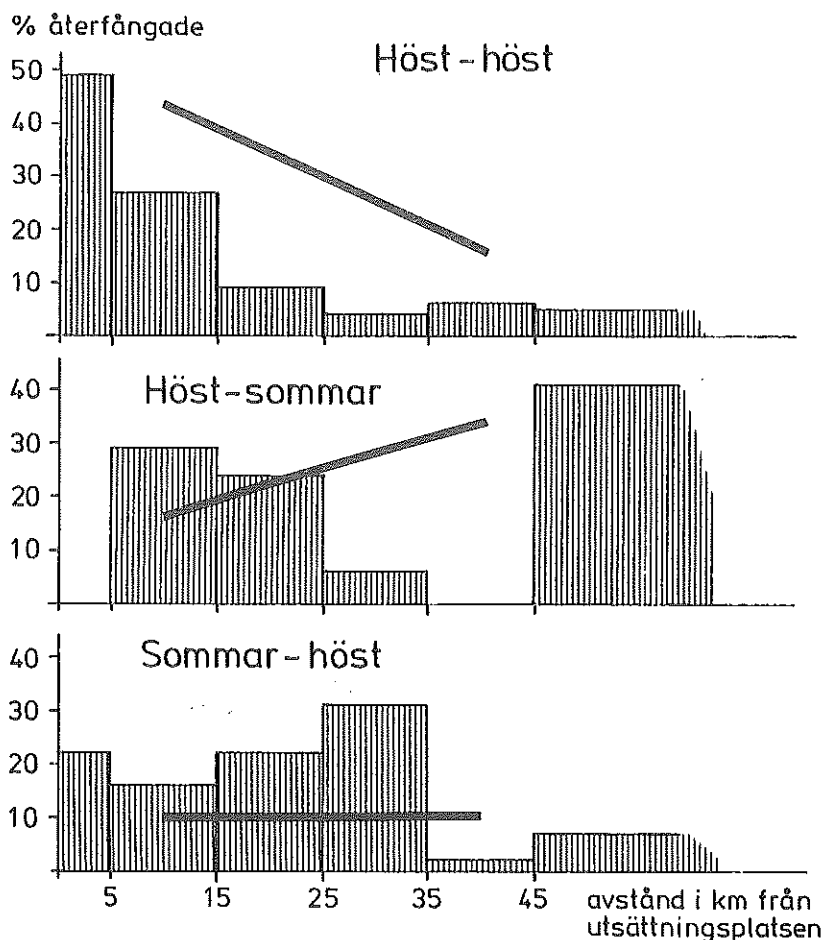


Figur 3:4. Återfångstplatser av siklöja märkta under juni-juli och återfångade under perioden september-november samma, ett eller flera år senare. Sträckorna 1-5 markerar var tråldrag efter siklöja har gjorts i Bottenviken.

Places where cisco tagged in June-July were recovered during the period September-November the same year or one or more years later. Lines 1-5 indicate where trawling for cisco has been conducted in the Bothnian Bay.

- Tagged in Luleå archipelago
- x Tagged in Kalix archipelago

Skillnaderna mellan de tre grupperna finns uttryckt i Figur 3:5, där återfynden i procent är uträknade i förhållande till avståndet från utsättningsplatsen. Höst-höstgruppen visar ett starkt samband med avståndet från fångst-återfångstplatsen på så sätt att ju längre bort desto färre återfynd. Höst-sommargruppen uppvisar ett motsatt förhållande nämligen ju längre bort ifrån utsättningsplatsen desto fler återfynd. Slutligen sommar-höstgruppen där samband saknas mellan avstånd från utsättnings- och återfyndsplats.



Figur 3:5. Förhållandet mellan antalet återfynd i procent och avståndet till utsättningsplatsen. De tjocka svarta streck-
en visar huvudtendensen i materialet.

The relation between the numbers recovered in per cent and the distance from the place of release. The black lines indicate the main tendency.

Var uppehåller sig då huvudmassan siklöja under sommaren? Alternativen skulle kunna vara att: Antingen går de runt inomskärs till den näringsrikare finska sidan, eller också är de utomskärs i öppna Bottenviken.

Att det första alternativet förekommer visar märkningarna (Figur 3:2). Återfynden är dock alltför få för att tyda på någon större vandring till finska sidan, speciellt om man betänker att fisket där efter siklöja under sommaren är betydande till skillnad mot det på den svenska sidan.

Det andra alternativet, att siklöjan är utomskärs har man inte velat tro på därför att salthalten, vilken utomskärs i Bottenvi-

ken ofta är 3 ‰ eller mer i ytan, skulle vara för hög. Enligt uppgift undviker siklöjan nämligen salthalter högre än 2-3 ‰ (Järvi 1950).

Om siklöjan under sommaren befinner sig utomskärs i Bottenviken borde detta dock vara enkelt att konstatera genom trålning. Detta har dock inte varit så enkelt. Vid fyra tillfällen har försök gjorts och vid tre av dessa har diverse tekniska fel satt "käppar i propellern".

Vid det försök som lyckades gjordes fem tråldrag markerade som 1-5 på Figur 3:4 den 30-31 augusti 1977. På sträckorna 1, 2 och 3 drogs trålen i ytan, dvs den svepte av området från 0-12 m djup. Drag 4 och 5 gjordes på 20-32 och 32-44 m djup. Drag 1, 2 och 3 gav siklöja om än få (6, 10 resp. 3 st) medan 3 och 4 gav ca 300 respektive 600 strömmingar. Siklöjan kan alltså förekomma ute i Bottenvikens ytvatten under sommaren i en salthalt av mer än 3 ‰.

Mängden fångad siklöja var mycket liten, men det var inte helt oväntat av två skäl. Dels blir det en spridning av siklöjorna när de kommer ut i Bottenvikens stora vattenmassa från skärgården, dels bör siklöjan egentligen under denna tid (30-31 augusti) vara i eller på väg in i skärgården.

Något som talar för att det var eftersläntare utan brådska till sina lekplatser är att samtliga var stora honor. Honor brukar uppenbara sig på lekplatserna senare än hanarna, något som gäller för en rad fiskarter.

Några säkra bevis för vad siklöjan gör på vintern finns inte men här är det lättare att spekulera. Det vinternotfiske som förekommer tyder på att siklöjan står stilla i fjärdarnas djupområden för att spara energi. Statistik från vinternotfisket visar att första draget ofta ger en bra fångst, medan de påföljande dagarnas notvarp ger sämre men relativt konstant fångst från dag till dag tills man på nytt får en ny god fångst oftast efter en vattenståndsförändring. En tolkning av detta skulle kunna vara

att det efter ett drag blir en "reva" i mattan av siklöja som står utmed botten. Siklöjan rör sig sedan så lite att revan inte fylls ut helt förrän en vattenståndsändring antingen rör om i mattan och jämnar ut den eller helt enkelt flyttar hela mattan med revan till en annan plats. Då får man åter ett rikt notvarp.

Från Väneren rapporteras att siklöjan under vintern står så stilla att man vid trålning på ekolod kan se hål i stimmen efter trålen (Almer muntl.medd.).

Ytterligare en liten bit i detta mäktiga pussel kan vara att vid märkningar på hösten är dödligheten mindre än 1% upp till en timme efter märkningen. Samma siffra vid märkning av vinternotfångad fisk är som nämnts tidigare över 50%. Detta kan tyda på att siklöjans reserver och motståndskraft i april är så knappa att varje extra ansträngning dödar dem.

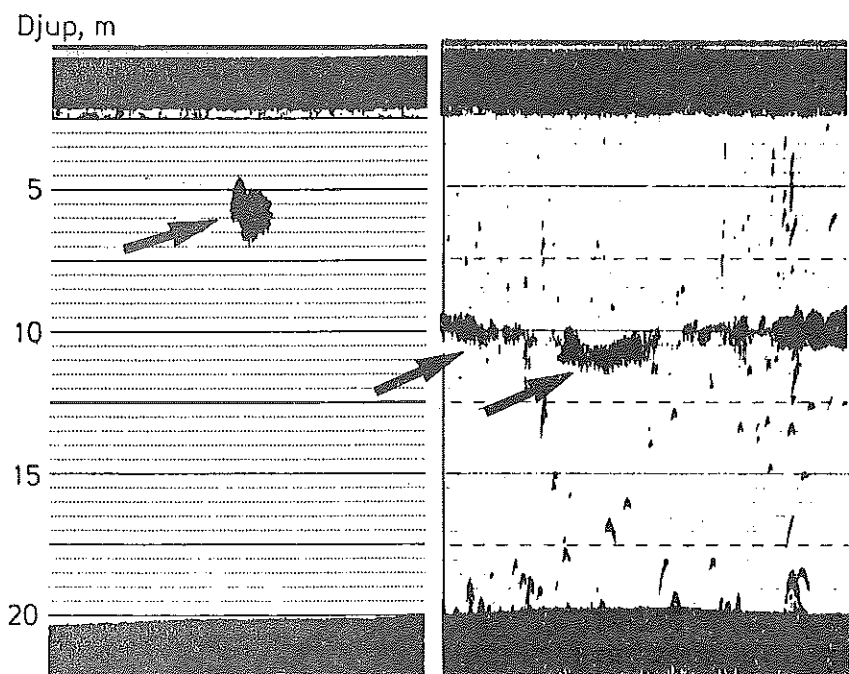
Efter en lång och som jag förmodar mycket stillsam, svältperiod i det kalla salta bottenvattnet kommer våren med islossning. Ekolodningar omedelbart efter islossningen visar på stora mängder siklöja som uppehåller sig utmed botten, men i början av juni när vattnet blivit varmare tunnas bestånden snabbt ut.

Det som har sagts hittills har gällt vuxna köns mogna fiskar. Siklöjan blir köns mogen redan under sin andra sommar (se kapitel 7). Det återstår således bara att redogöra för eventuella vandringar under siklöjans första sommar.

De fakta som finns är att vid fiske i Luleå skärgård med en finmaskig landvad (maskstolpe i struten 2 mm) som dragits från 1-1.5 m djup upp på stranden har siklöjeyngel endast fångats under juli månad. Försök har gjorts i juli och september av Sture Hansson (Wulff et al. 1977) och av mig från mitten av juni till mitten av juli. Den 13 augusti 1979 fångades en 7.3 cm stor siklöja mitt på Västantillfjärden med en Isaac Kidd-trål (finmaskig forskningstrål med fix öppning för fångst av fiskyngel). I september-oktober fångades årsungar tillsammans med köns mogna fiskar både vid fiskarens trålningar och mina provfisker.

Siklöjeynglen bör alltså befinna sig utmed stränderna på grunt vatten under juli månad, för att sedan i slutet av juli eller i början av augusti vandra ut på djupare vatten där de förenar sig med sina äldre släktingar. Detta beteende finns även beskrivet för siklöjeyngel i sjön Mjösa (Sandlund et al. 1981).

Vad händer då från kläckningen fram till i början av juli? Här saknas kunskap, men kanske siklöjan i Bottenviken uppför sig som sin amerikanska släkting Coregonus artedii. Dess yngel kläcker direkt eller några dagar efter islossningen. Ynglen är efter kläckningen positivt fototaktiska dvs dras mot ljus och simmar därför mot ytan där en ansamling sker som efter 6-10 dagar är helt upplöst (Colby och Brooke 1973). På ekolod i Luleå skärgård förekommer i slutet av maj och i början av juni "moln" (Figur 3:6), något som bara förekommer under en mycket kort tid av året. Är det siklöjeyngel som liksom sina amerikanska släktingar samlas i stora stim och driver runt, tills de i början av juli börjar söka föda vid stränderna, eller är det så att landvaden är för grovmaskig för att fånga de små ynglen under juni månad?



Figur 3:6. Ekogram från den 31 maj 1980 och den 7 juni 1978 med "moln". Dessa misstänks vara nykläckta yngel av siklöja. Germandöfjärden, Luleå skärgård.

Echograms from the 31 May and the 7 June 1978 with "clouds", suspected to be newly hatched cisco-fry. Germandöfjärden, Luleå archipelago.

Sammanfattning

Sikløjans yngel kläcks i slutet av maj, men om deras uppehållsplatser fram till i början av juli saknas kunskap. En gissning är att ynglen driver omkring i stora stim tills de har förbrukat gulesäcken. Under juli månad fångas sikløjans yngel i det grunda varma vattnet längs stränderna. I augusti månad har de nu betydligt större ynglen lämnat stränderna och vandrat ut i fjärdarna där de på hösten blandar sig med sina äldre lekande släktingar. Vintern tillbringas i stillhet tillsammans med släktingar i fjärdarnas djupområden. Efter islossningen på våren sker en utvandring från skärgårdarna. Det är ännu osäkert vart, men troligen förekommer siklöja i ytvattnet i större delen av Bottenviken. På sensommaren och hösten sker så en återvandring av de under sommaren blandade lekstammarna så att var och en går till sin lekfjärd och sitt lekområde. Efter leken intas åter vintervilan i fjärdarnas djupområden.

KAPITEL 4. NÄR, VAR, VAD OCH HUR MYCKET ÄTER DEN VUXNA SIKLÖJAN *)

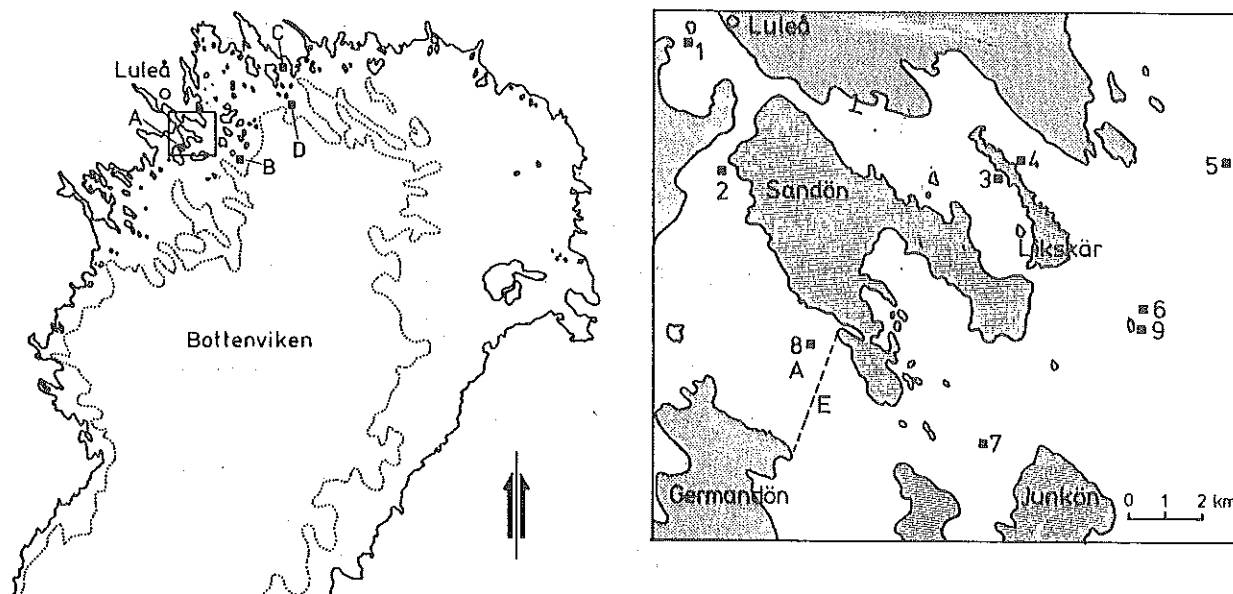
Det är sedan lång tid tillbaka känt att siklöjan företar vertikala dygnsvandringar under sommaren (Northcote och Rundberg 1970, Almer och Larsson 1974, Nilsson 1974, Almer 1978, Hamrin 1979). På eftermiddagen eller kvällen stiger siklöjan upp till ytan från botten för att på efternatten eller morgonen åter uppsöka bottenvattnet. Det är också känt att djurplankton företar vertikala vandringar (Hutchinson 1967). Mönstret för dessa vandringar varierar dock från art till art. Vissa vandrar mellan ytan och språngskiktet andra från botten till ytan, en del vandrar uppåt när ljuset avtar medan andra gör tvärtom. En del djurplankton har även varierande vandringssätt beroende på i vilket utvecklingsstadium det befinner sig. Tidigt föreslog Järvi (1919) att det kunde finnas ett samband mellan siklöjans och djurplanktonets vandringar då djurplankton är siklöjans huvudsakliga föda under hela dess levnad.

För att närmare kunna studera dessa förlopp gjordes sommaren 1977 tre stycken "dygnsfisken" (26-27 maj, vecka 21, 23-24 juli, vecka 29 och 3-4 oktober, vecka 40) i Germandöfjärden (Figur 4:1).

Varje dygnsfiske bestod av tre moment a) vatten hämtades från olika djup för kvantifiering och artbestämning av djurplankton på respektive djup, b) ekolodning längs sträcka E (Figur 4:1) och c) skötar vittjades och den fångade fiskens magar insamlades och konserverades omedelbart. De skötar (20 fot) som vittjades var lagda i tre lang, så att nivåerna 0-6 m, 6-12 m och 14-20 m (bottensatta) var täckta. Vart och ett av de tre skötlängen bestod av fyra skötar med maskstorlekarna 60 v/a, 48 v/a, 36 v/a och 28 v/a.

De tre momenten, planktonprovtagning, ekolodning och vittjning upprepades var 3:e timme under 24 timmar. Resultatet av denna möda blev att under vecka 21, 1 siklöja, vecka 29, 30 siklöjor och vecka 40, 653 siklöjor fångades.

*) Tidigare publicerad på engelska (Enderlein 1981a).



Figur 4:1. Bottenviken och Luleå skärgård med provfiskestationer markerade. Stationerna 1-9 användes 1975 av fiskerintendenten och A-D är de jag använt. Den streckade linjen E är den sträcka där ekolodningar gjorts.

The Bothnian Bay and the Luleå archipelago with the net-fishing stations indicated. Stations 1-9 were used in 1975 by the fisheries administration and A-D are those used by me. The dotted line E shows the echosounding track.

Vid bearbetning av det insamlade materialet visade det sig att om man kunde få ca 10 fiskar var 3:e timme dvs 80 fiskar per dygn, så skulle det säkert gå att få svar på de frågor, som ställts i rubriken.

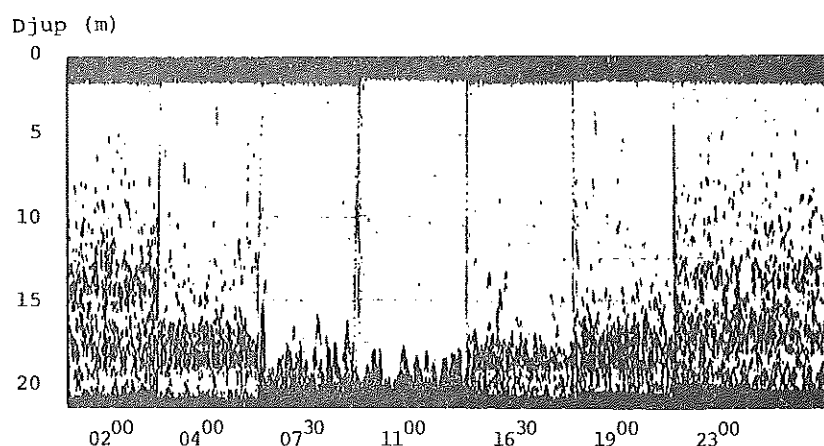
Efter visst funderande beslöts att fiske skulle göras med dynamit under 1978. Ett första försök gjordes 1978 under vecka 23 (8-9 juni) på samma lokal i Germandöfjärden som under 1977. Antalet siklöjor blev totalt 64 st med en någorlunda jämn fördelning på de olika tidpunkterna under dygnet. Experimentet ansågs lyckat och upprepades därför under veckorna 29 (22-23 juli), 36 (4-5 september) och 41 (10-15 oktober).

Det största problemet som vi upplevde vid sprängningarna var att vi hade svårt att hävda oss i konkurrensen med måsarna om de uppflytande siklöjorna.

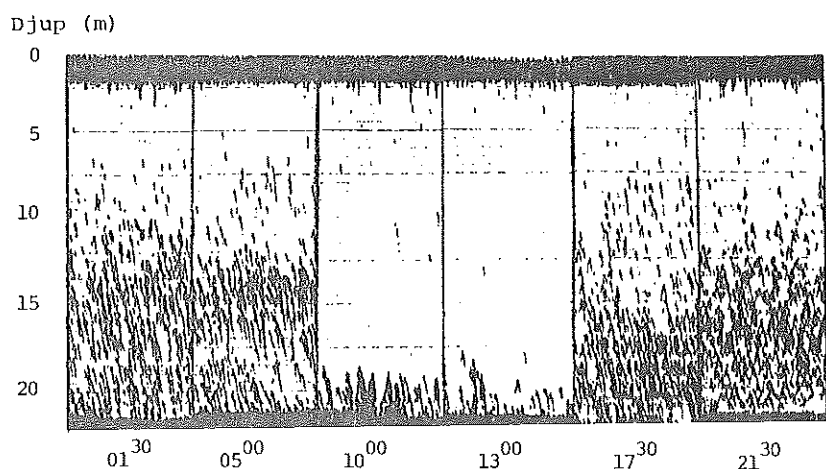
Det skall här också påpekas att dygnfisken ofta visar en variation i födovalet men att denna inte alltid är statistiskt säker (Jenkins och Green 1977). I detta fall har resultatet testats "one way analysis of covariance" för var och en av de i födan vanligast förekommande arterna. Resultatet är att födointaget verkligen varierar under dygnet. Enda undantaget är för Bosmina under vecka 29.

När och var äter siklöjorna

På de ekogram som togs framgår att siklöjan vandrar upp och ned i vattenmassan under ett dygn (Figur 4:2). På eftermiddagen eller kvällen beger sig således siklöjan från botten och uppåt.



Figur 4:2a. Ekogram under olika tider på dygnet från vecka 36, 1978.
Echo-sounder trackings at different hours along transect E, week 36, 1978.



Figur 4:2b. Ekogram under olika tider på dygnet från vecka 41, 1978.
Echo-sounder trackings at different hours along transect E, week 41, 1978.

Under natten går den mycket ytligt för att på morgonen åter vandra ner mot botten. Det som styr vandringen är troligen ljuset.

Resultatet av djurplanktonprovtagningarna visar dels att de olika arterna eller grupperna varierar i antal under sommaren och att det även här sker en vertikalvandring under dygnet (Figur 4:3). Släkterna Eurytemora, Daphnia, Bosmina och vissa Cyclopsarter vandrar på kvällen mot ytan, där det blir höga koncentrationer av dessa djur mycket nära ytan. På efternatten och morgonen sjunker eller vandrar de neråt och sprider sig i hela vattenmassan. Man hittar därför på dagen få av dessa djurplankton per volymenhet.

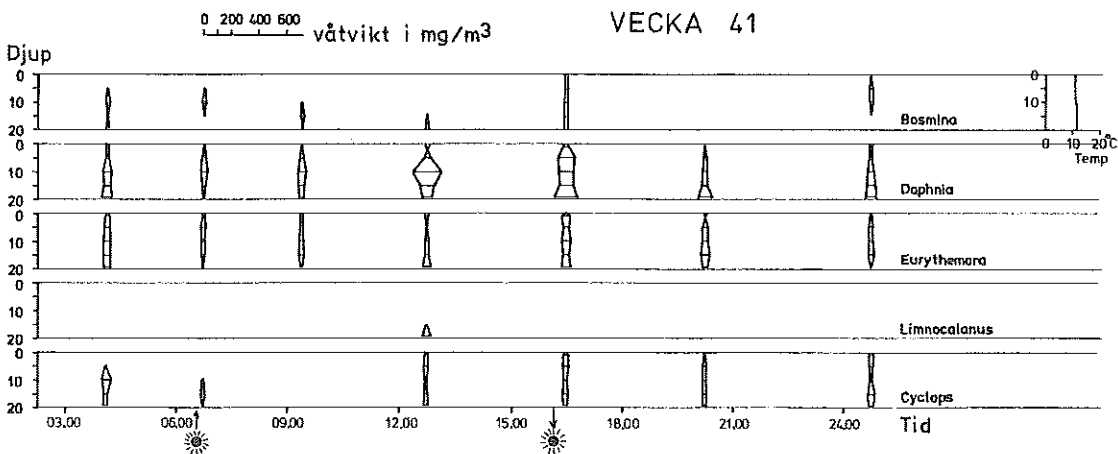
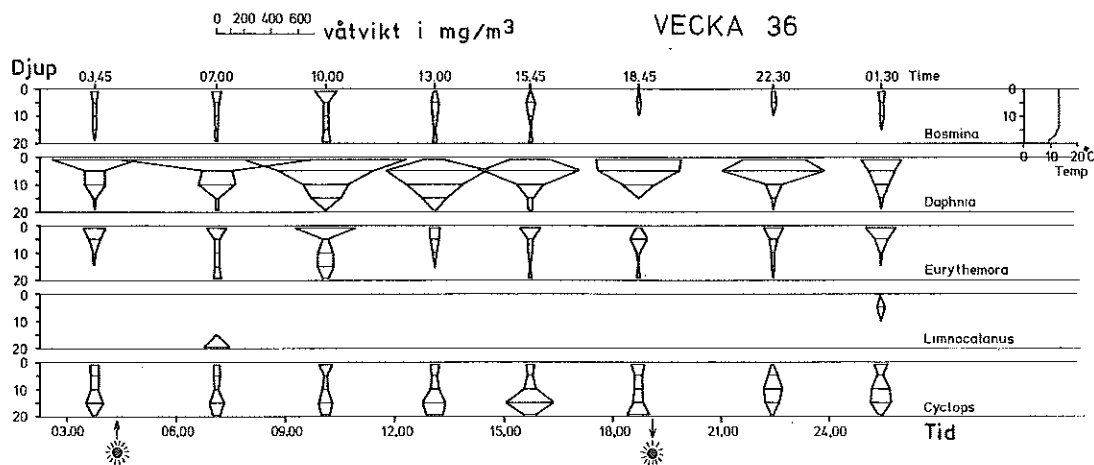
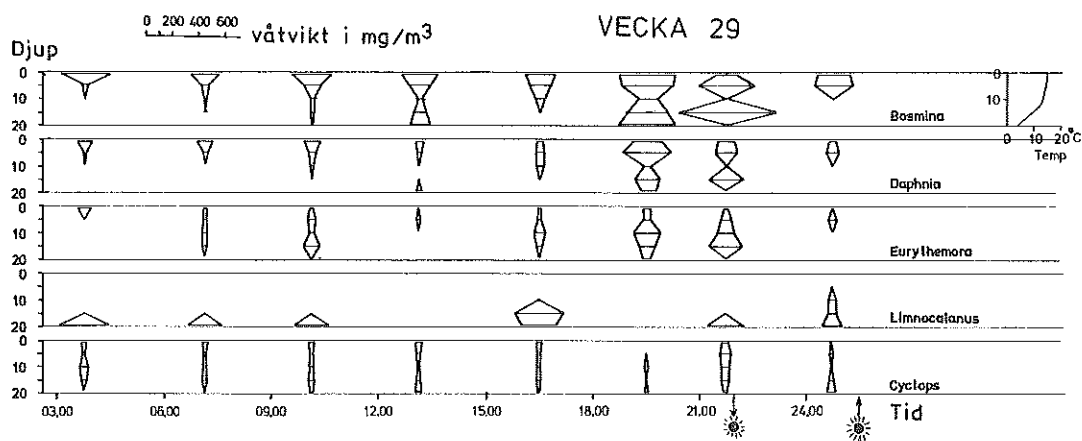
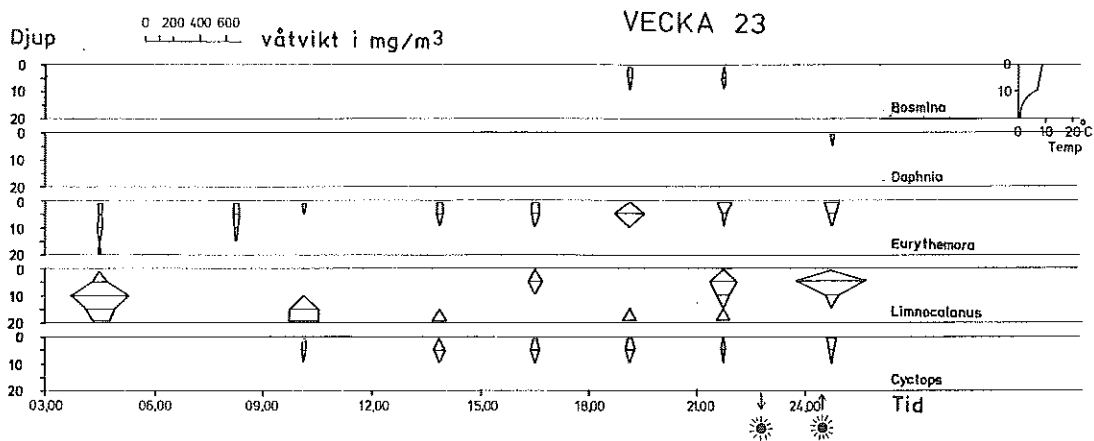
Limnocalanus, den största av de djurplankton som siklöjan äter, vandrar uppåt från botten under eftermiddagen eller kvällen, men stannar vid temperatursprångskiktet. Limnocalanus hittas därför ej i ytan under sommaren. På morgonen sker en återvandring till botten (Lindquist 1959, 1961).

Lägger man ihop siklöjornas och djurplanktons vandringar så skulle det kunna bli så här: På kvällen eller eftermiddagen börjar siklöjan och Limnocalanus röra sig upp mot ytan. På vägen uppåt äter siklöjan Limnocalanus och övriga djurplankton, som den får syn på.

Väl uppe vid ytan äter siklöjorna av de djurplankton (främst Bosmina, Daphnia och Eurytemora) som där har ansamlats i höga koncentrationer för att filtrera i sig växtplankton, bakterier och detritus (= organiskt material från döda växter och djur som håller på att brytas ned).

Figur 4:3. De vanligast förekommande djurplanktonarternas vertikala dygnsvandringar under vecka 23, 29, 36 och 41, 1978 i Germandöfjärden.

The vertical diel distribution of the most common adult zooplankton during weeks 23, 29, 36 and 41, 1978 in Germandöfjärden. The time of sunset and sunrise is indicated.



Siklöjan äter så länge som det finns ljus tillräckligt för att den skall kunna se sitt byte. De långa ljusa sommarnätterna gör troligen att siklöjan kan äta nästan hela natten.

På morgonen vandrar siklöjan tillsammans med djurplankton nedåt och vid språngskiktet träffar den på Limnocalanus, som den passar på att äta av under det att båda arterna rör sig ned mot botten där siklöjan står under dagen.

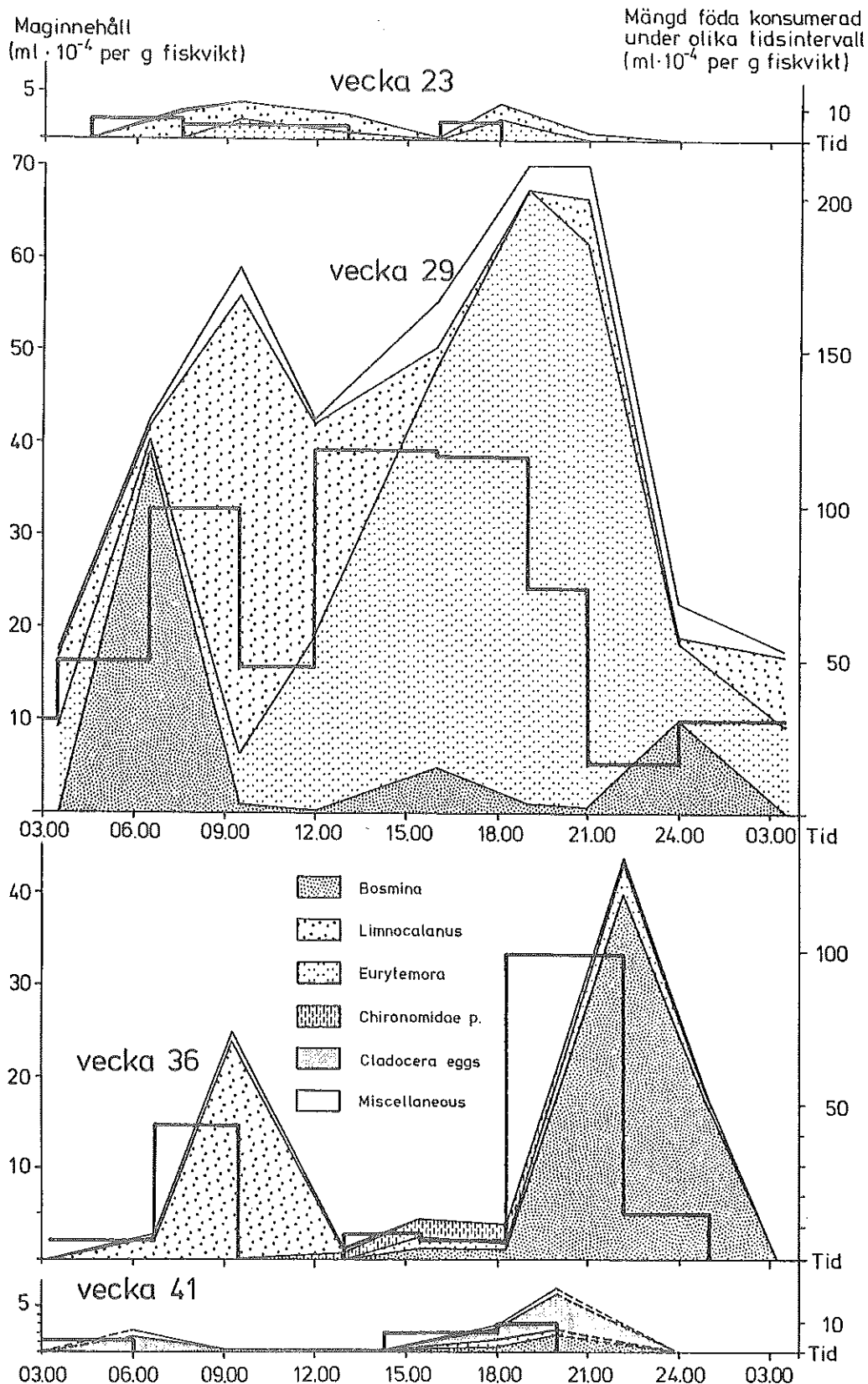
Under sommaren är det kallaste vattnet vid botten och för en fisk som inte äter är det ur energiekonomisk synpunkt lämpligast att stå i så kallt vatten som möjligt (Brett och Higgs 1970).

Teori och praktik stämmer inte alltid i naturen, men tittar man på vad siklöjorna hade i magen när dom vid de olika tidpunkterna dödades av dynamitexplosionen (Figur 4:4), så stämmer det förvånansvärt väl med teorin.

I Figur 4:5 har jag försökt att göra en schematisk sammanställning av födans och den ätandes rörelser i vattenmassan.

