



Aqua reports 2013:3

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2012

Jan Andersson, Björn Fagerholm

Malin Hällbom, Frida Sundqvist



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftver. Årsrapport för 2012

Jan Andersson, Björn Fagerholm, Malin Hällbom, Frida Sundqvist

Adress

SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet,
Skolgatan 6, 742 42, Öregrund

mars 2013

SLU, Institutionen för akvatiska resurser

Aqua reports 2013:3

ISBN: 978-91-576-9130-9 (elektronisk version)

Vid citering uppge:

Andersson, J., Fagerholm, B., Hällbom, M. Sundqvist, F. (2013). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2012. Aqua reports 2013:3.

Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 43s.

Rapporten kan laddas ned från

<http://www.slu.se/aquareports>

E-post

Jan.Andersson@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:

Erik Degerman, SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Sötvatenslaboratoriet

Sara Königson, SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet

Finansiärer

Ringhals AB

Omslagsfoto: Björn Fagerholm.

Sammanfattning

Kylvattenanvändningen vid Ringhals kärnkraftverk påverkar fisk- och skaldjurs-samhället i olika steg. I det första steget genom utslagning av ägg, larver och större fisk som följer med det inkommande vattnet in i kraftverket och i ett andra steg genom att fiskens och skaldjurens miljö påverkas av det utkommande uppvärmda vattnet. Förekomsten av uppvärmt kylvatten vid utsläppet kan även bidra till att främmande invasiva arter etablerar sig i kustområdet.

Under 2012 producerade Ringhals reaktorer 1, 3 och 4 el under större delen av året, med avbrott för årliga revisioner och vissa kortare driftsstopp. Ringhals reaktor 2 kom i drift i april efter avstängning och grundligt saneringsarbete på grund av en brand i reaktor 2 i april 2011.

I kylvattenintaget utförs provtagning av fiskägg och fisklarver med Bongohåv, som underlag för framtida beräkningar av dödlighet i kylvattenvägarna. Förekomsten av rötsimpelarver (*Myoxocephalus scorpius*) har minskat sedan provtagningen startade, 2012 fångades dock fler rötsimpelarver än tidigare under provtagningsserien. Förekomsten av tejustefisklarver (*Pholis gunnellus*) har minskat genom åren. Håvning i intaget efter juvenil fisk är till stor del fokuserad på glasål. Glasålen har minskat kraftigt från provtagningens början, även om fler glasålar fångades 2012 än föregående år. Minskningen av glasål beror på en tillbakagång i hela regionen och förlusten i intaget har inte lett till en lokal påverkan.

Effekter av uppvärmt vatten undersöks genom provfisken i två områden som påverkas av kylvattnet och i ett opåverkat referensområde. Dessa områden jämförs med varandra för att finna skillnader mellan ett påverkat och ett opåverkat område. Under april månad har diversiteten i fiskesamhället minskat i det påverkade området, men inte i referensområdet. Detta är sannolikt en följd av 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 också tillhör de varmvattengynnade arterna, ökar i det kylvattenpåverkade området. Strandkrabba uppvisade 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 oftast i mindre antal i påverkat område. Mest tydligt var detta för torsk (*Gadus morhua*), rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*) och tånglake (*Zoarches viviparus*). Av de arter som gynnas av kallare vatten visade flera vikande trender i båda områdena. Enbart skrubbskädda (*Platichthys flesus*) visade en ökande trend i referensområdet.

För att påvisa förekomst av främmande arter genomförs dykkartering i fem områden utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. Inga för regionen nya arter noterades under 2012, men däremot noterades fem främmande arter som redan etablerat sig på västkusten. En av dessa var japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*). Övriga främmande arter var alger, två rödalger, rödsvansing (*Dasya baillouiana*) och japantofs (*Bonne-maisonia hamifera*), en brunalg, sargassosnärja (*Sargassum muticum*) samt en grönalg, gaffelgrenad svamptång (*Codium fragile*).

Summary

The use of cooling water at the Ringhals nuclear power plant affects the marine environment. The fish and shellfish community is affected in two steps. In the first step, fish eggs, larvae and larger fish that are transported into the nuclear power plant with the cooling water may face unnatural mortality. In the second step the heated water is released back into the sea, where the fish and shellfish are affected by the increase in temperature. The presence of heated water could also contribute to alien invasive species establishing in the coastal area.

Reactors 1, 3 and 4 at Ringhals nuclear power plant produced electricity during the major part of the year 2012, with exceptions for the annual audits, and shorter stops in production. Reactor 2 started producing electricity again in April after a prolonged shutdown and thorough remediation work due to a fire in April 2011.

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. In 2012 more shorthorn sculpin larvae were caught than ever before in this survey. 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 2012. 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. Fish diversity has developed differently in the two areas during the cold season, where the recipient showed a decrease in diversity the reference area was stable. 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, such as cod (*Gadus morhua*), short-horn sculpin (*Myoxocephalus scorpius*) and eelpout (*Zoarches viviparous*) were less abundant in the recipient.

To investigate the presence of marine alien invasive species a scuba diving survey in five shallow areas near the outlet of cooling water from Ringhals nuclear power plant is conducted. No new species were found in the 2012 survey, but five species already established on the Swedish west coast were found. The species found was the japanese oyster (*Crassostrea gigas*), two species of red algae *Dasya baillouviana* and *Bonnemaisonia hamifera*, one brown algae, japanese wireweed (*Sargassum muticum*) and finally a green algae, a dead mans fingers (*Codium fragile*).

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	12
4.1 Kylvattenintaget	12
4.2 Påverkansområdet	19
4.3 Kontroll av främmande och invasiva arter	31
5 Diskussion	35
5.1 Kylvattenintaget	35
5.2 Påverkansområdet	37
5.3 Förekomst av främmande och invasiva arter	39
6 Erkännanden	42
6 Referenser	42

1 Inledning

Den miljöpåverkan som kylvattenanvändningen i Ringhals kärnkraftverk kan leda till övervakas genom ett recipientkontrollprogram som ursprungligen fastställdes av Västerbygdens vattendomstol 1969. Miljödomstolen gav 2006 tillstånd till höjning av effekten, vilket ledde till ett reviderat program 2009 (Andersson, 2009). Detta program trädde i kraft under andra delen av 2011. Utförare är Kustlaboratoriet, numera tillhörande Institutionen för Akvatiska Resurser vid Sveriges lantbruksuniversitet. Tidigare har Kustlaboratoriet tillhört Naturvårdsverket och Fiskeriverket. Resultaten redovisas i årliga rapporter som överskådligt sammanfattar resultaten och vart femte år i en mera 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).

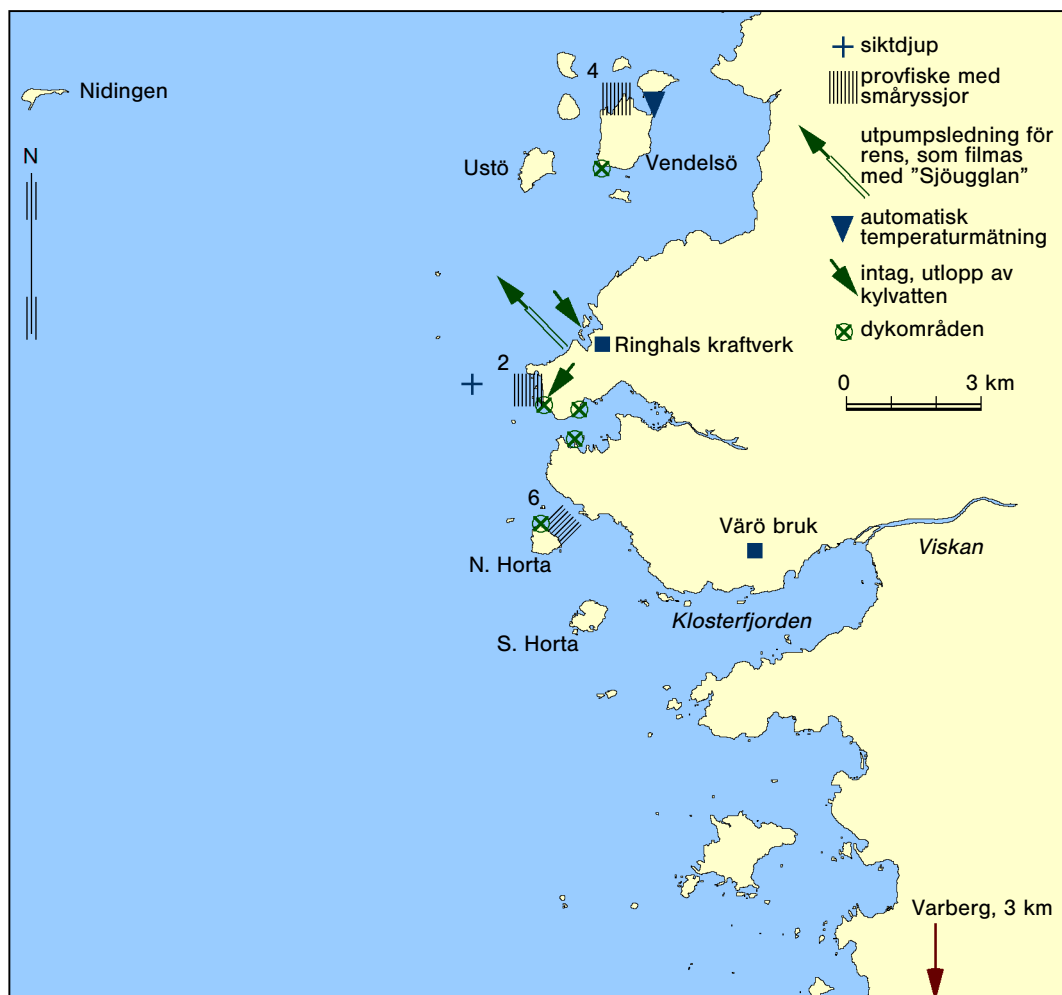
Kontrollprogrammet omfattar provtagning av inkommande kylvatten som underlag för beräkning av utslagning av fiskägg och fiskyngel. Effekter genom påverkan av uppvärmt kylvatten studeras genom provfiske i en påverkansgradient från utsläppspunkten. Vidare studeras sedan 2011 förekomst av främmande invasiva arter genom dykinventeringar på platser med olika grad av kylvattenpåverkan. Denna rapport ger en översiktlig beskrivning av resultat från de undersökningar som ingår i kontrollprogrammet till och med det senaste verksamhetsåret. Djupare analyser av orsaksamband och effekter på miljö och fiske görs i de mera omfattande rapporter som skrivs ungefär vart femte år.

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 ägg, fisklarver och yngel som transporteras in i kanalen beror på mängden kylvatten som kraftverket använder 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 *et al.*, 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 årets reproduktion kan slås ut. Även för övriga arter kan stora förluster ha en potentiellt negativ effekt, särskilt för hotade arter.

Det andra steget 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 i april månad då havsvattnet är kallt och i augusti månad då havsvattnet är varmt. Fisket genomförs i ett havsområde i anslutning till Ringhals kylvattenutsläpp samt i ett referensområde vid Vendelsö (figur 1). Från augusti 2011 har ett nytt fiskeområde tillkommit vid Norra Horta, som 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 kylvattnet.

Det uppvärmda kylvattnet från kraftverket tillför värmeenergi till det omgivande havet och fisk kan ansamlas eller skyddas i 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 varmvatten-



Figur 1. Översiktskarta med provfiskelokaler vid Ringhals (sektion 2) och Vendelsö (sektion 4) och Norra Horta (sektion 6) samt fem dykområden. I intagskanalen för kylvatten hävas fiskägg och juvenil fisk in.

art. Bland kräftdjuren är strandkrabban en art som gynnas av varmvatten. Typiska kallvattenarter är tånglake, rötsimpa, torsk och femtömmad skärlånga. Fisket under april ger en större fångst av kallvattenarter jämfört med augusti, då varmvattenarter dominerar fångsterna (Thörnqvist *et al.*, 1998).

