



Aqua reports 2016:4

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2015

Jan Andersson, Björn Fagerholm, Maria Jansson & Frida Sundqvist



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport 2015

Jan Andersson¹, Björn Fagerholm², Maria Jansson² & Frida Sundqvist²

¹Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,
Kustlaboratoriet, Simpevarp 100, 572 95 Figeholm

²Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,
Kustlaboratoriet, Skällåkra 72, 432 65 Väröbacka

mars 2016

Aqua reports 2016:4
ISBN: 978-91-576-9392-1 (elektronisk version)

E-post till ansvarig författare
maria.jansson@slu.se, bjorn.fagerholm@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:
Erik Degerman, Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet
Johan Erlandsson, Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet

Vid citering uppge:
Andersson, J., Fagerholm, B., Jansson, M. & Sundqvist, F. (2016). Biologisk
recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2015. Aqua reports 2016:4.
Sveriges lantbruksuniversitet, Väröbacka. 44 s.

Nyckelord
fiskbestånd, fiskyngel, främmande arter, kärnkraft, recipientkontroll, provfiske, Ringhals

Rapporten kan laddas ned från
<http://epsilon.slu.se/>

Finansiär
Ringhals AB

Chefredaktör
Magnus Appelberg, prefekt, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund

Framsida, Ringhals udde med fyra reaktorer. Fotograf: Björn Fagerholm.
Baksida: Ringhals udde. Fotograf: Björn Fagerholm.

Sammanfattning

Kylvattenanvändningen vid Ringhals kärnkraftverk påverkar fisk- och skaldjurssamhället i två 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 2015 producerade Ringhals reaktorer R1, R3 och R4 elektricitet under hela året, med avbrott för årliga revisioner och kortare driftsstopp. Ringhals reaktor R2 var avstängd under hela året.

I kylvattenintaget utförs provtagning av fiskägg och fisklarver med Bongohåv för att övervaka förlusterna i kraftverket. Den vanligaste arten av larver som fångats är rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*) och därefter skrubbskädda (*Platichthys flesus*). Förekomsten av den tredje vanligaste larven, tejstefisk (*Pholis gunnellus*) hade minskat sedan provtagningens början 1979. Håvning i intaget efter juvenil fisk är till stor del fokuserad på glasål (*Anguilla anguilla*). Glasålen har minskat kraftigt sedan 1980-talet. Minskningen av glasål beror på en tillbakagång i hela regionen och inte på förlusten i kylvattenintaget.

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom jämförande provfischen i ett recipientområde (Ringhals) som påverkas av kylvattnet och ett opåverkat referensområde (Vendelsö). Temperaturen har sedan undersökningarna startade ökat i recipientområdet men inte i referensområdet under april och under augusti har temperaturen ökat i båda områdena. Under april har diversiteten i fisksamhället minskat i Ringhals, men inte i Vendelsö, sannolikt som en följd av kylvattensutsläppet. Flertalet varmvattengynnade arter hade högre förekomster i Ringhals. Detta gäller gulål (*Anguilla anguilla*), strandkrabba (*Carcinus maenas*) och skärsnultra (*Symphodus melops*). Förekomsten av strandkrabba och skärsnultra visar en uppåtgående trend i både Ringhals och på Vendelsö. Gulål visar en ökande trend enbart för Vendelsö. Flera av de arter som föredrog kallare vatten fångades i lägre antal utanför Ringhals. Tydligast var detta för rötsimpa och tånglake (*Zoarches viviparus*). Av de arter som gynnas av kallare vatten visades vikande trender i Ringhals för rötsimpa, tånglake och oxsimpa under april. Några arter, som tånglake och oxsimpa, minskade i båda områdena. Av kallvattenarterna var det endast skrubbskädda som visade en ökande trend i båda områdena i april.

För att påvisa förekomst av främmande arter genomfördes dykkartering i fem områden utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. Inga för regionen nya arter noterades under 2015, men tre för västkusten väletablerade främmande arter noterades. Dessa var japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*), rödalgen rödsvansing (*Dasya baillouviana*) samt en brunalg, sargasosnärja (*Sargassum muticum*).

Abstract

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 R1, R3 and R4 at Ringhals nuclear power plant produced electricity during the major part of the year 2015, with exceptions for the annual audits and shorter stops in production. Reactor R2 was closed down for the whole year.

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 most abundant larvae are shorthorn sculpin larvae (*Myoxocephalus scorpius*) followed by European flounder (*Platichthys flesus*). The abundance of the third most abundant rock gunnel larvae (*Pholis gunnellus*) have decreased since 1979. 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. 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 cooling-water released into the sea are monitored by fykenet surveys in the recipient (Ringhals) as well as in a reference area (Vendelsö). These areas are compared in two seasons to reveal effects of the cooling water emissions. The diversity of the fish community has developed differently in the two areas during the cold season, where Ringhals showed a decrease in diversity and Vendelsö was stable. This is possibly an effect of the warm water emissions from the power plant. Species that prefer warm water have been observed to concentrate in the recipient area. Eel (*Anguilla anguilla*), corkwing wrasse (*Symphodus melops*) and shore crabs (*Carcinus maenas*) are three examples, which show either stable or increasing catches in the area. Species that prefer cold water, such as shorthorn sculpin and eelpout (*Zoarches viviparus*), were less abundant in the recipient area. Only the European flounder showed an increasing trend in both Ringhals and Vendelsö.

To investigate the presence of marine alien invasive species a scuba diving survey was conducted in five shallow areas in a gradient from the outlet of cooling water. No new alien species were found in the 2015 survey, but three species already established on the Swedish west coast were found. The species found were the Japanese oyster (*Crassostrea gigas*), one species of red algae *Dasya baillouviana* and one brown algae, Japanese wireweed (*Sargassum muticum*).

1	Inledning	4
2	Kraftverkets drift	7
3	Metodik	9
3.1	Kylvattenintaget	9
3.1.1	Fiskägg och fisklarver	9
3.1.2	Juvenil fisk och större fisklarver	9
3.2	Kontroll av utsläppstub från silstation	10
3.3	Påverkansområdet	10
3.3.1	Fisksamhällets utveckling	10
3.4	Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter	12
4	Resultat	14
4.1	Kylvattenintaget	14
4.1.1	Fiskägg och fisklarver	14
4.1.2	Juvenil fisk och större fisklarver	18
4.1.3	Kontroll av utsläppstub från silstation	19
4.2	Påverkansområdet	24
4.2.1	Fisksamhällets utveckling	24
4.2.2	Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter	35
5	Diskussion	39
5.1	Kylvattenintaget	39
5.2	Kontroll av utsläppstub från silstation	40
5.3	Fisksamhällets utveckling	40
5.4	Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter	42
5.5	Erkännanden	42
6	Referenslista	43

1 Inledning

Den miljöpåverkan som kylvattenanvändningen i Ringhals kärnkraftverk kan leda till övervakas genom ett recipientkontrollprogram som ursprungligen fastställdes av Västerbygdens vattendomstol 1969. Miljödombstolen 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 respektive 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).

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 m. fl. 1988). Effekten på beståndsnivå avgörs av förlusten i kylvattnet i förhållande till beståndets storlek. Effekten riskerar att bli större på bestånd i närområdet som har pelagiska stadier av antingen ägg eller larver, 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 kylvattensutsläppet. 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 urskilja vilka förändringar som är naturliga och vilka som är orsakade av det varma kylvattnet.

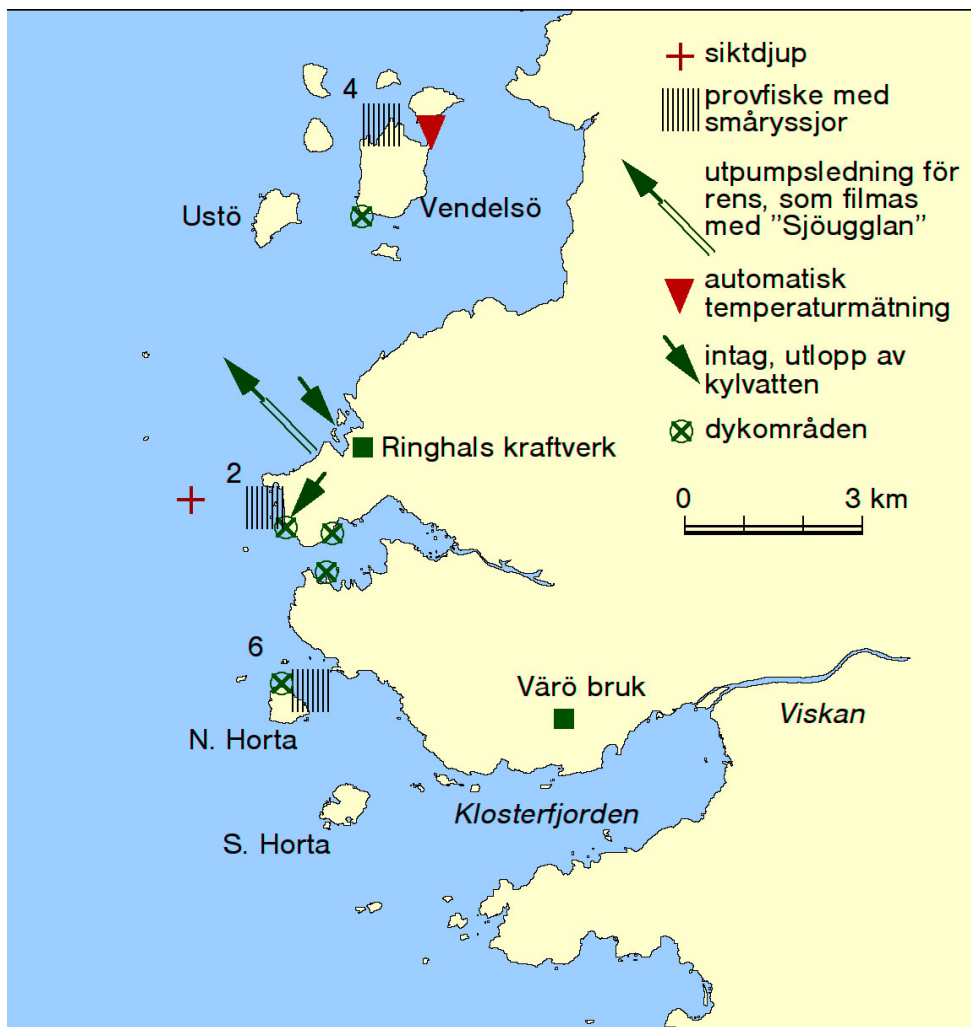
Det uppvärmda kylvattnet från kraftverket tillför värmeenergi till det omgivande havet och fisk kan ansamlas eller undvika det område där temperaturen höjs. Fiskar är växelvarma djur, vilket betyder att de anpassar sin kroppstemperatur efter temperaturförhållandena i omgivningen för att optimera sin 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 varmare vatten. 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 m. fl. 1998).

Ett antal främmande arter har under senare år upptäckts och uppmärksammats i media och forskningsrapporter. Vanliga frågeställningar i samband med nytilkomna arter brukar främst vara vilken påverkan har de, var kommer de ifrån, hur snabbt sprids de, kan man upptäcka dem i tid, var skall man leta och hur skall man kunna begränsa spridning om de visar sig medföra negativa effekter på miljön eller på mänskliga aktiviteter. Tre omtalade och numera välkända exempel på arter som nyligen tillkommit på västkusten är sargassosnärlja (*Sargassum muticum*) en storväxt brunalg, det japanska ostronet (*Crassostera gigas*) samt den amerikanska kammaneten (*Mnemiopsis leidyi*). Gemensamt för dessa arter var att de fick en snabb spridning och att man inte har kunnat förhindra spridningen.

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.

Kärnkraftsverkets 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 radie på cirka 3 km och normalt sker en temperaturökning på 1–5 grader i ytvattnet

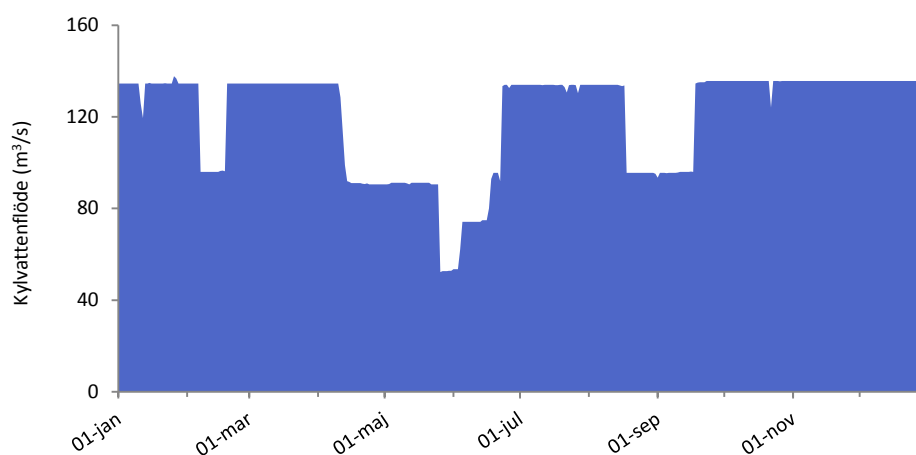
ner till 3–7 meters djup (Liungman m. fl. 2002). Grunda närliggande vikar samt hårbotten ner till några meters djup kan vara sannolika miljöer där man förväntar sig en direkt effekt från varmvattnet och därmed även lämpliga platser att söka efter främmande arter.



