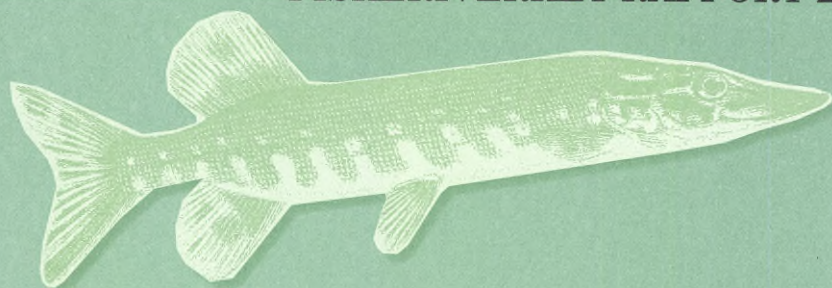




Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket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

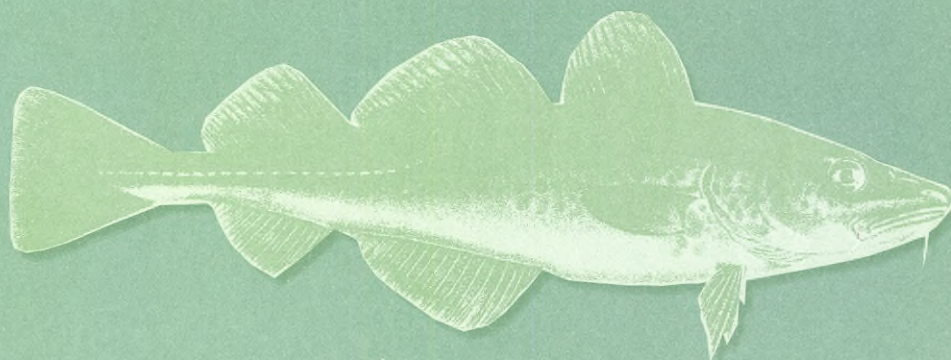
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may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





*Utslagen fiskrekrytering och
sviktande fiskbestånd i
Kalmar läns kustvatten*

*Jan Andersson
Jessica Dahl
Anders Johansson
Peter Karås
Jonas Nilsson
Olof Sandström
Andreas Svensson*



Tryckt i 400 exemplar
April 2000
Göteborgs Länstryckeri AB

FISKERIVERKET RAPPORT 2000:5

*Utslagen fiskrekrytering och sviktande
fiskbestånd i Kalmar läns kustvatten*

Jan Andersson

Jessica Dahl

Anders Johansson

Peter Karås

Jonas Nilsson

Olof Sandström

Andreas Svensson

Utslagen fiskrekrytering och sviktande fiskbestånd i Kalmar läns kustvatten

Jan Andersson¹, Jessica Dahl⁴, Anders Johansson³, Peter Karås²,
Jonas Nilsson⁴, Olof Sandström², Andreas Svensson⁴

¹ Fiskeriverket, Kustlaboratoriet, Ävrö 16, 572 95 Figeholm

² Fiskeriverket, Kustlaboratoriet, Gamla Slipvägen 19, 740 71 Öregrund

³ Länsstyrelsen i Kalmar län, 391 86 Kalmar

⁴ Högskolan i Kalmar, Inst. f. Naturvetenskap, Box 905, 391 29 Kalmar

Innehåll:	
Sammanfattning	4
Bakgrund	6
Undersökningsområde	8
Material och metoder	8
Resultat	14
Diskussion	33
Referenser	39
English summary	41

Sammanfattning

Undersökningar gjorda 1994–1997 i ett antal områden i Kalmarsund visade minskande bestånd av främst gädda och abborre samt en låg årsyngelproduktion vid jämförelse med tidigare studier. Observationerna stöddes av rapporter från fiskare och allmänhet och uppfattades så allvarliga, att ett tvåårigt forskningsprojekt beslutades genomföras för att dels dokumentera skadornas karaktär och geografiska utbredning, dels analysera de bakomliggande orsakerna. Projektet, som pågick under 1998–1999, omfattade ett flertal områden efter Kalmarsunds fastlandskust, ett område öster om Öland, samt några referensområden norr om sundet och ett söder därom. Inventerande provfisker och årsyngelundersökningar gjordes för att kartlägga fiskesamhällets sammansättning och rekryteringen till de vuxna bestånden. Trålningar genomfördes under abborrens kläckningsperiod för att mäta tätheten av fisklarver samt undersöka deras överlevnad och tillväxt. I samband med detta gjordes insamlingar av djurplankton för att kartlägga larvernas födounderlag. Fält- och laboratorieexperiment genomfördes för att studera romutveckling, kläckning och larvöverlevnad hos gädda och abborre. Som stöd vid tolkningarna av resultaten inhämtades vattenkemiska data från den samordnade kustvattenkontrollen i Kalmar län.

Tätheten av främst vuxen abborre men även gädda var mycket låg i området mellan Emån och Revsudden i sundets mitt och andelen gamla fiskar var stor. Även längre ner mot länsgränsen fanns tecken på att bestånden var negativt påverkade. På lokalen vid östra Öland var tätheterna likaså mycket låga. In-

venteringen av årsyngel gav en ännu mer negativ bild. Bara ett fåtal yngel av abborre och gädda fångades i hela Kalmarsundsområdet. Även yngel av karpfiskar, strömming och stubbar förekom i låga tätheter. Något påverkade alltså fiskrekryteringen så negativt, att även de vuxna bestånden av flertalet arter reducerats. Det strandnära yngel- och småfisksamhället dominerades av spiggar, vilka förekom i högre tätheter än i referensområdena. Resultaten från de lokaler som besökts vid upprepade tillfällen visade att skadorna förvärrats med tiden.

Vattenkemiska data visade, att hög salt- eller ammoniumhalt knappast kunde vara en tänkbar förklaring till den uteblivna rekryteringen. Ammoniumhalten nådde inte skadliga nivåer i rekryteringsområdena, och salthalten har minskat i stället för ökat i kustområdet under de senaste 10 åren. Såväl fält- som laboratorieexperimenten gav resultat som talar emot en toxisk påverkan på föräldrafiskar eller ägg och larver. Befruktningsgrad, kläckning och larvöverlevnad var till synes normala. Undersökning av snäckor från de områden där kläckningsförsök och rekryteringsstudier genomfördes, visade att det åtminstone detta år inte förekom larver eller cercarier ögonsugmasken *Diplostomum sp.* under den känsliga period då fisklarver kan dödas av parasitangrepp.

Eutrofiering har förts fram som en tänkbar orsak till den sviktande fiskrekryteringen. Närsaltsdata visar att området är övergött, och en förändrad kväve/fosforkvot antyder att primärproduktionen blivit alltmer kvävebegränsad under produktionsperioden senare år. Eutrofieringen yttrar sig som en ökning

av primärproduktionen. Halterna klorofyll-a har tenderat att öka i de kustnära vattnen och bedöms som höga enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Kust och Hav (1999). Under de senaste 4–5 åren har halterna emellertid sjunkit, vilket kan kopplas till ökat siktdjup. Utvecklingen indikerar att en större del av primärproduktionen under senare år sker i det bentiska växtsamhället. Denna utveckling ses inte i referensområdena. Även om en rik bottenvegetation normalt är positivt för fisk, kan alltför kraftig algpåväxt ha flera negativa effekter, t ex att leksubstraten försämrats. En förskjutning av produktionen från pelagiska mikroalger till det bentiska systemet kan också innebära att fiskens födotillgång påverkas. Analyserna av zooplanktonproven visade tydliga avvikelser jämfört med referensmaterialen, såväl vad avser artsammansättning som täthet, och indikerar att födo-underlaget försämrats för pelagiska fisklarver, t ex abborre, strömming och stubbar.

Utsläppen från Mönsterås Bruk har också ansetts utgöra en möjlig förklaring. Om skadorna på fisk beror på eutrofiering, kan effekterna av brukets utsläpp ses som ett bidrag bland andra till den antropogena belastningen i området. Risken för att toxiska eller hormonellt störande ämnen i avloppsvattnet påverkat fisken måste enligt resultaten från fält- och laboratorieexperimenten bedömas vara liten.

Kalmarsund hyser landets tätaste skarvkolonier. Teoretiska beräkningar, baserat på uppskattningar av skarvbeståndets storlek, visar att dess konsumtion skulle kunna uppgå till den totala produktionen av stationär fisk i området vilket kan vara en viktig förklaring till de minskande tätheterna. Det finns dock observationer som talar mot skarven som den enda bakomliggande faktorn. Årsyngel utnyttjas normalt inte som föda av skarvarna, och rekryteringen försämrades inte bara för de stationära arterna abborre och gädda, utan även för stubbar och sillar vars vuxna bestånd inte påverkas lika starkt av skarv. Modellsimuleringar visar dock, att i dagens situation kan skarvpredationen effektivt motverka att bestånden återhämtar sig när, förhoppningsvis, rekryteringen åter börjar bli normal.

Bakgrund

I början av 1990-talet hördes många röster som berättade om försvagade bestånd av sötvattenfisk längs Kalmar läns fastlandskust. I södra delen av Kalmarsund gjordes en undersökning som visade att lekbestånden av gädda var mycket små jämfört med vad man kunde anse normalt (Nilsson 1994). Liknande rapporter kom från Skärgårdshavet mellan Åland och finska fastlandet där gäddbestånden upplevdes vara sviktande främst i anslutning till Delet och Skiftet, d v s de stora djuprännorna in från Östersjön. I tidigare mycket goda fångstområden för gädda vid Föglö i Ålands skärgård hade bestånden minskat mycket kraftigt. Ytterskärgårdarna föreföll vara de mest drabbade. Undersökningar i västra Finska Viken visade att gäddfångsterna minskat kraftigt i ytterskärgården sedan början av 80-talet, medan förhållandena varit bättre i innerskärgården. Gäddan hade blivit en sällsynt fisk i flera av de klassiska svenska, åländska och finska yrkes- och sportfiskevattnen (Lehtonen *et al.* 2000).

I Kalmarsund var inte bara gäddan drabbad. Det fanns också tecken på att abborren var negativt påverkad, vilket också visades vid ett provfiske som gjordes 1994 i Kalmarsund. Ytterligare provfisken genomfördes inom kontrollprogrammet för Mönsterås Bruk 1995–97 på lokaler i såväl recipientområdet som på mer avlägsna fiskeplatser. Jämförelsedata var hela tiden tillgängliga från det nationella referensområdet i Kvädöfjärden. Dessa undersökningar förstärkte bilden av regionalt mycket svaga abborrbestånd i Kalmarsund (Lindqvist *et al.* 1998).

Tätheten av vuxen fisk beror i första hand på rekryteringsutfallet, d v s pro-

duktionen av årsyngel. Under 1996 och 1997 genomförde Fiskeriverkets Kustlaboratorium inventeringar av fiskrekryteringen i ett antal områden längs Kalmar läns kust (Karås 1998). Årsyngeltätheten var mycket låg båda åren, vilket var särskilt anmärkningsvärt det varma året 1997, då rekryteringsförhållandena generellt sett var goda längs Östersjö-kusten. Tidigare undersökningar 1989 och 1990, som gjordes inför koncessionsförhandlingar angående utbyggnad av Mönsterås Bruk, visade på mycket hög yngelproduktion i området (Karås 1990). Vid Föglö gjordes yngelprovfiske i den sannolikt bästa fladan. Resultatet blev negativt, trots att lek ansågs ha förekommit. I västra Finska Viken undersöktes ett känt lekområde för gädda, men resultatet var även här negativt – inga gäddyngel observerades. I samtliga närmare undersökta områden där bestånden ansågs vara sviktande, såväl svenska, åländska som finska, indikerar resultaten att gäddlek med stor sannolikhet skett, men att den inte resulterat i överlevande yngel. Dessa resultat styrkte hypotesen, att beståndsminskningarna orsakats av rekryteringsstörningar.

Rekryteringsstörningar kan orsakas av hög dödlighet redan under embryonal- och larvfaserna. I en gäddodling i Åbo skärgård misslyckades produktionen tre år i rad i början av 90-talet. Odlingen uppges ha fungerat under ca 30 år tidigare utan sådana problem. Larverna dog i samband med att de övergick från gulesäckstadiet till det frisimmande stadiet då de börjar äta. Skadan liknade M74-syndromet hos lax, men detta verkade mindre sannolikt då det inte fanns några tecken på tiaminbrist (Bylund, pers. komm.). Effekterna av ogynnsam tempe-

ratur under tidiga stadier hos t ex abborre är välkända (Karås 1996). Det finns också exempel på toxiskt relaterade rekryteringsstörningar som härletts till nedsatt reproduktionskapacitet hos föräldrafiskarna (Karås *et al.* 1991). Parasiter kan också ge dödlighet hos ung fisk. Den artgrupp som torde utgöra störst risk i de aktuella områdena är ögonsugmaskarna *Diplostomum spp.*, som kan döda små fiskar redan vid måttliga angrepp av cercarielarver (Höglund 1990). Vid Föglö var de snäckor som kan utgöra mellanvärdar i mycket hög grad *Diplostomum*infekterade, varför denna hypotes inte kunde förkastas.

Sammanfattningsvis tyder observationerna på, att skadorna förekommit i minst tio år i åländska och finska kustvatten. I Kalmarsund dokumenterades de senare, efter 1990. Från åländsk och finsk sida finns bara rapporter om störningar på gädda. I Sverige har också abborren och kanske även andra arter påverkats. Observationerna var enligt Fiskeriverket ett av de allvarligaste miljölarm som rapporterats från Östersjön under senare tid, och motiverade upprepade och mer analytiska undersökningar för att närmare dokumentera och om möjligt klarlägga orsakssambanden. Resultaten förelades länsstyrelsen i Kalmar län med en begäran om stöd för att dels få till stånd undersökningar för att klarlägga orsakerna, dels kunna utarbeta en åtgärdsplan. Länsstyrelsen reagerade omedelbart på Fiskeriverkets begäran. En styrgrupp bildades, med landshövdingen som ordförande, varefter en undersökningsplan kunde fastställas. En första åtgärd som vidtogs var att ansöka om fiskeförbud i det drabbade området, vilket också fastställdes av Fiskeriverket.

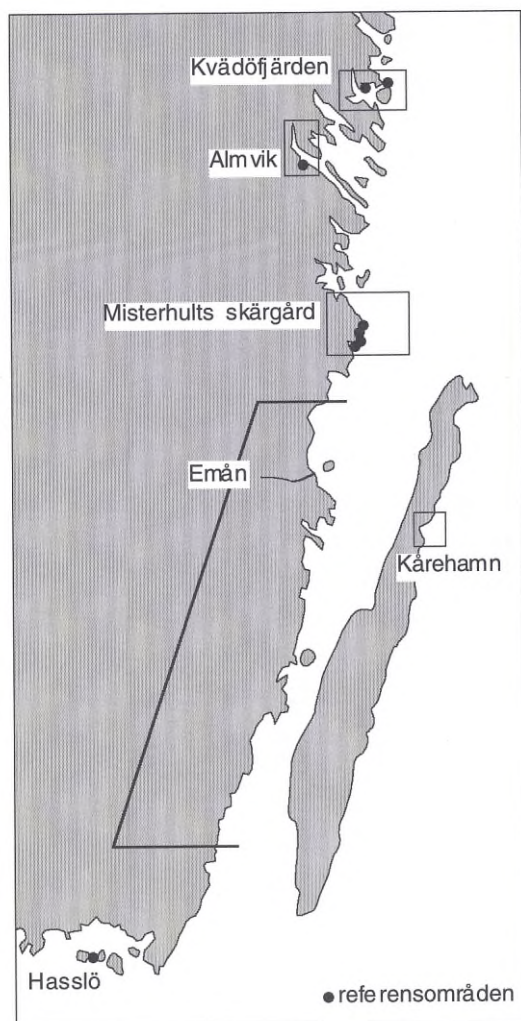
Vid styrgruppens första sammanträde inför 1998 års fältsäsong fastställdes en strategi för hanteringen av problemet. Den inledande aktiviteten utgjordes av täckande inventeringar av länets kustvatten, särskilt fastlandssidan, då miljöerna här har större naturlig potential för sötvattenfisk. Inventeringarna avsågs ge planeringsunderlag för fortsatta studier för att söka klarlägga orsakerna till de observerade störningarna. En ny plan togs fram inför 1999. Under detta år fortsatte dokumentationen av fisksamhället och fiskrekryteringen i tidigare besökta områden. En serie av experiment gjordes i såväl laboratoriet som i fält för att studera embryonalutveckling och larvöverlevnad hos abborre och gädda. Med anledning av ett beslut i koncessionsnämnden gjordes tillägg till programmet för att närmare belysa tillståndet i recipienten till Mönsterås Bruk vad beträffar fiskrekrytering.

Skarven har ofta förts fram som en viktig predator på fisk i Kalmarsund, och den konsumtion som krävs för de stora skarvkoloniernas överlevnad kan vara en betydelsefull dödlighetsfaktor. Undersökningar av skarvpredation pågår i andra projekt, varför data därifrån förväntades kunna tillföras projektet.

Det totala programmet 1998–1999 omfattade lekplatsinventeringar, studier av vuxen gädda, larv- och yngelstudier, provfisken, kläckningsförsök i laboratoriet och i fält, predationsförsök, parasitundersökningar samt zooplanktonanalyser. Data över temperatur, salthalt, när-salter etc erhöles från Kalmar läns kustvattenkontroll.

Undersökningsområde

Undersökningarna gjordes i området från Oskarshamns kommun i norr till Kalmar läns gräns mot Blekinge i söder (figur 1). Referensområden för de olika momenten valdes i Kvädöfjärden (en inre lokal vid Häxvassen och en yttre vid Torrö) i Gryts skärgård, Almvik i Gamlebyviken samt Getbergsfjärden, Marsö, Borholmsfjärden och Äspö i Misterhults skärgård. Referensinsamlingar för parasitsudier gjordes även i Blekinge skärgård. I området ligger en stor industri, Mönsterås Bruk. Då utsläppen från bruket skulle kunna bidra till skadornas uppkomst lades flera undersökningslokaler i recipienten.



