



Aqua reports 2017:5

## **Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk**

Årsrapport för 2016

Björn Fagerholm, Maria Jansson & Frida Sundqvist



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

# Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport 2016

Björn Fagerholm, Maria Jansson & Frida Sundqvist

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

april 2017

Aqua reports 2017-5  
ISBN: 978-91-576-9485-0 (elektronisk version)

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

Rapportens innehåll har granskats av:  
Ida Ahlbeck Bergendahl, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser  
Patrik Kraufvelin, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Institutionen för akvatiska resurser

Vid citering uppge:  
Fagerholm, B., Jansson, M. & Sundqvist, F. (2017). Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2016. Aqua reports 2017:5. **Sveriges lantbruksuniversitet**, Väröbacka. 46 s.

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

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

Finansiär  
Ringhals AB

Chefredaktör  
Noél Holmgren, prefekt, Institutionen för akvatiska resurser, **Sveriges lantbruksuniversitet**, Lysekil

Framsida: Videberg. Fotograf: Björn Fagerholm  
Baksida: Fiskeriassistent David Andersson provfiske utanför Ringhals. 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 det 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 2016 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 större delen av 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*) som ökat i förekomst sett till de senaste 10 åren men inte sett till hela provtagningsperioden. Den näst vanligaste larven är skrubbskädda (*Platichthys flesus*). Förekomsten av den tredje vanligaste larven, tejstefisk (*Pholis gunnellus*) har minskat sedan provtagningsens början 1979. Håvning i intaget efter juvenil fisk sker med hjälp av en modifierad Isaaks-Kidd trål och är till stor del fokuserad på ål (*Anguilla anguilla*). Invandringen av juvenil ål så kallad glasål har minskat kraftigt sedan 1980-talet. Minskningen beror på en tillbakagång i hela regionen och inte på förlusten i kylvattenintaget.

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom jämförande provfisken i ett recipientområde som påverkas av kylvattnet (Ringhals) och ett opåverkat referensområde (Vendelsö) i april och augusti. Temperaturen har ökat i recipientområdet under april samt i båda områdena under augusti sedan undersökningarna startade. 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 strandkrabba (*Carcinus maenas*), skärsnultra (*Symphodus melops*) och ål (*Anguilla anguilla*). Förekomsten av strandkrabba och skärsnultra visar en uppåtgående trend i både Ringhals och på Vendelsö, medan ål visar en ökande trend för Vendelsö. Flera av de arter som föredrar kallare vatten fångades i lägre antal utanför Ringhals. Tydligast var detta för rötsimpa, tånglake (*Zoarches viviparus*) och oxsimpa (*Taurulus bubalis*) under april. Av kallvattenarterna visade skrubbskädda en ökande trend i båda områdena i april.

För att påvisa förekomst av främmande arter genomfördes dykkartering i fem områden utanför industriområdet i en gradient från kraftverkets kylvattenutsläpp. Tre för västkusten väletablerade främmande arter noterades. Dessa var japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*), rödalgen rödsvansing (*Dasya baillouviana*) samt brunalgen, sargassosnärlja (*Sargassum muticum*). På industriområdet genomfördes dykkartering i svallbassängen och inspektion i kylvattentunneln och där noterades enbart japanskt jätteostron. I provfisket med ryssjor

under april påträffades en främmande art, den invasiva blåskrabban (*Hemigrapsus sanguineus*).



Asiatisk blåskrabba. Foto Björn Fagerholm

## Summary

The use of cooling water at 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 facilitate the establishment of nonindigenous invasive species in the coastal area.

Reactors R1, R3 and R4 at Ringhals nuclear power plant produced electricity during the major part of 2016, with exceptions for the annual audits and shorter stops in production. Reactor R2 was closed for almost the entire year.

Fish eggs and fish larvae are sampled in the incoming cooling water using a modified Bongo net to monitor losses in the nuclear power plant. The most abundant larvae are short-horn sculpin larvae (*Myoxocephalus scorpius*) and its abundance has increased during the last 10 years but not during the entire sampling period, since 1981. The second most abundant larvae are European flounder (*Platichthys flesus*). The third most abundant larvae, rock gunnel (*Pholis gunnellus*) has a decreasing trend 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 has declined strongly since the beginning of the 1980's. This decline is mostly due to a general decrease in recruitment over larger regions and not to the 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) in two seasons (April and August). The diversity of the fish community has developed differently in the two areas during the cold season, as Ringhals show a decrease in diversity and Vendelsö is 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 (*Myoxocephalus scorpius*) and eelpout (*Zoarches viviparous*) were less abundant in the recipient area. The European flounder (*Platichthys flesus*) 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. Three species were found, Japanese oyster (*Crassostrea gigas*), one species of red algae *Dasya baillouviana* and one brown algae, Japanese wireweed (*Sargassum muticum*). All these species are already established on the Swedish west coast. In the industrial area, a dive survey in one of the outlet ponds and one inspection of the cooling tunnel was conducted. Japanese oyster was found in both places. During the fyke net test fishing in April, one new invasive crab species was found, the Asian shore crab (*Hemigrapsus sanguineus*).

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kraftverkets drift</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Metodik</b>	<b>6</b>
3.1	Kylvattenintaget	6
3.1.1	Fiskägg och fisklarver	6
3.1.2	Juvenil fisk och större fisklarver	6
3.2	Kontroll av utsläppstub från silstation	7
3.3	Påverkansområdet	7
3.3.1	Fisksamhällets utveckling	7
3.4	Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter	9
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>12</b>
4.1	Kylvattenintaget	12
4.1.1	Fiskägg och fisklarver	12
4.1.2	Juvenil fisk och större fisklarver	16
4.1.3	Kontroll av utsläppstub från silstation	20
4.2	Påverkansområdet	23
4.2.1	Fisksamhällets utveckling	23
4.2.2	Förekomst av främmande invasiva arter utanför Ringhals	34
4.2.3	Förekomst av främmande arter inne på industriområdet	35
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>40</b>
5.1	Kylvattenintaget	40
5.2	Kontroll av utsläppstub från silstation	41
5.3	Fisksamhällets utveckling	42
5.4	Kontroll av förekomst av främmande och invasiva arter	43
<b>6</b>	<b>Referenslista</b>	<b>45</b>

# 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 respektive Fiskeriverket. Resultaten redovisas i årliga rapporter som överskådligt sammanfattar resultaten och ungefär 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 kylvattenkanalen beror på mängden kylvatten som kraftverket använder i den stunden 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 en större del av 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).

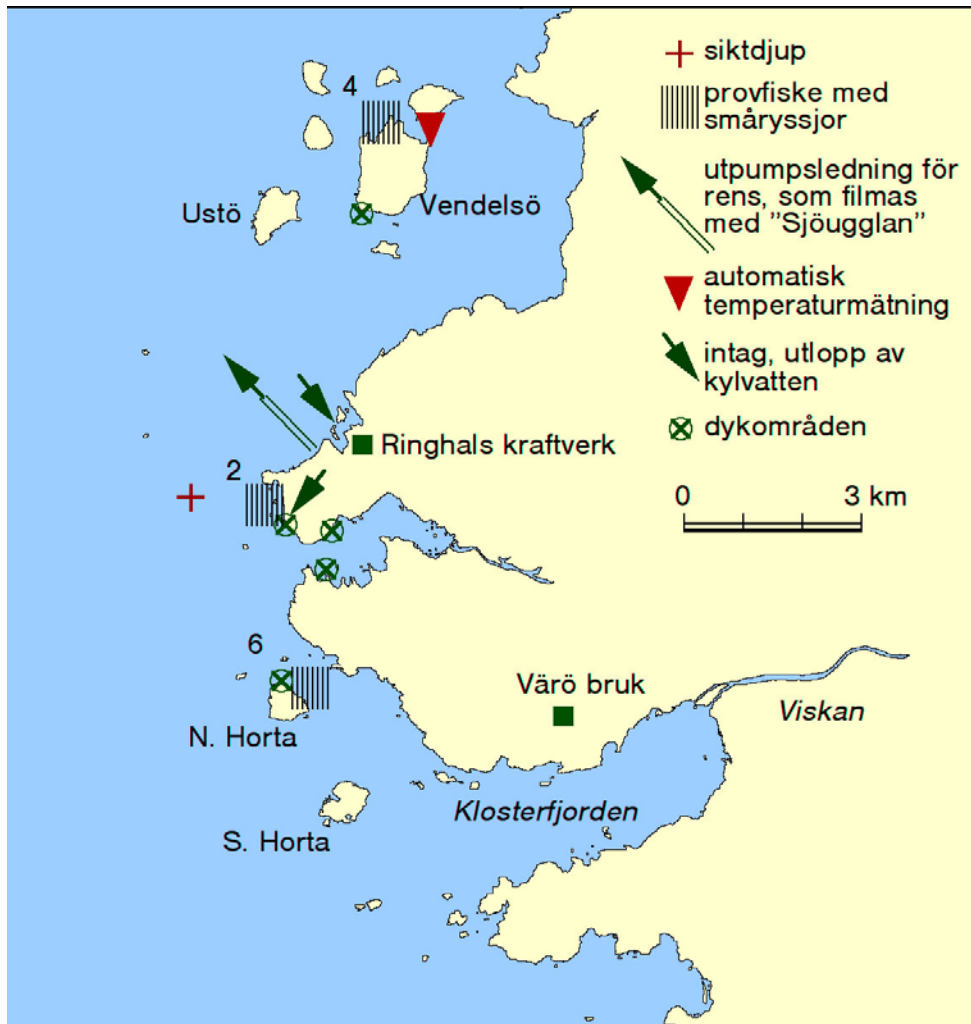
Ett antal främmande invasiva arter har under senare år uppmärksammats i forskningsrapporter och i Europa. Vanliga frågeställningar i samband med nytillkomna arter brukar handla om vilken negativ påverkan de har, var de kommer ifrån, hur snabbt de sprids, hur man kan upptäcka dem i tid, var man skall leta och hur man ska 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 den storväxta brunalgen sargassosnärja (*Sargassum muticum*), det japanska ostronet (*Crassostrea gigas*) samt den amerikanska kammaneten (*Mnemiopsis leidyi*). Gemensamt för dessa arter är att de uppvisat en snabb oförhindrad spridning längs hela kusten.

I samråd med länsstyrelsen i Halland etablerades under 2011 ett program för övervakning av främmande invasiva arter i en påverkansgradient från kylvattenutsläppet. Målet är att upptäcka nyetableringar av invasiva arter, notera förekomster och på ett tidigt stadium kunna få fram underlag för eventuella motåtgärder.

Kärnkraftsverkets utsläpp av uppvärmt havsvatten sker igenom två tunnlars 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 radi på cirka 3 km och normalt sker en temperaturökning på 1–5 grader i ytvattnet



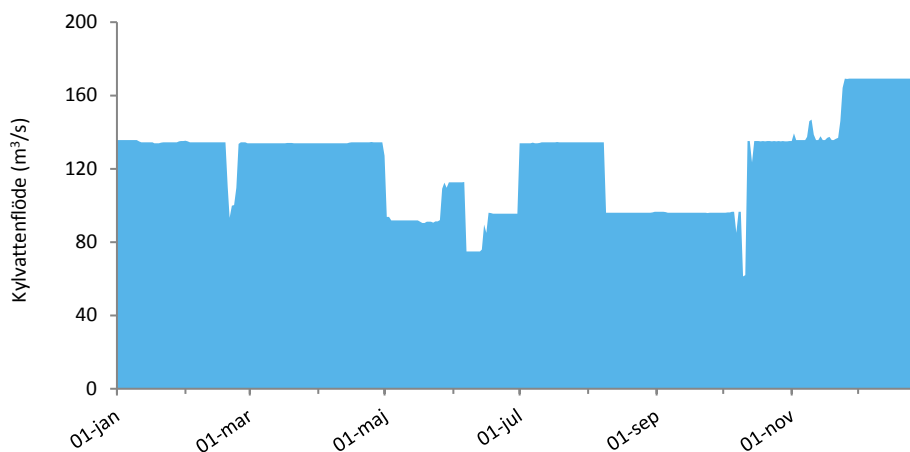
ner till 3–7 meters djup (Liungman m.fl. 2002). Grunda närliggande vikar samt hårbotten ner till några meters djup kan vara sannolika miljöer där man förväntar sig en direkt effekt från varmvattnet på fisksamhället och är därmed även lämpliga platser för att söka efter främmande arter på.