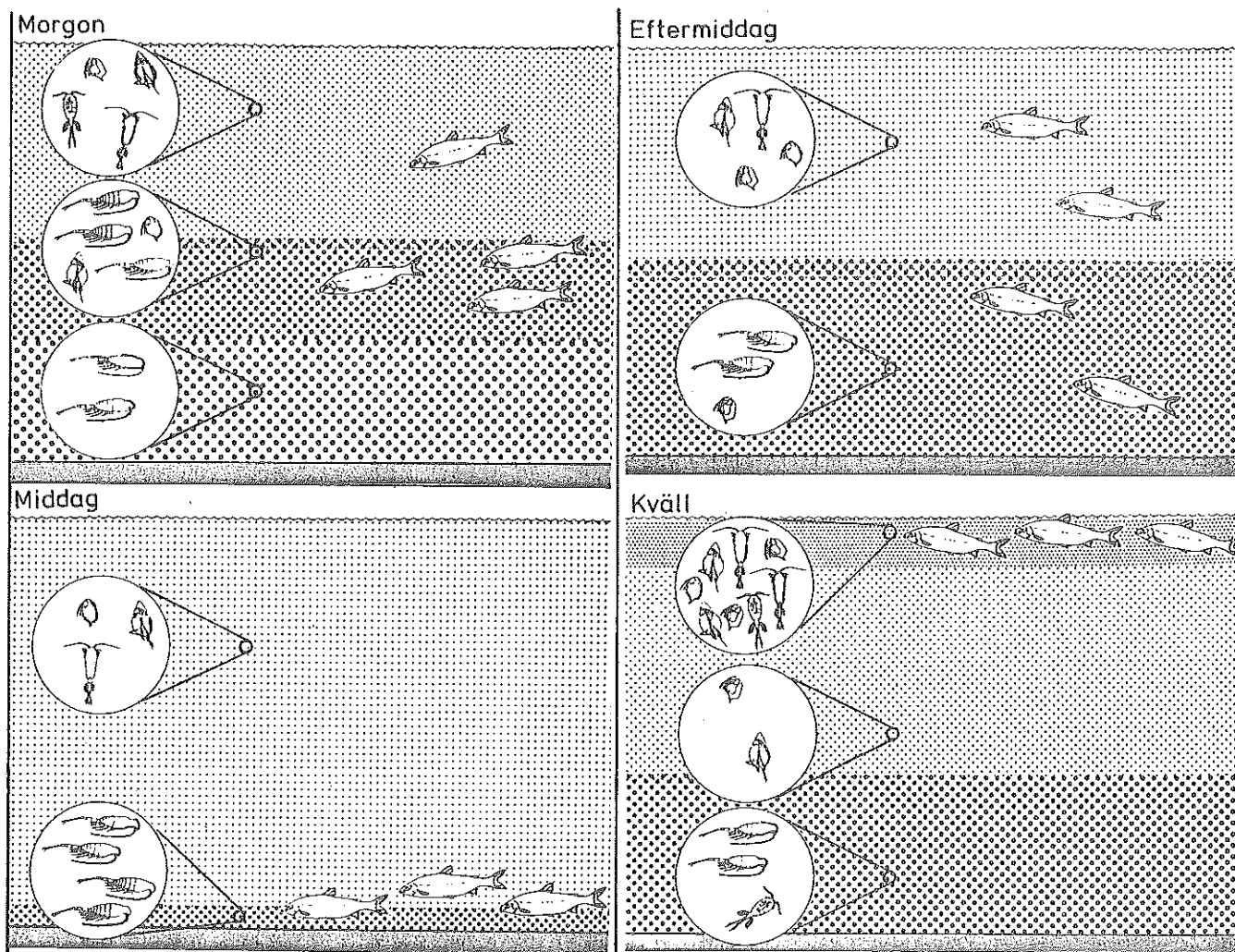
Siklöjans matordning skulle i korta drag bli: Frukost bestående av Limnocalanus på väg till botten, ingen lunch, men middag på väg upp till och vid ytan, bestående av Limnocalanus som entrérett och främst Bosmina och Eurytemora som huvudrett. Är vädret lugnt så intages vickning bestående av insekter, som fastnat på vattenytan.

Detta är matordningen under sommaren. På hösten (vecka 40, 1977) verkar det som om matordningen är lite förändrad så att vanligtvis enbart frukost-lunch intages. Resultatet från dygnsfisket vecka 40, 1977 visar på detta. Däremot avviker vecka 41, 1978 (Figur 4:4) från detta mönster. Jag tror dock att resultatet vecka 41, 1978 är ett undantag beroende på att det först blåste kraftigt, för att sedan när dygnsfisket genomfördes bli kav lugnt med ett strålande månsken, ett månsken som var tillräckligt för att ge ljus nog åt siklöjorna att se sin föda, åtminstone är det ljus, som fullmånen ger, tillräckligt för att strömmingen skall kunna äta (Johnsson 1939).



Figur 4:4. Maginnehållets mängd och sammansättning vid olika tidpunkter på dygnet under fyra olika veckor 1978. Det kraftiga horisontella eller vertikala strecket anger den beräknade konsumtionen (enligt den högra skalan) under respektive tidsintervall.

The diel variation in stomach content and composition and the food consumption (solid horizontal or vertical line) during the respective time interval.



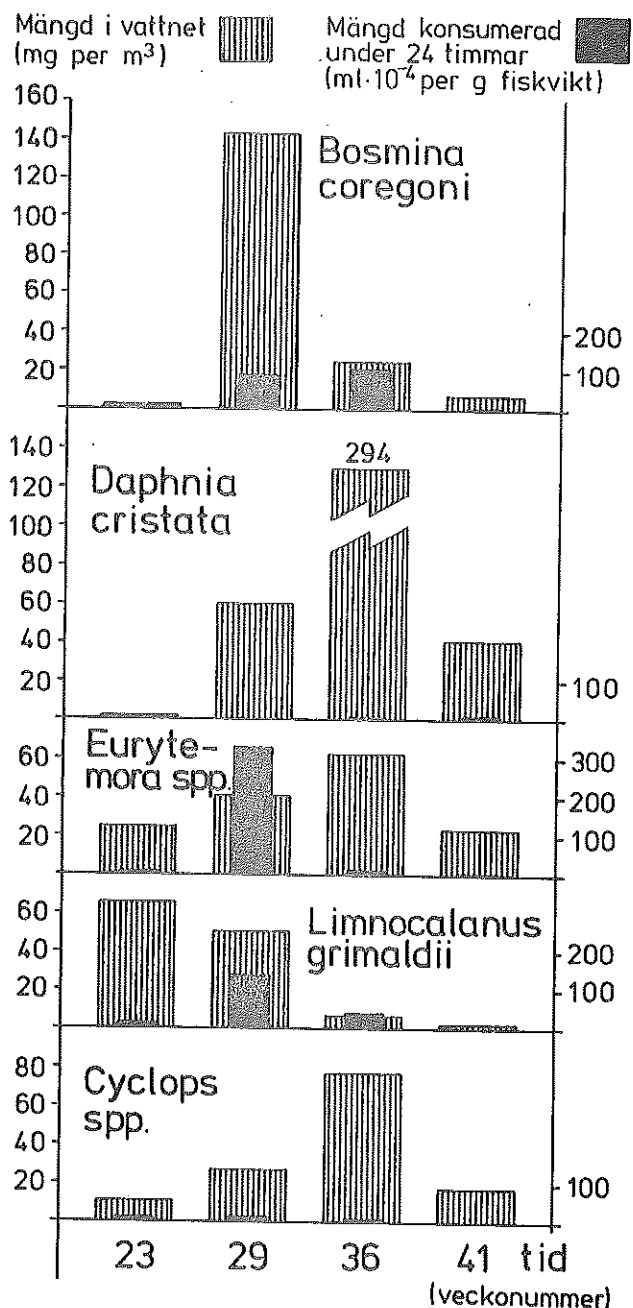
Figur 4:5 Schematisk bild över var siklöjan och dess byte befinner sig vid olika tidpunkter på dygnet.

A simplified model of the vertical distribution of the cisco and its prey (morning, midday, afternoon and evening).

Övergången till frukost-lunch beror troligen på att ljusförhållandena är så dåliga under hösten att sikløjorna endast ser att äta under den ljusaste tiden på dygnet om det inte är lugnt och klart månsken. Dessutom är vattnet kallt och leken nära förestående vilket tillsammans nedsätter aptiten.

Vad äter sikløjorna?

Delvis har denna fråga blivit besvarad, men tittar man på tillgången av djurplankton i förhållande till vad som hittats i magarna så uppstår nya frågor (Figur 4:6).



Figur 4:6.

Mängderna av fem olika djurplankton i vattnet (vänstra skalan) och mängden av dessa konsumerade under 24 timmar (högra skalan).

The amounts of five types of zooplankton present (striped bars, left-hand scale) and the amounts of the respective zooplankton type consumed during 24 hours (black bars, right-hand scale).

inga eller mycket få sådana djur i vattnet. Äggsäckar, ägg och ephippier (ephippier = yngelkammare där övervintrande vilägg är

Så t ex är antalet *Bosmina* per m³ varierande under sommaren med den största uppmätta mängden under vecka 29. Däremot är det betydligt fler *Bosmina* i siklöjornas magar under vecka 36 än under vecka 29. *Eurytemora* äts mest under vecka 29 medan de är talrikast under vecka 36. *Daphnia cristata* är oerhört talrik under vecka 36 men äts nästan inte alls. Samma sak har rapporterats från sjön Mjösa i Norge (Sandlund et al. 1981). Ivlev (1961) har gjort ett index för hur vanligt ett bytesdjur är i vattnet respektive i jägarens mage. Ett högt indexvärde skulle betyda att jägaren föredrar just detta byte. Om detta index används här så skulle slutsatsen bli att siklöjan ibland tycker om en typ av djurplankton medan det vid andra tillfällen är mindre attraktivt. Kommentarer angående Ivlevs index har gjorts tidigare av O'Brien och Vinyard (1974) och Strauss (1979). Jag tror inte att siklöjan över huvud taget väljer sin föda, utan vad den äter har andra orsaker.

Vissa antydningar till en förklaring kan man få om man vet att de *Eurytemora* som äts under vecka 29 är sådana som bär äggsäckar. Under vecka 36 fanns

inneslutna) har tidigare rapporterats öka djurplanktons sårbarhet högst avsevärt (Vallin 1969, Sandström 1980). Bosmina-populationen hade betydligt fler individer vecka 29 än under vecka 36, men de som fanns under vecka 36 var å andra sidan äldre och större.

Jag har därför dragit den slutsatsen att det är sikløjans förmåga att se bytesdjuret som är det avgörande för hur mycket som konsumeras av respektive art och att varje art har varierande synlighet under olika faser av sitt liv (Zaret och Kerfoot 1975).

Bosmina borde vare mer synlig ju äldre och större den blir. Eurytemora borde vara speciellt synlig när den bär på äggsäckar. Daphnia cristata borde lyckas hålla sig nästan osynlig under hela sommaren och inte bli synlig förrän under hösten då den bär på ephippier innanför det genomskinliga skalet.

Cyclops (hoppkräftor) konsumeras i mycket liten utsträckning, vilket troligtvis beror på att den håller sig osynlig genom att hoppa ur sikløjans synfält (Lindström 1955). Cyclops har nämligen som namnet anger förmågan att göra små snabba hopp i vatten.

En tredje metod att hålla sig så lite synlig som möjligt är den som den stora Limnocalanus använder. Den håller sig helt enkelt djupare ner i vattenmassan där det är mörkare.

Fördelen för djurplankton att vara så svårupptäckta som möjligt för fisken är att de annars skulle bli uppätta med risk för att arten uttraderas. Det är väl dokumenterat att om man sätter in en fisk i en fisktom sjö så förändras mycket snabbt djurplanktons artsammansättning så att de ursprungliga stora arterna betas ned, uttraderas och ersätts med nya mindre former (Nilsson och Pejler 1973, Nilsson 1978).

Ett annat exempel på detta är det som sker i en rödingsjö när sik kommer in eller inplanteras. I rödingsjön finns en mängd stora djurplanktonarter som i storlek ligger precis på rödingens synförmågegräns. Djurplanktonarterna har anpassat sig efter rödingens betningsförmåga. Den nyinkomna siken med betydligt

bättre förmåga att se små djur hamnar därför i rena smörgåsbordet, som den snabbt äter rent. De större djurplanktonarterna försvinner, men ersätts av mindre arter anpassade till sikens synförmåga. Dessa nya arter är så små att rödingen inte längre kan se dem. Rödingen får därför, för att överleva, vilket den inte alltid gör, söka sig någon annan form av mat som siken inte utnyttjar.

Varför envisas då djurplankton med att försöka bli stora när dom då bara blir uppätta? Bland annat kan det bero på att konkurrensen mellan arterna är hård och att det i denna konkurrens gäller att vara större än sina konkurrenter (Hall och Threlkeld 1976). Ett djurplankton strävar efter att vara så stort som möjligt utan att bli synligt för fisken. Till fiskens lycka misslyckas djurplankton då och då och det är då dom återfinns i fiskarnas magar. Detta är min förklaring på de beskrivna olikheterna i antal djurplankton funna i vattnet i förhållande till dem funna i magarna.

Man kan uttrycka det så att siklöjan lever ett hårt liv trots att den är en mycket skicklig djurplanktonbetare, vilket bl a visas av att det bara finns små djurplanktonarter i Bottenviken, och trots att den simmar i "maten", därför att den bara ser "maten" var gång maten gjort misstaget att bli för stor.

Även djurplankton lever ett utsatt liv där det gäller att vara så stor som möjligt utan att synas för fisken, en balansakt med livet som insats.

Hur mycket äter siklöjan?

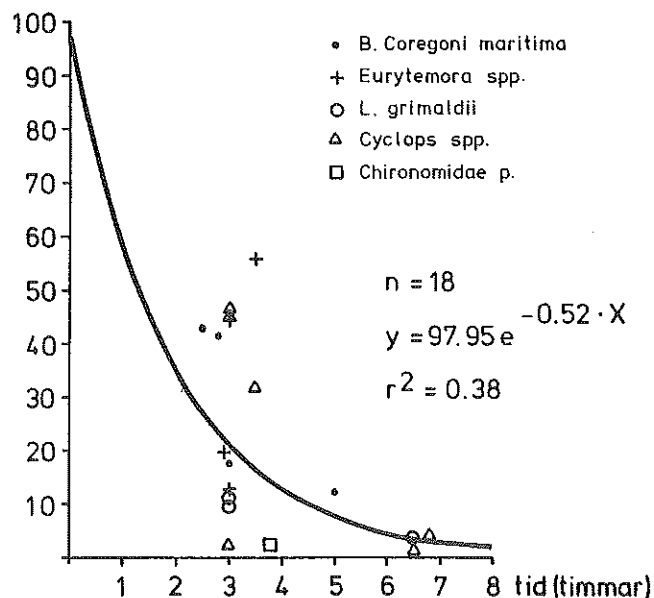
De flesta fiskars födoval är relativt väl kända, men däremot är kunskapen mycket dålig om hur mycket av de olika födoslagen som konsumeras. Svårigheten ligger i att bestämma hur fort maten omsätts. Försök har gjorts med att mata fisk i akvarier och sedan magpumpa eller röntga fiskarna för att se hur mycket som finns kvar efter vissa tidsintervall (Windell 1978). Ett annat sätt har varit att fånga fiskar i en sjö. Fiskarna har man låtit simma i burar som flutit i sjön. Ur burarna har, med jämna mellanrum, sedan tagits fiskar vilkas maginnehåll mätts.

Dessa metoder har givit goda resultat men de har också visat att temperaturen spelar en mycket stor roll. Hög temperatur ger snabb omsättning. Resultat från försök där fisk har hållits i konstant temperatur är därför svåra att översätta till naturliga förhållanden. Siklöjan kan stå i bottenvatten av 5°C under dagen medan den under kvällen vistas i ytvatten av 15°C.

Den metod jag har använt bygger på att siklöjan har ätit olika saker under olika delar av dygnet. Dessa olika födoslag följs från provtagning till provtagning. Metoden har den fördelen att den återspeglar ett riktigt temperaturskeende, men har också två nackdelar. För det första vet jag inte exakt när fiskarna har slutat äta ett födoslag och för det andra har det varit olika fiskar hela tiden och viss variation i födoval mellan fiskar föreligger alltid. Resultatet får därför inte ses som ett exakt värde utan som en grov uppskattning.

Av Figur 4:7 framgår att evakueringshastigheten är exponentiell, vilket stämmer väl med vad andra funnit (Elliott och Person 1978) och mycket snabb. Hälften av maginnehållet har redan för-

Den procentuella återstoden av en måltid i magen efter t timmar



Figur 4:7. Evakueringshastigheten ur magen, dvs kurvan, anger hur mycket som finns kvar i magen vid olika tidpunkter efter en avslutad måltid.

The decrease in the amounts of different food items present in stomachs of cisco was followed over a period of time and plotted to give the gastric evacuation rate.

svunnit ur magen efter 1 timme och 20 minuter. En så snabb omsättning har man tidigare inte funnit hos någon vuxen fisk (Windell 1978). Däremot är det en ganska långsam omsättningstid om man jämför med yngel som livnär sig på djurplankton (Noble 1973). En av orsakerna till den mycket snabba omsättningen är kanske typen av föda. Det är t ex påvisat att födopartiklarnas storlek spelar mycket stor roll. Ju mindre partiklar desto snabbare kommer magsaften åt att lösa upp dem. Denna snabba omsättningstid hos siklöjan har tidigare noterats av Hamrin (1979) som säger att efter 6 timmar vid 8°C återstår endast 5% av födoorganismerna. Hakkari (1978) har funnit en betydligt långsammare omsättningstid men vi har å andra sidan utgått från två mycket olika metoder.

En av fördelarna med en snabb omsättning skulle vara att det går att utnyttja tillfällena då det finns gott om mat bättre, som t ex när Eurytemora bär på äggsäckar.

Mängden föda en siklöja konsumerar under ett dygn har beräknats med hjälp av evakueringshastigheten och kännedomen om mängden föda i magen vid början och slutet av varje tidsintervall*).

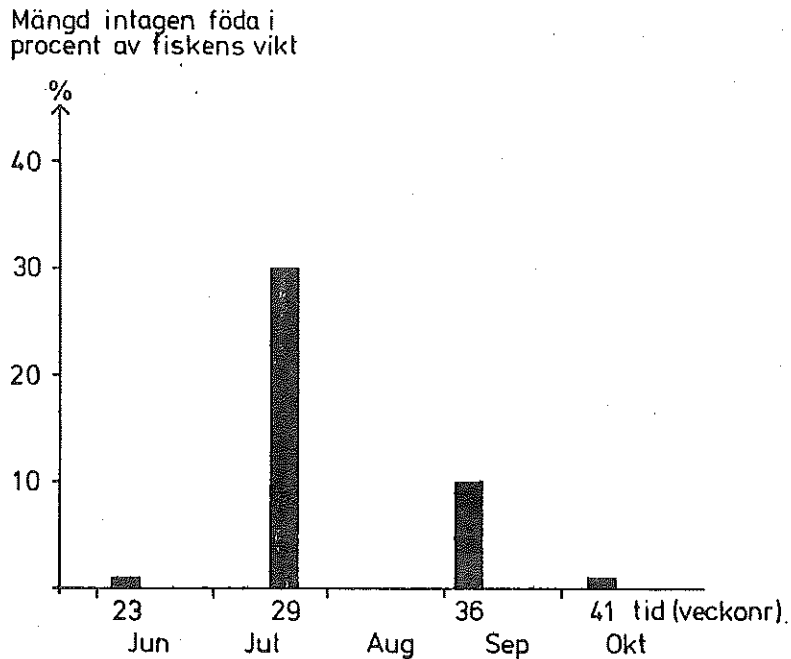
Födokonsumtionen har uttryckts i procent av fiskens vikt per dygn. Notera att här har torrvikter använts både för födan och när det gäller fiskens vikt. Detta därför att djurplankton och fisk har olika vatteninnehåll. Djurplankton innehåller ca 88% vatten medan siklöjan ca 75% (Figur 7:7).

Under vecka 23 har siklöjorna ätit en mängd motsvarande ca 1% av sin kroppsvikt under 24 timmar (Figur 4:8). Vecka 29 då det var gott om Eurytemora med äggsäckar och vattentemperaturen hade

*)

$$C_t = \frac{(S_t - S_0 \cdot e^{-R \cdot t}) R \cdot t}{1 - e^{-R \cdot t}}$$

där C_t är den mängd föda som konsumerats under t timmar. S_0 och S_t är det relativa maginnehållet vid början och slutet av intervallet. R är evakueringshastigheten (Elliott och Persson 1978).



Figur 4:8. Sikløjans konsumtion per dygn ställd i relation till kroppsvikten vid fyra olika tillfällen under den isfria perioden.

The food consumption (dry weight) in per cent of the fish weight (dry weight) during 24 hours on four different occasions during the ice-free season.

stigit från 10°C i ytan vecka 23 till 15°C, så åt sikløjorna 30% av sin kroppsvikt per dygn. Om en 80 kilos människa skulle äta lika mycket, så skulle hon behöva stoppa i sig 24 kg mat per dygn. I början av september, dvs vecka 36, var konsumtionen 10% för att under vecka 41 vara nere i endast 1%. Detta kan jämföras med vad som finns rapporterat för ung strömming där födointaget varierar från 8.1 till 12.6% av kroppsvikten vid 14.5°C och mellan 3.5 till 5.0% vid 6.5°C (De Silva och Balbontin 1974).

Sikløjans utgör ofta en mycket stor del av fiskbiomassan i de sjöar där den förekommer. En del av förklaringen till att den är så framgångsrik är troligen dess goda synförmåga och snabba omsättning av maten, så att den maximalt kan utnyttja de tillfällen då mat förekommer rikligt.

För den långt gångna specialiseringen har dock sikløjans fått kompromissa bort möjligheten att kunna bli en storvuxen fisk.

Sammanfattning

Siklöjan liksom dess föda, djurplankton, har vertikala dygns-
vandringar i Bottenviken. Vad siklöjan äter beror således på var
den befinner sig och vad som vid detta tillfälle finns att till-
gå. En sammanfattning av matordningen under sommaren skulle kun-
na bli: Frukost bestående av Limnocalanus på väg till botten,
ingen lunch, men middag på väg upp till ytan, bestående av Lim-
nocalanus som entrérett och främst Bosmina och Eurytemora
som huvudrett. Är vädret lugnt så intages vickning bestående av
insekter som fastnat på vattenytan. På hösten intages vanligtvis
enbart frukost-lunch (Figur 4:4 och 4:5). Mängden av de olika
djurplanktonarterna i födan varierar. Inte så att mängden av
dessa djurplankton är avgörande utan det avgörande är mängden
för siklöjan synliga djurplankton (Figur 4:6). Vad som är syn-
ligt varierar från djurplanktonart till djurplanktonart. Synlig-
heten är inte enbart fråga om storlek utan en mängd olika fakto-
rer som pigmentering eller förmåga att hoppa ut ur fiskens syn-
fält.

Konsumtionen av mat är hög under sommaren. Siklöjan kan äta
djurplankton motsvarande 30% av sin kroppsvikt under ett dygn.
Under vår och höst är däremot konsumtionen låg ca 1% av kropps-
vikten (Figur 4:8). En förutsättning för den höga sommarkonsum-
tionen är den snabba födoomsättning som siklöjan har. Hälften av
den intagna födan har passerat magen efter 1 timme och 20 minu-
ter. Siklöjan är en mycket framgångsrik djurplanktonspecialist,
vilket till stor del kan bero på god syn och snabb omsättning av
maten.

KAPITEL 5. FÖDOKONKURRENSEN MELLAN SIKLÖJA, STRÖMMING OCH NORS *)

Ju närmare producenten man kommer desto mindre blir energiförlusterna på vägen och desto fler kan leva på en begränsad resurs. I en näringskedja där gräset eller växtplankton i vatten är producenter förloras ca 90% av energin i varje steg från producenten. En fisk, som ätit en annan fisk, som ätit Cyclops, som ätit rotatorier, som ätit växtplankton, har bara tillgodosgjort sig ca 0.01% av det ursprungliga växtplanktonets energiinnehåll. Fisken som direkt åt växtplankton skulle däremot tillgodosgöra sig 10%. Förutsättningen för att en fiskart skall förekomma i stort antal blir då att den äter växtplankton eller organismer så nära växtplankton i näringskedjan som möjligt.

I Bottenviken har man påträffat 69 fiskarter (Andreasson och Petersson 1982) men ingen av dessa är någon riktig växtplanktonätare. Visserligen äter mörten ibland växter, men mörten trivs inte i det kalla vattnet i Bottenviken (Filipsson 1980).

De specialiserade växtätarna såsom Tilapia hittar man långt söderut i varma sjöar som t ex i Afrika (Fryer och Iles 1972). Här i Norden finns rikligt med växtplankton under en alltför kort tid av året, för att kunna föda riktiga växtplanktonspecialister.

Fiskar, som utnyttjar steget eller stegen intill växtplankton, hittar vi dock flera av. Siklöja och strömming, som båda är specialister på djurplankton, räknas dit. Notera att båda arterna har ett markerat underbett som anses vara en fysisk specialanpassning till dieten. Nors räknas också till zooplanktonätarna (Popiel 1951, Vallin 1969, Nilsson 1974, Aneer 1975, Appelberg 1977, Almer 1978, 1979, Hamrin 1979, Sandström 1980).

Vilken av dessa fiskar är då effektivast? Jo, generellt sett den som förekommer i största antalet. Under sommaren 1975 företogs ett omfattande provfiske med nät både på djupt och grunt vatten

*) Tidigare publicerat på engelska (Enderlein 1981b).

i Luleå skärgård av fiskeriintendenten. Den totala fångsten blev över 9 000 fiskar, varav i antal 25% var siklöja, 37% strömming medan nors bara stod för 1%.

Sommaren 1976 gjordes ett nytt provfiske både i Luleå och Kalix skärgårdar, denna gång enbart på djupt vatten efter pelagiska fiskarter. Fångsten blev 3 400 fiskar varav 36% var siklöja, 46% strömming och 6% nors. Allt som allt erhöles över 30 arter, av vilka drygt 20 permanent hemmahörande i Bottenviken. Det framgår klart av provfiskena, att de två i antal dominanta arterna, tillsammans mer än hälften av alla fångade fiskar, är strömming och siklöja.

Här måste dock göras en reservation för storspiggen, som mycket sällan hade lyckats trassla in sig i näten och därför hamnat utanför statistiken trots att storspiggen kanske är en av antalsdominanterna.

Något som tyder på detta är att under de trålningar, som gjordes efter siklöja 1977 ute i Bottenviken (se kapitel 3) fångades många storspiggar i skiktet 0-12 m.

Sommaren 1979 gjordes ytterligare ett försök att tråla siklöja utomskärs. Försöket misslyckades av tekniska skäl när det gällde siklöja, men gav viss information om storspiggen. Både på väg ut genom skärgården och utomskärs visade ekolodet ett tunt "skikt" av "någonting" på 12-14 m djup. En Isaac-Kidd trål drogs utomskärs 15-20 minuter på vart och ett av djupen 5, 10.5, 14.5, 19 och 20.5 m djup och fångsten blev 7, 15, 212, 95 och 16 storspiggar. Detta kan tolkas så att det tunna "skiktet" bestod av storspiggar.

Sture Hansson rapporterar att vuxen storspiggs föda i Luleå skärgård domineras av fjädermyggor (chironomider) och djurplankton (Wulff et al. 1977). Storspiggen deltar säkert i konkurrensen om födan med de tre övriga fiskarterna, men på vilket sätt och i hur hög grad får framtida undersökningar utvisa. Storspiggen är troligen en i många avseenden försummad storhet. Strömmingen och siklöjan är dock de stora dominanterna i fångsterna,

vilket stämmer med teorin, då de båda utnyttjar de tidiga stegen i näringskedjan. En sammanställning av vad som hittats i siklöje-, nors- och strömmingsmagar samt graden av parasitangrepp på magarna finns i Tabell 5:1.

Den stora inverkan som fisk har på andra vattenorganismer hade man inte helt klart för sig förrän Brooks och Dodson (1965) och Hrbacek och Novotna-Dvorakova (1965) publicerat sina arbeten. I dessa visades att djurplanktons storlekssammansättning lätt kan rubbas om en ny effektivare djurplanktonätare kommer in i systemet så att, när en ny balans i systemet har inträtt, detta består av i storlek mindre djurplankton. Den fiskart, som tidigare var dominerande, minskar i antal för att ge plats åt den senast inkomna fiskarten, den som är mest effektiv.

I Bottenviken stämmer inte denna regel då det förekommer två arter, båda i rikligt antal, som är specialiserade på samma föda. Det vanliga är, som sagts tidigare, att en art tar överhand och dominerar stort medan andra arter trängs tillbaka och får söka sig annan typ av föda eller om de inte klarar det elimineras som i exemplet med röding och sik (Nilsson och Pejler 1973) (se kapitel 4). Förklaringen ligger nog i att siklöjan är en sötvattensfisk, som har svårt att klara salthalter högre än 2-3^o/oo (Järvi 1950) medan strömmingen är en saltvattensfisk. Båda arterna har en nisch där var och en kan undgå konkurrens från den andre.

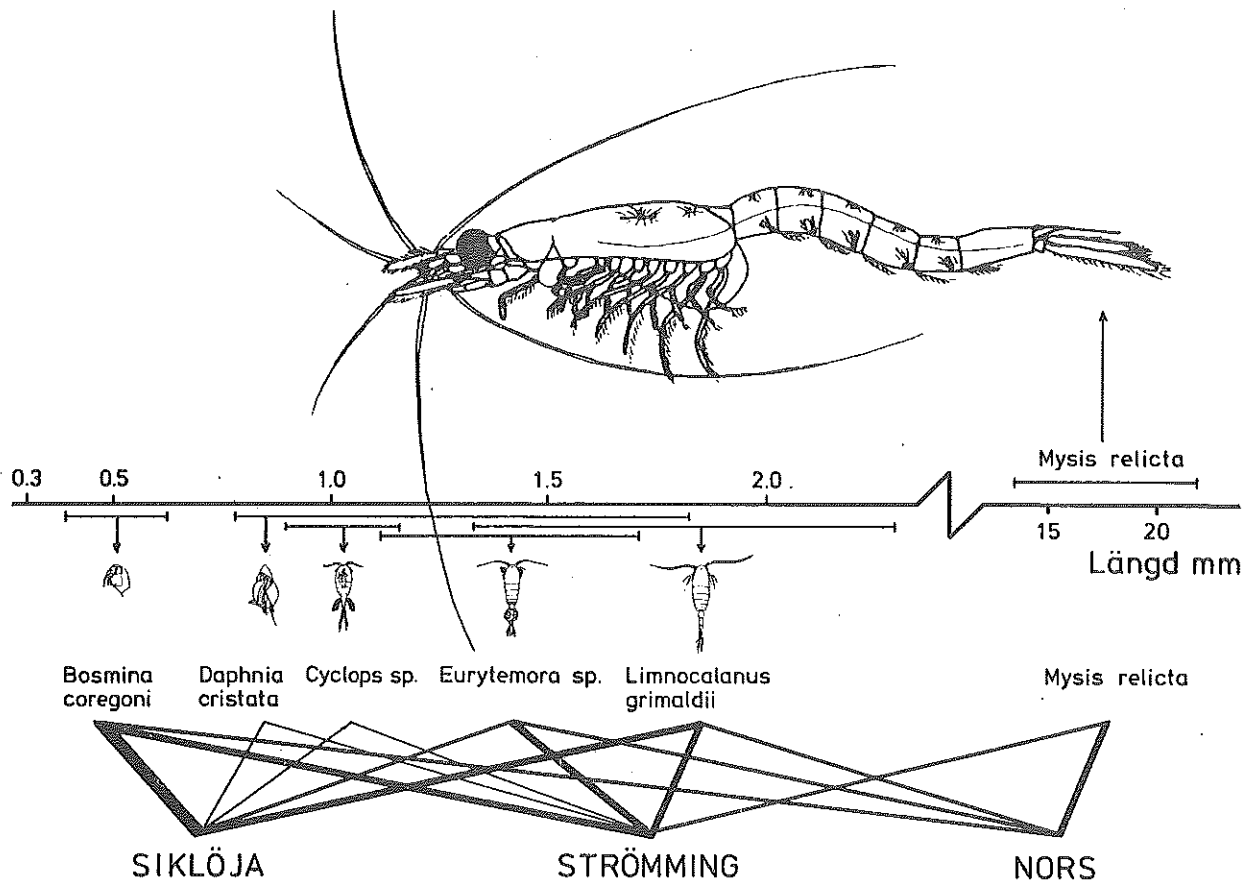
Vem skulle då gå segrande ur en kamp där miljöfaktorer inte satte upp skyddande gränser? Följer man det tidigare resonemanget att den som ser bäst, dvs kan ta det minsta bytet, skulle segra så blir frågan: Vilket djurplankton av dem som äts är minst? I Figur 5:1 är de olika födoorganismerna ritade i storleksrelation till varandra och de verkliga storlekarna angivna på en längdskala. Bosmina coregoni är minst. Visserligen har både siklöja, strömming och nors ätit Bosmina, men av Figur 5:2 framgår att den som ätit mest Bosmina är siklöja och nors minst. Siklöjan borde därför gå segrande ur striden och strömmingen skulle förvisas till samma underordnade roll som norsens nu har. Strömmingen skulle också bli tvungen att äta betydligt mer Mysis, såsom norsens i dag är tvungen att göra för att överleva.

Tabell 5:1. Maginnehåll och parasitering i procent hos siklöja (S) 1975 och siklöja (S), strömming (H) och nors (N) 1976.

Stomach content and parasitation (%) in cisco (S) 1975 and cisco (S), herring (H) and smelt (N) 1976.

År	1975										1976										
	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	25	30	35	40	44	23-29	27-Okt	3	44	26-31	
Datum el månad	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Fiskart	23	30	179	214	207	17	29	2	41	73	27	83	139	36	85	110	32	145	21	21	
Antal	23	30	179	214	207	17	29	2	41	73	27	83	139	36	85	110	32	145	21	21	
<u>Bosmina coregoni maritima</u>	+	6	90	94	67	3	3	3	49	22	18	73	39	14	51	30	14	38	23	15	
<u>Daphnia cristata</u>					4				1			+	+		1	2		6	21	11	
<u>Evadne sp.</u>									14	3		+	+								
<u>Poëon sp.</u>			+	+	23				1	+		1	+		+						
<u>Cladocera ägg</u>			+	+				+	+			1	+	3	14			2	24	+	
<u>Eurytemora sp.</u>	41	5	1	1	4	44	34	60	22	34	25	4	8	1	28	8	9	34	27	21	
<u>Limnocalanus grimaldii</u>	33	89	3	1	2	43	57	25	6	31	50	8	47	28	15	43	35	+	-		
<u>Calanoida copepoditer</u>					+		4		+			+	+	+	+	+	+				
<u>Cyclops spp.</u>																					
<u>Cyclopoida copepoditer</u>										+		+	+	+	+	+	+				
<u>Copepoda ägg</u>	3	+	2	2	+	1	2	15	3	4	2	2	6	2	2	1	1	14	2	22	
<u>Mysis sp.</u>																					
<u>Pontoporeia sp.</u>													+	25	1	38		2	30		
<u>Gammarus sp.</u>													+			1					
<u>Chironomidae larvae</u>									+	1	7		+	+				+			
<u>Chironomidae puppa</u>													+	+							
<u>Landlevande insekter</u>	23		4	2	+	9	1	1	4	1	11	11	+	20	-	+	-				
<u>Siklöjerom</u>																					
<u>Strömmingsrom</u>										4				10							
<u>Fiskyngel</u>																					
<u>Magparasiter</u>	13	13	8	9	5	6	-	7	7		14	14		11		4	12			5	
<u>Bandmask</u>																					
<u>Halmask</u>																					
<u>Tomma el nästan tomma magar</u>	74	17	41	30	74	35	20	50	54	69	89	23	18	44	65	30	34	41	20	48	

+ = Funnet i många magar men i små kvantiteter. += Found in many stomachs but in small quantities.