Figur 1. Karta över undersökningsområdet.

Material och metoder

Lekplatsinventeringar

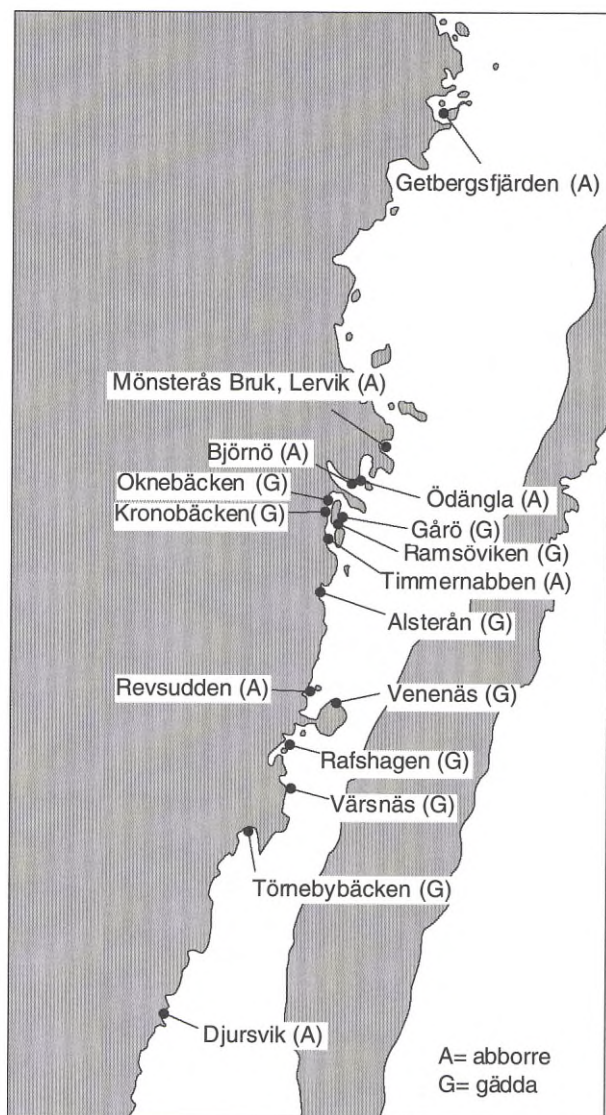
Under 1998 gjordes inventeringar av lek-områden för abborre och gädda. Förekomst av abborrom undersöktes okulärt från båt i Getbergsfjärden, Lervik, Ödängla, Björnö, Timmernabben, Revsudden och Djursvik under perioden 5–17 maj (figur 2). Vattenvegetationen samt förekomsten av påväxt beskrevs översiktligt. Rommens kvalitet bedömdes okulärt. Prov insamlades för laboratorieanalyser. Under perioden 8–25 maj besöktes kända leklokaler för gädda vid Gårö, Ramsöviken, Venenäs, Rafshagen och Värnsnäs (figur 2). Förekomst av gäddrom undersöktes med snorkling. I Kronobäcken, Oknebäckens huvudfåra, på en översvämmad äng längs med Oknebäcken, Alsterån och Törnebybäcken (figur 2) insamlades gäddrom för kontroll av överlevnad. Rommens utvecklingsgrad bedömdes under stereolupp.

Insamling av gädda

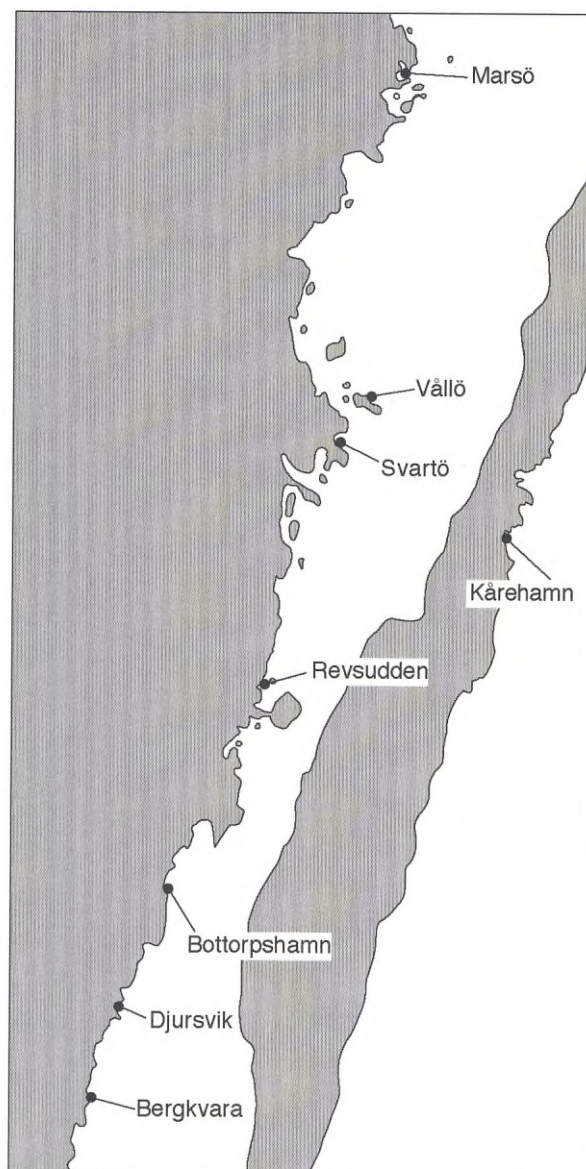
Gädda insamlades från åtta områden under lekperioden 1998 med hjälp av lokala fiskare (figur 3, tabell 1). Olika typer av gäddryssjor samt i ett fall ett ålbottengarn användes vid fisket. Maskstorleken i fiskhuset var 30 mm för gäddryssjorna och mindre i ålbottengarnet. Prover togs för längdmätning och könsbestämning

Larv- och zooplanktonundersökningar, yngelinventeringar och provfiske

Trålningar med Gulf-Olympiahäv (Hudd *et al.* 1983) genomfördes i sex områden (figur 4, tabell 6) under perioden 12 maj till 21 juni 1999. Vid varje tillfälle gjordes tio tråldrag på vardera 0,5 m och 1 m djup. Dragen var 5–10 min långa med en draghastighet av ca 3 knop. Erhållna larver räknades och längdmättes (mm).



Figur 2. Lokaler för lekplatsinventeringar 1998.

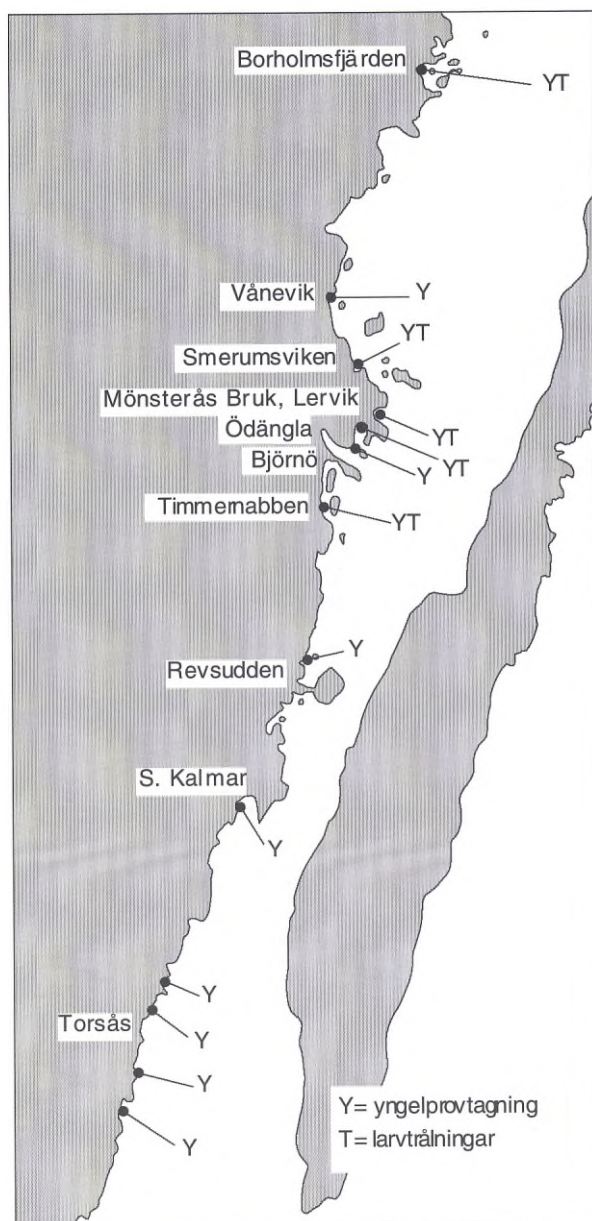


Figur 3. Lokaler för undersökning av gäddbestånd 1998.

Fem planktonprov insamlades från vardera ytskiktet och 1 m djup med pump, varvid 20 l vatten filtrerades genom 25 µm silduk. Planktonproverna analyserades under lupp efter subsampling.

Vindriktning, vindstyrka, vattentemperatur (yta och 1 m), siktdjup, salt-halt och vattenstånd registrerades vid provtagningarna.

Yngelinventeringar gjordes i september 1996 och 1997 med sprängteknik (Karås & Neuman 1981) i fyra områden i Torås kommun, tre vid Mönsterås samt i Kvädöfjärden inre och yttre. Under 1998 utökades programmet så att ytterligare ett antal områden inventerades längs Kalmar läns fastlandskust, fortfarande

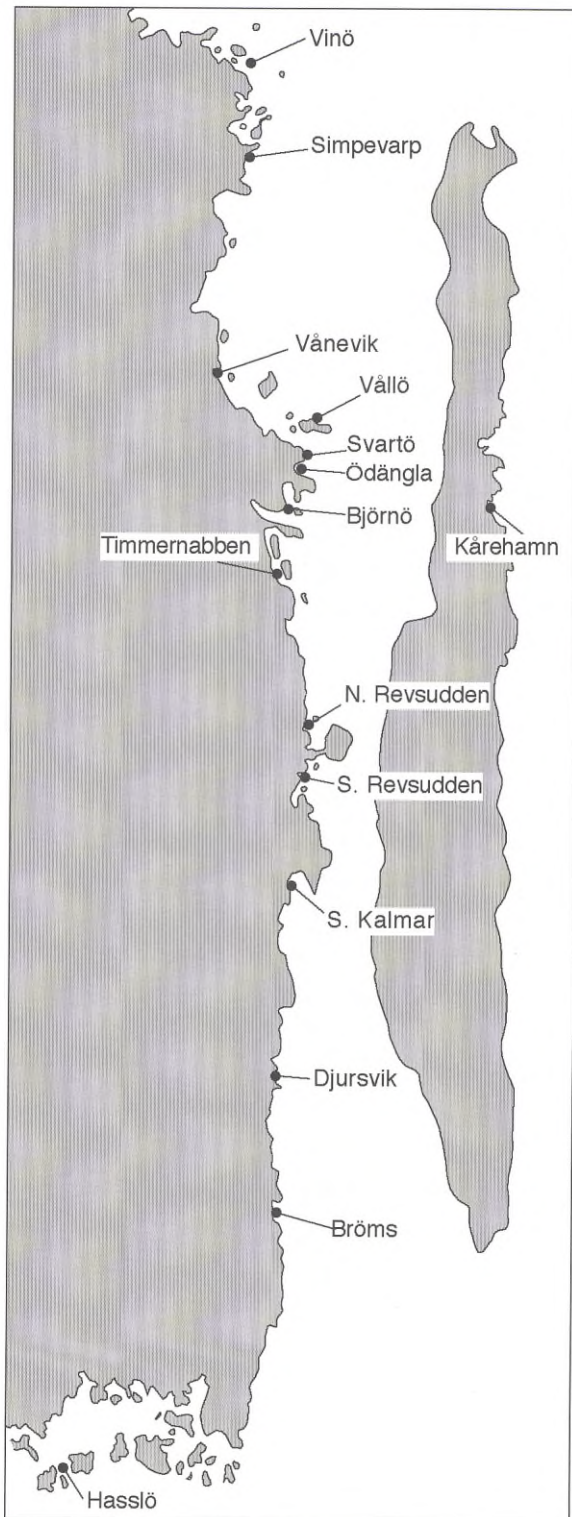


Figur 4. Lokaler för yngelprovtagning och larvtrålning.

med referensområden i Kvädöfjärden (figur 4). Fortsatta uppföljningar gjordes i början av september 1999 i fyra områden som även valdes med ledning av lekplatsinventeringen 1998. Tre referensområden användes, ett i Misterhults skärgård och två i Kvädöfjärden. Lokalerna besöktes vid ett tillfälle i början av september 1999.

Prov insamlades från 15 stationer per område (ett skott per station). Insamlade yngel hänfördes till art och räknades. Yngel som bestämts som strömming kan i enstaka fall ha varit skarpsill. Dessa arter behandlas sammanslaget som "sillar". Sjukdomskontroll genomfördes på samtliga årsyngel. Årsyngelundersökningar har tidigare gjorts i recipienten till Mönsterås Bruk 1989 och 1990 (Karlås 1990). Resultaten av dessa inventeringar används för jämförelser med studierna under 1990-talet.

Provfiske enligt Kustlaboratoriets rutiner (Thoresson 1996) genomfördes på fasta stationer i Mönsterås Bruks recipient, som årligen besöktes i augusti inom ramen för det regionala kustkontrollprogrammet (Smith *et al.* 1999). Som referens till detta provfiske utnyttjades data från det nationella referensområdet i Kvädöfjärden och från referensområdet Vinö i Misterhults skärgård samt från inventerande fisken med samma metodik vid Hasslö i Karlskrona skärgård. Under 1998 genomfördes en utökad insats med fisken i totalt sexton områden inklusive de etablerade programmen (tabell 2; figur 5). Vid provfisket sattes en nätlänk om fyra nät med maskstorlekarna 17, 21, 25 och 30 mm per station på grunt vatten (2–5 m). Fisket upprepades sex gånger på de stationer som ingår i kustvattenkontrollprogrammet. På övriga stationer genomfördes ett fiske. Vattentemperatur och siktdjup registrerades vid fisket. Fångad fisk artbestämdes samt registrerades i 2,5 cm längdklasser. Förekomst av yttre synliga sjukdomar kontrollerades på samtliga fångade fiskar.

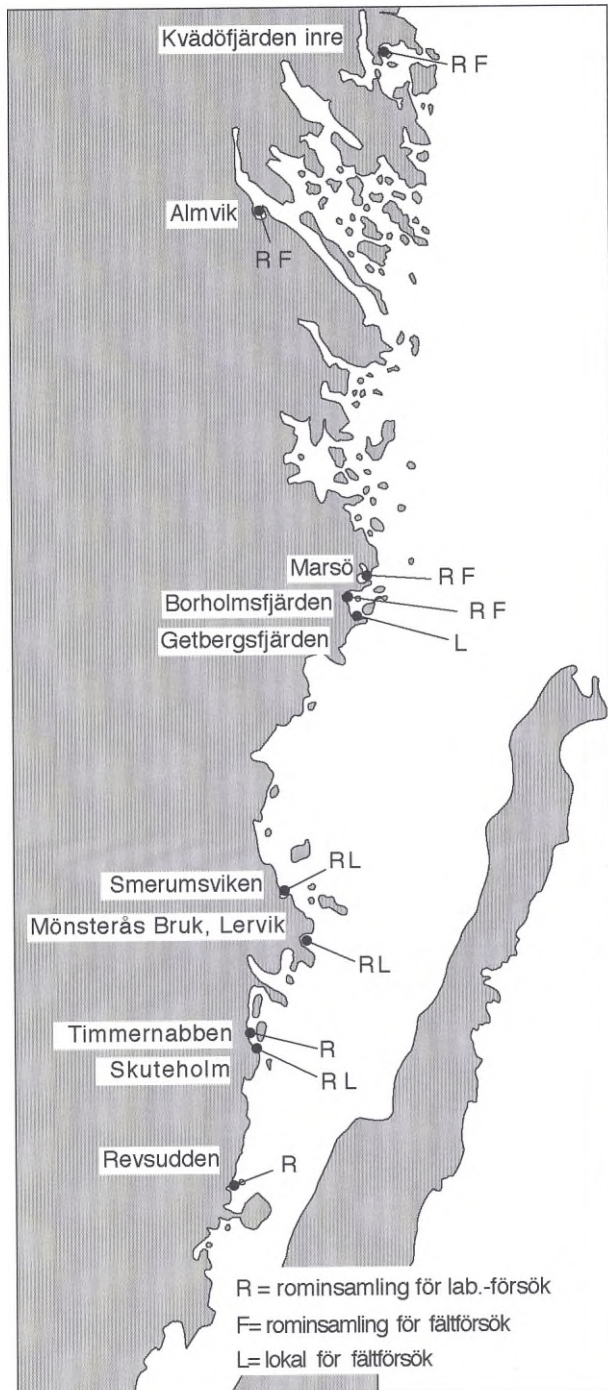


Figur 5. Lokaler för nätprovfiske.

Spermiemobilitet, embryonalutveckling och kläckning – laboratorieförsök

Nylagd abborrom insamlades i områdena Lervik, Timmernabben och Drag vid Revsudden samt från referenslokalerna Borholmsfjärden och inre Kvädöfjärden (figur 6). Bitar av romsträngar om några hundra ägg klipptes av under vatten och överfördes försiktigt till en plastburk med vatten, varefter de transporterades till Kalmar Högskolas laboratorium för inkubering. Provinsamling var också planerad för Grönskogssjön i Emåns nedre lopp och för Smerumsviken söder om Emåns mynning, men någon rom stod inte att finna i Grönskogssjön trots upprepade besök. Någon rom avsatt på naturliga substrat stod inte heller att finna i Smerumsviken, men åtta strängar kunde insamlas på utlagda smågranar. Insamlingen tog dock så lång tid att laboratorieförsök med rom från Smerumsviken inte kunde genomföras.