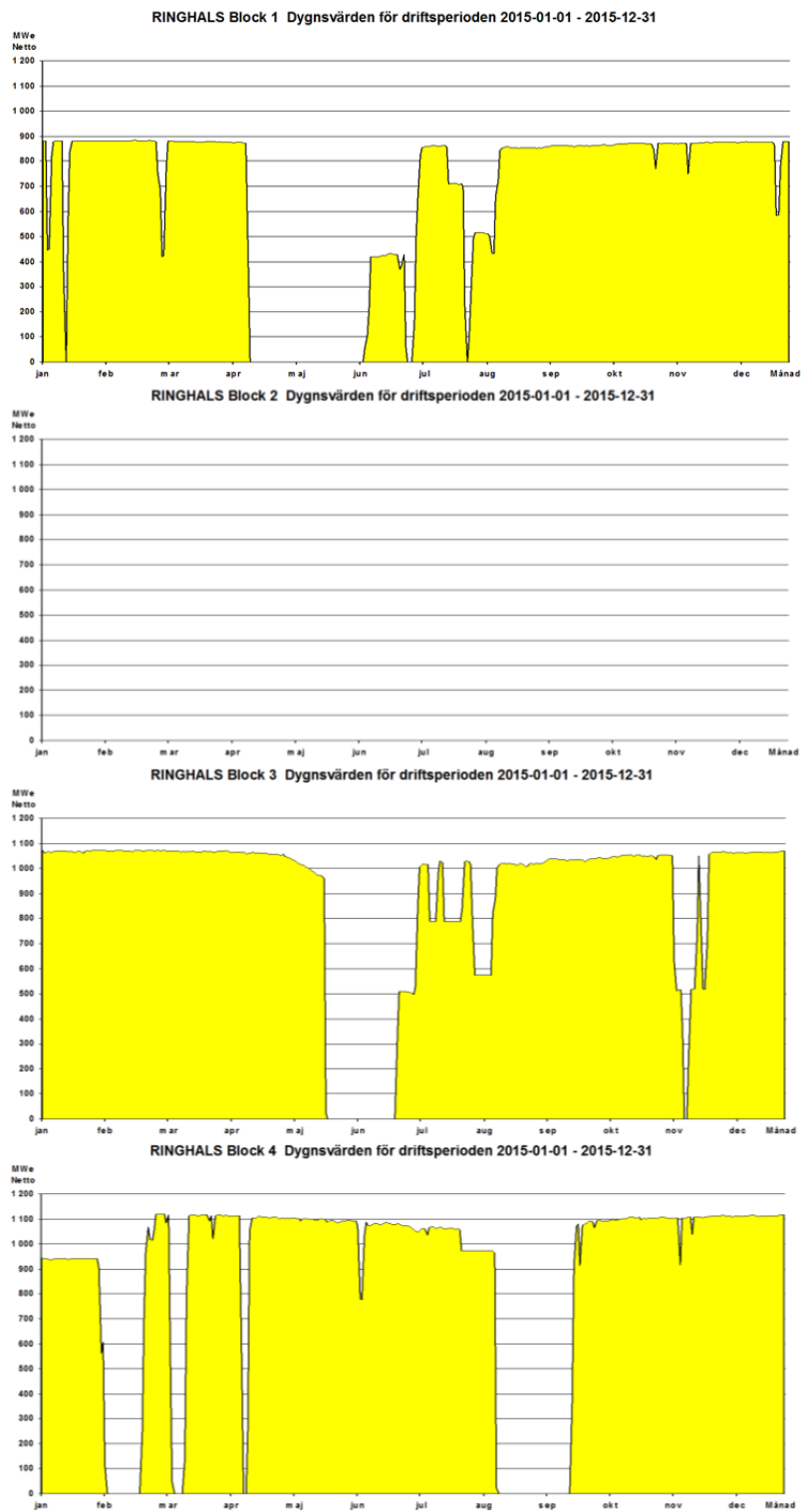
Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde 2) och Vendelsö (referensområde 4) och Norra Horta (referensområde 6). Fem dykområden för kontroll av främmande arter, intagskanalen för kylvatten, där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk, samt renshusledningen för återtransport av fisk och alger från kraftverkets silstationer.

2 Kraftverkets drift

Full drift med fyra reaktorer (block) igång samtidigt förekom inte under 2015 eftersom reaktor R2 var stängd under hela året. Det totala kylvattenflödet under 2015 har varierat beroende på när reaktorerna stått stilla. Lägst kylvattenflöde var det i slutet av juni och början av juli då både R1 och R3 stod stilla på grund av revision (figur 2). Varje block stängs normalt av ungefär en månad varje år för revision under perioden maj till oktober. Under 2015 producerade reaktorerna R1, R3 och R4 nästan hela året utan uppehåll, med undantag för kortare revisioner och stopp (figur 3).



Figur 2. Kylvattenflöde till samtliga reaktorer i Ringhals 2015



Figur 3. Producerad effekt (MW) vid Ringhals fyra reaktorer (block) under 2015.

3 Metodik

3.1 Kylvattenintaget

3.1.1 Fiskägg och fisklarver

Transporten av fiskägg och fisklarver 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. Inamlade 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 och redovisas därför inte här.

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-Kidd yngeltrål, 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 15 till 17 timmar. 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. De re-

sultat som redovisas i denna rapport har korrigerats för variationer hos kylvattenflödet, så att årliga värden motsvarar en situation med maximalt flöde. Avsikten med denna korrigering är att beskriva den naturliga variationen så bra som möjligt. Kommande skadeberäkningar kommer dock att baseras på icke korrigerade data från hela provtagningsperioden februari–april.

3.2 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 och galler. I dessa fastnar större fisk och alger 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 silar och i rens gallret sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där skovelpumpar skickar materialet vidare genom en tub som mynnar på 8 meters djup i havet utanför kärnkraftverket. Vid undersökningar 2007–2010 beräknades dödligheten till cirka 15 procent hos den ål som samlas upp och pumpas tillbaka till havet. Mindre tåliga fiskarter klarar sannolikt hanteringen betydligt sämre (Andersson m.fl. 2011).

Området kring tuben filmas i september varje år med hjälp av en undervattensfarkost som styrs från ytan (en så kallad ROV, Remotely Operated Vehicle).

3.3 Påverkansområdet

3.3.1 Fisksamhällets utveckling

Förekomst av fisk studeras genom provfiske med småryssjor i två områden under april och augusti, dels i recipienten vid Ringhals och dels i referensområdet vid Vendelsö, sju kilometer norr om utsläppsområdet (figur 1). Ett tredje område vid Norra Horta, 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 övervattentemperaturer under längre perioder medan referensområdet är opåverkat av utsläppt kylvatten. Varje fångstområde delas upp i sex stationer som provfiskas med två ryssjor kopplade samman strut i arm (Thorsson 1996). Ryssjorna sätts vinkelrätt ut ifrån land med 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 fiskeperiod. Vid varje station

mäts botten temperaturen vid redskapet i samband med vittjning och ett medelvärde beräknas för respektive område.

Varje individ i fångsten mäts och kontrolleras med avseende på synliga sjukdomstecken eller skador. Vägning sker av varje art per station och 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 för samtliga förekommande arter redovisas dock i tabeller.

Fångstdata används i flera olika analyser för att följa utvecklingen i fisk- och skaldjursamhället samt 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) och motsvarande värde för fångstens vikt (WPUE, weight per unit effort).

Antalet arter som fångas i respektive område används som ett mått på mångfalden i fångsten. Som ett annat mått på mångfald används Shannon-Wiener diversitetsindex. Indexet baseras på hur många arter som förekommer och hur mängden individer fördelar sig mellan dessa arter. Ett lågt diversitetsvärde indikerar att fisksamhället domineras av enstaka arter med hög frekvens, medan ett högt diversitetsvärde indikerar att individerna är mera jämnt fördelade mellan arterna. Vid beräkning av diversitet inräknas abundansen av både fiskar och kräftdjur.

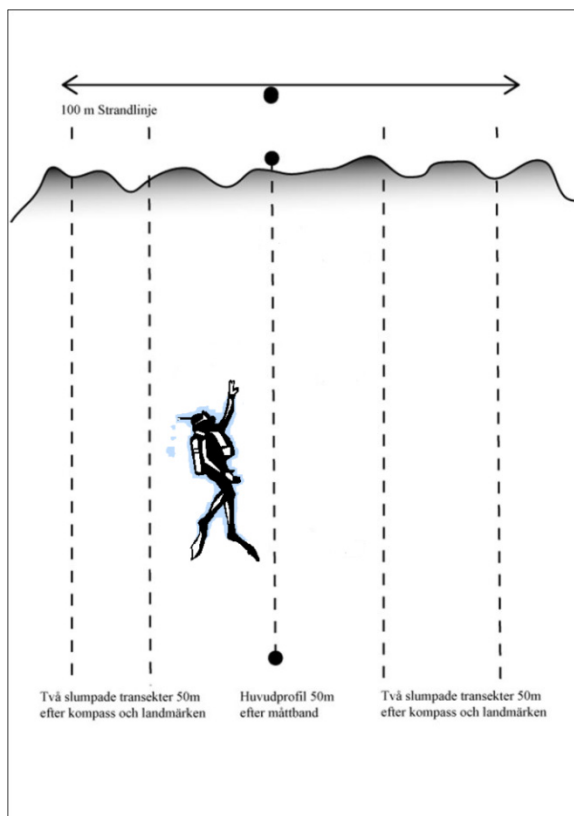
Ett annat mått som används för att beskriva djursamhället är trofisk medelnivå. Varje art graderas med ett värde mellan noll och fem utifrån sin nivå i näringskedjan. Trofisk medelnivå beräknas sedan utifrån de olika arternas representation i fångsten och den enskilda artens trofiska nivå. Trofisk medelnivå kan användas som ett mått på ekologisk funktion. Låga värden på trofisk medelnivå 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 medelnivå beräknas i den här studien på biomassa (WPUE) och innefattar enbart fisk.

För alla beräkningar har endast data från ostörda stationer använts. Med störning menas att fiskeredskapet blivit kraftigt påverkat av något så att det kan antas att det inte fiskat med normal effektivitet. Ett exempel på detta är sälstörning. Beräkningarna har utförts i Microsoft Office Excel 2010 samt SPSS. För alla beräkningar har signifikansnivån 0,05 använts. Linjär regression på Ln-transformerade (naturlig logaritm) data har använts för att fastställa om det funnits en riktad utveckling över tid (trend). Kovariansanalys (Ancova) har används för att analysera om det funnits en skillnad i fisksamhällenas utveckling mellan de olika fångstområdena sett över tid. Om värdena inte varit normalfördelade eller om variansen varit olika i stickproven så har värdena logaritmerats eller kvadratrottransformerats. Om värdena fortfarande avvikit från normalfördelning eller variansen fortfarande varit olika så har

icke-parametriska test använts. Vid analyser av de individuella fiskarternas utveckling har t-test använts för att analysera skillnader i medelabundans mellan fiskeperioder och områden.

3.4 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Dykinventeringar av fastsittande flora och fauna utförs på fem lokaler (figur 1) för att finna och uppskatta mängden av främmande invasiva arter. Platserna representerar kuststräckor inom en förväntad påverkansgradient, från cirka tvåhundra meter upp till fem kilometer från utläppspunkten för kylvatten. Varje område utgörs av en rak strandsträcka på 100 meter där mitten markeras med hjälp av ett måttband och utifrån den går huvudtransekten vinkelrät ut i vattnet. Ytterligare två transekter slumpas ut på var sida om huvudtransekten (figur 4). Samtliga transekter är 50 meter långa.



Figur 4. Schematisk bild över hur dyktransekterna är upplagda på en dykplats, en 50–100 meter lång huvudprofil i mitten av en strandsträcka på 100 meter. Vid sidan av huvudprofilen fyra slumpade transekter.