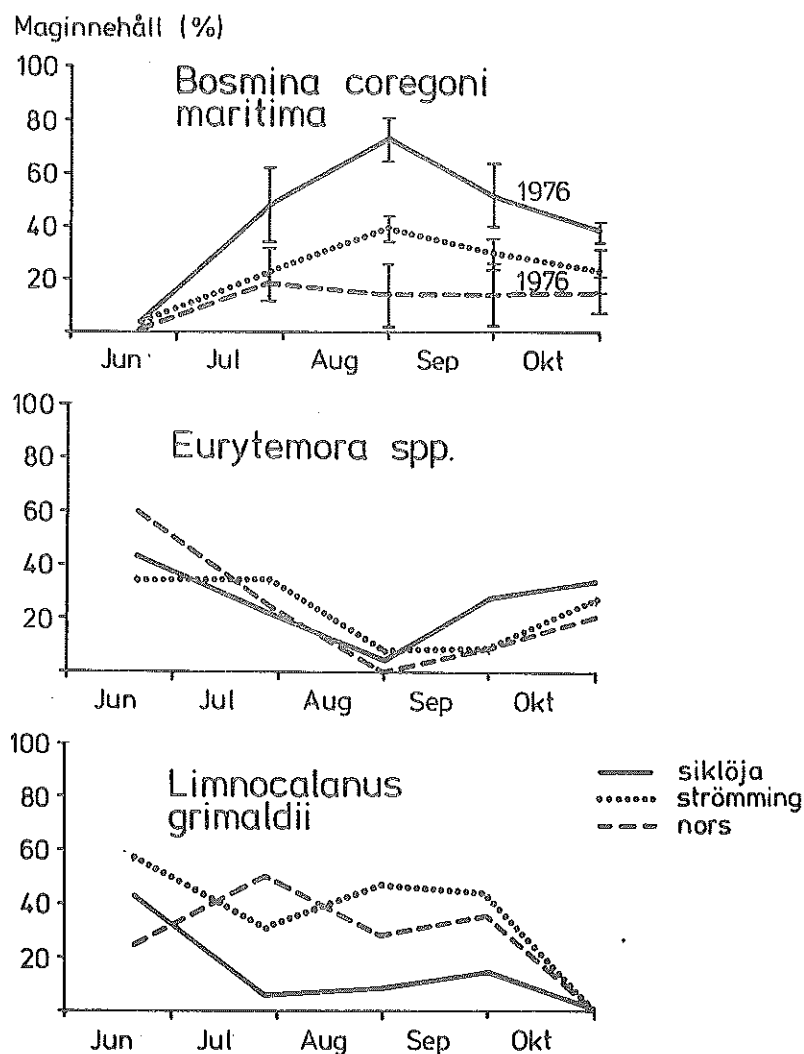


Figur 5:1. Sikløjans, strömmingens och norsens bytesdjur avbildade i storleksrelation till varandra.

The size-relation of the prey eaten by cisco (siklöja), herring (strömming) and smelt (nors).

Både norsen och strömmingen äter Mysis (Tabell 5:1) vilket siklöjan inte gör. Kanske beror detta på att sikløjans syn är specialanpassad för att upptäcka små föremål som är mycket nära. Siklöjan är kanske så närsynt, att innan den kommit tillräckligt nära en Mysis för att se den, ja, då har Mysis redan simmat eller hoppat ur synfältet.

Siklöjan dominerar över norsen i Bottenviken och så har man också funnit att det är i de flesta svenska sjöar, där båda arterna finns tillsammans (Svärdson 1976b). Det finns dock undantag. I mesotrofa sjöar (= sjöar "medelrika" på närsalter) kan nors förekomma i betydligt större antal än siklöjan (Hamrin 1979). Aterigen är det miljöfaktorer som håller tillbaka siklöjan.



Figur 5:2. Mängderna (procent) av maginnehållet av tre olika djurplankton funna i magar av siklöja, strömming och nors. De vertikala staplarna anger det 95%-iga konfidensintervallet.

The amount (per cent) of the stomach content of three zooplankton species found in cisco (siklöja), herring (strömming) and smelt (nors). Vertical bars indicate the 95% confidence interval.

I förhållande till strömming verkar norsen klara sig betydligt bättre. Norsen, som tål betydligt högre salthalter än siklöjan, ökar i antal i de områden av Bottenviken där den bara har strömningen att konkurrera med. Statistik från finska sidan av Bottniska viken visar att längst i norr fångades 822 ton siklöja (1976) men knappast någon nors medan i södra delen 510 ton nors (1976) och knappast någon siklöja (Lehtonen 1978). (Notera att nors endast är en biprodukt vid fiske efter andra fiskarter.)

Parasiter

Parasiteringen på och i magarna var för nors och siklöja ringa medan strömmingen var helt befriad från parasiter (Tabell 5:1). Siklöjan hade i fall av parasitering enbart bandmaskar (Cestoda) i och på magen, arterna Diphyllobothrium osmeri och Proteocephalus spp. finns rapporterade (Petersson 1971), medan norsen enbart hade hakmaskar (Acanthocephala). Hakmaskarna har en värdväxling där fisken är slutvärd och i Bottenviken Pontoporeia sp. (= vitmärta) som mellanvärd (Valtonen 1970). Att man hittar hakmaskar i norsmagar skulle därför tyda på att norsen äter Pontoporeia trots att jag aldrig hittade några sådana i magarna. Det troligaste är därför att Pontoporeia ingår i norsens vinterdiet.

Sammanfattning

Ju närmare producenten, i vatten växtplankton, som fisk kan livnära sig, desto större möjligheter har den att bli talrik. I Bottenvikens vatten finns ingen fiskart som är specialist på växtplankton, däremot flera arter som är specialister på djurplankton. Konkurrensen om dessa djurplankton är hård och den fiskart, som har förmågan att fånga små djurplankton, har ett försprång gentemot andra fiskarter, därför att den kan äta sig mätt innan djurplankton blivit så stora att de andra fiskarterna kan fånga dem. Maginnehållet från tre planktonätande fiskarter, strömming, nors och siklöja har jämförts med avseende på storleken av de funna djurplanktonarterna. Figur 5:1 och 5:2 visar att siklöjan är den som är bäst på att ta små djurplankton. Siklöjan borde därför vara fullständigt dominerande. Så är dock inte fallet utan strömming är den vanligaste arten i våra provfisken tätt följd av siklöjan. Detta avvikande från gängse regler förklaras av Bottenvikens salthalt, som passar strömmingen bättre än sötvattensfisken siklöja.

KAPITEL 6. SIKLÖJANS LEKPLATSER I BOTTENVIKEN

Nils Rosén (1920) skrev i sin bok om "Norrbottens saltsjöområdens fiskar och fiske" att siklöjan leker på växlande djup i inre skärgården, t ex mellan Mjöön och Haraholmen i Piteå skärgård, mellan Germandö, Junkön och Sandön i Luleå skärgård, omkring Tisterön och Långörarna i Råneå skärgård. Han påtalar även att siklöjan går upp i Luleå älv ända till Svedjan för lek. Rosén anger inget om botten typ eller på vilket djup siklöjan leker. Det gör däremot Widegren (Smitt 1895) som hävdar att leken i Luleå skärgård sker på 2-6 famnars djup över dybotten.

I litteraturen finns ytterligare en hel del uppgifter om var siklöjan i norra Europa leker. Benecke (1881), Borne (1886) och Seligo (1908) meddelar att siklöjan i Nordtyskland leker i november-december över bottnar med kransalger (Chara) respektive flohår (Ceratophyllum demersum) eller abborrgräs (Potamogeton perfoliatus) på grunt vatten nattetid. Willer (1927) däremot uppger att han har hittat siklöjerom i Dargainersjön (N. Tyskland) på 11-13 m djup i vad han kallar för "de döda musslor-nas zon". Nordqvist (1897) skriver att leken i Finland sker på 2-10 m djup över hård lera, sand eller grus och att lek även kan ske över stengrund.

Den finske forskaren Järvi (1919) menar dock att bottenkonfigurationen är helt avgörande för var siklöjan leker. Han hävdar att siklöjan vandrar längs de undervattensfjordar som finns i sjön Keitele (Finland) för att leka i dess ändpunkter. Botten-substratet skulle här endast ha sekundär betydelse.

Ekström (Smitt 1895) anger att siklöjan i Södermanland leker i december eller när sjöarna fryser, på mindre djup över stenig eller sandig botten. Siklöjan i Vänern leker i slutet av oktober på 10 famnars djup och i Vättern den 24 oktober på 60 famnars djup enligt Widegren (Smitt 1895). Ekman (1903) däremot skriver att leken i Vättern sker i slutet av november, ej på mindre djup än 20 m, men ofta på 60-80 m eller 100 m. I västra Vättern däremot på grundare vatten.

De ovan angivna uppgifterna grundar sig till största delen på var man fångar lekmogen fisk. Att detta inte alltid ger ett entydigt svar framgår av följande svar på mina förfrågningar bland yrkesfiskarna om var siklöjan leker.

Trålfiskaren: "Lekbottnar i fjärdarnas djupområde".

Skötfiskaren: "På fjärdarnas brantkanter".

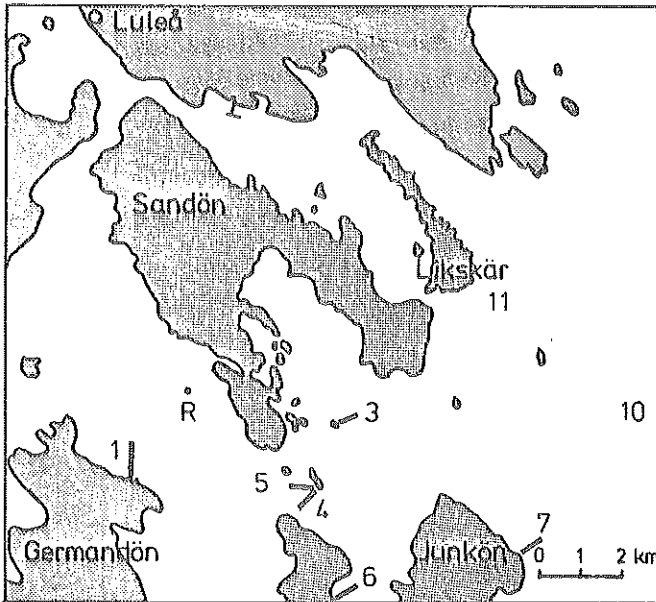
Ryssjefiskaren: "Bland albuskarna".

Det finns dock två uppgifter i litteraturen där man verkligen har hittat lagd rom. Den ena är från Norge där man med bestämdhet vet att siklöjan leker 7 km uppströms sjön Mjösa i älven Laagen under första hälften av oktober över en botten av småsten, grus och sand när vattentemperaturen är 6-7°C (Huitfeldt-Kaas 1917). Den andra är från Finland där Nissinen (1972) med en "sug" hämtat upp rom från lekbottnar i två sjöar. I sjön Puruvesi låg dessa lekbottnar på 8-22 m djup på brant sluttande botten. I sjön Oulujärvi låg lekområdena på ett djup av 3-6 m och mindre brant sluttning än i Puruvesi. I båda sjöarna bestod botten av mjuk dy. Nissinen erhöll 14.9 romkorn per m² i Puruvesi under goda år (4 år) medan det endast var 1.6 romkorn per m² under dåliga (3 år). Undersökningarna gjordes på våren strax före kläckningen. I Oulujärvi var motsvarande värden 5-6 romkorn per m² utan mellanårsvariation (3 år). Nissinen förklarar också varför brantkanter är speciellt lämpliga som lekbottnar genom att visa att dessa bottnar är bättre syresatta än på andra ställen, på grund av att det går en nedåtgående ström längs dessa brantkanter.

Det är helt klart att siklöjelek förekommer inom hela Norrbottens skärgård och i älvarna. För att visa exakt var leken sker, på vilket djup och över vilka bottnar har följande metodik använts:

- 1) Bottenundersökningar med dykare.
- 2) Försök att "suga" av vissa bottenområden.
- 3) Utplacering av ramar på botten.
- 4) Kläckningsförsök på olika djup med olika salthalter.

1) Dykundersökningarna utfördes av två dykare, Ulf Aneer och Sture Hansson från Askölaboratoriet i Luleå skärgård under perioden 27-31 oktober 1975. De flesta dykplatserna finns angivna i Figur 6:1. De undersökta djupintervallen för varje dykning redovisas i Tabell 6:1.



Figur 6:1. Platser i Luleå skärgård där dykare har letat efter siklöjerom. R markerar den plats där romkläckningsförsök gjordes 1977, 1978 och 1979.

Places in the Luleå archipelago where divers have searched for eggs of cisco. R indicates where egg hatching trials took place in 1977, 1978 and 1979.

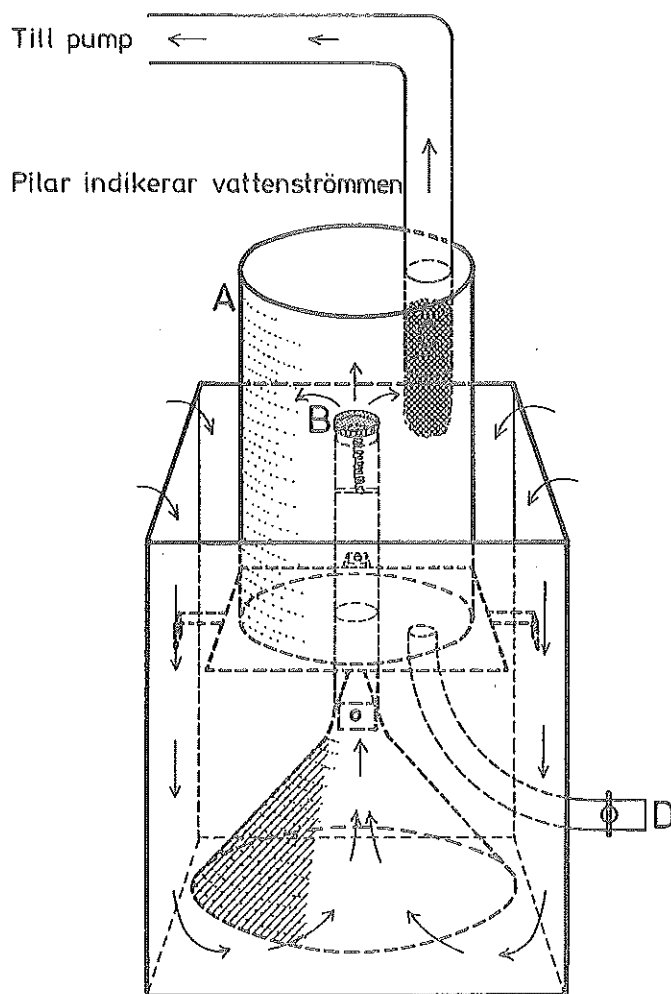
Tabell 6:1. Undersökta djupintervall vid de olika dykningarna.
Depth-range investigated by diver.

Dykning nr	Djupområde (m)
1	2.5-12
2	2.5-12
3	2.5- 4
4	2.5- 5
5	0 - 1.8
6	0.5-10
7	5 -20
8	21
9	20
10	19
11	16

Nätfiske under perioden visade att de flesta siklöjor som fångades hade lekt. Trots detta hittade dykarna varken rom eller några andra tecken på att lek hade skett på de undersökta platserna.

2) Redan innan Nissinens (1972) försök att suga upp siklöjerom hade man i Sverige gjort lyckade försök med samma metodik efter sikrom (Toots 1949).

Den "romsug" som användes i Luleå skärgård under åren 1977-79 finns avbildad i Figur 6:2. "Sugen" användes både från is under vintern och från båt under hösten i Germandöfjärden, Hertsöfjärden (båda Luleå skärgård) och Lule älv.



Figur 6:2.

Schematisk bild av den s k "romsugens" bottendel.

A = uppsamlingskärl

B = backventil

C = filter

D = avtappningsrör med kran

Skeleton drawing of the "vaccum-cleaner".

A = collecting unit

B = reverse valve

C = filter

D = drainage with valve

Det enda positiva resultatet av alla sugningarna erhöles den 28 oktober från båt i Hertsöfjärden då ett romkorn av siklöja erhöles från 6 m djup.

3) I början av oktober 1977 lades "ramar" om 0.25 m² ut på botten i Hertsöfjärden vinkelrätt från stranden utanför Lövskärs fiskehamn och togs upp igen den 28 oktober då största delen av

leken beräknades vara över. "Ramarna" bestod av en plastram i fyrkant (0.5x0.5 m) klädd med finmaskig väv. Resultatet återfinns i Tabell 6:2.

Tabell 6:2. Vattendjupet på de platser där "ramarna" lades ut och antalet romkorn i resp "ram".

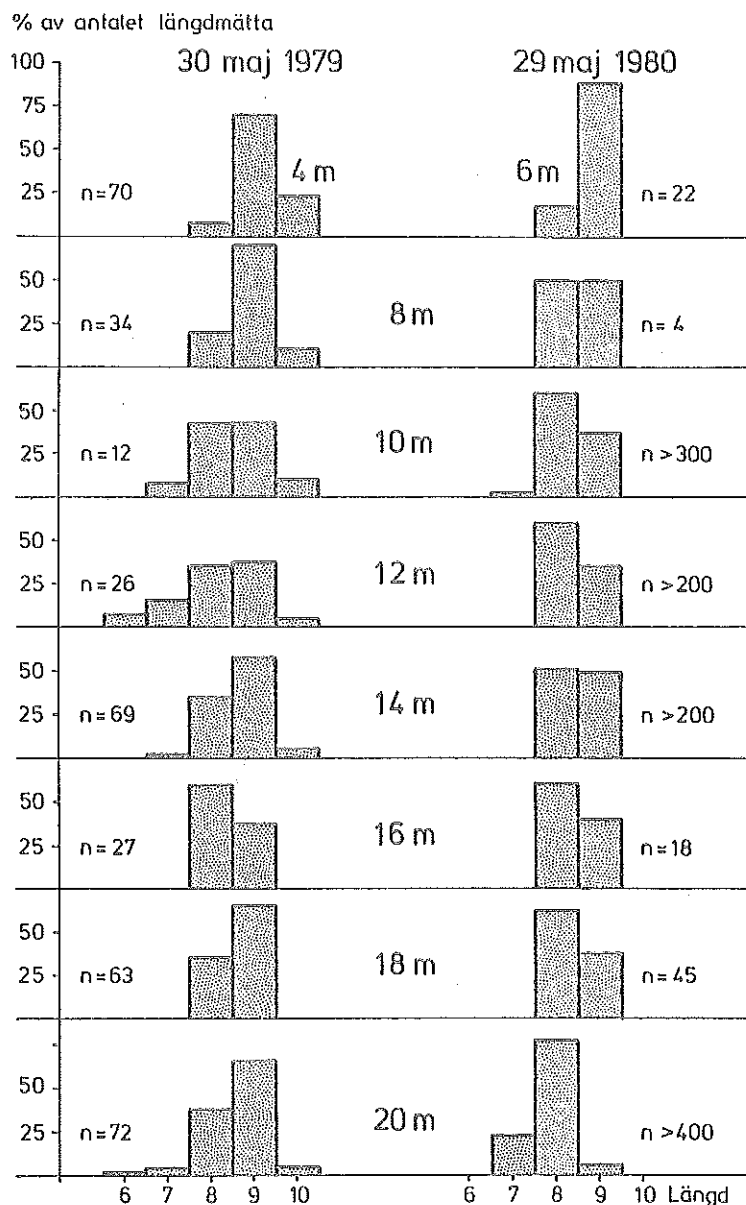
The waterdepth at which the frames were set and the number of eggs collected.

Vattendjup (m)	Antal romkorn av siklöja
5.5	0
6.0	6
7.0	0
7.5	3
7.7	0
8.2	0

Nya försök gjordes med betydligt större antal ramar i German-döfjärden både under 1978 och 1979, men under båda åren spolierades försöken av mycket dåligt väder.

4) Kläckningsförsöken med siklöjerom utfördes på så sätt att befruktad rom placerades i burkar med lock och botten av finmaskig väv. Burkarna upphängdes på en lina med två meters mellanrum. Linan förankrades i botten på 20 m djup i Germandöfjärden (Figur 6:1) och försågs med en boj som placerades 3 m under ytan. Linan med burkarna fick därefter hänga ute under vintern för att hämtas så fort isen gått. Det första försöket som utfördes under 1977-78 misslyckades då isen tog lina och burkar. Försöken 1978-79 och 1979-80 gick bättre och resultaten, dvs antal yngel och deras längdfördelning på olika djup, redovisas i Figur 6:3. Salthalterna på olika djup i Germandöfjärden under vinten finns redovisade i Tabell 6:3.

Av provfisken framgår att siklöjan leker i Norrbottens skärgård i slutet av oktober månad då vattentemperaturen är 4°C. Under höstar med snabb avkylning av vattnet kan leken vara över på någon eller några dagar. Försöken att avslöja var leken sker har tyvärr givit motsägelsefulla resultat. Leken kan antingen ske i hela innerskärgården eller på mycket bestämda platser. Det som talar för en spridd lek är att siklöjan tydligen har stor flexibilitet. Litteraturen anger många olika bottentyper och olika djup där lek kan ske, dessutom kan siklöjan leka både i sjöar



Figur 6:3. Siklöjeynglets längdfördelning i kläckningsburarna på olika djup efter vintern 1978/79 och 1979/80.

The length-distribution of the cisco in the boxes at different depth after the winters of 1978/79 and 1979/80.

och i rinnande vatten. Mycket förvånande var också kläckningsförsöken på olika djup. Här hade jag förväntat mig att inte få någon romutveckling på vissa djup därför att salthalten skulle vara för hög. Någon sådan skillnad finns ej i materialet (Figur 6:3), däremot har utvecklingen kommit lite längre i de burkar, som låg närmast ytan dvs ynglen i dessa burkar är längre och har i vissa fall helt konsumerat gulsäcken. Gulsäcken hos siklöjan

Tabell 6:3. Salthalter och temperatur på olika djup i Germandöfjärden.

The salinity and temperature at different depths in the Germandöfjärden.

Datum	75 03 04*		75 04 09*		75 05 05*		78 04 05	
Vatten- djup, m	Salthalt ‰	Temp. °C	Salthalt ‰	Temp. °C	Salthalt ‰	Temp. °C	Salthalt ‰	Temp. °C
0.5	0.210	0.1	0.300	0.1	0.682	1.3		
1	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1
2	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1
3	1.450	0.2	0.550	0.2	1.210	1.4	0.75	0.1
4	-	-	-	-	-	-	1.75	0.2
5	-	-	2.260	0.3	2.911	0.9	1.78	0.4
6	-	-	-	-	-	-	2.39	0.4
7	-	-	-	-	-	-	2.59	0.4
8	-	-	-	-	-	-	2.37	0.4
9	-	-	-	-	-	-	2.75	0.5
10	3.070	0.2	3.090	0.2	3.136	0.6	2.75	0.4
11	-	-	-	-	-	-	2.53	0.4
12	-	-	-	-	-	-	2.82	0.4
13	-	-	-	-	-	-	2.72	0.4
14	-	-	-	-	-	-	2.78	0.5
15	-	-	-	-	3.257	0.3	-	0.6
16	3.190	0.2	3.220	0.2	-	-	-	0.6
17	-	-	-	-	-	-	-	0.6
18	-	-	-	-	-	-	-	0.6

* Uppgifterna hämtade från Öström (1975).

är helt konsumerad vid 10 mm längd). Detta kan antingen bero på att salthalten har en retarderande inverkan på utvecklingen samt att den högre yttemperaturen under maj månad (Tabell 6:3) driver på tillväxten.

Emot en utspridd lek talar mina "sug" och "ramförsök". Om man tänker sig att siklöjan leker i hela Norrbottens innerskärgård på samtliga ställen där vattendjupet överstiger 25 m, så är ytan på vilken rommen läggs $4\,070\text{ km}^2$, dvs $4.07 \times 10^9\text{ m}^2$. Den totala populationen av siklöja inom detta område under lektid är beräknad till ca 9 000 ton (se kapitel 9), av vilka hälften är honor. Antag att endast hälften av dessa honor i vikt är mer än

en sommar gamla, dvs lekmogna, så blir det 2 250 ton. Inför leken utgörs honornas vikt till drygt 20% av rom, dvs 450 ton rom läggs varje år. Mängden romkorn per gram rom är 392 (S.E.=7). Läggs denna rommängd jämnt fördelat inom de 4 070 km² så blir det ca 43 romkorn/m². Hade det legat 43 romkorn per m² så skulle sug- och ramförsöken givit helt andra resultat än de erhållna. Dessutom är det svårt att tro att siklöjorna skulle bemöda sig om att vandra tillbaka till samma ställe år från år inför leken (se kapitel 3) om de inte har någon speciell lekplats som mål. Det troligaste är därför att leken sker på begränsade ytor där stora mängder rom läggs och att jag tyvärr har misslyckats i att finna någon av dessa platser.

Sammanfattning

Siklöjan i Norrbottens skärgård leker i slutet av oktober då vattenmassan har en temperatur av 4°C. För att fastställa var siklöjan leker, över vilket bottenstrukt, djup och bottenkonfiguration, så har följande metodik använts:

- 1) Bottenundersökningar med dykare.
- 2) Försök att "suga" av vissa bottenområden.
- 3) Utplacering av ramar på botten.
- 4) Kläckningsförsök på olika djup med olika salthalter.

Undersökning av botten med hjälp av dykare på olika tänkbara lekbottenar gav inget resultat.

Vid försöken att hämta upp rom med en "sug" (Figur 6:2) erhöles ett romkorn av siklöja från 6 m djup i Hertsöfjärden trots många och långa försök.

I de ramar om 0.25 m² med botten av finmaskig duk, som utlagts på botten före lek och upptogs efter leken erhöles totalt 9 romkorn (Tabell 6:2). Inte heller denna metod kunde sprida något större ljus över var siklöjan leker.

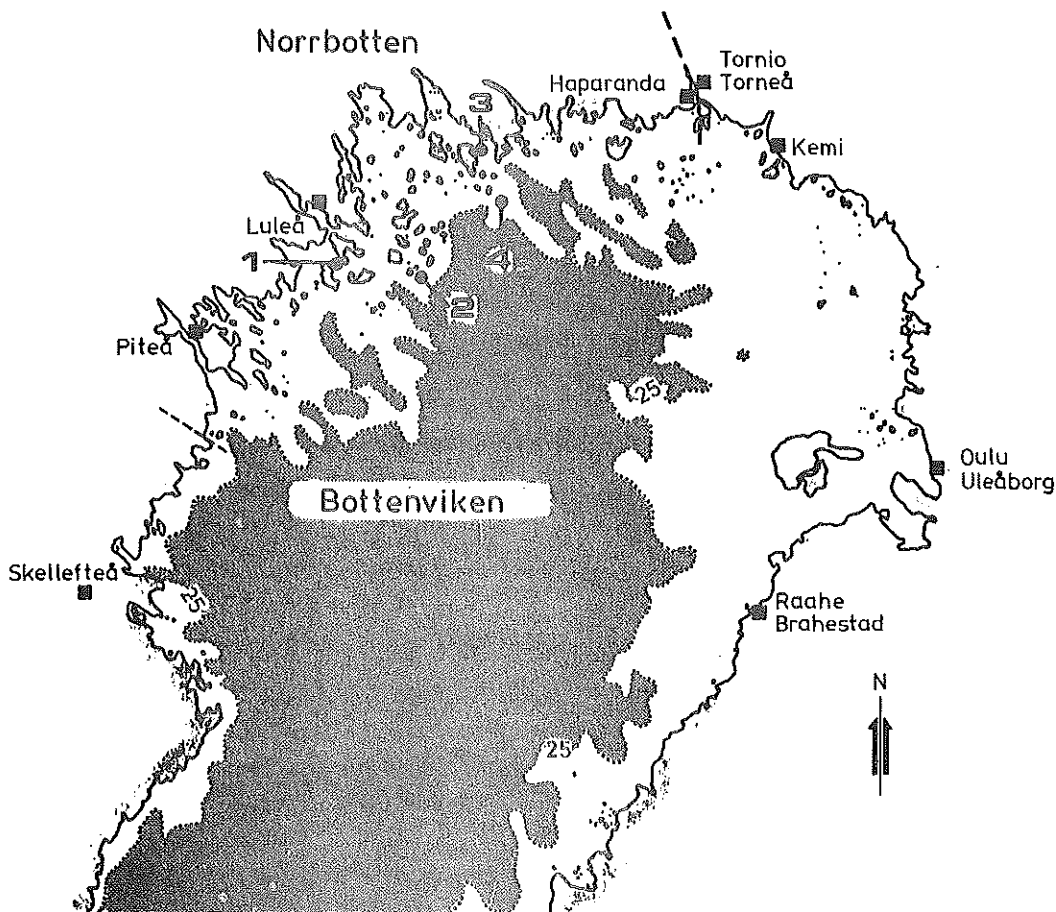
För att klarlägga om salthalten kan ha betydelse när det gäller val av lekplats så sattes befruktad rom ut över vintern på olika

djup i Germandöfjärden. Salthaltsvariationen i förhållande till djupet framgår av Tabell 6:3. Ingen av de salthalter som förekom förhindrade kläckning (Figur 6:3). Däremot minskade ynglens längd med ökande djup.

Något egentligt svar på frågeställningen var siklöjan leker har således ej erhållits.

KAPITEL 7. SIKLÖJANS TILLVÄXT, KONDITION, KÖNSPRODUKTERNAS UTVECKLING OCH MÄNGD, ÅLDER VID KÖNSMOGNAD SAMT KÖNSFÖRDELNING VID STIGANDE ÅLDER

För att få ett basmaterial beslutades det vid undersökningens början att provfiske med skötar skulle göras vid fyra stationer. Två av dessa förlades i och utanför Kalix skärgård och två i och utanför Luleå skärgård (Figur 7:1). Valet av Kalix och Luleå berodde dels på att båda platserna har ett intensivt siklöjefiske och dels på praktiska skäl som tillgång på båtar och provtagningslokaler. Platserna för provfiskestationerna valdes så att djupet helst skulle vara minst 18 m och att en skulle ligga inomskärs och en utomskärs på respektive plats.



Figur 7:1. Karta över Bottenviken med angivande av provfiskestationerna 1-4.

Map of the Bothnian Bay with the net-fishing stations 1-4 given.

Tidpunkterna för provfiskena bestämdes till vecka 25, 30, 35, 40 och om möjligt vecka 45. Av Tabell 7:1 framgår att tidpunkterna i vissa fall har ändrats eller har fått ställas in pga dåligt väder eller tekniska problem. Dessutom minskades fisket ned under 1979 till att omfatta enbart den mest aktiva perioden ur siklöjefiskets synpunkt. Tidpunkter för provfisket på de olika stationerna (se Tabell 7:1).

Tabell 7:1. Tidpunkter för provfisket på de olika stationerna.
Dates when net-fishing was conducted at the different stations.

Station	1	2	3	4
	Germandöfiärden	Kluntare	Storöfjärden	Karten
	Luleå skärgård	Luleå skärgård	Kalix skärgård	Kalix skärgård
Djup (m)	20	20	16	16
1976	17-18 juni	16-17 juni	14-15 juni	13-14 juni
vecka	25	25	25	25
	22-23 juli	19-20 juli	21-22 juli	20-21 juli
vecka	30	30	30	30
	26-28 aug	23-24 aug	24-25 aug	25-26 aug
vecka	35	35	35	35
	27-28 sept	26-27 sept	5-6 okt	11-12 okt
vecka	40	40	41	42
	28-29 okt	30-31 okt	Is	Is
vecka	44	44		
1977	19-20 juni	Dåligt väder	21-22 juni	22-23 juni
vecka	25	-	25	25
	18-19 juli	21-22 juli	19-20 juli	20-21 juli
vecka	29	29	29	29
	1-2 sept	4-5 sept	Dåligt väder	Dåligt väder
vecka	35	36		
	26-27 sept	Dåligt väder	1-2 okt	27-28 sept
vecka	39		39	39
1978	18-19 juni	19-20 juni	20-21 juni	20-21 juni
vecka	25	25	25	25
	17-18 juli	20-21 juli	19-20 juli	19-20 juli
vecka	29	29	29	29
	3-4 sept	3-4 sept	Dåligt väder	Dåligt väder
vecka	36	36		
	4-5 okt	Dåligt väder	2-3 okt	Dåligt väder
vecka	40		40	
1979	24-25 aug	25-26 aug	21-22 aug	21-22 aug
vecka	34	34	34	34
	29-30 sept	utgått på grund av personskada		
	39			

De fångstredskap som har använts vid provfiskena var skötar av heldragen nylon med längden 18 m och höjden 6 m. Fyra sådana skötar om vardera 28 v/a (21.5 mm från knut till knut), 36 v/a (16.5 mm), 48 v/a (12.5 mm) och 60 v/a (10 mm) sattes ihop till ett lang. Tre sådana identiska lang sattes så att ett låg i ytan (0-6 m), ett från 6-12 m och ett på botten vid varje provfisketillfälle.

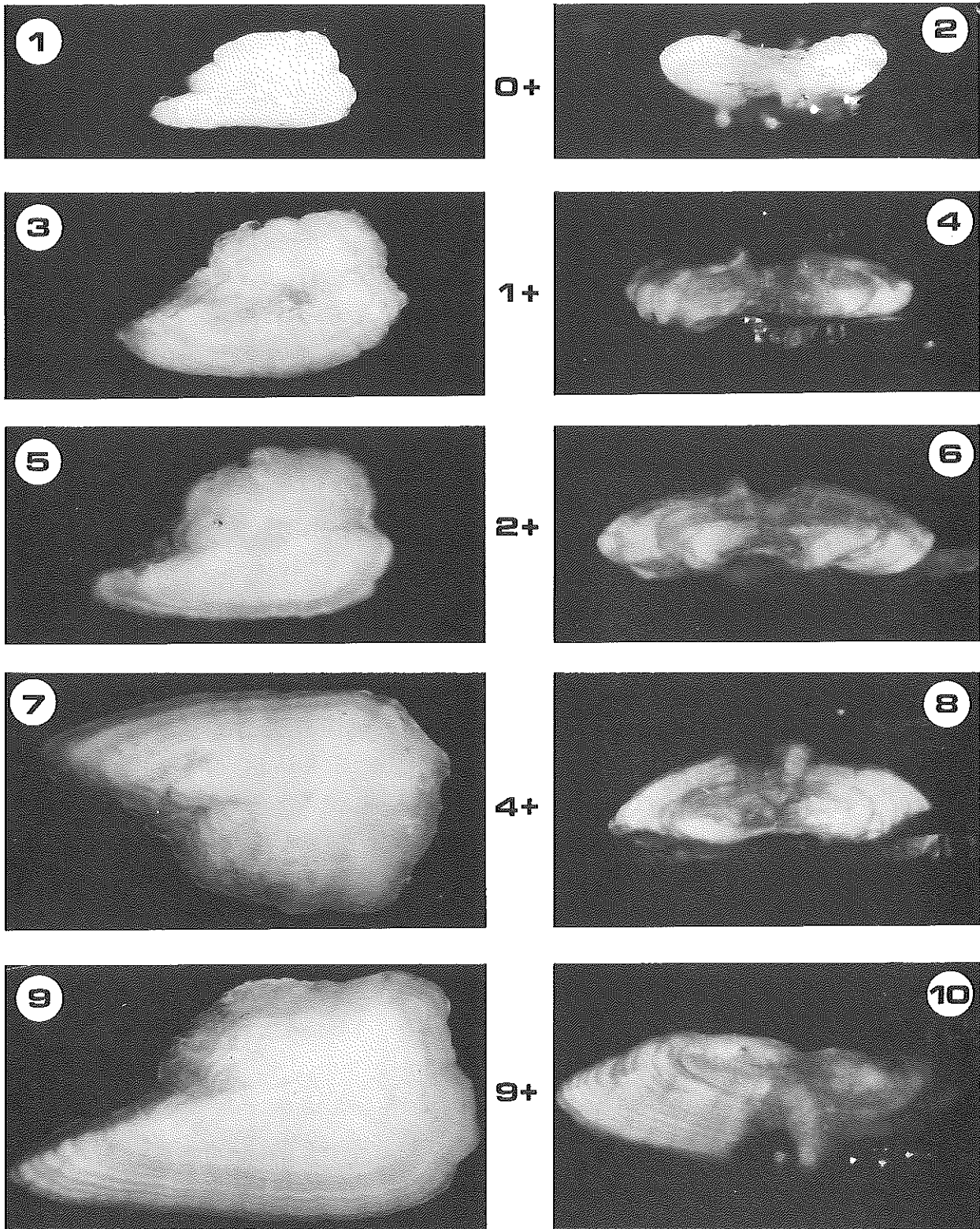
Vid utplockning av fisken hölls fångsten från varje sköt isär. Totalantalet och totalvikten för varje fiskart har registrerats för varje sköt. Däremot har det inte alltid varit möjligt att individuellt längd-, vikt- och könsbestämma alla fiskar utan då har slumpvisa prov ur varje skötfångst tagits. Ytterligare slumpmässiga urval har ibland varit nödvändiga för att få fram de fiskar från vilka magar, fjäll och otoliter (hörselstenar) skulle tagas. Fiskars längd kan mätas på ett antal olika sätt, men här har längden från nospetsen till spetsen på de sammanförda stjärtfenflikarna mätts. De flesta proverna har tagits omedelbart efter provfiskena, men visst material, speciellt för vattenhaltsbestämningar, har djupfrysts för att kunna transporteras till Sötvattenslaboratoriet. Det material som på detta sätt inhämtats har legat till grund för detta kapitel och till vissa delar även för kapitel 3, 5 och 8.