Intresset för främmande arter har ökat på senare år efter rapporter av en rad nyttillkomna arter på västkusten. En storväxt brunalg, sargassosnärja (*Sargassum muticum*), var en av de marina arter som uppmärksammades på västkusten under mitten av

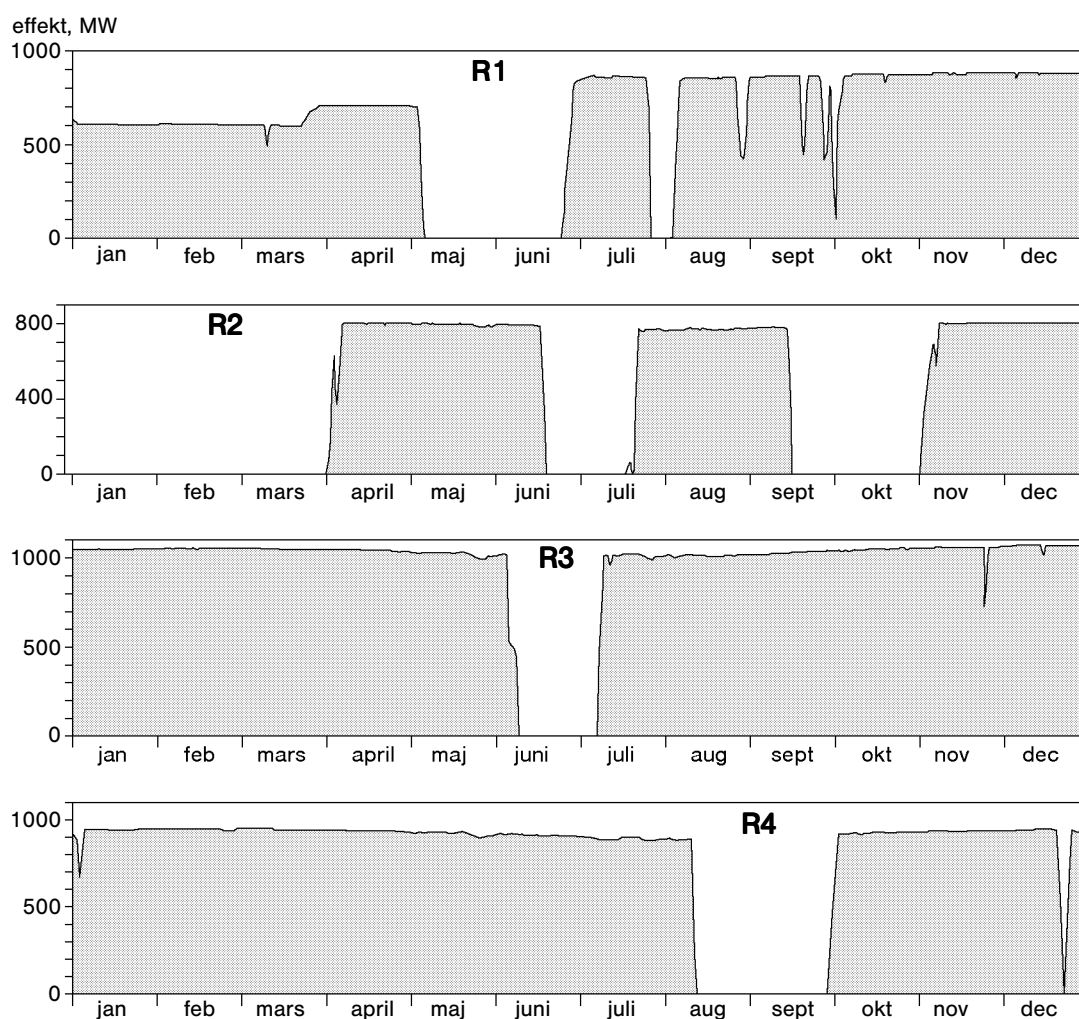
1990-talet. Nyligen har det tillkommit japanska ostron (*Crassostera gigas*), numera välkända längs hela västkusten, samt den amerikanska kammaneten (*Mnemiopsis leidyi*), som stundtals förekommer i stora mängder fritt i havet.

I samråd med länsstyrelsen i Halland etablerades under 2011 ett program 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 tunnlar 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 ca 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 2012. Varje block stängs periodvis av för revision. Revisionen pågår normalt för en reaktor åt gången under perioden maj till oktober. Under 2012 producerade Ringhals reaktor ett, tre och fyra el under större delen av året, med avbrott för årliga revisioner och vissa kortare driftsstopp (figur 2). Ringhals reaktor två började producera el igen i april efter avstängning och sanering i början av året på grund av en brand inne i reaktorhallen och senare i oktober stängdes den för revision.



Figur 2. Producerad effekt (MW) vid Ringhals 1, 2, 3, och 4 under 2012.

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. Insamlade ägg och larver bestäms till art eller taxonomisk grupp och beräknas per volymenhet av det inkommande kylvattnet. Detta antal används sedan som underlag för beräkning av det totala flödet av ägg och larver genom kraftverket under provtagningsperioden. Denna analys görs dock i den fördjupade utvärdering som görs vart femte år, inte i årsrapporterna.

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-Kidd yngeltrål utförs nattetid två gånger i veckan under perioden februari till och med april. Vid varje tillfälle är trålen ute i 12 till 15 timmar. Vid bearbetning av resultaten fram till och med 2012 har en översyn gjorts av befintliga data. Smärre rättningar har gjorts och data har normerats med avseende på förändringar av vattenflödet i intagskanalen. Årliga index för täthet har tagits fram med avseende på förekomst under perioden från och med vecka 9 till och med vecka 18. Skälet till detta är att data saknas från perioden före vecka 9 under en stor del av 1980-talet och att abundansdata på detta sätt blir bättre jämförbara över tid. Kommande skadeberäkningar kommer dock att baseras på icke korrigerade data från hela provtagningsperioden februari–april.

3.1.2 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 mynnar på 8 meters djup i havet utanför kärnkraftverket. Vid undersökningar 2007–2010 beräknades dödligheten till ca 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 (en s.k. sjöuggla). År 2012 filmades tuben i november på grund av starka vindar tidigare under hösten. Filmningen 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 och referensen är ett område opåverkat av utsläppt kylvatten. Varje sektion delas upp i sex stationer som provfiskas med två ryssjor kopplade strut i arm (Thoresson, 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 0,5 till 1 meter vid den inre ledarmen och 5–6 meter vid yttersta delen. Fram till 1997 fiskades varje station under tolv 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 medelvärde beräknas för respektive område.

Varje individ i fångsten mäts och kontrolleras med avseende på eventuella synliga sjukdomar. Vägning sker av varje art per station, 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.

Fångstdata används i flera olika analyser för att följa utvecklingen i fisk- och skalldjurssamhället och för att se om det finns några skillnader mellan recipient- och referensområde. Analyserna baseras framför allt på medelvärden av antal fiskar per ryssja och natt (CPUE, catch per unit effort), alternativt medelvikt av fisk per ryssja och natt (WPUE, weight per unit effort). Från Norra Horta (sektion 6) finns endast fångstdata från de två senaste åren. Redovisning av dessa data begränsar sig till en presentation av resultaten i tabell 3 och 4.

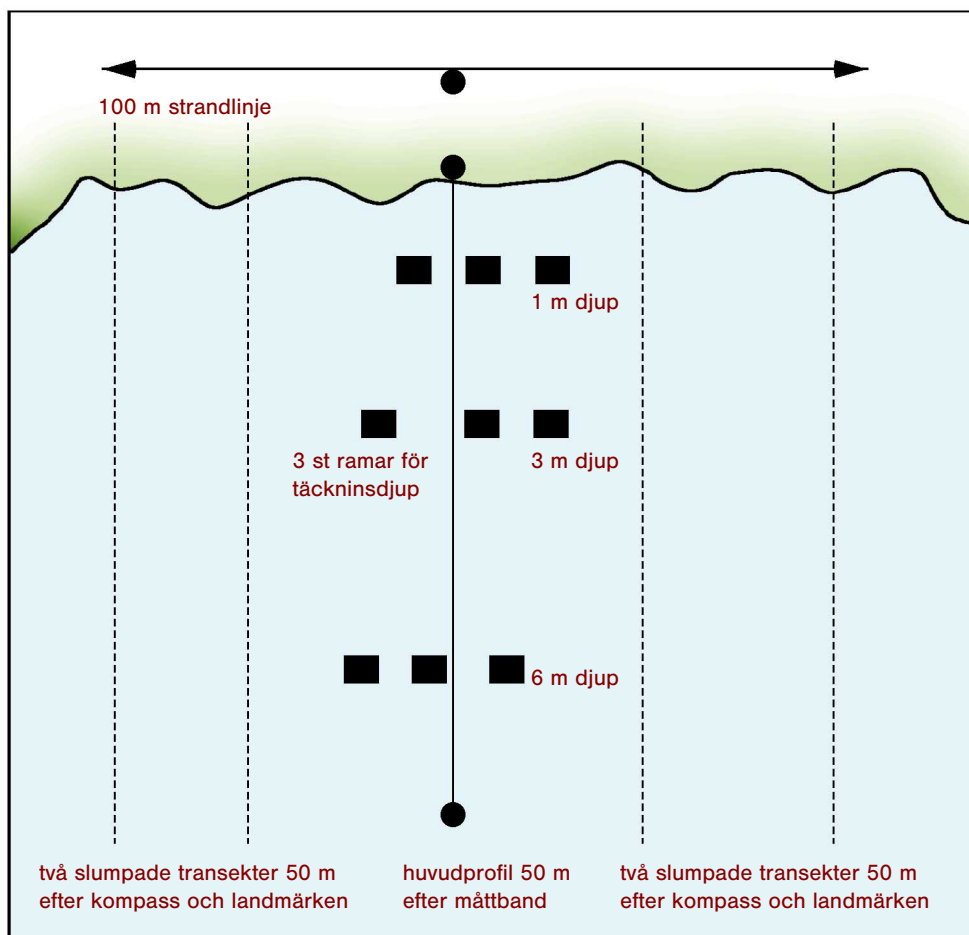
Antalet arter som fångas i respektive område används som ett mått på mångfalden i fångsten. En annan parameter som används för att beskriva diversiteten i fiskesamhället är Shannon-Wiener diversitetsindex. Shannon-Wiener index baseras på hur många arter som förekommer och hur mängden individer fördelar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

Ett annat mått som används för att beskriva fisksamhället är trofisk medelnivå. Varje art graderas utifrån sin nivå i näringskedjan, så att den får ett värde mellan noll och fem. Trofinivån 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 fisksamhällets 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. Trofisk nivå beräknas på fångstens WPUE och innefattar enbart fisk.

För alla beräkningar har endast data från ostörda stationer använts. Beräkningarna har utförts i Microsoft Office Excel 2007 samt statistikprogrammet Minitab 16 Statistical Software. För alla beräkningar har signifikansnivån $p < 0,05$ använts. Linjär regression har använts för att fastställa om en signifikant utveckling har skett över tid för de separata tidsserierna i respektive område. ANCOVA har använts för att analysera utvecklingen över tid med avseende på fisksamhällenas utveckling i de olika sektionerna. I de fall lika varianser eller normalfördelning inte uppfyllts har värdena logaritmerats eller rottransformerats. Vid analyser av de individuella fiskarternas utveckling har t-test använts för att analysera skillnader i medelabundans mellan fiskeperioder eller områden. Då normalfördelning eller lika varianser inte uppfyllts har värdena logaritmerats eller rottransformerats. I de fall normalfördelning eller lika varianser inte uppfyllts har ett oparametriskt Mann-Whitney U-test använts.

3.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

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



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

Huvudtransekten används som en fast utgångspunkt och där genomförs dyket utefter ett måttband som är fastsatt vid strandbrynet. Längs utmed måttbandet noteras typ av bottensubstrat och samtliga arters täckningsgrad uppskattas inom en korridor av 4–5 m. Vidare registreras avstånd från land och vattendjup där väsentliga förändringar noteras. Två dykare simmar i bredd och skrev parallellt protokoll under karteringens samtliga dyk, för att senare jämföra sina värden på land. 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. Det krävs goda artkunskaper samt cirka tio dyk innan olika dykare börjar uppfatta och skriva jämförbara protokoll (Naturvårdsverket, 2004). Udda alger fotograferas i fält eller samlas in i nätpåsar för närmare bestämning under lupp på laboratoriet.

Täckningsgrad av alger uppskattas och klassificeras utifrån en sjugradig skala; 100% (heltäckande med endast små luckor); 75% (ej heltäckande men klart mer än hälften av botten täckt); 50% (ca 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 (0,5x0,5m) slumpas ut på 1, 3, 6 och 9 m vattendjup längs huvudprofilens måttband, med avsikten att årligen upprepa provtagningen på dessa djup. För dessa ramprofiler används en ram av plaströr (0,5 x 0,5m) som slumpvis släpps över botten. Endast främmande arters täckningsgrad inom ramarna noteras i protokollet.