Gäddor insamlades med ryssjor/bottengarn i områdena Lervik, Timmernabben och Drag vid Revsudden samt i referensområdena Marsö (två delpopulationer) och Almvik. Hanar och honor sumpades separat efter fångsten. De undersökta gäddhonorernas vikt varierade mellan 2 och 3 kg. Spermaprov från tre enskilda hanar från vardera område kontrollerades under mikroskop för att bedöma spermierörlighet. Spermier studerades vid en temperatur av 10°C och vid 4 resp 6,7‰ salthalt. Ägg från individuella honor befruktades med mjölke från flera hanar, varefter de transporterades till Kalmarsundslaboratoriet i 250 ml plastburkar med standardiserat saltvatten (4‰ salthalt), förvarade i kylväskor med isblock vid c:a 10°C.



Figur 6. Lokaler för rominsamling.

Rom från tio honor per område av varje art (totalt 60 st) undersöktes. Från Lervik insamlades ytterligare 20 prover från abborre. Rommen kläcktes under standardiserade förhållanden i ett termokonstantrum. Vatten och lufttemperatur reglerades till $10,7 \pm 0,4^\circ\text{C}$ och vattnets salthalt till $3,9 \pm 0,5\text{‰}$ under hela perioden.

I samband med att gädd- och abborrynglen slutgiltigt räknades konserverades de i 70% alkohol. Från varje kläckningsbehållare valdes 30 yngel slumpmässigt ut för mätning av kroppslängd.

En mer utförlig beskrivning av dessa studier ges i Dahl (2000) och Svensson (2000).

Embryonalutveckling, kläckning och larvöverlevnad – fältförsök

Försöken med abborre utfördes i Getbergsfjärden, Smerumsviken, Lervik och Skuteholm (figur 6) med rom från 10 abborrar vardera från referensområdena Borholmsfjärden (två lokaler) och inre Kvädöfjärden. Försöken med gädda utfördes i Getbergsfjärden, Lervik och Skuteholm med rom från 10 gäddor vardera från referensområdena Almvik och två delområden vid Marsö (figur 6). Äggen transporterades omgående efter insamling till utsättningslokalerna i 250 ml plastburkar med vatten, förvarade i kylbehållare med is. Gäddäggen fick dock först vila i två timmar på platsen efter befruktningen. Romdödlighet, kläckning och larvutveckling fram till dess gulesäcken var absorberad studerades.

Befruktade ägg lades i inkubationsbehållare tillverkade av 150 mm långa PVC-rör, försedda med en botten av planktonduk. Rörets diameter var 110 mm för

gädda och 75 mm för abborre. Planktondukens maskvidd var 0,8 mm för gädda och 0,5 mm för abborre. Proven omfattade 5 ml ägg från vardera totalt 30 gäddhonor. Den använda volymen motsvarade ca 600 ägg. För abborre bestod proven av ett klippt stycke av romsträngen, motsvarande några hundra ägg. Behållarna placerades i flytande större nätkassar i omedelbar anslutning till naturliga lekplatser. För gädda användes två runda kassar med 1 m diameter, 1 m djup och maskstorleken 0,8 mm. För abborre användes två kvadratiske kassar med sidan 0,5 m och 0,5 mm maskstorlek. Två uppsättningar om vardera åtta rör monterades i varje kasse. Prov från enskilda honor utplacerades slumpmässigt. Äggen tillsågs dagligen varvid utvecklingsstadium och förekomst av döda ägg eller larver registrerades. Döda abborrlarver registrerades och konserverades. Ägg och larver av gädda som dött avlägsnades ej från inkubationsbehållarna, för att undvika störning och för att de snabbt täcktes av mögel och var svåra att hantera.

Efter kläckning och då larverna var frisisimmande, släpptes 10–13 abborrlarver per behållare, totalt minst 150 larver, fritt ut i kassen. För gädda fördelades 100 larver, så fort de blivit frisisimmande, på de två kassarna, som först rengjorts från påväxt och sediment. Restande larver och okläckta ägg konserverades för vidare laboratorieanalys. Försöken avslutades då födointag och tillväxt kunde konstateras. Samtliga överlevande larver räknades och konserverades vid försökens slut. Vattentemperatur, salt- och syrehalt mättes dagligen.

Predationsstudier

Befruktad gäddrom deponerades på enris i anslutning till fältförsöken. Predation på äggen dokumenterades med hjälp av undervattenskamera i Getbergsfjärden och Skuteholm. Befruktade ägg spreds över enris i strandkanten och filmades kontinuerligt under ett par timmar.

***Diplostomum* i snäckor och exponering av gäddyngel för svärmande cercarier**

Snäckor (*Lymnea peregra*) insamlades från fem lokaler i området från Emåns mynning till Kalmar och från fem nordliga referenslokaler från Klintemåla till Oskarshamn samt fem sydliga i Blekinge skärgård mellan Torhamns udde och Ronneby. Minst 80 snäckor insamlades från varje lokal. Snäckorna transporterades kallt (<10°C) i kyllåda till laboratoriet, där de förvarades i brackvatten med salthalt av ca 4‰ i konstantrum med temperatur 10°C. Snäckorna matades regelbundet med grönalger (*Cladophora spp.*) och fruset djurplankton (*Daphnia sp.*). Tio slumpvis utvalda snäckor från varje lokal konserverades i formalin. Förekomst av svärminingsmogna cercarier i snäckornas hepatopankreas undersöktes under stereolupp. Cirka tre veckor efter insamlingen konserverades 120 ml vatten från varje försöksakvarium. Förekomsten av cercariesvärming undersöktes under stereolupp.

L. peregra insamlades vid Svartingskär norr om Mönsterås i augusti, för ett försök med exponering av gäddyngel för svärmande cercarier. Snäckorna placerades i rumstemperatur med naturljus. Efter 2,5 dygn konstaterades cercariesvärming. Tio gäddyngel (medellängd

22,8 mm) placerades individuellt i burkar med 1 l brackvatten (6,7‰). Cirka åtta cercarier tillsattes i fem av de tio burkarna. Ett ytterligare försök gjordes med 20 cercarier per liter vatten. Under de första åtta timmarna avlästes experimenten varje timme, därefter två gånger per dygn. Försöken avbröts efter två dygn. En mer utförlig beskrivning av dessa studier ges i Dahl (2000).

Vattenkvalitetsmätningar m m

Data från de vattenkvalitetsmätningar som årligen görs inom den samordnade kustvattenkontrollen i Kalmar län sammanställdes som underlag för tolkningar av fältundersökningarna. Salthalt, siktdjup, klorofyll a samt halterna av kväve och fosfor studerades. Belastningsdata för vattendrag och punktkällor redovisas. I programmet ingår även studier av blåstångsbältena.

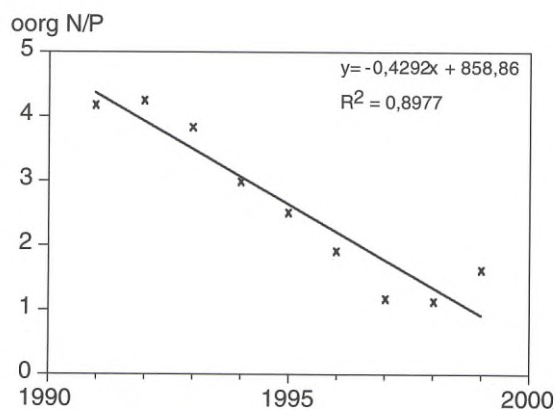
Resultat

Närsalter

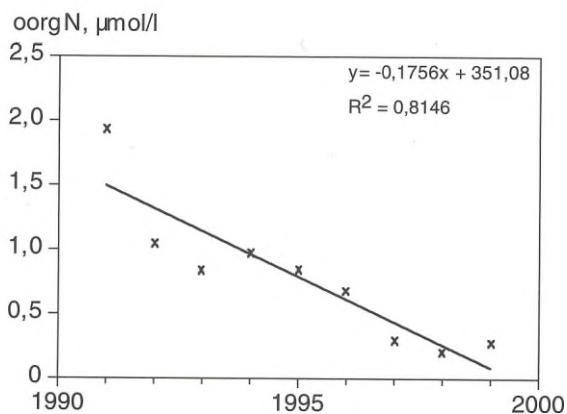
De data som ligger till grund för att beskriva närsaltshalterna har sedan 1984 genererats i ett samordnat kustrecipientkontrollprogram. Programmet är utformat för att övervaka tillståndet i olika recipienter där någon punktkälla kan ha en effekt på kustmiljön, och därmed inte primärt för att svara på frågor som rör effekter på olika fiskarters rekrytering. Den geografiska omfattningen av programmet är emellertid så stor att man kan dra generella slutsatser om tillståndet i kustvattenmiljön som underlag för tolkningen av resultaten från studierna på fisk. Här bedöms eutrofieringspåverkan med ledning av närsaltstillståndet i de mest kustnära miljöerna enligt "Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och Hav" (Naturvårdsverket 1999).

Totalhalterna av kväve i februari 1983–1998 var övervägande höga (i genomsnitt ca 40 $\mu\text{mol/l}$) medan totalfosforhalterna var låga till medelhöga (ca 0,9 $\mu\text{mol/l}$). I augusti är totalhalterna av såväl kväve (ca 30 $\mu\text{mol/l}$) som fosfor (ca 0,9 $\mu\text{mol/l}$) höga till mycket höga för årstiden (figur 7d och e).

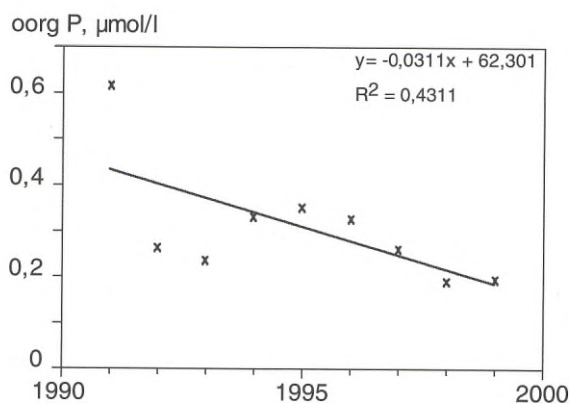
Analys av trender i halter baseras på mätningar i februari och augusti på 12–14 kustnära stationer. Det finns inga trender i halterna av totalkväve eller totalfosfor i februarimätningarna. Under augusti har både totalkväve och totalfosfor ökat, en förändring som dock inte är signifikant för fosfor (figur 7d och e). Halterna oorganisk kväve och fosfor tenderade att stiga i februarimätningarna, medan de sjönk i augusti, särskilt för kväve som minskade från ca 1,5 $\mu\text{mol/l}$ i början av 1980-talet till ca 0,2 $\mu\text{mol/l}$ i slutet av 1990-talet (figur 7a och b). Kvoten mellan oorganiskt kväve och fosfor



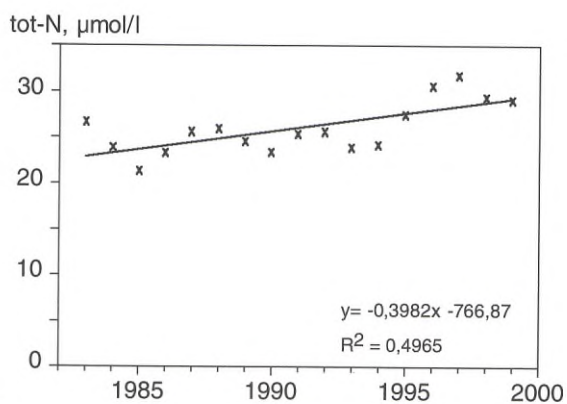
Figur 7a. Treårsmedelvärden av oorganiska kväve-fosforkvoter från kustnära stationer i augusti.



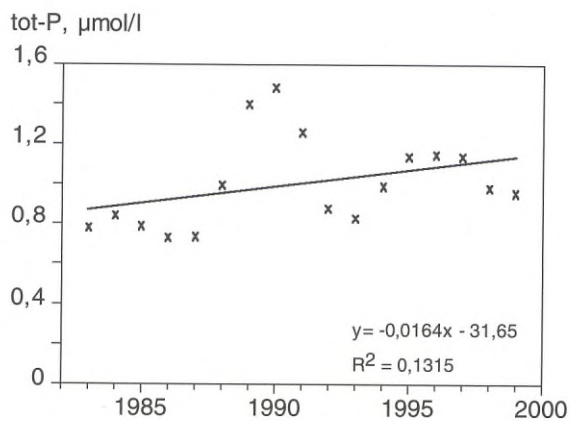
Figur 7b. Treårsmedelvärden av oorganiskt kväve från kustnära stationer i augusti.



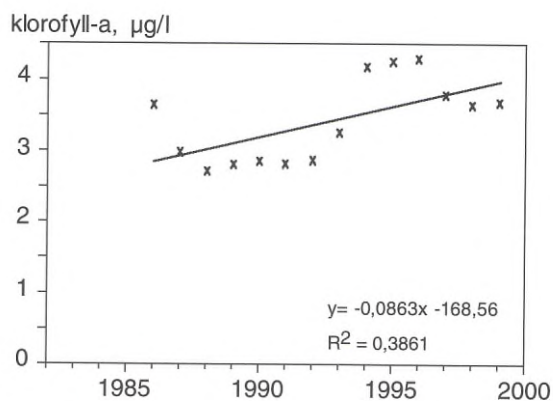
Figur 7c. Treårsmedelvärden av oorganiskt fosfor från kustnära stationer i augusti.



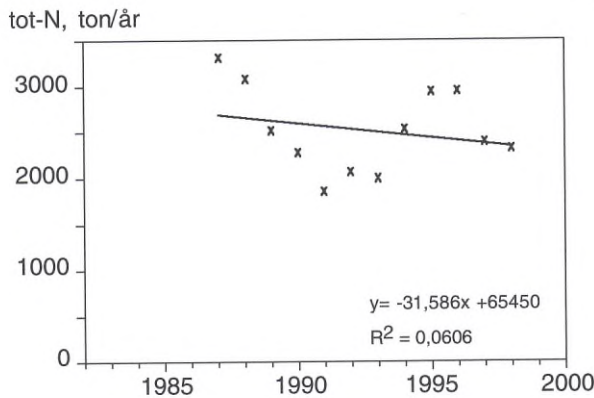
Figur 7d. Treårsmedelvärden av totalkväve från kustnära stationer i augusti.



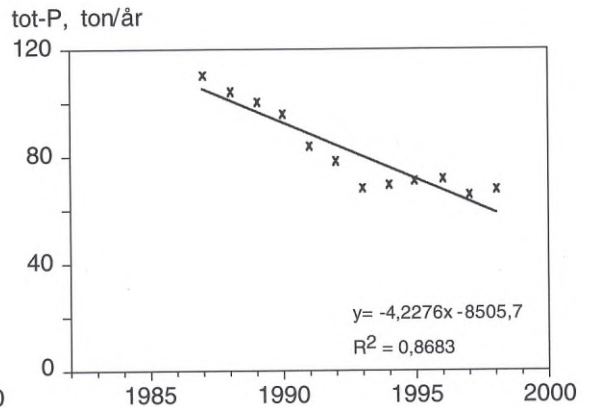
Figur 7e. Treårsmedelvärden av totalfosfor från kustnära stationer i augusti.



Figur 7f. Treårsmedelvärden av klorofyll-a från kustnära stationer i augusti.



Figur 7g. Vattenburen årsbelastning av totalkväve från vattendrag och punktkällor.



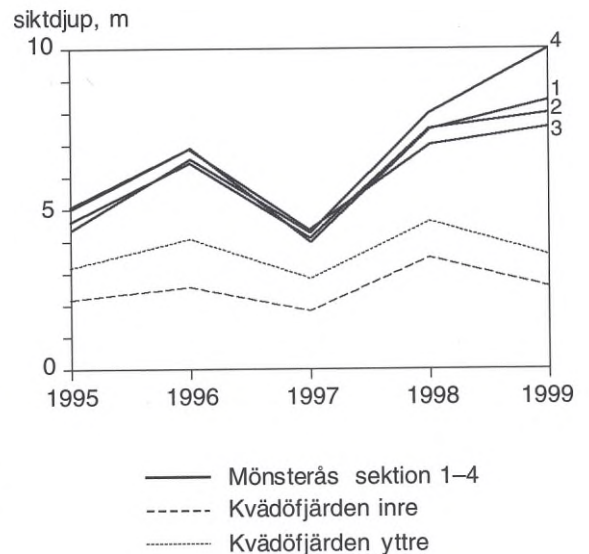
Figur 7h. Vattenburen årsbelastning av totalfosfor från vattendrag och punktkällor.

har därigenom också minskat (figur 7a). Resultaten indikerar att fosfor begränsar den tidiga vårblomningen medan kväve under de senaste åren allt mer fungerar begränsande för högsommarens primärproduktion.

Eutrofieringseffekter

Siktdjupet indikerar partikelförekomsten, bl a planktonalger, i vattnet och anses vara en god indikator på kusteutrofiering där vattnet inte påverkas av färgande ämnen, t ex humus från älvarna. Under perioden 1995–1999, d v s de år då effekterna på fisk var tydliga, ökade siktdjupet i augusti på de lokaler som ingår i provfiskeprogrammet från ca 4,8 m till ca 8 m (figur 8). Siktdjupet var betydligt sämre i referensområdet vid Kvädöfjärden, och någon tydlig tendens till förändring över tid kunde ej ses. Under åren 1995 till 1999, då jämförelser med siktdjup kan göras för de lokaler där fiskundersökningar genomfördes, minskade halterna klorofyll-a något (figur 7f).

Som mått på eutrofiering studerades också tångbältets djuputbredning på



Figur 8. Siktdjup.

28 stationer. På 2/3 av dessa stationer har antingen blåstångsbältena försvunnit helt eller periodvis eller minskat i djuputbredning. Den djupast växande blåstångsplantan har i genomsnitt förskjutits ca 2,7 m närmare ytan sedan kontrollen inleddes (Johansson 1999). Försämringen har varit tydlig fram till 1995–1996, varefter det noterats förbättringar, t ex nykolonisation av blåstång på flera lokaler.