Huvudtransekten används som en fast utgångspunkt och där genomförs transektdyket. Längs måttbandet noteras bottenstrukturer och samtliga arters täckningsgrad uppskattas inom en korridor av 4–5 meter. Vidare registreras avstånd från land och vattendjup där varje väsentlig förändring i artsammansättning eller bottenstruktur sker. Två dykare simmar i bredd och skriver parallellt protokoll under karteringens samtliga dyk, för att senare jämföra sina värden på land. Den enskilda dykarens bedömning blir alltid till viss del subjektiv och svårigheter uppstår speciellt på platser där förekomsten av arter varierar fläckvis eller där arter påträffas i lager som påväxt. Det krävs goda artkunskaper samt cirka tio dyk innan olika dykare skriver jämförbara protokoll (Naturvårdsverket 2004). Svårbestämda arter 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 procent (heltäckande med endast små luckor); 75 procent (ej heltäckande men klart mer än hälften av botten täckt); 50 procent (cirka hälften av botten täckt); 25 procent (klart mindre än hälften, men klart bältesbildande); 10 procent (mer än enstaka exemplar men inte upp till en fjärdedel); 5 procent (fler än en enstaka individ men knappt täckande ytor); 1+ enstaka individer har observerats (Kautsky 1999).

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 meter med separat skattning av täckningsgrad och angivelse av vattendjup.

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

4 Resultat

4.1 Kylvattenintaget

4.1.1 Fiskägg och fisklarver

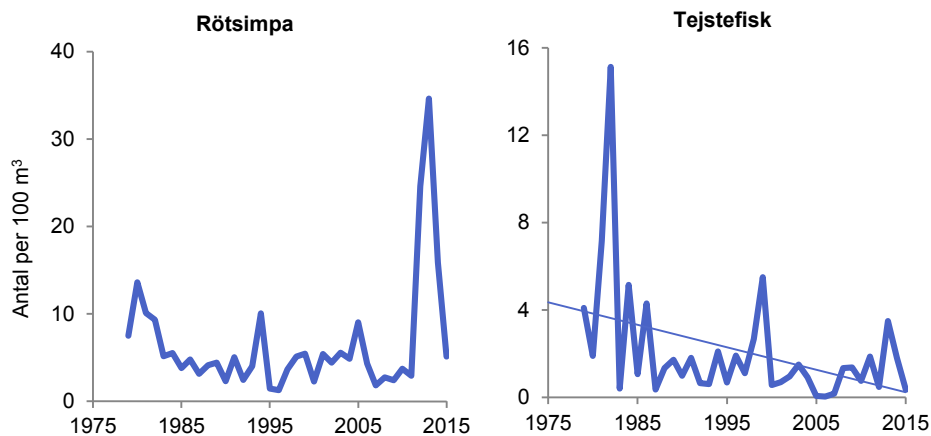
Sedan provtagningen med Bongohåv inleddes vintern 1979 har ett trettiotal olika fiskarter registrerats i proverna (tabell 1). Det är inte praktiskt möjligt att identifiera alla larver till artnivå. Av den anledningen sammanförs svårbestämda arter antingen till så låg taxanivå som möjligt, eller registreras som obestämda fisklarver. Genom alla år har rötsimpa varit den vanligaste arten, följt av skrubbskädda och tejestefisk. 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 tobis 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 omfattar 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 procent av alla ägg som registrerats sedan 1979.

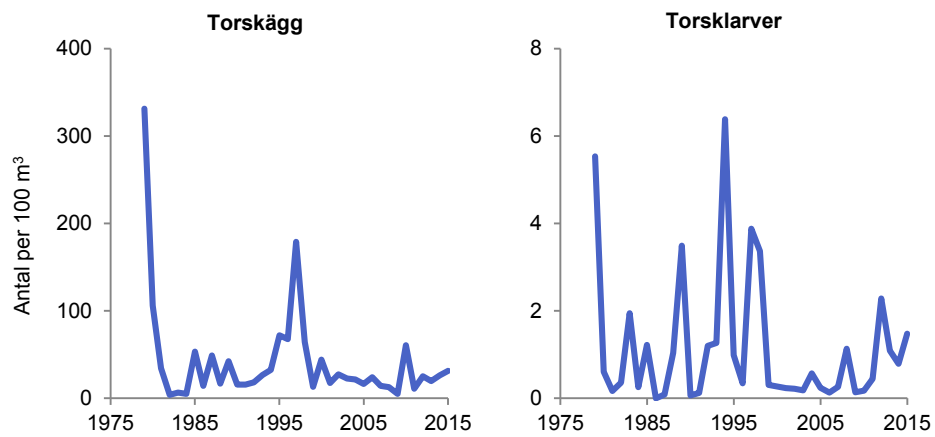
Fram till 2011 hade förekomsten av larver av rötsimpa minskat signifikant. Under vintern 2013 uppmättes den högsta tätheten sedan provtagningen startades 1979. Tätheten ligger på en fortsatt hög nivå, även om den var lägre 2014 och 2015 än året innan (figur 5). Förekomsten av tejestefisk uppvisar en negativ utveckling sett över

hela undersökningsperioden och hade en mycket låg förekomst under 2015 (tabell 1, figur 5).

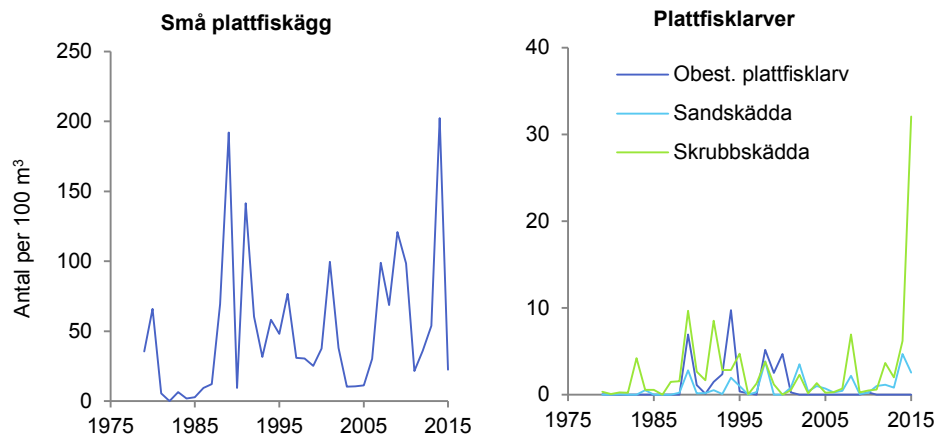
Tätheten av torskägg och torsklarver har fluktuerat sedan håvningen startade men visar ingen trend under hela undersökningsperioden (tabell 1, figur 6). Under den senaste tioårsperioden har dock torsklarver blivit vanligare (tabell 1, figur 6). Torskäggen har varit relativt få till antalet under senaste femton åren, men 2012 och 2015 var antalet ägg i provtagningarna relativt höga. Tätheten av plattfiskägg visar ingen trend sedan provtagningens start, vare sig för rödspotta eller för någon av de andra arterna (figur 7 och 8). Sandskädda har ökat något under hela tidsperioden. I övrigt kan inga trender påvisas för plattfisklarver. Larver av skrubbskädda hade 2015 den högsta uppmätta förekomsten sedan provtagningens början, långt över långtidsmedelvärdet. Även för larver av rödspotta och sandskädda var årets fångst högre än långtidsmedelvärdet (tabell 1, figur 7 och 8).



Figur 5. Förekomsten av larver (antal per 100 m³) av rötsimpa och tejstefisk fångade med Bongohåv i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2 under perioden januari–april 1979–2015. Tunn heldragen linje anger trend över tid. Observera olika skalor på Y-axel.



Figur 6. Förekomsten (antal per 100 m³) av torskägg och torsklarver fångade med Bongohäv i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2 under perioden januari–april 1979–2015. Observera olika skalor på Y-axel.



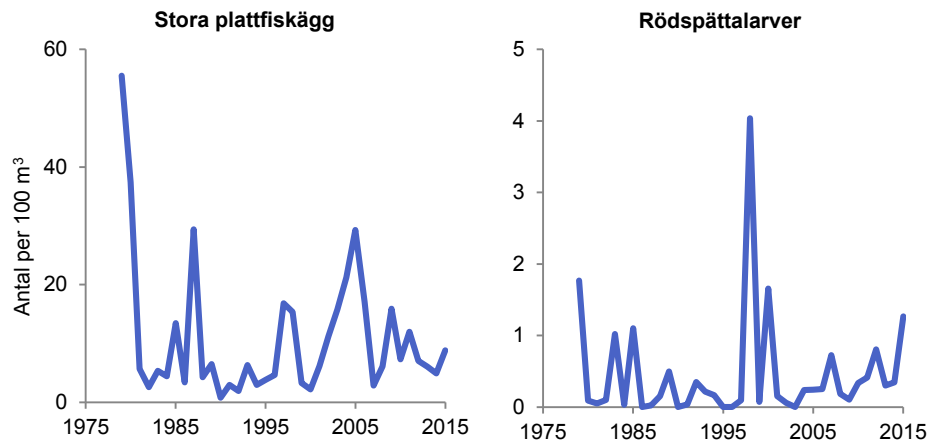
Figur 7. Förekomsten (antal per 100 m³) av små plattfiskägg och plattfisklarver fångade med Bongohäv i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2 under perioden januari–april 1979–2015. Observera olika skalor på Y-axel.



Guldmulte – en ny art i Isaacs-Kidd-trålen 2015. Foto: Björn Fagerholm

Tabell 1. Fångst av fisklarver (antal/100 m³) med Bongohåv i kylvattenintaget till Ringhals block 1 och 2 under 2015 samt långtidmedelvärde på abundans och trender för alla år och för den senaste tioårsperioden. Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under hela perioden. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; * =p<0,05; ** =p<0,01; *** =p<0,001) (trend beräknas inte för arter som förekommit mindre än 80 procent av åren i respektive tidsserie)

Art/taxon	Vetenskapligt namn	2015	medel 1979-2015	tre nd	medel 2006-2015	tre nd
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	5,12	6,55	ns	9,83	ns
Skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	29,53	2,80	ns	5,06	ns
Tejstefisk	<i>Pholis gunellus</i>	0,36	2,09	-*	1,17	ns
Tobisar	<i>Ammodytes spp.</i>	0,11	1,49	ns	2,02	ns
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	1,48	1,14	ns	0,79	+*
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	2,52	0,84		1,32	ns
Obestämd plattfisk	<i>Pleuronectidae</i>	0,00	0,95		0,03	
Rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	1,27	0,46	ns	0,47	ns
Sill	<i>Clupea harengus</i>	0,70	0,37		0,63	ns
Ringbukar	<i>Liparis spp.</i>	0,04	0,35		0,30	ns
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,79	0,23		0,25	ns
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>		0,20		0,60	
Obestämd fiskart		0,18	0,18		0,09	+*
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	0,14	0,16		0,08	ns
Spetsstjärtat långebarn	<i>Lumpenus lampraeformis</i>	0,42	0,16	ns	0,22	+*
Obestämd sillfisk	<i>Clupeidae</i>		0,11		0,39	
Tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>		0,11		0,10	
Lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	0,12	0,05		0,05	
Obestämd stubb	<i>Gobidae</i>		0,02		0,06	
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,13	0,01		0,02	
Klarbult	<i>Aphia minuta</i>		0,01		0,02	
Fyrtömmad skärlånga	<i>Onos cimbrius</i>		<0,01			
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>		<0,01		0,01	
Bergtung	<i>Microstomus kitt</i>		<0,01		0,01	
Havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>		<0,01			
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>		<0,01		<0,01	
Sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>		<0,01			
Tretömmad skärlånga	<i>Gaidropsaurus vulgaris</i>		<0,01			
Gulål	<i>Anguilla anguilla</i>		<0,01			
Gråsej	<i>Pollachius virens</i>		<0,01			
Vitling	<i>Merlangius merlangus</i>		<0,01			
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>		<0,01		<0,01	
Större kantnål	<i>Syngnathus acus</i>		<0,01			
Tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		<0,01		<0,01	
Totalt		42,90	18,29	ns	23,54	+*
Antal taxa, medelvärde		15	14,03	+*	16,40	ns



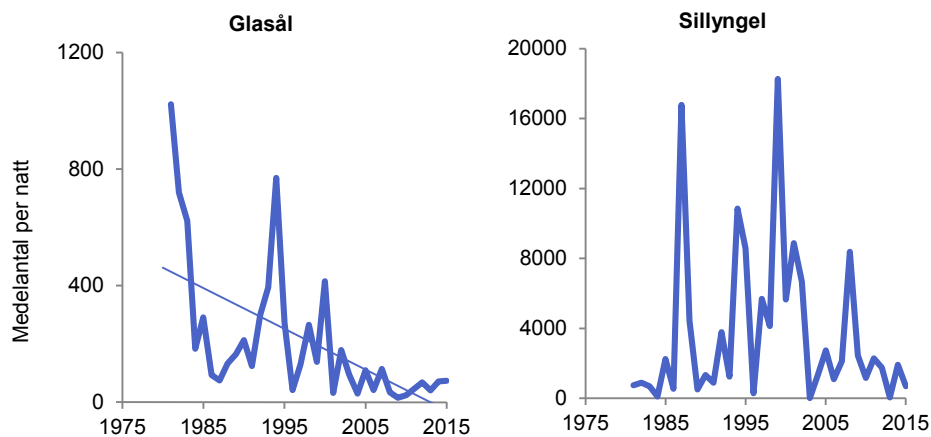
Figur 8. Förekomst, antal per 100 m³, av stora plattfiskägg och larver av rödspättalarver fångade med Bongohäv i intagsvattnet till Ringhals 1 och 2 under perioden januari–april 1979–2015. Observera olika skalor på Y-axel.

