



# Aqua reports 2012:5

## **Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk**

Årsrapport för 2011

Maria Jansson, Frida Gustavsson, Björn Fagerholm



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

## Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2011.

Maria Jansson, Frida Gustavsson & Björn Fagerholm

mars 2012

SLU, Institutionen för akvatiska resurser

Aqua reports 2012:5

ISBN: 978-91-576-9072-2 (elektronisk version)

Vid citering uppge:

Jansson, M., Gustavsson, F. och Fagerholm, B. (2012). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2011. Aqua reports 2012:5. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 39 s.

Rapporten kan laddas ned från:

<http://www.slu.se/sv/bibliotek>

Adress

Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,  
Skällåkra 71, 432 65 Väröbacka

E-post

[Maria.Jansson@slu.se](mailto:Maria.Jansson@slu.se)

Rapportens innehåll har granskats av:

Jan Andersson

Omslagsfoto: Björn Fagerholm

## Sammanfattning

Fisksamhället påverkas av kylsystemet vid Ringhals kärnkraftverk i två steg. I det första steget, intaget, förs ägg och larver med det inkommande vattnet in i kraftverket och i ett andra steg påverkas fiskens miljö av det utkommande uppvärmda vattnet.

Under 2011 producerade Ringhals reaktor 1 och 3 el under större delen av året, med avbrott för årliga revisioner och vissa kortare driftsstopp. Ringhals reaktor 2 var däremot endast i drift från januari till april på grund av en brand i reaktor 2, vilket ledde till avstängning och grundligt saneringsarbete resten av året. Reaktor 4 var i drift mellan januari och juni för att sedan stängas ner under en förlängd revision fram till november.

I kylvattenintaget utförs provtagning av fiskägg och fisklarver med för att övervaka förlusterna i kraftverket. Förekomsten av rötsimpelarver (*Myoxocephalus scorpius*) har minskat sedan provtagningen startade, även om den fortfarande är den vanligast förekommande larven. Likaså har förekomsten av tejstefisklarver (*Pholis gunnellus*) minskat genom åren. Håvning i intaget för att mäta förluster av juvenil fisk är till stor del fokuserad på glasål. Glasålen har minskat kraftigt från provtagningens början, även om fler glasålar fångades 2011 än föregående år. Minskningen av glasål beror sannolikt på en tillbakagång i hela regionen och inte på att förlusten i intaget har lett till en lokal påverkan.

Effekter av uppvärmt vatten undersöks genom provfisken i utsläppsområdet för kylvattnet samt i ett opåverkat referensområde. Dessa områden provfiskas under både vår och högsommar, för att jämföra påverkan av kylvatten vid olika bakgrundstemperaturer. Minskande diversitet har observerats i fisksamhället i det påverkade området, men inte i referensområdet. Detta är sannolikt beroende på varmvattensutsläppet. Under en lång följd av år har ryssjefisken påvisat en koncentration av

varmvattengynnade fiskarter till kylvattenpåverkat område. De arter som påverkats tydligast är ål (*Anguilla anguilla*) och strandkrabba (*Carcinus maenas*), som uppvisar förhållandevis stabila eller ökande fångster i området. Skärsnultra (*Symphodus melops*), som tillhör de varmvattengynnade arterna, ökar i det kylvattenpåverkade området. Strandkrabba uppvisar ökande trender i både det kylvattenpåverkade området och referensområdet, däremot ses en vikande trend hos äkta tunga (*Solea solea*) i det påverkade området. Arter som gynnas av lägre vattentemperaturer fångas i färre individantal i påverkat område. Mest tydligt är detta för torsk (*Gadus morhua*), rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*) och tånglake (*Zoarches viviparus*). Av de arter som gynnas av kallare vatten visar flera vikande trender i båda områdena. Enbart skrubbskädda (*Platichthys flesus*) visar en ökande trend i referensområdet.

Inga unika eller nya förekomster av i svenskt vatten främmande arter hittades under den algkartering som genomfördes i fyra områden utanför kraftverkets kylvattensutsläpp (Ringhals udde, Båtafjorden, Norra Horta och Vendelsö). Fyra främmande arter som redan har etablerats på västkusten noterades, en av dessa var japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*), två var rödalger, rödsvansing (*Dasya baillouviana*) och japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*) och slutligen en brunalg, sargassosnärja (*Sargassum muticum*).

## Summary

The cooling system of the Ringhals nuclear power plant affects the fish community in two steps. In the first step, seawater is used to cool the system in the nuclear power plant. Fish eggs, larvae and small juveniles are carried by the incoming water and are exposed to risk of damage or mortality. In the second step the heated water is released back into the sea, where the fish is affected by the increase in temperature.

Reactor 1 and reactor 3 at Ringhals nuclear power plant produced electricity during the major part of the year 2011, with exceptions for the annual audits, and shorter stops in production. Reactor 2 only operated between January and April, due to a fire which led to a shutdown and a thorough remediation work during the rest of the year. Reactor 4 was producing electricity from January to June, but was later shutdown due to a prolonged annual audit until November.

Fish eggs and fish larvae are sampled in the incoming cooling water using a modified Bongo net to monitor losses of eggs and larvae in the nuclear power plant. The abundance of shorthorn sculpin larvae (*Myoxocephalus scorpius*) has decreased since the sampling period started, although it is still the most abundant larvae. Also the abundance of rock gunnel larvae (*Pholis gunnellus*) has decreased over the years. To sample juvenile fish a modified Isaacs-Kidd midwater-trawl is used. This sampling is mainly focused on glass eels (*Anguilla anguilla*). The abundance of glass eels have declined strongly since the beginning of the 1980's, but a minor increase was observed in 2011. The decline of the glass eel abundance is most probably due to a general decrease in recruitment and not to a local effect caused by the nuclear power plant.

The effects of the heated water released into the sea are monitored by fykenet surveys in the recipient as well as in a reference area. These two areas are monitored in two

seasons to compare differences between the two areas in naturally cold and warm water of the two seasons. There was a different development in the diversity of fish between the two areas in the cold season, where the recipient showed a decreasing trend in diversity and the reference area was stable with no trend. This is possibly an effect of the warm water emissions. Species which prefer warm water have been observed to concentrate in the recipient area. Eel and shore crabs (*Carcinus maenas*) are good examples, showing either stable or increasing catches in the area. Species which prefer cold water, as cod (*Gadus morhua*), shorthorn sculpin (*Myoxocephalus scorpius*) and eelpout (*Zoarches viviparous*) were less abundant in the recipient.

No new findings for Swedish water of marine alien species were made in a scuba diving survey in four shallow areas near the outlet of cooling water from Ringhals (Ringhals udde, Båtafjorden, Norra Horta and Vendelsö). Four species already established on the Swedish west coast were found however, the japanese oyster (*Crassostrea gigas*), two species of red algae *Dasya baillouviana*, *Bonnemaisonia hamifera* and one brown algae, the japanese wireweed (*Sargassum muticum*).

## Innehåll

1 Inledning .....	1
2 Kraftverkets drift .....	5
3 Metodik .....	6
3.1 Kylvattenintaget .....	6
3.2 Påverkansområdet .....	7
3.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter .....	9
4 Resultat .....	14
4.1 Kylvattenintaget .....	14
4.2 Påverkansområdet .....	17
4.3 Kontroll av främmande och invasiva arter .....	28
5 Diskussion .....	31
5.1 Kylvattenintaget .....	31
5.2 Påverkansområdet .....	33
5.3 Förekomst av främmande och invasiva arter .....	35
6 Referenser .....	38



## **1 Inledning**

Den miljöpåverkan som kylvattenanvändningen i Ringhals kärnkraftverk kan leda till övervakas genom ett recipientkontrollprogram som ursprungligen fastställdes av Västerbygds vattendomstol 1969. Miljödomstolen gav 2006 tillstånd till höjning av effekten, vilket ledde till ett reviderat program 2009 (Andersson, 2009). Detta program har trätt i kraft under andra delen av 2011. Utförare är Kustlaboratoriet, numera tillhörande Sveriges lantbruksuniversitet. Tidigare har Kustlaboratoriet tillhört Naturvårdsverket och Fiskeriverket. Resultaten redovisas i årliga rapporter som överskådligt sammanfattar resultaten och vart femte år i en mer utförlig rapport. Undersökningar i vattenområdet utanför kraftverket påbörjades 1968. Övervakningen under de inledande åren var omfattande och med användning av den kunskapen har inriktningen på kontrollprogrammet koncentrerats på att följa variationer i täthet av olika fiskarter som på något sätt påverkas av kärnkraftverket (Thörnqvist, 2000). I det reviderade programmet har dock övervakning av främmande arter av bentisk växtlighet och fauna tillkommit (Andersson, 2009).

Det första steget där fisk och annat marint liv riskerar att komma till skada är när havsvatten förs in till kraftverket för att användas för kylning av den ånga som driver kraftverkets turbiner. Mängden av ägg, fisklarver och yngel som transporteras in i kanalen beror av mängden vatten som transporteras in till kraftverket samt på antalet organismer som passerar i kustvattnet utanför intagskanalen. Från lekområdena ute till havs transporteras fiskägg och fisklarver in till uppväxtområdena vid kusten via havsströmmar. Transporten styrs av hydrografiska processer (Olsson, 1993). Fiskägg och fisklarver sugas med kylvattnet in i kraftverket, där de kan skadas eller dö. Det årliga bortfall av ägg och larver som detta medför kan förorsaka rekryteringsförluster hos omgivande fiskbestånd. För att kvantifiera den potentiella skadan genomförs årligen håvningar efter ägg och larver i intagskanalerna (Grimås m fl, 1988). Effekten på beståndsnivå avgörs av förlusten i kylvattnet i förhållande till beståndets storlek. Effekten riskerar att bli större på lokala bestånd, eftersom en stor del av beståndet



kan slås ut. Även för övriga arter kan stora förluster ha en potentiellt negativ effekt, särskilt för hotade arter.

Det andra steget i kylvattenprocessen med risk för påverkan på fisk och marint liv är då uppvärmt vatten släpps ut från kraftverket. För att undersöka effekterna av det uppvärmda kylvattnet utförs fiskundersökningar under en kall period och under en period med varmt havsvatten. Fisket genomförs i april respektive i augusti månad i havsområdet i anslutning till Ringhals kylvattenutsläpp samt i ett referensområde vid Vendelsö (figur 1). Från augusti 2011 har ett område tillkommit vid Norra Horta. Området vid Norra Horta bedöms vara något påverkat av kylvattenutsläppet. Anledningen till att dela upp fisket i två fiskeperioder är att fånga upp de naturliga variationer som förekommer under året. Ett referensområde används för att kunna se vilka naturliga variationer som förekommer och för att kunna urskilja vilka förändringar som är naturliga och vilka som är orsakade av det varma kylvattenutsläppet.

Det uppvärmda kylvattnet från kraftverket tillför värmeenergi till det omgivande havet och fisk kan ansamlas eller sky det område där temperaturen höjs. Fiskar är växelvarma djur, vilket betyder att de anpassar sin kroppstemperatur efter temperaturförhållandena i omgivningen för att optimera sin tillväxt och reproduktionsförmåga inom ett givet temperaturintervall. De kan därför grovt delas in i varmvattenarter respektive kallvattenarter. Exempel på en varmvattenart är ål, som är aktiv och ger större fångster vid högre temperatur, men även skärsnultra är en utpräglad varmvattenart. Bland kräftdjuren är strandkrabban en art som gynnas av varmvatten. Typiska kallvattenarter är tånglake, rötsimpa, torsk och femtömmad skärlånga (*Ciliata mustela*). Fisket under april ger en större fångst av kallvattenarter jämfört med augusti, då varmvattenarter dominerar fångsterna (Thörnqvist m fl, 1998).

Intresset för främmande arter har ökat på senare år efter rapporter av en rad nytillkomna arter på västkusten. En storväxt brunalg sargassosnärja (*Sargassum muticum*)



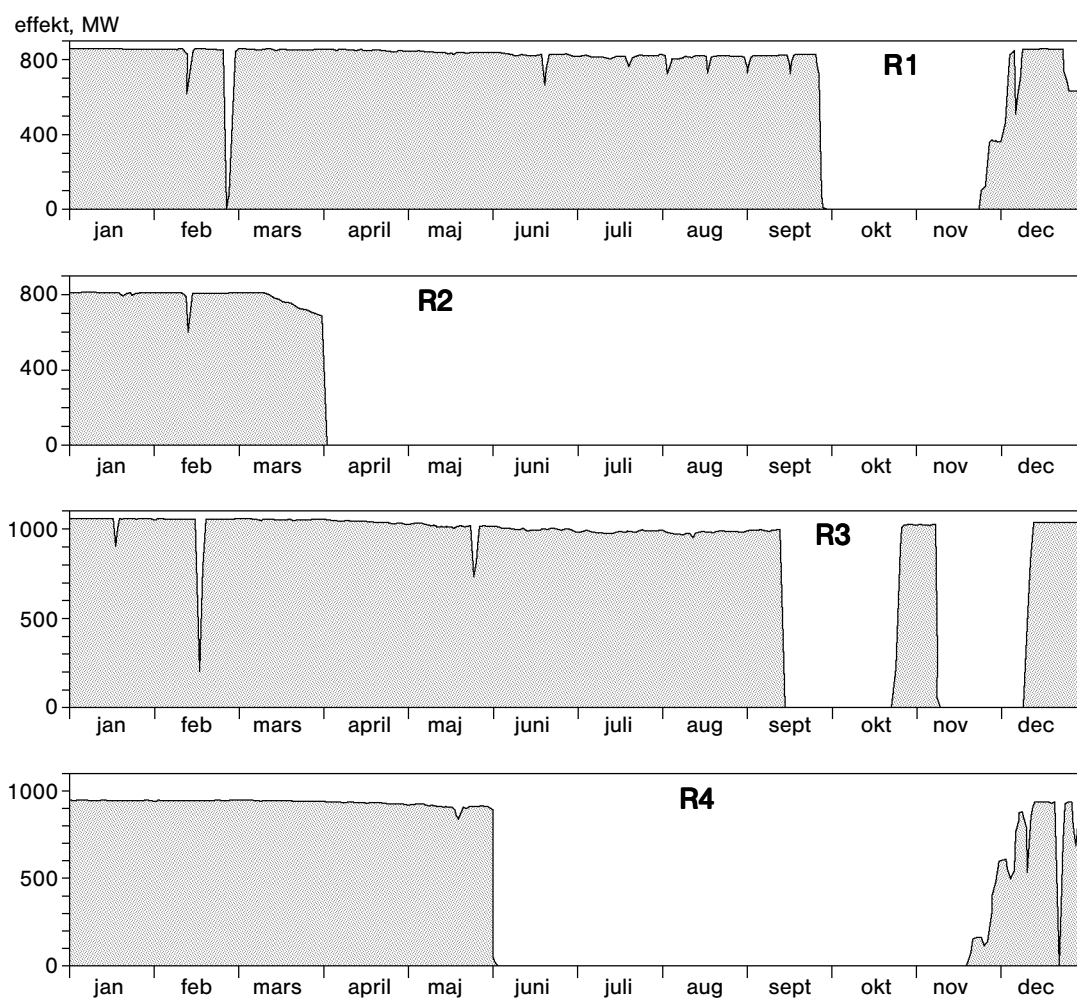
Figur 1. Översiktskarta med fiske- och provtagninglokalerna vid Ringhals (sektion 2), Vendelsö (sektion 4) och Horta (sektion 6). I intagskanalen för kylvatten håvas fiskäggar, fisklarver samt juvenil fisk.

var en av de marina arter som man förts uppmärksammade under mitten av 1990-talet på västkusten och nyligen har det tillkommit japanska ostron (*Crassostera gigas*), numera välkända längs hela västkusten, samt den amerikanska kammaneten (*Mnemiopsis leidyi*), som stundtals förekommer i stora mängder fritt i havet. I samråd med länsstyrelsen i Halland etablerades under 2011 ett delprogram för övervakning av förekomst av främmande invasiva arter i en påverkansgradient från kylvattenutsläppet, med målet att slå larm när etableringar sker för att ge underlag för eventuella motåtgärder.