Ytterligare fyra transekter slumpas ut inom dykområdet parallellt med huvudprofilen och på samma sätt som i huvudprofilen läggs ett måttband ut för avståndsbedömning. Skillnaden vid dessa profiler är att enbart främmande alger samt bältesgränser dokumenteras. Förekomsten av främmande invasiva arter utmed dessa transekter registreras enligt en tregradig skala där (1) motsvarar enstaka förekomst, (2) allmänt förekommande samt (3) dominerande. Sträckan utefter måttbanden indelades i sträckor om 5 m med separat skattning av täckningsgrad och angivelse av vattendjup.

Varje lokal fotograferas och position, vindriktning, vindstyrka, vattenstånd och transekternas kompassriktning samt eventuella avstånd från landmarkering noteras.



Dykinventering. Foto: Björn Fagerholm

4 Resultat

4.1 Kylvattenintaget

4.1.1 Fiskägg och fisklarver

Sedan provtagningen med Bongohåv inleddes vintern 1979 har ett trettiotal olika fiskarter registrerats i proverna (tabell 1). Det är inte möjligt att identifiera alla larver till artnivå. Av den anledningen sammanförs dessa antingen till så låg taxanivå som möjligt, eller registreras som obestämda fisklarver. Genom alla år har rötsimpa varit den vanligaste arten, följt av tejestefisk och skrubbskädda. Skrubbskädda kan vara svår att identifiera i sitt tidigaste utvecklingsstadium och har därför ofta sammanförts med larver av främst sandskädda till gruppen obestämda plattfisklarver. Även tobisar och torsklarver har ingått bland de vanligaste arterna genom åren.

Fiskägg är betydligt svårare att artbestämma än fisklarver, men kan grupperas efter storlek och eventuell förekomst av oljedroppar eller andra strukturer. Tre relativt distinkta grupper kan identifieras i proverna från intaget. Den minsta gruppen om-



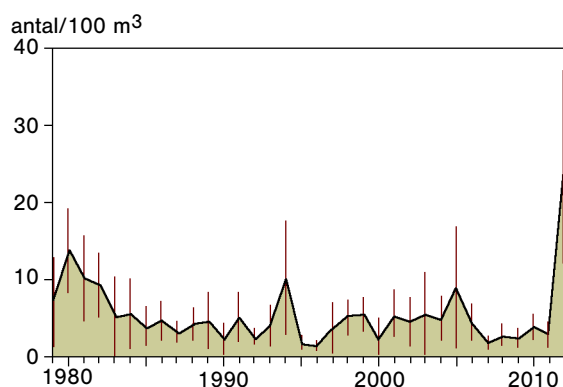
Bongohåv. Foto: Björn Fagerholm

fattar ägg i storlekar mellan 0,8 och drygt 1 mm. Sandskädda och skrubbskädda dominerar denna grupp, vilket styrks av att i stort sett alla artbestämda små plattfisklarver har tillhört dessa arter. Nästa grupp av ägg omfattar storleksintervallet 1,2–1,6 mm. Genom att välutvecklade ägg i denna grupp är lätta att identifiera till art, kan konstateras att gruppen är mycket starkt dominerad av torsk. På samma sätt kan de största äggen (1,6–1,8 mm) i stort sett uteslutande hänföras till rödspotta. Dessa tre grupper har svarat för 99% av alla ägg som registrerats sedan 1979.

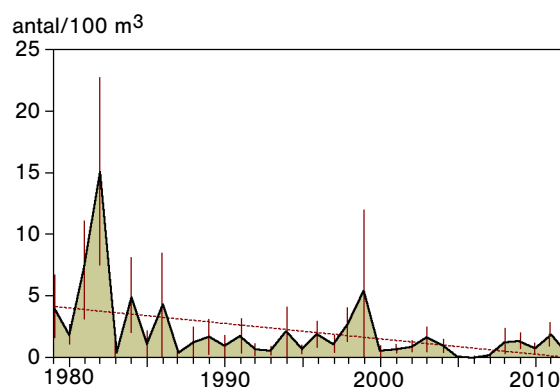
Tabell 1. Fångst av fisklarver (antal/100 m³) med Bongohåv i kylvattenintaget till Ringhals block 1 och 2 åren 1981–2012. Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * = p < 0,05; ** = p > 0,01; *** = p < 0,001).

art/taxon	vetenskapligt namn	2012	medel 1979– 2012	sign	medel 2003– 2012	sign
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	24,61	5,49	ns	6,21	ns
tejstefisk	<i>Pholis gunellus</i>	0,49	2,10	-**	0,86	ns
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	3,66	1,93	ns	1,46	ns
tobisar	<i>Ammodytes spp.</i>	1,68	1,43	ns	1,99	ns
torsk	<i>Gadus morhua</i>	2,29	1,15	ns	0,56	ns
obestämd plattfisk	<i>Pleuronectidae</i>		1,03	ns	0,03	ns
sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	1,13	0,68	ns	0,73	ns
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,81	0,44	ns	0,33	ns
ringbukar	<i>Liparis spp.</i>	1,04	0,37	ns	0,30	ns
sill	<i>Clupea harengus</i>		0,36	+*	0,70	ns
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,19	0,22	ns	0,16	ns
obestämd fiskart		0,15	0,18	ns	0,06	+*
skarspill	<i>Sprattus sprattus</i>		0,17	ns	0,43	ns
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	0,13	0,16	ns	0,08	ns
spetsstjärtat långebarn	<i>Lumpenus lampraeformis</i>	0,33	0,13	ns	0,09	+*
tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>	0,02	0,11	ns	0,07	ns
obestämd sillfisk	<i>Clupeidae</i>	1,78	0,08	+*	0,28	ns
lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	0,02	0,05	ns	0,03	ns
obestämd stubb	<i>Gobidae</i>	0,12	0,02	ns	0,05	ns
klarbult	<i>Aphia minuta</i>		0,01	ns	0,02	ns
havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>		<0,01	ns		
fyrtömmad skärlånga	<i>Onos cimbrius</i>		<0,01	ns		
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>		<0,01	ns		
bergtung	<i>Microstomus kitt</i>		<0,01	ns	0,01	ns
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>		<0,01	ns		
tretömmad skärlånga	<i>Gaidropsaurus vulgaris</i>		<0,01	ns		
glasål	<i>Anguilla anguilla</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
gråsej	<i>Pollachius virens</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
mindre kantsnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
större kantsnål	<i>Syngnathus acus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
totalt		38,43	16,13	ns	14,44	ns
antal taxa		16	13,76	+**	15,50	ns

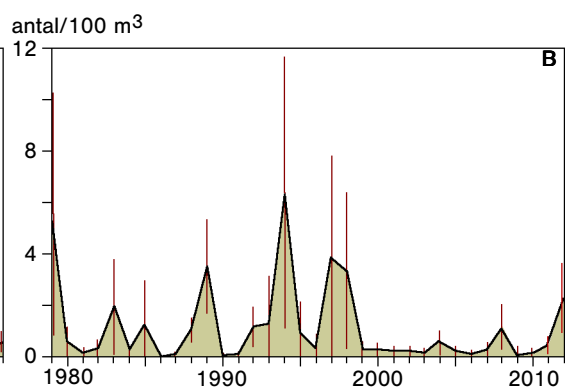
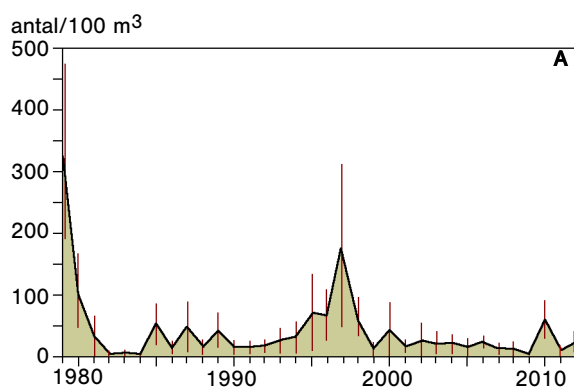
Fram till 2011 hade förekomsten av larver av rötsimpa minskat signifikant. Under vintern 2012 uppmättes den högsta tätheten sedan provtagningen startades vilket innebar att den negativa trenden bröts (figur 4). En negativ utveckling hos förekomsten av tejstefisk finns dock (tabell 1, figur 5).



Figur 4. Täckhet av rötsimpelarver i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohäv under perioden 1979–2012. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.



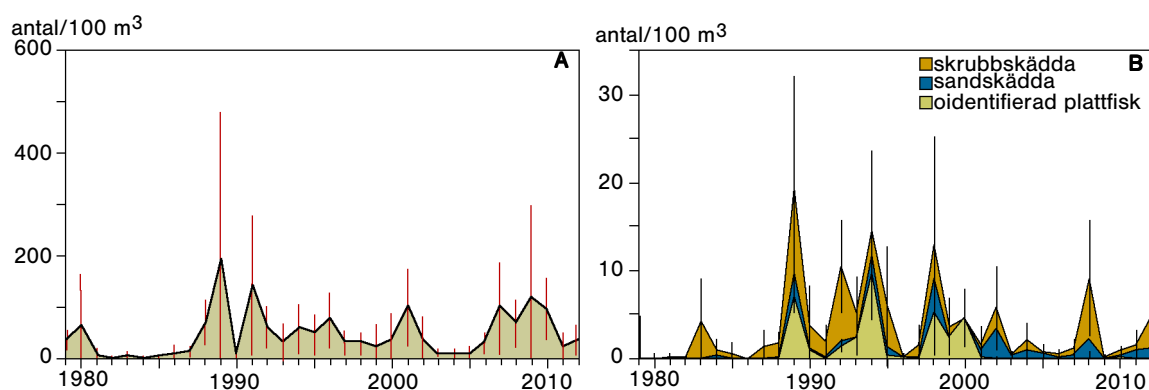
Figur 5. Täckhet av tejustefisklarver i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohäv under perioden 1979–2012. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall och en streckad trendlinje anger linjär trend över tid.



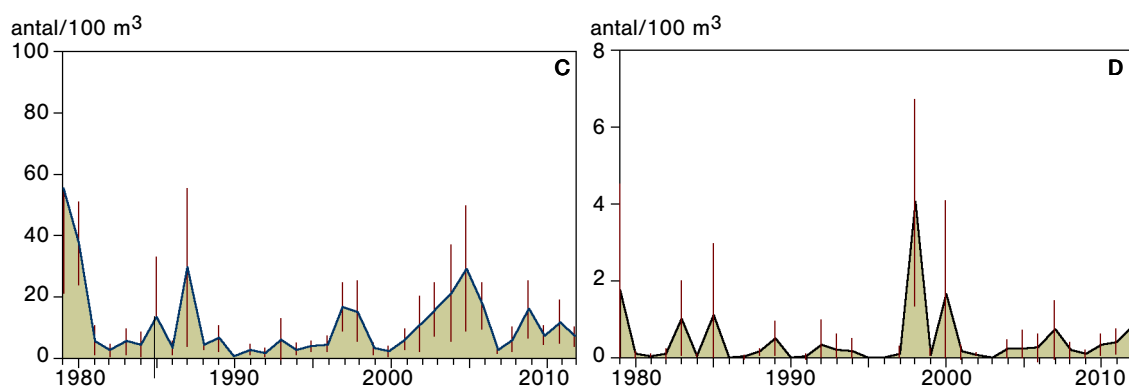
Figur 6. Täckhet av torskäggs¹ (A) och torsklarver (B) i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohäv under perioden 1979–2012. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.

Täckheten av torskäggs och torsklarver har fluktuerat sedan hävningen startade men visar ingen trend (tabell 1, figur 6). Torskäggsen har varit få till antalet under senare år, men under 2012 var medelantalet ägg det högsta som noterats sedan 1998. Täckheten av plattfiskäggs visar ingen signifikant trend sedan provtagningens start, vare sig för rödspotta eller någon av de andra arterna (tabell 1, figur 7). Några signifikanta trender kan inte heller påvisas för plattfisklarver. Förekomsten under 2012 låg något högre än långtidsmedelvärdet för de tre arterna, rödspotta, sandskädda och skrubbskädda (tabell 1).

¹ Ägg utan oljedroppar inom storleksintervallet 1,2–1,6 mm samt identifierade ägg av torsk.



Figur 7A, B. Tättethet av små plattfiskäggs² (A) och plattfisklarver³ (B) i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohåv under perioden 1979–2012. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.



Figur 7C, D. Tättethet av stora plattfiskäggs⁴ (C) och larver av rödspotta (D) i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2, registrerad med Bongohåv under perioden 1979–2012. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall.