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 har beräknats för de arter som förekommit vid mer än 40 procent av åren i respektive analyserad tidsserie. Bland de vanligaste taxa noterades en starkt negativ utveckling sedan 1981 hos glasål och storspigg. Bland arter med en positiv utveckling kan nämnas rötsimpa, rödspotta, mindre kantnål, skrubbskädda och torsk. Den vanligast förekommande arten som fångats i Isaacs-Kidd trålen genom åren var sill (tabell 2). Sill förekom både som små larver och som äldre individer. En dominerande andel av sillen utgjordes av relativt välutvecklade larver från leken föregående höst. Sillyngel förekom relativt sparsamt under senare år, och 2015 utgjorde inget undantag. Förekomsten av sillyngel uppvisar dock inte någon signifikant förändring över tid (tabell 2, figur 9). Det gör inte heller den näst vanligaste arten i provtagningen, klarbult, som är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet. Under den senaste tioårsperioden har få signifikanta förändringar inträffat, med de som skett var i positiv riktning (tabell 2). Under 2015 noterades dock en för undersökningen ny art, då tre individer av den sydliga arten guldmulte (foto sid.18) fångades vid två olika tillfällen. Artlistan för hela perioden omfattar över sjuttio olika taxa, och 2015 var ett ovanligt artrikt år, med hela 49 registrerade taxa.

Förekomsten av glasål var riklig under de första åren, men under första hälften av 1980-talet blev förekomsterna mycket lägre än tidigare (figur 9, tabell 2). 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 2015). Efter ett minimum 2009 ses dock en tendens till återhämtning, som även den rapporterats från övriga Europa (Ices 2015).



Figur 9. Förekomst av glasål och sillyngel, medelantal per natt, vid provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget till Ringhals block 1 och 2 under perioden vecka 9–18, 1981–2015. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Observera olika skalor på y-axeln.

4.1.3 Kontroll av utsläppstub från silstation

Utsläppstuben filmades med hjälp av en ROV (Remotely Operated Vehicle) den 15:e oktober 2015. Tuben filmades från cirka 8 meters djup ned mot mynningen på cirka 9 meters djup och sedan i utökande cirklar runt mynningen under 25–30 minuter. Botten längs med tuben dominerades av skalgrus, sand, småsten och lösdrivande rödalger samt inslag av större stenar. Tuben samt större stenar var i huvudsak överväxta av rödalger och där utsläppstuben från silstationen mynnar hade det bildats en stor hästskoformad krater omgiven av meterhöga vallar av främst musselskal. Botten utanför vallarna var nästan helt täckt av en matta av mestadels döda lösdrivande rödalger (figur 10 och 11).

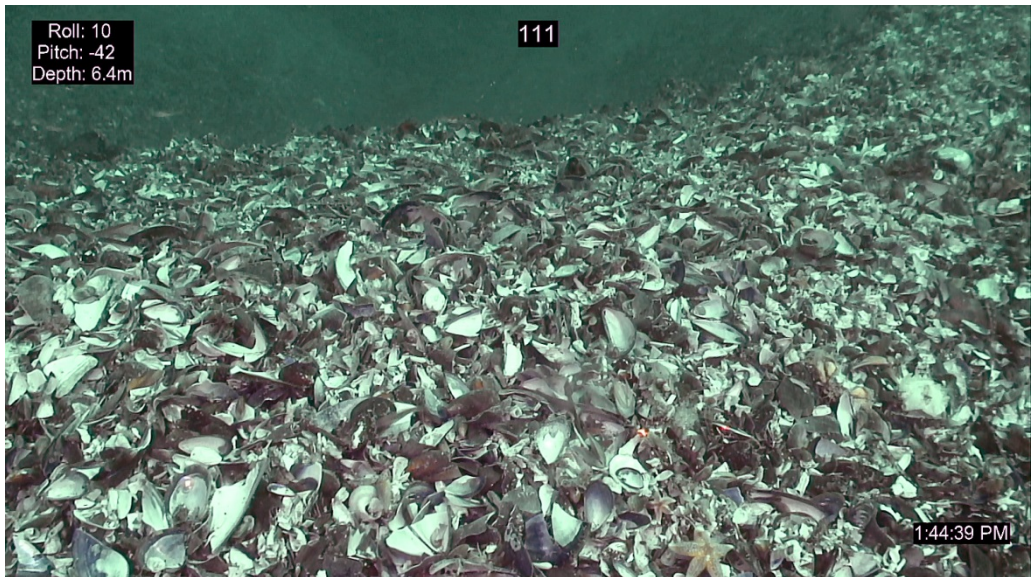
Förekomst av vanliga arter som stensnultra, skärsnultra, sjustrålig smörbult (*Gobiusculus flavescens*), strandkrabba och vanlig sjöstjärna (*Asterias rubens*) observerades med jämna mellanrum. Även ett exemplar av tobis kom med på filmen. I området kring vallen av musselskal uppehöll sig stora mängder bergstubb (*Pomatoschistus pictus*). Vidare observerades ett flertal döda exemplar av skrubbskädda, vitling (*Merlangius merlangus*) och sandstubb (*Pomatoschistus minutus*) (figur 11).

Tabell 2. Antal individer per natt av förekommande taxa i provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget till reaktor 1 och 2 vid Ringhalsverket under perioden februari till april 2014 samt medelvärden och trender för åren 1981–2015 och för den senaste tioårsperioden. 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; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$) (trend beräknas inte för arter som förekommit mindre än 80 procent av åren i respektive tidsserie)

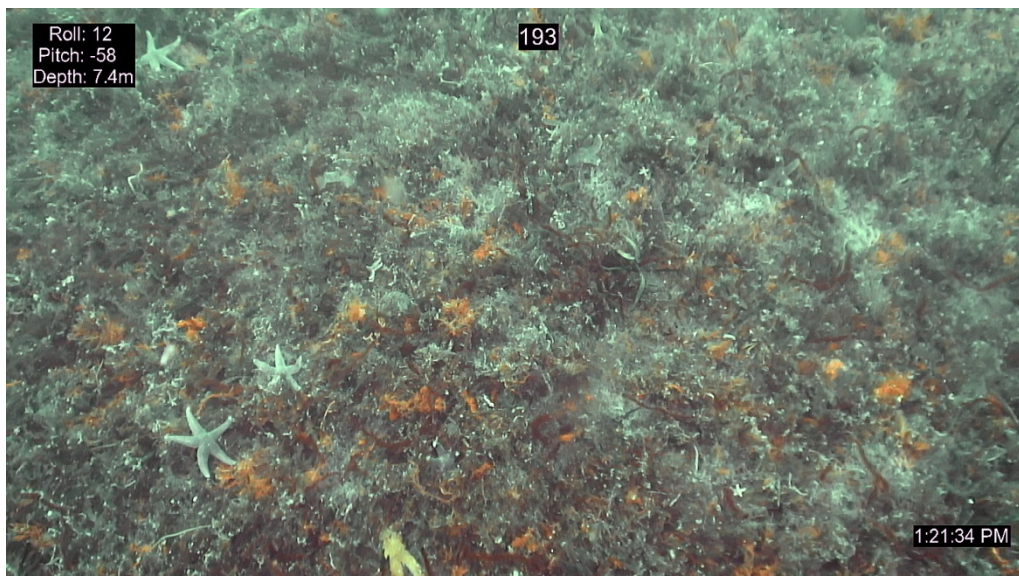
Art/taxon	Vetenskapligt namn	2015	medel		medel	
			1981–2015	trend	2006–2015	trend
Sill yngel	<i>Clupea harengus harengus</i>	697,74	3694,88	ns	2193,10	ns
Klarbult	<i>Aphia minuta</i>	1041,02	1670,03	+***	2019,25	ns
Glasål	<i>Anguilla anguilla</i>	73,35	209,85	-***	52,91	ns
Storspigg	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	12,72	148,49	-***	22,08	ns
Sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>	50,08	109,53	ns	71,61	ns
Tobis	<i>Ammodytes sp.</i>	58,34	99,75	ns	51,34	ns
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	2,56	46,97	+***	93,17	ns
Rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,30	39,82	+***	90,95	ns
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>	35,20	13,13	+***	24,10	ns
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	10,66	10,64	ns	5,69	ns
Tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	305,18	9,16		32,01	
Sill	<i>Clupea harengus harengus</i>	124,98	9,14	ns	15,26	ns
Skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	7,64	5,62	+*	7,31	ns
Tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	1,09	4,57	-*	2,05	ns
Tejstefisk	<i>Pholis gunellus</i>	1,05	3,18	ns	2,05	ns
Sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>	2,92	3,07	ns	5,64	ns
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,70	2,99		4,79	ns
Havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>	0,39	2,83	ns	1,06	ns
Sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>	1,50	1,80	ns	0,97	ns
Bergstubb	<i>Pomatoschistus pictus</i>	29,65	1,78		6,22	
Småspigg	<i>Pungitius pungitius</i>	0,39	1,50	-*	1,58	ns
Laxsill	<i>Maurollicus mulleri</i>	0,69	1,45	ns	0,65	ns
Spetsstjärtat längebarn	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>		1,39		4,85	
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	4,69	1,26		3,69	ns
Svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	5,13	1,00	+**	1,52	ns
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	2,20	0,97	+*	2,12	ns
Gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,71	0,75	ns	0,73	ns
Stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	2,65	0,72	+***	1,23	+*
Större Kantnål	<i>Syngnathus acus</i>	2,65	0,70		0,71	+*
Tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,45	0,69	ns	0,44	ns
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	0,83	0,58	ns	0,45	ns
Tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>	0,18	0,49		1,70	
Nors	<i>Osmerus eperlanus</i>	0,15	0,32		0,65	ns
Äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,40	0,29		0,29	ns
Havsnål Större	<i>Entelurus aequoreus</i>	0,35	0,24		0,65	
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,40	0,23		0,06	
Skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	1,09	0,22		0,26	
Vitling	<i>Merlangius merlangus</i>		0,18			
Bergtunga	<i>Microstomus kitt</i>		0,17		0,17	
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>	1,34	0,16		0,52	ns
Obestämd torskfisk	<i>Gadidae</i>	0,20	0,13		0,46	
Flodnejonöga	<i>Lampetra fluviatilis</i>	0,40	0,10		0,28	ns

Tabell 2 fortsättning. Antal individer per natt av förekommande taxa i provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget till reaktor 1 och 2 vid Ringhalsverket under perioden februari till april 2014 samt medelvärden och trender för åren 1981–2015 och för den senaste tioårsperioden. 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; *= $p<0,05$; **= $p<0,01$; ***= $p<0,001$) (trend beräknas inte för arter som förekommit mindre än 80 procent av åren i respektive tidsserie)

Art/taxon	Vetenskapligt namn	2015	medel			
			1981–2015	trend	2006–2015	trend
Sjökock(randig)	<i>Callionymus lyra</i>	0,65	0,08		0,13	
Havsnejonöga	<i>Petromyzon marinus</i>		0,07			
Vanlig Ringbuk	<i>Liparis liparis</i>		0,04		0,13	
Lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>	0,10	0,04		0,03	
Obestämd fiskart	<i>Anonymous</i>	0,18	0,04		0,14	
Öring	<i>Salmo trutta</i>	0,70	0,04		0,12	
Montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>		0,04		0,05	
Tångkrabba	<i>Carcinus maenas</i>		0,03		0,04	
Fyrtömmad skärlånga	<i>Enchelyopus cimbrius</i>	0,55	0,03		0,12	
Slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>	0,10	0,02		0,03	
Tjockläppad multe	<i>Crenimugil labrosus</i>	0,30	0,02		0,06	
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>		0,01			
Tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>	0,10	0,01		0,04	
Obestämd smötbult	<i>Gobidae</i>		0,01		0,04	
Kummel	<i>Merluccius merluccius</i>		0,01			
Lax	<i>Salmo salar</i>		0,01			
Bläckfisk	<i>Anonymous</i>		0,01			
Krumnosig havsnål	<i>Nerophis lumbriciformis</i>		0,01		0,02	
Fenknot	<i>Chelidonichthys lucerna</i>		0,01		0,02	
Gråsej	<i>Pollachius virens</i>		0,01		0,01	
Simkrabba	<i>Portunidae</i>		<0,01		0,01	
Fjärsing	<i>Trachinus draco</i>		<0,01		0,01	
Guldmulte	<i>Liza aurata</i>	0,10	<0,01		0,01	
Lerstubb	<i>Pomatoschistus microps</i>	0,10	<0,01		0,01	
Småtunga	<i>Buglossidium luteum</i>	0,10	<0,01		0,01	
Knot	<i>Eutrigla gurnardus</i>		<0,01		0,01	
Prästfisk	<i>Atherina presbyter</i>		<0,01		0,01	
Rödtunga	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>		<0,01			
Silverfisk	<i>Argentina sphyraena</i>		<0,01		0,01	
Piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01			
Småvar	<i>Phrynorhombus norvegicus</i>		<0,01			
Alla arter		2484,92	6101,35	ns	4725,60	ns
Antal taxa		49	71		62	ns



Figur 10: Bilder från filmning av utsläppstuben från Ringhals silstation på cirka 9 meters djup. Övre bilden visar mynningen av utsläppstuben och den nedre bilden visar vällen av musselskal, främst blåmussla, kring tubens mynning.