Kärnkraftverkets utsläpp av uppvärmt havsvatten sker igenom två tunnlrar som mynnar ut strax under ytan på Ringhals udde (figur 1). Vattnet sprider sig därifrån ut i en plym som går söderut eller norrut beroende på vind och strömriktning. Enligt simuleringsberäkningar utförda av SMHI sprider sig varmvattnet maximalt i en omkrets på c:a 3 km och normalt sker en temperaturökning på 1–5 grader i ytvattnet ner till 3–7 meters djup (Liungman *et al.*, 2002). Grunda närliggande vikar samt hårbotten ner till några meters djup kan vara sannolika miljöer där man förväntar sig en direkt effekt från varmvattnet.

## 2 Kraftverkets drift

Fyra reaktorer (block) har varit i drift under 2011 (figur 2). Varje block stängs periodvis av för revision. Revisionen pågår normalt för en reaktor åt gången under perioden maj till oktober. Under 2011 producerade Ringhals reaktor 1 och 3 el under större delen av året, med avbrott för årliga revisioner och vissa kortare driftsstopp. Ringhals reaktor 2 var däremot endast i drift från januari till april på grund av en brand, vilket ledde till avstängning och sanering resten av året. Reaktor 4 var i drift mellan januari och juni, för att sedan stängas ner under en förlängd revision som pågick till och med november.



Figur 2. Producerad effekt (MW) vid Ringhals 1, 2, 3, och 4 under 2011.

## 3 Metodik

### 3.1 Kylvattenintaget

#### 3.1.1 Fiskägg och fisklarver

Transporten av fiskägg och larver in i kraftverket kontrolleras i intagskanalen till block 1 och 2. Vid tillfällen då båda dessa block inte är i drift utförs kontrollen i intagskanalen till block 3 och 4. Fiskägg och mindre fisklarver samlas in kvantitativt med hjälp av en Bongohåv (Andersson, 1985). Provtagningar med Bongohåv genomförs dagtid, två gånger i veckan från januari till och med april, med omkring 15 minuters håvning per tillfälle.

#### 3.1.2 Juvenil fisk och större fisklarver

Kontrollen av juvenil fisk och större larver som transporteras in med kylvattnet utförs i intagskanalen till block 1 och 2. Vid tillfällen då båda dessa block inte är i drift utförs kontrollen i intagskanalen till block 3 och 4. Tätheten av juvenil fisk och större fisklarver skattas med hjälp av en så kallad Isaacs-Kiddtrål, vilket sker delvis under samma tidsperiod som provtagningen med Bongohåv (Andersson, 1980). Provtagning av juveniler och större larver med Isaacs-Kiddtrål utförs nattetid två gånger i veckan under perioden februari till och med april. Vid varje tillfälle är trålen ute i 12 till 15 timmar.

#### 3.1.3 Kontroll av utsläppstub från silstation

Grövre material och fisk som följer med kylvattenströmmen in i kraftverket avlägsnas i kraftverkets silstationer med ett system av olika silar. I dessa fastnar huvuddelen av den fisk som följer med vattnet. Det finaste materialet uppsamlas i så kallade korgbandsilar, med en maskvidd av 5 mm. Återtransporten av det material som fastnar i silstationerna i Ringhals sker via en uppsamlingsbassäng där skovelpumpar pumpar materialet vidare genom en tub som utmynnar på 8 meters djup i havet utanför kärnkraftverket. Vid undersökningar 2007–2010 beräknades dödligheten till c:a 15% hos den ål som samlas upp och pumpas tillbaka till havet. Mindre tåliga fiskarter klarar sannolikt hanteringen betydligt sämre (Andersson *et al.*, 2011).

Området kring tuben filmas i september varje år med hjälp av en undervattensfarkost som styrs från ytan ("Sjöugglan"). Detta görs för att kunna se hur området runt tuben påverkas och om det sker någon förändring från år till år. Filmen analyseras och noteringar görs över hur klart vattnet är, vilka arter som syns, påväxt på tuben, hur botten runt tuben ser ut, tecken på syrebrist och andra eventuella observationer.

## 3.2 Påverkansområdet

### 3.2.1 Fisksamhällets utveckling

Täthet av fisk studeras genom provfiske med småryssjor i två områden under april och augusti, dels i recipienten vid Ringhals (sektion 2) och dels i referensområdet vid Vendelsö (sektion 4), sju kilometer norr om utsläppsområdet (figur 1). Ett tredje område vid Norra Horta (sektion 6), tre kilometer söder om utsläppet, började fiskas under augusti 2011. Detta är ett måttligt påverkat område som under vissa vind och strömförhållanden kan förväntas få något förhöjda temperaturer på grund av kylvattenutsläpp. Recipienten kännetecknas av stabila övertemperaturer under längre perioder. Varje sektion delas upp i sex stationer som provfiskas med två ryssjor kopplade strut i arm (Thoreson, 1996). På varje station sätts ryssjorna vinkelrätt ut ifrån land, ledarmen närmast land och med andra ryssjans fiskhus ytterst. Det genomsnittliga djupet vid medelvattenstånd är två meter vid den inre ledarmen och fem meter vid yttersta delen. Fram till 1997 fiskades varje station under 12 dygn, men från och med 1998 reducerades fiskeansträngningen till nio dygn under respektive fiskemånad. Vid varje station mäts botten temperaturen vid redskapet vid vittjning och ett årsmedelvärde beräknas för respektive område.

Varje individ i fångsten mäts och kontrolleras med avseende på eventuella synliga sjukdomar. Vägning sker av varje art, om flera individer fångats av samma art vägs de tillsammans. I årsrapporten redovisas resultaten utförligt för de vanligaste och ur ekonomisk eller biologisk synpunkt mest intressanta arterna.

En rad olika analyser gjordes av fångst och temperatur. Analyserna baseras framför allt på medelvärden av antal fiskar (CPUE, catch per unit effort) av förekommande arter per ryssja, alternativt medelvikt av fångst per art (WPUE, weight per unit effort). Jämförelser har gjorts mellan sektioner och med avseende på utveckling över de år fisket pågått. Från Norra Horta (sektion 6) finns endast fångstdata från augusti 2011. Redovisning av dessa data begränsar sig till en presentation av resultaten i tabell 3.

Antalet arter som fångas i respektive område används som ett mått på mångfalden i fångsten. En annan parameter som används för att beskriva diversiteten i fiskesamhället är Shannons index. Detta index baseras på hur många arter som förekommer och hur mängden individer fördelar sig mellan arterna. Ett lågt diversitetsvärde indikerar att fiskesamhället domineras av enstaka arter medan ett högt diversitetsvärde indikerar att individerna är mera jämt fördelade mellan arterna. Vid beräkning av diversitet innefattas abundansen av både fiskar och kräftdjur.

Ett annat mått som används för att beskriva fiskesamhället är trofisk medelnivå. Varje art graderas utifrån sin nivå i näringskedjan, så att den får ett värde mellan noll till fem. Trofnivån hos ett samhälle baserar sig på de olika arternas representation i fångsten och den enskilda artens trofiska nivå. Trofisk medelnivå kan användas som ett mått på fiskesamhällets ekologiska funktion. Låga värden på den trofiska medelnivån indikerar att samhället främst består av fiskar som livnär sig på plankton och växter. Högt värde på den trofiska medelnivån indikerar att det finns en hög andel fiskätande fisk.

För alla beräkningar har endast data från ostörda stationer använts. Beräkningarna har utförts i Microsoft Office Excel 2007 samt statistikprogrammet IBM SPSS 20,0 för Windows. För alla beräkningar har signifikansnivån 0,05 använts. För att analysera utvecklingen över tid med avseende på fiskesamhällenas utveckling i de olika sek-



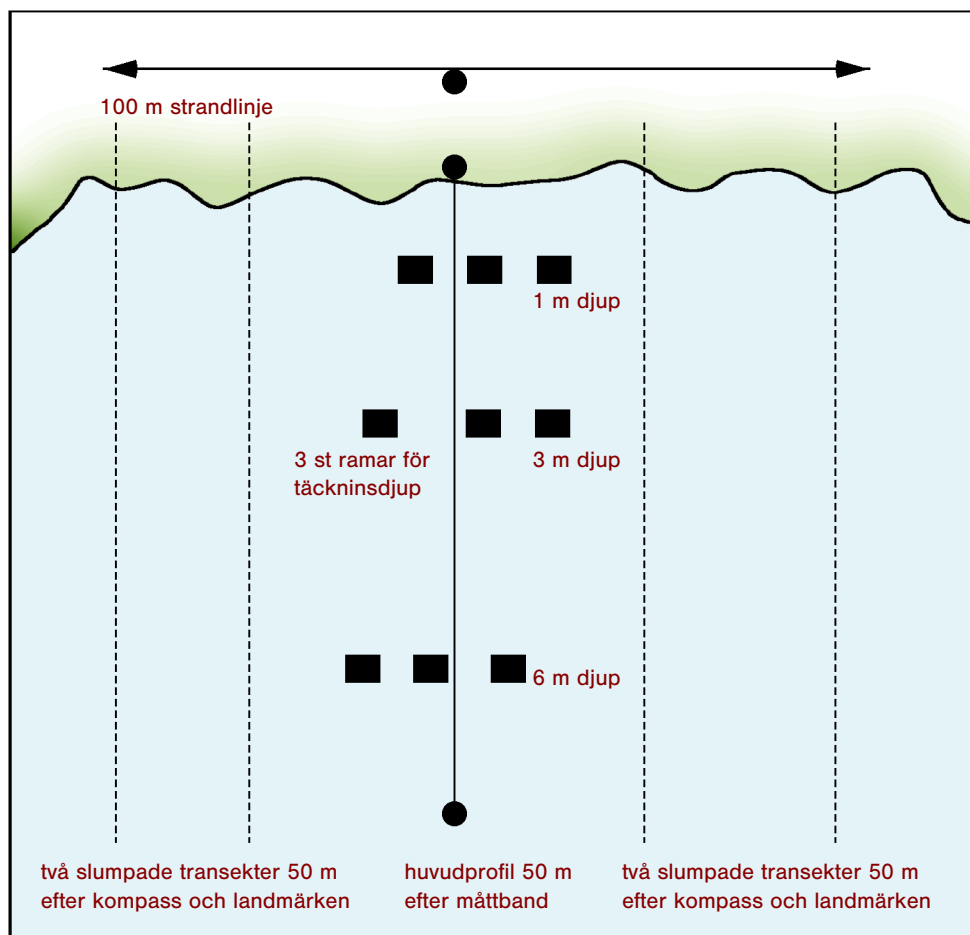
tionerna har i första hand ANCOVA använts. I de fall lika varianser eller normalfördelning inte uppfyllts har värdena logaritmerats eller rottransformerats. Tvåvägs ANOVA har använts för analyser av de individuella fiskarternas utveckling. Då normalfördelning eller lika varians ej uppfyllts har värdena logaritmerats. I de fall normalfördelning eller lika varians ej uppfyllts genom logaritmering har ett oparametriskt Mann-Whitney U-test använts. Linjär regression har använts för att fastställa om en signifikant utveckling har skett över tid för de separata tidsserierna i respektive område.

### 3.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

#### 3.3.1 Kartering av alger och fauna

Dykinventeringar av fastsittande flora och fauna utfördes på fem lokaler (figur 1). Platserna representerade kuststräckor inom en förväntad påverkansgradient, från cirka 200 m upp till 5 km från utsläppspunkten för kylvatten. En rak strandsträcka på 100 m utsågs vid varje plats som försökssträcka och i mitten markerades en huvudtransekt vinkelrät ut från stranden ut med hjälp av ett måttband. Ytterligare två transekter slumpades ut på var sida om huvudtransekten (figur 3).

Huvudtransekten användes som en fast utgångspunkt och där genomfördes dyket utefter ett måttband som var fastsatt vid strandbrynet. Längs måttbandet noterades typ av bottensubstrat och samtliga arters täckningsgrad uppskattades inom en korridor av 4–5 m. Vidare registrerades avstånd från land och vattendjup där väsentliga förändringar noterades. Två dykare simmade i bredd och skrev parallellt protokoll under karteringens samtliga dyk, för att senare jämföra sina värden på land. Det bör uppmärksammas att den enskilda dykarens bedömning är subjektiv. Speciellt på svåra platser där många arter växer tillsammans eller på varandra samt där arter varierar fläckvis i olika täckningsgrader så det krävs goda artkunskaper samt cirka tio dyk innan olika dykare börjar uppfatta och skriva jämförbara protokoll (Naturvårdsverket, 2004). Udda alger fotograferades i fält eller samlades in i nätpåsar för närmare bestämning under lupp på laboratoriet.