Under 1999 återbesöktes blåstångsstationer i områden som inte omfattas av kontrollprogrammet. På 9 stationer undersöktes tångbältets djuputbredning och på 15 stationer även läget för den djupast växande blåstångsplantan. Stationerna hade inte besökts på minst 10 år. Bältets djuputbredning hade minskat med i genomsnitt 1,5 m på 7 av de 9 blåstångsbältesstationerna och med 1,2 m på 11 av de 15 stationer där utbredningen av den djupast växande blåstångsplantan kunde kontrolleras (Johansson opubl.). Orsakerna till blåstångens tillbakagång kan vara flera, minskad ljusgenomträngning till följd av förhöjd primärproduktion av växtplankton och överväxning av fintrådiga alger, konkurrens om substrat med fintrådiga alger, betning m m (Schramm 1996). Flera av orsakerna till blåstångens tillbakagång kan anses vara relaterade till en ökad eutrofiering.

Även andra tecken finns på en tydlig övergödningssituation i de kustnära vattenen. Täckande mätdata saknas visserligen, men allmänheten och kustkommunerna rapporterar alltmer frekvent om en tilltagande igenväxning av grunda mjukbottnar. Framförallt är det olika natearter och kraftig påväxt som ger upphov till besvär vid badplatser, bryggor och för fritidsbåtarnas framkomlighet. Igenväxningen verkar vara tydligast i länets södra delar. Fiskare rapporterar också om tilltagande besvär med fintrådiga alger som sätter igen nät och fasta redskap.

Belastningsdata

Den vattenburna belastningen på kusten kan delas in i vattendrag och punktkällor. Punktkällorna domineras av industrier och reningsverk. Närsaltsbelast-

ningen via vattendragen och punktkällorna visar en nedåtgående trend med avseende på fosfor medan kvävetransporten inte tenderat att minska (figur 7g och h). Utsläppen från punktkällorna följer samma mönster. Den totala vattenburna belastningen på kusten har alltså minskat med avseende på fosfor, medan ingen motsvarande minskning syns för kväve.

Vattendragens betydelse för belastningen på Kalmar läns kustvatten varierar med avståndet från strandlinjen. I det område närmast kusten som begränsas av 10-meterskurvan står vattendragen för 72% av kvävebelastningen, direktutsläppen för 11% och luftnedfall på havsytan för 17% (Enefalk *et al.* 2000). Om man beräknar belastningen på det vattenområde som begränsas av territorialvattengränsen minskar vattendragens andel av belastningen till 39%, direktutsläppen till 6% medan luftnedfallens andel ökar till 55% (Enefalk *et al.* 2000) sett i ett längre tidsperspektiv.

Mätdata och belastningsdata indikerar ett ökande eutrofieringsproblem. Den minskande oorganiska kväve/fosforkvoten tyder på att det kustnära systemet går mot en tydligare kvävebegränsning under huvuddelen av produktionsperioden (figur 7a). Samtidigt som den vattenburna kvävebelastningen inte tenderar att minska (figur 7g), minskar fosforbelastningen tydligt (figur 7h). Oorganiska närsaltsfraktioner minskar i augusti (figur 7b,c) och inkorporeras i primärproduktionen vilket indikeras av en ökad halt av klorofyll-a och totalkväve i augusti sett över hela observationsperioden (figur 7d, f). Sammanfattningsvis tenderar inte eutrofieringsproblemen att minska i det kustnära ekosystemet. Un-

der de allra senaste åren verkar dock eutrofieringen ha ändrat karaktär, vilket indikeras av det ökade siktdjupet och även i viss mån av minskande halter av klorofyll-a.

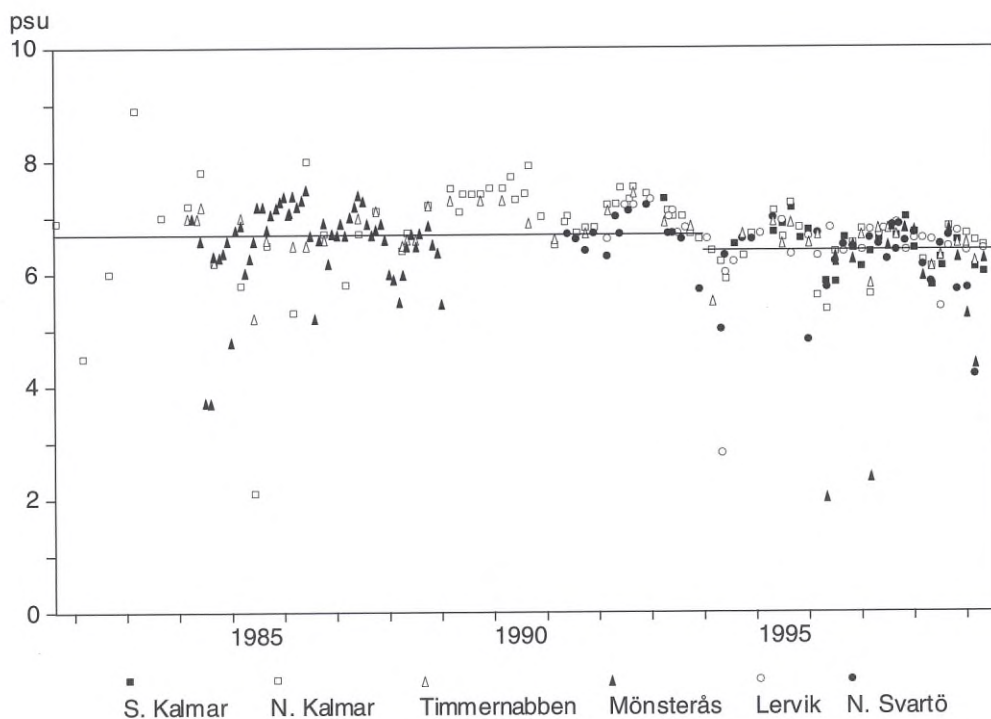
Salthalter

Salthalterna på sex lokaler i kustrecipientkontrollprogrammet sammanställdes. Lokalerna har valts så att de så långt möjligt representerar de fiskrekryteringsmiljöer som undersökts.

Salthaltsutvecklingen har varit nedåtgående sedan mätningarna började i mitten av 1980-talet (figur 9). Medelsalthalten under perioden 1982–1993 var 6,7 psu, varefter den sjönk till 6,3 psu under perioden 1994–1999.

Lekplatsinventeringar

Gäddrom observerades i samtliga besökta vattendrag (figur 2). Överlevnaden var högst, ungefär 70%, i Alsterån och Törnebybäcken. I Oknebäckens huvudfåra påträffades endast död rom. Utifrån kända ammoniumhalter i vattendragen gick det inte att förklara graden av romöverlevnad. Törnebybäcken har genomgående höga ammoniumhalter medan Alsterån har låga halter. Bortsett från vattendragen observerades gäddrom endast i Rafshagen. Gäddlek förekom på tre lokaler i området. Vid återbesök fanns ingen rom kvar. Ny rom som placerades ut i området försvann också. I området observerades stim av årsgamla karpfiskar samt höga tätheter av spigg vilket indikerar att rommen ätits upp.



Figur 9. Ytvattensalthalt på sex kustnära lokaler i Kalmarsund.

Romsträngar från abborre observerades i referensområdet Getbergsfjärden samt i Lervik, Björnö, Timmernabben samt vid Revsudden (figur 2). Trots att lek enligt uppgifter från lokala fiskare tidigare varit vanlig och att miljöförhållandena var till synes goda noterades inga romsträngar vid Ödängla och Djursvik. Vid Revsudden noterades lek i stort sett endast i ett mindre, sötvattenpåverkat, område. Enligt okulärbesiktning tycktes rommen kunna utvecklas till kläckning såväl i referensområdet som i övriga områden där lek förekommit. I Lervik och Revsudden var dock romdödligheten i något fall hög, kanske beroende på att rommen fallit ner till botten.

Kvantifieringar av mängden avsatt rom kan inte göras med denna typ av inventeringar. Det totala antalet romsträngar per ytenhet var dock mycket lågt i Kalmarsundsområdet. Lek förekom i ett utsötat mynningsområde, vilket innebär att salthalten i detta fall kan elimineras som begränsande faktor.

Köns- och längdfördelning hos gädda

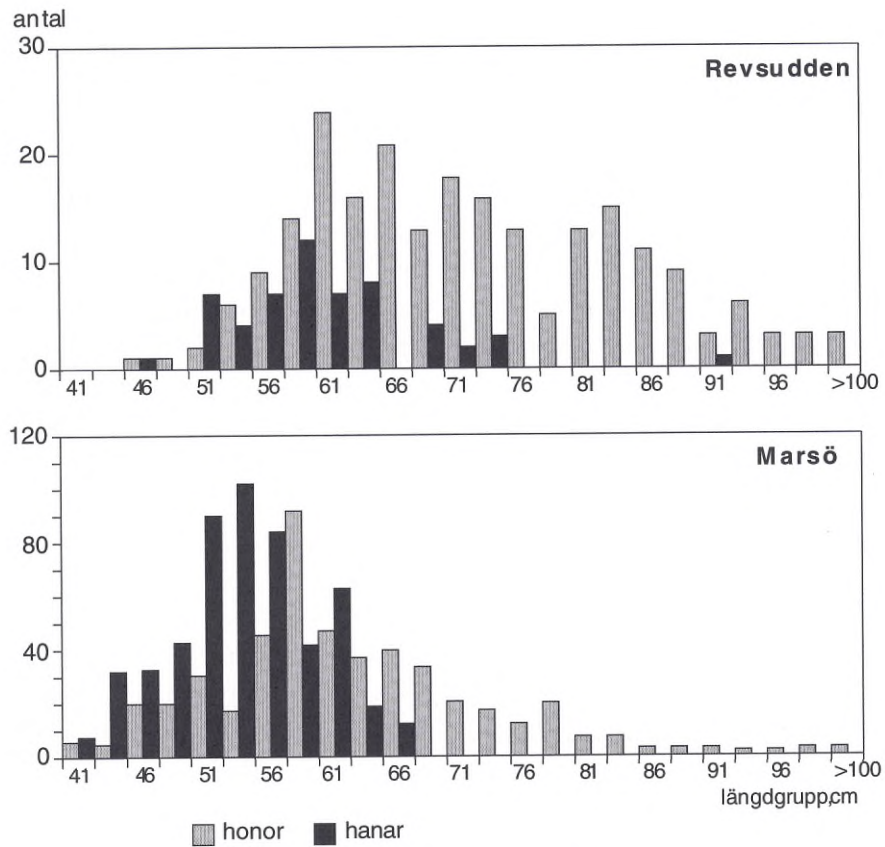
Gädda fångades i samtliga områden (tabell 1, figur 3). Då olika typer av redskap användes kan inte några mer ingående analyser av fångst per ansträngning göras. Den högsta fångsten i småryssjor togs dock i Marsö, ca dubbelt så hög som vid Kårehamn där likvärdiga redskap användes. Den största fångsten erhöles i ett ålbottengarn vid Revsudden. Resultaten från likvärdiga redskap antyder, att gäddbestånden var jämförelsevis svaga såväl efter Kalmarsunds fastlandskust som vid Ölands östra kust.

Andelen honor var högre i materialet från Kalmarsund jämfört med referensområdet (figur 10). Även längdfördelningarna avvek mellan områden. Vid Revsudden fångades endast sex gäddor kortare än 50 cm, och en stor del av materialet bestod av riktig stor fisk. Över 20% var längre än 80 cm. Längdfördelningen i Marsö innehöll betydligt fler små gäddor och indikerade en bättre rekrytering än i Kalmarsund under senare år.

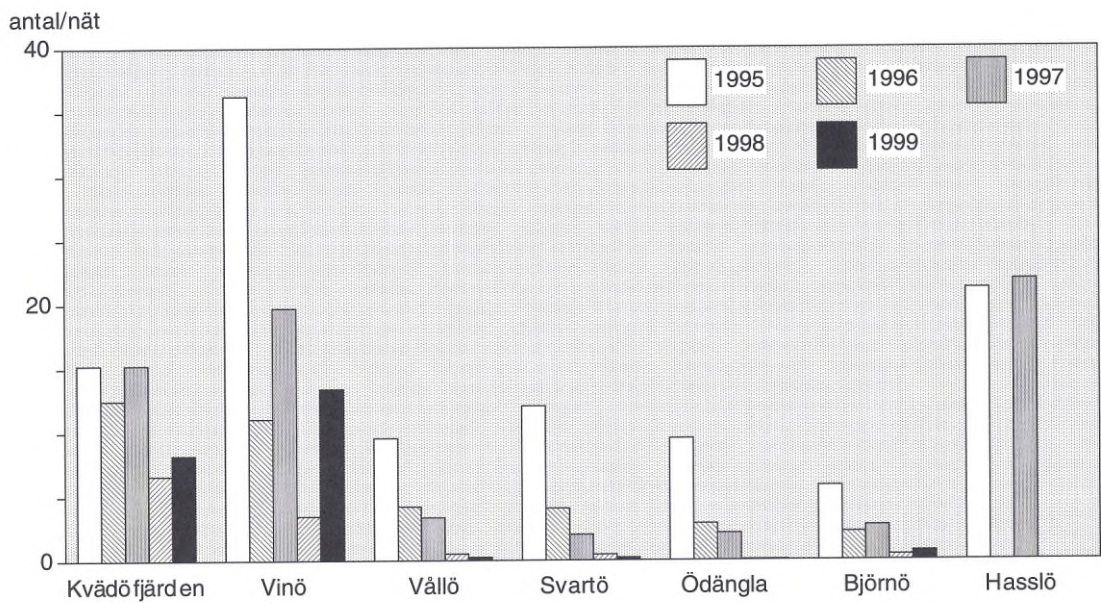
Tabell 1. Totalfångster och fångst per ansträngning av gädda 1998 i olika redskap.

område	redskap	totalfångst	fångst/anstr.
Marsö	8 ryssjor 3 m, upp till 50 m arm	1017	3,5
Svartö	3 ryssjor 2 m höjd/20 m arm	173	2,1
Vällö	4 ryssjor 1/10	52	
Revsudden	3 ryssjor 1/10	64	1,0
	1 ryssja 2/20	32	1,4
	1 ålbottengarn	283	9,8
Bottorpshamn	4 ryssjor 1/10	35	0,4
Djursvik	3 ryssjor 1/10	53	0,6
Bergkvara	2 ryssjor 1/10 & 1 ryssja 2/20	13	
Kårehamn	4 ryssjor 3 m, 50–180 m arm	214*	1,7

* antalet beräknat ur totalvikten med en skattad medelvikt av 2 kg.



Figur 10. Längdfördelning hos gäddor insamlade vid Revsudden och Marsö 1998.



Figur 11. Fångst per ansträngning (antal per nät och natt) av abborre 1995–1999. Provfisken vid Hasslö genomfördes endast åren 1995 och 1997

Nätprovfiske

Abborrbestånden i Mönsteråsområdet (Vällö–Björnö) har haft en fortsatt negativ utveckling sedan 1997 (figur 11). Fångsterna av abborre var betydligt lägre i området än i de norr om belägna Kvädöfjärden och Vinö samt söderut Hasslö i Blekinge skärgård.

Vid provfisket 1999 fångades sammanlagt endast 54 abborrar på stationerna Vällö, Svartö och Ödängla, medan 1939 abborrar fångades på den längre norrut belägna lokalen Vinö.

Även om provfiskemetoden inte är optimal för att skatta tätheten av gädda, visar resultaten en bild som liknar den för abborren. I inre Kvädöfjärden låg totalfångsterna på ungefär samma nivå 1999 som 1995, ca 30 fiskar. En minskning kan noteras för yttre Kvädöfjärden och Vinö från drygt 30 1995 till 6–7 1999. Nedgången var större i Mönsteråsområdet. Från en totalfångst av i medeltal ca 26 gäddor 1995 har den sjunkit till 3 vid fisket 1999.

Fångsten av karpfiskar, där mörten dominerar helt, var som tidigare år relativt hög såväl i Kalmarsundsområdet som i referensområdena under 1999. Endast en lokal avviker, Ödängla, där fångsten inte var större än 3,6 fiskar per nät. På övriga lokaler låg fångsterna genomgående mellan 10 och 30 per nät. Som en effekt av främst de mycket låga abborrfångsterna var totalfångsten per lokal betydligt lägre i Vällö, Svartö, Ödängla och Björnö än i referensområdena.

Det inventerande provfisket som gjordes 1998 gav en bild av försvagade abborr- och gäddbestånd i ett stort område efter Kalmarsunds kust. Bilden var likartad på den öländska lokalen Kårehamn (tabell 2). Förekomsten av särskilt abborre

var mycket sparsam i hela området från Vånevik till Timmernabben och nästan inga fångster alls erhöles i Kårehamn. För övriga arter förekom inga tydliga täthetsmönster. De vanligaste karpfiskarna, mörten och björkna, förekom i normala mängder på flertalet lokaler, utan någon tendens till vare sig högre eller lägre tätheter i Kalmarsundsområdet jämfört med referenslokalerna (tabell 2). Kårehamn avvek dock genom mycket låga tätheter av även dessa arter. Överhuvudtaget var totalfångsten mycket låg på denna lokal. Resultatet kan till viss del bero på att temperaturen vid provfisket låg jämförelsevis lågt i Kårehamn, under 10°C. Att temperaturen skulle kunna förklara de låga fångsterna i Kalmarsund är dock mindre sannolikt. Medeltemperaturen var ca 13°C i det påverkade området jämfört med ca 12°C i Kvädöfjärden och ännu något lägre i Vinö och Simpevarp.

Förekomsten av yttre synliga sjukdomstecken eller skador var låg och ingen skillnad förelåg mellan referenser och övriga områden.