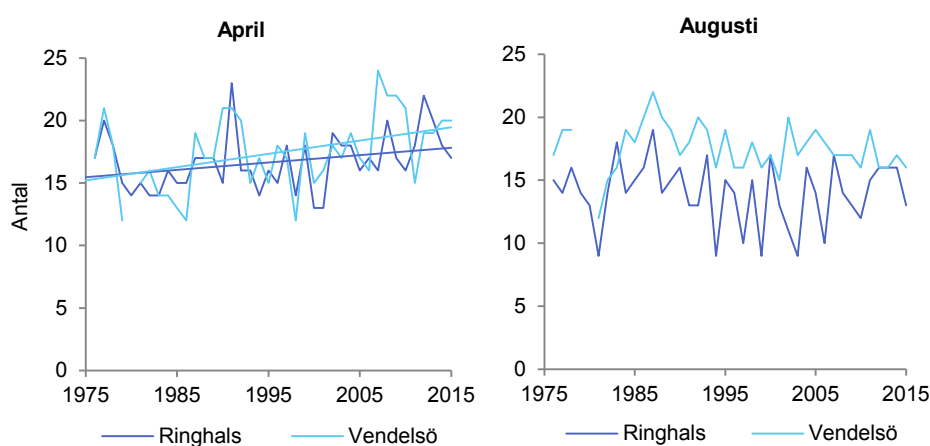


Figur 11. Bilder från filmning av utsläppstuben från Ringhals silstation på cirka 9 meters djup. Övre bilden visar en död vitling samt ett stim av bergstubb på skalvallen vid tubens mynning. Nedre bilden visar området utanför vallen som domineras av lösdrivande döda rödalger.

4.2 Påverkansområdet

4.2.1 Fisksamhällets utveckling

Fångst per fiskeansträngning och trender för respektive fiskeperiod finns sammanfattat i tabell 3 och 4. Sedan undersökningarna startade 1976 har totalt 52 fiskarter och 8 kräftdjursarter fångats i provfisket. Flera av dessa arter har endast förekommit vid något eller några enstaka tillfällen. Antalet arter har sedan undersökningarna startade ökat i både Ringhals och Vendelsö under fisket i april¹. Antalet fiskarter i augusti har fluktuerat utan trend i båda områdena (figur 12). Under 2015 noterades fler arter under april jämfört med augusti, då 16 respektive 18 olika fiskarter fångades i Ringhals och Vendelsö (tabell 3 och 4).



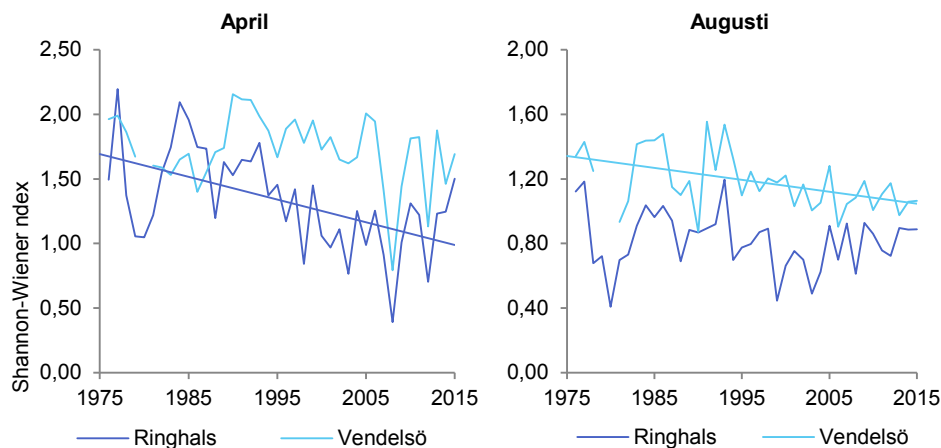
Figur 12. Antalet arter fångade varje år i Ringhals och Vendelsö under de två provfiskeperioderna åren 1976–2015. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid.

Diversiteten, uttryckt som Shannon-Wiener index, har under april månad utvecklats olika i recipienten och referensområdet². Diversiteten har minskat under april månad i Ringhals³, men inte i Vendelsö (figur 13). Utvecklingen över tid i augusti skiljer sig inte mellan områdena (figur 13).

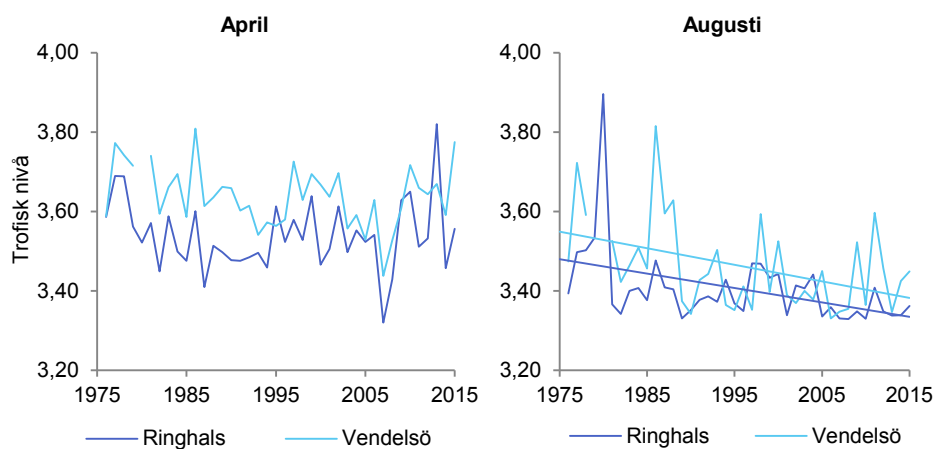
Den trofiska medelnivån i fisksamhället under april månad har utvecklats likartat i Ringhals och Vendelsö under åren 1976–2014. Under augusti har trofinivån minskat i båda områdena⁴ (figur 14).

-
1. Linjär regression 1976–2015: Ringhals april: $p < 0,05$, $R^2 = 0,12$; Vendelsö april $p < 0,01$, $R^2 = 0,17$
 2. Kovariansanalys Ancova (år*område); Ringhals-Vendelsö 1976–2015 april: $p < 0,05$, $F = 4,11$
 3. Linjär regression 1976–2015: Ringhals april: $p < 0,001$, $R^2 = 0,29$
 4. Linjär regression 1976–2015: Ringhals april $p < 0,01$, $R^2 = 0,19$, Vendelsö april $p < 0,01$, $R^2 = 0,18$

Temperaturen har ökat i båda områdena under april, men mer i Ringhals än Vendelsö⁶. Det har skett en ökning av temperatur Ringhals under augusti⁷, men inte i Vendelsö (figur 15). Temperaturskillnaden mellan Ringhals och Vendelsö har i medeltal varit 2,4 grader i april respektive 2,0 grader i augusti. Ökningen var i storleksordningen 2–3 grader.

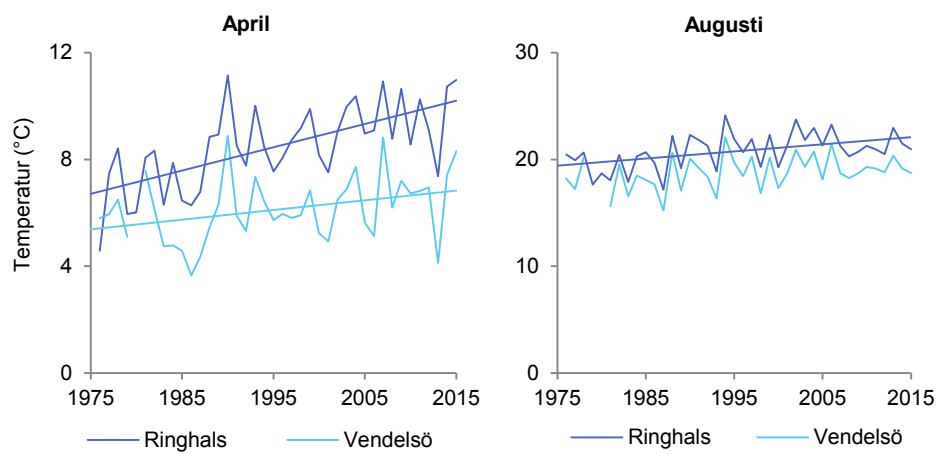


Figur 13. Diversitet enligt Shannon-Wiener index i Ringhals och Vendelsö under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2015. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Observera olika skalor på y-axeln.



Figur 14. Trofisk medelnivå i Ringhals och Vendelsö under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2015. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid.

-
5. Kovariansanalys Ancova (år*område); Ringhals-Vendelsö 1976–2015 april: $p < 0,05$, $F = 5,11$
 6. Linjär regression 1976–2015: Ringhals april $p < 0,001$, $R^2 = 0,43$, Vendelsö april $p < 0,05$, $R^2 = 0,12$
 7. Linjär regression 1976–2015: Ringhals augusti $p < 0,01$, $R^2 = 0,22$



Figur 15. Medeltemperatur på botten vid redskapen i samband med vittjning i Ringhals och Vendelsö under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2015. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Observera olika skalor på y-axeln.



Provfiske med ryssja. Foto: Björn Fagerholm

Tabell 3. Samtliga arter som förekommit i fisket under april månad åren 1976–2015. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2015 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2015. ("+"=ökande trend; "-"=vikande trend; ns=ingen signifikant förändring; *= $p<0,05$, **= $p<0,01$, ***= $p<0,001$). (trend beräknas inte för arter som förekommit mindre än 80 procent av åren i respektive tidsserie)

Art		Ringhals			Horta		Vendelsö		
Svenskt namn	Latinskt namn	2015	medel	trend	2015	medel	2015	medel	trend
<i>FISKAR</i>									
Skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	5.36	0.96	+	2.88	1.11	0.22	0.11	ns
Skrubbäckadä	<i>Platichthys flesus</i>	0.89	0.80	+	0.38	0.39	0.85	0.66	+
Tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	0.74	0.63	-	0.85	0.70	1.27	1.77	-
Stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0.81	0.47	+	1.16	1.21	1.40	0.81	ns
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0.36	0.41	-	0.13	0.16	0.06	0.19	-
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0.57	0.38	ns	0.89	0.41	0.50	0.24	ns
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	1.06	0.36	ns	1.87	1.07	1.08	0.47	ns
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	0.18	0.30	-	0.76	0.80	1.41	1.40	ns
Gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0.65	0.24	ns	0.14	0.12	0.17	0.09	ns
Svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0.45	0.21	+	0.11	0.15	0.36	0.18	+
Rödspätta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0.04	0.03	ns		>0.01	0.06	0.03	ns
Äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0.02	0.02		0.05	0.03	0.02	0.03	
Tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0.02	0.02		0.01	0.01	0.02	0.01	
Större kantnål	<i>Syngnathus acus</i> L.	0.10	0.01			>0.01	0.01	<0.01	
Gräsej	<i>Pollachius virens</i>		0.01			0.04		<0.01	
Berggylta	<i>Labrus berggylta</i>	0.01	<0.01			>0.01	0.02	<0.01	
Bergvar	<i>Zeugopterus punctatus</i>		<0.01						
Blankål	<i>Anguilla anguilla</i>		<0.01					<0.01	
Grässnultra	<i>Centrolabrus exoletus</i>		<0.01		0.18	0.05			
Havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>		<0.01						
Lax	<i>Salmo salar</i>		<0.01					<0.01	
Nors	<i>Osmerus eperlanus</i>		<0.01						
Paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>		<0.01			>0.01		<0.01	
Piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0.01					<0.01	
Randig sjökock	<i>Callionymus lyra</i>		<0.01			>0.01	0.01	<0.01	
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>		<0.01					<0.01	
Sill	<i>Clupea harengus</i>		<0.01					<0.01	
Sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>		<0.01			>0.01		<0.01	
Sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>		<0.01			>0.01			
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>		<0.01		0.10	0.04	0.02	<0.01	
Slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>		<0.01				0.01	<0.01	
Större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>		<0.01			>0.01		<0.01	
Tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>		<0.01			>0.01		0.01	
Tobis (kust-/havs-)	<i>Ammodytes sp.</i>		<0.01					<0.01	
Tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>		<0.01					<0.01	
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>		<0.01					<0.01	
Öring	<i>Salmo trutta</i>	0.02	<0.01			>0.01		<0.01	
Lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>							<0.01	
Lyrtsk	<i>Pollachius pollachius</i>							<0.01	
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>					>0.01		<0.01	
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>							<0.01	
Montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>					>0.01		<0.01	
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>							<0.01	
Tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>							<0.01	
Tretömmad skärlånga	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>							<0.01	
Vitling	<i>Merlangius merlangus</i>							<0.01	
Totalfångst fisk		11.30	4.88	ns	9.51	6.34	7.49	6.05	ns
Totalt antal fiskarter		16	15.33	ns	14	17.50	18	15.97	+