Figur 3. Schematisk bild över hur dyktransekterna var upplagda på en dykplats, en 50 m lång huvudprofil i mitten av en strandsträcka på 100 m, ramprov vid bestämda djup och vid sidan av huvudprofilen fyra slumpade transekter.

Täckningsgrad av alger uppskattades och klassificerades utifrån en sjugradig skala; 100% (heltäckande med endast små luckor); 75% (ej heltäckande men klart mer än hälften av botten täckt); 50% (c:a hälften av botten täckt); 25% (klart mindre än hälften, men klart bältesbildande); 10% (mer än enstaka exemplar men inte upp till en fjärdedel); 5% (fler än en enstaka individ men knappt täckande ytor); 1+ enstaka individer har observerats (Kautsky, 1999).

Tre ramprov (0,5x0,5 m) slumpades ut på 1, 3, 6 och 9 m vattendjup längs måttbandet, med avsikten att årligen upprepa provtagningen på dessa djup. För dessa ramprofiler

användes en ram av plaströr (0,5 x 0,5 m), som slumpvis släpptes över botten. Endast främmande arters täckningsgrad inom ramarna noterades i protokollet.

De fyra extra transekterna slumpades ut inom dykområdet och inventerades genom simning på kompasskurs parallellt med huvudtransekten. Förekomsten av främmande invasiva arter utmed dessa transekter registrerades enligt en tregradig skala där (1) motsvarade enstaka förekomst, (2) vanlig samt (3) som dominerande. Övriga arter noterades inte.

Varje lokal fotograferades och position, vindriktning, vindstyrka, vattenstånd, temperatur samt transekternas kompassriktning och eventuella avstånd från landmarkering noterades.

## 4 Resultat

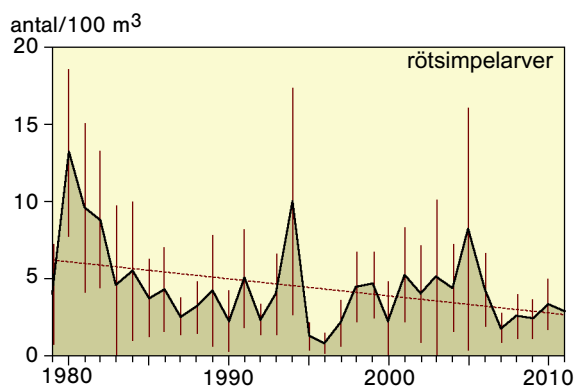
### 4.1 Kylvattenintaget

#### 4.1.1 Fiskägg och fisklarver

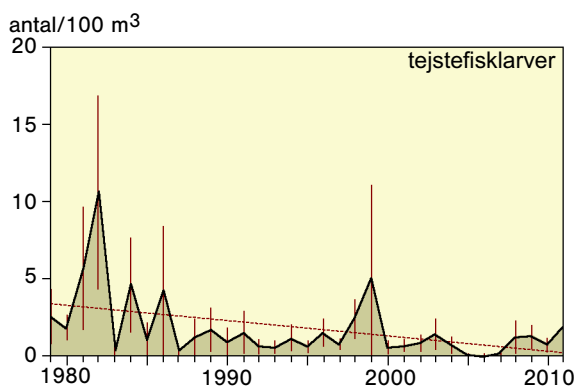
Den vanligast förekommande fisklarven sedan provtagningen med Bongohåv började 1979 är rötsimpa (tabell 1). Efter rötsimpa följer skrubbskädda, tejestefisk och tobis som de vanligast förekommande arterna i fångsten.

Tätheten av rötsimpelarver har minskat sedan håvningen påbörjades 1979<sup>1</sup>. Under håvningen 2011 fångades något färre rötsimpelarver än under 2010 (figur 4). Tätheten av tejestefisklarver har även den minskat<sup>2</sup> (figur 5) men under 2011 fångades fler larver än föregående år.

Tätheten av torskägg och torsklarver har fluktuerat sedan håvningen startade men visar ingen trend (figur 6). Torskäggen har varit få till antalet under senare år, men under 2010 var medelantalet ägg det högsta som noterats sedan 1997, för att sedan sjunka igen under 2011. Torsklarvernas antal under 2000-talet ligger på en relativt



Figur 4. Täthet av rötsimpelarver i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med bongohåv under perioden 1979–2011\*. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall och en streckad trendlinje anger linjär trend över tid



Figur 5. Täthet av tejestefisklarver i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med bongohåv under perioden 1979–2011\*. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall och en streckad trendlinje anger linjär trend över tid.

\* Under 2010 utfördes provtagningen i intagskanalen till Ringhals block 3 och 4 fram till vecka 10.

<sup>1</sup> Linjär regression:  $p=0,027$ ,  $R^2=0,15$ .

<sup>2</sup> Linjär regression:  $p=0,011$ ,  $R^2=0,19$ .

Tabell 1. Total fångst av larver med bongohåv per femårsperiod i kylvattenintaget till Ringhals block 1 och 2 för åren 1981–2010.\* Fångsterna från 2011 är redovisade separat. Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna.

art	latinskt namn	1981– 1985	1986– 1990	1991– 1995	1996– 2000	2001– 2005	2006– 2010	2011**
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	861	813	1334	959	1284	1198	257
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	105	755	1191	356	225	645	36
tejestefisk	<i>Pholis gunnellus</i>	722	314	336	595	216	334	172
tobis***	<i>Ammodytes spp.</i>	97	227	841	260	411	551	182
obestämd plattfisk	<i>Pleuronectiformes</i>		383	758	709	9	20	
torsk	<i>Gadus morhua</i>	67	247	556	487	75	149	30
sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	9	156	222	253	287	254	57
sill	<i>Clupea harengus</i>	10	48	69	60	183	302	34
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	42	37	37	356	36	111	31
ringbuk***	<i>Liparis spp.</i>	42	111	207	26	37	121	
obestämd fiskart	<i>Osteichthyes</i>		362	1		7	21	10
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	5	166	39	64	13	101	
skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	17	38			2	322	10
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	12	47	64	66	35	26	4
tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>	33	15	14	56	16	26	16
spetsstjärtat långebarn	<i>Lumpenus lampretæformis</i>	25	17	17	23	21	29	7
lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	5	2	61		2	16	
sillfisk***	<i>Clupeidae</i>						77	1
smörbult***	<i>Gobiidae</i>						34	
klarbult	<i>Aphia minuta</i>					2	13	
berg tunga	<i>Microstomus kitt</i>						4	
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>			4				
tångsnälla	<i>Sygnathus typhle</i>						4	
fyrtömmad skärlånga	<i>Rhinonemus cimbricus</i>			3				
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>			2			1	
havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>		2					
sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>				1	1		
gråsej	<i>Pollachius virens</i>					1		
gulål	<i>Anguilla anguilla</i>					1		
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>						1	
skärlånga***	<i>Gaidropsarini</i>			1				
större kantnål	<i>Syngnathus acus</i>					1		
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>					1		
<b>totalt antal</b>		<b>2052</b>	<b>3740</b>	<b>5757</b>	<b>4271</b>	<b>2866</b>	<b>4360</b>	<b>847</b>
<b>antal arter</b>		<b>15</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>14</b>

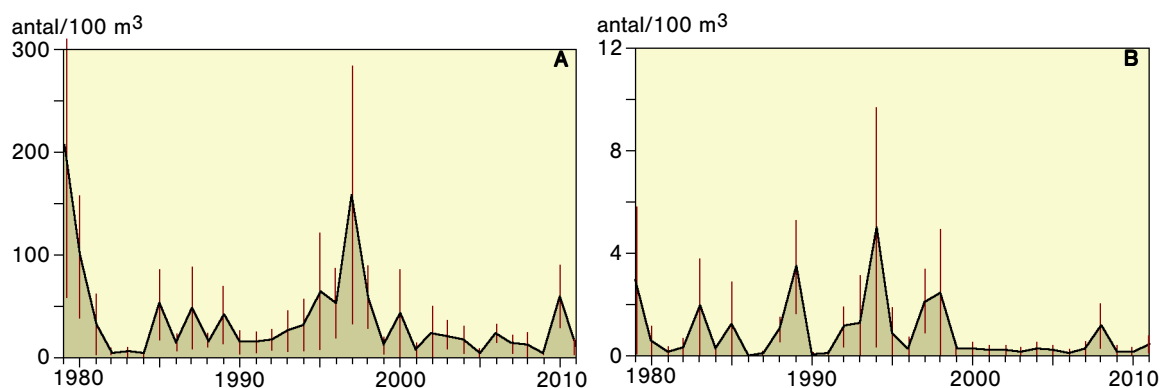
\* Under 2010 utfördes provtagningen i intagskanalen till Ringhals, block 3 och 4 fram till vecka 10.

\*\*endast 2011

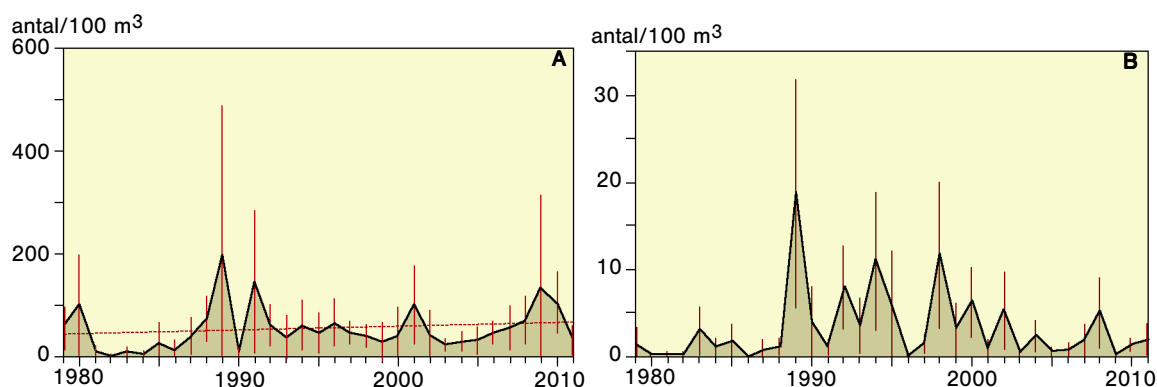
\*\*\*samlingsnamn

konstant nivå, förutom en topp under 2008. År 2011 kan man dock se en dubbling av medelantalet larver i jämförelse med de två föregående åren. Bortsett från toppen år 2008 är 2011 års värde det högsta värdet under hela 2000-talet.

Ägg och larver av vinterlekande och vårlekande plattfiskar har genomgående tillhört dominanterna i provtagningen med Bongohåv. Tätheten av plattfiskägg har fluktuerat



Figur 6. Täthet av torskägg (a) och torsklarver (b) i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med bongohåv under perioden 1979–2011\*. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.



Figur 7. Täthet av plattfiskägg\*\* (a) och plattfisklarver\*\*\* (b) i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohåv under perioden 1979–2011\*. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.

och visar sedan provtagningens start ingen signifikant trend (figur 7). Förekomsten av ägg under 2011 utgjorde endast cirka en tredjedel av föregående års värde, vilket medförde att det var det lägsta värdet sedan 2005. Eftersom ägg av sandskädda och skrubbskädda överlappar varandra till storlek är det svårt att skilja dessa åt, i synnerhet för tidiga utvecklingsstadier. De har då grupperats som obestämnda plattfiskar. Tätheten av plattfisklarver har även den fluktuerat och inte heller här kan någon trend påvisas. Larver av plattfisk var i medelantal något flera under 2011 än under 2010.

\* Under 2010 utfördes provtagningen i intagskanalen till Ringhals block 3 och 4 fram till vecka 10.

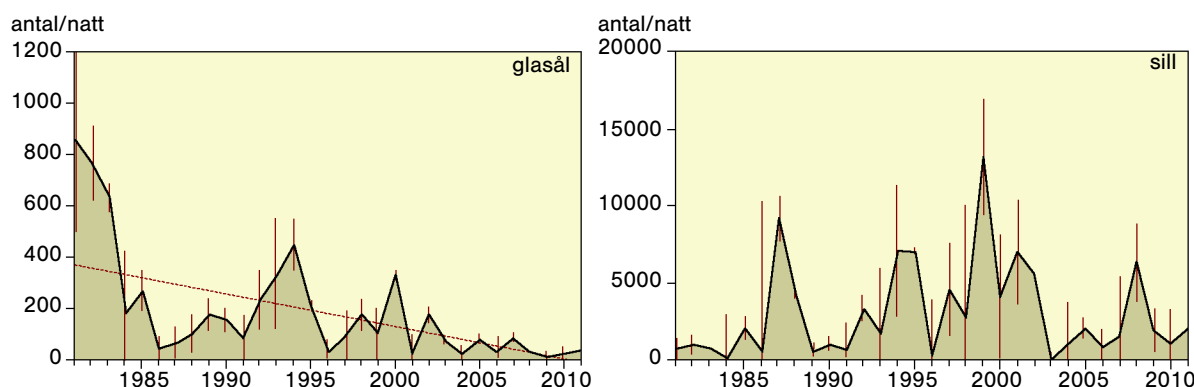
\*\* De arter av plattfiskägg som ligger till grund för figuren (7a) är lerskädda, rödspotta, sandskädda, skrubbskädda, en grupp av oidentifierbara plattfiskägg samt en grupp av ägg mellan 0,8–0,99 mm, som storleksmässigt överlappar storleken hos sandskädda och skrubbskädda. Även äkta tunga, bergtunga och bergvar ingår, men de förekommer endast sporadiskt

\*\*\* De arter av plattfisklarver som ligger till grund för figuren (7b) är bergtunga, lerskädda, rödspotta, sandskädda, skrubbskädda och en grupp av oidentifierbara plattfisklarver.