Inventering av årsyngelförekomst

Den totala tätheten årsyngel var störst i den inre lokalen i Kvädöfjärden vid 1998 års övergripande inventering (figur 12, tabell 3). I den mer exponerade lokalen låg tätheterna betydligt lägre. Artfördelningen avvek mycket kraftigt mellan samtliga Kalmarsundslokaler och inre Kvädöfjärden. I Kalmarsund var spiggar helt dominerande, medan abborre, karpfiskar och gädda var de vanligaste arterna i inre Kvädöfjärden. Nämnvärda tätheter av abborre och mörten förekom annars bara i en åmynningslokal vid Revsudden. Gädda förekom på fler lokaler i Kalmarsund, främst i Smältevik vid Vå-

Tabell 2. Resultat av inventerade nätprovfiske 1998. Fångst per ansträngning uttryckt som antal per nät under en natts fiske.

	Kvädö- fjården Inre	Kvädö- fjården yttre	Vinö	Simpe- varp	Vånevik	Vällö	Svartö	Ödängla	Björnö	Timmer- Revs- nabben	N. S.	S. Revs- udden	S. Kalmar	Djurs- vik	Bröms	Kåre- hamn
abborre	6,6	6,75	3,52	4,91	0,44	0,45	0,38	0,06	0,35	0,38	1,57	3,52	5,44	5,55	3,75	0,02
björkna	1,17	0,1	2,43	2,03	0,56	2,15	1,18	0,49	1,34	5,23	1,2	2,23	2,25	0,95	1,22	0
braxen	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gers	0,23	0,38	0,76	0,89	1,07	0,08	0,22	0,09	0,25	0,28	0,63	0,2	0,28	0,47	0,03	0
guläl	0	0	0,01	0	0,03	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0
gädda	0,19	0,08	0,08	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0,1	0,06	0,04	0,17	0,06	0,05	0	0,06
gös	0,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
id	0	0	0	0	0	0,02	0,01	0,03	0,02	0	0,02	0,03	0,05	0,05	0,06	0
löja	0	0,01	0	0	0,14	0	0,01	0	0	0,02	0,02	0	0	1	0,19	0,02
mindre havsnål	0	0	0	0	0	0,01	0,01	0,03	0,01	0	0	0	0	0	0	0
mört	11,75	5,39	7	4,11	8,42	13,4	16,59	3,98	6,47	13,4	5,75	4,58	1,95	10,5	12,64	0
nors	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ruda	0	0	0	0	0	0,06	0	0	0	0,02	0	0,25	0,09	0	0,02	0
sarv	0,16	0,01	0	0,06	0,03	0,19	0,03	0,1	0,15	1,14	0	3,2	1,44	0,7	0,11	0
sik	0,01	0	0	0,04	0	0,01	0,01	0	0,01	0,02	0	0	0	0	0,03	0
skarpsill	0	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0,05	0	0,02	0	0,03	0,11	0,04
skrubbskädda	0	0,02	0,03	0,03	0,04	0,12	0,01	0,09	0,01	0	0	0	0,03	0,44	0,38	0,08
storspigg	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02
strömming	0,27	0,01	0,1	0,11	2,07	0,08	0,21	0,56	0,07	1,36	1,45	0,5	0,27	2	3,59	0,52
sutare	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
tobiskung	0	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
tånglake	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
tångsnälla	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,02	0	0	0	0	0
vimma	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0,06	0
totalt	20,53	12,75	13,93	12,23	12,83	16,7	18,68	5,47	8,79	21,9	10,7	14,9	11,86	21,74	22,21	0,76
medeltemperatur	11,8	11,9	10	10,6	8,3	13,6	12,9	11,7	13,4	12,3	12,9	15,2	15,5	13,4	11	9,5

nevik och vid Revsudden och Kalmar, men även för denna art var tätheterna högst i inre Kvädöfjärden. De högsta tätheterna av spiggar noterades i området från Lervik till Revsudden. Sillar och stubbar har också pelagiska yngel som kan inventeras med sprängteknik. Täthetsmått för dessa arter är dock mer subjektiva, då en större andel sjunker till botten vid provtagningen. Årsyngel av dessa arter förekom mycket sparsamt i de centrala delarna av sundet jämfört med i Kvädöfjärden.

Även vid 1999 års undersökning var tätheterna av samtliga arter utom spiggar högst på referenslokalerna (tabell 4). Inga yngel av abborre, gädda och karpfiskar fångades på lokalerna i Kalmarsund.

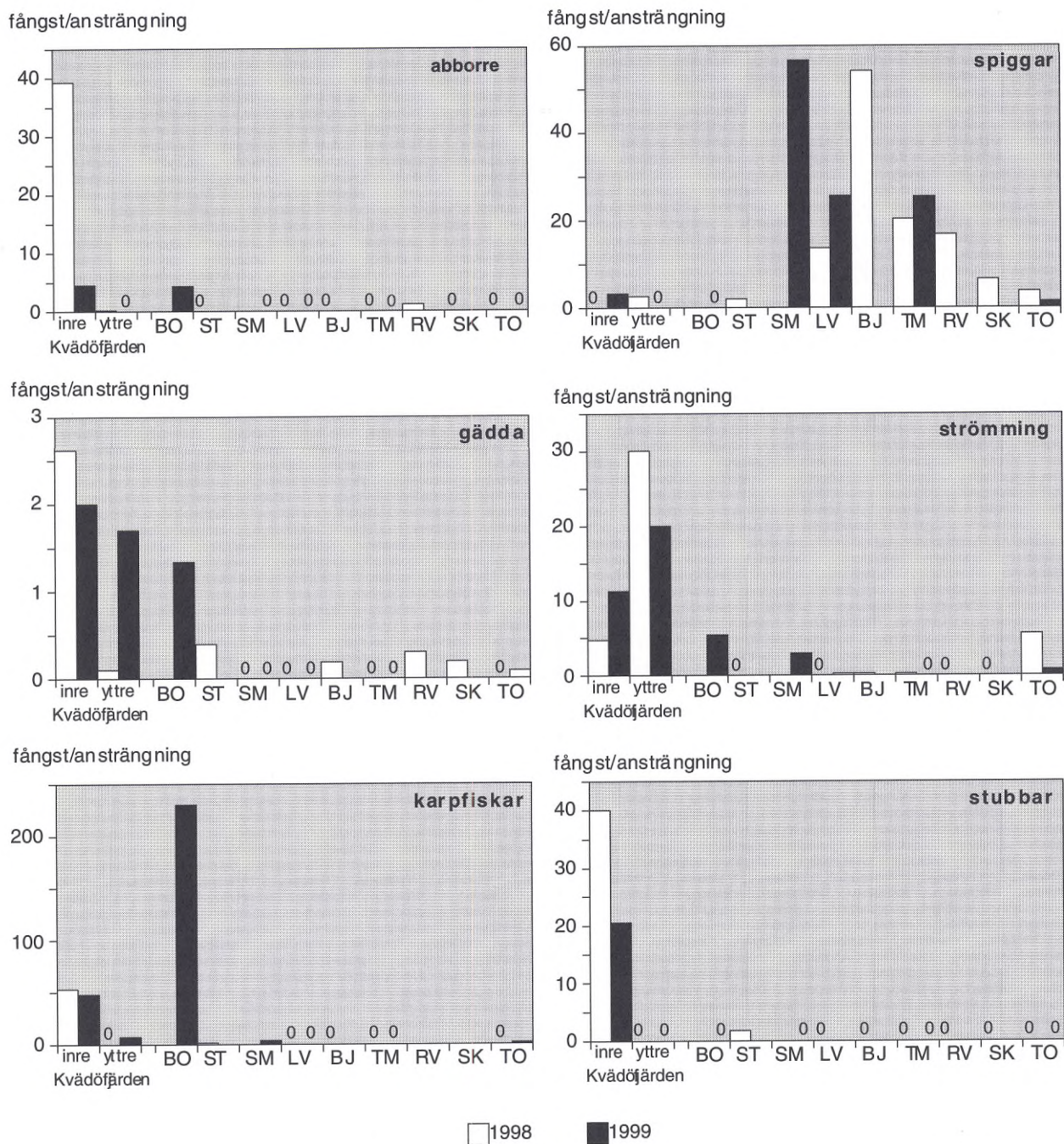
Undersökningarna i Mönsterås 1989 och 1990 visade, att årsyngeltätheterna av abborre, gädda och karpfiskar var höga (figur 13), t o m högre än i det referens-

område som då användes (Karås 1990). År 1997 hade tätheterna sjunkit till så låg nivå att rekryteringen sannolikt i stort sett upphört i området. De fortsatta undersökningarna 1998 och 1999 visade att rekryteringsskadan kvarstod (figur 13). Studierna i Torsås visar likaså att rekryteringen varit svag redan vid mitten av 1990-talet (tabell 5). Fångsterna av årsyngel av abborre och gädda var genomgående mycket låga. Under 1998 och 1999 fångades endast två gäddyngel i Torsåsområdet, och inte en enda abborre. Relativt höga tätheter av karpfiskar förekom 1996 och 1997, men även dessa var i stort sett försvunna de senare åren. I motsats till Mönsteråsområdet var inte tätheten av spiggar särskilt hög i Torsås.

Förekomsten av yttre synliga sjukdomstecken eller skador var låg och ingen skillnad förelåg mellan referenser och övriga områden.

Tabell 3. Årsyngelförekomst, uttryckt som antal per 15 skott i referensområdet Kvädöfjärden och i 14 områden längs Kalmar läns fastlandskust vid inventering 1998.

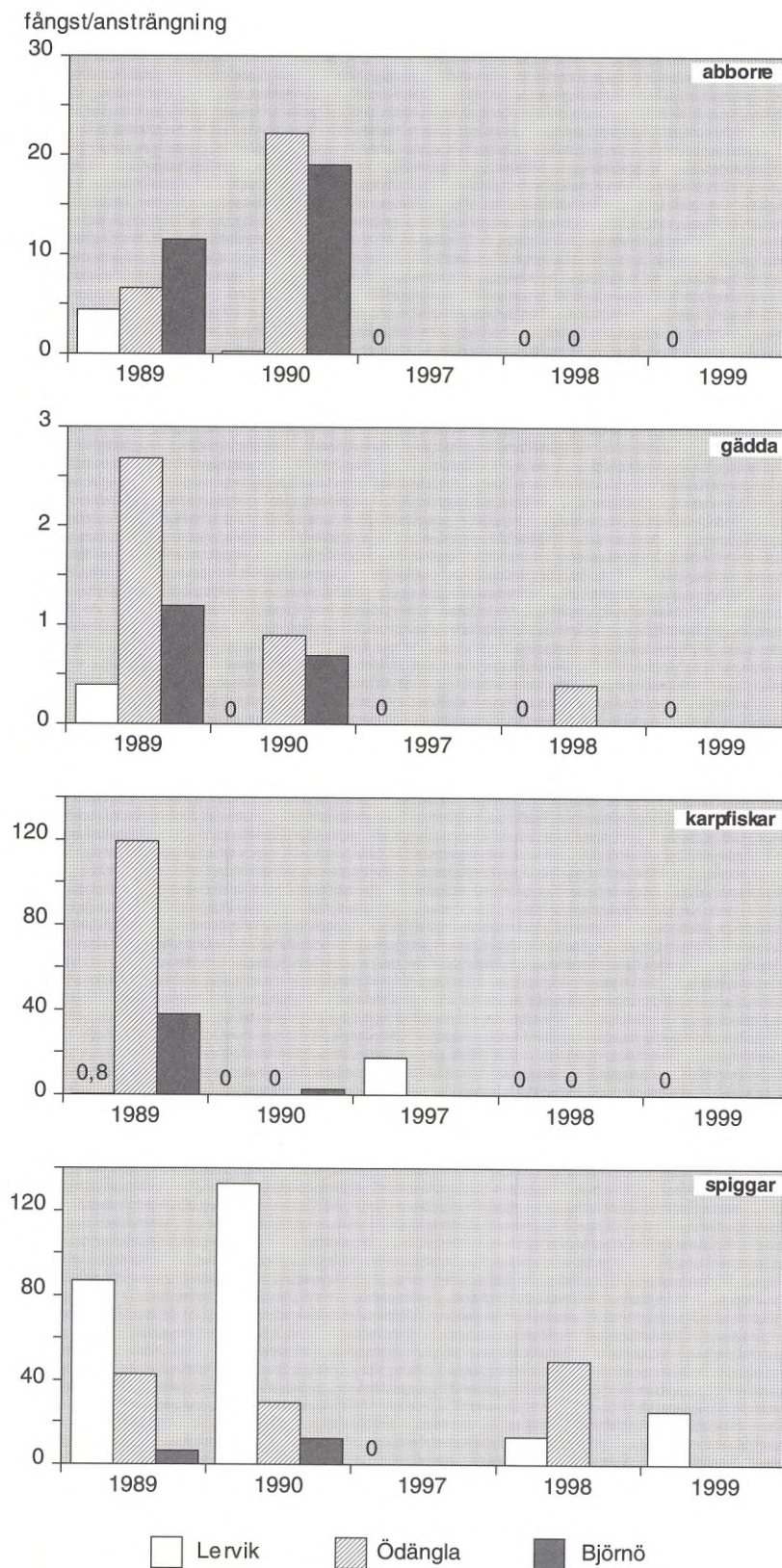
område	abborre	gädda	karpfiskar	spiggar	sillar	stubbar	totalt
Kvädöfjärden, inre	585	39	790	0	70	600	2084
Kvädöfjärden, yttre	1	1	0	40	450	0	492
Vånevik (ST)	0	0	16	40	0	35	91
Vånevik, Smältevik (ST)	0	21	1	0	0	0	22
Lervik (LV)	0	0	0	200	0	0	200
Björnö (BJ)	0	3	0	779	0	0	782
Björnö, Lyckefj.	0	0	0	900	15	0	915
Lövö (TM)	0	0	0	610	5	1	616
Lövö, Långnäs (TM)	0	0	3	20	5	0	28
Revsudden I (RV)	36	2	15	2	0	0	55
Revsudden II (RV)	0	8	0	485	0	0	493
Revsudden III (RV)	0	3	0	213	3	0	219
S Kalmar (SK)	0	3	1	92	0	0	96
Torsås I (TO)	0	1	0	0	220	0	221
Torsås III (TO)	0	0	0	100	12	0	112
Torsås IV (TO)	0	0	0	15	0	0	15



Figur 12. Fångst av årsyngel 1998 och 1999 Förklaringar till områdesförkortningar ges i tabell 3 och 4.

Tabell 4. Totalfångst av årsyngel i referensområdena Kvädöfjärden och Borholmsfjärden samt i fyra områden efter Kalmar läns fastlandskust 1999.

	abborre	gers	gädda	karpfiskar	spiggar	stubbar	sillar	totalt
Kvädöfjärden, yttre	0	0	26	100	0	0	300	426
Kvädöfjärden, inre	68	0	30	720	50	310	170	1348
Borholmsfjärden (BO)	65	3	19	3456	0	0	80	3623
Smerumsviken (SM)	0	0	0	50	855	0	39	944
Lervik	0	0	0	0	386	0	1	387
Timmernabben	0	0	0	0	380	0	0	380
Torsås	0	0	0	15	18	0	4	47



Figur 13. Fångst av årsyngel (antal per skott) av abborre, gädda, karpfiskar och spiggar i Mönsteråsområdet 1989, 1990, 1997, 1998 och 1999.

Tabell 5. Totalfångster av årsyngel i Torsås och i referensområdet Kvädöfjärden (yttre: Torrö; inre: Häxvassen) åren 1996–1999.

område	år	antal skott	abborre	gädda	karpfiskar	spiggar
Kvädöfjärden yttre	1996	15	0	5	1	22
	1997	15	53	26	222	0
	1998	15	1	1	0	40
	1999	15	0	26	100	0
Kvädöfjärden inre	1996	15	82	13	184	5
	1997	15	336	16	3529	0
	1998	15	585	39	790	0
	1999	15	68	30	720	50
Torsås I	1996	15	0	4	41	6
	1997	15	2	3	35	0
	1998	15	0	1	0	0
	1999	–	–	–	–	–
Torsås II	1996	15	0	0	0	15
	1997	15	2	0	418	10
	1998	0	–	–	–	–
	1999	–	–	–	–	–
Torsås III	1996	15	0	0	1	315
	1997	15	0	0	5	0
	1998	15	0	0	0	100
	1999	8	0	1	0	14
Torsås IV	1996	15	5	1	1675	0
	1997	15	0	0	435	0
	1998	10	0	0	0	15
	1999	7	0	0	15	2

Larv- och zooplanktonundersökningar

De största antalen abborrlarver fångades i referensområdena Borholmsfjärden och inre Kvädöfjärden (tabell 6). I Smerumsviken och Timmernabben fångades totalt endast en larv, trots stora ansträngningar. Ett mindre antal larver, totalt 18 st, fångades i Lervik. Samtliga dessa fångades under den första delen av provtagningsperioden. Såväl nykläckta (5–6 mm) som äldre abborrlarver förekom i proven från Borholmsfjärden och inre Kvädöfjärden. En tydlig förändring mot större larver noterades under provtagningsperioden i inre Kvädöfjärden, medan nykläckta larver fortfarande förekom i juni i Borholmsfjärden. Tydligt var

kläckningsperioden mer utdragen i detta område.

Längdfördelningarna för materialen från Borholmsfjärden, inre Kvädöfjärden och Lervik (figur 14) från närliggande provtagningsdagar i mitten av maj antyder att endast få larver överlevt efter gulesäcksstadiet i Lervik, medan utvecklade larver är vanliga i referensområdena. En dålig överlevnad i Lervik indikeras även av att endast en larv fångades vid provtagningarna i slutet av maj och början av juni, då larver fortfarande var vanliga i Häxvassen och Borholmsfjärden.