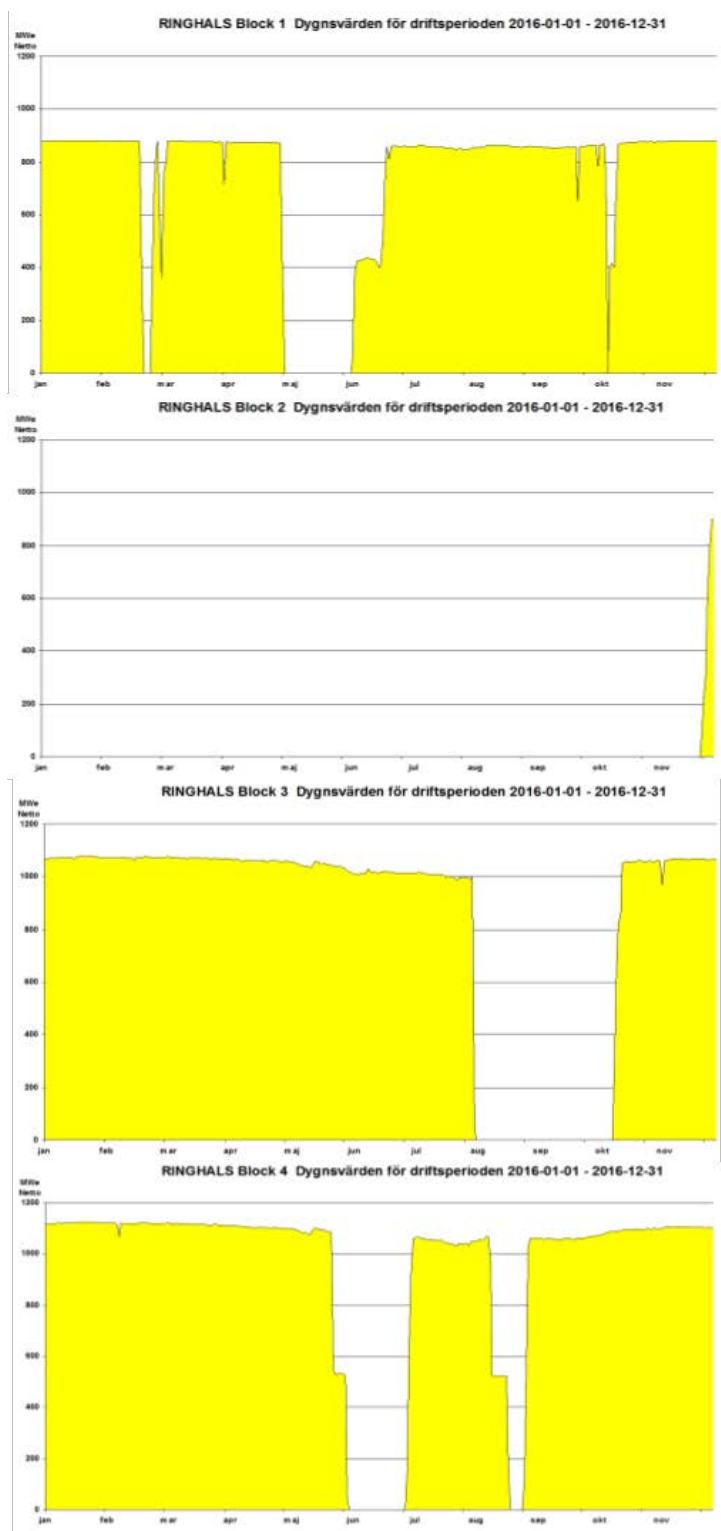
Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde 2) och Vendelsö (referensområde 4) och Norra Horta (referensområde 6). Fem dykområden för kontroll av främmande arter, intagskanal och utlopp för kylvatten, samt renshusledningen för återtransport av fisk och alger från kraftverkets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

## 2 Kraftverkets drift

När reaktor R2 startade under slutet av året blev det full drift med fyra reaktorer (block) igång samtidigt. Det totala kylvattenflödet under 2016 har varit lägre än normalt, eftersom R2 stått stilla. Kylvattenflödet var lågt i augusti då både R2 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 2016 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 2016



Figur 3. Producerad effekt (MW) vid Ringhals fyra reaktorer (block) under 2016.

## 3 Metodik

### 3.1 Kylvattenintaget

#### 3.1.1 Fiskägg och fisklarver

Transporten av fiskägg och fisklarver in i kraftverket kontrolleras i intagskanalen till block 3 och 4. Tidigare har den ordinarie provtagningen skett vid intagskanalen till block 1 och 2 och endast vid block 3 och 4 vid tillfällena då båda de förra blocken inte varit i drift, men sedan 2015 sker ordinarie provtagning vid block 3 och 4 på grund av framtida planer för nedläggning av block 1 och 2 på Ringhals kraftverk. 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, 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 3 och 4, men precis som för provtagningen av fiskägg och fisklarver skedde den tidigare i intagskanalen till block 1 och 2 (se ovan). Tätheten av juvenil fisk och större fisklarver skattas med hjälp av en så kallad Isaacs-Kidd yngeltrål (Andersson 1980). Provtagning av juveniler och större larver med denna 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 5 till och med vecka 18. Det saknas dock data fram till vecka 9 under en stor del av 1980-talet, vilket påverkar jämförbarheten av abundansdata. Valet att ändå räkna med data

från dessa veckor görs på grund av att vissa arter annars faller bort ur resultatet. De resultat 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. De skadeberäkningar som redovisas i den fördjupade analysen, som görs vart femte år, 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 samlas upp i så kallade korgbandsilar med en maskvidd av 5 mm. Återtransporten av det material som fastnar i silar och i rengallret sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där skovelpumpar skickar materialet vidare genom en tub som mynnar på 9 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 för att kontrollera ansamlingen av lösa blåmusselskal och alger 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 övervattenstemperaturer med en viss variation året runt medan referensområdet är opåverkat av utsläppt kylvatten. Varje fångstområde delas upp i sex stationer som provfiskas med två ryssjor kopplade samman strut i arm (Thoreson 1996). Ryssjorna sätts vinkelrätt ut ifrån land med ledarmen närmast land och med andra ryssjans fiskhus ytterst. Det genomsnittliga djupet vid medelvattenstånd är 0,5–1 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 skaldjurssamhället 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; fångst per ansträngning).

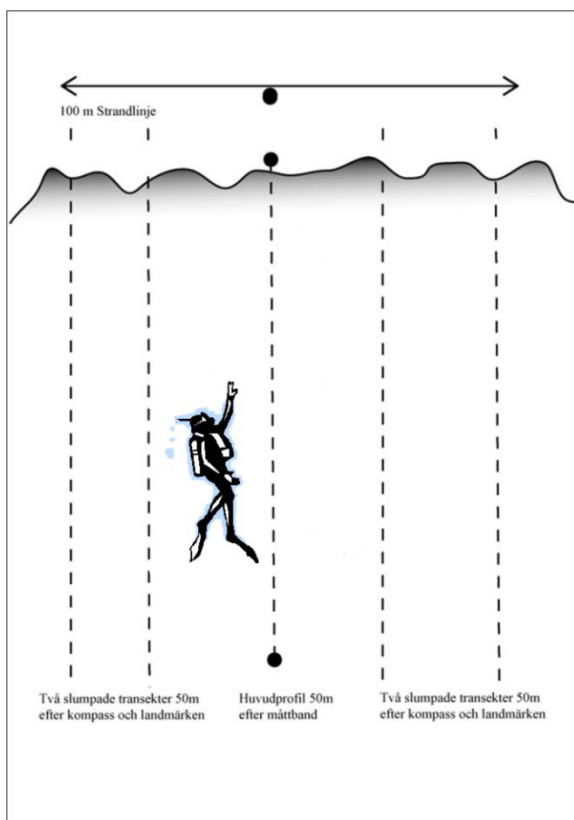
Antalet arter som fångas i respektive område används som ett mått på mångfalden i fångsten. Som ett annat mått på mångfald används Shannon-Wieners diversitetsindex. Indexet baseras på hur många arter som förekommer och hur mängden individer fördelar sig mellan dessa arter. Ett lågt diversitetsvärde indikerar att fiskesamhället 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 medelvärden av antal fiskar per ryssja och natt (CPUE) 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. 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). Om antaganden för parametriska tester inte infriats, till exempel genom att värdena bestått av för stor andel nollvärden, har icke-parametriska test använts.

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

Dykinventeringar av fastsittande flora och fauna utförs på fem lokaler utanför utsläppet (figur 1) för att upptäcka och uppskatta mängden främmande invasiva arter. Tre lokaler besöks årligen, Ringhals udde och Horta i söder och Vendelsö i norr. Lokalerna som ligger i Båtafjorden samt inne på industriområdet kontrolleras vart annat år. Platserna representerar kuststräckor inom en förväntad påverkansgradient, från cirka tvåhundra meter upp till fem kilometer från utsläppspunkten 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 vinkelrätt 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 bottensubstrat 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 tillsammans 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.

Två lokaler inne på Ringhals industriområde kontrolleras vartannat år med start 2016, huvudkylvattentunnel R4 samt svallbassängen T2.

Väster om kärnkraftverket ligger svallbassängen T2. Den är ca 14 m djup med en yta på ca 100x50m. Vattnet i bassängen står i förbindelse med uppvärmt kylvatten och är solbelyst. Större delen av året står vattenmassan still. Vattenströmmar kan emellertid uppstå vid vissa tidpunkter, speciellt vintertid då vatten leds ut i intagskanalen för att hålla intagskanalen isfri.

Dykningen i svallbassängen T2 utfördes med yrkesdykare från Dyk o Båt. Tre transekter lades ut för att täcka in mellersta, östra och västra delen av bassängen. Transekterna markerades med måttband utlagda på botten i rät vinkel från bassängkanten (figur 17). Dykaren var utrustad med tvåvägs kommunikation samt filmkameran system. Samtliga dyk filmades med en kamera kopplad till monitor på land så att en bedömning av botten kunde göras i realtid av biologer. Samtidigt informerade dykaren om djup och avstånd samt bältesgränser med hjälp av radio. Den mellersta transekten användes som en huvudtransekt och där samlades bottenproverna in. Hårdbottenprov togs vid varje halvmeter ned till 3 m, sedan vid varje meter ned till maxdjupet. För hårdbottenprover användes breda aluminium-ramar



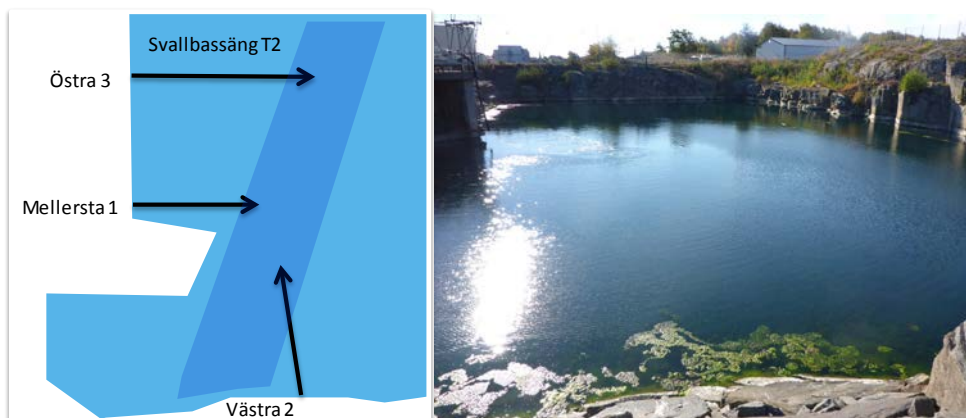
(0,2 m\*0,2 m) med fasta nätpåsar. Ramen ställs på botten och bottenprovet skrapas och viftas in i påsen. Den västra och östra transekten genomfördes på motsvarande sätt men med fokus på bältesgränser och främmande arter.