#### 4.1.2 Juvenil fisk och större fisklarver

Den vanligast förekommande arten som fångats i Isaacs-Kiddtrålen genom åren är sill (*Clupea harengus*) (tabell 2). Sillen delas in i vår och höstlekande sill utifrån storlek. En dominerande andel av sillen består av relativt välutvecklade larver från leken föregående höst. Den näst vanligast fiskarten är den pelagiskt levande klarbulten (*Aphia minuta*). Den tredje vanligaste arten sett över åren är glasål, vilka är de små ålar som kommer till Sveriges kust med havsströmmarna från Sargassohavet. Under 2011 var det istället rödspotta som var den tredje vanligaste arten, därefter följde storspigg (*Gasterosteus aculeatus*) och sandstubb (*Pomatoschistus minutus*). Under yngeltrålningen 2011 fångades totalt 43 olika arter, vilket är tio arter fler än under 2010. Två arter som inte tidigare påvisats under studien fångades under 2011. Dessa var tångsnärta (*Chirolophis ascanii*) och en gobid av obestämd art (*Gobiidae sp.*).

Förekomsten av glasål var riklig under de första åren, men under första hälften av 1980-talet blev förekomsterna mycket lägre än tidigare (figur 8). Den observerade utvecklingen inledde en lång period av vikande tätheter, som till stor del speglar utvecklingen för ålrekryteringen som helhet över hela det europeiska utbredningsområdet (ICES 2008). Under 1990-talet fanns några år med mer riklig förekomst, men från 2001 och framåt har antalet glasålar fluktuerat på en låg nivå. Totalt sett så



Figur 8. Förekomst av glasål och sillarver vid provtagning med Isaacs-Kiddtrål i kylvattenintaget till Ringhals block 1 och 2, 1981–2011. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall och en streckad trendlinje anger linjär trend över tid.



Tabell 2. Total fångst (antal individer) i Isaacs-Kiddtrålingen i kylvattenintaget till reaktor 1 och 2 per femårsperiod åren 1981–2010. Arterna är listade efter vanligast förekommande i proverna. År 2011 är presenterat i en egen kolumn.

		1981– 1985	1986– 1990	1991– 1995	1996– 2000	2001– 2005	2006– 2010	2011
	latinskt namn							
sill (höstlekande)	<i>Clupea harengus</i>	58327	223735	484600	548019	371963	250738	22966
klarbult	<i>Aphia minuta</i>	4022	52317	342046	106661	70424	152699	4800
glasål*	<i>Anguilla anguilla</i>	51676	8654	30080	14825	8854	4136	497
storspigg	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	36230	19363	5886	2211	2250	1717	1752
tobis**	<i>Ammodytes sp.</i>	3907	7582	20977	9335	9346	6643	467
sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>	4318	4085	15048	7497	9834	6024	1378
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	29	98	151	360	12044	1877	369
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	15	31	63	73	3838	10303	2659
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>	219	454	883	739	1235	1639	249
skarpbill	<i>Sprattus sprattus</i>	1532	1460	520	110	196	667	
sill (vårlekande)	<i>Clupea harengus</i>	154	2440	318	328	718	410	
tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	1069	535	717	473	508	191	70
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	244	113	445	816	999	744	216
gulål*	<i>Anguilla anguilla</i>	1677	809	89	80	120	59	31
torsk	<i>Gadus morhua</i>	11	6	23	115	843	308	34
havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>	158	289	142	369	154	138	2
tejestefisk	<i>Pholis gunnellus</i>	42	46	105	728	118	106	10
sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>	53	213	194	64	276	163	39
småspigg	<i>Pungitius pungitius</i>	381	139	96	79	25	211	52
sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>	81	308	141	203	104	59	10
laxsill	<i>Maurolicus mülleri</i>	348	27	86	58	152	44	11
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	18	26	172	110	53	26	
svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	10	36	71	52	108	95	24
tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	52	104	54	25	45	44	4
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	30	22	24	16	83	146	33
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>		4	3	11	159	144	6
större kantnål	<i>Syngnathus acus</i>	2	30	70	118	58	33	3
stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	5	9	46	32	117	84	7
sandskädda	<i>Pleuronectes limanda</i>	28	70	79	23	19	19	3
havsnål**	<i>Syngnathidae***</i>		2	4		26	168	3
nors	<i>Osmerus eperlanus</i>	47	7	23	4	5	66	9
skårsnultra	<i>Symphodus melops</i>	1	11	32	23	33	19	2
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>	2	84	16	5	11		
äkta tunga	<i>Solea solea</i>	5	26	43	9	11	22	2
berg tunga	<i>Microstomus kitt</i>		6	53	15	10	1	11
flodnejonöga	<i>Lampetra fluviatilis</i>					14	30	2
havsnejonöga	<i>Petromyzon marinus</i>	7	4	18	5	3		
randig sjökock	<i>Callionymus lyra</i>		2	7	2	20	2	1
tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>					24	8	
ringbuk****	<i>Liparidae****</i>	4		5	3	3	9	6
lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	5	2	1	6			1
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	2	1	2	2	1	1	
öring	<i>Salmo trutta</i>			1	1		7	
bergstubb	<i>Pomatoschistus pictus</i>					6	2	
lax	<i>Salmo salar</i>			1	3	3		
bläckfisk**	<i>Teuthida</i>			3		2		
slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>	1			2	1	1	1
kummel	<i>Merluccius merluccius</i>	1			3			
tjockkläppad multe	<i>Crenimugil labrosus</i>						3	
tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>					1	2	1
gråsej	<i>Pollachius virens</i>			2				
havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>					2		
paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>		1	1				
prästfisk	<i>Atherina presbyter</i>						2	
silverfisk	<i>Argentina sphyraena</i>						2	
fenknot	<i>Chelidonichthys lucerna</i>						1	
fjärsing	<i>Trachinus draco</i>					1		
knot	<i>Chelidonichthys gurnardus</i>						1	
piggvar	<i>Psetta maxima</i>				1			
röd tunga	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>			1				
småtunga	<i>Buglossidium luteum</i>						1	
småvar	<i>Phrynorhombus norvegicus</i>					1		
spetsstjärtat långebarn	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>						1	
gobid obestämd	<i>Gobiidae</i>							2
tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>							1
<b>totalt antal</b>		<b>164713</b>	<b>323151</b>	<b>903342</b>	<b>693614</b>	<b>494821</b>	<b>439808</b>	<b>35735</b>
<b>antal arter</b>		<b>37</b>	<b>38</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>39</b>

\*Samma art i två olika livsstadier. \*\* Samlingsnamn

\*\*\*Arterna *Entelurus aegoureus*, *Nerophis ophidion*, *Nerophis lumbriciformis*

\*\*\*\*Arterna *Liparis liparis* och *Liparis montagui*

har tätheten av glasål minskat signifikant sedan 1981<sup>3</sup>. Under 2011 fångades dock nästan dubbelt så många glasålar som under 2010.

Antalet sillarver (inkluderar även vårlekande) i intaget har fluktuerat sedan trålningen startade 1981, men ingen trend kan påvisas (figur 8). Under 2011 fångades nästan dubbelt så många sillyngel som under 2010, men förekomsten var ändå relativt liten i ett historiskt perspektiv.

#### 4.1.3 Kontroll av utsläppstub från silstation

Utsläppstuben filmades den 30 september 2011 efter en ovanligt blåsig period. Sikten var förhållandevis god och förekomst av vanliga fiskarter som stensultra (*Ctenolabrus rupestris*) samt sjöstjärnor (*Asterias rubens*) noterades med jämna mellanrum längs hela tuben. Filmningen påbörjades vid 6,6 meters djup och följde sedan tuben ut till 8 meter. I början sågs en hel del större sten (klappersten) påväxta av rödalger, men med ökande djup så dominerades botten av sand, musselskal, grus, småsten med enstaka inslag av större stenar. Tuben samt större stenar var i huvudsak påväxta av rödalger och längst ut vid mynningen fanns högar av musselskal runt öppningen. Vid årets filmning observerades inga lösliggande alger eller någon död fisk.

## 4.2 Påverkansområdet

### 4.2.1 Fisksamhällets utveckling

Totalt under fisket 2011, under både april och augusti i referensen och i recipienten, fångades 27 olika arter, varav 24 fiskarter och tre kräftdjursarter (tabell 3). Sedan 1976 har totalt 55 fiskarter och 8 kräftdjursarter fångats i provfisket. Många av arterna har endast förekommit vid något eller några enstaka tillfällen. Den långsiktiga utvecklingen skiljer sig inte signifikant mellan recipient och referensområde. Det fanns dock en ökning i referensområdet under april<sup>4</sup> och en tendens till ökning kan anas i recipienten för samma period, medan antalet arter i augusti har fluktuerat utan

---

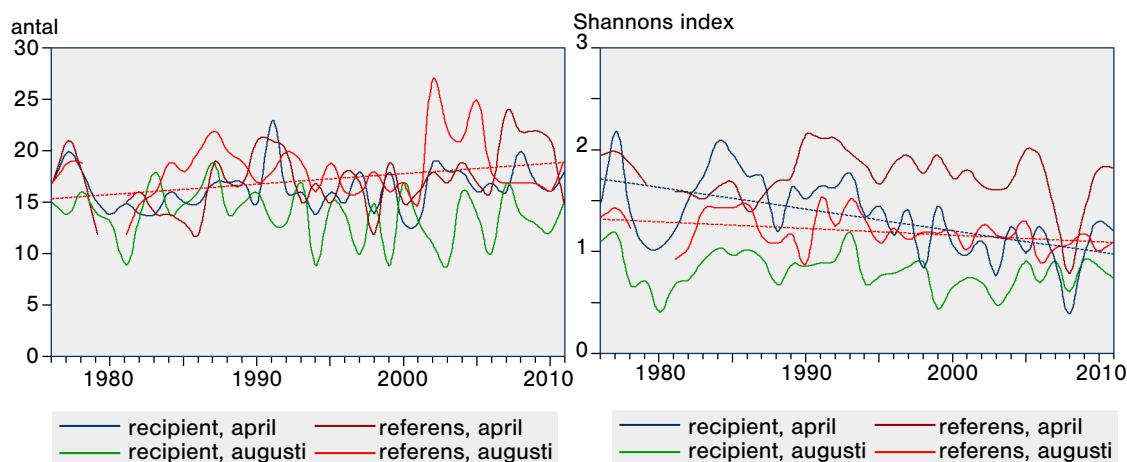
<sup>3</sup> Linjär regression:  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,39$

<sup>4</sup> Linjär regression: referens april  $p = 0,04$ ,  $R^2 = 0,12$ .

Tabell 3. Totalfångst (antal) av fisk och kräftdjur vid provfisker med småryssjor på östörda stationer 2006–2011.

FISKAR	april												augusti					augusti								
	recipient				referens				recipient				referens					Horta								
	2006	2007	2008	2009	2009	2008	2007	2006	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011							
<i>Symphodus melops</i>	29	171	6	170	69	63	7	34	5	2	9	5	2046	2440	567	2277	2347	678	4129	3039	1589	1399	1302	404	1207	
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	18	39	9	49	10	13	3	117	22	195	1	4	94	151	65	96	100	158	148	179	146	165	95	125	177	
<i>Platichthys flesus</i>	69	103	41	50	85	157	94	164	103	69	99	123	8	45	12	29	46	13	22	35	16	11	23	31	7	
<i>Anguilla anguilla</i>	33	9	1	47	30	17	12	5	7	7	6	16	162	60	21	54	76	46	145	126	22	31	41	34	38	
gulåt*	20	136	32	33	17	27	7	134	19	18	12	11	23	28	41	44	48	57	28	40	28	33	36	13	8	
svart smörbult	11	2	2	6	19	14	75	114	97	58	95	72	11	23	1	3	10	1	3	10	17	9	19	23	15	
<i>Gobius niger</i>	29	17	14	23	15	64	122	103	42	63	89	144	8	89	1	12	1	23	17	22	11	28	32	20	20	
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	28	4	2	66	57	84	71	10	25	61	74	89	8	89	1	19	1	23	17	22	11	28	32	20	20	
<i>Zoares viviparus</i>	28	4	2	66	57	84	71	10	25	61	74	89	8	89	1	19	1	23	17	22	11	28	32	20	20	
<i>Taurulus bubalis</i>	6	5	6	34	30	22	1	3	3	15	41	9	1	1	3	12	4	1	1	1	5	9	3	5	20	
oxsimpa																										
femtömmad																										
skärilånga																										
äkta tunga	28	11	11	8	20	15	4	20	25	9	2	2	1	1	1	1	1	3	12	18	14	6	3	5	5	
<i>Solea solea</i>	1	1	4	1	2	4	1	4	3	3	3	4	1	1	1	2	2	3	5	2	5	2	4	6	19	
rödspotta	1	1	4	1	5	15	2	3	3	3	7	5	1	1	1	5	5	5	2	5	2	2	4	6	6	
tångspigg	4	3	3	3	5	10	7	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
större karnnål	9	2	2	3			2	2	4	5	4		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
skäggsimpa	2	2	2	2			4	4	11	3	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Agonus cataphractus</i>																										
<i>Merlangius merlangus</i>																										
vittling																										
öring	1	1	6	1			3	3	3	1			1	1	1	1	1	2	4	4	3	3	1	1	3	
<i>Salmo trutta</i>																										
<i>Pollachius virens</i>																										
gräsej																										
sandskädda																										
<i>Pleuronectes limanda</i>																										
tängsnälla																										
<i>Syngnathus typhle</i>																										
bergnylla																										
<i>Labrus bergyllia</i>																										
tejstetisk																										
blankal*																										
havsborre																										
<i>Dicentrarchus labrax</i>																										
gulstrimmig mulld																										
<i>Mullus surmuletus</i>																										
mindre karnnål																										
<i>Syngnathus rostellatus</i>																										
randig sjökock																										
<i>Callionymus lyra</i>																										
randig sjökock																										
<i>Gobiusculus flavescens</i>																										
slätvar																										
<i>Scopthalmus rhombus</i>																										
större havsnål																										
<i>Entelurus aequoreus</i>																										
mindre havsnål																										
<i>Nerophis ophidion</i>																										
mindre havsnål																										
<i>Psetta maxima</i>																										
piggar																										
<i>Clupea harengus</i>																										
sil																										
taggmakrill																										
<i>Trachurus trachurus</i>																										
fyrtömmad																										
skärilånga																										
<i>Enchelyopus cimbrius</i>																										
grässnulta																										
<i>Centrolabrus exoletus</i>																										
horngädda																										
<i>Belone belone</i>																										
lerskädda																										
<i>Hippoglossoides platessoides</i>																										
lyrtorsk																										
<i>Pollachius pollachius</i>																										
paddtorsk																										
<i>Raniceps raninus</i>																										
sjurvgg																										
<i>Cyclopterus lumpus</i>																										
skarpill																										
<i>Sprattus sprattus</i>																										
fjärsing																										
<i>Trachinus draco</i>																										
makrill																										
<i>Scomber scombrus</i>																										
tungevar																										
<i>Armoglossus laterna</i>																										
antal fiskarter	15	14	17	15	14	16	15	22	19	20	19	13	7	15	12	12	10	13	15	15	15	14	17	18	1	
KRÄFTDJUR																										
strandkrabba	702	1820	2093	1667	813	1265	81	1322	2055	825	395	267	6907	3263	3443	2838	4341	3794	1683	2842	2237	1843	2528	2001	2255	
tångråka obest.	1	2	3	1	3	3	13	5	2	13	4	3	3	5	9	9	11	22	5	15	39	31	20	40	1	
sandråka	2	2	3	2	1	1	1	2	3	2	2	2	3	2	2	1	2	2	3	2	2	2	2	2	3	
totalt antal arter	17	16	20	17	16	19	16	24	22	22	21	15	10	17	14	13	12	15	18	17	17	17	16	19	21	

\*Samma art i olika livsstadier



Figur 9. Antalet arter fångade varje år 1976–2011 i recipientområdet och referensområdet under de två provfiskeperioderna. En streckad trendlinje anger linjär trend över tid.