4.1.2 Juvenil fisk och större fisklarver

Genomsnittliga tätheter för alla förekommande taxa och deras utvecklingstrender på lång och kort sikt sammanfattas i tabell 2. Signifikanta trender under hela provtagningsperioden sedan 1981 föreligger hos ett tjugotal arter. Bland de vanligaste taxa noteras en starkt negativ utveckling hos glasål och storspigg. Bland arter med en positiv utveckling kan nämnas mindre kantnål, svart smörbult, skäggsimpa, stensnultra och tångsnälla. Den vanligast förekommande arten som fångats i Isaacs-Kidd trålen genom åren är sill (tabell 2). Under namnet sill registreras både större

² Ägg utan oljedroppar inom storleksintervallet 0,8–1,2 mm samt identifierade ägg av sandskädda och skrubbskädda.

³ Oidentifierade plattfisklarver samt identifierade larver av sandskädda och skrubbskädda.

⁴ Ägg utan oljedroppar inom storleksintervallet 1,6–1,8 mm samt identifierade ägg av rödspotta.

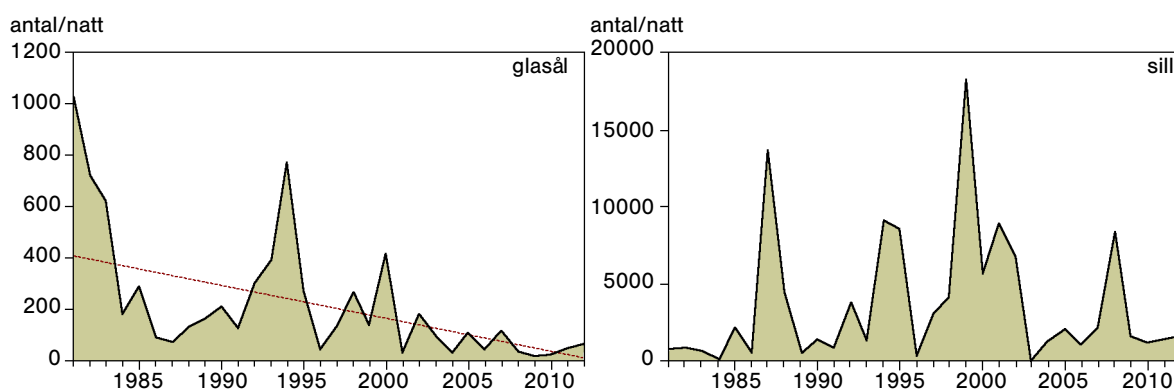
Tabell 2. Antal individer per natt av förekommande taxa i provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget till reaktor 1 och 2 vid Ringhalsverket åren 1981–2012. Arterna är listade i storleksordning med avseende på medelvärdet under hela provtagningsperioden. Index för täthet har korrigerats för variationer hos kylvattenflödet och avser perioden från och med vecka 9 till och med vecka 18. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * = $p < 0,05$; ** = $p > 0,01$; *** = $p < 0,001$).

art/taxon	vetenskapligt namn	2012	hela perioden		senaste tio åren	
			medel 1981– 2012	trend	medel 2003– 2012	trend
sill	<i>Clupea harengus</i>	1608,10	3646,80	ns	2085,72	ns
klarbult	<i>Aphia minuta</i>	1944,87	1517,14	ns	1136,15	ns
glasål	<i>Anguilla anguilla</i>	68,32	223,74	-***	57,77	ns
storspigg	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	20,37	161,67	-***	23,43	ns
sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>	41,44	114,79	ns	86,85	ns
obestämd tobis	<i>Ammodytes sp.</i>	11,64	103,94	ns	44,26	ns
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	527,91	45,09	+*	87,36	ns
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	4,72	42,86	+*	136,33	ns
skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	0,94	11,32	ns	5,18	ns
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>	18,89	11,16	+**	19,82	ns
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	3,53	5,43	+*	8,23	ns
tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	3,53	4,78	-*	2,36	ns
tejstefisk	<i>Pholis gunellus</i>	4,17	3,18	ns	1,44	ns
havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>	0,41	3,05	ns	1,80	ns
torsk	<i>Gadus morhua</i>	10,89	2,83	+*	7,86	ns
sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>	3,66	2,18	ns	2,87	ns
sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>	1,74	1,84	ns	0,78	ns
småspigg	<i>Pungitius pungitius</i>	2,32	1,61	ns	1,56	ns
laxsill	<i>Maurollicus mulleri</i>	0,30	1,54	ns	0,68	ns
svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	1,19	0,94	+***	1,55	ns
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	4,26	0,91	+**	2,11	ns
gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,88	0,80	ns	1,11	ns
tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,68	0,74	ns	0,47	ns
stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	1,08	0,67	+***	1,27	ns
större kantnål	<i>Syngnathus acus</i>	0,78	0,66	ns	0,56	ns
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	2,69	0,57	+***	1,36	ns
sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	0,22	0,56	ns	0,34	ns
äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,41	0,30	ns	0,27	ns
nors	<i>Osmerus eperlanus</i>	0,72	0,31	ns	0,53	ns
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>		0,24	ns	0,13	-*
större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>		0,23	ns	0,64	ns
skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>		0,22	+*	0,30	ns
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>		0,20	ns	0,01	ns
bergtunga	<i>Microstomus kitt</i>		0,18	ns	0,17	ns
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>	0,41	0,11	+**	0,35	ns
flodnejonöga	<i>Lampetra fluviatilis</i>	0,33	0,10	+***	0,31	ns
havsnejonöga	<i>Petromyzon marinus</i>		0,08	-**	0,01	ns
randig sjökock	<i>Callionymus lyra</i>	0,11	0,07	ns	0,11	ns
spetsstjärtat längebarn	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>	1,94	0,06	ns	0,20	ns

Tabell 2. (Forts.)

art/taxon	vetenskapligt namn	2012	hela perioden		senaste tio åren	
			medel 1981– 2012	trend	medel 2003– 2012	trend
lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>		0,04	ns	0,02	ns
montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>	0,22	0,04	ns	0,05	ns
tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		0,04	ns	0,08	ns
tångkrabba	<i>Carcinus maenas</i>		0,04	ns	0,09	ns
vanlig ringbuk	<i>Liparis liparis</i>		0,04	***	0,11	ns
obestämd fiskart			<0,01	ns	0,01	ns
öring	<i>Salmo trutta</i>	0,11	0,02	+	0,05	ns
slätvar	<i>Scophtalmus rhombus</i>		0,02	ns	0,02	ns
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>		0,02	ns		ns
kummel	<i>Merluccius merluccius</i>		0,01	ns		ns
bergstubb	<i>Pomatoschistus pictus</i>		0,01	ns	0,02	ns
tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>		0,01	+	0,04	ns
lax	<i>Salmo salar</i>		0,01	ns	0,01	ns
bläckfisk			0,01	ns	0,01	ns
krumnosig havsnål	<i>Nerophis lumbriciformis</i>	0,11	0,01	+	0,02	ns
obestämd stubb	<i>Gobidae</i>		0,01	ns	0,02	ns
fenknot	<i>Chelidonichthys lucerna</i>		0,01	ns	0,02	ns
obestämd simkrabba			0,01	ns	0,02	ns
fjärsing	<i>Trachinus draco</i>	0,11	0,01	ns	0,02	ns
tjockläppad multe	<i>Crenimugil labrosus</i>		<0,01	ns	0,01	ns
småvar	<i>Phrynorhombus norvegicus</i>		<0,01	ns	0,01	ns
gråsej	<i>Pollachius virens</i>		<0,01	ns		ns
tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>		<0,01	ns	0,01	ns
knot	<i>Eutrigla gurnardus</i>		<0,01	ns	0,01	ns
prästfisk	<i>Atherina presbyter</i>		<0,01	ns	0,01	ns
rödtunga	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>		<0,01	ns		ns
silverfisk	<i>Argentina sphyraena</i>		<0,01	ns	0,01	ns
piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01	ns		ns
totalt		4294,02	5913,24	ns	3722,91	ns
antal taxa		37	33,31	****	37,60	ns

sillar och yngel i olika utvecklingsstadier. En dominerande andel av sillen består dock av relativt välutvecklade larver från leken föregående höst. Den näst vanligaste fiskarten är den pelagiskt levande klarbulten. Förekomsten av sill 2012 var lägre än medelvärdet på lång och kort sikt, medan abundansen av klarbult låg över dessa medelvärden. Ingen av dessa båda arter uppvisar någon signifikant förändring över tid (tabell 2, figur 8). Endast en art, femtömmad skärlånga, uppvisar en signifikant förändring, en svag minskning, under den senaste tioårsperioden.



Figur 8. Förekomst av glasål och sill vid provtagning med Isaacs-Kiddtrål i kylvattenintaget till Ringhals block 1 och 2, 1981–2012. Medelvärden för perioden från och med vecka 9 till och med vecka 18. Trendlinje anger linjär trend över tid.

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, dock bruten av en period med något högre tätheter i mitten av 1990-talet. Utvecklingen speglar till stor del utvecklingen för ålrekryteringen som helhet över hela det europeiska utbredningsområdet (ICES 2013). Utvecklingen sedan 1981 är signifikant negativ (tabell 2). Täthetsindex för 2012 var dock det högsta som noterats sedan 2007.

4.1.3 Kontroll av utsläppstub från silstation

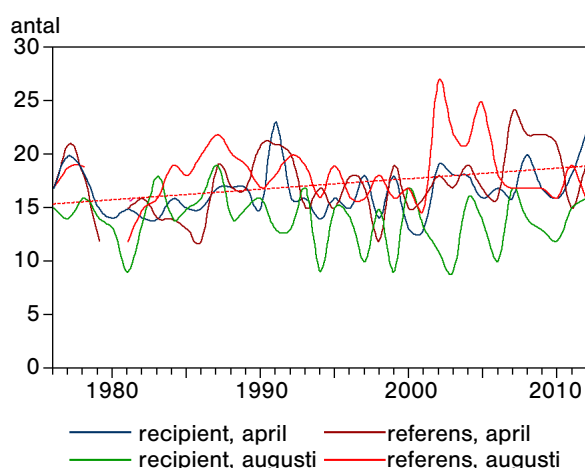
Utsläppstuben filmades den 28 november 2012, ett par månader senare än vanligt på grund av starka vindar tidigare under hösten. Sikten var förhållandevis god och förekomst av vanliga fiskarter, som stensnultra, och sjöstjärnor (*Asterias rubens*) noterades med jämna mellanrum längs tuben. Tuben filmades från 5 meters djup och ner till utsläppet på cirka 8 meters djup. På de grundare delarna sågs en hel del större sten (klappersten) påväxta av rödalger, men med ökande djup dominerades botten kring tuben av sand, musselskal, grus och 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. Stora ansamlingar av sjöstjärnor observerades både på själva tuben vid mynningen och på skalbankarna. En krabbtaska skymtades i närheten av tubens mynning och det förekom också lösa alger och ett fåtal döda fiskar utanför tubens mynning.

4.2 Påverkansområdet

4.2.1 Fisksamhällets utveckling

Fångst per fiskeansträngning och trender över tid sammanfattas i tabell 3 och 4 för respektive fiskeperiod. Totalt under fisket 2012, under både april och augusti i referensen och i recipienten, fångades 28 olika arter, varav 26 fiskarter och två kräftdjursarter. Sedan 1976 har totalt 55 fiskarter och åtta 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 april⁵ och en tendens till ökning kan anas i recipienten för samma period, medan antalet arter i augusti har fluktuerat utan trend i båda områdena (figur 9). Under 2012 noterades flest arter i vardera området. Det förekom inga störningar under fisket 2012.

Diversiteten i recipienten och referensområdet, uttryckt som Shannon-Wiener index, har utvecklats olika under april månad⁶. Diversiteten har minskat under april månad i recipienten⁷, men inte i referensområdet (figur 10). I augusti har utvecklingen i diversitet inte skilt sig mellan recipient och referens, även om det finns en vikande trend i referensområdet men inte i recipienten⁸.



Figur 9. Antalet arter fångade varje år 1976–2012 i recipientområdet och referensområdet under de två provfiskeperioderna. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.