Sikløjans tillväxt i Bottenviken

Tillväxten brukar betraktas som en längdförändring under en viss tidsperiod. Längdförändringar är lätta att mäta medan tidsperioden, i det här fallet fiskens ålder, är betydligt svårare att fastställa. Då sikløjans saknar personnummer har man i stället använt fjäll eller otoliter. Hur man tar otoliter finns beskrivet av Filipsson (1967). Fjäll är lätta att ta och på många fiskarter lätta att läsa. På senare år har man dock visat att även om fjällen är lättlästa, så kan resultaten bli felaktiga om fiskens tillväxt är långsam. Detta beror på att fjällen tillväxer i takt med fiskens längd och om längdtillväxten är långsam så kommer vinter- och sommarzonerna att ligga så nära varandra att de inte med säkerhet kan särskil-

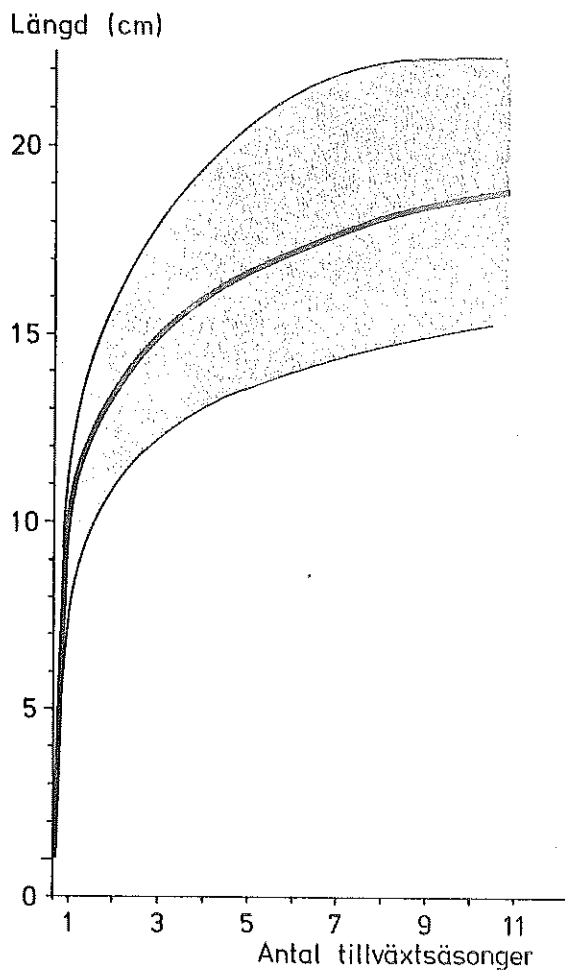
jas. Aldersuppskattningen blir därför för låg. Aass (1972) visade på ett mycket övertygande sätt genom att använda både fjäll och otoliter från siklöjan i Mjösa (Norge), att det endast var med otoliter som man där kunde följa siklöjans årsklasser. Otoliter hade redan tidigare använts för åldersbestämning, framför allt på vissa saltvattensarter som rödspätta (Reibisch 1899) men även på "sötvattensarterna" spigg, lake, ål och röding. Skillnaden mellan fjäll och otoliter ligger i att otoliterna tillväxer relativt oberoende av fiskens tillväxt. Zonerna mellan vinter och sommar på otoliter blir dessutom tydligare ju långsammare fisken tillväxer.

För att göra ett tillväxtdiagram har otoliter från siklöjor ur det egna provfisket (tidigare beskrivet) under september-oktober använts. Aass' metod att först bränna och därefter bryta av otoliten och avläsa åldern på brottytan i lupp med otoliten under vätska har använts (Aass opubl.). Metoden har även använts senare vid undersökningar i Mjösa (Sandlund et al. 1981). Figur 7:2 visar hur hela otoliter och brutna brända sådana ser ut. I figuren finns otoliter från hösten med 1, 2, 3, 5 och 10 tillväxtsäsonger bakom sig betecknade 0+, 1+, 2+, 4+ och 9+. Tillväxtdiagrammet (Figur 7:3) visar att tillväxten är snabb under de första åren för att därefter nästan avstanna. Dessutom är variationerna mellan individer stor. Aldern på en siklöja i Norrbottens skärgård kan vid 15 cm längd variera från 2 till 10 år. Att siklöjan har en mycket stor variation i tillväxt har Svärdson (1966) visat i sin sammanställning över siklöjans tillväxt i olika sjöar. Den av honom redovisade sämsta tillväxten finns i Graningesjön i Sverige och i den finska sjön Suininki där siklöjorna vid 4-års ålder endast är 11 cm långa vilket kan jämföras med fiskar från Stora Holsjön som vid samma ålder är 24.8 cm. Figur 7:4 redovisar siklöjans tillväxt i några sjöar ur Svärdsons (1966) material. Svärdson påpekar även siklöjans stora plasticitet genom att exemplifiera med en utsättning som gjordes i slutet av 1940-talet i Hundsjön vid Sveg. Där sattes det ut yngel från Siljans siklöja. I mitten på 1950-talet var en 4-årig siklöja i Hundsjön 26 cm lång medan en lika gammal siklöja i Siljan var 13 cm. Siklöjan har alltså en medfödd förmåga att kunna anpassa sin



Figur 7:2. Bild 1, 3, 5, 7 och 9 visar hela siklöjeotoliter med 1, 2, 3, 5 resp 10 tillväxtsåsonger bakom sig medan bild 2, 4, 6, 8 och 10 visar brottytan på samma otoliter efter upphettning.

Pictures 1, 3, 5, 7 and 9 show otoliths of cisco with 1, 2, 3, 5 and 10 growth-seasons while picture 2, 4, 6, 8 and 10 show the area of fracture of the same otoliths after they have been broken and heated.



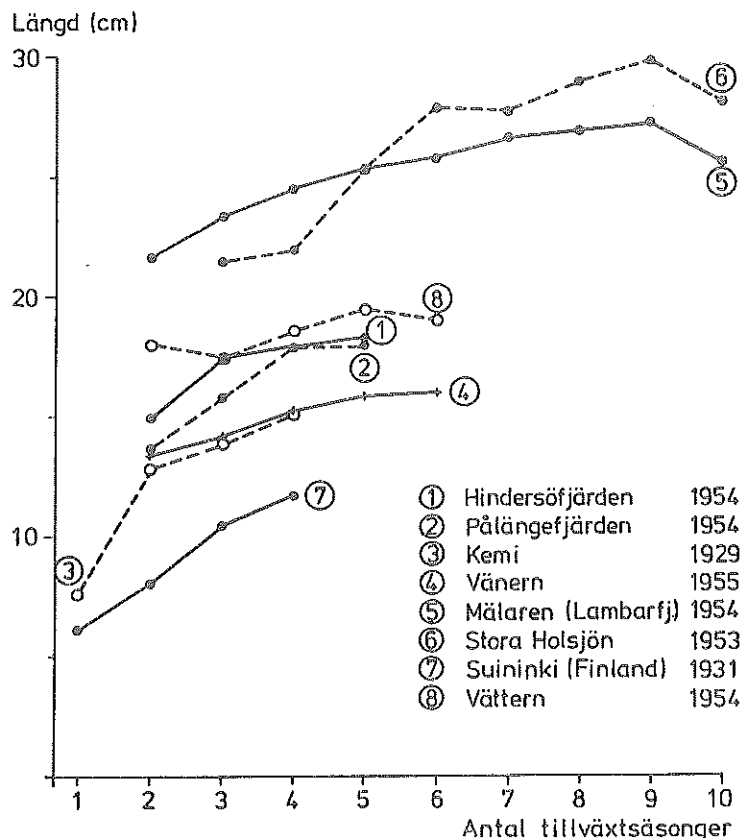
Figur 7:3.

Sikløjans tillväxt vid Norrbottenskusten. Den funna maximala avvikelsen ligger inom det grå fältet.

The growth-rate of cisco in the Norrbotten area of the Bothnian Bay. The maximal deviation is indicated by the grey field.

tillväxt efter vad omgivningen tillåter. Samma fenomen kan man se i ett och samma vatten genom att tillväxten hos olika årsklasser varierar från år till år (Svärdson 1976a, Hamrin 1979), även om det inte blir så drastiska skillnader som mellan samma stam i olika sjöar (Siljan-Hundsjön).

De äldsta sikløjorna vid Norrbottenskusten som åldersbestämts är 12+ dvs de har 13 somrar bakom sig. Svärdsons (1966) hypotes att sikløjans tillväxthastighet och livslängd skulle vara positivt korrelerade dvs att ett snabbväxande bestånd skulle leva längre, vilket Figur 7:4 antyder gäller dock inte för sikløjnan utanför Norrbottenskusten. Troligen gäller den överhuvud taget inte utan kan bero på de stora svårigheterna att läsa fjällen från de långsamväxande fiskarna.



Figur 7:4. Siklöjans tillväxt i några olika sjöar. Aldern bestämd efter fjällläsning (Svärdson 1966).

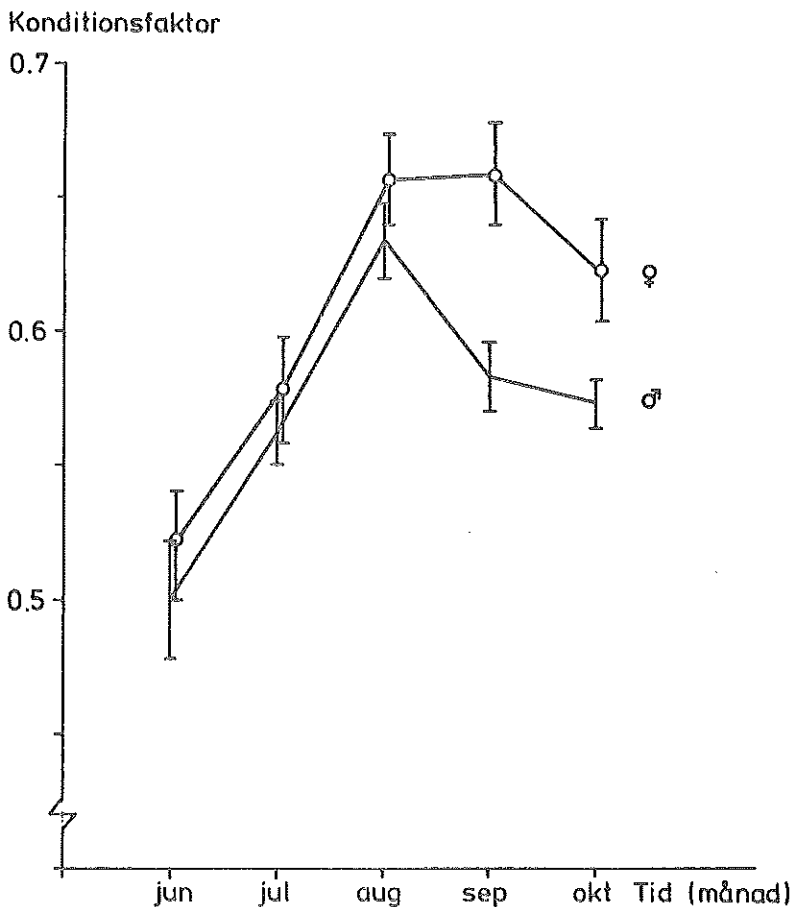
The growth rate of cisco in some lakes. Ageing was determined by scale reading (Svärdson 1966).

Siklöjans kondition

Produktionen av djurplankton, siklöjans mat, är hög under sommaren, låg under vår och höst och mycket låg under vintern. Detta får till följd att siklöjan måste äta mycket under sommaren dels för att kunna producera rom och mjölke och dels för att skaffa sig en energireserv för att överleva de övriga årstiderna.

Det finns olika sätt att mäta när, hur mycket och var denna energireserv byggs och lagras. Enklarest är att använda Fultons formel ($K = \text{konditionsfaktorn} = \frac{w}{l^3}$) där man räknar fram kvoten mellan vikten och längden i kubik. Resultatet som kallas konditionsfaktorn är helt enkelt ett värde på hur tjock fisken är i förhållande till längden. En kort och tjock fisk

får en högre konditionsfaktor än en lång och smal. Fultons formel är ett grovt mått och har därför kritiserats och modifierats (Weatherley 1972) men har här ändå använts för att på ett enkelt sätt få en uppfattning om vilka och när förändringar sker. I Figur 7:5 visas konditionsfaktorns variation från månad till månad under våren t o m hösten bland köns mogna fiskar. Materialet är från åren 1976-79 och fiskarnas storlek varierar från 12.5-18 cm. Siklöjan blir som synes betydligt rundare från juni till augusti medan hannarnas konditionsfaktor därefter minskar. Honorna har en liten ökning även under september medan den förväntade minskningen beroende på leken sker i oktober. Variationen mellan enstaka individer är stor under hela perioden, som framgår av de vertikala staplarna i Figur 7:5 (95% konfidensintervall). Konditionsfaktorns krafti-



Figur 7:5. Fultons konditionsfaktor för siklöja under perioden juni till oktober. Vertikala linjer indikerar det 95%-iga konfidensintervallet.

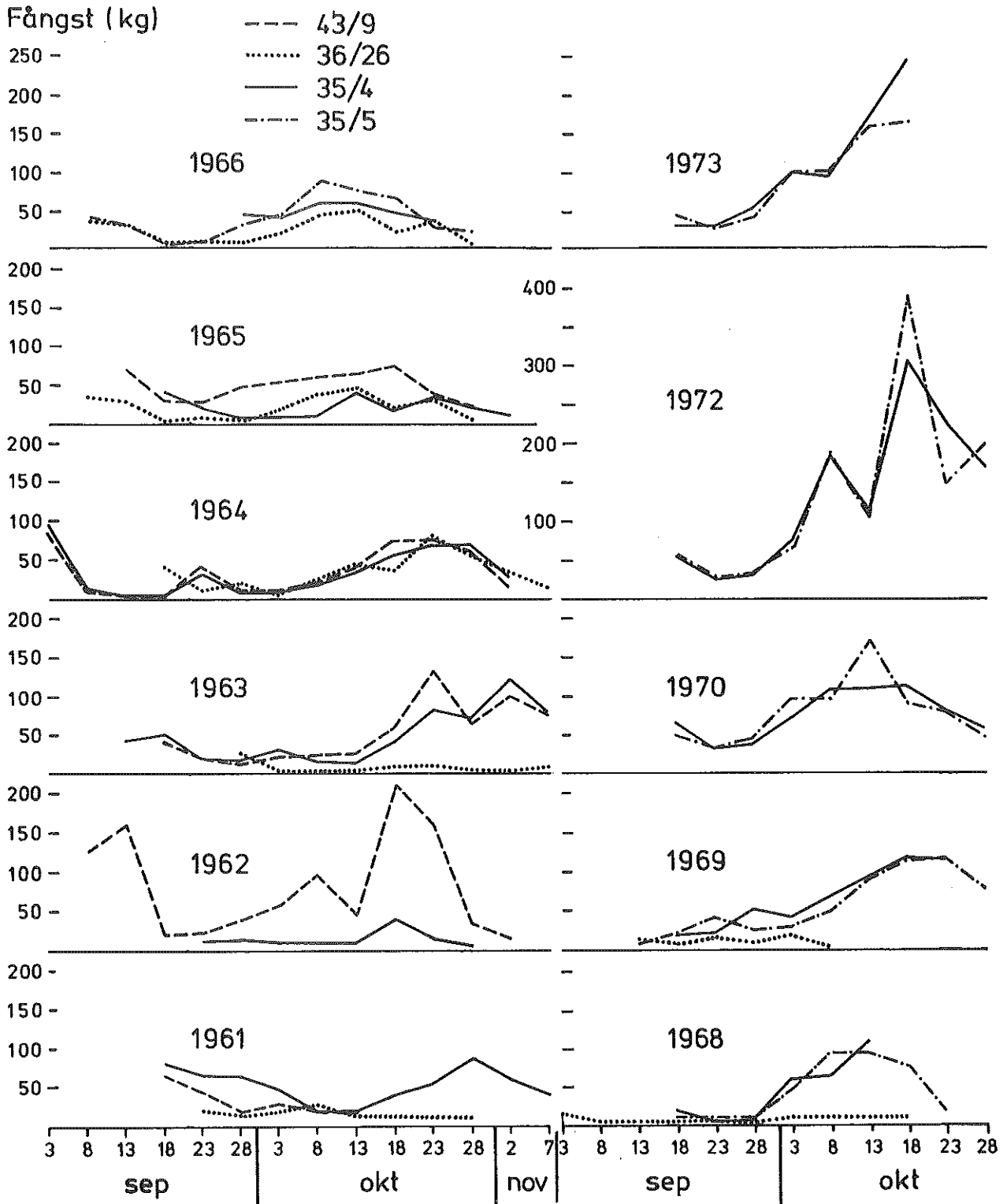
Fulton's conditionsfactor applied on cisco for the period June to October. Vertical lines indicate the 95% confidence limit.

ga nedgång hos hannarna under september månad är förvånande. Det naturliga vore en nedgång i samband med leken under oktober. En möjlig förklaring skulle kunna vara att hannarna uppsöker lekplatserna redan i september och står där i väntan på honorna och leken i stället för att "sköta om" sin kondition.

Det finns flera indicier på att hannarna uppsöker lekområdena långt innan honorna kommer dit. Järvi (1919) fick en mycket sned könsfördelning med 75% hannar i fångsten vid fiske med not under lekens begynnelsestadium på vad han ansåg vara lekplatserna. I Norrbottens skärgård består fångsten i ryssjorna av övervägande hannar före leken medan fångsttoppen i slutet av oktober (Figur 7:6) innehåller lika många eller fler honor (uppgifter från ryssjefiskare). En förutsättning, för att det verkligen är så att hannarna uppsöker lekområdena långt innan honorna, är dock att ryssjorna står i lekområdena, vilket tyvärr inte är klarlagt.

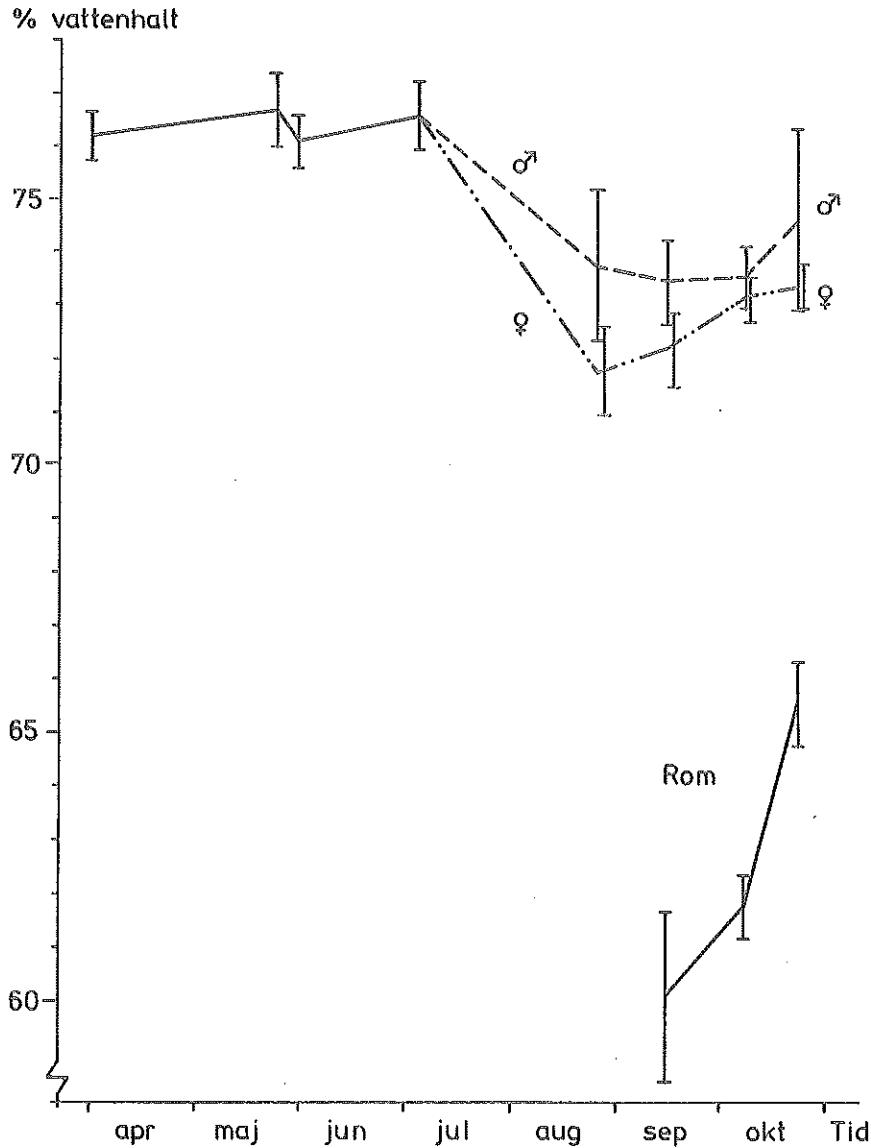
Den reserv som byggs upp hos siklörorna inför vintern lagras som fett. Ett bättre sätt än att använda konditionsfaktorn vore därför att mäta fetthalten. Detta har man gjort på siklöjan i norra Tyskland (Morawa 1955) och funnit att den kan variera mellan 3-14% med det högsta värdet under augusti. Tyvärr är det mycket kostsamt att göra sådana analyser. Där- emot är det lätt att mäta fiskens vattenhalt genom att torka den vid 65°C tills den håller konstant vikt (ca 1 vecka). Andelen vatten har nämligen ett signifikant omvänt förhållande till andelen fett, dvs vatten i fisken ersätts med fett när det finns gott om mat, medan fett bryts ned och ersätts med vatten under svältperioder. Detta är visat för flera fiskarter såsom sill (Iles och Wood 1965) och röding (Hill och Boström 1985).

Vattenhaltsvariationerna hos hela siklöjor från början av april till i slutet av oktober finns redovisade i Figur 7:7. Därav framgår att vattenhalten ligger stilla vid drygt 76% från början av april till i början av juli. Därefter sjunker den för att i slutet av augusti ha ett medelvärde av knappt 74% hos hannarna och knappt 72% hos honorna. Hannarnas vatten-



Figur 7:6. Femdagarsmedelvärden av siklöjefångsten i några olika ryssjor under ett antal år.

The fyke-net catch of cisco as five-day means in a few fyke-nets over a number of years.



Figur 7:7. Sikløjans och dess roms vattenhalt i procent av totalvikten under olika tider på året. Vertikala linjer indikerar det 95%-iga konfidensintervallet.

The variation in the water-content of cisco and its roe as per cent of the total weight. Vertical lines indicate the 95% confidence interval.

halt är därefter ganska konstant fram till första hälften av oktober varefter den stiger medan honornas vattenhalt ökar från september. Honornas vattenhaltsökning är lätt att förklara med att rommen tar upp mycket vatten. En ökning av rommens vattenhalt sker från 60% i mitten av september till ca 66% i slutet av oktober (Figur 7:7). Hannarnas relativt konstanta vattenhalt från slutet av augusti till i början av oktober kan bero på att födointaget balanserar energibehovet. En

ökning av vattenhalten hade varit mer i samklang med den nedgång av konditionsfaktorn som diskuterats tidigare även om vattenhalt och konditionsfaktor inte mäter samma sak. Hill och Boström (1985) har inte funnit någon skillnad mellan svultna och matade rödingar när det gäller konditionsfaktor, däremot har fetthalt/vattenhalt varierat.

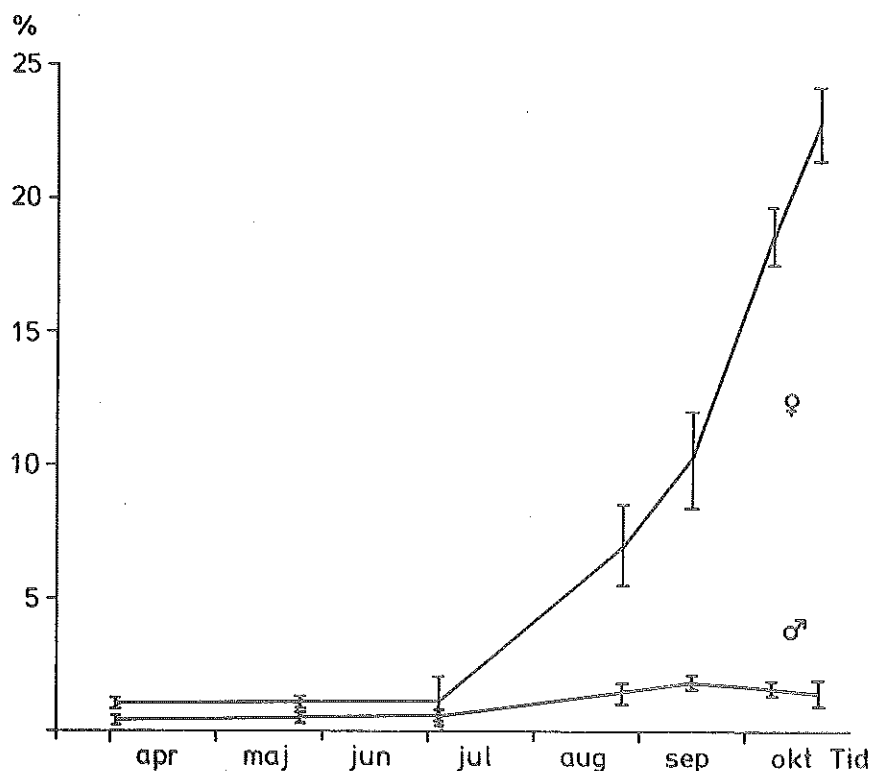
Av Figur 7:7 framgår även att variationerna mellan individer är stor. Hos röding är det inte bara skillnader mellan individer i vattenhalt utan även mellan stora och små fiskar. Mindre rödingar har genomgående högre vattenhalt än större rödingar (Hill och Boström 1985). De undersökta sikløjornas storlek varierade från 10-19 cm och vattenhaltsvariationen var större mellan individer än mellan storlekar. Variationen mellan rödingarnas storlek var dock betydligt större än mellan sikløjornas.

Sikløjans gonadutveckling och romantal

Gonadernas vikt i procent av totalvikten under olika tidpunkter bestämdes genom att fisken först vägdes varefter gonaderna togs ur och vägdes (våtvikter). Resultatet återfinns i Figur 7:8.

Honans gonader upptar ca 1% av totalvikten fram till i början av juli varefter de ökar till ca 23% i slutet av oktober vilket är nästan detsamma (23.9%) som vad Järvi (1919) fann för sikløjans i sjön Keitele. I det klimatmässigt betydligt mildare Polen har Zawisza och Backiel (1970) visat att honans gonader börjar utvecklas redan i mars från ca 1% till nästan 30% just innan leken som sker i mitten av november. Den kraftigaste ökningen sker från slutet av augusti fram till leken. Hannens könsorgan upptar fram till i början av juli endast 0.5% av kroppsvikten, därefter sker en ökning till som mest knappt 2%.

Antalet romkorn per gram rom har uppmätts till 392 st (S.E. 7) den 24 oktober 1979. Uppgifter om mängden romkorn per gram rom varierar i litteraturen vilket troligen mest beror på när mätningarna är gjorda, dvs hur mycket vatten rommen har hunnit suga upp. Zawisza och Backiel (1970) har i stället räknat



Figur 7:8. Könprodukternas vikt i procent av totalvikten. Vertikala linjer indikerar det 95%-iga konfidensintervallet.

The weight of the sexual products in per cent of the total weight. The vertical lines indicate the 95% confidence interval.

antalet romkorn hos varje fisk och funnit att antalet romkorn har ett nära samband med fiskens storlek och att antalet romkorn för varje storlekklass av fisk kan variera från år till år. Dessutom varierar antalet romkorn från sjö till sjö hos lika stora fiskar. Denna variation har inget samband med huruvida sjöarna är näringsrika eller näringsfattiga och inte heller råder det något klart samband med siklöjebeståndens täthet. Däremot finns det en antydning om att antalet romkorn är lägre ju längre norrut i Polen man kommer. En 16 cm siklöja i Polen kan ha mellan 5 000 och 7 500 romkorn medan en lika stor siklöja i Bottenviken har ca 2 700 i Norrbottens skärgård, vilket överensstämmer väl med vad Lehtonen (1981) redovisar för finska delen av Bottenviken. Detta talar för Zawisza och Backiels (1970) observation att antalet romkorn minskar ju längre norrut man kommer. Däremot skiljer sig inte mängden rom i procent av kroppsvikten åt så mycket mellan den polska och den Norrbottniska siklöjan, vilket betyder att romkornens

storlek är större hos den Norrbottniska siklöjan. Rass (1942) har funnit att samma sak gäller för ett stort antal havsfiskfamiljer dvs de största romkornen fanns hos de nordligaste fiskarna, inom samma familj. Svärdson (1949b) har diskuterat detta med utgångspunkt från att en fiskhona strävar efter att få så många vuxna avkommor som möjligt. Det finns då två alternativ att välja på. Antingen läggs många och små romkorn eller stora och då med nödvändighet färre romkorn. Stora romkorn vet man har den fördelen att de ger en högre överlevnad. Slutsatsen av Svärdsons hypotes blir att när inomartskonkurrensen är låg så gynnas ett stort antal romkorn, medan ett tätt fiskbestånd med stor inomartskonkurrens gynnar stora romkorn. Denna hypotes förklarar variationer inom ett vattensystem. Däremot är det troligt att klimatet sätter upp gränserna för de intervall, inom vilket romstorleken kan variera i varje vattensystem, vilket skulle förklara skillnaden mellan romstorleken hos siklöjan i Polen och Norrbotten.

Siklöjans ålder vid könsmognaden och könsfördelningen vid stigande ålder

Ett fiskbestånds förmåga att tåla ett högt fisketryck beror till viss del på vid vilken ålder den blir könsmogen. Av Norrbottens-kustens siklöjor blir 76% av hannarna och 61% av honorna könsmogna redan under sin andra sommar (Tabell 7:2). Siklöjorna där bör därför ha god förmåga att tåla ett kraftigt fiske.

Materialet som ligger till grund för Tabell 7:2 är hämtat ur det egna provfisket under perioden augusti-oktober. Under denna tidsperiod är det lätt att fastställa om siklöjan skall leka under hösten eller ej.

Tabell 7:2. Den procentuella andelen siklöjor som skall leka under året i de olika åldersgrupperna.

The fraction of cisco in per cent that will spawn within the year in the different age groups.

Ålder		Hannar %	Honor %
En sommar gamla	0+	0	0
Två somrar gamla	1+	76	61
Tre somrar gamla	2+	92	98
Fyra somrar gamla	3+	94	>99
Fem somrar gamla	4+	>99	>99

På den finska sidan av Bottenviken har Lehtonen (1981) visat att honorna lever längre än hannarna. Svärdson (1956) noterar samma sak för siklöjan i Mälaren och visar dessutom att det är skillnader mellan rika och svaga årsklasser. Den procentuella mängden honor ligger genomgående lägre i de båda studerade rika årsklasserna (statistisk säker skillnad) än i de svaga. Tabell 7:3 som anger den procentuella fördelningen mellan hannar och honor i olika åldersgrupper på den svenska sidan av Bottenviken.

Tabell 7:3. Den procentuella andelen hannar och honor i de olika åldersgrupperna.

The percentage of males and females in the different age groups.

Alder	Hannar %	Honor %
1+	66	34
2+	46	54
3+	57	43
4+	60	40
5+	56	44
6+	37	63
7+	45	55
8+	27	73
9+	19	81
>10+	20	80

Till detta kan det finnas många förklaringar. En kan t ex vara att honorna som tidigare framkastats, uppsöker lekområdena senare än hannarna och därigenom exponerar sig för fisket under en kortare tid än hannarna. Honorna har därigenom en bättre möjlighet att undkomma den dödlighet som förorsakas av fisket. En annan, som framlagts av Svärdson (1956), kan vara att den hormonella påfrestningen under leken på hannarna är betydligt större än för honorna och därför ökar deras naturliga dödlighet. Denna förklaring är troligare eftersom samma fenomen finns i både Bottenviken och Mälaren medan det under Svärdsons (1956) undersökningar inte pågick något lekfiske i Mälaren. F ö kan nämnas att hanars kortare livslängd gäller många andra fiskarter.

Sammanfattning

Sikløjans tillväxt i Norrbottens skärgård är god under första och andra sommaren för att därefter kraftigt försämrats. Variationen mellan individers tillväxt är stor. Jämfört med sikløjor i andra vattensystem är tillväxten medelmåttig.

Sikløjans konditionsfaktor ökar från juni till augusti för att därefter minska hos hannarna fram till leken, medan honorna har en svag ökning även under september men därefter minskar den även hos dem. Hannarnas lägre konditionsfaktor under september kan bero på att de uppsöker och står på lekplatserna långt innan honorna kommer dit. Vattenhalten som är i omvänt förhållande till fetthalten, minskar under juli månad och fram till i slutet av augusti för att därefter åter öka. Vattenhalten utgör ett bättre sätt att mäta fiskars kondition än konditionsfaktorn. Vattenhalten varierar under året med drygt 4% hos honorna och drygt 2% hos hannarna.

Könsprodukterna börjar tillväxa i början på juli från ca 1% av kroppsvikten till ca 23% i slutet av oktober hos honorna och från 0.5% till ca 2% vid samma tid hos hannarna.

Mängden romkorn hos en 16 cm lång siklöja i Bottenviken är ca 2 700. En motsvarande siklöja i Polen har mellan 5 000 och 7 500 romkorn. Skillnaden beror förmodligen på det gynnsammare klimatet i Polen.

Siklöjan i Norrbottens skärgård börjar bli könsmogen redan andra sommaren då 76% av hannarna och 61% av honorna leker för första gången. Året därpå deltar 92% av hannarna och 98% av honorna i leken.

Fördelningen mellan hannar och honor i olika åldersgrupper visar att honorna lever längre än hannarna, vilket eventuellt kan bero på att honorna kommer senare till lekområdena och därigenom minskar sina risker att bli uppfiskade.

KAPITEL 8. UPPSKATTNING AV MÄNGDEN SIKLÖJA

Den totala mängden siklöja i Bottenviken är begränsad. För att bedrivs rationellt måste fisket anpassas till vad denna mängd siklöja kan avkasta. Detta låter självklart, men tyvärr är det svårt att få en korrekt uppskattning av totalmängden, som dessutom varierar från år till år. Det finns dock inom fiskeribiologin en del metoder för att uppskatta fiskbeståndets storlek. Här nedan ges exempel på några av dessa metoder.

1) Inventering av ägg och yngelförekomst.

Om man känner antalet ägg och/eller yngel går det att beräkna det lekande beståndets storlek och den kommande rekryteringen till ett fiske. Av kapitel 6 framgår att denna metod inte är speciellt lämplig i detta fall.