Tabell 3 fortsättning. Samtliga arter som förekommit i fisket under april månad åren 1976–2015. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2015 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2015. ("+"=ökande trend; "-"=vikande trend; ns=ingen signifikant förändring; *= $p<0,05$, **= $p<0,01$, ***= $p<0,001$). (trend beräknas inte för arter som förekommit mindre än 80 procent av åren i respektive tidsserie)

Art		Ringhals			Horta		Vendelsö		
Svenskt namn	Latinskt namn	2015	medel 1976–2015	trend	2015	medel 2012–2015	2015	medel 1976–2015	trend
<i>KRÄFTDJUR</i>									
Strandkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	14.5	9.95	+++	4.18	2.52	8.52	3.71	+++
Hummer	<i>Homarus gammarus</i>		<0.01					<0.01	
Sandräka	<i>Crangon crangon</i>		<0.01					<0.01	
Tångräka	<i>Palaemon sp.</i>		<0.01			>0,01	0.01	0.01	
Eremitkräfta	<i>Eupagurus sp.</i>					>0,01		<0.01	
Maskeringskrabba	<i>Hyas sp.</i>							<0.01	
Spindelkrabba	<i>Macropodia rostrata</i>					>0,01			
Totalfångst kräftdjur		14.5	9.95	+++	4.18	2.52	8.53	3.73	+++
Totalt antal kräftdjursarter		1	1.25	+++	1	1.75	2	1.41	+++



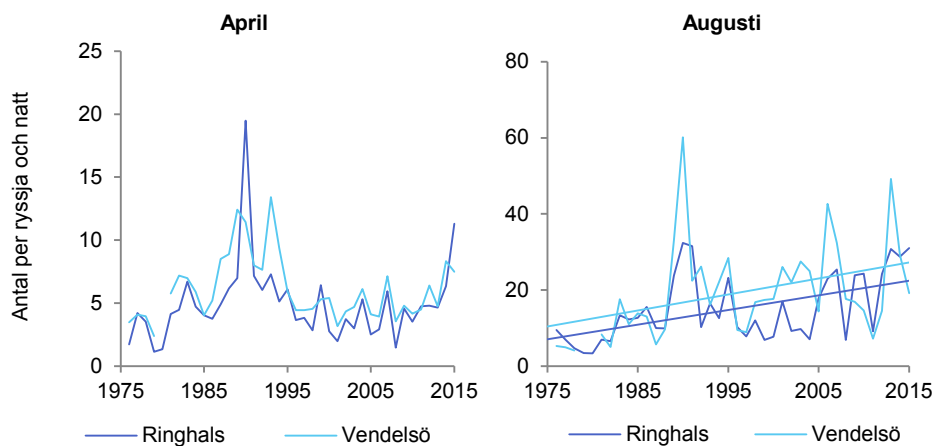
Havsområde påverkat av uppvärmt kylvatten. Björn Fagerholm

Tabell 4. Samtliga arter som förekommit i fisket under augusti månad åren 1976–2015. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2015 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2015. ("+"=ökande trend; "-"=vikande trend; ns=ingen signifikant förändring; *= $p<0,05$, **= $p<0,01$, ***= $p<0,001$). (trend beräknas inte för arter som förekommit mindre än 80 procent av åren i respektive tidsserie)

Art		Ringhals			Horta		Vendelsö		
Svenskt namn	Latinskt namn	2015	medel	trend	2015	medel	2015	medel	trend
FISKAR									
Skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	28.87	11.45	****	19.28	36.93	15.95	14.67	****
Stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0.64	1.34	ns	1.05	2.05	0.69	1.94	ns
Guläl	<i>Anguilla anguilla</i>	0.92	1.07	ns	0.44	0.50	1.27	0.64	****
Skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	0.06	0.28	ns	0.03	0.07	0.07	0.29	ns
Svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0.21	0.26	****	0.19	0.19	0.17	0.16	****
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0.14	0.22	****	0.09	0.12		0.08	****
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	0.09	0.10		0.44	0.57	0.31	0.40	ns
Äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0.01	0.05	*	0.04	0.09	0.13	0.11	ns
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0.03	0.03		0.08	0.05	0.07	0.05	
Tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>		0.03		0.15	0.20	0.18	0.56	****
Gråsej	<i>Pollachius virens</i>		0.03			0.15		0.03	
Rödspotta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0.02	0.02	ns		>0,01	0.04	0.04	ns
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>		0.02		0.22	0.19	0.17	0.30	**
Blankäl	<i>Anguilla anguilla</i>		0.01			>0,01	0.01	<0,01	
Berggylta	<i>Labrus berggylta</i>	0.06	<0,01		0.01	0.05	0.03	0.02	
Gulstrimmig mullus	<i>Mullus surmuletus</i>		<0,01					<0,01	
Havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>	0.02	<0,01						
Lyrtsk	<i>Pollachius pollachius</i>		<0,01					<0,01	
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>		<0,01					<0,01	
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>		<0,01					<0,01	
Piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01			>0,01	0.01	<0,01	
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>		<0,01			>0,01			
Sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>		<0,01					<0,01	
Slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>		<0,01			>0,01		<0,01	
Större kantnål	<i>Syngnathus acus L.</i>		<0,01			>0,01		<0,01	
Tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>		<0,01			>0,01		<0,01	
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>		<0,01			>0,01		<0,01	
Tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>		<0,01					<0,01	
Öring	<i>Salmo trutta</i>		<0,01		0.01	>0,01	0.01	<0,01	
Bergvar	<i>Zeugopterus punctatus</i>							<0,01	
Blågylta	<i>Labrus mixtus</i>					>0,01			
Fjärsing	<i>Trachinus draco</i>					>0,01		<0,01	
Fyrtömmad skärlånga	<i>Enchelyopus cimbrius</i>							<0,01	
Grässnultra	<i>Centrolabrus exoletus</i>				0.06	0.02			
Horngädda	<i>Belone belone</i>							<0,01	
Makrill	<i>Scomber scombrus</i>					>0,01		<0,01	
Paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>							<0,01	
Sill	<i>Clupea harengus</i>							<0,01	
Större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>					>0,01		<0,01	
Taggmakrill	<i>Trachurus trachurus</i>							<0,01	
Tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>					>0,01			
Vitling	<i>Merlangius merlangus</i>				0.07	0.04	0.04	0.05	ns
Totalfångst fisk		31.06	14.95	****	22.15	41.23	19.11	19.34	****
Totalt antal arter		12	12.03	ns	15	17.60	15	15.55	ns
KRÄFTDJUR									
Strandkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	26.92	38.43	+	22.91	20.38	20.18	18.15	****
Tångräka	<i>Palaemon sp.</i>		0.02			>0,01		0.07	
Sandräka	<i>Crangon crangon</i>		<0,01					0.01	
Krabbtaska	<i>Cancer pagurus</i>		<0,01		0.028	>0,01		<0,01	
Hummer	<i>Homarus gammarus</i>		<0,01					<0,01	
Totalfångst kräftdjur		26.92	38.45	+	22.93	20.40	20.18	18.24	****
Totalt antal kräftdjur		1	1.38	****	2	2.2	1	1.63	ns

Total fiskfångst

Utvecklingen över tid hos det totala antalet fiskar i fångsten av alla fiskarter skilde sig inte åt mellan Ringhals och Vendelsö för vare sig april eller augusti. Sett till antalet fiskar har fångsten ökat i båda områdena under augusti månad⁸ (figur 16, tabell 3).



Figur 16. Medelantal fiskar, av samtliga fiskarter, per ryssja och natt (CPUE) i Ringhals och Vendelsö under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2015. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Observera olika skalor på y-axeln.

Varmvattenarter

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

Skärsnultra (*Symphodius melops*)

Skärsnultra är den vanligaste förekommande fiskarten i fiskena i augusti (figur 17, tabell 3 och 4). Skärsnultra har varit mer förekommande i Ringhals än på Vendelsö under april. Under april månad har fångsten varit mycket liten i båda områdena, men en svag ökande trend finns i Ringhals (tabell 3). Under den betydligt varmare månaden augusti har det sedan provfiskets början skett en ökning av antalet fångade skärsnultror i både Ringhals och Vendelsö (tabell 4).

8. Linjär regression 1976–2015: Ringhals augusti $p < 0,001$, $R^2 = 0,22$, Vendelsö april $p < 0,005$, $R^2 = 0,16$

Strandkrabba (Carcinus maenas)

Sett till hela perioden var strandkrabban den vanligaste arten i provfisket. Fångsten var störst under den varma årstiden i augusti med högst fångster registrerade i Ringhals. Fångsten av strandkrabba visade på en ökande trend i antal under bägge fiskeperioder och i båda områdena (figur 17, tabell 3 och 4).

Gulål (Anguilla anguilla)

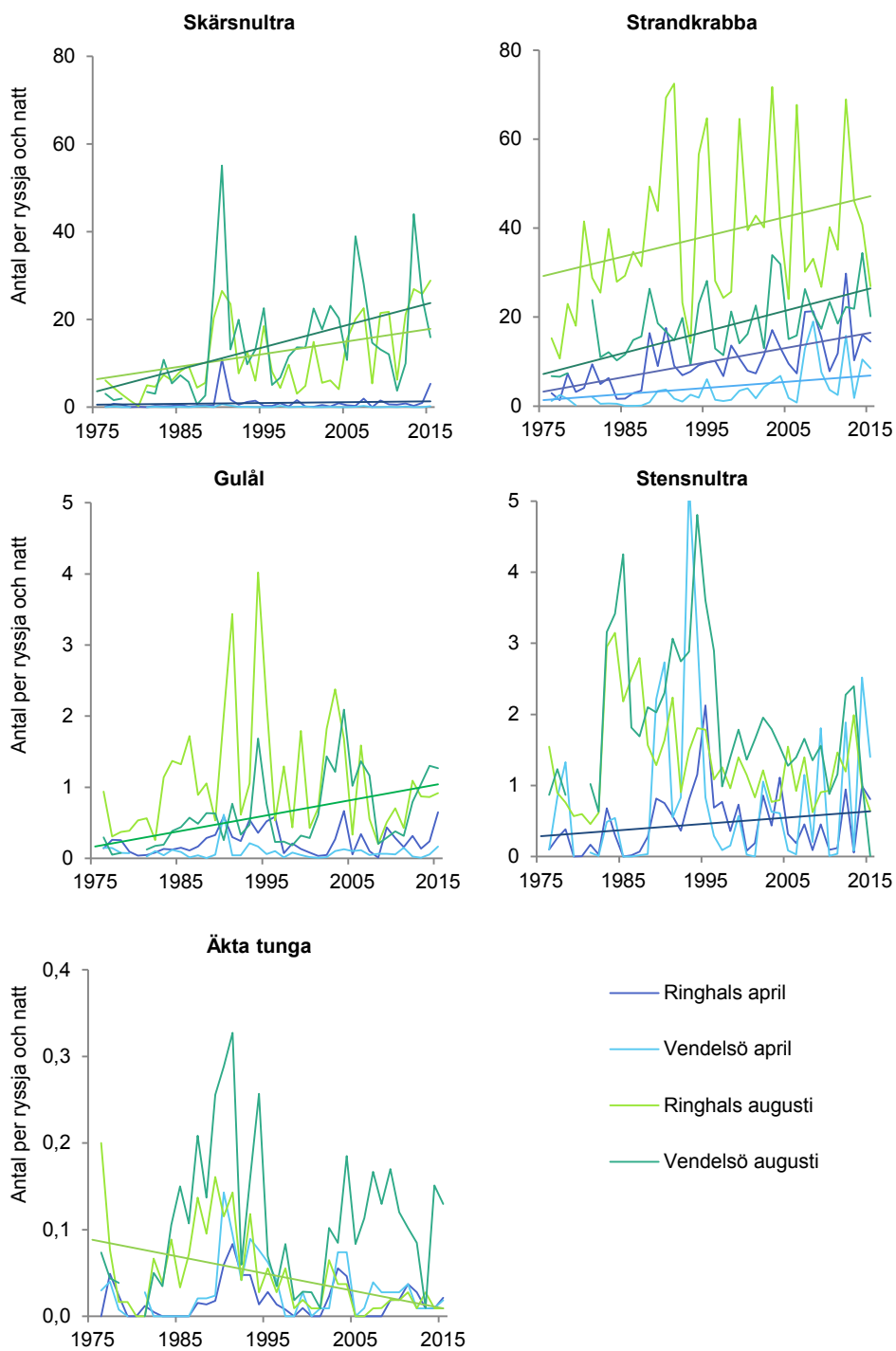
Gulål förekom i hög täthet i Ringhals under april, i augusti var förekomsten hög i Vendelsö (figur 17, tabell 3 och 4). Trots stora mellanårsvariationer hos fångsten i aprilfiskena kan ingen trend urskiljas. Däremot fanns en signifikant ökande trend i Vendelsö under augusti. Utvecklingen i april har varit likartad under senare tid, men under augusti har en ökning skett de senaste sju åren.