Proverna analyserades direkt i färskt tillstånd i laboratorium. Flora och fauna sorterades och artbestämdes med hjälp av stereolupp och mikroskop.

Bredvid R4 ligger huvudkylvattentunneln R4. Denna inspekterades till fots efter att tunneln dränerats och torrlagts på vatten vid den årliga revisionen.

Kylvattentunneln leder in kallt havsvatten till kylprocessen och går ca 20 m under marknivån. Tunneln är uppskattningsvis 200 m lång med sidor bestående av berg eller cement och hela tunneln är ca 10 m bred och lika hög.

Hårdbottenprov togs med samma ramar som ovan (0,2 m \* 0,2 m). Cirka 10 prover fördelades ut på höger och vänster sida, högt som lågt i tunneln. Hela tunneln går inte att söka igenom i detalj efter främmande arter. Med hjälp av ficklampor får man söka av ytor som är tillgängliga. Det är viktigt att vara nere i tunneln för provtagning direkt efter torrläggning annars börjar djuren ruttna vilket gör artbestämningen omöjlig. Proverna samlades i nätpåsar och arterna sorterades i laboratoriet under lupp.



Figur 17. Svallbassäng T2 med dyktransekternas utgångspunkt, riktning och längd.

## 4 Resultat

### 4.1 Kylvattenintaget

#### 4.1.1 Fiskägg och fisklarver

Sedan provtagningen med Bongohåv inleddes vintern 1979 har trettiofyra 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 en så låg taxonomisk nivå som möjligt, eller registreras som obestämda fisklarver. Sett över hela tidsperioden har antalet arter av larver i fångsten ökat. Genom alla år har rötsimpa varit den vanligaste arten, följt av skrubbskädda och tejsfisk. 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. Under provtagningen 2016 noterades ett exemplar av nordlig skärlånga för första gången i fångsten. Totalfångsten av larver i provtagningen har visat på en ökande trend de senaste tio åren, men denna trend återfinns inte för hela tidsperioden.

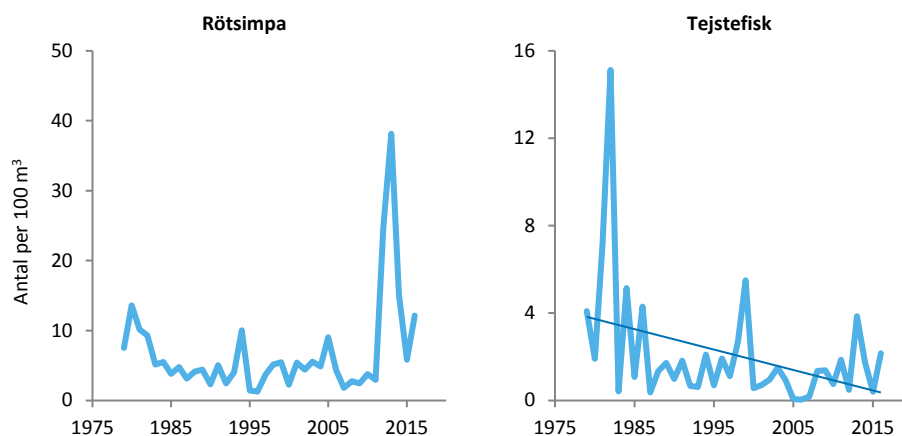
Fiskägg är betydligt svårare att artbestämma än fisklarver, men kan grupperas efter storlek och eventuell förekomst av oljedroppar eller andra strukturer. Tre relativt distinkta grupper kan identifieras i proverna från intaget. Den minsta gruppen omfattar ägg i storlekar mellan 0,8 och drygt 1 mm. Sandskädda 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 det 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.

Tabell 1. Fångst av fisklarver (antal/100 m<sup>3</sup>) med Bongohäv i kylvattenintaget till Ringhals block 3 och 4 under 2016 samt medelvärde 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. Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; \* = p<0,05; \*\* = p<0,01; \*\*\*=p<0,001).

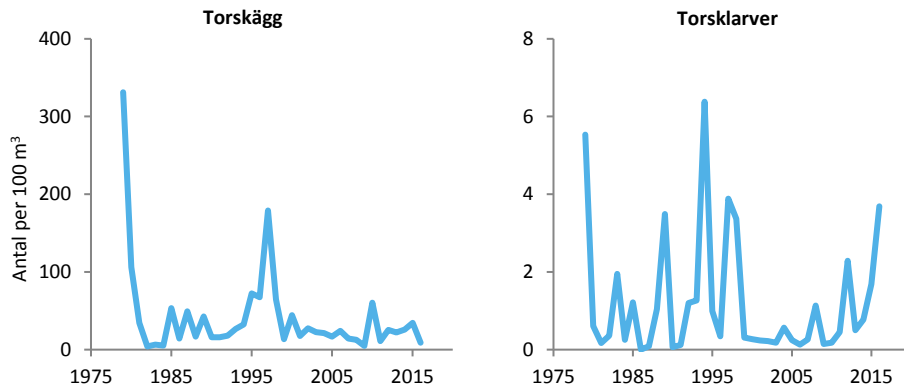
Art/taxon	Vetenskapligt namn	2016	medel 1979–2016	trend	medel 2006–2016	trend
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	12,15	6,79	ns	10,95	+*
Skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	13,50	3,14	ns	6,61	ns
Tejstefisk	<i>Pholis gunellus</i>	2,16	2,10	-*	1,42	ns
Tobis (kust-/havs-)	<i>Ammodytes spp.</i>	3,22	1,44	ns	2,20	ns
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	3,82	1,20	ns	1,12	+*
Obestämd plattfisk	<i>Pleuronectidae</i>		0,92	ns	0,03	ns
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	1,39	0,84	+***	1,39	ns
Sill	<i>Clupea harengus</i>	10,33	0,63	+***	1,51	ns
Rödspätta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,96	0,47	ns	0,55	ns
Vanlig Ringbuk	<i>Liparis liparis</i>		0,25	-***	<0,01	ns
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,13	0,23	ns	0,26	ns
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	0,31	0,20	ns	0,58	ns
Obestämd fiskart		0,10	0,18	+***	0,10	ns
Spetsstjärtat långebarn	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>	0,21	0,16	ns	0,25	+*
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	0,16	0,16	ns	0,09	ns
Tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>	0,07	0,11	ns	0,10	ns
Montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>	0,55	0,11	+***	0,33	ns
Havstobis	<i>Ammodytes marinus</i>		0,09	ns		
Obestämd sillfisk	<i>Clupeidae</i>		0,09	+**	0,33	
Lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>		0,05	ns	0,05	ns
Obestämd stubb	<i>Gobidae</i>	0,02	0,02	+**	0,06	ns
Bergtunga	<i>Microstomus kitt</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,02	<0,01	+*	0,02	+**
Fyrtömmad skärlånga	<i>Onos cimbrius</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Gråsej	<i>Pollachius virens</i>		<0,01	ns		
Gulål	<i>Anguilla anguilla</i>		<0,01	ns		
Havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>		<0,01	-*		
Klarbult	<i>Aphia minuta</i>		<0,01	ns	0,02	-*
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Nordlig skärlånga	<i>Ciliata septentrionalis</i>	0,02	<0,01	ns	<0,01	ns
Sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>		<0,01	ns		
Sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Tretömmad skärlånga	<i>Gaidropsaurus vulgaris</i>		<0,01	ns		
Större kantnål	<i>Syngnathus acus</i>		<0,01	ns		
Tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Vitling	<i>Merlangius merlangus</i>		<0,01	ns		
Total fångst		49,12	19,19	ns	28,00	+***
Antal arter		16	13,29	+**	15,20	ns

Fram till 2011 hade förekomsten av larver av rötsimpa minskat signifikant. Under vintern 2013 uppmättes dock den högsta tätheten sedan provtagningen startades 1979. Tätheten ligger på en fortsatt hög nivå, även om den varit lägre än 2013 de senaste tre åren (figur 6). Förekomsten av tejsfisk uppvisar en negativ utveckling sett över hela undersökningsperioden även om fångsten var något högre under 2016 än medelvärdet för hela tidsperioden (tabell 1, figur 6).

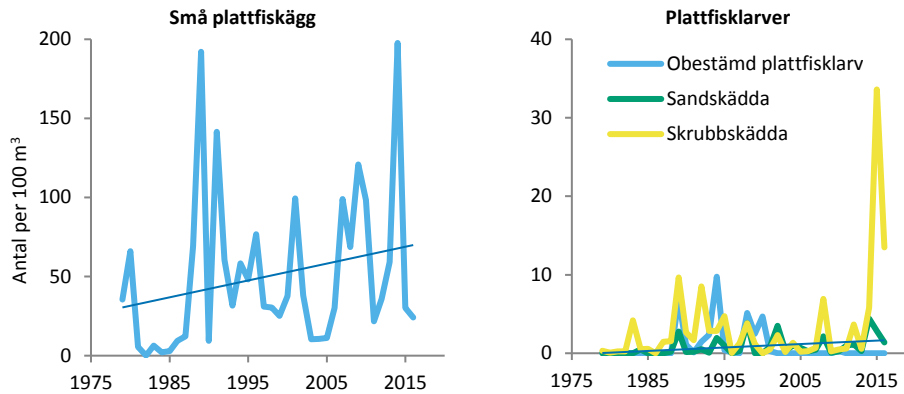
Tätheten av torsklarver har fluktuerat sedan håvningen startade men visar ingen trend under hela undersökningsperioden. Däremot observeras en ökande trend i täthet av torsklarver de senaste tio åren (tabell 1, figur 7). Även förekomsten av torskägg har fluktuerat och har under de senaste 15 åren varit relativt få till antalet. Det relativt höga antalet torskägg under provtagningen 2015 observerades inte i provtagningen under 2016 (tabell 1, figur 7). Tätheten av små plattfiskägg (främst sandskädda och skrubbskädda) visar en positiv trend sedan provtagningens start (figur 8). Även larver av sandskädda har ökat något under hela tidsperioden (figur 8). I övrigt kan inga trender påvisas för plattfisklarver. Larver av skrubbskädda hade 2015 den högsta uppmätta förekomsten sedan provtagningens början och även om förekomsten under 2016 var hälften så stor som 2015, var det näst högsta värdet som registrerats (figur 8). För stora plattfiskägg och larver av rödspotta har förekomsten fluktuerat, men utan någon påvisad trend (tabell 1, figur 9).