Figur 10. Diversitet i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2011. En streckad trendlinje anger linjär trend över tid.

trend i båda områdena (figur 9). Under 2011 noterades flest arter recipientområdet i april och referensområdet i augusti, då 19 olika arter fångades i vardera området. Det förekom inga störningar under 2011, varken i recipient eller i referens.

Diversiteten i recipientområdet och referensområdet, uttryckt som Shannons index, har utvecklats olika under april månad<sup>5</sup>. Diversiteten har minskat under april månad i recipientområdet,<sup>6</sup> men inte i referensområdet (figur 10). I augusti har utvecklingen hos diversiteten inte skilt sig mellan recipient och referens. Då finns en svagt en vikande trend i referensområdet och en svag tendens till minskning i recipientområdet<sup>7</sup>.

Utvecklingen hos den trofiska medelnivån i fisksamhället skiljer sig inte signifikant mellan de båda områdena under åren 1976–2011, vare sig under april eller under augusti. Den trofiska nivån har minskat under april månad i referensområdet och har haft en svag tendens till minskning i recipientområdet<sup>8</sup>. I augusti finns en signifikant minskning i recipientområdet och en tendens till minskning i referensområdet<sup>9</sup> (figur 11).

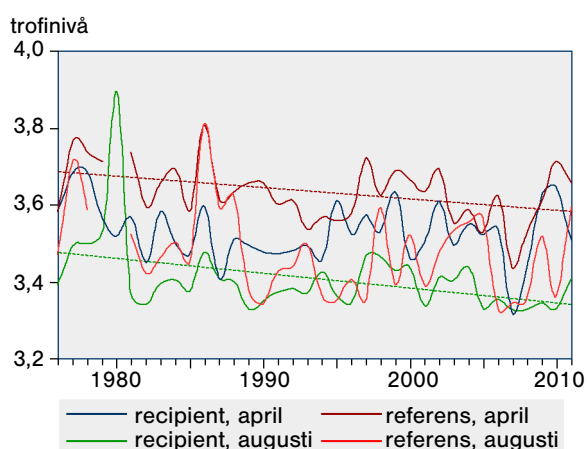
<sup>5</sup> Analys av kovariansen, ANCOVA: april  $p=0,01$ ,  $R^2=0,45$ .

<sup>6</sup> Linjär regression: recipient april  $p<0,001$ ,  $R^2=0,33$ .

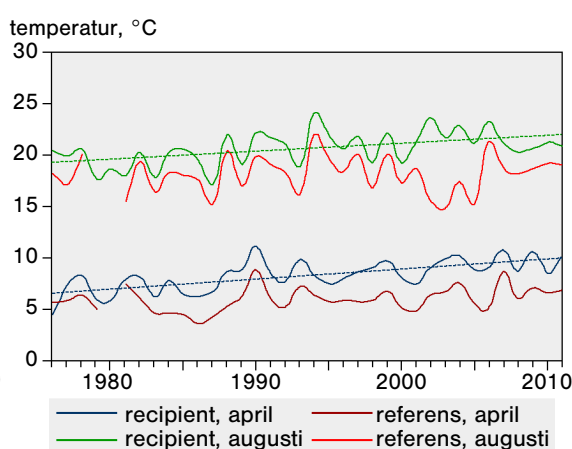
<sup>7</sup> Linjär regression: recipient augusti  $p=0,03$ ,  $R^2=0,15$ .

<sup>8</sup> Linjär regression: referens april  $p=0,02$ ,  $R^2=0,16$ .

<sup>9</sup> Linjär regression: recipient augusti  $p=0,02$ ,  $R^2=0,16$ .



Figur 11. Trofisk medelnivå i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2011. En streckad trendlinje anger linjär trend över tid.



Figur 12. Temperatur vid redskapen i samband med vittjning i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2011. En streckad trendlinje anger linjär trend över tid.

Temperaturen i samband med fisket har under hela tidsperioden varit högre i recipientområdet. Temperaturskillnaden mellan recipient och referensområde har i medeltal varit 2,3 grader i april, respektive 2,4 grader i augusti<sup>10</sup>. Temperaturen vid vittjning har ökat i recipienten under båda provfiskeperioderna<sup>11</sup>, medan temperaturen i referensområdet fluktuerat, men inte visat någon trend (figur 12).

### Total fiskfångst

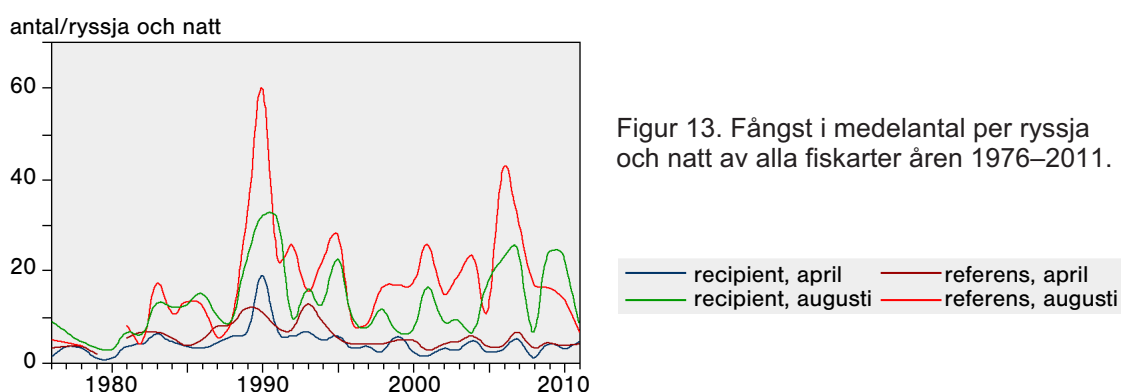
Utvecklingen över tid hos den totala fångsten av alla fiskarter skiljer sig inte mellan de båda områdena för någon av de studerade perioderna. Detta gäller både för antal och vikt. Mellanårsvariationerna hos abundansen är stora, i synnerhet under augusti, men långsiktiga trender saknas helt (figur 13). Sett över alla år har fångsten varit högst i referensområdet<sup>12</sup>. I april har biomassan i fångsten minskat något i båda områdena<sup>13</sup> medan inga förändringar ses i augusti.

<sup>10</sup> Variansanalys, tvåvägs ANOVA: april  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,43$ , augusti  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,34$ .

<sup>11</sup> Linjär regression: recipient april  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,46$ , recipient augusti  $p = 0,003$ ,  $R^2 = 0,23$ .

<sup>12</sup> Variansanalys: tvåvägs ANOVA: april CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,10$ , augusti CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,05$ .

<sup>13</sup> Linjär regression: recipient april  $p = 0,04$ ,  $R^2 = 0,12$ , recipient augusti  $p = 0,01$ ,  $R^2 = 0,17$ .



### Varmvattenarter

#### Gulål (*Anguilla anguilla*)

Gulålen trivs bäst i varma vatten. Abundansen har varit högre under augusti än under april<sup>14</sup> (figur 14). Recipienten har haft högre fångster än referensen både i april och i augusti<sup>15</sup>. Fångsten av gulål i april har sedan 1976 fluktuerat mellan åren, men ingen trend kan urskiljas. Fångsten i referensområdet har ökat både med avseende på antal och biomassa under augusti men samma utveckling kan inte ses i recipienten<sup>16</sup>. Det har inte skett någon större förändring i fångsterna från föregående år i något av områdena, vare sig avseende antal eller biomassa.

#### Skärsnultra (*Symphodius melops*)

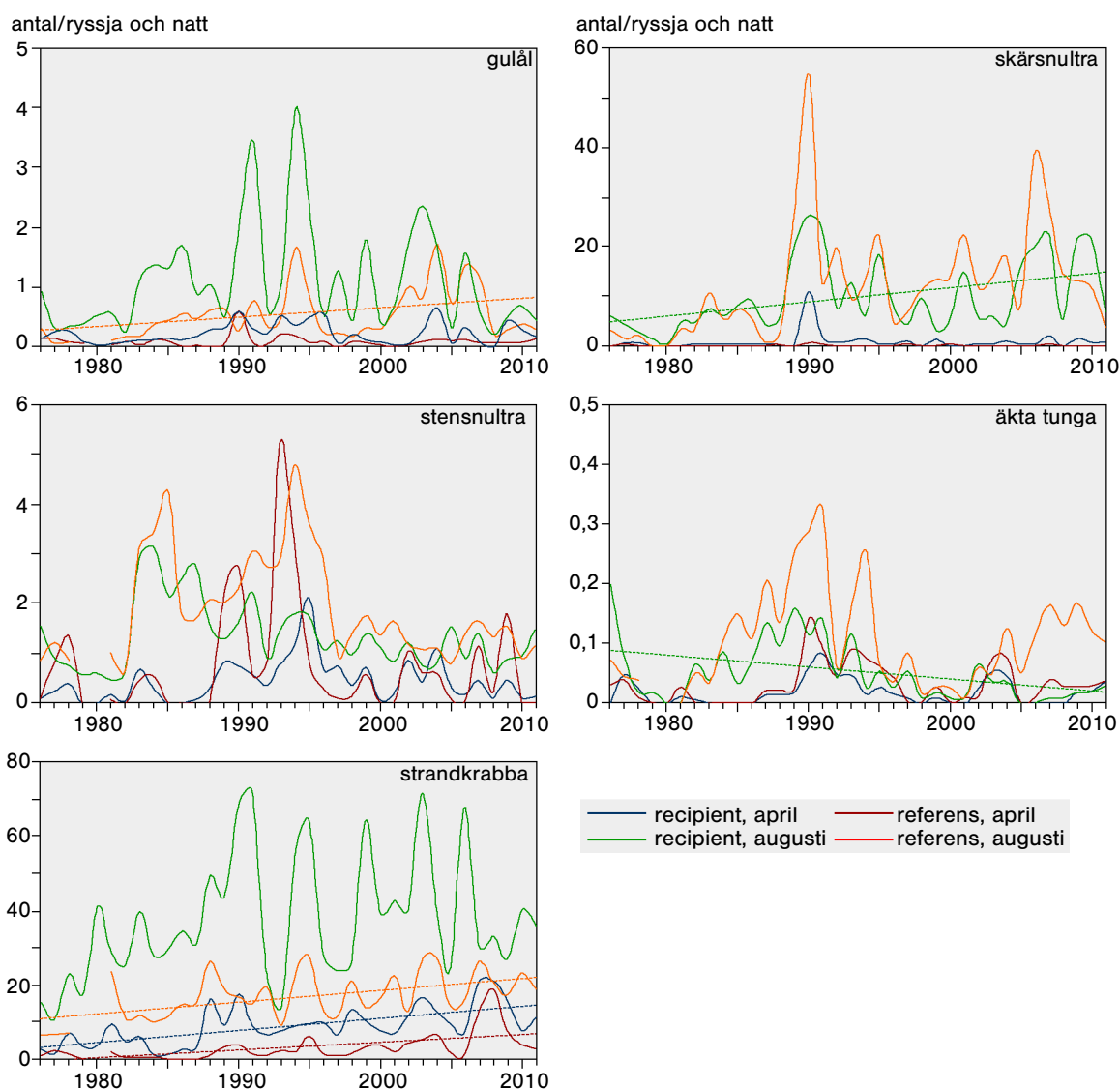
Skärsnultran föredrar höga temperaturer och fångas främst under augusti månad. Under april månad är fångsten i allmänhet relativt liten och visar inga trender, varken i recipienten eller i referensen (figur 14). Under augusti månad har det sedan provfiskets början skett en ökning av antalet fångade skärsnultror i recipienten<sup>17</sup>. Biomassan av skärsnultror under augusti månad visar dock ingen trend. Under provfisket i augusti 2011 fångades färre fiskar i både recipienten och i referensen än under 2010. I april var fångsterna likvärdiga med föregående år.

<sup>14</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april vs augusti 1976–2010  $p < 0,001$ ,  $Z = -8,16$ .

<sup>15</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april<sup>1976–2010</sup>  $p < 0,001$ ,  $Z = -3,99$ , augusti<sup>1976–2010</sup>  $p = 0,001$ ,  $Z = -3,45$ .

<sup>16</sup> Linjär regression: referens augusti CPUE  $p = 0,03$ ,  $R^2 = 0,14$ , WPUE referens augusti  $p = 0,02$ ,  $R^2 = 0,17$ .

<sup>17</sup> Linjär regression: recipient augusti CPUE  $p = 0,02$ ,  $R^2 = 0,16$ .