Stensnultra (Ctenolabrus rupestris)

Fångsten av stensnultra under april månad visade på en ökande trend i Ringhals sett till hela perioden (figur 17, tabell 3 och 4). Under augusti har förekomsten av stensnultra varit något högre i Vendelsö. Störst fångster av arten registrerades under början av 1990-talet. Under augusti månad har det förekommit stora fluktuationer i bägge områdena. Fångsterna steg kraftigt under första halvan av 1980-talet. De höga fångsterna höll i sig till mitten av nittiotalet, främst i Vendelsö.

Äkta tunga (Solea solea)

De låga fångsterna av äkta tunga under april visar att det är en varmvattenart och ingen trend kan urskiljas för något av områdena (figur 17). Under augusti var äkta tunga vanligast i Vendelsö. Sedan provfisket startade har fångsten av äkta tunga minskat i Ringhals under augusti (tabell 4). Fångsten i Vendelsö visade däremot ingen trend över tid.



Figur 17. Fångst i medelantal per ryssja och natt av arterna skärsnultra, strandkrabba, gulål, stensnultra och äkta tunga för områdena Ringhals (recipient) och Vendelsö (referens) åren 1976–2015. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Observera olika skalor på y-axeln.

Kallvattenarter

Här redovisas arter som trivs bättre i kallare vatten och därför oftast har en högre abundans under fisket i april än i augusti (tabell 3 och 4). Sex av dessa arter (rötsimpa, tånglake, femtömmad skärlånga, oxsimpa, torsk och skrubbskädda) har analyserats mer ingående.

Rötsimpa (Myoxocephalus scorpius)

Antalet rötsimpor i fångsten har minskat i Ringhals för april och vid Vendelsö i augusti (figur 18, tabell 3 och 4). Arten verkar trivas bäst i Vendelsö, då förekomsten varit högre där under april genom alla år (figur 18).

Tånglake (Zoarces viviparus)

Tånglaken har genomgående varit vanligare i Vendelsö än i Ringhals (figur 18). Fångsten av tånglake, avseende antal, har minskat sedan undersökningarna inleddes 1976 under april i båda områdena och för Vendelsö i augusti (figur 18, tabell 3 och 4). De senaste årens uppgång i antal ger inte utslag i statistiken eftersom de stora fångsterna under 1980-talet överskuggar uppgången (figur 18).

Femtömmad skärlånga (Ciliata mustela)

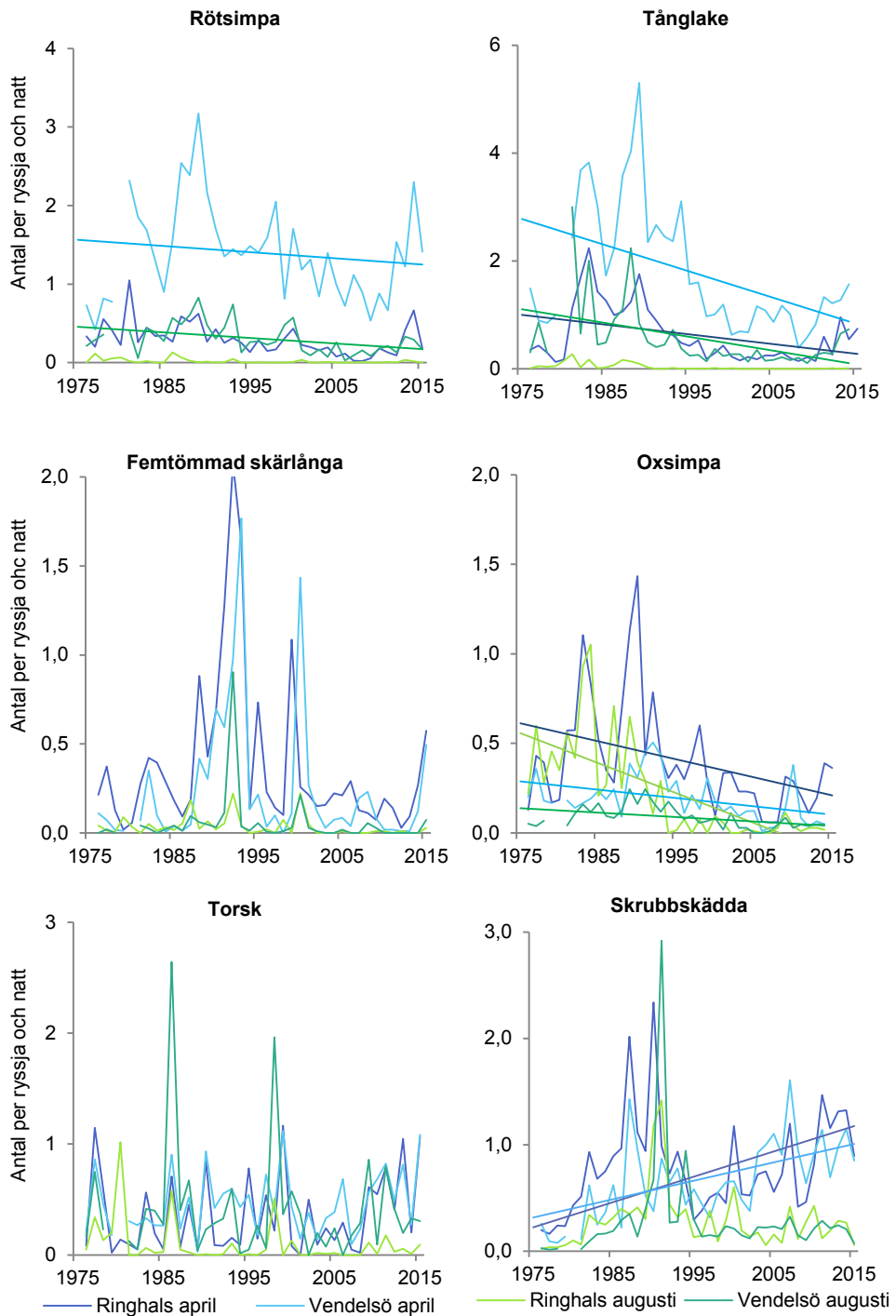
Fångsterna av femtömmad skärlånga har fluktuerat på båda lokalerna, med toppar framför allt under 1990-talet. Femtömmad skärlånga är en utpräglad kallvattenart och förekommer i princip endast i aprilfisket. Sedan början 2000-talet har förekomsten i fisket varit relativt låg och stabil. Inga trender kan urskiljas för arten, varken i april- eller augustifiskena. Fångsten under april 2015 var den största på 15 år i både Ringhals och Vendelsö (figur 18, tabell 3 och 4).

Oxsimpa (Taurulus bubalis)

Fångsten av oxsimpa visade på en minskande trend i antal (tabell 3 och 4) i såväl Ringhals som vid Vendelsö. I både Ringhals och Vendelsö var fångsten 2015 mindre än långtidsmedelvärdet under april och augusti, vilket även framgår i de negativa trenderna (figur 18 tabell 3 och 4).

Torsk (Gadus morhua)

Fångsten av torsk har fluktuerat mycket under åren, men under den senaste tiden kan man skönja en viss uppgång. Det fångades fler något fler torskar 2015 än föregående år (figur 18, tabell 3 och 4).



Figur 18. Fångst i medelantal per ryssja och natt av, rötsimpa, tånglake, femtömmad skärlånga, oxsimpa, torsk och skrubbskädda i områdena Ringhals (recipient) och Vendelsö (referens) åren 1976–2015. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Observera olika skalor på y-axeln.

Skrubbskädda (Platichthys flesus)

Fångsten av skrubbskädda var som störst från mitten av 1980-talet fram till mitten av 1990-talet (figur 18). I Vendelsö och Ringhals påvisas en ökande trend av antalet fångade skrubbskäddor under april (figur 18, tabell 3 och 4). Vid augustifisket har ingen trend kunnat urskiljas för något av fiskeområdena

Nytt provfiskeområde vid Norra Horta.

Norra Horta ligger tre kilometer söder om Ringhals kylvattenutsläpp på gränsen av det område som kan påverkas av uppvärmt kylvatten. Norra Horta fiskades för första gången under augusti 2011.

Fångsten i april 2015 dominerades av skärnsultra, stensultra, torsk och tånglake bland fiskarna. Fler torskar fångades vid Horta än i de andra områden, medan de andra tre arterna intog en mellanställning (tabell 3). Skärnsultra dominerade starkt i augusti, medan övriga dominanter var desamma som i april med tillskott av en måttlig fångst av gulål (tabell 4).

Sjukdomskontroll

Förekomst av yttre synliga sjukdomssymptom noteras regelmässigt vid de utförda provfiskena. Under april noterades en sjuk fisk vid recipienten Ringhals, en stensultra med fenröta.

Under augusti fångades två fiskar med sjukdomssymtom, en vid Norra Horta och en i referensområdet Vendelsö. Vid Norra Horta var det en torsk med hudsymptom och vid Vendelsö en torsk med en så kallad mopsskalle, en förkortning av pann- och överkäksbenen som resulterar i ett huvud med mopslignande utseende.

4.2.2 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Fem lokaler inventerades med avseende på fastsittande fauna och flora under juni 2015. Lokalerna närmast utsläppet av kylvatten var Ringhals samt norra och södra Båtafjorden. En lokal vid Norra Horta har sporadisk kontakt med kylvattenutsläppet då vindar och strömmar för vattnet söder ut. Norr om Ringhals udde ligger Vendelsö, där en lokal placerades längst ifrån utsläppet. Denna lokal påverkas inte av kylvattnet.

Inga nya förekomster av främmande invasiva arter hittades under årets undersökning. Sammanlagt registrerades 56 taxa av alger, två habitatbildande arter av fauna samt en högre växt och en svampart. Bland algerna påvisades två främmande arter, rödsvansing (*Dasya baillouviana*) och sargassosnärja (*Sargassum muticum*). Den enda främmande art från djurriket som noterades var japanskt jätteostron (*Crasostrea gigas*). Samtliga tre arter är kända och etablerade på svenska västkusten sedan många år och har funnits med varje år sedan undersökning påbörjades 2011 (tabell 5 och 6).

Fyra extra linjetaxeringar med fokus på främmande arter slumpades ut parallellt med huvudtransekten, vilket innebär att fem transekter inventerades på varje lokal. Totalt påträffades tre främmande arter vid dessa linjetaxeringar (tabell 6). Vid Ringhals utsläpp fanns sargassosnärlja på samtliga fem profiler, japanskt jätteostron påträffades på fyra av fem transekter, en liten ökning från tidigare år. Några enstaka exemplar av rödsvansing noterades på en transekt. Vid dykplatserna i norra och södra Båtafjorden påvisades sargassosnärlja i samtliga fem transekter. Japanskt jätteostron fanns med på tre profiler i norra Båtafjorden och en i södra Båtafjorden, något fler jämfört med tidigare år. Vid Norra Horta och Vendelsö påträffades inga främmande arter (tabell 6).



Provtagning med Bongohäv i intagskanal. Foto: Björn Fagerholm

Tabell 5. Totala antalet arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal 2015 i juni. Förekomsten är uppdelad efter (1) enstaka, (2) vanlig, (3) talrik. Där mörkare färg anger tätare förekomst. Arterna i fetstil är invasiva främmande arter.