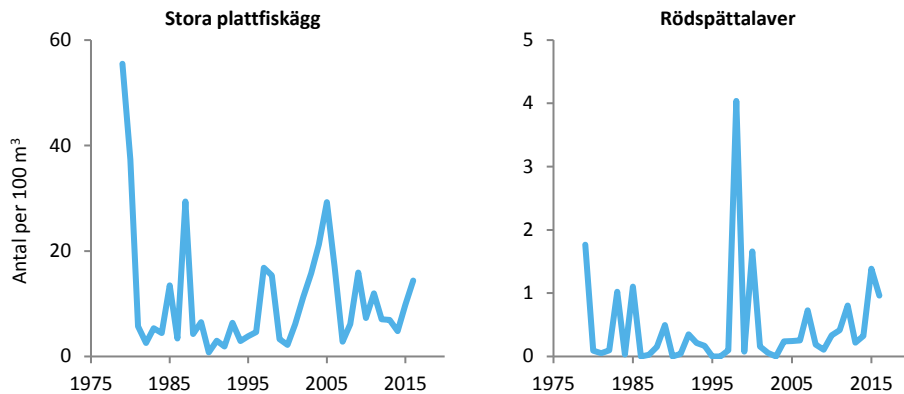
Figur 6. Förekomsten av larver (antal per 100 m<sup>3</sup>) av rötsimpa och tejsfisk fångade med Bongohåv i intagsvattnet under perioden januari–april 1979–2016. En tunn heldragen linje anger trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.



Figur 7. Förekomsten (antal per 100 m<sup>3</sup>) av torskägg och torsklarver fångade med Bongohåv i intagsvattnet under perioden januari–april 1979–2016. Notera olika skalor på Y-axlarna.



Figur 8. Förekomsten (antal per 100 m<sup>3</sup>) av små plattfiskägg och plattfisklarver fångade med Bongohåv i intagsvattnet under perioden januari–april 1979–2016. En tunn heldragen linje anger trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.



Figur 9. Förekomst, antal per 100 m<sup>3</sup>, av stora plattfiskägg och larver av rödspättalaver fångade med Bongohåv i intagsvattnet under perioden januari–april 1979–2016. Notera olika skalor på Y-axlarna.

#### 4.1.2 Juvenil fisk och större fisklarver

Sedan provtagningen med Isaaks Kidd trål påbörjades i intagskanalen har ett sjuttio-tal olika arter av fisk registrerats i fångsten och sett över hela provtagningspe-rioden, sedan 1981, har antalet förekommande taxa i fångsten ökat (tabell 2). Utöver fisk har tre olika arter av kräftdjur och bläckfisk av obestämd art fångats i trålen. Under provtagningsåret 2016 fångades totalt 42 olika arter av fisk vilket är något högre än medelvärdet för den senaste tioårsperioden (tabell 2). Under 2016 fångades tre, för undersökningen, nya arter då en individ av löja, två individer av ansjovis, och fyra individer av skäggtorsk identifierades i fångsten.

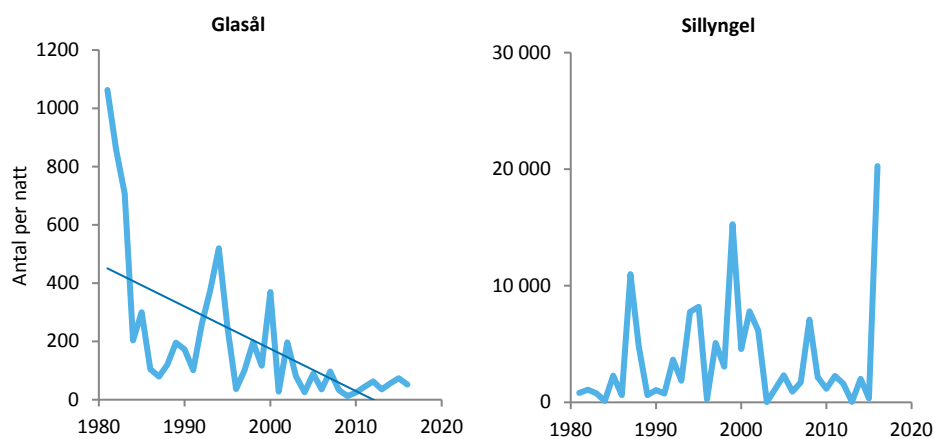
Den vanligast förekommande arten som fångats i Isaacs Kidd trålen genom åren är sill (tabell 2). Sill har förekommit både som små larver och som äldre individer. En dominerande andel av sillen har utgjorts av relativt välutvecklade larver från leken föregående höst. Sillyngel har förekommit relativt sparsamt under senare år, men under provtagningen 2016 fångades mer sill än någonsin tidigare i provtag-ningen, nämligen 460 000 sillyngel. Förekomsten av sillyngel uppvisar dock inte någon signifikant förändring över tid (tabell 2, figur 10). Det gör inte heller den näst vanligaste arten i provtagningen, klarbult, som är en vanlig art i den fria vattenmas-san i Västerhavet.

Bland de vanligaste taxa noterades en starkt negativ utveckling sedan 1981 hos glasål och storspigg. Bland arter med en positiv utveckling kan nämnas rötsimpa, rödspätta, mindre kantnål, skrubbskädda, tobiskung och torsk. Under den senaste tioårsperioden har få signifikanta förändringar inträffat, men för de vanligare arterna ses en minskning av rödspätta, som kontrast till ökningen för hela perioden, samt en ökning av tobiskung (tabell 2).

Förekomsten av glasål var riklig under de första åren, men under första hälften av 1980-talet blev förekomsterna mycket lägre än tidigare (figur 10, tabell 2). Den ob-serverade 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 ut-bredningsområdet (Dekker 2016). Efter ett abundansminimum 2009 ses dock en svag tendens till återhämtning även i Europa (ICES 2015).



Bild Ansjovis. Foto David Andersson



Figur 10. Förekomst av glasål och sillyngel, medelantal per natt, vid provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget till Ringhals under vecka 5–18, 1981–2016. En tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Notera olika skalor på y-axlarna



Sillfångst vid Isaacs Kidd-hävning samt sortering. Foto Björn Fagerholm.

Tabell 2. Antal individer per natt av förekommande taxa i provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals under perioden februari till och med april 2016 samt medelvärden och trender för hela tidsperioden (1981–2016) 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 5 till och med vecka 18. Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts. (ns = ingen signifikant förändring; + = ökande trend; - = vikande trend; \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

Art/taxon	Vetenskapligt namn	2016	medel 1981–2016	trend	medel 2006–2016	trend
Sill yngel**	<i>Clupea harengus harengus</i>	20 268,33	3 629,70	ns	3 866,28	ns
Klarbult	<i>Aphia minuta</i>	575,31	1 464,28	+***	1 861,76	ns
Glasål*	<i>Anguilla anguilla</i>	51,70	196,57	-***	49,02	ns
Storspigg	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	11,43	149,16	-***	27,09	ns
Tobis (kust-/havs-)	<i>Ammodytes lancea</i>	44,05	99,15	ns	52,30	ns
Sandstubb	<i>Pomatoschistus minutus</i>	31,79	97,42	ns	58,21	ns
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	0,22	40,16	+***	85,42	ns
Rödspätta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,18	28,68	+***	66,51	-**
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>	11,78	11,69	+***	21,72	ns
Sill**	<i>Clupea harengus harengus</i>	5,36	10,14	ns	14,30	ns
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>	4,70	8,67	ns	4,19	ns
Tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	2,99	6,69	-*	3,67	ns
Skrubbskädda	<i>Pleuronectes flesus</i>	1,85	5,86	+**	6,93	ns
Tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	25,90	5,19	+***	18,58	+**
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	32,84	3,50	+***	7,76	ns
Sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>	2,55	2,82	+**	4,95	ns
Tejstefisk	<i>Pholis gunellus</i>	1,06	2,64	+*	1,98	ns
Havskatt	<i>Anarhichas lupus</i>	0,13	2,54	ns	0,50	ns
Bergstubb	<i>Pomatoschistus pictus</i>	21,72	1,83	+***	6,55	ns
Sjurygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>	4,22	1,70	ns	1,15	ns
Småspigg	<i>Pungitius pungitius</i>	0,13	1,66	ns	1,84	ns
Laxsill	<i>Maurolicus mülleri</i>	1,01	1,46	ns	0,58	ns
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	1,14	1,07	+***	3,00	ns
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	0,18	0,81	ns	1,82	ns
Spetsstjärtat längebarn	<i>Lumpenus lampretaeformis</i>		0,80	+*	2,87	ns
Svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,53	0,80	+**	1,20	ns
Gulål*	<i>Anguilla anguilla</i>	0,62	0,72	ns	0,60	ns
Tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,22	0,63	ns	0,33	ns
Större Kantnål	<i>Syngnathus acus l.</i>	0,70	0,61	+**	0,60	ns
Stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	1,89	0,60	+***	1,07	ns
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>		0,54	ns	0,12	ns
Sandskädda	<i>Limanda limanda</i>	0,13	0,53	ns	0,36	ns
Tångsnärta	<i>Chirolophis ascanii</i>		0,50	+*	1,81	ns
Nors	<i>Osmorus eperlanus</i>	0,09	0,29	ns	0,53	ns
Äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,13	0,24	ns	0,25	ns
Vitling	<i>Merlangius merlangus</i>		0,20	-***		
Större Havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>	0,09	0,20	+***	0,56	ns
Skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>		0,20	ns	0,21	ns
Bergtunga	<i>Microstomum kitt</i>	0,09	0,15	ns	0,13	ns
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>	0,53	0,14	+***	0,48	ns
Fyrtömmad skärlånga	<i>Onos cimbrius</i>	0,48	0,09	+**	0,31	+**
Flodnejonöga	<i>Lampetra fluviatilis</i>	0,13	0,08	+***	0,18	ns



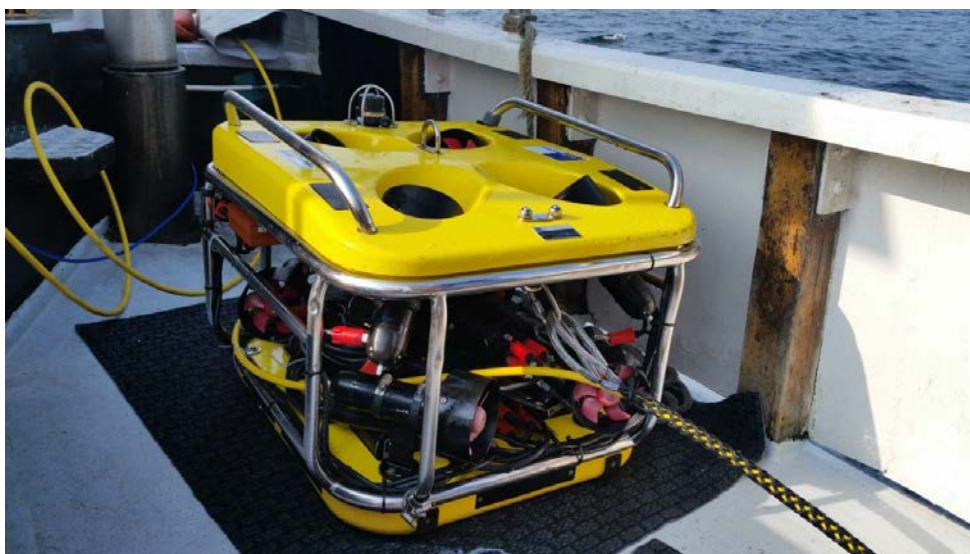
Tabell 2 fortsättning. Antal individer per natt av förekommande taxa i provtagning med Isaacs-Kidd yngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals under perioden februari till och med april 2016 samt medelvärden och trender för hela tidsperioden (1981–2016) och för den senaste tioårsperioden. Arterna är listade 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 5 till och med vecka 18. Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts. (ns = ingen signifikant förändring; + = ökande trend; - = vikande trend; \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ).