Figur 14. Fångst i medelantal per ryssja och natt av arterna gulål, skärsnultra, stensnultra, äkta tunga och strandkrabba i recipientområdet och referensområdet åren 1976–2011. En streckad trendlinje anger linjär trend över tid.

#### Stensnultra (*Ctenolabrus rupestris*)

Fångsten av stensnultra under april månad har fluktuerat i både recipienten och referensen (figur 14). Under några år i början av 1990-talet fångades fler individer, särskilt i referensen, men sett över hela tidsperioden kan ingen trend urskiljas, varken ökande eller vikande. Under augusti månad har det förekommit stora fluktuationer i fångsten av stensnultror i både recipienten och referensen. Fångsterna steg kraftigt under första



halvan av 1980-talet, men minskar signifikant i båda områdena sedan 1984<sup>18</sup>. Jämfört med tidigare år var fångsten av stensnultror i april mycket liten både 2010 och 2011 och på båda lokalerna. I augusti fångades något flera stensnultror 2011 jämfört med 2010. Biomassan av stensnultra följer utvecklingen för antalet.

#### Äkta tunga (*Solea solea*)

Förekomsten av äkta tunga i april har varit väldigt liten. Arten är däremot relativt vanlig i fångsterna under fisket i augusti. Äkta tunga förekom förhållandevis rikligt i augusti runt 1990 och arten var då vanligast i referensområdet (figur 14). Sedan provfisket startade har fångsten av äkta tunga i augusti minskat i recipienten under augusti, sett till både antal och biomassa<sup>19</sup>. Fångsten i referensen har fluktuerat, men visar ingen trend över tiden. Augustifångsten i referensområdet har hittills ökat under 2000-talet, men inte i recipienten<sup>20</sup>. Förändringarna mellan 2010 och 2011 var små.

#### Strandkrabba (*Carcinus maenas*)

Strandkrabba har varit den till individantalet dominerande arten och effekten av varmvattenutsläppet avspeglas tydligt i fångsterna (figur 14). Fångsten av strandkrabba fördelar sig enligt temperaturregimen, med högst fångster i recipientområdet i augusti och lägst fångster på referenslokalen i april. Fångsten av strandkrabba, både som antal och biomassa, har under april månad ökat i både recipienten och referensen<sup>21</sup>. Fångsterna under augusti månad i recipienten har fluktuerat mycket, men visar ingen trend, däremot så har biomassan ökat<sup>22</sup>. På referenslokalen har strandkrabban ökat även i augusti, till både antal och biomassa<sup>23</sup>. Antalet fångade krabbor var färre 2011 än 2010, utom under april i recipienten, då antal och biomassa var något högre än året innan.

<sup>18</sup> Linjär regression: recipient augusti CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,51$ . Referens augusti CPUE  $p = 0,001$ ,  $R^2 = 0,40$ .

<sup>19</sup> Linjär regression: recipient augusti CPUE  $p = 0,01$ ,  $R^2 = 0,17$ , WPUE  $p = 0,02$ ,  $R^2 = 0,15$ .

<sup>20</sup> Linjär regression: referens augusti<sup>2000-2011</sup> CPUE  $p = 0,005$ ,  $R^2 = 0,56$ .

<sup>21</sup> Linjär regression: recipient april CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,40$ , WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,38$ . Referens april CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,29$ , WPUE  $p = 0,002$ ,  $R^2 = 0,25$ .

<sup>22</sup> Linjär regression: recipient augusti WPUE  $p = 0,003$ ,  $R^2 = 0,23$ .

<sup>23</sup> Linjär regression: referens augusti CPUE  $p = 0,002$ ,  $R^2 = 0,26$ , WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,49$ .

### Kallvattenarter

#### Oxsimpa (*Taurulus bubalis*)

Oxsimpa har varit vanligast under aprilfisket, vilket visar på en kallvattenpreferens<sup>24</sup> (figur 15). Motsägelsefullt är därför att antalet fiskar i fångsten under april är högre i den i medeltal varmare recipienten än i referensen sett över hela tidsperioden<sup>25</sup>. Under april har fångsten av oxsimpa minskat till både antal och biomassa i recipienten, men ingen trend kan urskiljas i referensområdet<sup>26</sup>. Även under augusti har antal och biomassa av oxsimpa i fångsten minskat i recipienten, men under denna period ses även en nedgång i referensområdet<sup>27</sup>. Under april 2011 fångades färre oxsimpor än under april 2010. I augusti låg fångsten kvar på en låg nivå som föregående år.

#### Rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*)

Fångster av rötsimpa har sett över hela tidsperioden varit högre i april än i augusti<sup>28</sup> och fler har fångats i referensområdet än i recipienten<sup>29</sup>. Detta stämmer väl överens med ett undvikande av högre temperaturer (figur 15). I recipienten har fångsten av antalet rötsimpor minskat i både april och augusti sedan provfisket startade<sup>30</sup>. I referensen har fångstantalet minskat i aprilfisket sedan 1990<sup>31</sup> men sett över hela tidsperioden kan ingen trend urskiljas. Däremot kan en vikande trend hos biomassa ses över hela tidsperioden<sup>32</sup>. Rötsimporna var något färre i april 2011 än föregående år.

#### Femtömmad skärlånga (*Ciliata mustela*)

Fångsterna av femtömmad skärlånga har varit betydligt högre i april månad jämfört med augusti<sup>33</sup>. Fångsterna har fluktuerat starkt på båda lokalerna, men ingen trend kan urskiljas, varken i april eller i augusti (figur 15). Den långsiktiga utvecklingen

<sup>24</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april vs augusti<sup>1976-2010</sup>  $p < 0,001$ ,  $Z = -5,04$ .

<sup>25</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april<sup>1976-2010</sup>  $p < 0,001$ ,  $Z = -3,52$ .

<sup>26</sup> Linjär regression: recipient april CPUE  $p = 0,03$ ,  $R^2 = 0,14$ , WPUE  $p = 0,03$ ,  $R^2 = 0,13$ .

<sup>27</sup> Linjär regression: recipient augusti CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,48$ , WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,49$ . Referens augusti CPUE  $p = 0,02$ ,  $R^2 = 0,16$ , WPUE  $p = 0,01$ ,  $R^2 = 0,19$ .

<sup>28</sup> Mann-Whitney U-test<sup>1976-2010</sup>: CPUE april vs augusti  $p < 0,001$ ,  $Z = -6,71$

<sup>29</sup> Mann-Whitney U-test<sup>1976-2010</sup>: CPUE april  $p < 0,001$ ,  $Z = -6,88$ , augusti  $p = 0,001$ ,  $Z = -6,96$ .

<sup>30</sup> Linjär regression: recipient april CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,37$ , WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,44$ . Recipient augusti CPUE  $p = 0,005$ ,  $R^2 = 0,21$ , WPUE  $p = 0,003$ ,  $R^2 = 0,24$ .

<sup>31</sup> Linjär regression: referens april <sup>1990-2010</sup> WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,54$ .

<sup>32</sup> Linjär regression: referens april: WPUE  $p < 0,02$ ,  $R^2 = 0,16$ .

<sup>33</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april vs augusti<sup>1976-2010</sup>  $p < 0,001$ ,  $Z = -7,53$ .

präglas av stora variationer, med höga relativa abundanser under början av 1990-talet till början av 2000-talet och lägre och stabilare nivåer sedan 2002. Under augusti 2011 var fångsterna av femtömmad skärlånga ungefär detsamma som föregående år. I april har fångsterna varit låga eller inga de senaste tre åren.

#### Tånglake (*Zoarces viviparus*)

Tånglaken har genomgående varit vanligare i referensområdet än i recipientområdet<sup>34</sup>. Fångsten av tånglake, både avseende antal och biomassa, har minskat under april och augusti i båda områdena (figur 15)<sup>35</sup>. Under april 2011 fångades något fler tånglakar i både recipienten och referensen jämfört med föregående år. I augusti har det fångats väldigt få tånglakar i recipienten och sedan år 2000 har det inte fångats några alls. Förändringarna i augusti var små i referensområdet mellan 2010 och 2011.

#### Skrubbskädda (*Platichthys flesus*)

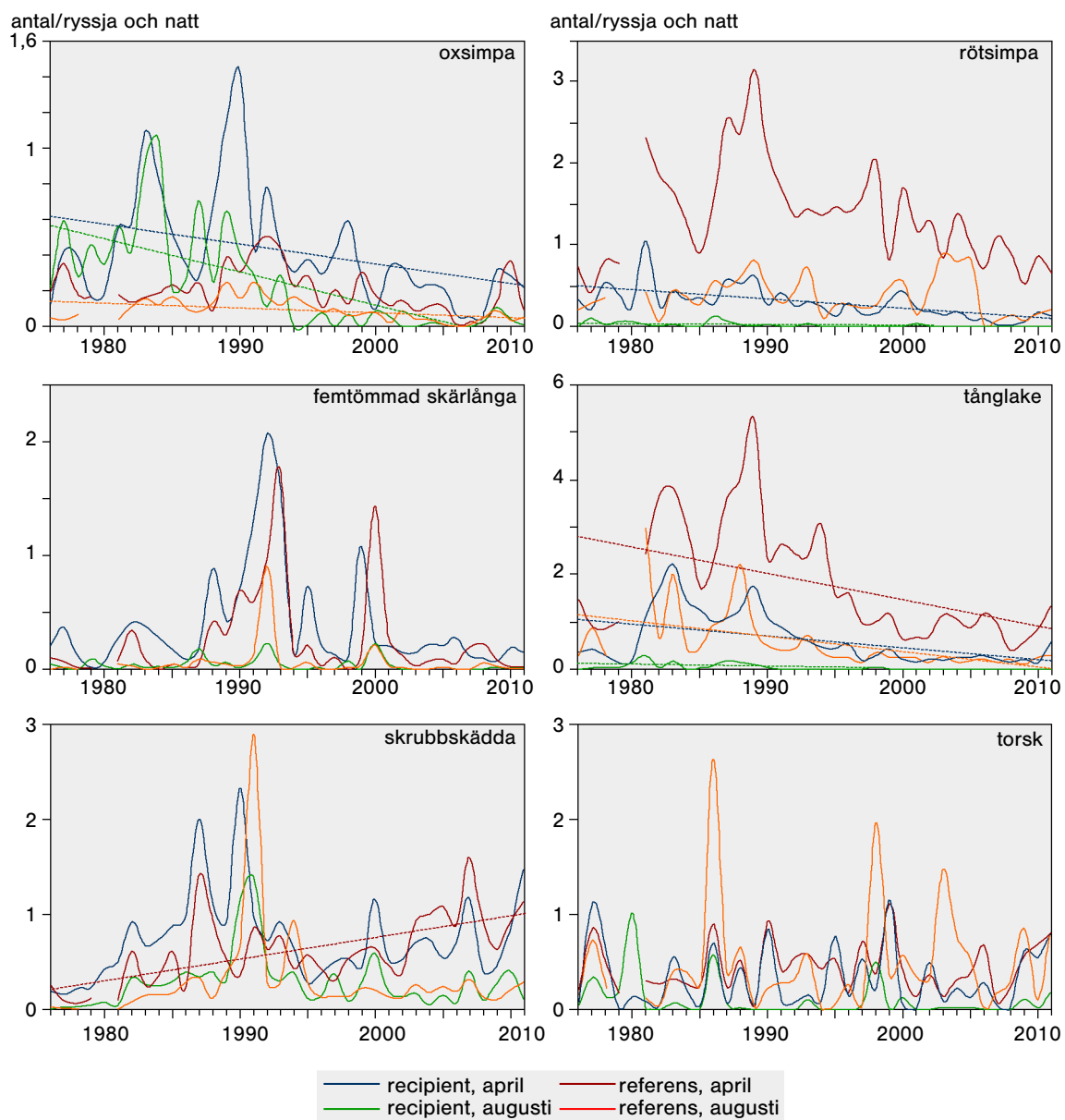
Fångsterna av skrubbskädda har totalt sett varit större under april än i augusti<sup>36</sup> (figur 15). Däremot har det inte funnits någon skillnad mellan recipienten och referensen för respektive månad. Störst fångster registrerades från mitten av 1980-talet till mitten av 1990-talet. I referensområdet har det skett en ökning av antalet fångade skrubbskäddor i april sedan fisket startade 1976<sup>37</sup>. Trots en ökning av antalet har ingen ökning av biomassan kunnat påvisas. I augusti kan ingen trend urskiljas för något av fiskeområdena. I april 2011 fångades fler skrubbskäddor än under fisket 2010 i båda områdena. Detsamma gäller även referensen i augusti, men inte recipienten. Samma mönster finns för biomassa.

<sup>34</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april<sup>1976-2010</sup>  $p < 0,001$ ,  $Z = -4,93$ , augusti<sup>1976-2010</sup>  $p = 0,001$ ,  $Z = -6,76$ .

<sup>35</sup> Linjär regression: recipient april CPUE  $p = 0,003$ ,  $R^2 = 0,23$ , WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,29$ .  
Referens april CPUE  $p = 0,003$ ,  $R^2 = 0,23$ , WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,36$ .  
Recipient augusti CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,30$ , WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,29$ .  
Referens augusti CPUE  $p = 0,002$ ,  $R^2 = 0,27$ , WPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,32$ .

<sup>36</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april vs augusti<sup>1976-2010</sup>  $p < 0,001$ ,  $Z = -6,79$ .

<sup>37</sup> Linjär regression: referens april CPUE  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,40$ .



Figur 15. Fångst i medelantal per ryssja och natt av oxsimpa, rötsimpa, femtömmad skärlånga, tånglake, skrubbskädda och torsk i recipientområdet och referensområdet åren 1976–2011. En streckad trendlinje anger linjär trend över tid.

### Torsk (*Gadus morhua*)

Torsken visar en preferens för kallare vatten, vilket kan ses genom att fler torskar har fångats i april än i augusti<sup>38</sup>. Fångsten av torsk har fluktuerat mycket under åren, både till antal och i biomassa (figur 15). Antalet fångade torskar har varit färre i recipienten än i referensen både i april och i augusti, sett över hela tidsperioden<sup>39</sup>. Under 2011 fångades fler torskar under både april och augusti än under föregående år. I synnerhet gäller detta referensområdet i augusti.