2) Fångst-återfångst av märkta individer.

Om ett stort antal märkta fiskar återfångas och totalfångsten är känd, kan det totala antalet fiskar uppskattas. Metoden är bra i begränsade vatten, som visats av Viljanen (1978) vad beträffar siklöja, men i Bottenviken skulle den kräva att mycket stora mängder siklöja märktes och därför bli mycket kostsam.

3) Akustiska metoder.

En översiktlig kartering med hjälp av ekolod, asdic etc ger en uppfattning om mängden fisk inom ett område. Utvecklingen av dessa hjälpmedel har gått framåt i takt med elektronikens utveckling. Den nödvändiga utrustningen blir både billigare och bättre. Jag tror att det inom en nära framtid kommer att göras regelbundna uppskattningar av mängden fisk i Bottenviken med hjälp av akustiska metoder. Nackdelen är att olika fiskarter inte kan säkert särskiljas utan att ett kompletterande fiske behövs för att bestämma artsammansättningen.

4) Kohort-analys (Virtual Population Analysis (VPA)).

En analys och uppdelning av årsklasser inom ett fiskbestånd. En Kohort-analys har gjorts för siklöjan i Norrbottens skärgård och redovisas i detta kapitel.

5) Förhållandet mellan fångstmängd och fiskeansträngning.

Här antas fångst per enhet fiskeansträngning vara proportionell mot tätheten fisk inom ett fiskbestånd. Även denna metod har prövats och redovisas i detta kapitel.

6) Flerartsanalys.

Rekrytering, tillväxt, fångst etc. analyseras för flera skilda arter tillsammans. En väv av faktorer påverkar uppskattningen av arternas bestånd. Sofistikerade datahjälpmedel måste användas. Detta alternativ utvecklas bl a i Danmark, men är ännu ej färdigt för praktiskt bruk.

Vilken metod som väljs beror ofta på vilka av de nödvändiga bakgrundsuppgifterna som finns eller kan insamlas inom den ekonomiska ram som står till buds. Det är viktigt att komma ihåg att resultatet bara är en uppskattning som aldrig blir bättre än de bakgrundsuppgifter som används för beräkningarna. Det är också en fördel om flera olika metoder används så att resultaten kan jämföras. Om man får likartade resultat stärker det tron på att uppskattningarna är i närheten av sanningen.

De bakgrundsuppgifter som behövs för Kohort-analysen är totalfångsten av siklöja, dess ålderssammansättning, fiskets omfattning och den naturliga dödligheten i olika åldersstadier. Totalfångststatistiken och fiskeansträngningen har erhållits från Fiskenämden i Luleå som dessutom samlat in prover från fångsterna för åren 1973-75 som djupfrysats. Fiskprover för åldersbestämning för åren 1976-79 har tagits ur mina provfisker (se kapitel 7) under september och oktober. Samtliga använda åldersbestämningar har gjorts med hjälp av otoliter. Tabell 8:1 ger åldersfördelningen i procent av fångsten under åren 1973-79. Tabell 8:2 anger fångstens sammansättning i antal fiskar av olika åldrar för åren 1973-79.

Den naturliga dödligheten hos siklöjan vet man mycket litet om. Lehtonen (1981) har efter genomgång av litteraturen antagit att den är 0.3 i den finska delen av Bottenviken i sina beståndsuppskattningar. (Värdet $M=0.3$ motsvarar en årlig naturlig dödlighet på 26% av all befintlig siklöja.) Detta värde har även

Tabell 8:1. Sikløjans åldersfördelning i fångsten uttryckt i procent.

The age-structure of the cisco-catch in per cent.

Alder	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1	-		1.7	4.8	2.3	9.9	7.8
2	3.3		9.7	10.1	24.5	17.8	47.4
3	56.5	4.4	9.1	18.1	12.1	26.5	25.4
4	30.8	42.2	16.8	3.4	3.8	4.7	5.4
5	2.2	48.9	41.6	16.8	5.1	5.5	2.7
6	-	2.2	12.0	21.7	6.1	3.1	2.7
7	-	-	2.8	18.3	28.3	3.9	0.5
8	-	2.2	1.1	2.1	15.0	22.1	0.5
9	-	-	1.7	2.5	0.9	6.3	4.7
10	-	-	1.7	0.8	1.7	0.1	2.7
11	-	-	1.6	1.1	-	-	-
Totala fångsten (ton)	971	1 067	1 337	1 428	1 256	1 199	1 120
Antal tråltimmar	3 187	3 695	4 414	3 699	3 929	3 985	3 853
Antal kg/tråltimme	305	289	303	386	320	301	291

Tabell 8:2. Antalet fångade sikløjor i de olika åldersgrupperna i miljoner.

The estimated number in millions of cisco caught in the different age-groups.

Alder	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1	-	-	0.90	2.66	1.11	5.01	4.91
2	1.54	-	5.11	5.59	11.85	9.01	29.84
3	26.40	1.86	4.80	10.01	5.85	13.40	15.98
4	17.76	17.85	8.85	1.88	1.84	2.38	3.40
5	1.03	20.68	21.92	9.30	2.47	2.78	1.70
6	-	0.93	6.32	12.01	2.93	1.57	1.70
7	-	-	1.48	10.13	13.69	1.97	0.32
8	-	0.93	0.58	1.16	7.26	11.18	0.32
9	-	-	0.90	1.38	0.44	3.19	2.96
10	-	-	0.90	0.44	0.82	0.05	1.70
11	-	-	0.90	0.61	-	0.15	-

använts här och jag har också liksom Lehtonen antagit att det är detsamma för samtliga åldrar. Sikløjor är också utsatt för ett fiske som förorsakar en fiskedödlighet (F). Fiskedödligheten varierar dels år från år beroende på fiskets intensitet och effektivitet och dels på fiskens storlek. Här har antagits att fiskedödligheten var 10% (F=0.11) 1973 som därefter successivt ökade till drygt 30% (F=0.43) 1979 för fullt fiskbara storlekar

dvs fiskar äldre än två år. Ingångsvärden för beräkningarna och beräkningsvärden finns i Tabell 8:3. Den variant av Kohort-analys som använts har utarbetats av Pope (1972). Den slutliga sammanställningen av uppskattningen av mängden siklöja i antal miljoner för varje åldersgrupp återfinns i Tabell 8:4. Innehållet i Tabell 8:4 finns även grafiskt i Figur 8:1, där det är lättare att följa de olika årsklasserna.

Tabell 8:3. Fiskedödligheten (F) i olika åldersgrupper under åren 1973-79 (M = 0.3).

The fishing-mortality in the different age-groups from 1973-79 (M = 0.3).

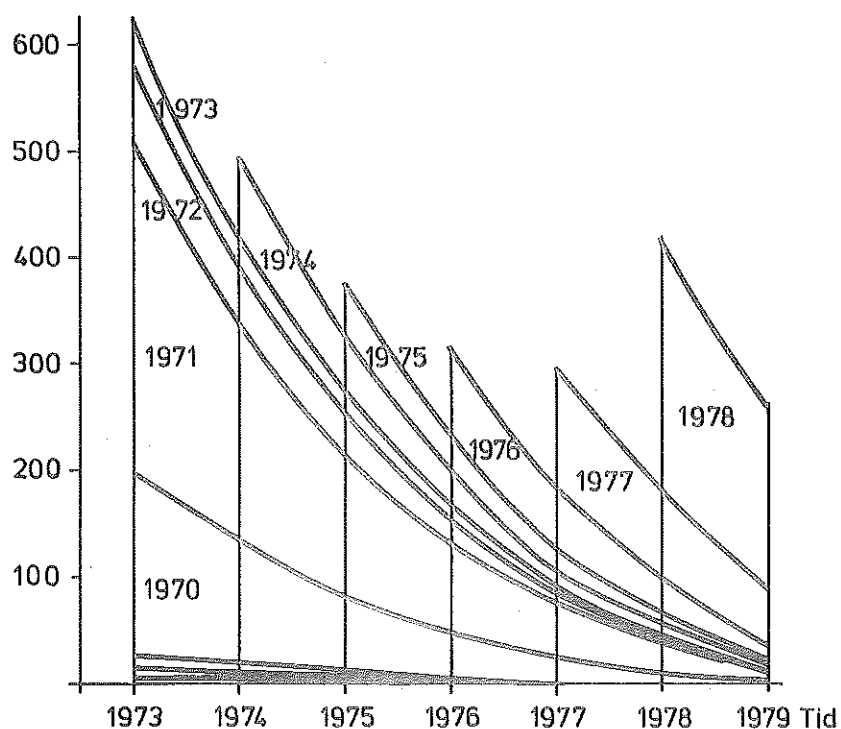
Alder	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03 *
2	0.02	0.00	0.12	0.21	0.29	0.14	0.22 *
3	0.10	0.04	0.30	0.42	0.40	0.71	0.43 *
4	0.13	0.11	0.30	0.20	0.14	0.31	0.43 *
5	0.11	0.24	0.20	0.67	0.50	0.36	0.43 *
6	0.00	0.16	0.12	0.18	0.52	0.83	0.43 *
7	0.00	0.00	0.46	0.31	0.37	0.96	0.43 *
8	-	0.30	0.14	0.95	0.44	0.69	0.43 *
9	-	-	0.60	0.65	1.70	0.40	0.43 *
10	-	-	-	-	1.33	-	0.43 *
11	0.11 *	0.19 *	0.22 *	0.26 *	0.40 *	0.43 *	0.43 *

Tabell 8:4. Enligt VPA uppskattat antal fiskar från 1973-79 i miljoner.

The estimated number of cisco in millions from 1973 to 1979 according to VPA.

Alder	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1	39.6	70.2	47.5	77.4	110.8	240.6	192.2
2	77.9	29.3	52.0	34.4	55.1	81.2	173.9
3	309.1	56.4	21.7	34.1	20.7	30.6	52.4
4	173.7	206.3	40.2	12.0	16.6	10.3	11.1
5	11.2	113.4	137.4	22.2	7.2	10.7	5.6
6	9.4	7.4	66.2	82.9	8.4	3.2	5.6
7	5.7	7.0	4.7	43.6	51.1	3.7	1.0
8	-	4.2	5.2	2.2	23.6	26.1	1.0
9	-	-	2.3	3.4	0.6	11.2	9.7
10	-	-	-	0.9	1.3	0.1	5.6
11	-	-	-	-	-	0.3	-
Antal	626.6	494.2	377.2	313.1	295.4	418.0	458.1

Antal siklöjor i miljoner



Figur 8:1. De enligt VPA-metoden uppskattade mängderna siklöja av olika årsklasser på hösten 1973-79.

The estimated amount of cisco according to the VPA-method in different age-groups in the autumn 1973-79.

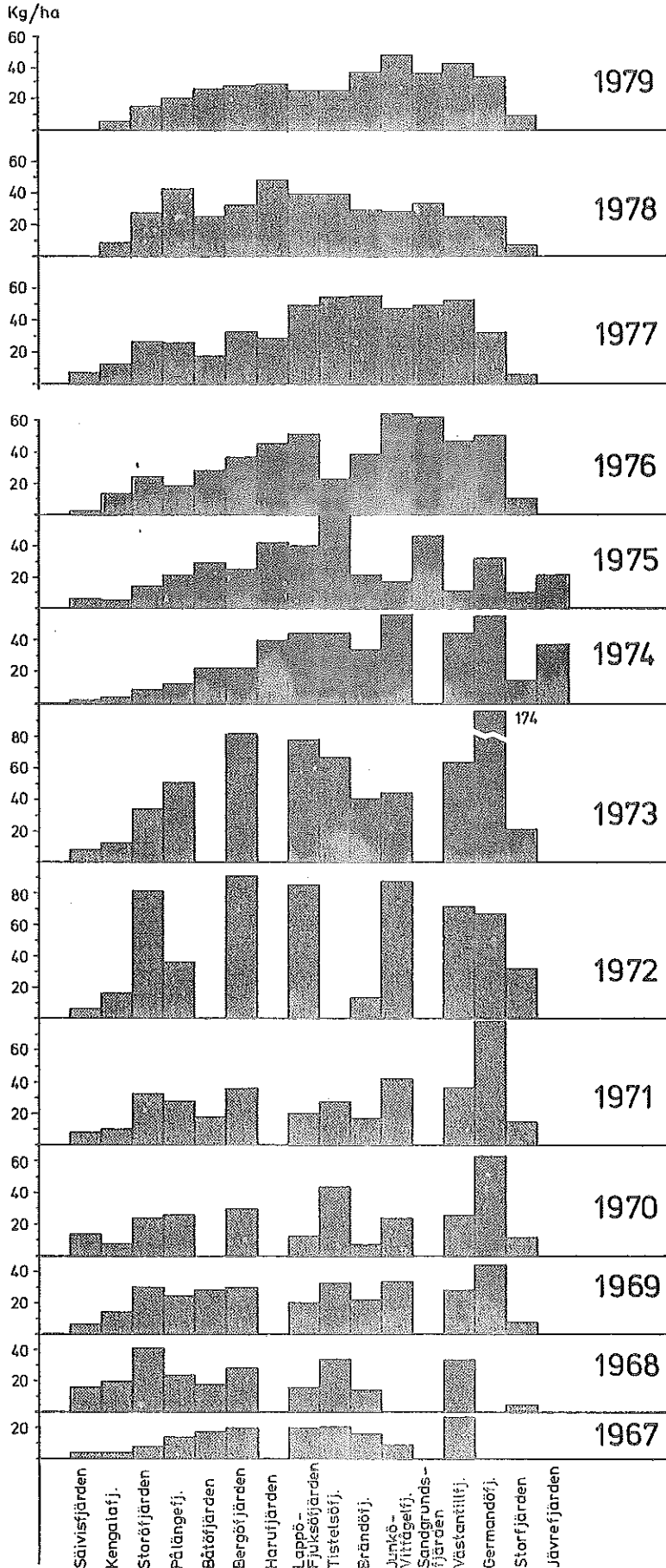
Den andra metoden, förhållandet mellan fångstmängd och fiskeansträngning, (metod 5) har tidigare använts och resultaten för åren 1967-76 har redovisats av Enderlein (1978). Metoden kräver tillgång på god fångststatistik, kännedom om fiskens vandringar och att beståndet fiskas under en kort period så att förluster på grund av den naturliga dödligheten kan försummas. Fångststatistiken har som tidigare erhållits från Fiskenämden i Luleå och kommer från trålfiskarnas fångstrapporter under den för trålning tillåtna perioden 20 september till 31 december. Försöken att tråla siklöja började 1959, men jag har valt att börja populationsuppskattningen 1967 därför att det inte var förrän då som en viss stabilitet i fisket hade inträtt. Beräkningarna bakom uppskattningarna är enkla och bygger på att om man känner trälens öppning, båtens fart och tråltid så går det att räkna ut den svepta ytan. Om man därefter antar att all fisk inom denna svepta yta fångats och man känner fångstens storlek så kan tätheten uttryckt i exempelvis kg/ha beräknas. Sedan har

jag antagit att all siklöja befinner sig på vatten grundare än 25 m under trålperioden. Den del av Norrbottens kustområde som är grundare än 25 m har en yta på 4 072 km². Multipliceras ytan med tätheten så får man en uppskattning av totalmängden siklöja. Detta tema har varierats på två olika sätt (2A och 2B) för att få två olika uppskattningar. I uppskattning 2A har Norrbottenskusten indelats i 16 fjärdområden. För vart och ett av dessa har tätheten på siklöja beräknats efter antaganden att trålfarten var 2 knop och svepbrädden 20 m, dvs under en timme sveps 7.4 ha av. Resultatet i kg/ha för varje fjärd och år återfinns i Figur 8:2. Varje fjärdområdes yta har därefter multiplicerats med respektive fjärdområdes täthet för att få totalmängden siklöja i fjärden. Mängderna från de 16 fjärdarna har därefter summerats. I de fall ett fjärdområde ej använts under året och sifferuppgifter därför saknas, så har jag antagit att tätheten varit ett medelvärde av de angränsande områdenas täthet.

I den andra varianten, uppskattning 2B, har Norrbottenskusten uppdelats i tre områden, Kalix, Luleå och Piteå. Inom vart och ett av dessa har ett antal trållag (4, 4 och 1), som varit kända för att lämna speciellt noggranna fångstuppgifter, valts ut. Tätheten inom vart och ett av de tre områdena beräknades som tidigare med den skillnaden att den fart som angivits av respektive trållag använts och att svepbrädden antagits vara 2/3 av den använda trålens underteln. Varje områdes täthetsmedelvärde multiplicerades därefter med respektive områdes yta varefter resultaten summerades.

Från 1970 har prover på fångsten tagits och längdmätts av Fiskenämnden i Luleå. Dessa prover är tyvärr fåtaliga men indikerar styrkan hos årets årsklass av siklöja genom att ange hur mycket ensomrig fisk det finns med i fångsten. Resultaten av beräkningarna (uppskattningarna 2A och 2B) samt mängden ensomrig fisk i procent av totalfångsten finns i Figur 8:3.

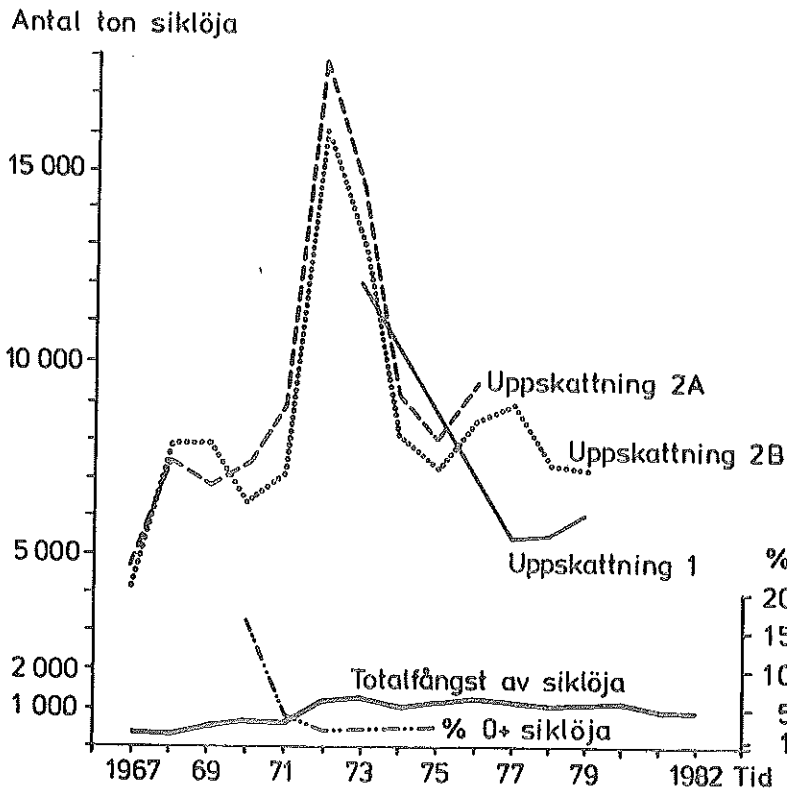
De totala uppskattade mängderna av siklöja i Norrbottens skärgård i ton enligt de olika metoderna, samt mängden utanför den finska Bottenvikskusten är sammanställd i Tabell 8:5.



Figur 8:2.

De uppskattade tätheter-
na i kg/ha av siklöja i
vart och ett av de 16 oli-
ka trålområdena utmed
Norrbottenskusten enligt
trålfiskestatistik.

The estimated densities
from trawl-statistics of
cisco in kg/ha in each
one of the 16 trawl-areas
along the Norrbotten coast.



Figur 8:3. Olika uppskattningar av totalmängden sicklöja på hösten utanför Norrbottenskusten samt trålfångsten och dess procentuella innehåll av 0+ sicklöja.

The different estimates of the total amount of cisco along the coast of Norrbotten, as well as the total trawlcatch (—) and the percentage of 0+ fish (-·-·-) in the catch.

Tabell 8:5. Uppskattningarna av den totala mängden sicklöja (ton) i Norrbottens skärgård för åren 1973-79 under oktober månad, samt utanför den finska bottenvikskusten enligt VPA-metoden för åren 1976-80.

The estimations of the total amount of cisco in the Norrbotten archipelago from 1973 to 1979 in October and along the Finnish coast according to VPA for 1976-80 (Lehtonen 1981):

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
"Svept yta I"	14.600	9.100	7.900	9.400	8.900	7.400	7.000	-
Enligt VPA (Sverige)	12.070	10.357	8.471	7.082	5.348	5.380	5.806	-
Enligt VPA (Finland)*	-	-	-	2.905	3.187	3.370	3.067	2.760

* Uppskattning av mängden sicklöja i den finska delen av Bottenviken (Lehtonen 1981)

Vid alla beräkningar, av de slag som gjorts här, måste antaganden göras. Dessa antaganden drar med sig fel och skapar osäkerhet om resultatets riktighet. Av den anledningen behövs kännedom och medvetenhet om dessa fel för att rätt kunna bedöma resultatet. Kohort-analysen bygger som tidigare sagts på totalfångststatistik, fångstens ålderssammansättning, den naturliga dödligheten och fiskedödligheten. Dessutom förutsätter metoden att årsfångsten tages precis vid halva året. Analysen är dessutom känslig för om in- och utflyttning sker.

Trålfisket efter siklöja är ett försöksfiske som har krävt veckovis rapportering av utövarna. Detta tillsammans med mycket kunnig personal på Fiskenämden i Luleå, som förmått bedöma riktigheten av rapporterna, gör att denna del av statistiken nog är av mycket hög kvalitet. Däremot är den del av totalstatistiken, som kommer från deltid- och fritidsfisket uppskattad efter uppgifter från den enkätundersökning som Fiskeriintendenten i Luleå gjorde 1976 (Fiska på fritid 1978), och därför betydligt osäkrare. Statistiken, som helhet, får dock anses vara så bra som den kan erhållas utan att speciella statistikinsamlare anställs. Även åldersbestämningarna som är gjorda med hjälp av otoliter är säkert korrekta, däremot är det mer tveksamt om proverna tagna för åldersbestämning är representativa för det fångstbara beståndet. Tabellerna 8:1 och 8:2 visar att det inte är den kontinuitet från år till år när man följer en och samma årsklass, som man förväntar sig. Detta kan inte förklaras på annat sätt än att antalet prover är för litet eller insamlat på fel sätt. Även på den finska sidan av Bottenviken har man varit osäker på provtagningsförfarandets korrekthet. Hildén et al. (1984) har efter en analys av sina resultat kommit fram till att när det gäller siklöja, som det är billigt att få prover från, bör antalet prover vara stort, 5-10 från vart och ett av de viktigaste redskapen, medan antalet fiskar i varje prov kan hållas litet (50-100 fiskar).

Den naturliga dödligheten (M) har antagits vara 0.30 eller densamma som Lehtonen (1981) använt för siklöjan på den finska sidan av Bottenviken. Jag har använt detta värde för att uppskattningarna av bestånden på finsk och svensk sida skall bli

jämförbara även om värdet nog är för högt med tanke på den relativt höga ålder fiskarna kan uppnå. Siklöjan i Bottenviken bedömdes efter åldersanalys på fjäll vara en kortlivad fisk (Svårdson 1966) men av Figur 8:1 framgår att exempelvis 1970-års årsklass kan följas under 10 år. Inte heller är det troligt att, som här antagits, den naturliga dödligheten är densamma vid olika åldrar. Ett för högt värde på den naturliga dödligheten medför att tillbakaräkningarna ger för höga fiskmängder ju längre tillbaka man räknar på en årsklass.

Siklöjan i Bottenviken dör inte enbart av naturliga orsaker, utan är också utsatt för ett fiske som förorsakar en fiskedödlighet (F). Både Tabell 8:1 och 8:2 visar att siklöjan undgår fångst i stor utsträckning både under sitt första och andra levnadsår. Därefter har jag antagit att alla åldersklasser är lika utsatta för fisket. Inte nog med detta utan fiskedödligheten varierar år från år. Ur Tabell 8:1 kan utläsas att både fångsten och antalet tråltimmar och därför även fångsten per tråltimme varit relativt konstant från 1973-79. Detta skulle kunna förleda till tanken att fiskedödligheten varit konstant under perioden, men oavsett vilken fiskedödlighet som använts vid beräkningarna, så ger de vid handen att fiskedödligheten har ökat med drygt 3 gånger under perioden. Förklaringen är att fiskarna har lyckats hålla samma fångst per tråltimme trots att mängden fisk har minskat, eller med andra ord, trålfiskarnas effektivitet har ökat med drygt tre gånger under tidsperioden. Detta är säkert rimligt med tanke på att trålfisket efter siklöja är nytt och att skepparna därför hela tiden får en ökad kunskap och erfarenhet, som leder till en effektivitetsökning.

För att få ett startvärde för beräkningarna, dvs fiskedödligheten 1973, så har fiskmängden enligt "svept områdesmetoden" 1973 jämförts med det årets totalfångst. Resultatet blev att ca 10% uppfiskades ($F=0.11$). Effektiviteten ökade därefter successivt med drygt 3 gånger, fram till 1979 då den årliga fiskedödligheten sattes till drygt 30% ($F=0.43$). Uppskattningen av fiskedödligheten är nog nära sanningen och bör därför inte leda till några större fel i totaluppskattningarna.

Kohort-analysen bygger som sagts på att fångsten sker efter halva året. Trålfisket efter siklöja, det fiske som tar största delen av beståndet, börjar den 20 september och avslutas när honorna är lekmogna i slutet av oktober då rommens kvalité blivit sämre. Fisket är alltså starkt koncentrerat till en kort tidsperiod, vilket är fullt acceptabelt för Kohort-analysen. Andra felaktigheter i uppskattningarna kan förorsakas av in- och utvandring av fisk i fiskeområdet. I detta fall gäller det invandring av siklöja till lekområden i Norrbottens skärgård. Det är framför allt äldre honor som kommer sent in i fiskeområdena. Antalet sådana honor är dock litet och felet blir troligen marginellt.

Den andra metoden att uppskatta totalbeståndet (metod 5) krävde som tidigare sagts:

- 1) Tillgång på god fångststatistik - vilket fanns.
- 2) Kännedom om siklöjans vandringar - vilket också fanns (jmf kapitel 3).
- 3) Att beskattningen sker under en kort tidsperiod så att den naturliga dödligheten kan försummas. Detta krav är också uppfyllt.

Till detta skall läggas att vissa antaganden måste göras.

- A) Att Norrbottens siklöje-population befinner sig inom det undersökta området under trålperioden. Med undantag för vissa äldre honor så får man anse att detta antagande är uppfyllt.
- B) Att fisktätheterna i trålområdena är detsamma som i hela de områden som används för att multiplicera tätheten med, dvs områden grundare än 25 m. Visserligen finns det siklöja i hela skärgården inför leken, men att tätheterna skulle vara desamma som i trålområdena får anses otroligt. Detta antagande kan därför ge upphov till stora fel. Troligen är tätheterna något större i trålområdena vilket skulle leda till en överskattning.

C) Att de beräknade tätheterna är lika stora som de verkliga tätheterna. I detta antagande kan det komma in två typer av fel - "beräkningsfel" och "fångstfel". Den första typen, som beror på fångststatistikens kvalité, antaganden om tr lbredden och tr lfarten har jag försökt få en uppfattning om genom att göra två uppskattningar, där den ena bygger på all insamlad statistik och den andra på utvald statistik där tr lfarten och den använda tr ltypens bredd  r känd. Den mycket goda överensstämmelsen mellan de två uppskattningarna (Figur 8:3 uppskattning 2A och 2B) g r att "ber kningsfelet" troligen är obetydligt. "F ngstfelet" kan uppkomma genom att siklöjan undviker tr len och/eller står i så höga stim ovan botten att tr len, som kan vara mellan 5 och 8 m hög, missar stimmets övre del. Tr lfarten  r så låg att siklöjan bör kunna simma undan. Däremot är det mycket sällan som man under dagtid på ekolod kan se stim, som n r högre än 5-8 m ovan botten (jmf kapitel 4). Felet bör ge en underskattning av tätheten. F rhopningsvis tar B och C ut varandra.

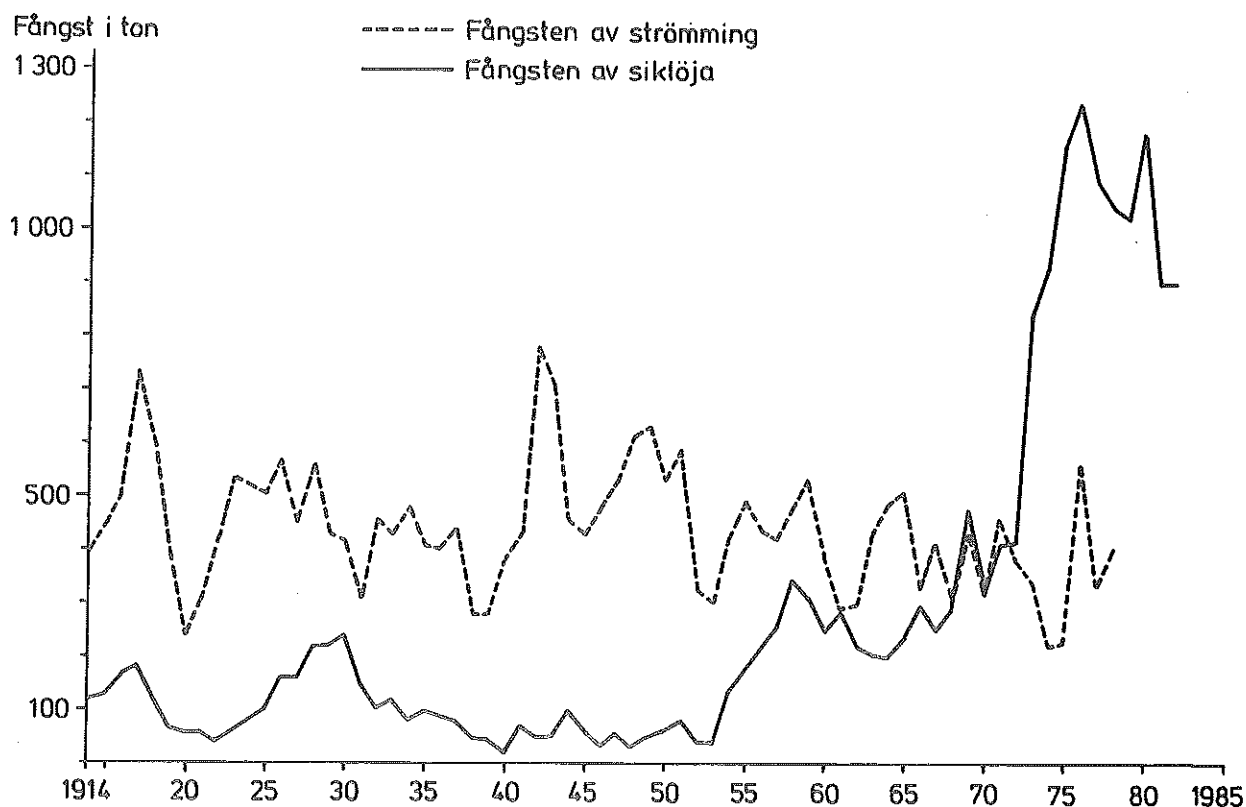
Efter alla om och men, n r det gäller sifferuppgifternas tillförlitlighet, måste dock konstateras att de båda metoderna ger nästan samma siffervärden och samma tendenser. De rika årsklasserna 1970 och 1971 gav upphov till en hög biomassa av siklöja 1972 (Figur 8:3 och Tabell 8:5) på 15-20 000 ton. Därefter har det skett en kraftig minskning till 7-8 000 ton 1975 varefter under perioden 1976-79 en stabilisering på 5-7 000 ton har inträffat. Rekryteringen av unga fiskar verkar ha varit mycket dålig från 1972, 1973, 1974, 1975, 1976 och 1977 års årsklasser medan 1978 och 1979 års årsklasser varit medelmåttiga (Figur 8:1 och Tabell 8:2). En tillbakar kning på de rika årsklasserna 1970 och 1971 ger vid handen att antalet ensomriga fiskar på hösten dessa  r måste ha varit i storleksordningen 600 miljoner fiskar. Detta kan jämföras med 1978 års årsklass som uppskattats till knappt 250 miljoner fiskar (Figur 8:1 och Tabell 8:4).

Sammanfattning

Mängden siklöja i Norrbottensdelen av Bottenviken har uppskattats med hjälp av två olika metoder (Kohort-analys och fångstmängd-fiskeansträngning). Båda metoderna gav ett liknande resultat i mängd siklöja (Tabell 8:5 och Figur 8:3) och samma tendenser. Totalmängden siklöja har från 1973 till 1979 minskat med ca 2/3. Detta beror på att årsklasserna från 1970 och 1971 dominerat fisket under perioden och att rekryteringen av ny fisk till fisket varit dålig (Figur 8:1). Trålfiskarna har däremot lyckats hålla ungefär samma fångst per ansträngning, vilket visar på en effektivitetsökning av trålfisket på drygt tre gånger. Den årliga dödligheten i fiskbeståndet beroende på fisket har 1973 beräknats till 10% och, i konsekvens med den ökade effektiviteten, ökat till drygt 30% 1979.

KAPITEL 9. SIKLÖJEBESTÅNDETS VARIATIONER

År 1984 var ett dåligt år för siklöjefiskarna i Norrbotten. Av pressrubriker framgick att det var trålfisket efter siklöja som fått skulden denna gång. Tyvärr glöms det så lätt bort att fisket efter siklöja har varit dåligt även tidigare, långt före trålfiskets tid. Om vi antar att fångsten är en spegel av den mängd fisk som finns, om än en dålig sådan, så framgår det av Figur 9:1 att mängden siklöja har varierat mycket sedan 1914. Även i litteraturen finns variationer i siklöjebestånd beskrivna. Erik Fernow (Almer 1976) berättar på 1770-talet om att "siklöjefisket några år å rad fordom hafva slagit fel" i Vänern. Med fordom menar Fernow troligen någon gång under medeltiden. För att fisket åter skulle bli bra offrade fiskarbefolkningen en silverlöja till Visums-Kils kyrka, Silverlöjan finns i Visums-Kils vapen. Långt senare skrev fiskeristipendiat Einar Övergård



Figur 9:1. Fångsten av siklöja och strömming i den svenska delen av Bottenviken.

The catch of cisco (unbroken line) and herring (dotted line) in the Swedish part of the Bothnian Bay.

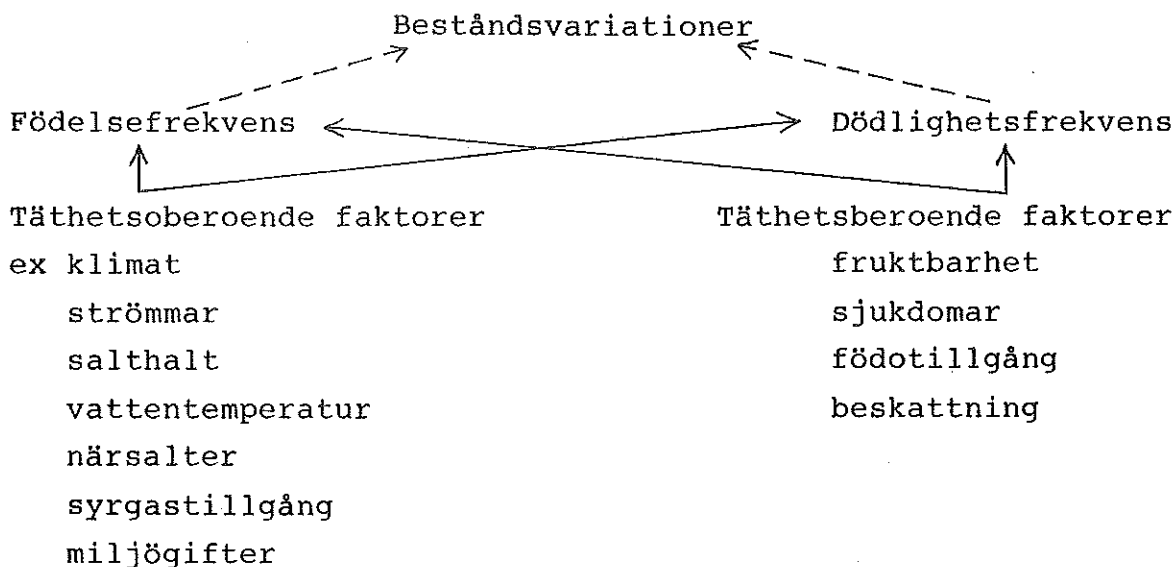
(1909) i sina iakttagelser rörande fisket i Piteå skärgård att "siklöjefisket är svårt att beräkna, då det är ojämt år från år. Vid innevarande tid (1908) går det till bra, men omkring 1890 var löjan totalt borta både höst och vår." Inom parentes kan nämnas att han även angav priset på siklöjerom till 2 kronor per kilo. Järvis (1919) beskrivning av fångsten från sjön Keiteles övre del (Finland) är också värd att citeras:

1907 Utomordentligt god
1908 God
1909 Tämligen god
1910 Dålig
1911 Relativt god
1912 Dålig
1913 God
1914 Tämligen dålig
1915 Dålig
1916 Dålig
1917 Kris

Ordet "kris" är således inget nytt i samband med siklöjefisket.