Art/taxon	Vetenskapligt namn	2016	medel 1981–2016	trend	medel 2006–2016	trend
Randig sjökock	<i>Callionymus lyra</i>	0,09	0,07	+	0,10	ns
Obestämd stubb	<i>Gobiidae</i>		0,07	ns	0,24	ns
Havsnejonöga	<i>Petromyzon marinus</i>		0,06	-***		
Lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>		0,04	ns	0,01	ns
Öring	<i>Salmo trutta</i>	0,35	0,03	+	0,11	ns
Vanlig Ringbuk	<i>Liparis liparis</i>		0,03	+	0,09	ns
Montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>		0,03	ns	0,03	ns
Obestämd fiskart			0,03	+	0,09	ns
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>		0,02	ns		
Slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>		0,01	ns	0,01	ns
Tjockläppad multe	<i>Crenimugil labrosus</i>		0,01	+	0,04	ns
Ansjovis	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,09	<0,01	ns	<0,01	ns
Fenknot	<i>Chelidonichthys lucerna</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Fjärsing	<i>Trachinus draco</i>	0,04	<0,01	+	<0,01	ns
Gråsej	<i>Pollachius virens</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Gulstrimmig mullus	<i>Mullus surmuletus</i>		<0,01	ns	0,01	ns
Havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>		<0,01	ns		
Knot	<i>Eutrigla gurnardus</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Krumnosig havsnål	<i>Nerophis lumbriciformis</i>		<0,01	ns	0,01	ns
Kummel	<i>Merluccius merluccius</i>		<0,01	ns		
Lax	<i>Salmo salar</i>		<0,01	ns		
Lerstubbs	<i>Pomatoschistus microps</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Löja	<i>Alburnus alburnus</i>	0,04	<0,01	ns	<0,01	ns
Obestämd multe	<i>Mugilidae</i>	0,04	<0,01	ns	<0,01	ns
Paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>		<0,01	ns		
Piggvar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01	ns		
Präsfisk	<i>Atherina presbyter</i>		<0,01	ns	<0,01	-*
Rödtunga	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>		<0,01	ns		
Silverfisk	<i>Argentina sphyraena</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Skägg-torsk	<i>Trisopterus luscus</i>	0,18	<0,01	ns	0,02	ns
Småtunga	<i>Buglossidium luteum</i>		<0,01	ns	<0,01	ns
Småvar	<i>Phrynorhombus norvegicus</i>		<0,01	ns		
Tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>	0,04	<0,01	+	0,03	ns
Alla arter		21 107,09	5 781,17	ns	6 178,57	ns
Antal taxa		42	33,83	+	38,50	ns

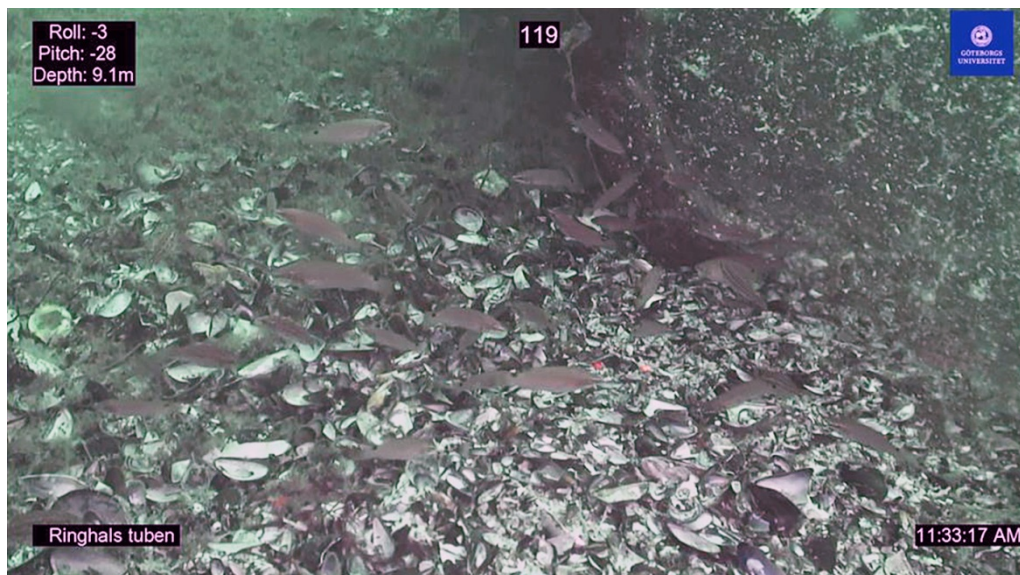
#### 4.1.3 Kontroll av utsläppstub från silstation

Utsläppstuben filmades med hjälp av en ROV i september 2016. Tuben filmades från ca 8 meters djup ned mot mynningen på ca 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 och större stenar var i huvudsak överväxta av rödalger. 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 förmultnande alger (figur 10 och 11).

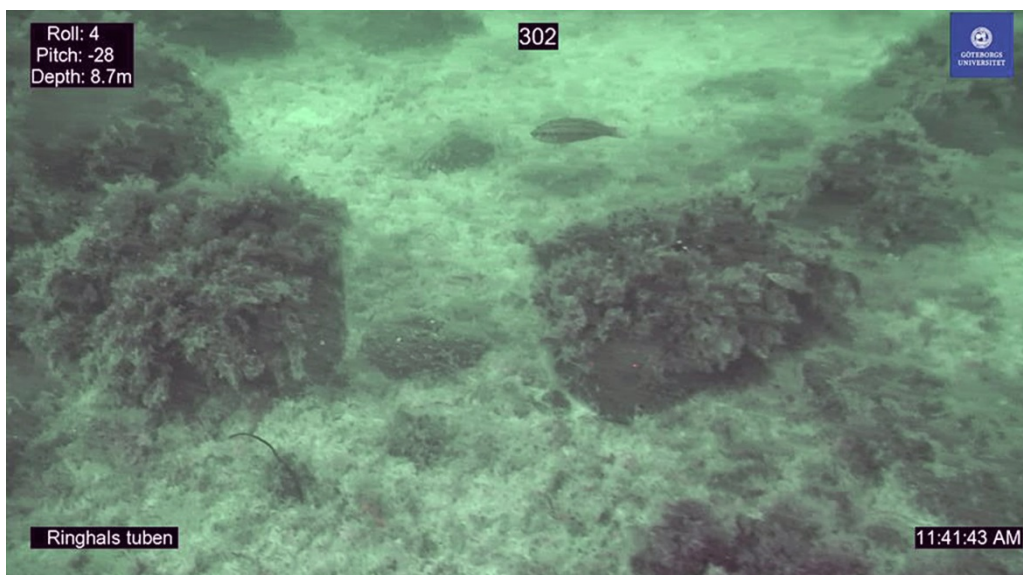
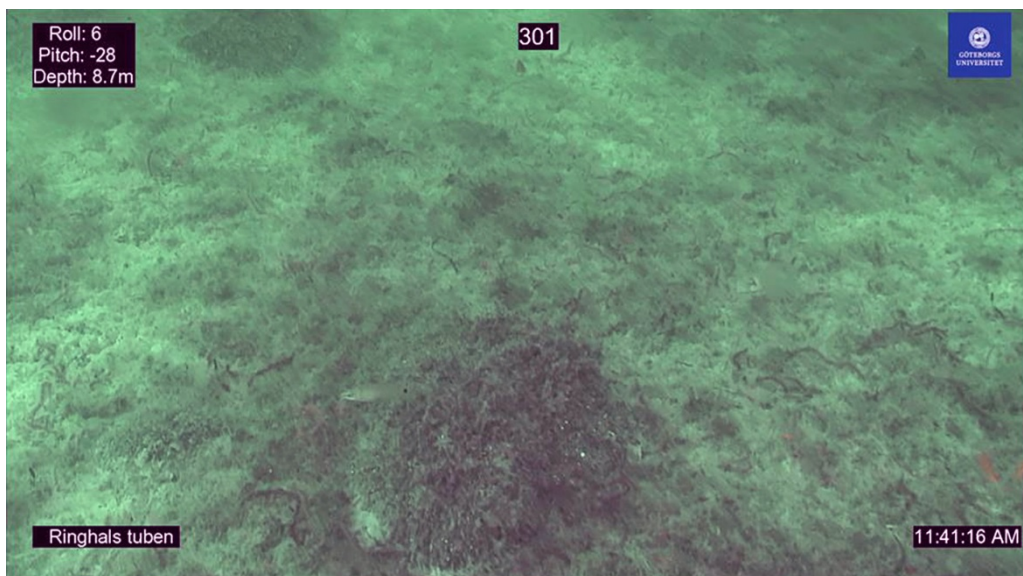
Omkring tuben förekom vanliga arter som stensnultra, skärsnultra, strandkrabba. I området kring vallen av musselskal uppehöll sig stora mängder bergstubb (*Pomatostichus pictus*). Vidare observerades ett flertal döda exemplar av skrubbskädda.



ROV (Remotely Operated Vehicle). Foto Björn Fagerholm



Figur 10: Bilder från filmning av utsläppstuben från Ringhals silstation på ca 9 meters djup. Övre bilden visar strömmen med lösa partiklar kring mynningen av utsläppstuben och den nedre bilden visar vällen av musselskal, främst blåmusslor samt stensultror kring tubens mynning.

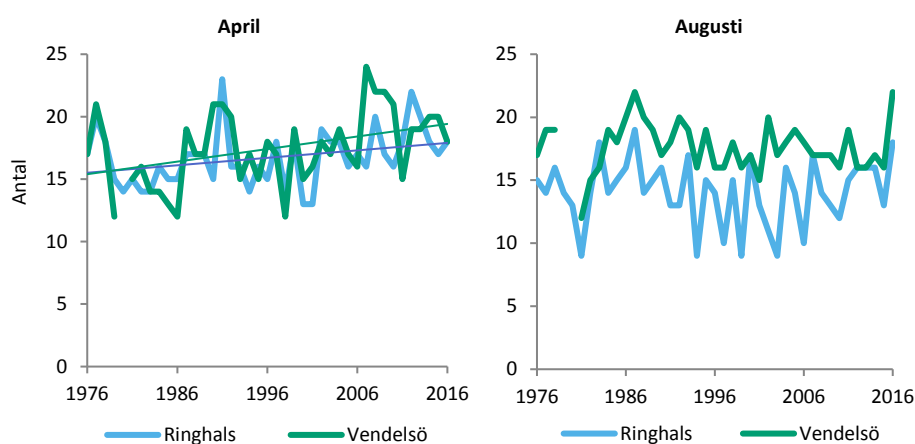


Figur 11. Bilder från filmning av utsläppstuben från Ringhals silstation på ca 9 meters djup. Övre bilden visar lösa alger som bildar ett täcke över botten några meter ifrån utsläppet. Nedre bilden visar området utanför skalvallen som dominerades ett botten täcke av förmultnande alger.

## 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 9 kräftdjursarter fångats i provfisket. Flera av dessa arter har endast förekommit vid något eller några enstaka tillfällen. Antalet arter av fisk och kräftdjur har sedan undersökningarna startade ökat i både Ringhals och Vendelsö under fisket i april<sup>1</sup>. Antalet arter i augusti har fluktuerat utan trend i båda områdena (figur 12). Under 2016 noterades lika många fiskarter under april som i augusti, då 16 respektive 17 olika fiskarter fångades i Ringhals och Vendelsö (tabell 3 och 4).



Figur 12. Antalet arter av fisk och kräftdjur fångade varje år i Ringhals och Vendelsö under de två provfiskeperioderna åren 1976–2016. En tunn heldragen linje anger linjär trend över tid.

Diversiteten, uttryckt som Shannon-Wiener index, har minskat under april månad i Ringhals<sup>2</sup>, men inte i Vendelsö (figur 13). Under augusti månad har diversiteten minskat i Vendelsö men inte i Ringhals<sup>3</sup>.