5 Linjär regression: referens april $p=0,03$, $R^2=0,13$.

6 Variationsanalys, ANCOVA: april $p=0,02$, $R^2=0,46$

7 Linjär regression: recipient april $p<0,001$, $R^2=0,37$.

8 Linjär regression: referens augusti $p=0,03$, $R^2=0,14$.

Tabell 3. Samtliga arter som förekommit i fisket under april månad åren 1976–2012. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2012 samt ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2012. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * = p < 0,05; ** = p > 0,01; *** = p < 0,001).

art/taxon	vetenskapligt namn	recipient			referens			Horta
		2012	medel 1976– 2012	trend	2012	medel 1976– 2012	trend	
skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	0,84	0,86	ns	0,19	0,11	ns	0,45
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	1,16	0,77	ns	0,69	0,63	+***	0,29
tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	0,26	0,62	-**	1,21	1,80	-**	0,39
stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0,94	0,45	ns	1,89	0,77	ns	2,02
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,11	0,41	-*	0,04	0,20	-*	0,27
femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,03	0,38	ns	0,01	0,24	ns	0,23
torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,41	0,33	ns	0,49	0,45	ns	0,66
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	0,09	0,29	-***	1,54	1,38	ns	0,88
gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,31	0,23	ns	0,03	0,09	ns	0,21
svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,31	0,20	+**	0,18	0,18	+*	0,28
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,08	0,03	ns	0,04	0,03	ns	0,03
äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,03	0,02	ns	0,01	0,03	ns	0,03
tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,12	0,02	+***	0,02	0,01	ns	0,01
gråsej	<i>Pollachius virens</i>	0,01	0,01	ns	<0,01	ns	ns	0,03
tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>		0,01	ns		0,01	ns	
större kantnål	<i>Syngnathus acus L.</i>	0,01	0,01	+**	0,03	<0,01	+***	0,01
lax	<i>Salmo salar</i>		0,01	ns		<0,01	ns	
berggylda	<i>Labrus berggylta</i>	0,01	0,01	-*		0,01	ns	0,02
öring	<i>Salmo trutta</i>	0,01	0,01	ns		<0,01	ns	0,01
sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>	0,02	<0,01	ns		<0,01	ns	
blankål	<i>Anguilla anguilla</i>		<0,01	ns		<0,01	ns	
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>		<0,01	ns	0,02	0,01	ns	0,03
randig sjökock	<i>Callionymus lyra</i>		<0,01	ns		<0,01	ns	
sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>		<0,01	ns				
piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01	ns		<0,01	ns	
sill	<i>Clupea harengus</i>	0,01	<0,01	+*		<0,01	ns	
slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>		<0,01	ns		<0,01	ns	
grässnultra	<i>Centrolabrus exoletus</i>		<0,01	ns				0,03
tobis (kust-/havs-)	<i>Ammodytes sp.</i>		<0,01	ns		<0,01	ns	
paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>		<0,01	-*		<0,01	ns	0,02
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	0,01	<0,01	ns		<0,01	+*	
sandskädda	<i>Pleuronectes limanda</i>		<0,01	ns	0,01	0,01	ns	
havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>		<0,01	ns				
tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>		<0,01	ns	0,01	<0,01	ns	
större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>	0,01	<0,01	ns		<0,01	+*	
nors	<i>Osmerus eperlanus</i>		<0,01	ns				
bergvar	<i>Zeugopterus punctatus</i>		<0,01	ns				
lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>					<0,01	ns	
lyrtorsk	<i>Pollachius pollachius</i>					<0,01	ns	

Tabell 3. (Forts.)

art/taxon	vetenskapligt namn	recipient			referens			Horta	
		2012	medel 1976– 2012	trend	2012	medel 1976– 2012	trend	2012	
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>					<0,01	ns		
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>					<0,01	ns		
montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>					<0,01	ns	0,03	
skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>					<0,01	ns		
tretömmad									
skärlånga	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>					<0,01	ns		
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>					>0,01	ns		
totalfångst fisk		4,79	4,68	ns	6,39	5,99	ns	5,91	
medelantal arter			15,54	ns		16,25	+*		
totalt antal arter		21	37		17	40		21	
KRÄFTDJUR									
strandkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	29,79	9,65	+***	15,78	3,45	+***	2,81	
hummer	<i>Humarus gammarus</i>		<0,01	ns		<0,01	-*		
sandräka	<i>Crangon crangon</i>		<0,01	+*		<0,01	ns		
tångräka	<i>Palaemon sp.</i>		<0,01	+**	0,01	0,01	+**	0,01	
eremitkräfta	<i>Pagarus sp.</i>					<0,01	ns		
maskeringskrabba	<i>Hyas sp.</i>					<0,01	ns		
totalfångst kräftdjur		29,79	9,66	+***	15,79	3,46	+***	2,82	
totalt antal kräftdjur		1	4		2	6		2	

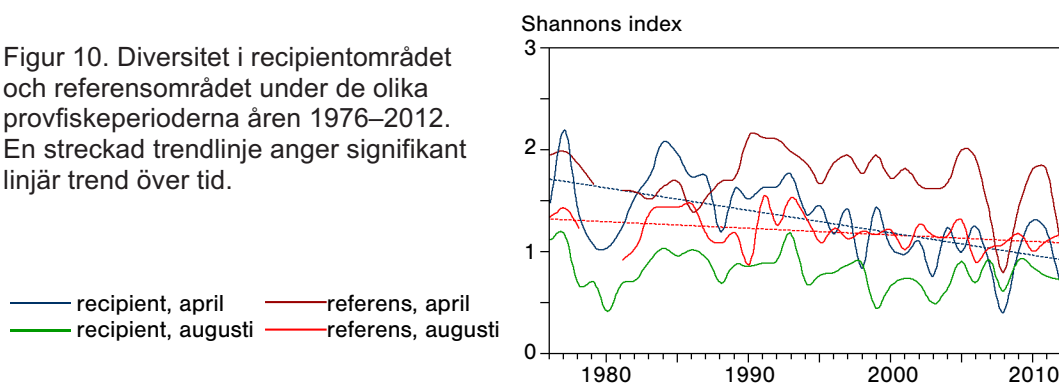
Tabell 4. Samtliga arter som förekommit i fisket under augusti månad åren 1976–2012. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2012 samt ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2012. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * = p < 0,05; ** = p > 0,01; *** = p < 0,001).

art/taxon	vetenskapligt namn	recipient			referens			Horta	
		2012	medel 1976– 2012	trend	2012	medel 1976– 2012	trend	2011	2012
skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	21,11	10,18	+**	10,02	12,93	ns	11,50	40,60
stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	1,19	1,36	ns	2,27	1,91	ns	1,69	3,91
gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	1,09	1,11	ns	0,79	0,54	+*	0,36	0,58
skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	0,19	0,29	ns	0,22	0,30	ns	0,07	0,09
svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,39	0,25	+**	0,13	0,15	+**	0,08	0,25
oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,03	0,23	-***	0,04	0,09	-*	0,19	0,16
torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,03	0,10	ns	0,42	0,49	ns	0,89	0,56
äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,01	0,05	-**	0,08	0,11	ns	0,18	0,06
femtömmad									
skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,01	0,04	ns		0,05	ns	0,05	0,03
tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	0,01	0,04	-***	0,27	0,56	-**	0,19	0,21
rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,03	0,02	ns		0,03	ns		0,01
rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>		0,02	-**	0,13	0,38	ns	0,14	0,07
blankål	<i>Anguilla anguilla</i>		0,01	ns		<0,01	ns	0,02	
berggylta	<i>Labrus berggylta</i>		0,01	-*	0,01	0,02	ns	0,03	0,06
gråsej	<i>Pollachius virens</i>	0,06	<0,01	+*	0,15	0,03	ns	0,19	0,54

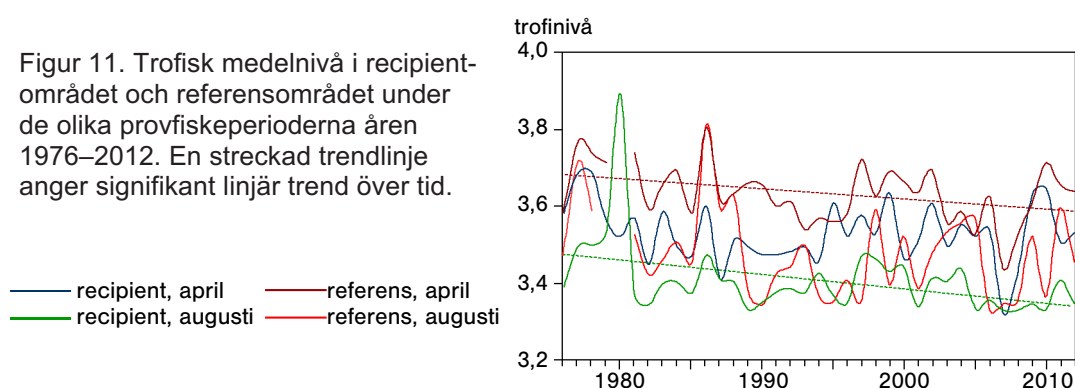
Tabell 4. (Forts.).

art/taxon	vetenskapligt namn	recipient			referens			Horta	
		2012	medel 1976– 2012	trend	2012	medel 1976– 2012	trend	2011	2012
havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>		<0,01	ns					
tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	0,01	<0,01	+		<0,01	ns		
slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>		<0,01	ns	0,01	0,01	-**		
piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		
mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		
tejestefisk	<i>Pholis gunnellus</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		
tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		
sandskädda	<i>Pleuronectes limanda</i>		<0,01	ns					0,01
sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>	0,01	<0,01	ns		<0,01	ns		
lyrtorsk	<i>Pollachius pollachius</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		
öring	<i>Salmo trutta</i>		<0,01	ns	0,01	<0,01	+++		
gulstrimmig mullus	<i>Mullus surmuletus</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		
mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>		<0,01	ns					
större kantnål	<i>Syngnathus acus L.</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		
bergvar	<i>Zeugopterus punctatus</i>					<0,01	ns		
blågylda	<i>Labrus mixtus</i>					<0,01	ns	0,02	
fjärsing	<i>Trachinus draco</i>					<0,01	ns	0,01	
fyrötömmad skärlånga	<i>Enchelyopus cimbrius</i>					<0,01	ns		
horngädda	<i>Belone belone</i>					<0,01	ns		
makrill	<i>Scomber scombrus</i>					<0,01	ns		0,02
paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>					<0,01	ns		
sill	<i>Clupea harengus</i>					<0,01	ns		
skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>					<0,01	ns		
skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>					<0,01	ns		
större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>					<0,01	ns		0,01
taggmakrill	<i>Trachurus trachurus</i>					<0,01	ns		
tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>							0,01	
vitling	<i>Merlangius merlangus</i>					0,05	ns	0,03	0,01
totalfångst fisk		24,18	13,72	+	14,56	17,69	ns	15,63	47,16
medelantal arter			12,89	ns		17,23	ns		
totalt antal arter		14	29		14	39		18	18
KRÄFTDJUR									
strandkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	68,97	38,47	+	22,26	17,17	+++	21,48	21,13
tångräka	<i>Palaemon sp.</i>	0,04	0,01	+++	0,46	0,07	+++	0,01	0,01
sandräka	<i>Crangon crangon</i>		0,01	ns		0,01	ns		
krabba	<i>Cancer pagarus</i>		<0,01	ns		<0,01	ns	0,01	
hummer	<i>Humarus gammarus</i>		<0,01	ns		<0,01	-**		
eremitkräfta	<i>Pagarus sp.</i>					<0,01	ns		
simkrabba	<i>Leocarcinus sp.</i>					<0,01	ns		
totalfångst kräftdjur		69,01	38,49	+	22,73	17,26	+++	21,50	21,14
totalt antal kräftdjur		2	5		2	7		3	2

Figur 10. Diversitet i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2012. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.



Figur 11. Trofisk medelnivå i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2012. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.



Utvecklingen av den trofiska medelnivån i fisksamhället skiljer sig inte signifikant mellan de båda områdena under åren 1976–2012, vare sig under april eller under augusti. Den trofiska nivån har minskat under april månad i referensområdet men inte i recipientområdet⁹. I augusti finns en signifikant minskning i recipientområdet men inte i referensområdet¹⁰ (figur 11).

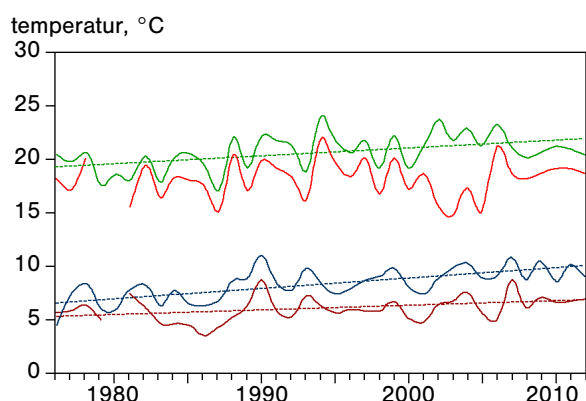
Temperaturen i samband med fisket har under hela tidsperioden varit högre i recipientområdet. Temperaturskillnaden mellan recipient och referensområde har i medeltal varit 2,3 grader i april, respektive 2,4 grader i augusti¹¹. Temperaturen vid vittjning har ökat i recipienten under båda provfiskeperioderna¹². Under april har temperaturen ökat signifikant även i referensen, medan den inte visat någon trend i augusti (figur 12).