Idag tror vi inte, som de gamla grekerna, att antalet växter och djur är bestämt och i jämvikt och att variationer, som exempelvis bibelns gräshoppsinvasioner, var en bestraffning av en högre makt. I stället vet vi att samtliga arter på jorden varierar i antal runt någon form av jämviktsläge. En del av dessa variationer är drastiska, som just gräshoppsvariationerna, våra egna fjälllämlar eller sillförekomsten medan andra är små och obemärkt passerar. Det faktum, att variationer förekommer och att de i många fall har stor betydelse, har gjort att människan letat intensivt efter orsakerna. Många teorier, sammanfattade bl a av Krebs (1978), har framlagts. Tyvärr finns det ingen universell teori utan möjliga orsaksfaktorer måste studeras i samband med varje art för sig. Några grundorsaker finns det dock. Således förorsakas beståndsvariationer av förändringar i födelse- och/eller dödlighetsfrekvens. Dessa påverkas i sin tur av täthetsberoende och täthetsberoende faktorer. Med täthet menas artens täthet, i vårt fall mängden siklöja. Täthetsberoende

faktorer kan vara klimatet, strömmar, salthalt m m, medan täthetsberoende faktorer är fruktbarhet, sjukdomar, födotillgång och beskattning.



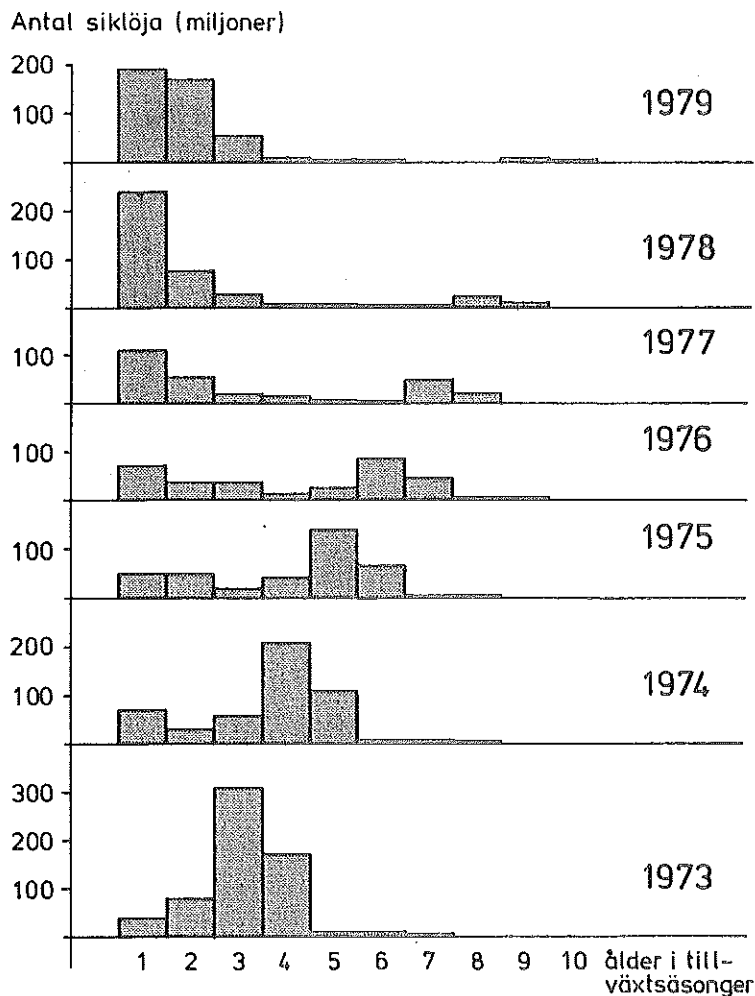
Litteraturen angående sikløjans beståndsvariationer visar att det finns tre gemensamma drag.

Det första är att årsklasser uppkommer med jämna mellanrum och att det däremellan är svaga årsklasser. Med rik årsklass menas att det under vissa år blir avsevärt fler fiskar som överlever till fångstbar storlek än under andra år. Så t ex erhålls en rik årsklass vart annat år i sjön Bolmen (Hamrin 1979), vart tredje år i den norska sjön Mjösa (Aass 1972) och vart femte år i Mälaren (Svärdson 1956) under 1940- och 50-talet, medan en förskjutning har skett mot sju år under 1970-talet. Det råder således ingen regelbundenhet mellan sjöar, men väl i samma sjö. Det finns dock ett känt undantag nämligen sjön Pyhäjärvi, belägen i sydvästra Finland, där årsklassvariationer i siklöjebeståndet saknas (Auvinen muntl. medd.).

Det andra gemensamma draget är att skillnaderna mellan rika och svaga årsklasser är stora. I sjön Bolmen är skillnaden i fångst per ansträngning av 0+ siklöjor 10-15 gånger mellan rika och svaga årsklasser (Hamrin 1979).

Det tredje är att en ny stark årsklass kommer efter att beståndet varit glest. Ett omvänt bevis för detta har Svärdson genom sitt mångåriga (1955-78) provfiske i Lambarfjärden, Mälaren givit (Svärdson 1976a och muntl.medd.). I början av detta provfiske var periodiciteten mellan de rika årsklasserna 5 år för att senare förskjutas till 7 år samtidigt som totalfångsten sjunkit, dvs fiskedödligheten minskat, från 90 ton 1955 till under 10 ton 1974. Totalfångstens minskning har berott på att fem fiskare slutat med sitt fiske i Lambarfjärden (Svärdson 1976a).

Data, som jag har om siklöjebeståndets variation i Bottenviken, är magra beroende på den korta undersökningsperioden, men motsäger inte att även detta bestånd följer de "gemensamma dragen". Så t ex framgår det att rika och svaga årsklasser finns (Figur 9:2). De rika årsklasserna 1970 och 1971, som i Figur 9:2 har 4



Figur 9:2.

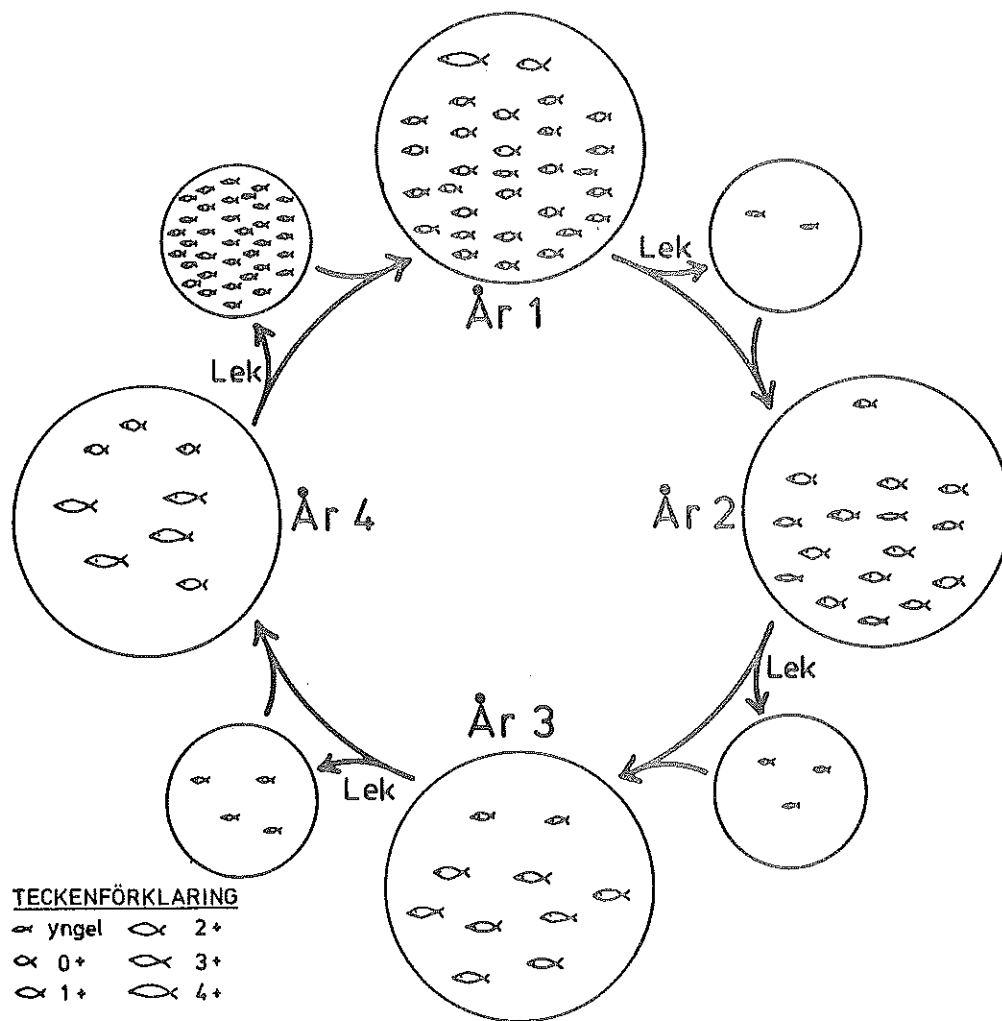
Uppskattat antal siklöjor i olika årsklasser på hösten enligt VPA-analysen.

The estimated number of cisco in the different year classes (VPA-analysis).

respektive 3 tillväxtsåsonger bakom sig, dominerar fram till 1978 då en ny relativt stark årsklass tillkommer. Däremot går det inte att säga något om periodiciteten ur detta material. Skillnaderna mellan en svag och en rik årsklass var också stora. Mellan 1970 och 1971 års årsklasser, som båda uppskattats till att ha bestått av ca 600 miljoner fiskar under hösten 1970 respektive 1971, och 1973 års årsklass på 40 miljoner är skillnaden 15 gånger. Även det tredje gemensamma draget, som går ut på att en ny stark årsklass inte uppkommer förrän tätheten är låg, kan urskiljas i och med att en ny relativt stark årsklass kommer 1978 (Figur 8:1 och 9:2). Men däremot stämmer det ej med det faktum att vi har två starka årsklasser 1970 och 1971 efter varandra.

En modell av hur sikløjans beståndsvariationer (Figur 9:3) börjar år 1 då en ny stark årsklass har tillförts beståndet från föregående års lek. Leken år 1 resulterar i ett mycket litet tillskott till beståndet år 2, som fortfarande domineras av årsklassen från år 1. En viss minskning i beståndet har skett på grund av naturlig dödlighet och att en del fiskar blivit uppfiskade. Beståndet år 3 har ytterligare reducerats och tillskottet av unga 0+ fiskar har återigen varit litet. År 4 är beståndet ännu mindre, och består fortfarande till största delen av den rika årsklassen, som nu hunnit in på sitt fjärde tillväxtår (3+). Tillskottet av unga fiskar har liksom de tidigare två åren varit litet. Nu är fisket dåligt, men leken år 4 ger upphov till en stark årsklass och cirkeln är sluten. Observera att år 1, då beståndet nästan uteslutande består av den nya starka årsklassen (0+), är fisket mycket dåligt (kris) därför att fiskarna är för små för att fångas. Förloppet är som sagts tidigare känt från många vatten och det är bara cirkelns storlek som varierar.

Vilka faktorer är det då som svarar för beståndsregleringen? Det som sagts tidigare, bl a att en ny stark årsklass uppkommer när beståndstätheten varit låg, eller uttryckt enligt Ricker (1958) "ett visst lekbestånd ger en maximal rekrytering medan ett större lekbestånd ger mindre rekryter desto större det är", visar att det torde vara täthetsberoende faktorer som styr. Ett exem-

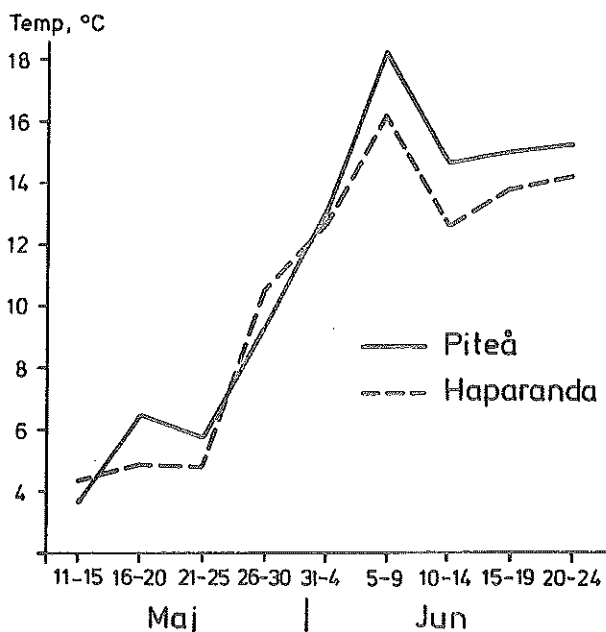


Figur 9:3. Teoretisk modell över sikløjans bestandsvariationer. För vidare förklaring se texten.

A theoretical model of the variation in the cisco population between years. (Lek = spawning, yngel = fry.)

pel på detta är den finska sjön Pyhäjärvi. Som nämnts tidigare, så förekommer där inga årsklassvariationer med åtföljande fångstvariationer, utan fångsten är konstant mycket hög, 45-76 kg per ha och år varav 10-62% består av siklöja (Sarvala et al. 1984). Det som är speciellt intressant här är att siklöjebeståndet beskattas som 0+ fisk under sin första vinter med isnot och att beskattningen är mycket kraftig. Enligt uppgifter tages 90-95% av siklöjebeståndet upp redan under sin första vinter (Auvinen muntl.medd.). Detta innebär att beståndet under sikløjans andra sommar, när den blir könsmogen, alltid är mycket glest.

De täthetsoberoende faktorerna saknar inte betydelse, därför att de genom sin påverkan på födelse- och dödlighetsfrekvenserna kan agera som broms eller gas på beståndsvariationerna. Dessa funktioner är dessutom av intresse därför att man tidigt försökte förklara sikløjans beståndsvariationer med dess hjälp. Järvi (1919, 1930, 1942a, b) har sökt ett samband mellan sikløjans beståndsvariationer och klimatet. Speciellt viktig ansåg han att väderleken var vid och strax efter rommens kläckning. Sikløjeynglet, som efter kläckningen går in på grunt vatten, kunde där bli skadat av stormar eller till och med uppspolas på stranden. Tillgången på föda kunde även störas av dåligt väder. Järvis klimatteori har senare avfärdats av bl a Nordqvist (1944) och Svärdson (1956). Nederbörd, temperaturen i luften och i Luleälven, medelvattenföringen i Lule älv och isgången i Luleå skärgård (ur SMHI:s Årsbok band 52-61 del 1 och 2.2) har studerats i avsikt att finna en förklaring till varför 1978 års årsklass bara blev en tredjedel (ca 240 miljoner 0+ fiskar) så stark som 1970 och 1971 års årsklasser (ca 600 miljoner 0+ fiskar). Något egentligt svar erhöles ej. Däremot bör noteras att juni 1970 var speciellt varm (Figur 9:4) och betydligt varmare än åren 1971-79 under perioden 5-9 juni (Figur 9:5). Perioden under och precis efter islossningen då siklöjan är nykläckt anses vara speciellt viktig för ynglets överlevnad. Åren 1971, 1973, 1978 och 1979 hade högre temperaturer vid islossningen än

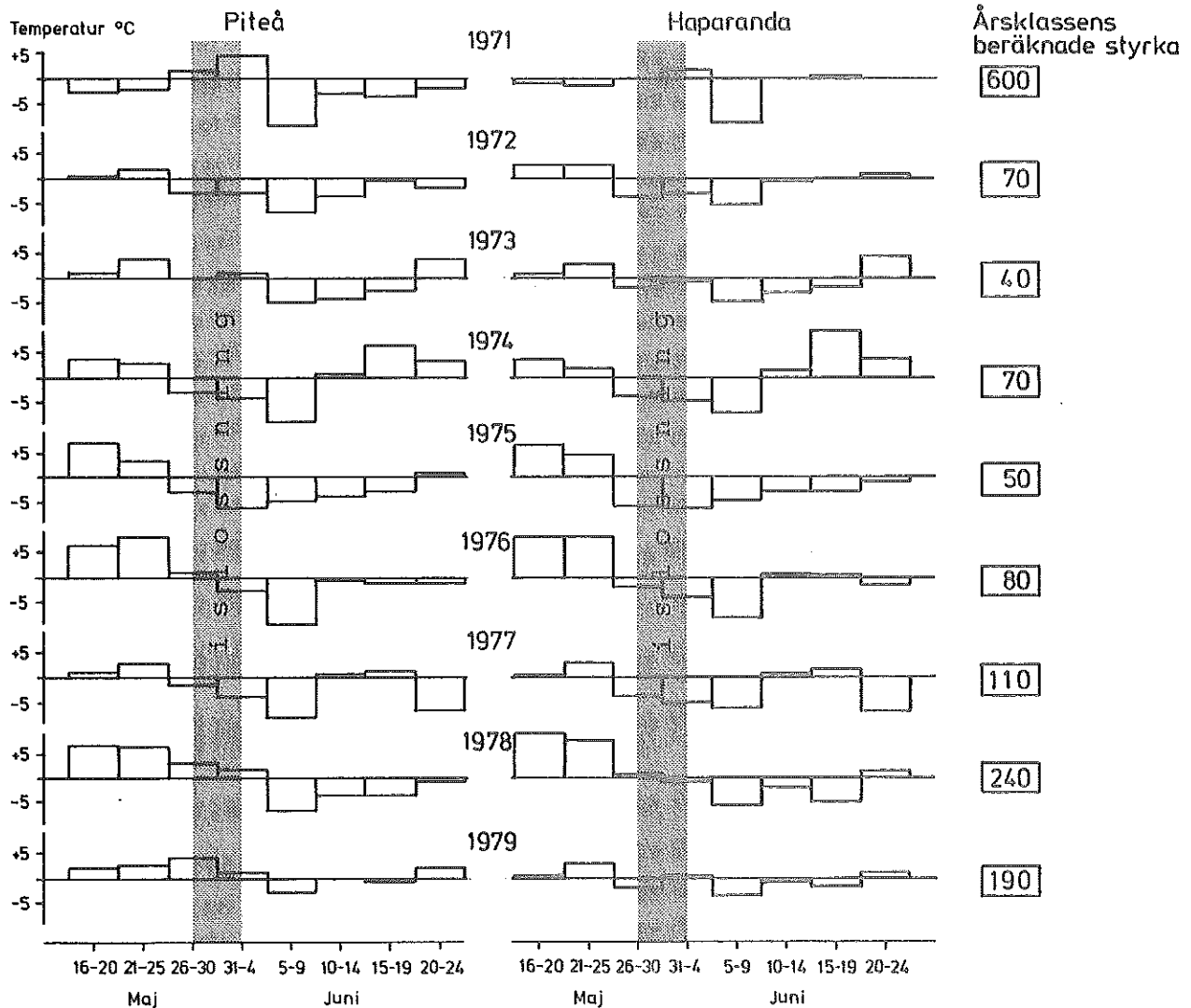


Figur 9:4.

Femdygnsmedelvärden av lufttemperaturen i Piteå och Haparanda 1970.

A five-day mean of the air temperature in Piteå and Haparanda 1970.

1970 i Piteå (Figur 9:5). (Värmerekord för maj månad noterades i Piteå med 26.9°C den 31 maj 1971.) Av dessa gav 1971 upphov till en mycket rik årsklass, 1978 och 1979 till goda årsklasser och 1973 till den sämsta i serien.



Figur 9:5. Avvikelser i lufttemperaturen från 1970-års femdygnsmedelvärden. Siffran inom rutan anger den uppskattade mängden 0+ siklöjor på hösten i miljoner stycken.

Deviations in air-temperature from the 1970 five-days means. The figure within the square gives the estimated amount of 0+ cisco in the autumn in millions.

 The time for the break-up of the ice.

Andra täthetsoberoende faktorer, som kan påverka beståndsvariationernas storlek, är strömmar och närsalter, men om dessa finns idag inte tillräckligt med detaljkunskap. Älvarnas och reningsverkens utbyggnad har medfört att mindre kvantiteter närsalter

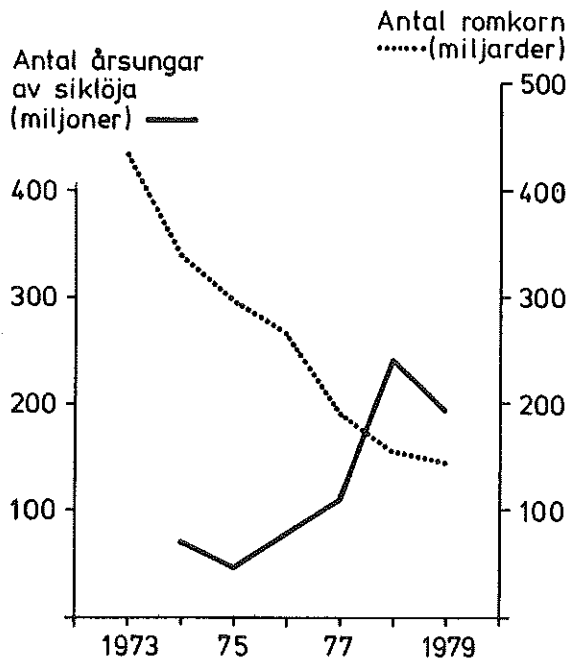
spolas ut i Bottenviken. Speciellt vårflödena kan ha spolat ut mycket närsalter, som efter omvandling via växtplankton till djurplankton, kommit de nykläckta siklöjeynglen tillgodo. Syrgashalterna i Bottenviksvattnet är höga och vattentemperaturerna lämpliga för kallvattensfisken siklöja. Den optimala temperaturen för vår siklöjas amerikanska släkting Coregonus artedii är 12°C (Rudstam och Magnuson 1985). Vattentemperatur och syrgasförhållanden har däremot en stor indirekt betydelse för bestandsvariationen i varma sydsvenska sjöar. I dessa minskar under sommaren den vattenmassa som har lämplig temperatur och syrgasförhållanden för siklöjan, varför beståndet "kläms ihop" med bl a ökad födokonkurrens som följd (Hamrin 1979). Samma inverkan, som vattentemperatur och syrgasförhållanden har på siklöjan i sydsvenska sjöar, kan man tänka sig att salthalten har på Bottenvikens siklöja. Siklöjan undviker salthalter överstigande 30/00 (Järvi 1950) men dess utbredning sträcker sig ända till denna toleransgräns. En liten ökning av salthalten tvingar därför siklöjorna, som befann sig vid toleransgränsen, exempelvis i Piteå skärgård, att söka sig norrut mot sötare vatten med ökad täthet i dessa områden som följd. Salthalten i Bottenviken är dock relativt stabil men små förändringar förekommer hela tiden.

Detta var några av de faktorer som kan tänkas öka eller minska storleken på en årsklass - dvs gasen eller bromsen. Men vad är det som styr om det skall bli en rik eller svag årsklass? Jag har tidigare antagit att det är beståndstätheten som styr genom att på något sätt påverka födelse och/eller dödlighetsfrekvenserna. Gränsen mellan dessa båda är svår att dra när det gäller fisk. Är födelse när rommen läggs eller kläcks? Jag har i fortsättningen definierat födelse till att enbart omfatta romläggningen medan allt därefter hänförs till dödlighet.

Hur påverkas då födelsefrekvensen av tätheten? Två alternativ kan ges. Det första är att en hög täthet medför att födotillgången minskar, vilket i sin tur kan medföra att mängden rom per hona minskar. Nikolskii (1969) anser att detta är den helt avgörande faktorn för många arters bestandsfluktuationer. Le Cren (1965) har funnit att abborren i Lake Windermere överhuvud taget inte leker efter stränga vintrar då näringsintaget varit lågt.

Zawisza och Backiel (1970) har visat att i polska siklöjebestånd med stora beståndsvariationer varierar också fruktbarheten, dvs rommängden. I Norrbottens skärgård däremot finns det inga uppgifter, vare sig från mina provfisken eller ur det material som fiskerikonsulent Karl-Bådo Johansson samlat in, att rommängden skulle variera mellan år utan den uppgår alltid till drygt 20% av honans vikt (jmf kapitel 7).

Det andra alternativet är att många lekmogna fiskar lägger mycket rom. Det låter självklart och som framgår av Figur 9:6 så är det på det sättet i Norrbottens skärgård. Mängden lagd rom,



Figur 9:6.

De beräknade mängderna lagda romkorn (i miljarder) i relation till det beräknade antalet årsungar på hösten (i miljoner).

The estimated number ($\times 10^9$) of deposited roe in relation to the estimated number of 0+ cisco in the autumn ($\times 10^6$).

beräknad med hänsyn till könskvot och siklöjebeståndets storlekssammansättning för varje enskilt år, har minskat sedan 1973 fram t o m 1979 i takt med att beståndet av lekmogna fiskar har minskat. Men antalet årsungar har ökat sedan 1975 fram t o m 1978. Med den definition som gjorts tidigare så betyder detta att någon täthetsberoende dödlighet har verkat under perioden från det att rommen lagts till dess att fiskarna kommit till sin första höst. Om inte denna dödlighet fanns så skulle det bli rika årsklasser i samband med att en rik årsklass blir köns mogen. Några exempel på detta finns speciellt bland fiskar som dör efter leken, indianlax (Goodlad et al. 1974) är ett. Vad beträff-

far siklöjan så har endast Nissinen (1972) funnit ett positivt samband i de två finska sjöarna Puruvesi och Oulujärvi, mellan rommängd funnen på lekbottnar och rika årsklasser. Men det finns överhuvud taget mycket få bevis i litteraturen på att det skulle finnas ett positivt samband mellan antalet fångstbara fiskar och producerad rommängd (Cohen et al. 1984). Slutsatsen blir att tillskottet i form av rom är positivt täthetsberoende, men rommängden har inget positivt samband med uppkomsten av rika årsklasser.

Då återstår att analysera hur beståndsvariationer kan styras av täthetsberoende dödlighet. Variationerna i antal mellan rika och svaga årsklasser av siklöja kan som visats tidigare vara upp till 15 gånger. Det är därför rimligt att söka orsaker i det livsintervall där siklöjans dödlighet är som störst. Tyvärr har jag bara material för att indela siklöjans liv i två perioder, nämligen från rom till 0+ fiskar och fiskar större än 0+. Dödligheten under den första perioden från rom till 0+ siklöjor kan variera mellan 99.84% och 99.98 (Figur 9:6) eller att i bästa fall en fisk överlever tills den blir 0+ av 625 romkorn och i sämsta fall en av 5 700 romkorn. Detta skall jämföras med den årliga dödligheten när siklöjorna kommit upp i fångstbar storlek, som är uppskattad till 52% (en fisk av två) under nuvarande intensiva fiske. Dödligheten under första året är således helt dominerande. Cohen et al. (1984) skriver att det förefaller som om rekryteringen grundläggs någon gång under första året beträffande årsklasstyrkan hos åtskilliga av fiskbestånden på Georges Bank. När det gäller abborre så finns det mer preciserade uppgifter om när dödligheten är som störst. Den verkligt kritiska perioden är från kläckningen och ca två veckor framöver. Under denna tid dör 99.5% av alla nykläckta yngel. Dödligheten sjönk därefter kraftigt och likaså var dödligheten bland rommen jämförelsevis låg - ca 60% (Nyberg 1979). Förmodligen finns även hos siklöjan en likadan mycket kritisk period strax efter kläckningen där små förändringar i dödligheten kan få konsekvenser för hur stor årsklassen blir. Men härom vet vi idag inget.

I samband med att Nordqvist (1944) kritiserade Järvis teorier om klimatets inverkan så lade han fram en egen hypotes. Denna gick

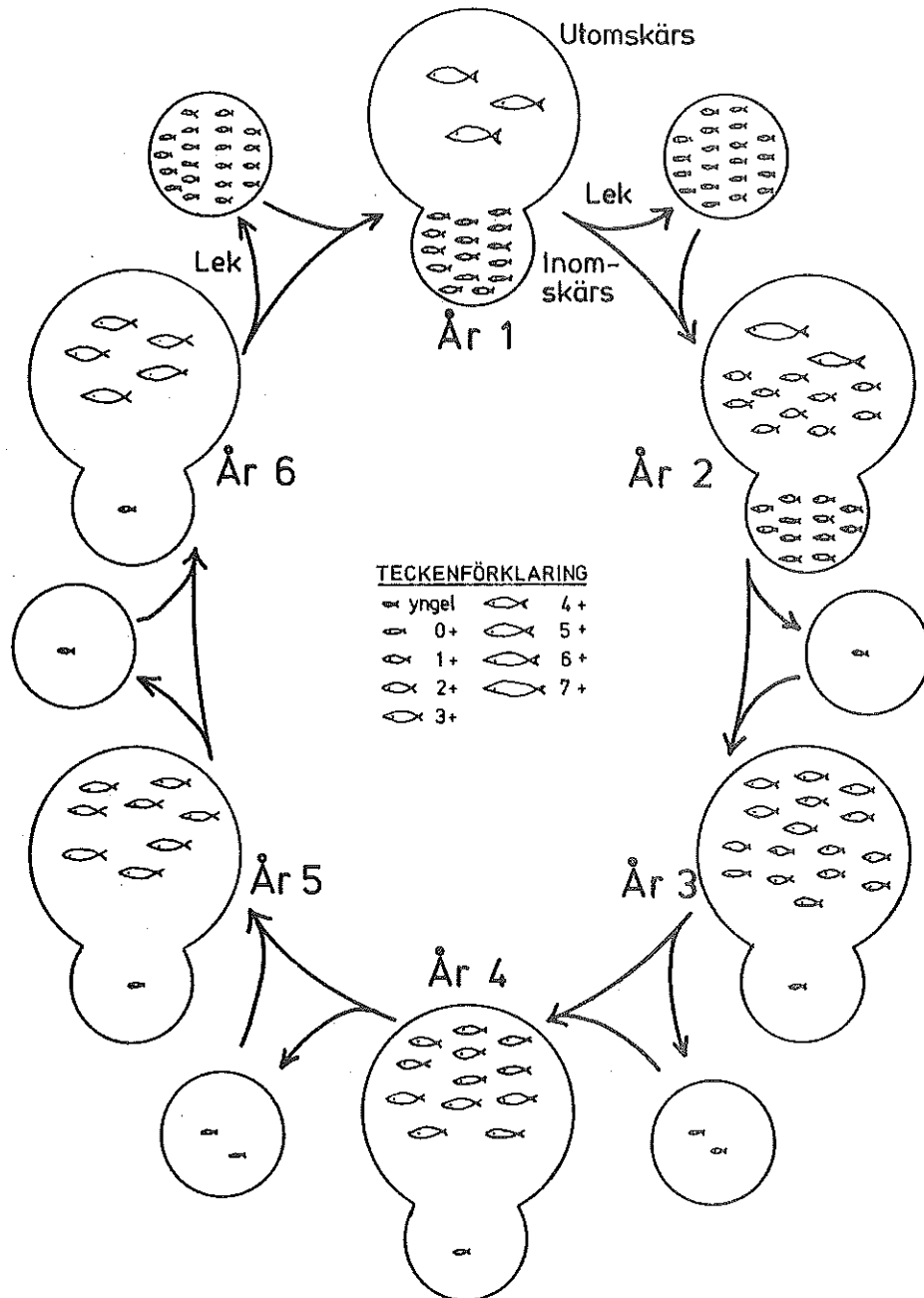
ut på att siklöjan själv reglerar sitt bestånd genom att de vuxna siklöjorna äter upp sitt eget yngel. Hypotesen är bra därför att den förklarar hur en täthetsberoende, regelbunden variation kan uppkomma, men svagheten är att ingen kunnat visa att siklöjan verkligen äter sitt eget yngel. Jag har samlat in siklöja alldeles efter isgången (sista dagarna i maj) i Luleå skärgård (med hjälp av dynamit) och analyserat maginnehållet. Inga av dessa magar innehöll fiskyngel trots att det är under denna tid som ynglet har kläckts och förmodas driva omkring i stora stim och borde vara som mest lättfångat. Det finns heller inte rapporterat någonstans i litteraturen att siklöjan skulle vara karnibal på sitt eget yngel. Däremot tycker siklöjan liksom gärs, sik och människan om siklöjerommen. Även bentiska (bottenbundna) copepoder (djurplankton) har rapporterats äta siklöjerom (Zawisza & Backiel 1970), men för att denna rombeskattning skall kunna orsaka regelbundna beståndsvariationer hos siklöjan så måste antalet beskattare eller intensiteten i beskattningen också variera i samma takt som siklöjebeståndet. Några tecken på att sik, gärs eller de bentiska copepoderna skulle variera i antal på detta sätt finns inte. Däremot så gör givetvis siklöjan själv det, men mängden siklöjerom funnen i siklöjemagar är liten (Tabell 5:1) och födoomsättningen så sent på höst och under vintern är låg (kapitel 4). Rombeskattning har av dessa orsaker troligen mycket liten betydelse i detta sammanhang.

Massdöd av vuxna siklöjor, som eventuellt kan hänföras till sjukdomar har rapporterats (Almer 1976), men någon regelbundenhet finns inte dokumenterad. Sjukdomar bör dessutom drabba ett bestånd hårdare ju tätare det är och därigenom snarare ha en utjämnande effekt än skapa variationer. Siklöjan i Bottenviken ser för övrigt "friskare" ut än i många insjöar och parasite-ringsgraden av bandmaskar är måttlig (Petersson 1971).