Områden		Ringhals	Båtafjorden	Båtafjorden	Norra	Vendelsö
Art/Släkten		utsläpp	Norra	Södra	Horta	
Grönalger	Bryopsis hypnoides	1	1		1	1
	Chaetomorpha melagonium					1
	Cladophora rupestris			1		
	Cladophora spp.	2	1	1	2	2
	Spongomorpha aeruginosa				2	1
	Ulva intestinalis	3				
	Ulva spp.	1	1			
Brunalger	Chorda filum			1		2
	Chordaria flagelliformis				1	3
	Desmarestia viridis				1	1
	Ectocarpus fasciculatus				1	
	Ectocarpus/Pylaiella*	2	1	3	2	3
	Elachista fucicola		1		1	2
	Fucus serratus	1	3	3	1	3
	Fucus vesiculosus		1	3	3	1
	Halidrys siliquosa	1	1		1	3
	Halosiphon tomentosus				2	
	Laminaria digitata				1	1
	Leathesia marina		1			
	Punctaria tenuissima	1		1		2
	Saccharina latissima	2			3	
	Sargassum muticum	3	2	2		
	Sphacelaria cirrosa	2	1	3	2	2
	Striaria attenuata		1	1		1
Rödalger	Aglaothamnion hookeri		1			
	Ahnfeltia plicata	1	1	1	2	3
	Antithamnion cruciatum	1	1			
	Brongniartella byssoides	2	1	3	3	3
	Callithamnion corymbosum	1	1			
	Ceramium sp.	1		2	3	
	Ceramium tenuicorne	1	1	2		3
	Ceramium virgatum		1	2	1	2
	Chondrus crispus	3	3	2	3	3
	Coccotylus/Phyllophora*	3	3	3	3	3
	Corallina officinalis				1	1
	Cystoclonium purpureum	3	1	1	3	3
	Dasya baillouviana	1				
	Delesseria sanguinea	1	1	1	2	3
	Dumontia contorta		1	1		
	Furcellaria lumbricalis	3	2	3	3	3
	Lithothamnium/Phymatolithon*	2	3	1	3	2
	Membranoptera alata				1	2
	Odonthalia dentata				1	
	Palmaria palmata				1	
	Phycodrys rubens	1		1	3	
	Plumaria plumosa		1		1	
	Polydrys rotundus	2	2	1	2	1
	Polysiphonia elongata	1	1	1	3	
	Polysiphonia fibrillosa	1	1	1	1	1
	Polysiphonia fucoides	3	3	3	3	2
	Polysiphonia hemisphaerica	3				
Polysiphonia spp.	3	3	3	3	3	
Polysiphonia stricta					1	
Rhodomela confervoides				1	1	
Spermothamion repens	3	1	2	3	2	
Växt	Zostera marina			1		
Fauna	Halichondria panicea				1	1
	Crassostrea gigas	1	1			
	Mytilus edulis	1	1	1	2	1

*svåra att skilja åt

Tabell 6. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av transekter. Transekt "C" i tabellen motsvarar huvudtransekten. Täckningsgraden är given efter en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1 enstaka, 2 vanlig, 3 talrik.

2011–2015		Brunalg					Rödalg					Fauna				
	Art	Sargassosnärja					Rödsvansing					Japanskt jätteostron				
Område	transekt	2011 sep	2012 jun	2013 jun	2014 jun	2015 jun	2011 sep	2012 jun	2013 jun	2014 jun	2015 jun	2011 sep	2012 jun	2013 jun	2014 jun	2015 jun
Ringhals	A	2	2	3	3	3	2	2	1	1					1	2
	B	2	2	3	3	3	2	2	1			1			1	2
	HT	2	2	3	3	3	1	2	2	2	1	1		1	1	2
	C	2	2	3	3	3	1	2	1			1			1	
	D	2	2	3	3	3	2	2	1			2			1	1
Båtafjorden norra	A		2	2	1	2	2					1				1
	B		2	2	2	2	2		1							
	HT		2	2	2	2	1	2	1			1				1
	C		2	2	2	2	2	1								
	D		2	2	2	3	2	1						1		1
Båtafjorden södra	A		2	1	1	2	2					1	1			
	B		2	2	2	2	2						1			1
	HT	1	2	2	2	3	1							1		
	C		2		2	2	2									
	D		2	2		2	2						1			
Norra Horta	A						1									
	B															
	HT						1									
	C															
	D															
Vendelsö	A						2									
	B															
	HT			1			1									
	C															
	D															

HT = huvudtransekt

5 Diskussion

5.1 Kylvattenintaget

Undersökningen syftar till 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 och effekten på beståndet beroende av arternas levnadsmönster. 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 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 minskande antal individer av 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 (Pacariz m.fl. 2013). Den skada som kan uppkomma genom utslagningen kan alltså påverka fiskpopulationer med mycket stora utbredningsområden. Den tidsmässiga 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 där effekten på beståndsnivå troligen är liten. 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 troligen störst sannolikhet att leda till effekter på beståndsnivå. Tillbakagången för kallvattenarten tånglake kan dock sannolikt även kopplas till en generell uppvärmning av havsvattnet under senare decennier och en motsvarande utveckling kan ses i det nationella referensområdet i Fjällbacka (SLU 2014).

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 (salthaltssprångskiktet) 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 (Ciannelli 2010). Även vindriktning och vindstyrka tros påverka de observerade tätheterna. Ett stort antal fiskarter förekommer i intagsvattnet och provtagningen kan ge en tidig indikation på förekomst av nya och främmande fiskarter vid västkusten.

Provtagningen sker enbart vinter och vår. Att det bara sker 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.

5.2 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. Det som syns runt mynningen är stora mängder musselskal efter blåmusslor. Påväxt av fintrådiga alger på makroalgerna, stenar samt själva tuben skulle kunna bero på förhöjda närsalthalter i närområdet till följd av utsläpp av organiskt material. I övrigt görs bedömningen att påverkan på bottarna i anslutning till utsläppstuben är relativt små.

5.3 Fisksamhällets utveckling

Den mest tydliga förändring som observerats i det kylvattenpåverkade området vid Ringhals är att fisksamhället under april har förändrats mot en lägre diversitet. Denna utveckling ses inte i referensområdet vid Vendelsö, vilket tyder på en förändring till följd av kylvattenpåverkan. En annan samhällsindikator som förändrats i recipienten är den trofiska medelnivån. Denna har minskat under augusti månad

såväl i Ringhals som i Vendelsö. Trots den observerade förändringen hos två av samhällsindikatorerna ses ingen förändring i hur många arter som förekommer i Ringhals under augusti. Utvecklingen mot en lägre diversitet kan förklaras av en ökande dominans av enskilda arter. Strandkrabbans ökning, tillsammans med en tillbakagång för kallvattenarter som rötsimpa och tånglake, ligger sannolikt bakom den observerade utvecklingen på våren i recipienten. En positiv utveckling av fångsten av skärnultra förklarar sannolikt den allt lägre trofiska nivån under sommaren, tillsammans med en tillbakagång för kallvattengynnade arter.

Temperaturen har ökat i både Ringhals och Vendelsö under april, men ökningen är störst i Ringhals. Under augusti har temperaturen ökat i Ringhals men inte i Vendelsö. Denna påverkan tenderar att öka med tiden, vilket sannolikt kan kopplas till både ökande värmeförsel från kraftverket och en ökande bakgrundstemperatur under de senaste decennierna (Bergström m. fl. 2009, SLU 2014). Det är rimligt att tänka sig att den generella uppvärmningen av havsvattnet kan ha bidragit till en negativ utveckling även i områden som inte påverkas av uppvärmt kylvatten. Någon motsvarande negativ utveckling ses inte hos arter som klassificeras som varmvattengynnade, exempelvis gulål, skärnultra och strandkrabba, som är de arter som dominerar i det mest kylvattenpåverkade området under augusti.

De fortsatt stabila fångsterna av gulål i området avspeglar inte den låga förekomsten av ålyngel i Ringhals och den negativa utveckling hos rekryteringen hos ål som observerats i Sverige och Europa (Ices 2015). Detta talar emot att kylvattenanvändningen haft en negativ påverkan på ålbeståndets utveckling i närområdet via dödlighet i kylvattenvägarna. Ålfiskestoppet 2012 längs hela västkusten har sannolikt bidragit till den positiva utvecklingen av gulål under senare år.

Samtliga kallvattenarter har förekommit i högre tätheter i april än i augusti som brukligt. Skrubbskädda är den enda kallvattengynnade arten som visar på en signifikant ökning, vilket har skett både i Ringhals och på Vendelsö under april. Förekomsten av oxsimpa, rötsimpa och tånglake har minskat kraftigt i både Ringhals och Vendelsö området, i synnerhet sedan slutet av 1980-talet. Påverkan av kylvatten i Ringhals tillsammans med en naturligt stigande bakgrundstemperatur kan ha orsakat denna minskning, eftersom dessa arter undviker höga temperaturer. En annan möjligt orsak till minskningen är att dessa tre arter är stationära och leker och lägger sin rom (tånglaken föder levande ungar) i närheten. Man kan alltså inte helt utesluta en lokal påverkan genom utslagning av unga livsstadier i kylvattenvägarna. Mönstret tycks dock ha brutits för rötsimpan, genom en till synes mycket framgångsrik reproduktion vintern 2013.

5.4 Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter

Inga nya arter för västkusten hittades i dykkarteringen, men däremot tre främmande arter som redan är etablerade på västkusten. Sargassosnärlja hittades första gången vid Bua 1992–1993 och utvecklade ett av landets kraftigaste bestånd vid Ringhals 1996 (Karlson 1997). Rödsvangsling upptäcktes 1952 i Sverige och är nu spridd från norska gränsen till mellersta Halland (Gustavsson 1999). Japanskt jätteostron är en art som först upptäcktes sommaren 2007 på västkusten och som nu finns etablerad från Strömstad ner till Halland (www.frammandearter.se).

Länsstyrelsen har speciellt pekat ut Båtafjorden sydost om Ringhals som en plats där främmande arter potentiellt skulle kunna samlas och etableras. Resultaten bekräftar detta antagande i någon mån då två främmande arter registrerades där 2015, brunalgen sargassosnärlja och ostronet japanskt jätteostron, vilka påträffas i fler transekter 2015 jämfört med tidigare år.

Dykinventeringarna under 2011–2015 har bekräftat att främmande arter som redan etablerat sig på olika platser längs hela västkusten även förekommer vid Ringhals, då i första hand sargassosnärlja, men även japanskt jätteostron. En gynnsam livsmiljö tycks finnas i det varmare vattnet i anslutning till kylvattenutsläppen från Ringhals och i den närliggande mer skyddade miljön inne i Båtafjorden. Några tecken på en omfattande spridning därifrån till omgivande lokaler kan däremot inte bekräftas.

5.5 Erkännanden

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



Klippstrand utanför Ringhals, utgångsplats för algtransekter. Foto: Björn Fagerholm.

6 Referenslista

- 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.
- Bergström, L., Jansson M., Sundqvist, F. & Andersson, J. (2009). Biologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1979–2007. Fiskeriverket, FINFO 2009:2. 33 s.
- Ciannelli, L., Knutsen, H., Olsen, E. M., Espeland, S. H., Asplin, L., Jelmert, A., Knutsen, J.A, Stenseth, N. C., (2010). Small-scale genetic structure in a marine population in relation to water circulation and egg characteristics, *Ecology*, 91: 2918–2930.
- Grimås, U., Jacobsson, A., & Neuman, E. (1988). Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1968–1987. Naturvårdverket rapport 3463.
- Gustavsson, B. (1999). Undersökning och jämförelse av hårbottensamhällen mellan tre olika vatten-temperaturzoner utanför Ringhals kylvattenutsläpp. Göteborgs universitet, Inst.f.marin ekologi.
- <http://www.frammandearter.se>
- Ices (2015). Report of the Joint EIFAAC/Ices/GFCM Working Group on Eel (WGEEL). Ices Advisory Committee. Ices CM 2015/Acom:18.
- 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. 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 bottenar, ostkust, Version 1. 2004-04-27.
- Olsson, I. (1993). Miljö och fisk i Skagerack, Kattegatt, Öresund och Bälten. Nord 1993:21.
- Pacariz, S., Björk, G., Jonsson, P., Börjesson, P., and Svedäng, H. (2013) A model study of the large-scale transport of fish eggs in the Kattegat in relation to egg density. *Ices Journal of Marine Science*, doi.10.1093 /icesjms/fst144.
- SLU (2014). Faktablad – övervakning av fisk vid kusten. <http://www.slu.se/sv/institutioner/akvatiska-resurser/miljoanalys/datainsamling/provfiske-vid-kusten/provfiske-faktablad/>
- Thoresson, 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.