⁹ Linjär regression: referens april $p=0,02$, $R^2=0,14$.

¹⁰ Linjär regression: recipient augusti $p=0,01$, $R^2=0,17$.

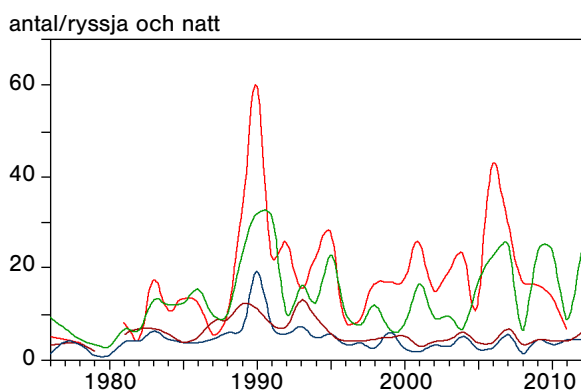
¹¹ Variationsanalys, tvåvägs ANOVA: april $p<0,001$, $R^2=0,93$, augusti $p<0,001$, $R^2=0,86$.

¹² Linjär regression: recipient april $p<0,001$, $R^2=0,45$, recipient augusti $p=0,005$, $R^2=0,21$.



Figur 12. Temperatur vid redskapen i samband med vittjning i recipientområdet och referensområdet under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2012. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.

— recipient, april — referens, april
— recipient, augusti — referens, augusti



Figur 13. Fångst i medelantal fiskar per ryssja och natt av alla fiskarter åren 1976–2012.

— recipient, april — referens, april
— recipient, augusti — referens, augusti

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 i abundans var stora, i synnerhet under augusti, men långsiktiga trender saknas helt (figur 13). I augusti syntes ingen signifikant skillnad mellan referens och recipient, men i april fanns en signifikant skillnad med högre CPUE i referensområdet¹³. I april hade biomassan i fångsten minskat något i båda områdena¹⁴ medan inga förändringar förelåg i augusti.

Varmvattenarter

Här redovisas utvecklingen hos arter som föredrar varmare vatten och som förekommit i högre tätheter under fisket i augusti än i april (tabell 5). Fem av dessa arter (gulål, skärsnultra, stensnultra, äkta tunga och strandkrabba) har analyserats mer ingående.

¹³ Variationsanalys: tvåvägs ANOVA: april $\log\text{CPUE}$ $p < 0,001$, $R^2 = 0,91$, augusti $\log\text{CPUE}$ $p = 0,065$, $R^2 = 0,82$.

¹⁴ Linjär regression: recipient april $p = 0,04$, $R^2 = 0,11$, recipient augusti $p = 0,01$, $R^2 = 0,17$.

Tabell 5. Resultat av parvisa tester av medelabundans åren 1976–2012. Om variablerna är normalfördelade har skillnad i abundans testats med ett tvåsidigt T-test, men när normalfördelning inte kunnat uppnås har istället ett oparametriskt Mann-Whitney U-test använts. Skillnaden i abundans har testats mellan april och augusti samt för mellan recipient och referens under respektive fiskeperiod (april och augusti). Om signifikant skillnad i abundans förekommer (p-värde <0,05) listas månaden eller området med högre abundans i kolumnen "Högst abundans".

	april vs augusti			april: recipient vs referens			augusti: recipient vs referens		
	normal-fördelat	P-värde	högst abundans	normal-fördelat	P-värde	högst abundans	normal-fördelat	P-värde	högst abundans
gulål	nej	<0,001	augusti	nej	<0,001	recipient	nej	<0,001	recipient
skärsnultra	nej	<0,001	augusti	nej	<0,001	recipient	ja	0,296	—
stensnultra	ja	<0,001	augusti	ja	0,467	—	ja	0,008	referens
äkta tunga	nej	<0,001	augusti	nej	0,142	—	ja	<0,001	referens
strandkrabba	ja	<0,001	augusti	ja	<0,001	recipient	ja	<0,001	recipient
oxsimpa	ja	<0,001	april	ja	<0,001	recipient	nej	0,329	—
rötsimpa	nej	<0,001	april	nej	<0,001	referens	nej	<0,001	referens
femtömmad									
skärlånga	nej	<0,001	april	nej	0,003	recipient	nej	0,878	—
tånglake	nej	<0,001	april	ja	<0,001	referens	nej	<0,001	referens
skrubbskädda	ja	<0,001	april	ja	0,149	—	nej	0,528	—
torsk	ja	0,002	april	ja	0,017	referens	nej	<0,001	referens

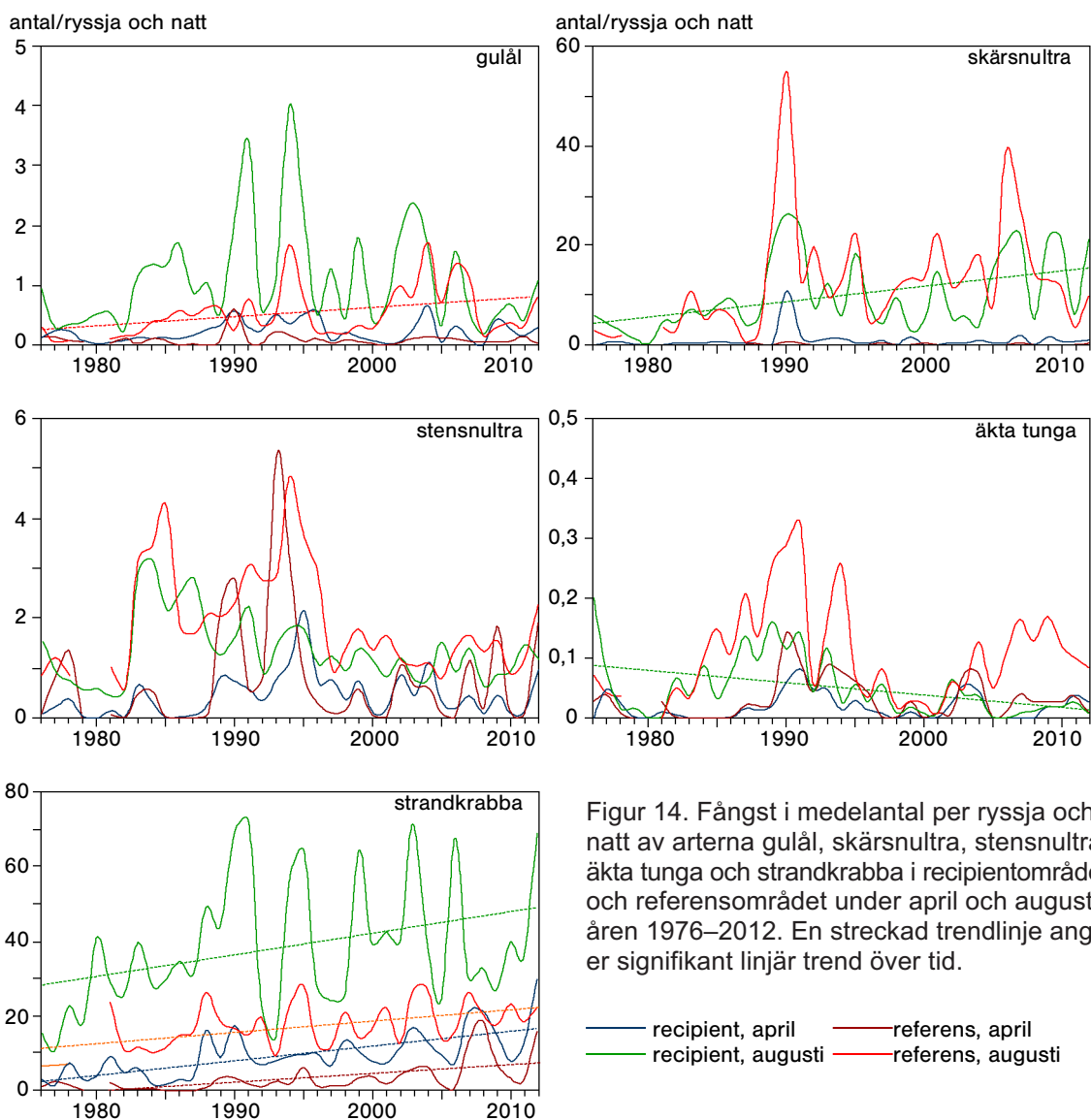
Gulål (*Anguilla anguilla*)

Gulål har förekommit i högre tätheter i recipienten än i referensområdet, både i april och i augusti (tabell 5). Fångsten av gulål i april har sedan 1976 fluktuerat mellan åren, men ingen trend kan urskiljas. Fångsten i referensområdet har ökat på lång sikt, både med avseende på antal och biomassa under augusti, men motsvarande utveckling kan inte ses i recipienten¹⁵. Under fisket 2012 fångades fler ålar än föregående år i båda områdena under augusti och i recipienten under april.

Skärsnultra (*Symphodius melops*)

Under april månad har fångsten av skärsnultra i allmänhet varit relativt liten och inte visat några trender, varken i recipienten eller i referensen, även om fler individer fångats i recipienten (tabell 5, figur 14). Under augusti månad har det sedan provfiskets början skett en ökning av antalet fångade skärsnultror i recipienten. Biomassan av skärsnultror under augusti månad visar dock ingen trend. Under båda fiskemånaderna 2012 fångades fler skärsnultror i både recipient och referens än vad som fångades föregående år.

¹⁵ Linjär regression: referens augusti CPUE $p=0,02$, $R^2=0,15$, WPUE $p=0,007$, $R^2=0,20$



Figur 14. Fångst i medelantal per ryssja och natt av arterna gulål, skärsnultra, stensnultra, äkta tunga och strandkrabba i recipientområdet och referensområdet under april och augusti åren 1976–2012. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.



Fångst av skärsnultra. Foto: Björn Fagerholm

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. Under augusti månad har det förekommit stora fluktuationer i både recipienten och referensen. Fångsterna steg kraftigt under första halvan av 1980-talet, men minskade signifikant i båda områdena sedan toppåret 1982¹⁶. Under 2012 fångades fler stensnultror i referensområdet under både april och augusti än vad som fångats sedan mitten av 1990-talet. I recipienten fångades fler individer än föregående år i april månad och något färre än föregående år i augusti.

Äkta tunga (Solea solea)

Förekomsten av äkta tunga har varit relativt liten i april. I augusti är den däremot vanligare och förekommer i högre tätheter i referensen än i recipienten (tabell 5, figur 14). Sedan provfisket startade har fångsten av äkta tunga minskat i recipienten under augusti, sett till både antal och biomassa¹⁷. Fångsten i referensen har fluktuerat, men visade ingen trend över tiden. Augustifångsten har ökat under 2000-talet i referensområdet, men inte i recipienten¹⁸. Förändringarna mellan 2012 och 2011 var små.

Strandkrabba (Carcinus maenas)

Strandkrabba har varit den art som till antalet dominerat fisket. Fångsten av strandkrabba har fördelat sig enligt temperaturregimen, med högst fångster i recipientområdet i augusti och lägst fångster på referenslokalen i april (tabell 5, figur 14). Fångsten av strandkrabba har ökat både till antal och biomassa under båda fiskeperioderna och i både recipient och referens (tabell 3 och 4). Fler strandkrabbor fångades 2012 än 2011 i båda områdena och båda månaderna. Fångsten i recipienten i april var den största som noterats och CPUE i augusti var bland de allra högsta sedan 1976. För undersökningsperioden höga värden noterades även i referensområdet.