Vilken roll kan födotillgången tänkas ha? Antingen är det ett överskott på mat så att denna faktor saknar betydelse eller så råder födobrist under vissa perioder med svält som följd. En födobrist kan tänkas uppkomma genom att andra fiskarter äter upp maten för siklöjan eller att de vuxna siklöjorna äter upp maten för sitt eget yngel (Almer 1979) - eller tvärt om. Av de i Bot-

tenviken förekommande djurplanktonätarna strömming, nors och siklöja är den senare den mest effektiva (kapitel 5) och siklöjan påverkas troligen därför inte speciellt mycket av andra arter. Att den vuxna siklöjan skulle äta rent för sina egna yngel är ej heller sannolikt därför att uppehållsplatserna till stor del är skilda åt under första året och dessutom är yngel bättre planktonätare än vuxna fiskar. Ynglens förmåga att konkurrera ut sina föräldrar ligger till grund för den hypotes som Hamrin (1979) framlade. Denna går ut på att en rik årsklass av unga fiskar äter upp så mycket av maten för de vuxna siklöjorna att dessa halvsvälter. De vuxna fiskarnas dåliga kondition får till följd att romkvaliten blir dålig med låg kläckbarhet och få yngel som resultat. Den rika årsklassen förhindrar således att en ny årsklass uppkommer intill dess att den själv blir könsmogen. Denna hypotes är framlagd för sjön Bolmen där yngel och vuxna blandas redan under siklöjans första sommar. I Norrbottens skärgård är däremot yngel och vuxna fiskar skilda åt under första sommaren. Ynglen finns utmed stränderna i skärgården under juni och juli (kapitel 3) medan de vuxna till största delen lämnat skärgården. Någon egentlig kontakt mellan föräldrar och avkomma sker inte förrän på hösten då de vuxna fiskarna återkommer för lek. Men om nu de dubbla rika årsklasserna som erhöles 1970 och 1971 och som antyds 1978 och 1979 (Figur 9:2) inte är tillfälligheter beroende på exempelvis det ökade fisketrycket eller på gynnsamma klimatologiska förhållanden, utan något typiskt för siklöjebeståndet i Norrbottens skärgård så kan Hamrins hypotes kanske gälla även här. Hypotesen skulle då lyda: En rik årsklass uppkommer år 1 (Figur 9:7). Denna påverkar ej de äldre lekmogna fiskarna som år 1 har gott om mat och lägger rom av hög kläckbarhet, så att det även år 2 blir en rik årsklass. Däremot så har den första rika årsklassen under år 2 blandat sig med de vuxna lekmogna fiskarna och konkurrerat kraftigt med dessa om maten med halvsvält och dålig kläckbarhet hos rommen och dålig rekrytering av yngel som följd. År 3 blir ännu värre då ytterligare en rik årsklass tillkommit. Rekryteringen är därefter låg under ett antal år intill dess att beståndstätheten sjunkit så lågt att maten åter räcker till att frambringa rom med god kläckbarhet. Lindroth och Svärdson (1946) har, i samband

med sterilitet hos snabbvuxen siklöja, diskuterat födans eventuella påverkan på romkvalitén och spekulerat över om inte detta kan ha betydelse i frågan om sikløjans periodicitet.



Figur 9:7. Modell av beståndsvariationerna i den svenska delen av Bottenviken. Vattenmassan är indelad i en inomskärs- och en utomskärsdel. Modellen avspeglar sommarsituationen. (Se även texten.)

A model of the variation in the cisco population in the Bothnian Bay. The water is divided into two areas, the archipelago and outside (inomskärs and utomskärs). The model deals with the situation in summer.

Det finns ytterligare en möjlighet att förklara beståndsvariationerna, som har med leken och rommens kläckbarhet att göra. Det faktum att hannarna har en högre dödlighet från och med könsmognaden (Tabell 7:3) antyder att leken för deras del inte är stressfri. Svärdson (1956) har visat att en sådan högre dödlighet förekom i Mälaren på 1940- och 50-talet då inget lekfiske bedrevs. Även i amerikanska sjöar där lekfiske inte förekommer har samma sak iakttagits (Hile 1936). Överdödligheten orsakas således inte av fiske och inte heller av stress förorsakad av fiske. Orsaken kan därför antingen vara en inre hormonell stress, som har med bildandet av könsprodukterna att göra eller en yttre förorsakad av trängsel eller slagsmål på lekplatserna. Om det är en yttre stress så kan den kanske förorsaka dålig befruktning av rommen när bestånden är täta. Svärdson (1956) har dock visat att överdödligheten hos hannarna är lägre i rika årsklasser än bland svaga, vilket skulle tyda mer på en hormonell stress än ett yttre täthetsberoende. Svärdson pekar också på möjligheten att leken bland de rika årsklasserna hos ett ovanligt stort antal fiskar, kan bli uppskjuten ett år, som en följd av sämre tillväxt, varför möjligheten att det verkligen är en yttre stress ändå kvarstår. Hypotesen att täta bestånd av siklöja kan förorsaka en sådan oro på lekplatserna, att hannarna inte får möjlighet att befrukta rommen ordentligt, med lågt antal yngel som följd, finns därför kvar, men får anses som osannolik.

Sammanfattning

Siklöjan är sedan gammalt känd för att variera i antal från år till år. Periodiciteten mellan rik och dålig förekomst brukar vara regelbunden i samma vatten, men variera mellan vatten. Variationerna har dock i samtliga vatten tre gemensamma drag:

- 1) Att beståndsvariationerna skapas av att det vissa år blir betydligt fler siklöjor, s k rika årsklasser, än under andra år.
- 2) Att skillnaden mellan rika och svaga årsklasser är stor, 10-15 gånger i antal.
- 3) Att rika årsklasser uppkommit när mängden siklöja varit liten.

Detta leder till slutsatsen att beståndsvariationerna är orsakade av siklöjebeståndets egen täthet enligt den modell som finns i Figur 9:3. Täthetsoberoende faktorer som t ex klimat, strömmar, salthalt, m m kan påverka storleken på beståndsvariationerna, men ej själva variationen. Vilken eller vilka av de täthetsberoende faktorerna, fruktbarhet, sjukdomar, födotillgång och beskattning som är den eller de egentliga orsaken/orsakerna vet vi idag inte.

Två hypoteser har här framlagts som förklaring till beståndsvariationerna. Den ena, som jag anser är mindre trolig, går ut på att hannarna under leken utsätter varandra för en stress, som medför dålig befruktning. Denna stress skulle vara störst då bestånden är täta. Den andra, som är en variant på den hypotes som Hamrin lade fram 1979, går ut på att de unga siklöjorna äter upp en stor del av födan för de äldre fiskarna som pga halvsvält producerar och lägger rom med låg kläckbarhet. Hamrins (1979) hypotes, som gäller sjön Bolmen, där en rik årsklass uppkommer vartannat år, förutsätter att de under året kläckta fiskarna blandas med sina föräldrar redan under första sommaren. I Norrbottens skärgård däremot möts inte föräldrar och ungar förrän på hösten, varför någon födokonkurrens inte kan ske förrän sommaren därpå. Detta skulle leda till att två starka årsklasser efter varandra hinner uppstå innan födokonkurrensen sätter in och förorsakar dålig romkläckbarhet. Av Figur 9:2 framgår det att det i Norrbottens skärgård erhålls två rika årsklasser efter varandra 1970 och 1971 samt 1978 och 1979. En modell över förloppet finns i Figur 9:7.

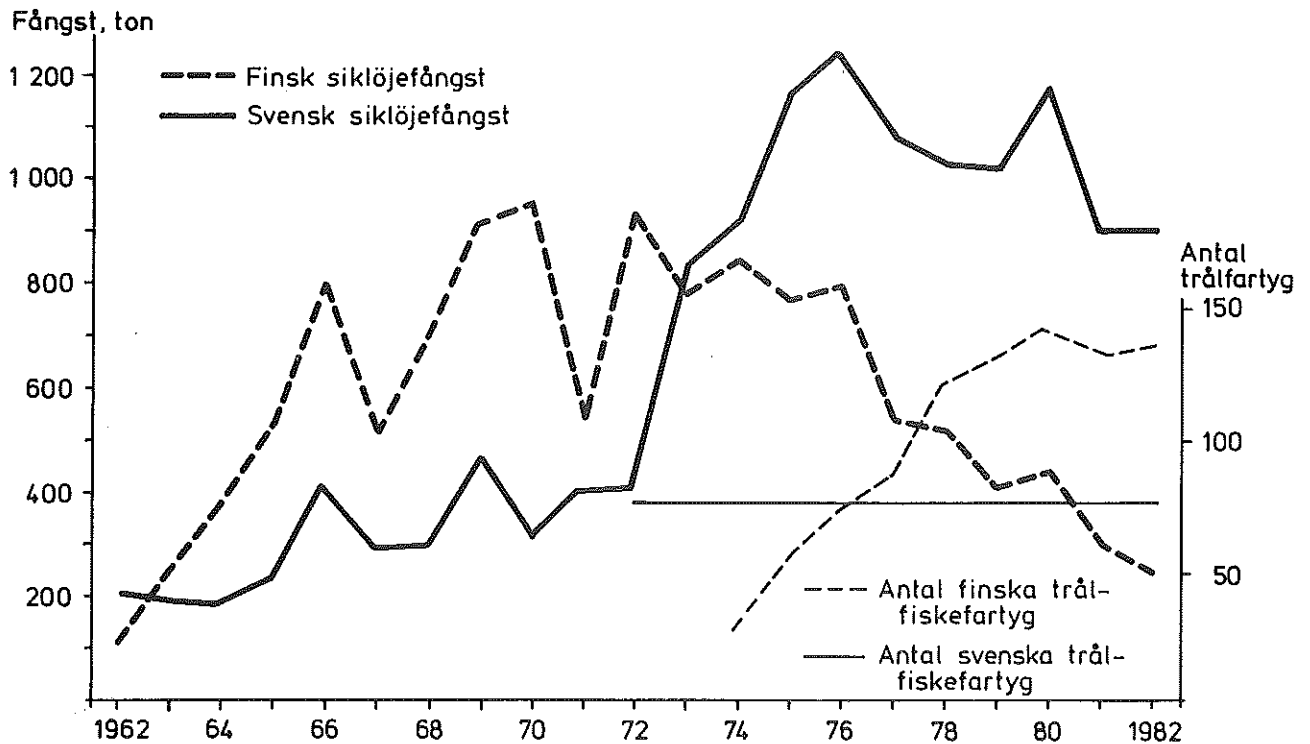
KAPITEL 10. SIKLÖJEFISKETS FRAMTID

Framtiden brukar vara lättare att förutspå om man vet vad som har skett tidigare. Låt oss därför närmare granska fångstutvecklingen. Officiell fångststatistik finns från 1914. Hur korrekt en sådan statistik är kan diskuteras. Felaktigheter kan uppstå på grund av att insamlingsmetodiken har ändrats under årens lopp och att fiskare inte alltid är speciellt förtjusta i att lämna fångstuppgifter. Detta gör att man inte får fästa sig alltför mycket vid de absoluta talen, utan i stället beakta ökning och minskningar, eller med ett av svenskans nya låneord "trenderna". Den årliga siklöjefångsten sedan 1914 t o m 1982 finns i Figur 9:1. Det framgår av figuren att fångsterna ökade under 1920-talet, 1950-talet och från mitten av 1960-talet. Dessa ökning berodde inte på ökad tillgång på siklöja, så vitt vi vet, utan på att nya och effektivare redskap började användas. På 1920-talet kom ryssjan i bruk vid Norrbottenskusten, i början av 1950-talet introducerades nylonnäten och i mitten på 1960-talet kom trålningen igång. Vad som också framgår av statistiken och som är oroande är att fångsten efter ett antal års ökning, efter introduktionen av ett nytt redskap, åter sjunkit. Detta är tydligast på 1930- och 40-talet efter ryssjeintroduktionen (Figur 9:1), men en tendens till samma sak finns i slutet på 1950-talet efter att nylonnäten tagits i allmänt bruk. Hur långt denna nedgång skulle ha gått får vi aldrig veta därför att verkningarna av det begynnande trålfisket åter drar upp fångststatistiken. Är denna nya fångstökning bara en ny topp förorsakad av introduktionen av det nya redskapet trål? Kommer fångsterna i framtiden att sjunka, tills ett nytt redskap återigen introduceras, och i så fall till vilken nivå?

Om man närmare studerar fångsten av siklöja på finsk och svensk sida under 1960- och 70-talet (Figur 10:1) så framgår det att den svenska fångsten ökat ganska långsamt fram till 1972 för att därefter öka kraftigt fram till 1976. Efter 1976 fram till och med 1982 har fångsten legat ganska stilla på en hög nivå. Den finska fångsten däremot ökade kraftigt under 1960-talet, men har sedan 1972 t o m 1982 minskat kraftigt. Är den finska utvecklingen en förvarning om vad som skall hända även på svensk sida?

En teori som förklarar den finska nedgången av siklöjefångsten i Bottenviken har framlagts av Lehtonen och Enderlein (1984) och delvis stötts av andra resultat Hildén et al. (1984). Utgångspunkterna för teorin är olikheter i det finska och svenska fisket, strömförhållandena och därmed sammanhängande närsalttransporter, siklöjans vandringar, siklöjebeståndets storlek och fördelning i Bottenviken och den ökade beskattningen.

Fisket efter siklöja i Bottenviken bedrivs idag med nät, ryssjor, isnot, pelagisk trål (endast i Finland) och bottentrål. Trålfisket, det fiske som nu svarar för de största fångsterna, började i Sverige som ett försöksfiske i början av 1960-talet medan det i Finland kom igång först 1969 (Lehtonen och Enderlein



Figur 10:1. Den totala redovisade yrkesmässiga årliga fångsten av siklöja under 1962-82 från det finska och svenska fisket i Bottenviken. Antalet trålfiskefartyg finns också redovisat.

The total recorded yearly catch of cisco of the commercial Finnish and Swedish fisheries from 1962-82. The number of trawl-vessels is also given.

- The Finnish catch of cisco
- The Swedish catch of cisco
- ... The number of Finnish trawl-vessels
- The number of Swedish trawl-vessels

1984). Det finska fisket har varit helt fritt på allmänt vatten fram till 1983 då ett trålförbud i vissa områden längs den finska kusten infördes. I Sverige däremot råder både tids- och områdesbegränsningar för trålfisket, men den stora skillnaden mellan länderna har inte med redskap och regleringar att göra utan med fiskets inriktning. I Finland fiskas siklöja som matfisk, medan den i Sverige till största delen fiskas för rommens skull. Detta har till följd att siklöjan i Finland fiskas i det närmaste året runt med det största uttaget under augusti månad, medan man i Sverige tar upp nästan hela den årliga fångsten av siklöja under slutet av september och under oktober månad. Följden av detta blir att man i Finland till största delen fiskar på blandade lekbestånd, medan man i Sverige nästan uteslutande fiskar på rena lekbestånd som återkommit till sina lekområden för lek. Med lekbestånd menar jag en grupp av siklöjor som år från år leker i samma område eller fjärd (se även kapitel 3).

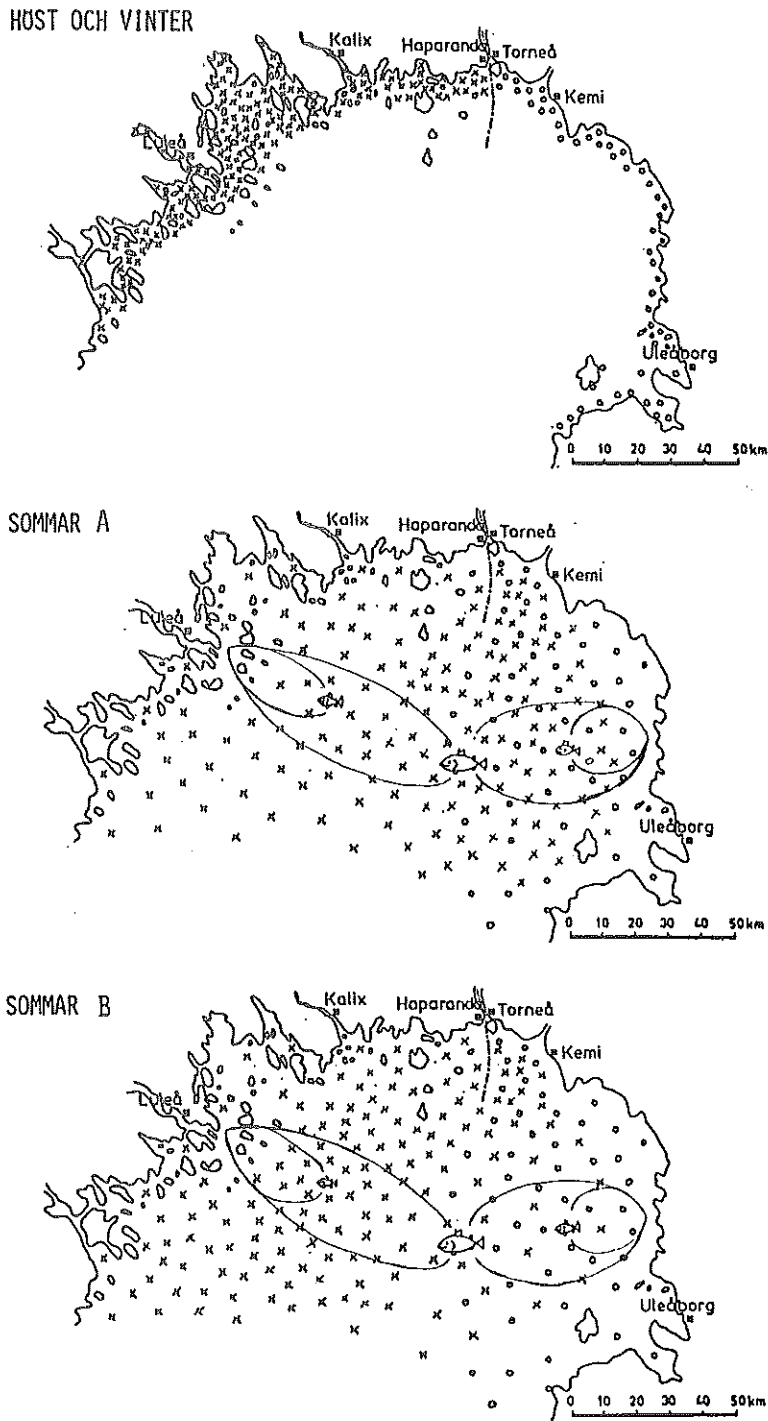
Det näringsrikaste området i Bottenviken är utmed den finska kusten eftersom det är där som den närsaltrika norrgående strömmen drar fram innan den blandas ut med det på närsalter betydligt fattigare sötvattnet från de älvar som mynnar i Bottenviken, innan strömmen vänder och drar vidare söderut längs den svenska kusten (Ehlin och Ambjörn 1974) (se även kapitel 2).

Enligt provfiskeresultat (redovisade i kapitel 3) är siklöjetätheten 10-100 gånger större i den svenska skärgården under hösten än under sommaren. Siklöjan försvinner således till stor del ut ur skärgårdarna under sommaren. Vart den tar vägen vet man inte speciellt mycket om, men det finns egentligen bara ett alternativ, nämligen ut i själva Bottenviken. De vandringar som företas under sommaren är framtvingade av ett ständigt sökande efter föda. Det bör därför vara naturligt att den svenska siklöjan i mån av förmåga vandrar över till den näringsrikare finska sidan. Med "i mån av förmåga" menas att simförmågan ökar med ökad storlek eller med andra ord för att hålla en konstant fart så måste en liten fisk slå fler slag med stjärten än en större fisk (Marshall 1966). Små siklöjor kan därför kanske inte ta sig över till den finska sidan, det blir helt enkelt för energikrävande för dem. De äldre större fiskarna kan däremot företa denna vandring, enligt märkningsförsök (Figur 3:2).

Den mängd siklöjor som leker på svensk sida av Bottenviken är enligt beräkningarna i kapitel 8 (Tabell 8:5) ungefär 2-3 gånger större än den som leker på finsk sida. Detta bör betyda att invasionen av födosökande siklöjor in på finskt område under sommaren bör vara betydande de år då det finns rikligt med stora siklöjor på den svenska sidan. Det finska fisket skulle enligt denna teori vara beroende av att stora siklöjor födovandrar över till finskt område. När sedan det svenska uttaget av siklöja ökade kraftigt efter 1972 (Figur 10:1) bör antalet stora siklöjor ha minskat med minskande fångster på finsk sida som följd. Den stämmer väl överens med den yrkesmässiga årliga fångsten, som den är redovisad i Figur 10:1. En schematisk bild över siklöjans fördelning i Bottenviken dels under höst och vinter och dels under sommaren både före och efter trålfiskets tänkta påverkan på bestånden visas i Figur 10:2. En indikation på att denna teori är riktig ger det faktum att den finska siklöjefångsten inte minskat lika mycket överallt. Utanför Uleåborg har minskningen varit kraftig medan det knappast varit någon minskning i fångsterna utanför Torneå. Detta kan tolkas så att avståndet från den svenska sidan till Torneå är relativt kort och bör kunna tillryggaläggas även av de mindre siklöjorna. Däremot är avståndet till Uleåborg betydligt större och kräver större fiskar. En storleksminskning i det svenska siklöjebeståndet bör därför göra sig gällande i betydligt högre grad utanför Uleåborg än utanför Torneå.

Om den framlagda teorin är riktig så skulle den innebära att det inte är någon risk för en kraftig fångstnedgång liknande den finska på svensk sida. Ytterligare ett skäl till varför jag inte tror på en kraftig permanent nedgång av fångsten på svensk sida av Bottenviken är att trål är ett aktivt redskap. De tidigare introducerade redskapen, ryssja och nylonnät, har varit passiva redskap dvs redskap som fisken själv måste simma in i.

Westerberg (1982) har genom att sätta ultraljudssändare på ål, fångade i ryssjor, visat att dessa, när de återutsatts, undvikit ryssjor och ej låtit sig återfångas. Detta kan tolkas så att ålen lärt sig undvika ryssjor efter sin första otrevliga bekantskap med detta redskap. Att fiskar har ett förvånansvärt gott



Figur 10:2. Modell över den tänkta spridningen av siklöja äldre än ett år, dels under höst och vinter, dels under sommaren före trålfiskets tid (A) och idag (B).

x = siklöja som leker på svensk sida
o = siklöja som leker på finsk sida

A model of the assumed horizontal distribution of cisco older than one year in the autumn and winter and in the summer before the start of the trawl-fishery (A) and today (B).

x = Cisco spawning on the Swedish side
o = Cisco spawning on the Finnish side

minne och god förmåga att lära sig saker och ting visade Mobins redan 1873 och Triplett 1901 (Glettman och Bozin 1971). I Triplettets klassiska försök placerades en abborre i ett akvarium med en elritsa, åtskilda av en glasskiva. Efter att ett antal gånger ha kraschat i glasskivan under sina försök att fånga elritsan hade abborren lärt sig att det inte gick. Även sedan glasskivan avlägsnats och de båda fiskarna fritt kunde simma runt i akvariet lät abborren elritsan vara ifred.

De nedgångar som noterats tidigare efter de första fångstökningarna efter introduktionen av passiva redskap kan därför kanske förklaras med att siklöjan lärt sig undvika redskapen. Detta förutsätter visserligen att siklöjan antingen själv gjort en egen tråkig erfarenhet, som den överlevt, eller kan lära sig av andras misstag och om detta vet vi idag inget. Däremot bör det vara svårare för en fisk att lära sig undvika ett aktivt redskap, som trål, då det "jagar" fisken.

Även om det nu inte blir någon kraftig permanent nedgång av fångsterna på svensk sida så kommer det ändå att vara variationer mellan år orsakade av rika och svaga årsklasser (se kapitel 9). Genomsnittslängden på siklöjorna kommer säkerligen också att minska pga att beståndet kommer att procentuellt bestå av färre gamla fiskar jämfört med förhållandet före introduktionen av trålfisket. Det är också troligt att man oftare än nu kommer att ha år med riklig förekomst av små icke lekmogna fiskar beroende på att ett högre fångstuttag skapar utrymme för kortare intervaller mellan rika årsklasser.

Åtgärder

Det finns enligt mitt förmenande endast två möjligheter till att motverka eller mildra de ovan angivna negativa effekterna av det ökade fångstuttaget. Dessa skulle vara att 1) tillåta större utsläpp av fosfor från reningsverken på den svenska sidan av Bottenviken och 2) trädaläggning av fiskeområden.

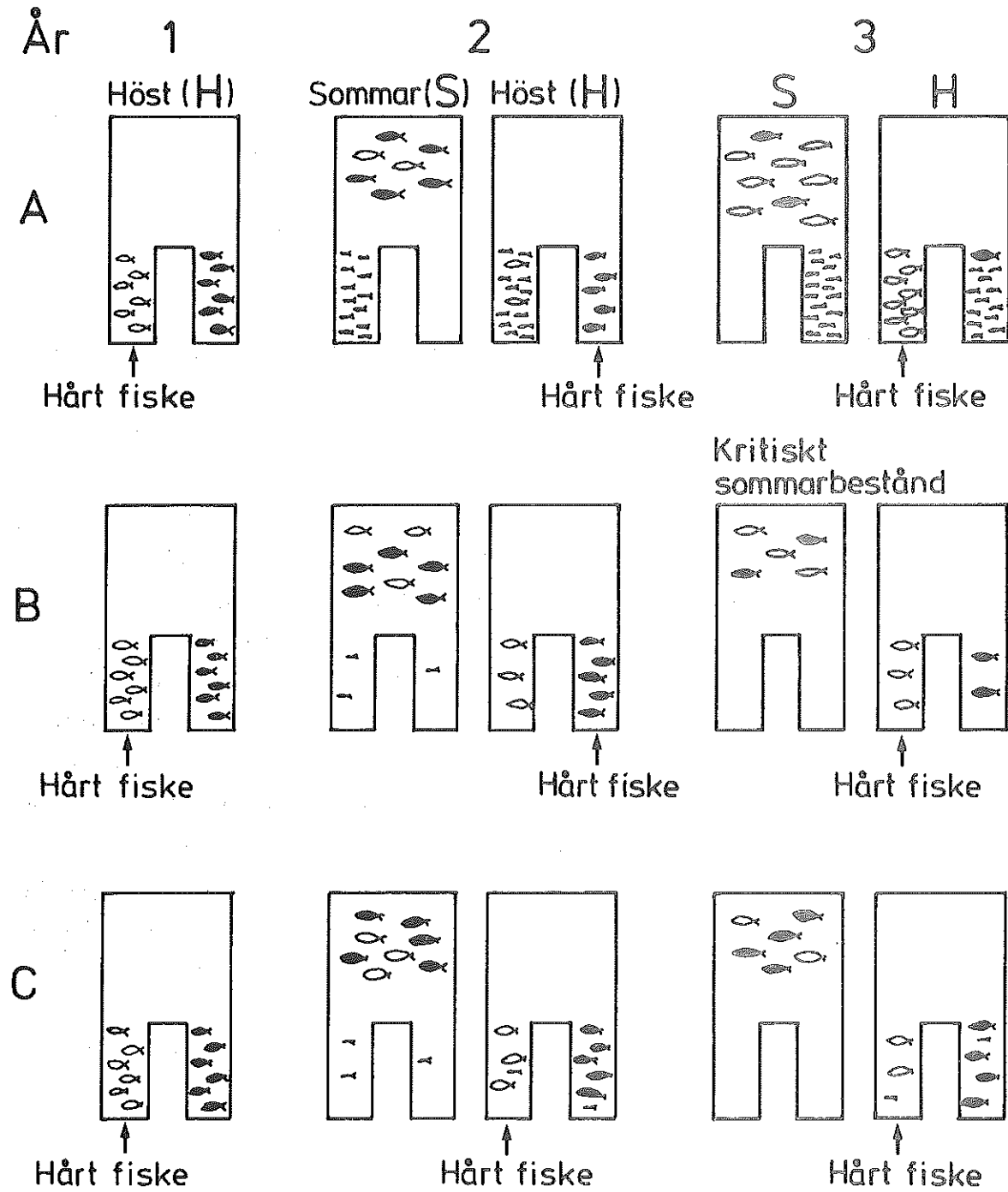
- 1) I den svenska delen av Bottenviken råder det brist på fosfor. Denna brist hämmar produktionen av växtplankton som utgör

födan för djurplankton som siklöjan i sin tur äter. En minskning i kraven på tredje stegets rening i reningsverken skulle leda till större fosforutsläpp. Det är dock knappast troligt att de miljövärdande instanserna skulle tillåta något sådant.

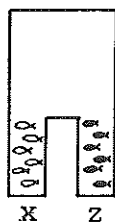
- 2) Trädaläggning skulle innebära att man under ett år fiskade hårt i en fjärd (x) eller i ett område på en viss lekpopulation för att året därpå fiska hårt i ett annat område på en annan lekpopulation (z). Tanken bakom detta skulle vara att man genom det hårda fisket framtvingar en rik årsklass i fiskeområde x där man året därpå har en stor mängd, en sommar gamla siklöjor, som då får vara ifred medan man fiskar hårt i ett annat område z. I område z erhålls sedan en rik årsklass som får vara ifred under år 3. Hur det ser ut framgår av Figur 10:3 (A). Av kapitel 9 framgår dock att det är föga sannolikt att man genom ett sådant fiskesätt kan framtvinga något sådant. Den främsta orsaken till att det inte går är att det förmodligen är tätheten av fisk under sommaren som avgör om det blir en rik årsklass eller ej och att denna rika årsklass uppstår i samtliga områden samtidigt. Det troliga är att situationen blir som den som beskrivs i Figur 10:3 (B). Man kan således ej undvika att vissa år fiska på ensomrig ej köns mogen siklöja. Däremot kan man kanske genom trädaläggning få en snabbare omsättning på fiskbeståndet som framgår om man jämför Figur 10:3 (B) och 10:3 (C). En snabbare omsättning kan ha den fördelen att man undviker absoluta bottenår som år 4 i Figur 10:3 (C).

Sammanfattning

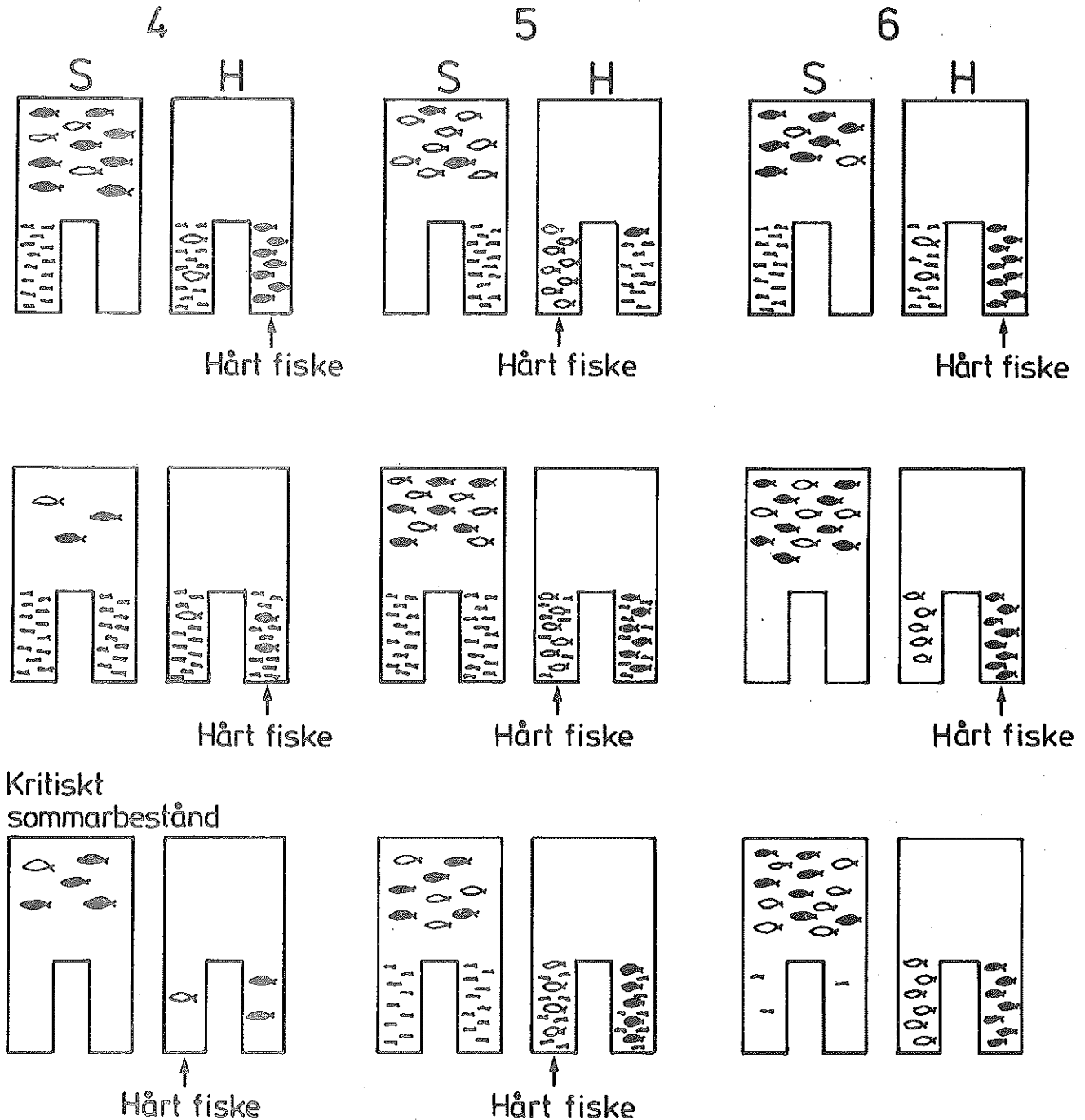
Vid tidigare introduktioner av nya fiskeredskap, ryssjan på 1920-talet och nylonnäten på 1950-talet, så har detta först lett till en fångstökning. Denna ökning har efter ett antal år förbytts i en minskning och återgång till tidigare fångstmängder. Introduktionen av trålen har även den förorsakat en kraftig fångstökning. Frågan är nu om vi åter skall få en tillbakagång i fångsterna. På den finska sidan av Bottenviken har det redan skett en sådan tillbakagång (Figur 10:1). Enligt en hypotes



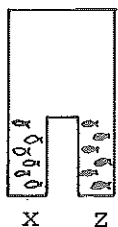
Figur 10:3. Modell över hur siklöjebestånden kan tänkas reagera beroende på vad som utlöser en rik årsklass och sättet att befiska lekbestånden.



○ Siklöja som leker i fjärd x
 ● Siklöja som leker i fjärd z



Hypothetical situations according to what induces a rich year-class and different ways of fishing. In A the fishing effort (hårt fiske=severe exploitation) changes between years from one bay to another. The severe exploitation induces a rich year-class in that particular bay. In B and C the induction of a new year-class is caused by the density of adult fish during the summer. The year after a certain density (kritiskt sommarbestånd=critical summer density) a new rich year-class is born in all bays. The difference between B and C mirrors the fishing pressure applied.



♂ Cisco spawning in bay x
 ♀ Cisco spawning in bay z
 (H) = autumn
 (S) = summer
 År = year

framlagd av Lehtonen och Enderlein (1984) beror dock den finska fångstnedgången på de ökade svenska fångsterna. Detta har nämligen haft till följd att den äldre större siklöjan, som vandrar över och fiskas på finsk sida av Bottenviken under sommaren, minskat i antal genom det ökade svenska trålfisket, med minskade finska fångster som följd. Siklöjans tänkta horisontella utbredning under höst och vinter i förhållande till sommarsituationen före och efter trålfiskets tid återfinns i Figur 10:2. Det bör därför inte vara någon risk för en fångstnedgång på svensk sida liknande den som förekommit på finsk sida (Figur 10:1). Ytterligare ett skäl till varför det inte bör bli en tillbakagång av fångsterna liknande det som skett efter tidigare introduktioner av nya redskap, är att trålen i motsats till ryssjor och nylonnät är ett aktivt redskap. Fisk har nämligen visat sig ha förmåga att lära sig undvika fiskeredskap, speciellt passiva sådana.

Någon varaktig nedgång och återgång till äldre tiders fångstmängder behöver därför inte befaras. Däremot kommer det nya trålfisket att medföra snabbare föryngring med färre äldre siklöjor i fångsten och tätare mellan rika årsklasser med stora mängder ej könsmogen fisk. Dessa negativa förändringar är svåra att motverka om man vill behålla ett stort årligt uttag av siklöja. Två förslag är dock framlagda:

- 1) Ökade utsläpp av fosfor genom lägre krav på tredje stegets rening i reningsverken för att öka näringsproduktionen.
- 2) Ett växelbruk mellan olika fiskeområden där områden under ett eller två år får ligga i träda. Resultatet av detta skulle bli en snabbare omsättning av fiskbeståndet, som framgår av den teoretiska bilden i Figur 10:3.

ERKÄNNANDE

Initiativet till denna undersökning, som finansierats av Luleå kommun genom villkorsmedel för "Stålverk 80", togs av fiskerikonsulent Karl-Bådo Johansson, byråchef Ake Petersson och professor Gunnar Svärdson. Dessa personer tillsammans med fiskeriintendenterna Sten Andreasson och Östen Karlström, docent Fredrik Wulff samt laborator Torolf Lindström har även följt och givit råd under undersökningens gång.