Analysen av zooplanktonprov gjordes på den del av materialet som insamlades under den kritiska tidsperiod i sluta-

Tabell 6. Resultat av larvträlningar. Totalt antal fångade abborrlarver under olika provtagningsdagar. Referensområden är Kvädöfjärden och Borholmsfjärden.

lokal	djup, m	12/5	20/5	21/5	25/5	26/5	27/5	28/5	31/5	1/6	2/6	3/6	7/6	8/6	9/6	10/6	11/6	14/6	15/6	17/6	18/6	21/6	totalt
Kvädöfjärden yttre	1				0					2				0							0	0	2
	0,2				2					0				0							0	0	2
Kvädöfjärden inre	1				22				19					86						2		1	130
	0,5				0				0					0						0	6	0	6
Borholmsfjärden	0,2				4			3						3						0	0	0	10
	1						130			42					51				4				620
Smerumsviken	0,2						28			93				10						0			625
	0,5								0				0	0						0	0	0	1
Lervik	1													0						0	0	0	0
	0,2							1		0			0	0						0	0	0	14
Timmernabben	1								0											0	0	0	0
	0,5								1				0	0						0	0	0	0

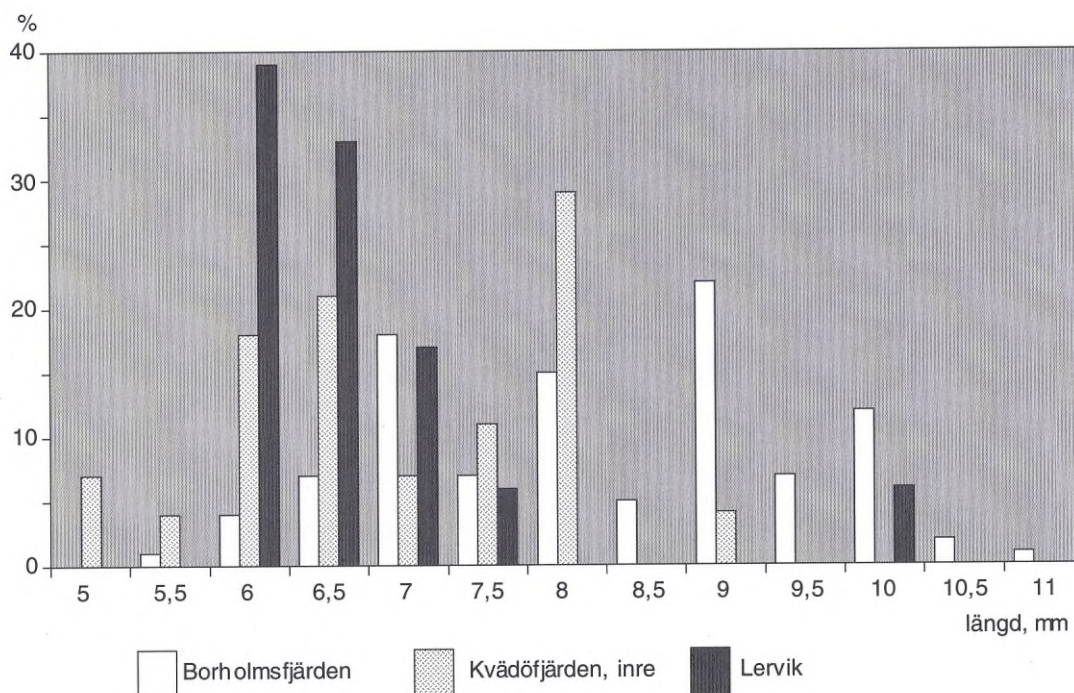
tet av maj 1999 när gulesäckslarverna enligt larvstudierna skulle börja söka föda. Jämförelser mellan Borholmsfjärden, Timmernabben och Lervik visar att det fanns stora skillnader i såväl artsammansättning som täthet av de grupper som var viktiga som föda för abborrens larver (tabell 7). I referensområdet Borholmsfjärden var totaltätheterna upp till 10 gånger högre än i Lervik och Timmernabben. Rotatorier dominerade i samtliga områden. I Borholmsfjärden var *Keratella spp.* vanligast, medan *Synchaeta spp.* dominerade i Timmernabben. Copepodnauplier och copepoditer är de kanske viktigaste födoobjekten för larverna. Här fanns en mycket tydlig skillnad mellan referensområdet och de påverkade lokalerna. Tätheten av nauplier var ca 5 gånger högre än i Timmernabben och mer än 10 gånger högre än i Lervik. Copepoditer förekom sparsamt i samtliga områden.

Spermiemobilitet, embryonalutveckling, kläckning och larvöverlevnad – laboratorieförsök

Gädda

Spermiemobiliteten var god för samtliga hanar och samtliga områden. Mer än hälften av spermerna simmade efter två minuter vid de båda undersökta salthalterna (4 resp 6,7‰).

Både kläckningsframgång och larvöverlevnad var något lägre för ägg från gäddor fångade i Lervik, Skuteholm och Revsudden jämfört med referensmaterialen (figur 15). Skillnaderna var emellertid inte statistiskt signifikanta (Kruskal-Wallis test, $H_{5,N;60}=8,72$, $p=0,121$). Ca 40% av äggen utvecklades till kläckning i båda grupperna. Den totala överlevnaden fram till dess att försöket avbröts skilde sig inte heller signifikant mellan områdena



Figur 14. Längdfördelningar för abborrlarver fångade i slutet av maj 1999 i Borholmsfjärden, Kvädöfjärden (inre lokal) och Lervik.

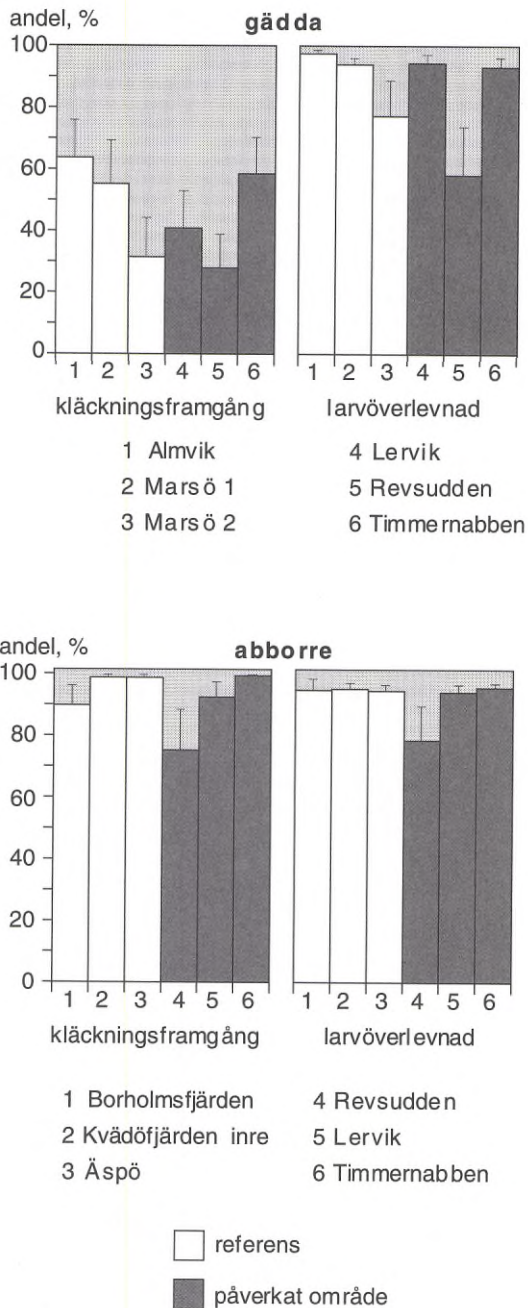
Tabell 7. Täthet av zooplankton (antal/l) i Borholmsfjärden, Lervik (medelvärde av två prov från vardera av två lokaler) och Timmernabben (medelvärde av två prov från vardera av fyra lokaler).

område	datum	Keratella spp.	Synchaeta spp.	Rotatorier obest.	Copepod-naupl.	Copepoditer	Balanus-naupl.	övriga	totalt
Borholmsfjärden	990520	172	9		82	4	86	3	356
	990527	810	50		51	12	2	4	929
Timmernabben	990525	55	236		16	6	1	3	317
Lervik	990521			32	2	<1	0	<1	35

(Kruskal-Wallis test, $H_{5,N:60} = 4,93$, $p = 0,425$). Överlevnaden under gulesäckstadiet var ca 85%. Kroppslängden vid försökets slut var något större för larver från Kalmarsundslokalerna, 13,1 mm i medeltal jämfört med 12,6 mm i referensmaterialet. Skillnaden var inte signifikant (t-test, $p > 0,05$).

Abborre

Kläckningsgraden för den undersökta abborrommen var i medeltal ca 90% (figur 15). Inga statistiskt signifikanta skillnader förelåg mellan lokaler (Kruskal-Wallis test, $H_{5,N:60} = 6,85$, $p = 0,232$). Överlevnaden under gulesäckstadiet var också i medeltal ca 90% (figur 15). I flerta-



Figur 15. Kläckningsframgång och larvöverlevnad (+SE) för gädda och abborre i laboratorieförsöket.

let fall var överlevnaden mycket god, och samtliga områden hade romsträngar som producerade larver med 100% överlevnad. Inga signifikanta skillnader förekom mellan lokaler (Kruskal-Wallis test, $H_{5,N:60}=3,22$, $p=0,667$). Kroppslängden vid försökets slut var något större för larver från Kalmarsundslokalerna (6,9 mm) jämfört med referensmaterialet (6,5 mm). Skillnaden var inte signifikant (t-test, $p>0,05$).

Embryonalutveckling, kläckning och larvöverlevnad – fältförsök

Gädda

Kläckningsfrekvensen var låg (20–30%) och uppvisade stor variation mellan enskilda honor, medan variationen mellan områden för enskilda honor var liten. Någon signifikant skillnad mellan områden förelåg ej (tabell 8). Variationer i äggöverlevnad mellan enskilda behandlingar observerades i ett tidigt skede och kan med stor sannolikhet tillskrivas olika grad av befruktning. Obefruktade ägg infekterades av mögelsvamp och i slutet av första veckan från försökets start observerades kraftig mögelbildning i alla områden. Döda ägg och larver kunde inte avlägsnas utan risk för störning av de överlevande.

Andelen kläckta larver som överlevde till försökets slut var störst i Getbergsfjärden (77%; tabell 8). Överlevnaden i Lervik och Skuteholm var 63 respektive 64% (tabell 8). Någon signifikant skillnad mellan områdena förelåg ej. För Lervik och Skuteholm fanns en signifikant negativ korrelation mellan kläckningsframgång och överlevnad efter kläckning (linjär korrelation, $p<0,05$ resp $p<0,01$). Hög dödlighet observerades 12 och 14 maj

Tabell 8. Försök med kläckning av gäddrom i fält. Frekvens av missbildade larver, medelvärde för antal kläckta larver i olika delförsök, och andelen överlevande av dessa vid försökets slut. $n = 10$ för Almvik, $n = 8$ för Marsö 1 och $n = 12$ för Marsö 2.

försöksplats	ursprung	missbildade %	kläckta larver		överlevande efter kläckning	
			antal	sd	%	sd
Getbergsfjärden	Almvik	<1	118	146,0	70	17,8
	Marsö 1	0	166	161,9	76	12,5
	Marsö 2	0	125	204,4	87	11,1
	hela materialet	<1	134	170,9	77	15,7
Lervik	Almvik	<1	122	176,6	71	34,0
	Marsö 1	0	192	182,4	52	36,0
	Marsö 2	0	110	185,6	64	43,3
	hela materialet	<1	136	178,8	63	36,7
Skuteholm	Almvik	0	170	164,1	69	38,4
	Marsö 1	0	241	212,9	42	44,9
	Marsö 2	0	141	208,8	75	32,5
	hela materialet	0	177	193,7	64	39,3

Tabell 9. Överlevnad och tillväxt för gäddyngel efter gulesäcksstadiet i fältförsök.

	start	avslut	antal larver vid start	överlevnad %	tillväxt mm/dygn
Getbergsfjärden 1	19 maj	26 maj	50	4	0,27
Getbergsfjärden 2	19 maj	26 maj	50	4	0,34
Lervik 1	21 maj	28 maj	50	48	0,12
Lervik 2	21 maj	28 maj	50	56	0,11
Skuteholm 1	20 maj	27 maj	50	14	0,29
Skuteholm 2	20 maj	27 maj	50	18	0,37

i vissa av rören med många kläckta larver i Skuteholm, i samband med frisk ostlig vind. Trots att kassarna skyddats med länsar blev sjöhävningen så kraftig att de ännu inte simkunniga larverna kastades runt i försöksbehållarna, vilket bedöms ha orsakat dödligheten. Hög dödlighet konstaterades även i vissa av rören i anslutning till försökens avslutande i Lervik och Skuteholm. I Lervik registrerades hög dödlighet i sex larvtäta rör 20 maj, i samband med varmt och stilla väder. Halten löst syrgas i rören på förmiddagen uppmättes till ca hälften av

halten utanför rören, indikerande att respirationen under natten kan ha sänkt syrehalten till en för larverna kritisk nivå. Rören i Lervik och Skuteholm var vid den tidpunkten relativt kraftigt påvuxna av fintrådiga bruna alger, ett fenomen som var betydligt mindre uttalat i Getbergsfjärden.

I de burförsök med gäddlarver som startades så snart larverna blivit frisimmande erhöles högst överlevnad i Lervik, där hälften av larverna levde efter en vecka (tabell 9). Dödligheten var större i Skuteholm och störst i Getbergsfjärden,

där endast fyra larver överlevde. Larverna hade vuxit 0,1–0,4 mm per dag och den största påträffades i Skuteholm och hade uppnått 16 mm. Gäddorna hade vuxit något långsammare i Lervik, där vattentemperaturen var lägre.

Abborre

En hög andel ägg utvecklades normalt över kläckning och den första larvfasen i samtliga försöksgrupper och på samtliga exponeringslokaler (tabell 10). Endast få missbildade larver noterades. En viss dödlighet förelåg på äggstadiet, utan tydlig skillnad mellan lokalerna. Dödligheten yttrade sig som sammanhängande döda partier på äggsträngarna som efterhand drabbades av mögeltillväxt. Med ett undantag, Smerumsviken, var larvdödligheten låg och jämförbar mellan exponeringslokaler och härstamningar. An-

delen friska larver vid försökets slut var där signifikant lägre än i de övriga områdena. Dödligheten i Smerumsviken inträffade under kläckningsperiodens första del då temperaturen låg under 8°C. Temperaturen var låg även i Lervik och Skuteholm, dock inte under lika lång tid och efter att kläckningen hade påbörjats. Dödligheten i Smerumsviken kunde ej kopplas till för hög salthalt, då vi här hade de mest utsötade förhållandena.

Larvdödligheten i de påföljande burförsöken var mycket hög på referenslokalen i Getbergsfjärden (tabell 11). Försöken pågick 10–16 dagar från det att de sista larverna satts ut i respektive bur. Flest larver överlevde i de senast startade försöken i Lervik, Skuteholm och Smerumsviken. Dessa försök omfattade de larver som kläcktes sent i respektive område. Den dagliga tillväxten beräkna-

Tabell 10. Försök med kläckning av abborrom i fält. Frekvens (%) av missbildade larver, döda ägg och larver samt friska larver vid försökets slut. $n=10$ för varje ursprungsområde och försöksplats.

försöksplats	ursprung	missb. larver		döda ägg		döda larver		friska larver	
		%	sd	%	sd	%	sd	%	sd
Getbergsfjärden	Borholmsfjärden.	<1		1,7	1,35	1,3	1,13	96,9	1,93
	Häxvassen	<1		2,8	4,56	1,0	1,25	96,0	5,46
	Äspöbron	0		1,7	2,45	1,1	1,14	97,2	3,53
	hela materialet	<1		2,1	3,02	1,1	1,14	96,7	3,75
Smerumsviken	Borholmsfjärden	0		7,0	5,31	9,2	6,89	83,8	11,78
	Häxvassen	<1		2,7	3,41	11,7	14,79	85,5	17,11
	Äspöbron	0		3,9	3,70	12,1	10,85	84,0	11,37
	hela materialet	<1		4,6	4,47	11,0	10,99	84,4	13,22
Lervik	Borholmsfjärden	0		5,4	4,60	4,8	4,50	89,9	7,83
	Häxvassen	<1		2,2	3,26	2,4	2,71	95,4	5,59
	Äspöbron	<1		1,8	2,87	4,4	6,89	93,8	7,49
	hela materialet	<1		3,1	3,89	3,9	4,94	93,0	7,19
Skuteholm	Borholmsfjärden	<1		4,7	5,81	1,7	1,48	93,5	6,43
	Häxvassen	<1		3,5	3,20	2,4	2,49	94,1	4,70
	Äspöbron	<1		4,6	8,42	3,0	5,11	92,3	12,88
	hela materialet	<1		4,3	6,00	2,4	3,31	93,3	8,43

Tabell 11. Överlevnad och tillväxt för abborrlarver efter gulesäcksstadiet i fältförsök. (Daglig längdökning är beräknad från sista startdatum för respektive delförsök)

försök	start	avslut	antal larver start	överlev. %	tillväxt mm/dygn
Getbergsfjärden 1	10–13 maj	26 maj	159	1,3	0,04 (inkl döda larver)
Getbergsfjärden 2	5–10 maj	26 maj	151	1,3	0,05 (inkl döda larver)
Lervik 1	18 maj	28 maj	166	59	0,20
Lervik 2	7–17 maj	28 maj	159	21	0,13
Skuteholm 1	9–14 maj	27 maj	157	8,3	0,15
Skuteholm 2	14–17 maj	27 maj	158	25	0,17
Smerumsviken 1	19 maj	30 maj	153	49	0,13
Smerumsviken 2	12–18 maj	30 maj	161	16	0,09

des som skillnaden i medellängd mellan avslut och start, dividerad med antal dygn från sista besättningsdag till avslut. Detta medför en viss överskattning i försöken med utdragen starttid. Tillväxten i Getbergsfjärden, där medellängden vid avslut även omfattar de döda larver som hittades, var svag. De få överlevande larverna hade dock vuxit till 8–9 mm. Tillväxten i övriga försök varierade mellan 0,09 och 0,2 mm per dygn, vilket innebär att ynglen börjat äta och vuxit normalt vid rådande temperaturförhållanden (Karås 1996). Medeltemperaturen i vattnet varierade mellan 11°C som lägst i Smerumsviken och 14,6°C som högst i Skuteholm.