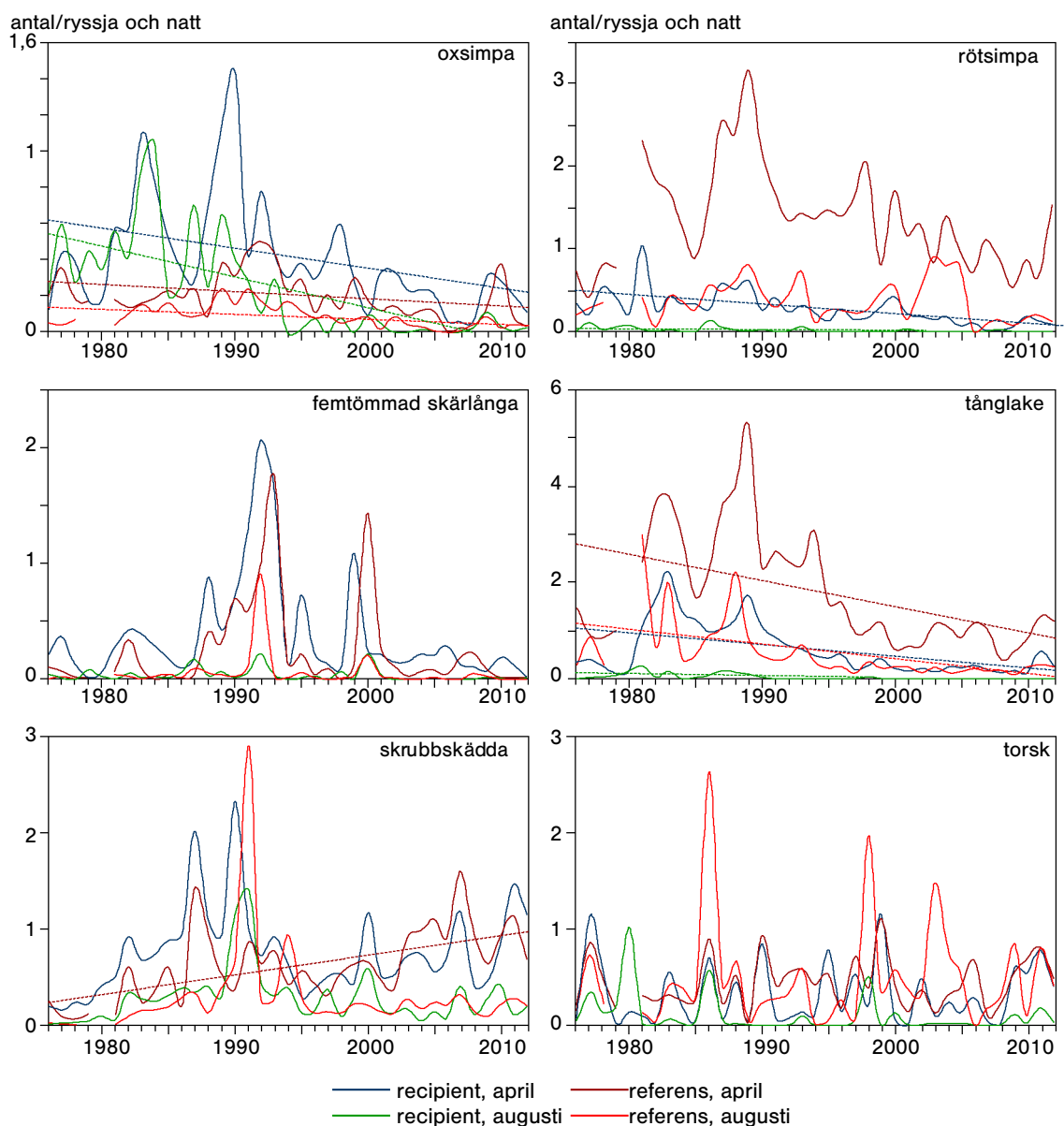
¹⁶ Linjär regression: recipient augusti¹⁹⁸²⁻²⁰¹² CPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,54$, referens augusti¹⁹⁸²⁻²⁰¹² CPUE $p < 0,001$, $R^2 = 0,37$.

¹⁷ Linjär regression: recipient augusti CPUE $p = 0,007$, $R^2 = 0,19$, WPUE $p = 0,01$, $R^2 = 0,17$.

¹⁸ Linjär regression: referens augusti²⁰⁰⁰⁻²⁰¹² CPUE $p = 0,02$, $R^2 = 0,56$.

Kallvattenarter

Här redovisas arter som trivs bättre i kallare vatten och därför har en högre abundans under fisket i april än i augusti (tabell 5). Sex av dessa arter (oxsimpa, rötsimpa, femtömmad skärlånga, tånglake, skrubbskädda och torsk) har analyserats mer ingående.



Figur 15. Fångst i medelantal per ryssja och natt av oxsimpa, rötsimpa, femtömmad skärlånga, tånglake, skrubbskädda och torsk i recipientområdet och referensområdet under april och augusti åren 1976–2012. En streckad trendlinje anger signifikant linjär trend över tid.

Oxsimpa (*Taurulus bubalis*)

Under april har fångsten av oxsimpa minskat till antal både i recipient och referens, medan biomassan visade en vikande trend enbart i recipienten¹⁹ (figur 15). Abundansen av oxsimpa i april har varit högre i recipienten än i referensen, vilket kan anses vara motsägelsefullt, då oxsimpan föredrar kallare vatten (tabell 5). Under augusti har antal och biomassa av oxsimpa i fångsten minskat i både recipient och referens²⁰. Fångsten under 2012 skilde sig inte mycket från föregående år.

Rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*)

Abundansen av rötsimpa stämmer väl överens med undvikande av höga temperaturer (tabell 5, figur 15). I recipienten har fångsten av antalet rötsimpor minskat i både april och augusti sedan provfisket startade²¹. I referensen kan ingen trend urskiljas i varken april eller augusti med avseende på antal, men en vikande trend kan ses för biomassa i april²². Inga stora skillnader fanns i fångstantal 2012 jämfört med 2011, förutom i referensområdet i april där fler rötsimpor fångades än föregående år.

Femtömmad skärlånga (*Ciliata mustela*)

Fångsterna av femtömmad skärlånga har fluktuerat starkt på båda lokalerna, men ingen trend kan urskiljas, varken i april eller i augusti (figur 15). Den långsiktiga utvecklingen präglas av stora variationer, med relativt hög abundans från början av 1990-talet till början av 2000-talet och lägre och stabilare nivåer sedan 2002. Fångsten under 2012 skilde sig inte mycket från föregående år utan var mycket låg både i april och i augusti.

Tånglake (*Zoarces viviparus*)

Tånglaken har genomgående varit vanligare i referensområdet än i recipientområdet (tabell 5). Fångsten av tånglake, både avseende antal och biomassa, har minskat

¹⁹ Linjär regression: recipient april CPUE $p=0,01$, $R^2=0,16$, WPUE $p=0,02$, $R^2=0,15$, referens augusti CPUE $p=0,03$, $R^2=0,13$.

²⁰ Linjär regression: recipient augusti CPUE $p<0,001$, $R^2=0,48$, WPUE $p<0,001$, $R^2=0,49$ referens augusti CPUE $p=0,01$, $R^2=0,18$, WPUE $p=0,006$, $R^2=0,20$.

²¹ Linjär regression: recipient april: CPUE $p<0,001$, $R^2=0,38$, WPUE $p<0,001$, $R^2=0,44$, recipient augusti: CPUE $p=0,004$, $R^2=0,21$, WPUE $p=0,002$, $R^2=0,24$.

²² Linjär regression: referens april WPUE $p=0,01$, $R^2=0,16$.

under april och augusti i båda områdena (figur 15)²³. Under fisket 2012 fångades färre tånglakar än föregående år i båda områdena under april och i referensen under augusti. I recipienten under augusti fångades tånglake för första gången sedan år 2000.

Skrubbskädda (*Platichthys flesus*)

Fångsten av skrubbskädda skiljer sig inte mellan områden (tabell 5). Störst fångster har registrerats från mitten av 1980-talet till mitten av 1990-talet (figur 15). I referensområdet har det skett en ökning av antalet fångade skrubbskäddor i april sedan fisket startade 1976, men ingen ökning av biomassan kan påvisas²⁴. I augusti kan ingen trend urskiljas för något av fiskeområdena. Under fisket 2012 fångades färre skrubbskäddor än under fisket 2011 i båda områdena under april och i referensen under augusti.

Torsk (*Gadus morhua*)

Fångsten av torsk har fluktuerat mycket under åren, både till antal och biomassa, men inga trender kan påvisas i varken recipient eller referens under april eller augusti (figur 15). Antalet fångade torskar har varit färre i recipienten än i referensen både i april och i augusti, sett över hela tidsperioden (tabell 5). Under 2012 fångades färre torskar under både april och augusti jämfört med föregående år.

Nytt område vid Norra Horta.

Norra Horta är ett tidvis kylvattenpåverkat område som ligger tre kilometer söder om utsläppet. Norra Horta fiskades för första gången under augusti 2011 och under april 2012. Medeltemperaturen under fisket 2012 var 7 °C i april och 19 °C under augustifisket. Medeltemperaturen vid Norra Horta låg mellan recipient och referens under båda perioderna. Då det endast finns data från augusti 2011 och 2012 samt från april 2012 från detta område görs inga analyser i avvaktan på mer data.

²³ Linjär regression: recipient april CPUE $p=0,002$, $R^2=0,24$, WPUE $p<0,001$, $R^2=0,30$, referens april CPUE $p=0,003$, $R^2=0,23$, WPUE $p<0,001$, $R^2=0,36$, recipient augusti CPUE $p<0,001$, $R^2=0,29$, WPUE $p<0,001$, $R^2=0,29$, referens augusti CPUE $p=0,001$, $R^2=0,27$, WPUE $p<0,001$, $R^2=0,33$.

²⁴ Linjär regression: referens april CPUE $p<0,001$, $R^2=0,37$.

Kort beskrivet dominerades samhället i april av stensnultra, med ungefär samma fångster som i referensområdet (tabell 3). Rötsimpa och torsk hörde till de vanligaste arterna i fångsten och torsk fångades i större antal än i både referensen och recipienten. Antalet strandkrabbor var mycket lägre än i både referens och recipient. Samhället i augusti dominerades till antal av skärnsultra, med fler individer i fångsten än i recipienten och referensen sammantaget (tabell 4). Relativt sett var stensnultra, torsk, oxsimpa, berggylta, gråsej och äkta tunga fler till antalet jämfört med i de andra två områdena. Gulål fångades i augusti 2012 i lika stor utsträckning som i referensområdet under samma månad och även strandkrabba fångades i liknande utsträckning som i referensområdet.

Sjukdomskontroll.

Förekomst av yttre synliga sjukdomssymptom noteras regelmässigt vid de provfisken som utförs av Kustlaboratoriet. Under 2012 års fiske noterades fyra skadade fiskar i april, två gulålar med hudskada respektive fågelbett, en torsk med ryggradsförkortning och en skrubbskädda med tumör. I augusti noterades åtta skadade fiskar, två torsk och en gulål med hudsår och fem skadade skärnsultror, två stycken med ryggradsförkortning, en med ryggradskrökning (*Scolios*) och två stycken med akut fenröta. Detta kan jämföras med 2010 och 2011 års fisken då endast enstaka sjukdomsfall noterades.

4.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Fem lokaler inventerades med hjälp av dykare under juni 2012. En erfarenhet av det första årets arbete med denna typ av undersökningar var att hårt väder innebar att planerade dykningar fick skjutas upp vid flera tillfällen. Årets undersökning flyttades till juni månad med förhoppning om bättre väder och obetydlig påverkan på resultatet av inventeringen. Arbetet fungerade väl under dessa två första år vid två skilda årstider.

Inga nya förekomster av främmande arter hittades under årets undersökning. Det totala antalet arter som registrerades under taxeringen blev 57 taxa av alger och två

habitatsbildande arter av fauna samt en högre växt och en svampart. Bland algerna fanns fyra främmande arter som var kända på svenska västkusten sedan tidigare. Dessa var rödsvansing (*Dasya baillouviana*), japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*) och sargassosnärja (*Sargassum muticum*) samt grönalgen gaffelgrenig svamptång (*Codium fragile*). En främmande art i faunan, japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*), påträffades (tabell 6–8).

I ramproverna noterades endast sargassosnärja vid utsläppet (tabell 7). Inga främmande arter noterades i ramprover från djup över 3 m.

Vid de fyra extra linjetaxeringar som utfördes parallellt med huvudtransekten i varje område påträffades fem främmande arter, varav en var gaffelgrenig svamptång en grönalg, som inte påträffats tidigare år. Vid Ringhals utsläpp fanns sargassosnärja och rödsvansing på samtliga fem profiler, medan japanskt ostron saknades 2012, till skillnad från föregående år. Japanskt jätteostron påträffades som levande exemplar i södra delen av Båtafjorden. Döda exemplar sågs dock i alla områden. Vid dykplatserna i Båtafjorden påvisades rödsvansing i tre av fem profiler längs strandlinjen. Japantofs och kandelaberddun (*Spermatothamnion repens*), två arter som var svåra att särskilja i fält under vattnet och därför noterades som ett tvåartskomplex, påträffades i samtliga områden. Gaffelgrenig svamptång noterades enbart i en av de yttersta profilerna vid Vendelsö (tabell 8).

Tabell 6. Totala antalet arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal. Förekomsten är uppdelad efter (1) enstaka, (2) vanlig, (3) dominerande.