### Nytt område vid Norra Horta.

Norra Horta är ett tidvis kylvattenpåverkat område som ligger tre kilometer söder om utsläppet (figur 1). Norra Horta fiskades för första gången under augusti 2011. Medeltemperaturen under fisket var 19 grader, vilket är densamma som i referensområdet, men är två grader kallare än i recipienten. Då det endast finns data från augusti 2011 för detta område, görs inga analyser förrän vi har tillgång till mer data. Kort beskrivet dominerar samhället till antal av skärsnultra, med fler individer i fångsten än i recipienten och referensen sammantaget (tabell 3). Relativt sett var stensnultra, torsk, oxsimpa, gråsej (*Pollachius virens*) och äkta tunga flera till antalet jämfört med i de andra två områdena. Gulål fångades i liknande utsträckning som i de andra områdena, medan strandkrabban var lika talrik som i referensområdet.

### Sjukdomskontroll.

Förekomst av yttre synliga sjukdomssymptom noteras regelmässigt vid de provfisken som utförs av Kustlaboratoriet. Endast två sjukdomsfall noterades i referensområdet under augusti månad 2011. Båda fallen var torsk med hudsår. Detta kan jämföras med ett sjukdomsfall under 2010.

---

<sup>38</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april vs augusti<sup>1976-2010</sup>  $p < 0,001$ ,  $Z = -3,57$ .

<sup>39</sup> Mann-Whitney U-test: CPUE april<sup>1976-2010</sup>  $p = 0,011$ ,  $Z = -2,54$ , augusti<sup>1976-2010</sup>  $p = 0,001$ ,  $Z = -4,99$ .

### 4.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Fem lokaler inventerades med hjälp av dykare under september 2011. En erfarenhet av det första årets arbete med denna typ av undersökningar var att hårt väder innebar att planerade dykningar fick uppskjutas vid flera tillfällen. I övrigt fungerade arbetet väl, men insatsen skall ändå ges karaktären av en pilotundersökning, med möjlighet till rimliga justeringar av programmet inför kommande år.

Inga unika eller nya förekomster av främmande arter hittades under årets undersökning. Det totala antalet arter som registrerades under taxeringen blev 48 algarter och två fastsittande arter av fauna samt en högre växt. Av de 48 algarterna var tre främmande arter som var kända på västkusten sedan tidigare. Dessa var rödsvansing (*Dasya baillouviana*), japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*) och sargassosnärja (*Sargassum muticum*). Av de två faunaarterna är det japanska jätteostronet (*Crassostrea gigas*) en sedan tidigare känd främmande art på svenska västkusten (tabell 4).

Av de fyra främmande arter som påträffades tenderade två, sargassosnärja och i viss mån japanskt jätteostron, att vara vanligare närmast Ringhals kylvattenutsläpp (tabell 4-6). Skäl efter döda ostron fanns i flera områden, men det var det endast vid utsläppet som levande exemplar påträffades. Även rödsvansing var relativt vanlig i utsläppsområdet, men förekom även talrikt inne i Båtafjorden. Denna art var också den enda främmande arten som påträffades vid Norra Horta. Komplexet japantofs/kandelaberddun förekom både i referensområdet vid Vendelsö som i utsläppsområdet. Närmare analys på laboratoriet kunde också fastställa att den främmande arten japandun förekom på båda platserna.

I ramproverna noterades endast sargassosnärja vid utsläppet och rödsvansing på samma plats och i norra delen av Båtafjorden (tabell 5). Inga främmande arter påverkades i ramprover från djup över 3 m.

Vid de fyra extra linjetaxeringar som gjordes utöver huvudtransekten i varje område påträffades samma fyra främmande arter som redovisats tidigare. Vid Ringhals utsläpp fanns sargassosnärja och rödsvansing på samtliga profiler och japanskt ostron

Tabell 4. Samtliga arter funna vid taxeringen från samtliga områden. Förekomsten är uppdelad efter (1) enstaka, (2) vanlig, (3) dominerande.

	art/släkten	Ringhals utsläpp	Båtafjorden norra	Båtafjorden södra	Norra Horta	Vendelsö
grönalger	Chaetomorpha melangonia				1	1
	Cladophora rupestris		1	1		1
	Cladophora spp.	2	1	2		
	Ulva spp.			2		
	Ulva lactuca	2	2		2	
brunalger	Ascophyllum nodosum		1			
	Chordaria flagelliformes	1		2	3	2
	Corda filum		1	1		3
	Dictyosiphon foeniculaceus					2
	Ectocarpus siliculosus/Pilayella littoralis*		3	2	2	2
	Elachista fuciola		1	2		2
	Fucus serratus	1	3	3	1	3
	Fucus vesiculosus		3	2	2	1
	Halidrys siliquosa	2	1		1	2
	Laminaria digitata				1	
	Saccarina latissima			1	1	
	Sargassum muticum	2		1		
	Sphacelaria cirrosa	2	1	2		2
	rödalger	Acrochaetiaceae	1			
Ahnfeltia plicata				1		2
Antithamnion cruciatum		1				
Audionella sp.		1				
Bonnemaisonia hemifera/ Spermatothamnion repens*		2		1	1	2
Broggiartella byssoides					1	1
Callithamnion corymbosum					1	
Ceramium sp.				1		
Ceramium tenuicorne		1				
Ceramium virgatum		2			1	2
Chondrus crispus		2	2	1	2	2
Coccotylus truncatus/ Phyllophora pseudoceranooides*		3	3	2	3	3
Cyclostoclonium pupureum		1			2	
Dasya baillouviana		1	2	1	1	1
Delesseria sanguinea		1	1	1	2	1
Furcellaria lumbricalis		1	3	2	2	2
Gracellaria sp.			1			
Hildenbrandia rubra						2
Lithothamnion/Phymatolithon spp.*		3	2	2		
Membranoptera alata		1		1	3	
Phychondrus rubens			1	2	2	
Plumaria plumosa				1	1	
Polyides rotundus		1	1		1	1
Polysiphonia elongata						1
Polysiphonia fibrillosa		2			1	2
Polysiphonia fucooides		2			2	2
Polysiphonia spp.			3	2		
Polysiphonia stricta		1				
Porphyra spp.			1		1	
Rhodomela confervoides				2	2	
fauna	Crassostrea gigas	1				
	Mytilus edulis	2	2	2	1	1
högre växt	Zostera marina			1		

\* svåra att skilja åt

enstaka vanlig dominerande

fanns i tre profiler av fem. Även vid dykplatserna i norra och södra Båtafjorden påvisades utbredning av rödsvansing över hela strandlinjen. Japantofs och kandelaber-dun (*Spermatothamnion repens*) är två arter som var svåra att särskilja i fält under vattnet och noterades därför som ett tvåartskomplex i resultaten. De påträffades dels i utsläppsområdet, dels i referensområdet vid Vendelsö (tabell 6).

Tabell 5. Främmande arters täckningsgrad i procent, medelvärden utifrån tre slumpade ramar (0,5x0,5 m) per djup i huvudprofilen.

art/djup	medelvärde av täckningsgrad i %				
	Ringhals utsläpp	norra Båtafjorden	södra Båtafjorden	Norra Horta	Vendelsö
rödsvansing					
djup 1 m	5	1			
djup 3 m		5			
sargassosnärja					
djup 1 m	7				
djup 3 m	5				

Tabell 6. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av extra transekter, slumpvis utlagda parallellt med huvudtransekten. Transekt C i tabellen motsvarar huvudtransekten. Täckningsgraden är given efter en tregradig skala; 1 enstaka, 2 vanlig, 3 dominerande.

Område	transekt	brunalg		rödalger		fauna japanskt jätteostron
		sargassosnärja		japantofs/ kandelaber-dun*	rödsvansing	
Ringhals utsläpp	A	2			2	
	B	2			2	1
	C	2		2	2	1
	D	2			1	
	E	2			2	2
Båtafjorden norra	A				2	1
	B				2	
	C				2	
	D				2	
	E				2	
Båtafjorden södra	A				2	1
	B				2	
	C	1			2	
	D				2	
	E				2	
Norra Horta	A				1	
	B					
	C				1	
	D					
	E					
Vendelsö	A				1	
	B					
	C			2	1	
	D					
	E					

\* svåra att särskilja



## **5 Diskussion**

### **5.1 Kylvattenintaget**

Undersökningar i kylvattenintaget syftar till är att göra en uppskattning av hur stor mängd av de respektive arterna som går förlorade vid passagen genom kraftverket. I de allra flesta fall görs bedömningen att fiskägg och fisklarver är så känsliga att dödligheten är total. Den beräknade förlusten ställs i relation till vilken skada den ger för de bestånd som berörs. Bergström m fl (2009) redovisar en beräkning av tänkbara skador och kommer till slutsatsen att påverkan på kommersiella arter sannolikt är begränsad, men inte obefintlig för exempelvis ål och sill. Likaså kan utslagningen i kylvattenvägarna möjligen ha bidragit till den negativa utvecklingen för vinterlekande kustarter som rötsimpa och tejstefisk.

Provtagningen i kylvattenintaget registrerar förekomsten av unga livsstadier av fisk i vattenmassan i centrala Kattegatts kustvatten. Pelagiska ägg och larver kan ha transporterats långväga innan de når kylvattenintagen till kraftverket. Den skada som kan uppkomma genom utslagningen kan alltså påverka fiskpopulationer med mycket stora utbredningsområden. Den temporala fördelningen av förekomsten av ägg och larver sammanfaller dock med kända lekperioder för torsk och plattfiskar i Kattegatt, vilket tyder på att övervakningen i Ringhals främst speglar en möjlig påverkan på rekryteringen i detta område. Mera välutvecklade yngel, som glasål och yngel av höstlekande sill, representerar bestånd med mycket stora utbredningsområden, vilket stärker antagandet om små effekter på beståndsnivå. Den stabila utvecklingen hos fångsten av gulål i provfisket med ryssjor talar dessutom emot en negativ effekt på gulålsbeståndet i närområdet. Den starkt negativa utvecklingen av glasålsförekomsten i kylvattenintaget understryker dock det allvarliga läget för ålrekryteringen i stort till Europa.

Utslagning av de relativt stora och välutvecklade larverna av arter som leker vintertid vid kusten i närområdet har störst sannolikhet att leda till effekter på beståndsnivå. Rötsimpan är den enda art som förekommer i provtagningen av både larver och

vuxen fisk. Utvecklingen är negativ över en längre tid i båda fallen och en effekt kan alltså inte uteslutas. Tillbakagången för kallvattenarter som rötsimpa och tånglake kan dock sannolikt även kopplas till en generell uppvärmning av havsvattnet under senare decennier och en motsvarande utveckling kan ses även i det nationella referensområdet i Fjällbacka (Naturvårdsverket, 2010).

Hur mycket ägg och larver som följer med intaget påverkas till stor del av hydrografiska faktorer, som språngskiktets djup och havsströmmarnas riktning. Fiskägg flyter inte vid låga salthalter och koncentreras därför ofta i haloklinen i Kattegatt, vilket innebär att variationer i halokolinens läge medverkar till stora variationer hos observerade tätheter på en kort tidsskala och även bidrar till mellanårsvariationer.

Ett stort antal fiskarter förekommer i intagsvattnet och provtagningen kan ge en tidig indikation på förekomst av nya och främmande fiskarter vid västkusten. Under provtagningen 2011 fångades två arter som inte fångats tidigare, tångsnärta och en gobid av obestämd art. Under tidigare år har sydligare arter påträffats i intagsvattnet såsom fenknot, tjockläppad mulle, havsabborre och prästfisk.

Provtagningen sker enbart vinter och vår. Att det bara provtas på våren beror delvis på att stora mängder maneter och fintrådiga alger försvårar provtagningen under sommar och höst, men i första hand på att de viktigaste kommersiella arterna leker under denna tid eller förekommer rikligt i den fria vattenmassan. Den begränsade provtagningsperioden innebär dock att påverkan på vissa arter kan underskattas.

### 5.1.1 Kontroll av utsläppstub från silstation

Död fisk eller skadad fisk som återförs till havs från silstationerna kan ätas av måsfåglar, skarvar eller krabbor, vilket medför att metoden att filma utsläppstuben och dess närområde är begränsad med avseende på möjligheten att bedöma hur mycket fisk som följer med rensmassorna. Att det hittills inte observerats några ansamlingar

av döda fiskar i anslutning till utsläppspunkten på havsbotten kan alltså förklaras av ovan angivna faktorer. Mycket påväxt av fintrådiga alger på makroalgerna skulle kunna bero på förhöjda närsalthalter i närområdet till följd av utsläpp av organiskt material. I övrigt görs bedömningen att påverkan på bottnarna i anslutning till utsläppstuben är relativt små.

## 5.2 Påverkansområdet

### 5.2.1 Fisksamhällets utveckling

Den mest tydliga förändring som observerats i det kylvattenpåverkade området är att fisksamhället har förändrats mot en lägre diversitet i april. Denna utveckling ses inte i referensområdet, vilket tyder på en förändring till följd av kylvattenpåverkan. En ökande temperaturskillnad har också observerats mellan recipient och referensområde. En annan samhällsindikator som förändrats i recipienten är den trofiska medelnivån. Denna har minskat under augusti månad och en tendens till nedgång ses även i referensområdet. Trots den observerade förändringen hos två av samhällsindikatorerna ses ingen förändring i total fisktäthet eller artrikedomen i det påverkade området. Utvecklingen mot en lägre diversitet kan förklaras av en ökande dominans av enskilda arter. Strandkrabbans positiva utveckling, tillsammans med en kraftig tillbakagång kallvattenarter som rötsimpa och tånglake, ligger sannolikt bakom den observerade utvecklingen på våren i recipienten. En positiv utveckling av fångsten av skärsnultra förklarar sannolikt den allt lägre trofiska nivån under sommaren, tillsammans med en tillbakagång för kallvattengynnade arter.

Fångsten i april har minskat med avseende på biomassa i båda områdena, men inte till antalet. Detta innebär att de fiskar som fångas har en lägre medelvikt än tidigare. Andelen småvuxna arter och individer har alltså fått ett större genomslag i takt med att tidigare dominerande kallvattenarter som rötsimpa och tånglake har gått tillbaka.