Under april har trofinivån minskat i Vendelsö, men inte i Ringhals<sup>4</sup> (figur 14). Under augusti har trofinivån minskat i både Ringhals och i Vendelsö<sup>5</sup> (figur 14).

1. Linjär regression 1976–2016: Ringhals april:  $p < 0,05$ ,  $R^2 = 0,13$ ; Vendelsö april  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,17$

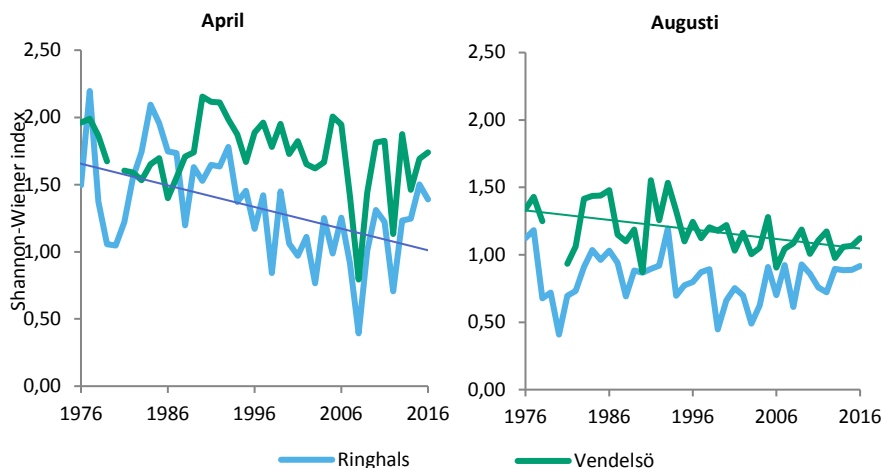
2. Linjär regression 1976–2016: Ringhals april:  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,26$

3. Linjär regression 1976–2016: Vendelsö augusti:  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,22$

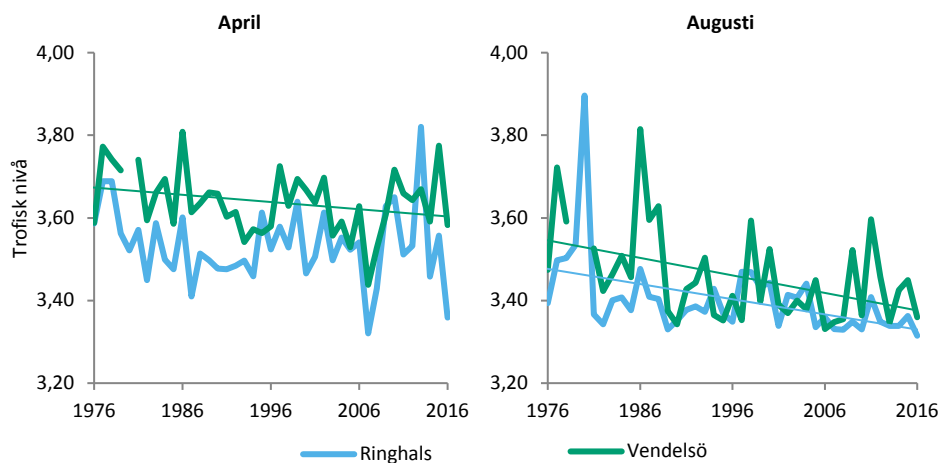
4. Linjär regression 1976–2016: Vendelsö april  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,22$

5. Linjär regression 1976–2016: Ringhals augusti  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,21$ , Vendelsö augusti  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,25$

Temperaturen har ökat i båda områdena under april, men mer i Ringhals än Vendelsö<sup>6</sup> 7. Det har skett en ökning av temperaturen i Ringhals<sup>8</sup> under augusti, men inte i Vendelsö (figur 15). Temperaturskillnaden 2016 mellan Ringhals och Vendelsö var medeltal 3,5 grader i april respektive 1,6 grader i augusti.



Figur 13. Diversitet enligt Shannon-Wiener index i Ringhals och Vendelsö under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2016. En tunn heldragen linje anger linjär trend över tid.

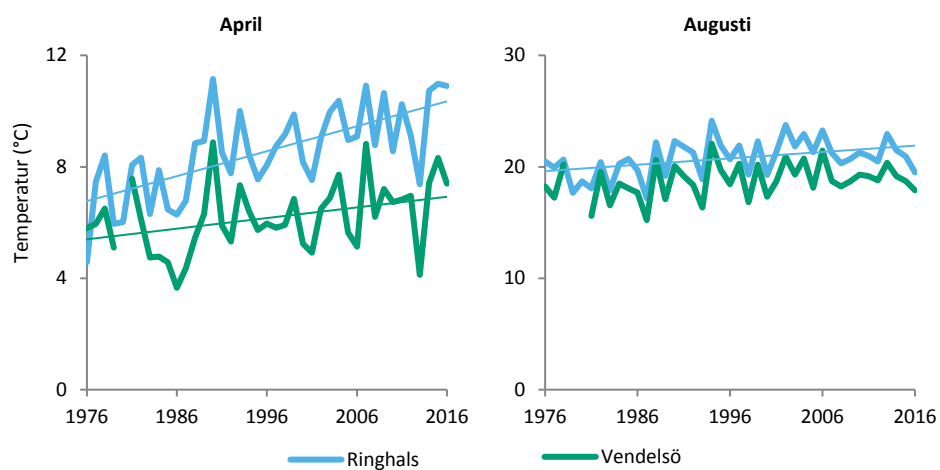


Figur 14. Trofisk medelnivå i Ringhals och Vendelsö under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2016. En tunn heldragen linje anger linjär trend över tid.

6. Kovariansanalys Ancova (år\*område); Ringhals-Vendelsö 1976–2016 april:  $p < 0,05$ ,  $F = 5,11$

7. Linjär regression 1976–2016: Ringhals april  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,46$ , Vendelsö april  $p < 0,05$ ,  $R^2 = 0,14$

8. Linjär regression 1976–2016: Ringhals augusti  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,18$



Figur 15. Medeltemperatur på botten vid redskapen i samband med vittjning i Ringhals och Vendelsö under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2016. En tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Notera olika skalor på y-axlarna.



Ryssja. Foto : Björn Fagerholm

Tabell 3. Samtliga arter som förekommit i fisket under april månad åren 1976–2016. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2016 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2016. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ ). Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts.

Art		Ringhals			N. Horta			Vendelsö		
Svenskt namn	Latinskt namn	2016	medel	trend	2016	medel	trend	2016	medel	trend
		1976–2016			2012–2016			6	1976–2016	
FISKAR										
Skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	3,81	1,03	+	0,64	1,01	ns	0,08	0,11	ns
Skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	0,77	0,80	+	0,16	0,34	ns	0,65	0,66	+
Tånglake	<i>Zoarces viviparus</i>	0,30	0,62	-	0,33	0,63	ns	0,67	1,75	-
Stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0,85	0,47	+	1,97	1,36	ns	0,74	0,81	ns
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,20	0,40	-	0,15	0,16	ns	0,02	0,18	-
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,37	0,38	ns	0,97	0,52	ns	0,23	0,24	ns
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,07	0,35	ns	0,27	0,91	ns	0,18	0,47	ns
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	0,17	0,29	-	0,51	0,74	ns	1,35	1,40	ns
Gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,40	0,24	ns	0,10	0,12	ns	0,09	0,09	ns
Svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,35	0,22	+	0,13	0,15	ns	0,13	0,18	+
Rödspätta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,02	0,03	ns	0,01	<0,01	ns	0,01	0,03	ns
Äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,03	0,02	ns	0,01	0,02	ns	0,03	0,03	ns
Tångspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,06	0,02	+	0,02	0,02	ns	0,05	0,01	+
Större kantnål	<i>Syngnathus acus L.</i>	0,13	0,01	+	0,01	<0,01	ns	0,06	<0,01	+
Gråsej	<i>Pollachius virens</i>		0,01	ns	0,10	0,05	ns		<0,01	ns
Berggylta	<i>Labrus berggylta</i>	<0,01		-		<0,01	ns	0,01	<0,01	ns
Bergvar	<i>Zeugopterus punctatus</i>	<0,01		ns						
Blankål	<i>Anguilla anguilla</i>	<0,01		ns					<0,01	ns
Grässnultra	<i>Centrolabrus exoletus</i>	0,01	<0,01	+	0,17	0,08	ns			
Havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>	<0,01		ns						
Lax	<i>Salmo salar</i>	<0,01		ns					<0,01	ns
Nors	<i>Osmerus eperlanus</i>	<0,01		ns						
Paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>	<0,01		-		<0,01	ns		<0,01	ns
Piggvar	<i>Psetta maxima</i>	<0,01		ns					<0,01	ns
Randig sjöcock	<i>Callionymus lyra</i>	<0,01		ns	0,01	<0,01	ns	0,01	<0,01	ns
Sandskädda	<i>Pleuronectes limanda</i>	<0,01		ns					<0,01	ns
Sill	<i>Clupea harengus</i>	<0,01		+					<0,01	ns
Sjurrygg	<i>Cyclopterus lumpus</i>	<0,01		ns		<0,01	ns	0,01	<0,01	ns
Sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>	<0,01		ns		<0,01	ns		<0,01	ns
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>	<0,01		ns		0,04	ns		<0,01	ns
Slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>	<0,01		ns					<0,01	ns
Större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>	<0,01		+		<0,01	ns		<0,01	ns
Tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>	<0,01		-		<0,01	ns		0,01	-
Tobis (kust-/havs-)	<i>Ammodytes sp.</i>	<0,01		ns					<0,01	ns
Tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>	<0,01		ns					<0,01	ns
Tångsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	<0,01		ns					<0,01	ns
Öring	<i>Salmo trutta</i>	0,04	<0,01	ns		<0,01	ns		<0,01	ns
Lerskädda	<i>Hippoglossoides platessoides</i>								<0,01	ns
Lyrorsk	<i>Pollachius pollachius</i>								<0,01	ns
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>					<0,01	ns		<0,01	ns
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>								<0,01	ns
Montagus ringbuk	<i>Liparis montagui</i>					<0,01	ns		<0,01	ns
Skarpsill	<i>Sprattus sprattus</i>								<0,01	ns
Tobiskung	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>								<0,01	ns
Tretömmad skärlånga	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>								<0,01	ns
Vitling	<i>Merlangius merlangus</i>								<0,01	ns
Totalfångst fisk		7,58	4,95	ns	5,56	6,19	ns	4,32	6,03	ns
Antal fiskarter		16	15,34	ns	17	17,40	ns	17	16,05	+



Tabell 3 Fortsättning. Samtliga arter som förekommit i fisket under april månad åren 1976–2016. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2016 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2016. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ ). Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts.