	Ringhals utsläpp	Båtafjorden norra	Båtafjorden södra	Norra Horta	Vendelsö	
grönalger	<i>Chaetomorpha melangonium</i>			1	1	
	<i>Cladophora rupestris</i>		1		1	
	<i>Cladophora</i> spp.	2	2	1	2	2
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>	1			2	3
	<i>Bryopsis hypnoides</i>	1	1		1	1
	<i>Enteromorpha</i> spp./ <i>Ulva</i> spp.*	2	2	1	1	
brunalger	<i>Ascophyllum nodosum</i>		1	1		
	<i>Chordaria flagelliformes</i>	1		1	2	3
	<i>Cladophora rupestris</i>		1			
	<i>Cladophora</i> spp.	3	1			
	<i>Chorda filum</i>			1	1	3
	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>				2	3
	<i>Ectocarpus/Pilayella</i> *	3	2	2	3	2
	<i>Elachista fuciola</i>	1	2	2	2	1
	<i>Fucus serratus</i>	2	3	3	1	3
	<i>Fucus vesiculosus</i>	1	2	2	1	
	<i>Halidrys siliquosa</i>	2		2	1	2
	<i>Sargassum muticum</i>	1	2	2		
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	3	1	1	2	1
	<i>Desmarestia aculeata</i>		1			1
	<i>Desmarestia viridis</i>				1	1
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>				2	1
	<i>Petalonia fascia</i>				1	1
	<i>Laminaria digitata</i> / <i>Saccharina latissima</i>				2	2
	<i>Saccarina latissima</i>	1				1
	<i>Sphaerotrichia divaricata</i>		1		1	1
<i>Leathesia difformis</i>					1	
rödalger	<i>Ahnfeltia plicata</i>			1	1	
	<i>Aglaothamnion hookeri</i>				1	
	<i>Bonnemaisonia hamifera</i> / <i>Spermatothamnion repens</i>	1	1		2	2
	<i>Broggiartella byssoides</i>	1	1	1	2	1
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	1		1	1	1
	<i>Ceramium</i> sp.	2	1		1	
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	2	1	1	1	
	<i>Ceramium virgatum</i>	2	1	1	1	1
	<i>Chondrus crispus</i>		2	1	2	1
	<i>Coccotylus/Phyllophora</i> *	2	2	2	3	2
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	1	1	1	2	2
	<i>Dasya baillouviana</i>	1	1			1
	<i>Delesseria sanguinea</i>	1	1	1	2	1
	<i>Dumontia contorta</i>			1		
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	2	2	2	2	3
	<i>Hildenbrandia rubra</i>	1	2	1		
	<i>Lithothamnion/Phymatolithon</i> *	2	2	2	2	
	<i>Membranoptera alata</i>				2	
	<i>Palmaria palmata</i>				2	
	<i>Phycodrus rubens</i>				2	
	<i>Plumaria plumosa</i>				1	1
	<i>Polyides rotundus</i>	2		1		1
	<i>Polysiphonia elongata</i>	2	2	2		
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	2	1	1	2	3
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	2	2	2	2	2
	<i>Polysiphonia</i> spp.				2	3
	<i>Polysiphonia stricta</i>				2	2
<i>Rhodomela confervoides</i>		2		1	1	
kalk alg	<i>Corallina officinalis</i>				1	
fauna	<i>Mytilus edulis</i>	2	2	1	3	2
växt	<i>Zostera marina</i>		1	2		
svamp	<i>Halichondria Panicea</i>				1	

*svåra att skilja åt

enstaka

vanlig

talrik

Tabell 7. Främmande arters täckningsgrad i procent, medelvärden av tre slumpade ramar (0,5x0,5m) per djup i huvudprofilen.

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

Tabell 8. 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 sargasso- snärja	rödalg Japantofs/ kandelaberdun*	röd- svansing	grönalg gaffelgrenad svamptång	fauna japanskt jätteostron
Ringhals utsläpp	A	2		2		
	B	2		2		
	C	2	1	2		
	D	2		2		
	E	2		2		
Båtafjorden norra	A	2				
	B	2				
	C	2	1	2		
	D	2		1		
	E	2		1		
Båtafjorden södra	A	2				1
	B	2				1
	C	2	1			
	D	2				
	E	2	1			1
Norra Horta	A					
	B					
	C		2			
	D					
	E					
Vendelsö	A				1	
	B					
	C		2			
	D					
	E					

* svåra att särskilja under vattnet

5 Diskussion

5.1 Kylvattenintaget

Undersökningen syftar till är att göra en uppskattning av hur stor mängd av de respektive arterna som går förlorade i intagskanalen. Förlusten kan ställas i relation till vilken skada den ger. Både för ägg, larver och yngel är effekten på beståndet beroende av arternas beteende. Hos de stationära arterna, som rötsimpa, kan man teoretiskt förvänta sig lokala effekter redan vid relativt små förluster. För vandringsfisk som sill har förlusterna inte samma lokala påverkan, då samma bestånd finns i hela Kattegatt och även utanför Kattegatt. Om förlusterna skulle vara mycket stora kan det tänkas att beståndet riskerar att påverkas negativt. Bergström *et al.* (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 tejsfisk.

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 ett mycket stort utbredningsområde, vilket innebär att den dödlighet som uppkommer i Ringhals sannolikt får 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 relativt stora och välutvecklade larver av arter som leker vintertid vid kusten i närområdet bedöms ha störst sannolikhet att leda till effekter på beståndsnivå. Rötsimpa är den enda art som förekommer i provtagningen av både larver och vuxen fisk. Utvecklingen var 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). Ett trendbrott för rekryteringen av rötsimpa vid Ringhals tycks dock ha inträffat vintern 2012.

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 haloklinens 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 tre arter som inte fångats tidigare, dessa var långa, tångsnärta samt en gobid av hittills obestämd art. Under tidigare år har sydligare arter påträffats i intagsvattnet som fenknot, tjockläppad multe, havsabborre och prästfisk.

Provtagningen sker enbart vinter och vår. Att det bara provtas på våren beror 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 kan dock innebära att påverkan på vissa arter kan underskattas.

5.1.1 Kontroll av utsläppstub från silstation

Det är svårt att uppskatta hur mycket av fisken som klarar att pumpas ut från rensanläggningarna vid kraftverket. Död fisk eller skadad fisk som går med ut till havs äts upp av måsfåglar, skarvar eller krabbor och det har hittills inte observerats några ansamlingar av döda fiskar i anslutning till utsläppspunkten på havsbotten. 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 bottenarna 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 under april 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.*, 2009; 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 (ICES, 2013), och den observerade vikande förekomsten av ålyngel i Ringhals. Stabila fångster av gulål, trots vikande rekrytering, 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 vanliga kallvattenarter har förekommit i högre tätheter i april än i augusti i medeltal. 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. Skrubbs-

skädda 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, vilket kan ha bidragit till det avvikande mönstret för arten i referensområdet.

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. Mönstret tycks dock ha brutits för rötsimpan, genom en till synes mycket framgångsrik reproduktion vintern 2012. Det är möjligt att de senaste årens kalla vintrar har bidragit till denna utveckling.

5.3 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Alg- och faunainventeringen utfördes genom en traditionell linjetaxering med dykare utefter fem transekter per dykplats och med ramar på fasta djup, utöver huvudprofilen var det fyra transekter som var mer översiktliga för att täcka in större yta. Fokus var att upptäcka nya främmande arter samt i viss mån kartera de främmande arter som redan fanns på plats. Inga nya arter för västkusten hittades i dykkarteringen, men däremot fem främmande arter som redan är etablerade på kusten.

Sargassosnärla hittades första gången vid Bua 1992–1993 och utvecklade vid Ringhals ett av landets kraftigaste bestånd 1996 (Karlson, 1997), rödsvansing

upptäcktes 1952 i Sverige och som nu är spridd från norska gränsen till mellersta Halland (Gustavsson, 1999). Japantofs eller rödtofsing etablerades på västkusten i början av 1900-talet och finns i Öresund, Kattegatt, Skagerrack, men arten kan lätt förväxlas med den inhemska arten kandelaberdun (www.aqualiens.tmbi.gu.se). Liksom under 2011 påträffades japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*), en art som först upptäcktes sommaren 2007 på västkusten och nu finns etablerad från Strömstad ned till Halland (www.frammandearter.se). Grönalgen gaffelgrenig svamptång härstammar från Indien och dök upp i Sverige efter första världskriget. Arten uppvisar stora mellanårsvariationer och har generellt gått tillbaka sedan 1970-talet (Axelius & Karlsson, 2004)

Resultaten från 2012 var tagna under juni månad till skillnad från 2011, då undersökningen genomfördes under september. Alg förekomsten på lokalerna representerar därför två olika årstider där man kunde påvisa att det växte främmande arter vid Ringhals utsläpp och Båtafjorden. De påträffade främmande arterna var dock i stort desamma båda åren, vilket talar emot en avgörande effekt av att inventera vid olika årstider.

Under årets undersökning påträffades fler algarter totalt vilket kan ha sin orsak i att genomförandet var tidigare på året vilket gav gynnsammare väderlek men även ett tillskott av så kallade "vårarter" vilka kan vara svårupptäckta senare på säsongen.

Ramproverna som togs utefter huvudprofilen gav inte lika tydliga resultat i form av antal främmande arter vilket, sannolikt berodde på att den ytan som studerades var liten jämfört med en hel linjetranspekt med två dykare i bredd.

I Båtafjorden placerades två dyklokaler, en på södersidan och en på nordsidan, för att täcka så stort område som möjligt. Båtafjorden är ett intressant grundområde strax sydost om Ringhals som Länsstyrelsen speciellt angett som en plats där främmande

arter potentiellt skulle kunna samlas och etableras. Resultaten hittills bekräftar detta antagande. Fyra främmande arter registrerades där 2012, inklusive de enda exemplaren av levande japanska jätteostron. I referensområdet vid Vendelsö observerades två främmande arter som har varit etablerade på västkusten sedan en lång tid tillbaka. En av dessa var japtofs, som var vanligt förekommande i huvudprofilen men inte i de övriga transekterna. En förklaring till varför japtofs varit svår att kvantifiera i fält var 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 kandelaberdund var via lukten. Dessa båda arterna har noterades därför som ett tvåartskomplex. Förekomsten av japtofs har dock bekräftats via stickprover som analyserats på laboratorium.

En sammanfattning av inventeringarna under 2011 och 2012 är att ett fåtal främmande arter, i första hand sargassosnärliga och rödtofsing, men i viss mån även japanskt jätteostron tycks finna en gynnsam livsmiljö i det varmare vattnet i anslutning till kylvattenutsläppen från Ringhals och i den närliggande mera skyddade miljön inne i Båtafjorden. Några tecken på en omfattande spridning därifrån till omgivande lokaler kan däremot inte ses hittills.

6 Erkännanden

Anneli Lindgren har varit till stor hjälp med artbestämning och nomenklatur av alger.

7 Referenser

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

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

Andersson, J. (2009). Biologiskt kontrollprogram för Ringhals kärnkraftverk. Kustlaboratoriet. Fiskeriverket, 20 s.

Andersson, J., Cardinale M., Fagerholm B., Hjelm J. & Pettersson E. (2011). Fiskförluster i kylvattenintagen vid Ringhalsverket. Kompletterande undersökningar 2006–2010. Fiskeriverket, 15 s.

Axelius, B. & Karlsson J. (2004). Japanplym, ny rödalga för Sverige. Svensk Botanisk Tidskrift 98:5.

Bergström, L., Jansson M., Sundqvist F. & Andersson J. (2009). Biologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1979–2007. Fiskeriverket, FINFO 2009:2. 33 s.

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

Gustavsson, B. (1999). Undersökning och jämförelse av hårdbottensamhällen mellan tre olika vattentemperaturzoner utanför Ringhals kylvattenutsläpp. Göteborgs universitet, Inst.f.marin ekologi.

<http://www.aqualiens.tmbi.gu.se>

<http://www.frammandearter.se>

ICES. (2013). Report of the 2012 Session of the Joint EIFAAC/ICES Working Group on Eels. ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM:18.

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

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

Liungman, O., Karlsson A. & Lindahl S. (2002). Simuleringar av kylvattenplymer från Ringhals kraftverk. SMHI rapport nr 43, 2002, SMHI Norrköping.

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

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

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

Thoreson, G. (1996). Metoder för övervakning av kustfiskebestånd. Kustrapport 1996:3.

Thörnqvist, S., E. Neuman, A. Jacobsson & 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. Kustlaboratoriet. Fiskeriverket.

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