Diplostomum i snäckor och exponering av gäddyngel för svärmande cercarier

Inga av de insamlade snäckorna bar larver av *Diplostomum sp.* Kontrollen av det vatten de levte i visade också att svärmsmogna cercarier ej förekom. Resultaten antyder, att det saknades cer-

kariesvärmningar i de områden där kläckningsförsök och rekryteringsstudier genomfördes. Gäddyngel som exponerades för cercarier överlevde den akuta infektionen. Förekomst av cercarier i fiskens ögon konstaterades i nio av de tio exponerade ynglen.

Predationsstudier

Försöken med gäddrom visade att en omfattande predation inleddes efter några minuter i båda områdena. Äggen äts av flera arter i Getbergsfjärden. Löja och mört var vanligast, men även abborre, gers och andra karpfiskar observerades äta av äggen. Storspigg var enda predator i Skuteholm, där enriset rensades helt från ägg efter c:a två timmar. Studierna indikerade att äggen upptäcktes med hjälp av synen då fiskarna "patrullerade" inom sitt födosöksområde. Ätande fiskar tycktes ha en attraherande effekt på andra fiskar och ätandet blev efterhand intensivt.

Diskussion

En av projektets viktigaste målsättningar var att dokumentera rekryteringsutfall samt täthet och artsammansättning hos vuxen fisk i det område i Kalmarsund som antogs vara påverkat av någon faktor som stör fisksamhället. Den bild som erhöles efter de yngelundersökningar och provfisken som genomfördes under senare delen av 1990-talet visar med skrämmande tydlighet hur allvarligt skadat fisksamhället var inom ett stort och ur fiskproduktionssynpunkt viktigt kustområde. En lokal undersöktes också vid östra Ölands kust. Även här var bestånden uppenbarligen mycket svaga.

Bestånden av abborre var särskilt svårt drabbade, och rekryteringsundersökningarna ger inte hopp om någon snar förbättring. Om det finns någon trend i materialen, tyder denna snarare på att tillståndet förvärrats. De yngelinventeringar som gjordes 1996 och 1997 visade, att årsyngel av abborre och gädda knappt förekom på Kalmarsundslokalerna, men att karpfiskarna, främst mört, fortfarande kunde producera överlevande avkomma. Vid den senaste inventeringen 1999 hade också karpfiskarnas rekrytering upphört att fungera. Då dessa arter har en förhållandevis långsam tillväxt och lång livslängd, har effekten av försvagad rekrytering ännu inte slagit igenom i provfiskeresultatet. Prognosen är dock att även tätheten av vuxna karpfiskar kommer att minska under kommande år.

Bestånden av gädda var inte lika allvarligt påverkade som abborrbestånden. Ett relativt stort material kunde insamlas 1998 för längd- och åldersanalyser samt för att få material för romstudierna. År 1999 verkar kunna bli ett mycket bra år för gäddans rekrytering, då tätheten

av årsungar var ovanligt hög på referenslokalerna. Fångsterna av årsyngel i Kalmarsund var dock betydligt mindre 1998 och de saknades helt 1999. Prognosen är således mycket dyster, dels då rekryteringsstudierna totalt sett under de senaste åren gav mycket få årsyngel, dels då längdfördelningarna indikerade att de vuxna bestånden hade hög medelålder. Under de kommande åren kommer därför gäddbestånden att ytterligare minska till sannolikt mycket låga tätheter.

Rekryteringskadorna kan ha många orsaker. Miljögifter, bl a utsläppen från Mönsterås Bruk, kan ha stört fiskarnas fortplantning. Algtoxiner eller andra gifter, t ex för höga ammoniumhalter, kan ha skapat hög dödlighet hos den unga fisken, eutrofieringen kan ha stört ekosystemet så att fiskar med några undantag missgynnats, predation från skarv kan ha varit för stor och ett parasitutbrott kan ha gett förhöjd dödlighet hos något känsligt stadium. För hög salthalt har också förts fram som en tänkbar faktor. Den strategi som valdes för att analysera de bakomliggande faktorerna bygger på att undersöka alla utvecklingsstadier från rom till yngel, och söka fastställa när under livet fiskarna dör. Att det måste vara en förhöjd dödlighet under rekryteringsfasen, d v s första månaderna, stod klart redan när projektet inleddes.

De tidigare observationerna i Finland och Åland indikerade att föräldrafisken kunde vara påverkad så att romkvaliteten reducerats. De uppföljande undersökningar som gjordes vid Föglö, Skärgårdshavet, 1999 stärkte denna hypotes. Rom från gäddor insamlade i den södra, mer exponerade, delen av Föglö skärgård hade betydligt sämre kläckningsfram-

gång än rom från områdets mer skyddade norra del (Lehtonen *et al.* 2000). De försök som gjordes på rom från Kalmarsund, gav dock annat resultat. Det fanns inget i dessa experiment som styrkte hypotesen att föräldrafisken producerat rom av dålig kvalitet. Visserligen var kläckningsfrekvensen relativt låg, men inte lägre än i referensmaterialen. Orsaken till att gäddrom kan ha låg kläckbarhet kan vara t ex att honorna förvarats i sump före kramningen, vilket kan störa rommognaden.

I tidigare studier i en skogsindustrirecipient i Bottniska Viken har effekter på fiskens könsmognad och relativa gonadtillväxt kunnat kopplas till dålig romkvalitet uttryckt som reducerad embryonalstorlek (Karås *et al.* 1991, Sandström 1994). I dessa undersökningar var larvöverlevnaden mycket låg och slutsatsen var, att toxiska störningar i föräldrarnas fortplantningsorgan resulterat i kraftigt reducerad rekrytering. Denna hypotes fick stöd av omfattande biokemiska och fysiologiska studier som klart visade att fisken var exponerad för toxiska ämnen (Andersson *et al.* 1988). Akut förgiftning direkt efter kläckningen kan ha varit en bidragande orsak till den höga dödligheten. Miljögiftshypotesen får dock inget stöd av de undersökningar som gjorts i Kalmarsund. Kläckningsförsöken med såväl abborre som gädda i laboratoriet, där rom från föräldrafiskar fångade i det påverkade området undersöktes, visade inga avvikelser som indikerar nedsatt fortplantningskapacitet. Vare sig kläckning eller larvöverlevnad var sämre i materialen från Kalmarsund. Någon påverkan på embryonalutvecklingen kunde inte heller ses, då larvstorlekarna inte avvek från referensmaterialen.

I recipientkontrollprogrammet för Mönsterås Bruk ingår undersökningar av fortplantning och hälsotillstånd hos tånglake (Smith *et al.* 1999). Under de år som vi har kunnat visa tydliga störningar i abborrens och gäddans rekrytering i brukets närområde, har med ett undantag när inga tydliga kopplingar mellan närhet till utsläppen och indikationer på toxisk eller hormonell störning noterats i kontrollprogrammet. Undantaget utgörs av studier av könskvot hos ofödda tånglakeungar 1997 och 1998, som visade att andelen hanar var förhöjd i närheten till brukets utsläppstub. När undersökningen upprepades 1999 fanns dock inga sådana skillnader, eventuellt beroende på ett relativt långt driftstopp vid bruket under den period då könsdifferentieringen hos tånglake sker. Det kan alltså ha varit tillfälligen, då endokrint aktiva ämnen har förekommit i Kalmarsund, men sannolikheten är liten att detta skulle kunna förklara de fleråriga observationerna av i det närmaste utebliven rekrytering. Risken för att andra toxiska ämnen kan ha orsakat skadorna verkar enligt kontrollprogrammets resultat också vara mycket liten.

Slutsatserna efter fältförsöken, där frisk rom inkuberades på lokaler där rekryteringen inte fungerade, var att vattenkvaliteten var tillräcklig bra för att äggen och larverna skulle kunna utvecklas normalt. I flera fall började larverna äta och tillväxa efter gulesäcksstadiet, vilket visar att de grundläggande betingelserna för överlevnad under de allra tidigaste utvecklingsstadierna verkade vara uppfyllda. Det bör dock betonas, att miljön i försökskassarna inte direkt kan jämföras med naturliga förhållanden.

När försöken följdes upp med larvtrålningar på Kalmarsundslokalerna kunde konstateras, att abborrlarver, med undantag av ett enda exemplar i Timmernabben, bara fångades i Lervik. Antalet var mycket lågt, och det verkade bara ha varit en enda kort kläckningsperiod som inte resulterat i särskilt många tillväxande larver. Antalet larver äldre än gulesäcksstadiet var mycket få i proven. Materialet är mycket litet, men resultatet antyder att dödligheten är hög när larverna skall börja söka föda. Överlevnaden kan bero på tätheten av lämpliga zooplanktonformer. Abborrlarvernas födoval har undersökts i ett antal studier (se t ex Karås *et al.* 1991). Nauplier av i första hand copepoder samt copepoditer anses vara viktiga, men larverna kan också äta stora mängder rotatorier och rotatorieägg. I lite äldre stadier blir cladocerer betydelsefulla. Jämförelsevis höga tätheter av nauplier och copepoditer observerades i Borholmsfjärden, medan dessa zooplankton var fåtaliga i främst Lervik. Rotatorier förekom rikligt i samtliga områden. I Borholmsfjärden dominerade *Keratella* arterna, medan *Synchaeta* spp. var vanligast i Timmernabben. Materialet från Lervik analyserades inte på artnivå, men båda grupperna förekom i proven. Vissa undersökningar antyder, att abborren föredrar *Keratella* framför *Synchaeta*, men den studie som gjordes av Karås *et al.* (1991) visade att larver som nyss passerat gulesäcksstadiet konsumerat stora mängder *Synchaeta*. Äldre larver övergick till att äta copepodnauplier och copepoditer. Den rikliga förekomsten av *Synchaeta* spp. i Timmernabben borde alltså ha varit tillräcklig för överlevnad under tidigt larvstadium.

Försök som gjorts på senare larvstadier visade, att om larverna erbjuds *Bosmina* sp. som föda, krävs 0,4–0,6 födo-djur/l för överlevnad (Byström & Garcia-Berthou 1999). En annan undersökning på Yellow perch, den nordamerikanska motsvarigheten till vår abborre, antyder att födotätheten bör ligga vid ungefär samma nivåer (Whiteside *et al.* 1985). Detta indikerar, att betingelserna i åtminstone Lervik, där zooplanktontätheterna var lägst, kan ha varit kritiska för en normal utveckling. Det förelåg också mycket tydliga skillnader i zooplanktonsamhällets struktur och täthet mellan de studerade områdena. De observerade avvikelserna går i en riktning som är negativ om man försöker bedöma effekterna på abborrens bytesdjur. Det kan alltså inte uteslutas, att den svaga rekryteringen kan ha ett samband med bristande födotillgång under något larvstadium.

Kalmarsundsområdet anses vara eutrofierat enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Höga närsaltshalter i kustzonen kan leda till såväl ökad påväxt på bottnarna som blomningar av planktonalger. Halterna av klorofyll-a har tenderat att öka i kustområdet, sett över en 15-årsperiod, och bedöms vara medelhöga eller höga. Förutsättningarna för hög primärproduktion är ovanligt goda i Kalmarsund med många vattendrag som avvattnar jordbruksmark. Observationerna under de senaste åren tyder dock på att primärproduktionen i pelagialen minskat med stigande siktdjup som följd. På de lokaler som ligger i anslutning till provfiskestationerna i Mönsteråsområdet var halterna klorofyll-a höga i mitten av

1990-talet. Sedan dess har halterna sjunkit avsevärt, och var 1998 och 1999 så låga att de enligt bedömningsgrunderna indikerade liten växtplanktonbiomassa. Minskningen i halten klorofyll-a har skett samtidigt som siktdjupet ökat.

Övervakningen av blåstångsbältena har också visat förändringar som tyder på bättre ljusförhållanden under senare år. Efter en lång period med reducerad djuputbredning har tången återigen börjat kolonisera djupare bottnar. Data för de riktigt grunda inomskärsområdena, där fanerogamerna dominerar och där påväxten är kraftigast, saknas. Många uppgifter ger dock en samstämmig bild som också kunde verifieras vid de inventeringar som gjordes inom projektet. Kalmarsund är ett grunt område, vilket betyder att stora bottenarealer blir belysta och alltså kan utgöra växtlokaler för den bentiska vegetationen. Tillförseln av närsalter, dels genom avrinningen från land, dels som bidrag från öppna Östersjön, tycks ha resulterat i en extrem övergödningssituation med mycket hög produktion av trådformiga alger. Teoretiskt kan en hög bentisk produktion missgynna planktonalgerna, som får svårt att konkurrera om närsalterna samtidigt som de löper risk att fastna i påväxt och botensubstrat. Under hela perioden från och med vintern 1988–1989 fram till 1999–2000 har vintrarna varit jämförelsevis milda, vissa år extremt milda, vilket lett till att isbildningen varit mycket begränsad i de studerade kustområdena. Avsaknad av is gynnar de bentiska samhällena beroende på att inga erosionseffekter förekommer samtidigt som ljustillgången blir god redan tidigt på våren. Då närsaltshalterna fortfarande är höga, kan det goda siktdjupet indikera att en för-

hållandevis större andel av produktionen sker i den bottenfasta vegetationen. Siktdjupet är nästan dubbelt så stort som i referensområdet Kvädöfjärden. Skillnaden mellan dessa system är främst att Kvädöfjärden är djupare, vilket missgynnar bottenvegetationen. Under de senaste åren har primärproduktionen i Kalmarsund under sommaren övergått till att bli kvävebegränsad, enligt de vattenprov som tagits. Kvävesituationen för de bottenlevande högre växterna exempelvis olika natearter kan dock vara bättre än vad som visas av mätningarna, då de kan ta upp närsalter som mineraliseras i bottarna.

En konkurrenssituation som missgynnar pelagial primärproduktion kan orsaka en minskad födobas för zooplankton, och kan vara en förklaring till de observerade låga tätheterna jämfört med referensområdet där den bentiska produktionen var avsevärt mindre. Den täta påväxten på bottarna kan också försvåra för vissa fiskarters yngel att söka föda när de skall övergå från planktondiet till bottendjur.

Det är också möjligt, att påväxten försämrat leksubstraten, åtminstone för gäddan. I områden med algmattor fastnar de ägg som läggs på ytan, där de är helt oskyddade och exponeras för förekommande predatorer. Ägg som hamnar på botten utsätts för en miljö med liten vattenomsättning och ökad risk för syrebrist. Algerna kan således missgynna reproduktionen genom att gynna predation och genom att påverka vattenkemin negativt. Algerna utnyttjas dessutom för bobyggande av en viktig rompredator, spiggen, som är äggvårdare och därigenom kan dra fördelar på flera sätt av den rika algförekomsten.

Hypotesen att för hög salthalt orsakat rekryteringssvårigheterna finner inget stöd i våra undersökningar. Både abborre och gädda leker gärna i estuarier, där salthalterna aldrig når kritiska nivåer i Kalmarsund. Även i sådana miljöer saknades årsyngel. Mätningar som gjorts i anslutning till de vikar vi undersökt visar också, att salthalten faktiskt sjunkit under den senaste tioårsperioden. I slutet av 1980-talet, när salthalten var högre, fungerade rekryteringen väl i området. Fältexperimenten gav inga resultat som antydde effekter av hög salthalt. Vidare kunde vi se, att även salttoleranta arter som strömming och stubbar påverkats så att rekryteringen minskat. Höga ammoniumhalter skulle också kunna skada fisken. Försök som gjordes med abborrom visade dock, att effekter inte kunde framkallas i realistiska förhållanden (Nilsson, pers. komm.). Det bör alltså vara andra faktorer än höga salt- eller ammoniumhalter som ligger bakom de observerade störningarna.

I Kalmarsund finns landets största skarvkolonier. Antalet par har ökat från ca 1000 i början av 1980-talet till nära 7000 i slutet av 1990-talet. Effekterna av skarvens predation på fisk har utretts av Engström (1998 a,b) samt av Saulamo *et al.* (2000). Under normala förhållanden föredrar skarven relativt stora byten, dvs för abborre fiskar som är flera år gamla. Detta gör att effekterna av skarvpredation på årsynglens överlevnad bör vara små. När födobrist börjar uppstå, verkar dock skarven kunna gå över till mindre byten, t ex storspigg. Hård predation på vuxen fisk kan dock slutligen leda till så låg lekbiomassa att rekryteringen avstannar av det skälet. Saulamo *et al.* (2000)

utvecklade en modell som hypotetiskt visar effekterna av skarvpredation på abborre i ett område i Kalmarsund. Under en inledande fas sjunker beståndstätheten, varefter den kvarstår på låg nivå så länge predationen fortgår. Modellen förutsäger en utslagning av beståndet efter 4–5 år, om skarvens föda till 20% utgörs av abborre.

Den situation vi nu ser med svag fiskrekrytering i Kalmarsund kan åtminstone delvis ha orsakats av omfattande skarvpredation. Det finns dock observationer som tyder på att skarven inte rimligen bör vara den grundläggande faktorn. Som ovan sagts föredrar den lite större fisk, medan våra undersökningar visar att den sjunkande tätheten av vuxna fiskar har uppkommit efter flera år med låg produktion av årsyngel. Mört äts gärna av skarven. Här har vi sett hur tätheterna av den vuxna mörten legat kvar på en relativt hög nivå, samtidigt som rekryteringen under de senaste åren även för denna art verkar avstanna. Rekryteringsskadan hos mört torde alltså inte kunna förklaras av låg lekbiomassa. Även andra fakta talar emot skarven som enda faktor. Låg produktion av årsyngel har inte bara drabbat abborre och gädda. Även arter som inte bör påverkas av skarv, t ex strömming och stubbar, visar svag rekrytering i området. Den starka skarvpredationen kommer dock att försvåra återetableringen av fisk i Kalmarsund, antingen detta sker med fiskevårdsåtgärder eller som en följd av att den naturliga rekryteringen återhämtar sig.