Art		Ringhals			N. Horta			Vendelsö		
Svenskt namn	Latinskt namn	2016	medel 1976–2016	trend	2016	medel 2012–2016	trend	2016	medel 1976–2016	trend
<i>KRÄFTDJUR</i>										
Strandkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	11,48	9,99	+***	2,48	2,51	ns	3,96	3,74	+***
Asiatisk blåskrabba	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	0,01	<0,01	ns						
Hummer	<i>Homarus gammarus</i>		<0,01	ns				<0,01		-*
Sandräka	<i>Crangon crangon</i>		<0,01	ns				<0,01		ns
Tångräka	<i>Palaemon sp.</i>		<0,01	+**		<0,01	ns	0,01		+***
Eremitkräfta	<i>Eupagurus sp.</i>					<0,01	ns	<0,01		ns
Krabbtaska	<i>Cancer pagurus</i>				0,01	<0,01	ns			
Maskeringskrabba	<i>Hyas sp.</i>							<0,01		ns
Spindelkrabba	<i>Macropodia rostrata</i>					<0,01	ns			
Totalfångst kräftdjur		11,49	9,99	+***	2,49	2,52	ns	3,96	3,76	+***
Antal kräftdjursarter		2	1,27	+**	2	1,80	ns	1	1,40	+*



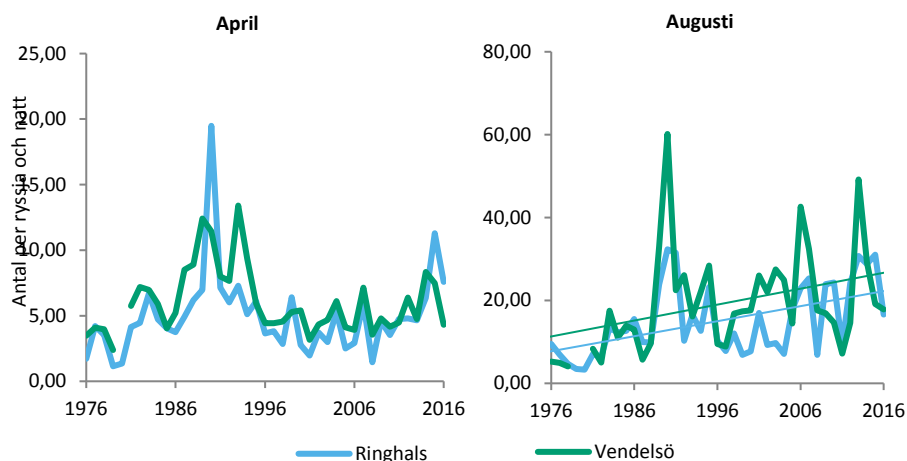
Ryssjefiske. Foto Björn Fagerholm.

Tabell 4. Samtliga arter som förekommit i fisket under augusti månad åren 1976–2016. Fångst per ryssja och natt (CPUE) anges för 2016 samt som ett medelvärde för hela den fiskade perioden. Data har sorterats i fallande storleksordning efter medelfångst i recipienten 1976–2016. (+ = ökande trend; - = vikande trend; ns = ingen signifikant förändring; \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \*\*\* =  $p < 0,001$ ). Trend för arter med fångst i >80 % av åren har beräknats med ln-transformerade värden och för de arterna med fångst i <80 % av åren har rankade värden använts

Art		Ringhals			N. Horta			Vendelsö		
Svenskt namn	Latinskt namn	2016	medel 1976–2016	trend	2016	medel 2011–2016	trend	2016	medel 1976–2016	trend
<b>FISKAR</b>										
Skärsnultra	<i>Symphodus melops</i>	14,64	11,53	+***	23,91	34,76	ns	14,70	14,66	+***
Stensnultra	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0,91	1,33	ns	1,21	1,91	ns	0,65	1,90	ns
Gulål	<i>Anguilla anguilla</i>	0,21	1,05	ns	0,30	0,46	ns	0,47	0,63	+***
Skrubbskädda	<i>Platichthys flesus</i>	0,19	0,28	ns	0,12	0,08	ns	0,25	0,29	ns
Svart smörbult	<i>Gobius niger</i>	0,36	0,26	+***	0,13	0,18	ns	0,27	0,16	+***
Oxsimpa	<i>Taurulus bubalis</i>	0,04	0,21	-***	0,03	0,10	ns	0,01	0,08	-***
Torsk	<i>Gadus morhua</i>	0,07	0,10	ns	0,58	0,57	ns	0,56	0,41	ns
Äkta tunga	<i>Solea solea</i>	0,05	0,05	-*		0,07	ns	0,05	0,11	ns
Femtömmad skärlånga	<i>Ciliata mustela</i>	0,01	0,03	-**	0,12	0,06	ns	0,02	0,05	ns
Tänglake	<i>Zoarces viviparus</i>		0,03	-***	0,23	0,21	ns	0,39	0,55	-***
Gräsej	<i>Pollachius virens</i>		0,02	+*	0,05	0,13	ns	0,01	0,03	ns
Rödspätta	<i>Pleuronectes platessa</i>	0,01	0,02	ns	0,01	<0,01	ns	0,05	0,04	ns
Rötsimpa	<i>Myoxocephalus</i>	0,01	0,02	-*	0,14	0,18	ns	0,26	0,30	-*
Blankål	<i>Anguilla anguilla</i>		0,01	-***		<0,01	ns	<0,01	<0,01	-***
Berggylta	<i>Labrus berggylta</i>	0,01	<0,01	ns	0,08	0,05	ns	0,08	0,02	ns
Gulstrimmig mullus	<i>Mullus surmuletus</i>		<0,01	ns				<0,01	<0,01	ns
Havsabborre	<i>Dicentrarchus labrax</i>	0,05	<0,01	+*						
Lyrorsk	<i>Pollachius pollachius</i>	0,02	<0,01	ns	0,03	<0,01	ns		<0,01	ns
Mindre havsnål	<i>Nerophis ophidion</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
Mindre kantnål	<i>Syngnathus rostellatus</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
Piggevar	<i>Psetta maxima</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		<0,01	ns
Sandskädda	<i>Pleuronectes limanda</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		<0,01	ns
Sill	<i>Clupea harengus</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
Sjustrålig smörbult	<i>Gobiusculus flavescens</i>		<0,01	ns					<0,01	ns
Slätvar	<i>Scophthalmus rhombus</i>		<0,01	ns		<0,01	ns	0,01	<0,01	-*
Större kantnål	<i>Syngnathus acus L.</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		<0,01	ns
Tejstefisk	<i>Pholis gunnellus</i>		<0,01	ns		<0,01	ns		<0,01	-*
Tängsnälla	<i>Syngnathus typhle</i>	0,04	<0,01	+***		<0,01	ns	0,02	<0,01	+*
Tängspigg	<i>Spinachia spinachia</i>	0,05	<0,01	+*		<0,01	ns		<0,01	+*
Öring	<i>Salmo trutta</i>		<0,01	ns	0,01	<0,01	ns	0,01	<0,01	+***
Bergevar	<i>Zeugopterus punctatus</i>								<0,01	ns
Blågylta	<i>Labrus mixtus</i>					<0,01	ns			
Fjärsing	<i>Trachinus draco</i>					<0,01	ns		<0,01	ns
Fyrtömmad skärlånga	<i>Enchelyopus cimbrius</i>								<0,01	ns
Grässnultra	<i>Centrolabrus exoletus</i>					0,01	ns			
Horngädda	<i>Belone belone</i>								<0,01	ns
Makrill	<i>Scomber scombrus</i>					<0,01	ns		<0,01	ns
Paddtorsk	<i>Raniceps raninus</i>				0,02	<0,01	ns		<0,01	-*
Skäggsimpa	<i>Agonus cataphractus</i>							0,01	<0,01	ns
Större havsnål	<i>Entelurus aequoreus</i>					<0,01	ns		<0,01	ns
Taggmakrill	<i>Trachurus trachurus</i>								<0,01	ns
Tungevar	<i>Arnoglossus laterna</i>					<0,01	ns			
Vitling	<i>Merlangius merlangus</i>				0,09	0,05	ns	0,04	0,05	ns
Totalfångst fisk		16,64	15,00	+***	27,06	38,87	ns	17,86	19,31	+***
Antal fiskarter		16	12,15	ns	17	17,50	ns	19	15,62	ns
<b>KRÄFTDJUR</b>										
Strandkrabba	<i>Carcinus maenas</i>	24,22	38,08	+*	22,07	20,67	-*	21,62	18,24	+***
Tängräka	<i>Palaemon sp.</i>	0,02	0,02	+***	0,01	<0,01	ns	0,38	0,08	+***
Hummer	<i>Homarus gammarus</i>		<0,01	ns					<0,01	-**
Krabbtaska	<i>Cancer pagurus</i>		<0,01	ns	0,02	0,01	ns		<0,01	ns
Sandräka	<i>Crangon crangon</i>		<0,01	ns					0,01	ns
Eremitkräfta	<i>Eupagurus sp.</i>				0,01	<0,01	ns	0,02	<0,01	ns
Totalfångst kräftdjur		24,24	38,10	+*	22,11	20,69	ns	22,02	18,33	+***
Antal kräftdjursarter		2	1,39	ns	4	2,50	ns	3	1,67	ns

### Total fiskfångst

Det totala antalet fiskar i fångsten av alla fiskarter har inte ökat vare sig i Ringhals eller Vendelsö i april. Under augusti månad har antalet fiskar i fångsten ökat i båda områdena<sup>9</sup> (figur 16, tabell 3).



Figur 16. Medelantal fiskar av samtliga fiskarter tillsammans, per ryssja och natt (CPUE) i Ringhals och Vendelsö under de olika provfiskeperioderna åren 1976–2016. En tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Notera olika skalor på y-axlarna.

### Varmvattenarter

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

#### Skärsnultra (*Symphodius melops*)

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

9. Linjär regression 1976–2016: Ringhals augusti  $p < 0,05$ ,  $R^2 = 0,29$ , Vendelsö augusti  $p < 0,05$ ,  $R^2 = 0,27$

*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. Trend-ökningen i Ringhals var något mindre än tidigare år då antalet minskat på senare tid (figur 17, tabell 3 och 4).

*Gulål (Anguilla anguilla)*

Gulål förekom i båda områdena med störst antal under augusti, men det var enbart Vendelsö som visade på en ökande trend i augusti (figur 17, tabell 3 och 4). Mellanårsvariationerna för fångsten i aprilfiskena var stora och ingen trend kan urskiljas. Ål är inte speciellt rörlig i havet under april när vattentemperaturen går under 10 grader.

*Stensnultra (Ctenolabrus rupestris)*

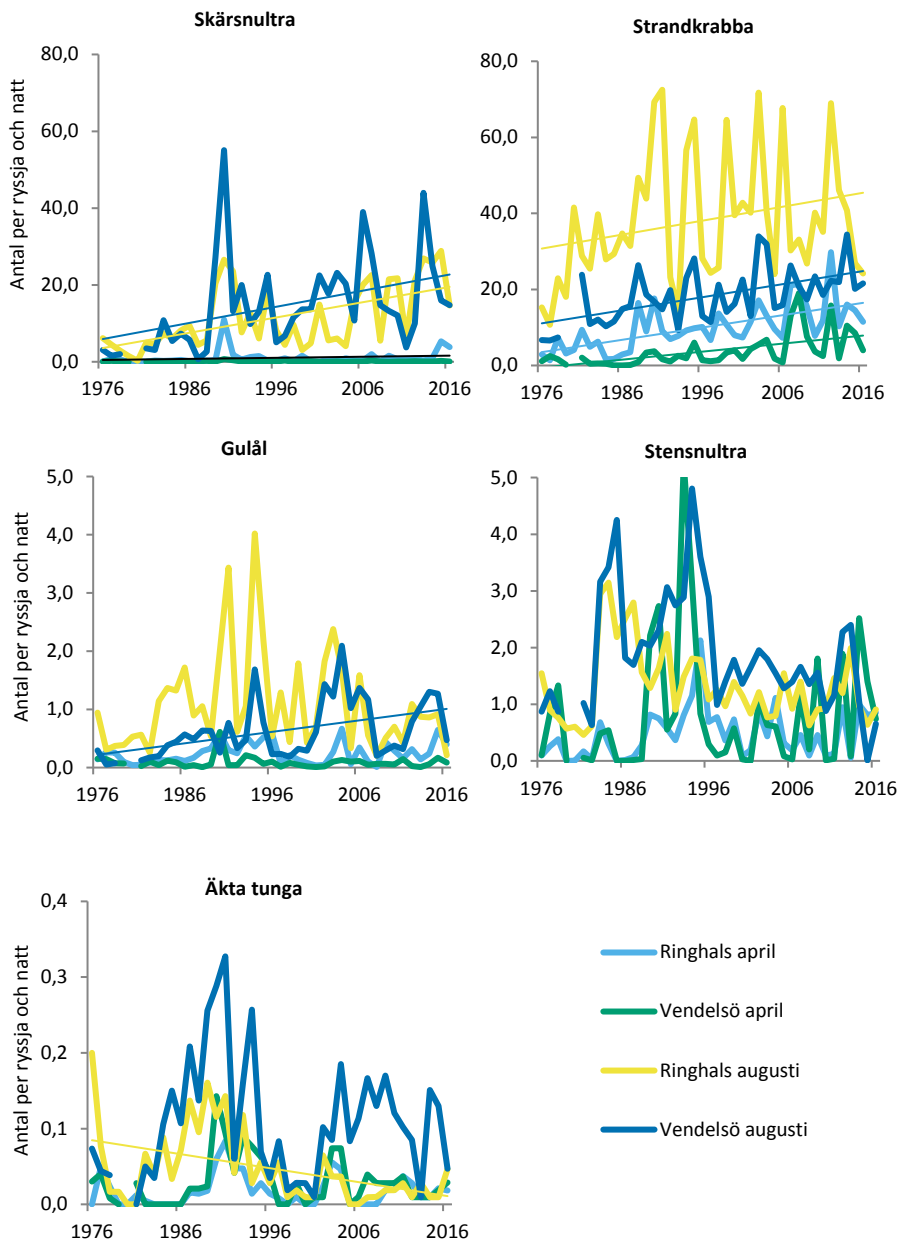
Fångsten av stensnultra under april månad visade på en svagt ökande trend i Ringhals sett till hela perioden (tabell 3). Under augusti har förekomsten av stensnultra varit något högre i Vendelsö. Störst fångster av arten registrerades under början av 1990-talet. Under augusti månad har det förekommit stora fluktuationer i bägge områdena och ingen trend kan urskiljas (figur 17, tabell 3 och 4).