En starkt negativ utveckling i recipienten hos tidigare vanliga kallvattenarter som rötsimpa och tånglake och tydliga skillnader i förekomst mellan påverkansområde och referens är sannolikt tecken på en negativ påverkan på dessa arter av kylvattenutsläppet. Denna påverkan tenderar att öka med tiden, vilket sannolikt kan kopplas till både stigande kylvattentemperaturer och en ökande bakgrundstemperatur under de senaste decennierna (Bergström *et al.*, 2008; SLU, 2011). Det är dock sannolikt att den generella uppvärmningen av havsvattnet har bidragit till en negativ utveckling även i områden som inte påverkas av uppvärmt kylvatten. Någon motsvarande negativ utveckling ses inte hos merparten av de arter som klassificeras som varmvattengynnade, exempelvis gulål, skärsnultra och strandkrabba, alla tre dominerande i det mest kylvattenpåverkade området under högsommaren.

De förhållandevis stabila fångsterna av gulål i området talar emot en negativ påverkan av kraftverkets drift på arten. Fångsterna speglar inte den negativa utvecklingen hos rekryteringen hos ål som observerats i Sverige och Europa, och den observerade vikande förekomsten av ålyngel i Ringhals. Detta talar emot att kylvattenanvändningen haft en negativ påverkan på ålbeståndets utveckling i närområdet, vare sig genom dödlighet i kylvattenvägarna eller genom direkt påverkan av uppvärmt kylvatten i recipienten.

Alla kallvattenarter har förekommit i högre tätheter i april än i augusti i medeltal, undantaget tånglake. Kallvattenarterna har antingen minskat eller haft en neutral utveckling, endast undantaget skrubbskädda. Vikande fångster av de mest utpräglade kustlevande kallvattenarterna speglar som tidigare nämnts sannolikt en generellt vikande trend på den svenska västkusten. Skrubbskädda är den enda kallvattengynnade arten som har utvecklats positivt, vilket har skett i referensområdet under april. Skrubbskädda och torsk har en annorlunda reproduktionsstrategi än tidigare nämnda kallvattenarter, med pelagiska ägg och larver som svävar i den fria vattenmassan under flera veckor och således kan transporteras långa sträckor med strömmarna.

De räknas här till kallvattenarterna, men ungfiskar av i synnerhet skrubbskäddan uppträder på grunt vatten även under sommaren och skyr inte höga temperaturer som äldre fiskar.

Abundansen av oxsimpa, rötsimpa och tånglake har minskat starkt i både recipient och referensområde, i synnerhet sedan slutet av 1980-talet. Påverkan av kylvatten i recipienten och en naturligt stigande bakgrundstemperatur har redan framförts som tänkbara orsaker till denna utveckling. Dessa tre arter leker dock eller föder sina ungar under vintern och alla tre arterna förekommer i den provtagning som görs i kylvattenintaget. Dessa arter har också en reproduktionsstrategi som innebär att en större energi investeras i varje enskilt yngel än hos exempelvis plattfiskar och torsk. Man kan alltså inte utesluta en påverkan på de lokala bestånden genom utslagning av unga livsstadier i kylvattenvägarna.

### 5.3 Förekomst av främmande och invasiva arter

Alg- och faunainventering utfördes genom linjetaxering med dykare utefter fem transekter per dykplats och med ramar på fasta djup. Fokus var att upptäcka främmande arter och bedöma deras utveckling i en gradient för påverkan av kylvatten. Inga nya arter för västkusten hittades i dykkarteringen, men däremot fyra främmande arter som redan är etablerade på kusten. Sargassosnärlja hittades första gången vid Bua 1992–93 och hade 1996 utvecklat ett av landets kraftigaste bestånd vid Ringhals (Karlson, 1997). Rödalgen rödsvansing upptäcktes 1953 på västkusten och finns numera allmänt i Kattegatt och Skagerrack, medan japantofs, även den en rödalg, etablerades på västkusten i början av 1900-talet. Denna art finns numera i Öresund, Kattegatt och Skagerrack. Japantofs kan dock lätt förväxlas med den inhemska arten kandelaberduon ([www.aqualiens.tmbi.gu.se](http://www.aqualiens.tmbi.gu.se)). Som enda främmande djurart noterades japanskt jätteostron, en art som först upptäcktes sommaren 2007 på västkusten och som nu finns etablerad från Strömstad ned till Halland ([www.frammandearter.se](http://www.frammandearter.se)).

Resultaten representerar hittills enbart ett år så det går inte att säga något om utvecklingen på lokalerna. Man kan dock se en tendens till koncentration till Ringhals utsläppsområde av två av de främmande arterna, Sargassosnärja och japanskt jätteostron, vilket sannolikt beror på det varma vattnet. Döda skal av ostron förekom i flera områden, men levande exemplar påträffades endast vid kylvattenutsläppen, vilket tyder på att dessa klarat sig bättre där under de föregående hårda vintrarna 2010 och 2011.

Ramproverna som togs utefter huvudprofilen gav inte lika tydliga resultat avseende förekomst av främmande arter, vilket sannolikt berodde på att den analyserade ytan var liten jämfört med den som täcktes av linjetaxeringen.

I Båtafjorden inventerades två lokaler på hårbotten, en på södra sidan och en på nordsidan. Båtafjorden är ett grundområde sydost om kylvattenutsläppet, som av Länsstyrelsen angetts som en plats där främmande arter potentiellt skulle kunna samlas och etableras. I Båtafjordens upptäcktes tre främmande arter. Vid Båtafjorden norra strand påträffades ett särskilt intressant exemplar av släktet *Gracelaria*. Svårigheter att artbestämma just detta exemplar gjorde att det bestämdes enbart till släkte. Det intressanta med *Gracelaria* är att det finns en art i släktet, perukalg (*Gracilaria vermiculophylla*), som är en invandrad art från Asien som upptäcktes i Göteborgs södra skärgård så sent som 2003–2004. Fynd av arten har även rapporterats från Bua Hamn, inte långt från dykområdet. Denna art kan bilda täckande algmattor och om den etableras fullt ut kan den utgöra ett potentiellt problem för lokal flora och fauna ([www.frammandearter.se](http://www.frammandearter.se)).

I referensområdet vid Vendelsö återfanns två främmande arter, som båda har varit etablerade på västkusten sedan en lång tid. Av dessa var japantofs vanligt förekommande i huvudprofilen men, inte i de övriga transekterna. En förklaring till varför japantofs varit svår att kvantifiera i fält är att den växer som påväxt på andra alger

där den ter sig som ett litet rött ludd och att det lättaste sättet att särskilja den från den snarlika arten kandelaberdun är via dess lukt. Dessa båda arterna har därför noterats som ett tvåartskomplex, även om förekomsten av japantofs kunde verifieras.

Intagskanalen samt svallschakten inne på Ringhals industriområde nämns i programmet som ytterligare områden där kartläggning av alger och fauna bör genomföras. Av säkerhetstekniska skäl kunde dessa lokaler inte undersökas under 2011, men möjligheten att inventera även dessa områden kommer att utredas inför 2012 års undersökning. Undervattensfilmer från svallschakten, som gjorts i andra syften (inspektion), har studerats, med den sammanfattande bedömningen att bildernas kvalitet inte var tillräckligt hög för en meningsfull analys.

## 6 Referenser

Andersson, J. (1985). Fiskägg och fisklarver i kylvattenintaget för Ringhalsverket. Naturvårdsverket rapport 3071. 19 s.

Andersson, J. (1980). Fiskägg och fiskyngel i kylvattenintaget vid Ringhalsverket 1979–1980. Naturvårdsverket meddelande. SNV PM 1346. 37 s.

Andersson, J. (2009). Biologiskt kontrollprogram för Ringhals kärnkraftverk. Fiskeriverkets kustlaboratorium. 16 s.

Bergström, L., Jansson, M., Sundqvist, F. och Andersson, J. (2009). Biologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1979–2007. Fiskeriverket, Finfo 2009:2. 37 s.

Grimås, U., Jacobsson, A., Neuman, E. (1988). Biologiska och radioekologiska undersökningar vis Ringhals kärnkraftverk 1968–1987. Naturvårdsverket rapport 3463. 26 s.

<http://www.frammandearter.se> (senast besökt 12-02-26).

<http://www.aqualiens.tumblr.gu.se> (senast besökt 12-02-26).

ICES. (2008). Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL). ICES Advisory Committee. ICES CM 2008/ACOM:15.

Karlson, J. (1997). Utbredningen av Sargassosnärja – *Saragassum muticum* – vid svenska västkusten 1996. Slutrapport till Världsnaturfonden, WWF, 10 s.

Kautsky, H. (1999). Miljöövervakning av de vegetationsklädda bottenarna kring Sveriges kuster. Mimeogr. version 20040513, Institutionen för Systemekologi, Stockholms Universitet, 106 91 Stockholm, 33 s.

Liungman, O., Karlsson, A., Lindahl, S. (2003). Simuleringar av kylvattenplymer från Ringhals kraftverk. SMHI rapport 2003–43. SMHI Norrköping. 30 s.

Naturvårdsverket. (2010). Integrerad kustfiskövervakning i Västerhavet, 2010. Fjällbacka 1989–2009. 15 s.

Naturvårdsverket. (2004). Handledning för miljöövervakning. Undersökningstyp, vegetationsklädda bottenar, ostkust, Version 1, 2004-04-27. 15 s.

Olsson, I. (1993). Miljö och fisk i Skagerack, Kattegatt, Öresund och Bälten. Nord 1993:21. 154 s.

SLU. (2011.) Integrerad kustfiskövervakning i Västerhavet, 2011. Fjällbacka 1989–2010. <http://www.slu.se/sv/fakulteter/akvatiska-resurser/datainsamling/provfiske-vid-kusten/provfiske-resultatblad/> (senast besökt 12-02-26).



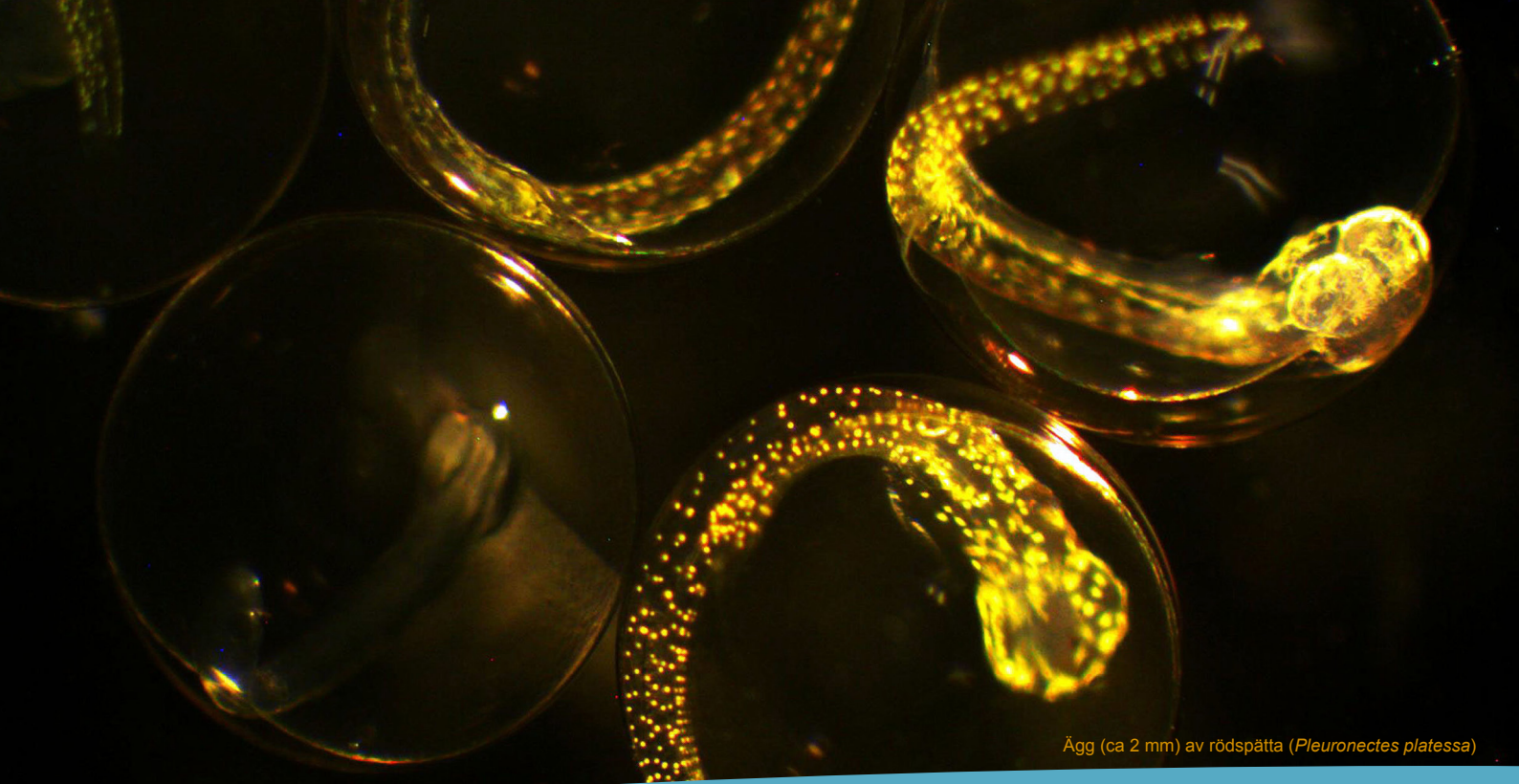
Thoresson, G. (1996). Metoder för övervakning av kustfiskbestånd. Kustrapport 1996:3. 33 s.

Thörnqvist, S., Neuman, E., Jacobsson, A. och Sandström, O. (1998). Biologiska undersökningar vid Ringhals kraftverk 1988–1996. Fiskeriverket Rapport 1998:1, 57–76.

Thörnqvist, S. (2000). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2000. Fiskeriverkets kustlaboratorium. 11 s.

Västerbygdens vattendomstol. (1969). Dom A 10/1969.





Ägg (ca 2 mm) av rödspätta (*Pleuronectes platessa*)