Med fältarbetet har jag fått hjälp av Thomas Hasselborg och fiskerikonsulent Mats Larsson, som offrat många nätters sömn för denna undersöknings skull.

Luleå kommun har välvilligt ställt båt till förfogande vid behov. Fiskarna i Norrbotten har både kommit med värdefulla upplysningar, hjälp och bjudit på kaffe. Monica Bergman har ritat figurerna, Bibi Ericsson rättat och Eva Sers renskrivit manuskriptet. Dessutom har värdefull kritik erhållits av kollegor på Sötvattenslaboratoriet.

Till alla dessa och andra som på något sätt deltagit vill jag framföra mitt hjärtliga tack!

LITTERATUR

- Aass, P. 1972. Age determination and year-class fluctuations of cisco Coregonus albula L., in the Mjøsa hydroelectric reservoir. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 52:1-22.
- Ackefors, H., L. Hernroth, O. Lindahl & F. Wulff. 1978. Ecological production studies of the phytoplankton and zooplankton in the Gulf of Bothnia. Finn.Mar.Res. 244:116-126.
- Almer, B. 1976. Siklöjebeståndets växlingar i Vänern. Insjöfisket 5-6:12-13.
- Almer, B. 1978. Fiskar i Ivösjöns centrala djupområde. (English summary: Fish in the offshore region of Lake Ivösjön.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 49 p.
- Almer, B. 1979. Vänerprojektet 1972-77, fiskedelen. (English summary: Lake Vänern project 1972-77, fishery investigations.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 40 p.
- Almer, B. & T. Larsson. 1974. Fiskar och fiske i Vänern. (English summary: Fishes and fishery in Lake Vänern.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (8). 119 p.
- Ambjörn, C., B. Broman & C. Peterson. 1981. Bottniska viken - Vattenutbytesprocesser. Statens Naturvårdsverk SNV PM 1618:22-26.
- Andersin, A.-B., J. Lassig & H. Sandler. 1980. Bottenfaunan i Bottniska viken. Kommittén för Bottniska viken. Årsrapport 8:6-37.
- Andreasson, S. & B. Petersson. 1982. The fish fauna of the Gulf of Bothnia. p. 301-315. In Coastal Research in the Gulf of Bothnia. Ed.: K. Müller. Dr W Junk Publishers, The Hague.
- Aneer, G. 1975. Composition of food of the Baltic herring (Clupea harengus v. membras L.), fourhorn sculpin (Myoxocephalus quadricornis L.) and eelpout (Zoarces viviparus L.) from deep soft bottom trawling in the Askö-Landsort area during two consecutive years. Havsforskningsinst.Skr., Helsinki 239:146-154.
- Appelberg, M. 1977. Vänerexpeditionen 1975. (English summary: The Lake Vänern expedition 1975.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (5). 28 p.
- Benecke, B. 1881. Das Laichen der Kleinen Maräne und der Gewinn ihres Laiches. Berichte des Fischereivereins für die Provinz Ost- und Westpreussen.
- Borne, M. 1886. Handbuch der Fischzucht und Fischerei. Unter Mitwirkung von Dr. B. Benecke und E. Dallmer. Paul Parey, Berlin. p. 246-286.

- Brett, J.R. & D.A. Higgs. 1970. Effect of temperature on the rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon, Onchorhynchus nerka. J.Fish.Res.Board Can. 27:1767-1779.
- Brooks, J.L. & S.I. Dodson. 1965. Predation, body size, and composition of plankton. Science 150:28-35.
- Carlin, B. 1955. Märkning av utvandringssfärdiga laxungar i Lagan. Vandringsfiskutredningen. 5. 26 p.
- Cohen, E.B., G.C. Laurence & W.G. Smith. 1984. The role of starvation and predation in regulating year-class strength in several fish stocks on Georges Bank. ICES C.M. 1984/G:32. 18 p.
- Colby, D.J. & L.T. Brooke. 1973. Effects of temperature on embryonic development of lake herring (Coregonus artedii). J.Fish.Res.Board Can 30:799-810.
- Dahlin, H. 1981. Bottniska vikens materialbalans. Statens Naturvårdsverk SNV PM 1618:269-282.
- De Silva, S.S. & F. Balbontin. 1974. Laboratory studies on food intake, growth and food conversion of young herring, Clupea harengus (L.). J.Fish.Biol. 6:645-658.
- Ehlin, U. & C. Ambjörn. 1974. Oceanografiska undersökningar i Alands hav. Medd. 1: Mätningar juni-september 1973. SMHI HB Rep. 4. 51 p.
- Ehlin, U. & C. Ambjörn. 1978. Bottniska Vikens Hydrografi och Dynamik. Kommittén för Bottniska viken. Årsrap. 6:15-74.
- Ekman, T. 1903. Om sikløjefisket i Vettern. Svensk Fisk.Tidskr. 12:23-30.
- Elliott, J.M. & L. Persson. 1978. The estimation of daily rates of food consumption for fish. J.Anim.Ecol. 47:977-991.
- Elmgren, R. 1978. Structure and dynamics of Baltic benthos communities, with particular reference to the relationship between macro- and meiofauna. Kieler Meeresforsch. 4:1-22.
- Elmgren, R. 1984. Trophic dynamics in the enclosed, brackish Baltic Sea. Rapp.Explor.Mer 183:152-169.
- Enderlein, H.O. 1977. Tre sikløjemärkningar. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 16 p.
- Enderlein, H.O. 1978. An attempt to estimate the biomass of cisco (Coregonus albula L.) in the Norrbotten part of the Gulf of Bothnia from trawl data for October. Finn.Mar.Res. 244:145-152.
- Enderlein, H.O. 1981a. Interspecific food competition between the three pelagic zooplanktonfeeders, cisco (Coregonus albula (L.)), smelt (Osmerus eperlanus (L.)) and herring (Clupea harengus L.) in the Norrbotten part of the Bothnian Bay. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:15-20.

- Enderlein, H.O. 1981b. When, where, what and how much does the adult cisco, Coregonus albula (L.) eat in the Bothnian Bay during the ice-free season. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 59:21-32.
- Filipsson, O. 1967. Aldersbestämning av röding med hjälp av otoliter. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (5). 10 p.
- Filipsson, O. 1980. Fiskar på gränsen till sitt utbredningsområde. (English summary: Fishes near the margin of their geographical distribution.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (15). 16 p.
- Fiska på fritid. 1978. Betänkande av 1973 års fiskevattensutredning. SOU 1978:75. p. 416.
- Fryer, G. & T.D. Iles. 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641 p.
- Glettman, H. & P. Bozin. 1971. Learning and memory. p. 191-278. In Fish physiology. Vol VI. Eds.: W.S. Hoar & D.J. Randall. Academic Press, New York and London.
- Goodlad, J.L., T.W. Gjernes & E.L. Brannow. 1974. Factors affecting sockeye salmon (Oncorhynchus nerka) growth in four lakes of the Fraser river system. J.Fish.Res.Bd Can. 31:871-892.
- Hagman, N. 1914. Fiskeförhållanden i Puruvesi. Fisk.Tidskr.Finl. 21:140.
- Hakkari, L. 1978. On the productivity and ecology of zooplankton and its role as food for fish in some lakes in Central Finland. Biol.Res.Rep.Univ.Jyväskylä, Finland 4:1-87.
- Hall, D.J. & S.T. Threlkeld. 1976. The size-efficiency hypothesis and the size structure of zooplankton communities. Ann. Rev.Ecol.Syst. 7:177-208.
- Hamrin, S.F. 1979. Populationsdynamik, vertikal fördelning och födoval hos siklöja (Coregonus albula L.) i sydsvenska sjöar. Dokt.avhandl. Limnol.Inst.Univ.Lund. 195 p. (English summary.)
- Hildén, M., H. Lehtonen & P. Böhling. 1984. The decline of the Finnish vendace, Coregonus albula (L.), catch and the dynamics of the fishery in the Bothnian Bay. Aqua Fenn. 14:33-47.
- Hile, R. 1936. Age and growth of the cisco Leucichthys artedii (Le Sueur) in the lakes of the northeastern highlands, Wisconsin. Bull.U.S.Bur.Fish. 19:211-317.
- Hill, C. & U. Boström. 1985. Kvaliteten hos röding i sjöar med introducerad Mysis relicta. (English summary: Effects of the introduction of Mysis relicta on the quality of Arctic char.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (3). 54 p.

- Hrbáček, J. & M. Novotna-Dvořáková. 1965. Plankton of four backwaters related to their size and fish stock. Rozpravy Cesk.Akad.Ved. 75. 65 p.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1917. Mjøsens fisker og fiskerier. Det Kgl. Norske Vidensk.Selsk.Skr. 2. 257 p.
- Hutchinson, G.E. 1967. A treatise on limnology. Vol. 2. Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley & Sons, Inc., New York. 115 p.
- Iles, T.D. & R.J. Wood. 1965. The fat/water relationship in north sea herring (Clupea harengus) and its possible significance. J.Mar.Biol.Ass. U.K. 45:353-366.
- Ivlev, V.S. 1961. Experimental ecology of the feeding of fishes. Yale Univ.Press, New Haven. 302 p.
- Jalkanen, J. 1893. Om siklöjfisket i trakten af Nyslott samt en beaktansvärd detalj vid detsammas bedrifvande. Fisk.Tidskr. Finl. 5:73-76.
- Jenkins, B.W. & J.M. Green. 1977. A critique of field methodology for determining fish feeding periodicity. Environ.Biol. Fish. 1:209-214.
- Johnson, W.H. 1939. Feeding of the herring. J.Fish.Res.Board Can. 4:392-395.
- Järvi, T.H. 1919. Siklöjan i finska sjöar. I. Keitele. Finlands Fiskerier 5. 285 p.
- Järvi, T.H. 1930. On the fluctuations in abundance exhibited by the stock of lake herring (Coregonus albula) in Lake Keitele, Finland. J.Cons.Int.Explor.Mer. 65:182-188.
- Järvi, T.H. 1942a. Über den Maränenbestand im Pyhäjärvi. Acta Zool.Fenn. 28. 85 p.
- Järvi, T.H. 1942b. Die bestände der kleinen Maräne und ihre schwankungen. Ober und Mittel Keitele. Acta Zool.Fenn. 33. 136 p.
- Järvi, T.H. 1950. Die Kleinmaränenbestände in ihren Beziehungen zu der Umwelt (Coregonus albula L.). Acta Zool.Fenn. 61. 116 p.
- Krebs, C.J. 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Second edition. Harper International Edition, Harper and Row Publishers, New York. 678 p.
- LeCren, E.D. 1965. Some factors regulating the size of population of freshwater fish. Mitt.Internat.Ver.Limnol. 13:88-105.
- Lehtonen, H. 1978. Rannikon sisävesikalosten kalastus vuonna 1976. Suomen kalatalous 48:25-40. (English abstract.)

- Lehtonen, H. 1981. Biology and stock assessment of coregonids by the Baltic coast of Finland. *Finnish Fish.Res.* 3:31-83.
- Lehtonen, H. & O. Enderlein. 1984. Siklöjan (Coregonus albula L.) i Bottenviken - deras eller vår. (English summary: The cisco (Coregonus albula L.) in the Bothnian Bay - theirs or ours.) *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* (2). 24 p.
- Lindquist, A. 1959. Studien über das Zooplankton der Bottensee. II. Zur Verbreitung und Zusammensetzung des Zooplanktons. *Inst.Mar.Res., Lysekil. Ser.Biol.Rep.* 11. 136 p.
- Lindquist, A. 1961. Untersuchungen an Limnocalanus (Copepoda, Calanoida) Limnocalanus grimaldii i Bottenviken. *Inst.Mar.Res., Lysekil Ser.Biol.Rep.* 13. 124 p.
- Lindroth, A. & G. Svärdson. 1946. Sterilitet bland snabbvuxen siklöja. *Svensk Fisk.Tidskr.* 55:212-215.
- Lindström, T. 1955. On the relation fish size - food size. *Rep. Inst.Freshw.Res., Drottningholm* 36:133-147.
- Marshall, N.B. 1966. The life of fishes. The World Publishing Company, Cleveland, Ohio. 402 p.
- Morawa, F. 1955. Der Nährwert unsere Fische. *Allg.Fish.Ztg.* 9:1-2.
- Munthe, H. 1940. Om Nordens, främst Baltikums, senkvartära utveckling och stenåldersbebyggelse. (English summary: On the late quaternary development and the stone age settlement of North Europe, primarily the Baltic.) *Kgl.Sv.Vetenskaps-akad. Handl.Ser.* 3, 19(1).
- Nikolskii, G.V. 1969. Fish population dynamics. Oliver & Boyd Ltd, Edinburgh. 323 p.
- Nilsson, N.-A. 1974. Fiskens näringsval i öppna Väner. (English summary: Food relationships of the fish community in the offshore region of Lake Vänern, Sweden.) *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* (17). 57 p.
- Nilsson, N.-A. 1978. The role of size-biased predation in competition and interactive segregation in fish. p. 303-325. *In Ecology of freshwater fish production.* Ed.: S.D. Gerking. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Nilsson, N.-A. & B. Pejler. 1973. On the relation between fish fauna and zooplankton composition in north Swedish lakes. *Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm* 53:51-77.
- Nissinen, I. 1972. The egg density and the survival of eggs on the spawning grounds of the vendace (Coregonus albula L.) in lakes Puruvesi and Oulujärvi. *Rüsta-ja kalatal.tutk.lait., Kalantutk.Tiedonantoja.* 8:1-114.
- Noble, R.L. 1973. Evacuation rates of young yellow perch, Perca flavescens (Mitchell). *Trans.Amer.Fish.Soc.* 102:759-763.

- Nordqvist, H. 1944. Några synpunkter på fiskevården i sydsvenska sjöar. Skr.Södra Sveriges Fiskför. 1:4-21.
- Nordqvist, O. 1897. Om mujkan och mujkfisket i Viitasaari socken. Fisk.Tidskr.Finl. 9:159-160.
- Northcote, T.G. & H. Rundberg. 1970. Spatial distribution of pelagic fishes in Lambarfjärden (Mälaren, Sweden) with particular reference to interaction between Coregonus albula and Osmerus eperlanus. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 50:133-166.
- Nyberg, P. 1979. Production and food consumption of perch, Perca fluviatilis L., in two Swedish forest lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 58:140-157.
- O'Brien, J.W. & G.L. Vinyard. 1974. Comment on the use of Ivlev's electivity index with planktivorous fish. J.Fish. Res.Board Can 31:1427-1429.
- Ottosson, Y. 1981. Instruktion för fiskmärkning med märken av "Carlin-typ". LFI Information 1. 9 p.
- Palmén, E. 1930. Untersuchungen über die Strömungen in den Finnland umgebenden Meeren. Soc.Sci.Fenn. 12.
- Petersson, A. 1971. The Cestoda fauna of the genus Coregonus in Sweden. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 51:124-183.
- Pope, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res.Bull.Int. Comm.Northw.Atlant.Fish. 9:65-74.
- Popiel, J. 1951. Feeding and food of the herring (Clupea harengus L.) in the Gulf of Gdansk and in the adjoining waters. Prace Morsk.Inst.Ryb.Gdyni 6:29-56.
- Rass, T.S. 1942. Analogous or parallel variations in structure and development of fishes in northern and Arctic seas. Jubilee Publ.Moscow Soc.Naturalists 1805-1940:1-60.
- Reibisch, J. 1899. Ueber die Eizahl bei Pleuronectes platessa und die Altersbestimmung dieser Form aus den Otolithen. Wiss.Meeresuntersuch.Abt.Kiel, N.F. 4:231-248.
- Remane, A. & C. Schlieper. 1958. Die Biologie des Brackwassers. Die Binnengewässer 22. 348 p.
- Ricker, W.E. 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 119:1-300.
- Rosén, N. 1920. Om Norrbottens saltsjöområdes fiskar och fiske. Medd.Kungl.Lantbruksstyr. 225. 94 p.
- Rudstam, L.G. & J.J. Magnuson. 1985. Predicting the vertical distribution of fish populations: Analysis of cisco, Coregonus artedii, and yellow perch, Perca flavescens. Can.J.Fish.Aquat.Sci. 42:1178-1188.

- Sandlund, O.T., T.F. Naesje, H. Hagen & L. Klyve. 1981. Lagesilda i Mjösa. Alderssammansetning, vekst og ernaering. Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk Rapp. 3. 58 p.
- Sandström, O. 1980. The ecology of the plankton fauna in the Gulf of Bothnia. Umeå Univ.Akad.avhandl. 128 p.
- Sarvala, J., K. Aulio, H. Mölsä, J. Rajasilta, J. Salo & I. Vuorinen. 1984. Factors behind the exceptionally high fish yield in the Lake Pyhäjärvi, southwestern Finland - A research project on the biological regulation of fish production. Aqua Fenn. 14:49-57.
- Scott, W.B. & E.J. Crossman. 1973. Freshwater fishes of Canada. Fish.Res.Bd Can.Bull. 184. 966 p.
- Segestråle, S.G. 1957. On the immigration of the glacial relicts of northern Europe, with remarks on their prehistory. Soc.Sci.Fenn.Comment.Biol. 14:1-117.
- Seligo, A. 1908. Das Wachstum der kleinen Maräne. Mitt. Westpreussischen Fischerei-Vereins (Danzig) 20. 33 p.
- Smitt, F.A. 1895. Skandinaviens fiskar. Norstedt och Söner, Stockholm. Senare delen. p. 893-898.
- Strauss, R.E. 1979. Reliability estimates for Ivlev's electivity index, the forage ratio and a proposed linear index of food selection. Trans.Amer.Fish.Soc. 108:344-352.
- Svärdson, G. 1949a. The coregonid problem. I. Some general aspects of the problem. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 29:89-101.
- Svärdson, G. 1949b. Natural selection and egg number in fish. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 29:115-122.
- Svärdson, G. 1956. Lambarfjärdens siklöja. Svensk Fisk.Tidskr. 65:73-80.
- Svärdson, G. 1966. Sikløjans tillväxt och utbredningsgränser. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (4). 24 p.
- Svärdson, G. 1970. Significance of introgression in coregonid evolution. p. 33-59. In Biology of coregonid fishes. Eds.: C.C. Lindsey & C.S. Woods. Univ.Manitoba Press, Winnipeg.
- Svärdson, G. 1976a. Översikt av laboratoriets verksamhet med plan för år 1976. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (1). 38 p.
- Svärdson, G. 1976b. Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 55:144-171.
- Svärdson, G. 1979. Speciation of Scandinavian Coregonus. Rep.Inst.Freshw.Res., Drottningholm 57. 95 p.
- Toots, H. 1949. En sikrumpump. Svensk Fisk.Tidskr. 58:97-98.

- Vallin, S. 1969. Sikløjans näringsbiologi i Lambarfjärden, Mälaren. (English summary: The feeding habits of the vendace in the Lambar Bay of Lake Mälaren.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (7). 57 p.
- Valtonen, T. 1970. The selected temperature of Coregonus nasus (Pallas) sensu Svärdson, in natural waters compared with some other fish. p. 347-362. In Biology of coregonid fishes. Eds.: C.C. Lindsey & C.S. Wood. Univ., Manitoba Press, Winnipeg.
- Valtonen, T., E. Alasaarela, P. Kankalla & M.-L. Kaski. 1978. The plankton community and phytoplankton-zooplankton relationship in the northern Bothnian Bay. Finnish Mar.Res. 244:127-136.
- Weatherley, A.H. 1972. Growth and ecology of fish populations. Academic Press Inc., London. 293 p.
- Westerberg, H. 1982. Telemetriförsök med blankål i Hjälmarén. (English summary: Ultrasonic tracking of migrating eels in Lake Hjälmarén.) Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm (7). 22 p.
- Viljanen, M. 1978. Population studies of vendace (Coregonus albula (L.)) and perch (Perca fluviatilis L.) in a mesohumic oligotrophic lake. Verh.Internat.Ver.Limnol. 20:2103-2110
- Willer, A. 1927. Die Artenschonzeit für die kleine Maräne. Z.Fisch. 25:505-520.
- Windell, J.T. 1978. Digestion and the daily ration of fishes. p. 159-183. In Ecology of freshwater fish production. Ed.: S.D. Gerking. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Wulff, F., C. Flyg, M. Foberg, S. Hansson, S. Johansson, H. Kautsky, T. Klintberg, H. Samberg, K. Skärlund, T. Sörling & B. Widbom. 1977. Ekologiska undersökningar i Lule skärgård 1976. Sluttrapp. SNV. 323 p. (Stencil.)
- Zaret, T.M. & C.W. Kerfoot. 1975. Fish predation on Bosmina longirostris: Bodysize selection versus visibility selection. Ecology 56:232-237.
- Zawisza, J. & T. Backiel. 1970. Gonad development, fecundity and egg survival in Coregonus albula L. p. 363-397. In Biology of coregonid fishes. Eds.: C.C. Lindsey & C.S. Woods. Univ.Manitoba Press, Winnipeg.
- Ahrén, T. 1966. Märkning av siklöja i Pite skärgård. Svensk Fisk.Tidskr. 75:102-104.
- Öström, B. 1975. Hydrografiska mätningar i Luleå skärgård. Data från mätningar 750304-750505. (Stencil.)
- Öström, B. 1977. Hydrografiska och kemiska undersökningar i Luleå skärgård 1975 och 1976. Medd.Havsfiskelaboratoriet, Lysekil. 214. 35 p.
- Övergård, E. 1909. Iakttagelser rörande fisket, särskilt strömmingsfisket i Piteå skärgård. Handskrivet manuskript. 21 p.

ENGLISH SUMMARY: THE CISCO (COREGONUS ALBULA (L.)) IN THE BOTHNIAN BAY.

Chapter 1: The distribution, taxonomy and immigration history of cisco

The family of whitefishes (coregonids) to which the cisco belongs is spread around the northern hemisphere (Figure 1:1). The cisco found in the Bothnian Bay has the latin name Coregonus albula L.. Before the last glacial period it is believed that cisco were indigenous to Scandinavia. When Scandinavia was covered by ice this population "overwintered" in the "Dogger Lake" (the present North Sea) and from there spread to the British Isles, north-western Germany, Jutland and perhaps southwestern Norway, when the ice melted. This form described as C. vandesius Richardson is regarded as conspecific with C. albula (Svårdson 1979). C. albula most probably spread from the east to Scandinavia. During the glacial period a huge ice-lake was formed, due to an ice-dam in the River Onega and in this lake several species, among them C. albula, were sluiced upwards and southwards. When the ice then started to melt away, about 10,000 years ago, the water from the ice-lake ran out in a southwesterly direction into the Baltic ice-lake (Figure 1:4) (Segestråle 1957) from where the cisco could colonize, among other places, southern Sweden. C. albula later spread further north to its present locations during the period when the Baltic was freshwater (Figure 1:6). The present distribution of C. vandesius and C. albula in Europe can be seen in Figure 1:2.

Chapter 2: The cisco's environment in the Bothnian Bay

The freshwater cisco lives in a tough environment in the Bothnian Bay not only because the water is brackish, (Figure 2:2 and 2:3) but also because of low temperature, a short growth period with low primary production (13-24 g C per m² (Ackefors et al. 1978)) and a shortage of phosphorous (Table 2:2). Man's release of toxic waste (Table 2:3) does not ease the situation even though the release of measurable toxic substances seems to

have decreased in recent years. But there are also, for the cisco, positive aspects such as a high oxygen content in the water and a pH between 7.0 and 7.8. The relatively high secondary production 1.5-4 g C per m² (Ackefors et al. 1978) compared to the primary production must also be considered positive.

There are today no signs that the environment might endanger the cisco population in the Bothnian Bay.

Chapter 3: The migration of cisco in the Bothnian Bay

Experimental fishing for cisco in the Norrbotten archipelago revealed a variation in the catch indicating a migratory behaviour (Figure 3:1). To investigate this 4,300 ciscoes were tagged from 1975 to 1978. The Carlin model of tags were used. The fish used for the experiment were caught with fyke nets in the Kalix and Luleå archipelagos and released at the same places. Cisco were tagged at both places during the summer and in the autumn.

Even fish caught in the winter were tagged but 50% of these died within an hour and none of the survivors have ever been recovered.

The recoveries have been grouped as follows:

Tagged in the autumn	-	recovered in the summer
" " " "	-	" " " autumn
" " " summer	-	" " " "
" " " "	-	" " " summer

No recoveries are reported from the last group (tagged summer - recovered summer). The results from the other groups are shown in Figure 3:2, 3:3 and 3:4.

The results are combined in Figure 3:5. The conclusions are that the adult cisco population consists of a number of spawning populations, each one with specific spawning places to which it migrates in the autumn. In the summer these spawning populations

are mixed and migration can extend at least as far as from Kalix to Uleåborg (Figure 3:2). During the summer there is almost no fishing for cisco in Swedish waters and definitely none outside the fringe of skerries. Trawling was therefore undertaken at the locations indicated in Figure 3:4 (transect 1-5). Unfortunately this exercise was conducted rather late in the summer (end of August). Cisco were caught at transects 1, 2 and 3, although few in numbers and only females, when the trawl covered 0-12 m depth. The catch consisted only of herring in transects 4 and 5 where the trawl depth exceeded 20 m.

The roe hatch at the end of May, and fry can be caught in fine-meshed tow nets in very shallow waters (less than 1 m) at the end of June and July. Before appearing in the shallow water, the fry are assumed to drift around in swarms (Figure 3:6) as reported from Mjösa (Sandlund et al. 1981). From August onwards the young of the year are found in the archipelago in deep waters. Both adult and juvenile cisco overwinter in the archipelago in deep waters.

Chapter 4: When, where and how much does the adult cisco eat

This chapter was earlier published in English (Enderlein 1981 b). Cisco in common with their food, zooplankton, have vertical dial migration patterns (Figure 4:2 and 4:3). The range of food items consumed is accordingly dependent on what is available in the surrounding water on each occasion. As can be seen from Figure 4:4 there is a considerable variation. Summed up, the feeding habits in the summer could be as follows: Breakfast consisting of Limnocalanus on the way to the bottom, no lunch. Dinner on the way up to the surface consisting of Limnocalanus as an entree dish and Bosmina and Eurytemora as the main course. If the weather is calm a night meal at the surface is taken consisting of terrestrial insects. In the autumn less food is eaten, mainly in the form of a breakfast-lunch on Bosmina and Cladocera eggs.

The numbers of the different species of zooplankton vary over the year as does the amount consumed. But there is no correlation between available and eaten zooplankton (Figure 4:7). The interpretation of this is that the important thing is not the actual amount of zooplankton, but the amount of zooplankton that is visible to the cisco.

The stomach evacuation rate was estimated (Figure 4:8) and found to be high (50% of the stomach content has left the stomach after 1 hour and 20 minutes). Using this knowledge about the evacuation rate, the consumption over 24 hours has been calculated according to the formula given by Elliott and Persson (1978). The consumption varies between 1% to 30% of the body weight (in dry weight) (Figure 4:9). A rapid food turnover and the ability to eat a lot when food is available is considered necessary for a fish living on zooplankton in water covered by ice for seven months of the year.

Chapter 5: Interspecific food competition between cisco, smelt and herring

This chapter was earlier published in English (Enderlein 1981a). If success is defined as being the most numerous species then according to the experimental fishing the order of the three pelagic species cisco, smelt and herring is: Herring, cisco and smelt. To be successful in this sense the species has to be a superior competitor. One of the niche dimensions for which competition is probably very tough is food. If three species, as in this case, utilize the same food resource, zooplankton, the one able to take the smallest zooplankton ought to be the winner, because it will have the first option on the growing food. In Table 5:1 the main food items eaten by the three competitors are given and the relative sizes of the prey are shown in Figure 5:1. The proportions of Bosmina, Eurytemora and Limnocalanus in the stomach contents are shown in Figure 5:2. The conclusion from this figure is that the smallest item, Bosmina, is eaten most frequently by cisco, on that account

being the winner in the food competition. If this is the most important field of competition cisco should also be the most numerous species, which it is not. The drawback for the freshwater cisco probably lies in the salinity of the Bothnian Bay.

Parasitism on and in the stomachs is absent in herring, rare in smelt (*Acanthocephala*) and rather rare in cisco (*Cestoda*).

Chapter 6: The spawning areas of cisco in the Bothnian Bay

The cisco spawns both in the archipelago and in rivers. To obtain information concerning bottom type, depth and bottom configuration at the spawning sites the following methods were used: 1) Visual survey by diver, 2) "vacuum cleaning" of the bottom, 3) the placing of frames on the bottom before spawning and retrieval afterwards and 4) the hatching of roe at different depths.

The visual survey gave no result. The depths investigated are given in Table 6:1 and the locations in Figure 6:1.

The gear used when "vacuum cleaning" the bottom consisted of a filtering unit (Figure 6:2) placed on the bottom and connected to a pump above the surface with a hose. A similar unit has been used by Hakkari (1978) with success but no results were obtained in my case although technically it worked well.

The frames of 0.25 m² covered by fine-meshed fabrics gave results (Table 6:2) during the first year (1977) but the more extensive experiments in 1978 and 1979 were spoiled by bad weather.

In order to evaluate the influence of salinity on the choice of spawning sites, fertilized roe were left in small boxes at different depths over the winter. The variation in salinity with depth in the experimental area is given in Table 6:3. The fry hatched at all depths so no area within the salinity range could be excluded. The size distribution of the fry was, however, different. In general the smallest fry were found deepest (Figure 6:3).

The total yearly amount of roe deposited on the Swedish side of the Bothnian Bay is estimated as 450 tonnes or 1.76×10^{11} eggs. The water area inside the archipelago is 4,070 km². If the roe was spread evenly in this area there ought to be 43 eggs/m². My lack of success in the search for spawning sites means that they must be very local and the amount of roe deposited at these places very large.

Chapter 7: The growth, condition, development and amount of sexual products, age at sexual maturity and male/female distribution with increasing age of the cisco

The main material was collected by gill net. Four stations were used, two in the archipelago and two just outside (Figure 7:1). Each gill net was 18 m long and 6 m deep. Four gill nets with different mesh sizes, 21.5, 16.5, 12.5 and 10 mm from knot to knot were put together in a set. Three sets were used on each occasion at 0-6, 6-12 m depth and on the bottom.

Otoliths were used for ageing (Figure 7:2) since these are considered more reliable than scales (Aass 1972). The growth of cisco in the Bothnian Bay is good in the first and the second summer but is thereafter strongly reduced (Figure 7:3). Compared to other water systems with Coregonus albula the growth is average (Figure 7:4).

The condition (Fulton's condition factor) increases rapidly from June to August after which there is a decrease among the males. The females show a slow increase even in September but then their condition factor also decreases (Figure 7:5). The water content of the fish, which has an inverse relation to the fat content, decreases during July and until the end of August, after which it increases (Figure 7:7). The water content varies during the year by roughly 4% in the females and 2% in the males.

The sexual products start to develop at the beginning of July, from 1% of the body weight to about 23% by the end of October for the females and from 0.5% to 2% for the males (Figure 7:8). The number of eggs is about 2 700 for a 16 cm long female.

After the second summer 76% of the males and 61% of the females are ready to spawn for the first time. In the following year, 92% of the males and 98% of the females spawn (Table 7:2).

The ratio between males and females in different age groups differs in that the females outlive the males (Table 7:3) as is also found on the Finnish side of the Bothnian Bay (Lehtonen 1981).

Chapter 8: The estimated amount of cisco

Two methods are used to estimate the amount of cisco in the Norrbotten area of the Bothnian Bay. The first depends on trawl data and the assumption that the catch in the swept area is similar to the actual densities expressed in kg/ha, and that the entire population is in the archipelago in waters shallower than 25 m when trawling starts. The estimated densities in the trawled areas from 1967-79 can be found in Figure 8:2. The total estimated amount for Norrbotten is shown in Figure 8:3 (2A and 2B) where in 2A the total statistics are used and in 2B selected statistics are used (selected in the sense that only reports from certain trawl teams, known to give especially reliable figures, are used). The second estimate is a VPA-analysis. The data used for this can be found in Table 8:1 (the age structure of the catch), Table 8:2 (the numbers of ciscos caught in different age groups) and Table 8:3 (the fishing mortality). The natural mortality is assumed to be 0.3 (Lehtonen 1981). Note that the total catch is fairly stable over the period but that the amount of cisco decreases, indicating a threefold increase in the efficiency of the trawl teams and hence an increase in the fishing mortality. The estimated numbers in different age groups are given in Table 8:4 and Figure 8:1.

The total estimated amount in tonnes is given in Table 8:5 and Figure 8:3.

The two methods give a reasonably similar result showing the same trends, that is to say, a decrease from 1973 to 1979 due to low recruitment and a decrease in the two dominant year classes of 1970 and 1971.

Chapter 9: The variation in the cisco population

Populations of cisco are well-known for the fluctuations between strong and weak year-classes. The periodicity is usually regular in the same body of water but differs between bodies of water. The fluctuations usually have three common features.

- 1) A rich year class is followed by one or more weak year classes in a regular pattern.
- 2) The differences between a rich and a poor year class are large, 10-15 times in number.
- 3) A new year class arises when the total amount of cisco is low.

The conclusion drawn is that the population variations of cisco are caused by density-dependent factors according to the model in Figure 9:3. Density-independent factors such as climate, currents, salinity etc. can only influence the magnitude of the fluctuation.

The cisco population in the Bothnian Bay shows variations and has strong year classes (Figure 9:2) but contrary to the model there are two strong consecutive year-classes both in 1970-71 and 1978-79. My interpretation is that this is still due to a density-dependent factor or factors but that these have no influence until the second year, because the young of the year in the Bothnian Bay do not have any effect on the adult stock during their first summer. The adults spend the summer mainly outside the archipelago and the young of the year are found inside. A model of the assumed situation in the Bothnian Bay is given in Figure 9:7.

I believe that the mechanism behind the variations in the Bothnian Bay is the same as that suggested by Hamrin (1979) for the cisco population in Lake Bolmen, where the food competition in a dense population is very strong and results in the production of eggs of low hatchability. No signs of adult cisco preying on the fry have been found and neither have the amount of eggs deposited any correlation with the number of offspring (Figure 9:6)

Chapter 10: The future of the cisco fishery

The introduction of new gear, fyke nets in the 1920s and nylon nets in the 1950s, has resulted in an initial increase in the catch followed by a decrease and a return to previous catch levels (Figure 9:1).

The trawl which was introduced on a trial basis in the early 1960s has also drastically increased the catches. The question today is, will the catches drop again? On the Finnish side of the Bothnian Bay this has already happened (Figure 10:1). But according to a hypothesis by Lehtonen and Enderlein (1984) the decrease in Finnish catches are due to the increase in Swedish catches. The reason suggested is that the numbers of older and bigger cisco which can migrate as far as the more productive Finnish side of the Bothnian Bay during the summer, where they are fished by the Finns, have decreased due to the higher Swedish catches. It should be noted that the main cisco catch is taken during the summer in Finnish waters while no trawl fisheries operate during this period in Swedish waters.

The assumed horizontal distribution of cisco in the autumn and winter compared to the summer, before and after the introduction of the trawl, is shown in Figure 10:2. An indication of the validity of this hypothesis is the fact that the decreases in the Finnish catches are uneven. The drop is more pronounced in the Uleåborg area than outside Torneå-Kemi. If this hypothesis is correct then there should not be any decrease on the Swedish side similar to that noted at present in Finland.

It is not likely either that there will be a decrease similar to that following earlier introductions of new gear, because a trawl is an active gear, contrary to the fyke nets and nylon nets, and thus much more difficult for the fish to learn to avoid.

Even though I do not foresee any drastic drop in the size of the catches, the fishery will not attain its former status. The number of larger fish will decrease and the turnover rate will increase, with a higher percentage of unwanted juveniles in the catch as a result.