En hypotes som förts fram är att skadorna orsakats av utsläppen från Mönsäterås Bruk. Mot detta talar dock skadornas stora utbredning. Även områden långt

Erkännanden

från bruket, där utspädningen måste vara mycket stor, har drabbats av den uteblivna fiskrekryteringen. Någon större sannolikhet finns inte för att toxiska eller endokrint aktiva ämnen i utsläppen kan orsaka effekterna, en slutsats som stöds av recipientkontrollens undersökningar i brukets närområde. Brukets utsläpp av närsalter kan dock bidra till den allmänna ekosystemförändring som utan tvekan skett i Kalmarsund under de senaste 10–15 åren, även om det saknas vetenskaplig dokumentation som kan belägga att detta bidrag verkligen har haft signifikant betydelse.

Studierna har genomförts med ekonomiskt bidrag från Länsstyrelsen i Kalmar län och Oskarshamns, Mönsterås, Kalmar och Torsås kommuner samt Södra Cell AB, LRF, Fiskeriverket, Högskolan i Kalmar och den Miljöstrategiska fonden inom forskningsprogrammet "Sustainable Coastal Zone Management", SUCOZOMA.

Referenser

- Andersson, T., Förlin, L., Härdig, J. och Å. Larsson. 1988. Physiological disturbances in fish living in coastal water polluted with bleached kraft pulp mill effluents. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45(9): 1525–1536.
- Byström, P. & E. Garcia-Berthou. 1999. Density dependent growth and size specific competitive interactions in young fish. *Oikos* 86: 217–232
- Dahl, J. 2000. Beror abborrens svaga rekrytering i Kalmarsund på störningar i embryonalutvecklingen eller infektion av ögonsugmasken *Diplostomum spp?* Examensarbete 2000:Bi3, Högskolan i Kalmar. 28 s.
- Enefalk, R., A. Johansson och E. Thysell. 2000. Orsaker till övergödning av Östersjöns kustvatten – källfördelning för när-saltsutsläpp i Kalmar län. Länsstyrelsen i Kalmar län informerar. Meddelande 2000:06.
- Engström, H. 1998a. Mellanskarvens ekologi och effekter på fisk och fiske. *Fiskeriverket Rapport 1998:1*, 5–29.
- Engström, H. 1998b. Conflicts between cormorants (*Phalacrocorax carbo* L.) and fishery in Sweden. *Nordic Journal of Freshwater Research* 74: 148–155.
- Hudd, R., L. Urho & M. Hildén. 1983. Occurrence of burbot, *Lota lota* L., larvae at the mouth of the river Kyröjoki in Kvarken, Gulf of Bothnia. *Aquilo Series of Zoology* 22, 127–130.
- Höglund, J. 1990. Thermal effects on parasitic ayeflukes in fish – A case study. *Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science* 296. 37 s.
- Johansson, A. 1999. Tidigt uppmärksammade problem. Östersjö 98. Årsrapport från miljöövervakningen i egentliga Östersjön 1999: 15–17.
- Karås, P. 1990. Fiskyngelundersökningar vid Mönsterås Bruk, år 1989 och 1990. Statens naturvårdsverk, Kustlaboratoriet.
- Karås, P. 1996. Recruitment of perch (*Perca fluviatilis*) from Baltic coastal waters. *Arch. Hydrobiol.* 138: 99–121.
- Karås, P. 1998. Yngelstudier i Kalmarsund 1996–1997. *Fiskeriverket, kustlaboratoriet*. 10 s.
- Karås, P. & E. Neuman. 1981. First year growth of perch (*Perca fluviatilis* L.) and roach (*Rutilus rutilus* (L.)) in a heated Baltic Bay. *Rep. Inst. Freshwater Res., Drottningholm* 59, 48–63.
- Karås, P., Neuman, E. & O. Sandström. 1991. Effects of a pulp mill effluent on the population dynamics of perch, *Perca fluviatilis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48(1): 28–34.
- Lehtonen, H., J. Kjellman & R. Selén. 2000. Försvinner gäddorna från våra kustvatten? *Fiskeritidskrift för Finland*. 1: 8–11.
- Lindqvist, K., J. Andersson & S. Smith. 1998. Samordnad kustvattenkontroll i Kalmar län. Årsrapport 1997. SMHI Norrköping.

- Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och Hav. Naturvårdsverket Rapport 4914. 134 s.
- Nilsson, J. 1994. Varför har gäddan minskat utanför Bergkvara? Provfiske efter gädda i kustvattnet utanför Bergkvara, Torsås kommun. Examensarbete 1994: MII, Högskolan i Kalmar. 21 s.
- Sandström, O. 1994. Temperature effects on spawning and egg development in Eurasian perch. *J. Fish Biol.* 51: 1015–1024.
- Saulamo, K., G. Thoresson & J. Andersson. 2000. Skarv och fisk vid svenska Östersjökusten. I manuskript.
- Schramm, W. 1996. The Baltic Sea and its transition zones. In: *Marine Benthic Vegetation, Recent Changes and the Effects of Eutrophication*. Eds. Schramm, W. & P.H. Nienhuis. Ecological studies, Vol. 123. Springer-Verlag 1996, 470 s.
- Smith, S., J. Andersson, K. Lindqvist, B. Juhlin, H. Vedin, L. Andersson, I. Cato, L. Förlin, M. Adolfsson-Erici & E. Lindsjö. 1999. Samordnad kustvattenkontroll i Kalmar län. Årsrapport 1998. SMHI Norrköping.
- Svensson, A. 2000. Beror minskningen av abborre och gädda i Kalmarsund på nedsatt fertilitet? Projektarbete i biologi, 10 poäng. Institutionen för naturvetenskap, Högskolan i Kalmar. 21 s.
- Thoresson, G. 1996. Handbok för kustundersökningar. Kustrapport 1996: 7. 55 s.
- Whiteside, M. C., C. M. Swindoll & W. L. Dolittle. 1985. Factors affecting the early life history of yellow perch, *Perca flavescens*. *Environ. Biol. Fish.* 12(1): 47–56.

English summary: Recruitment failure and decreasing fish stocks in the coastal areas of Kalmarsund

Indications of decreasing stocks of perch *Perca fluviatilis* as well as pike *Esox lucius* and poor fish recruitment were reported in 1994–1997 in the Kalmarsund area at the Swedish coast of the Baltic proper. A two-year project was decided to further document the extent of the damage and to analyse the possible factors causing this problem. Several study areas in Kalmarsund, one area east of Öland and a couple of reference areas north of the sound were visited in 1998–1999 (Figure 1). Test-fishing surveys and young-of-the-year investigations were made to evaluate changes in adult fish abundance and species distributions as well as to analyse the recruitment to the stocks. Trawling was made during the period of perch hatching in spring to estimate larval abundance, survival and growth. Zooplankton samples were simultaneously collected to study feeding conditions for the larvae. Field and laboratory experiments were made to study possible impact on egg development, hatching and larval survival in pike and perch. Water quality data from the regional monitoring programme were analysed as a base for the interpretations.

Surveys in 1998–1999 documented very low abundances of adult perch and pike all along the coastal area between the Emå River and Revsudden. Indications of negative impacts on the stocks were evident also further to the south. Catches were extremely low in the study area east of Öland, possibly a result of low temperatures. The young-of-the-year investigation produced even more negative results. Juvenile abundance was very

high in the reference areas compared to all visited sites in the Kalmarsund. Most fish species were affected apart from the sticklebacks. The conclusion was that some factor inhibited fish recruitment to such an extent that the adult stocks of most species had been reduced. Results from repeatedly visited study sites indicated that the damage had become more serious with time.

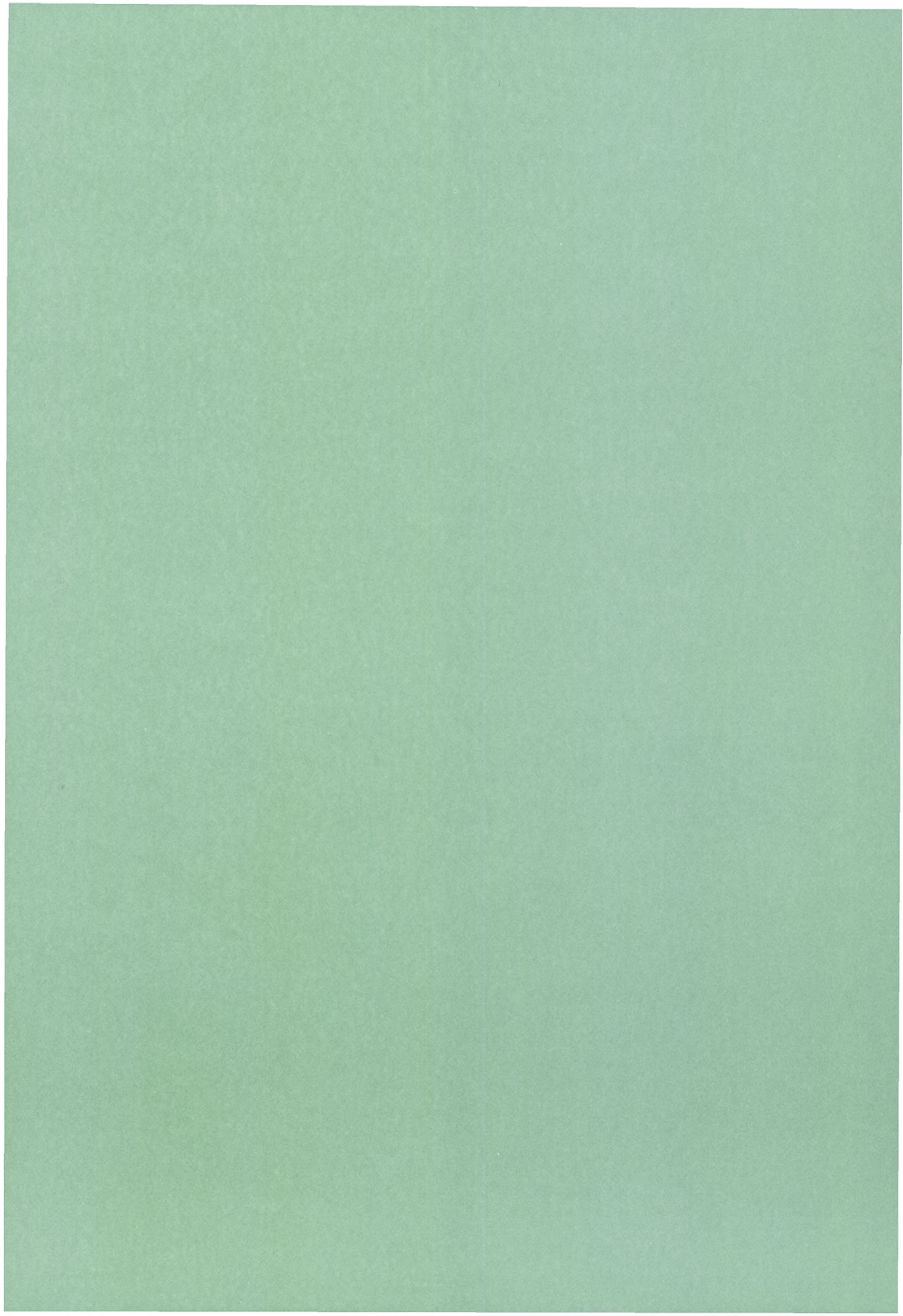
According to water-quality data, high salinity or high ammonium concentrations were not responsible for these effects. Ammonium concentrations never reach lethal levels in the recruitment areas, and salinity has in fact decreased in the coastal waters during the last decade. Field as well as laboratory experiments did not indicate effects on the reproductive performance of parental fish or on the egg and larvae. Fertilisation, hatching and larval survival seemed normal throughout the study.

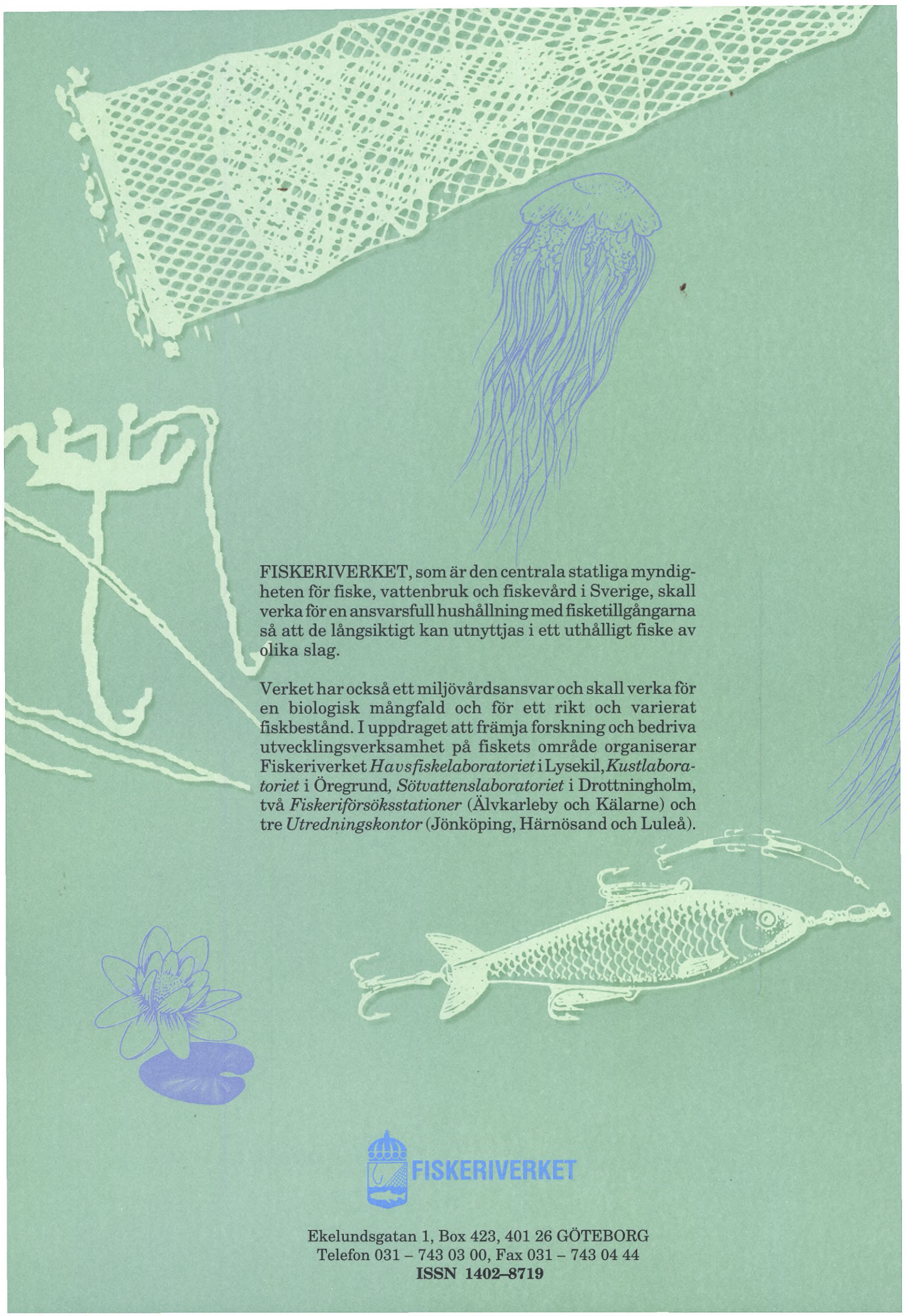
Eutrophication has been suggested as an important factor causing recruitment failure. Nutrient data show that the area is eutrophied, and a change in the relation between phosphorous and nitrogen indicates that summertime primary production has become more nitrogen limited during the last years. The eutrophication has not resulted in decreased Secchi-depth. Rather, it has increased during the last years, a development not seen in the reference areas. Although monitoring data are lacking, several observations indicate that the benthic primary production has increased. This can have several negative effects on fish, e.g. that spawning substrates are dete-

riorating. A shift of production towards the benthic system may also change feeding conditions for fish. There were very obvious deviations in zooplankton communities when compared to the reference areas. Species distributions differed and the abundance of important prey items was much lower in the Kalmarsund study areas. This indicates comparatively poor feeding conditions for pelagic larvae of species like perch and gobies.

The effluents from Mönsterås pulp and paper mill, situated in the northern part of the impacted area, have been suggested as a possible explanation to the effects on fish. However, the field and laboratory experiments did not indicate that toxic substances or endocrine disruptors emanating from the mill or any other source could be responsible for the damage. If the impacts are related to eutrophication, the mill should be seen as one of several contributors to the basic pollution of the entire area.

The densest populations of cormorants *Phalacrocorax carbo* in Sweden nest in the Kalmarsund. Their fish consumption is about the same as the total production of stationary fish species in the area, which could be an explanation to the reduced abundance. There are, however, observations which do not support the hypothesis that cormorant predation has been a main triggering factor causing recruitment deficits. Cormorants normally do not eat young-of-the-year fish, and the recruitment was not only reduced in typical coastal species like perch and pike, but also in gobids and herring which are migratory species not so vulnerable to cormorant predation. The fish consumption by cormorants can, however, effectively counteract the restoration of the stocks when, hopefully, recruitment is improved.





FISKERIVERKET, som är den centrala statliga myndigheten för fiske, vattenbruk och fiskevård i Sverige, skall verka för en ansvarsfull hushållning med fisketillgångarna så att de långsiktigt kan utnyttjas i ett uthålligt fiske av olika slag.

Verket har också ett miljövårdsansvar och skall verka för en biologisk mångfald och för ett rikt och varierat fiskbestånd. I uppdraget att främja forskning och bedriva utvecklingsverksamhet på fiskets område organiserar Fiskeriverket *Havs fiskelaboratoriet* i Lysekil, *Kustlaboratoriet* i Öregrund, *Sötvattenslaboratoriet* i Drottningholm, två *Fiskeriförsöksstationer* (Älvkarleby och Kälarne) och tre *Utredningskontor* (Jönköping, Härnösand och Luleå).



FISKERIVERKET

Ekelundsgatan 1, Box 423, 401 26 GÖTEBORG
Telefon 031 - 743 03 00, Fax 031 - 743 04 44
ISSN 1402-8719