*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, tabell 3). Sedan provfisket startade har fångsten av äkta tunga visat en svagt ökande trend i Ringhals under augusti (tabell 4). Fångsterna i Vendelsö var generellt högre än de i Ringhals, men ingen trend över tid förekom.



Bild Stensnultra. Foto David Andersson



Figur 17. Fångst i medelantal per ryssja och natt av arterna: skärsnulta, strandkrabba, gulål, stensnulta och äkta tunga för områdena Ringhals (recipient) och Vendelsö (referens) åren 1976–2016. Tunn heldragen linje anger linjär trend över tid. Notera olika skalor på y-axlarna.

*Kallvattenarter*

Här redovisas arter som trivs bättre i kallare vatten och därför har en högre abundans under fisket i april än i augusti (tabell 3 och 4). fyra av de vanligaste stationära arterna (rötsimpa, tånglake, femtömmad skärlånga, oxsimpa) och två matfiskar (torsk och skrubbskädda) har analyserats mer ingående.

*Rötsimpa (Myoxocephalus scorpius)*

Trender pekade på en tydlig ökning av rötsimpor för Ringhals i april och en svag minskning i Vendelsö och Ringhals i augusti (figur 18, tabell 3 och 4). Arten verkar trivas bäst i Vendelsö där antalet varit högre under bägge perioder genom alla år (figur 18).

*Tånglake (Zoarces viviparus)*

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

*Femtömmad skärlånga (Ciliata mustela)*

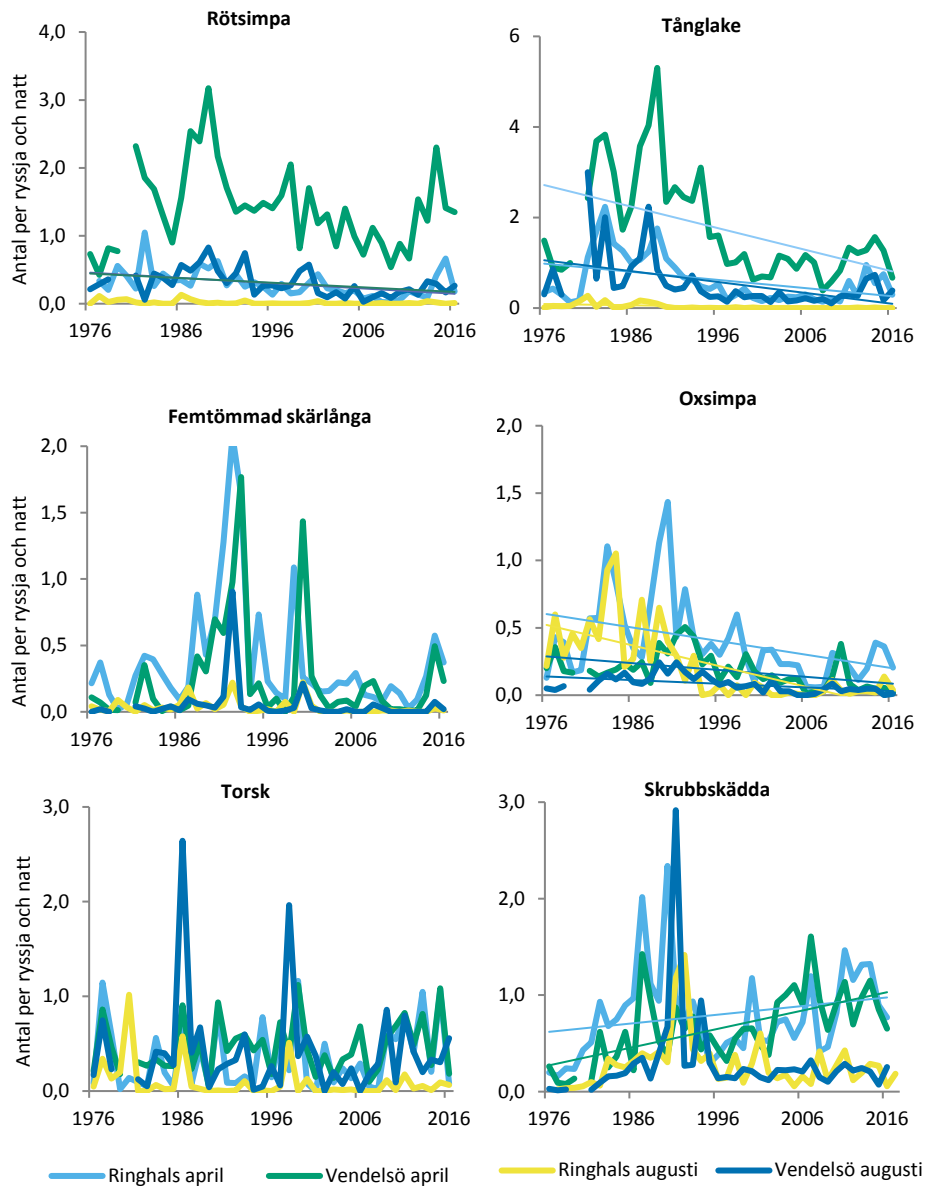
Fångsterna av femtömmad skärlånga har fluktuerat på båda lokalerna, med toppar framför allt under 1990-talet. Femtömmad skärlånga är en utpräglad kallvattenart och förekommer i princip endast i aprilmåsket. En svagt minskande trend kan urskiljas för arten i Ringhals under augustimåskena, men då var också totalantalet fiskar lågt (figur 18, tabell 3 och 4).

*Oxsimpa (Taurulus bubalis)*

Fångsten av oxsimpa visade på en fortsatt minskande trend i antal på såväl Ringhals som Vendelsö. I båda områdena var fångsten 2016 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. I det långa tidsperspektivet förekom det inga trender som tyder på en uppgång (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 1976–2016. 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. I Vendelsö och Ringhals påvisas fortsatt ökande trend av antalet fångade skrubbskäddor under april. Vid augustifisket kan ingen trend urskiljas för något av fiskeområdena (figur 18, tabell 3 och 4).

*Nytt provfiskeområde vid Norra Horta.*

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

Fångsten i april 2016 dominerades av skärnsultra, stensultra, torsk samt femtömmad skärlånga bland fiskarna, fångsterna av dessa arter var också högre där än på de andra två områden (tabell 3). Skärnsultra dominerade starkt i augustifångsterna. Jämfört med andra områden påminner augusti-resultatet mest om referensen Vendelsö (tabell 4).

*Sjukdomskontroll*

Förekomst av yttre synliga sjukdomssymptom noteras regelmässigt vid de utförda provfiskena. Under april noterades två sjuka fiskar vid referensen Vendelsö, en torsk med ryggradskrökning (scolios) och en femtömmad skärlånga med flera runda hudsår.

Under augusti fångades fyra skärnsultror med sjukdomssymtom. Vid Norra Horta en med ryggradskrökning (scolios). Vid referensområdet Vendelsö en med mopskalle. Två sjuka skärnsultror fanns vid Ringhals, en med ryggradskrökning (lordos) och en med fenröta.

## 4.2.2 Förekomst av främmande invasiva arter utanför Ringhals

Fem lokaler utanför industriområdet inventerades med avseende på fastsittande fauna och flora under juni 2016. Närmast utsläppet ligger tre stationer, en på Ringhals udde samt två i Båtafjorden. En lokal ligger vid Norra Horta söder om Ringhals och en helt opåverkad referenslokal ligger längst i norr vid Vendelsö.

Inga nya förekomster av främmande invasiva arter hittades under årets dykinventering. Däremot påträffades blåskrabba (*Hemigrapsus sanguineus*) en ny invasiv art under ryssjeprovfisket i april. Blåskrabban räknas som en invasiv främmande art och kommer ursprungligen ifrån Asien.

Sammanlagt för det fem lokalerna registrerades 60 taxa av alger efter dykinventeringen, två habitatbildande arter av fauna, en högre växtart, en svampart och en cyanobakterie. Bland algerna påträffades tre främmande alger, rödsvansing (*Dasya baillouviana*), sargassosnärja (*Sargassum muticum*) och japantofs (*Bonnema-*



*isonia hamifera*). Den enda främmande djurarten som noterades var japanskt jätteostron (*Crassostrea gigas*). Samtliga fyra arter är kända och etablerade på svenska västkusten sedan många år (tabell 5 och 6).

Fyra extra linjetaxeringar med fokus på främmande arter slumpades ut parallellt med huvudtransekten, vilket innebär att fem transekter inventerades totalt på varje lokal. Förekomsten av de fyra främmande arterna varierade i linjetaxeringar.

Närmast Ringhals var andelen generellt högre (tabell 6).

Vid Ringhals utsläpp och Båtafjorden fanns sargassosnärla på samtliga fem profiler. Inga exemplar fanns på lokalerna längre söder och norr om Ringhals.

Japanskt jätteostron återfanns i Båtafjorden och Ringhals. I Båtafjorden ökade antalet transekter där japanskt jätteostron förekom i både norra och södra delen; den största ökningen var i den södra delen. För första gången påträffades japanska jätteostron på Vendelsölokalen; det var några enstaka juvenila exemplar. Några exemplar av rödsvansing noterades även i år vid Ringhals där den förekomsten verkar vara stabil. Japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*) påträffades vid huvudtransekten vid Norra Horta. Det är en fintrådig rödalga som lätt förväxlas med andra rödalger och som är allmänt utspridd längs kusten sedan den kom till Sverige i början av 1900-talet, och därför räknar vi inte den längre som någon främmande art (tabell 6).

#### 4.2.3 Förekomst av främmande arter inne på industriområdet

Två lokaler inne på Ringhals industriområde inventerades. Detta var kylvattentunneln, som leder in kylvatten till reaktor R4, och svallbassängen, T2. På bägge lokalerna påträffades japanskt jätteostron som den enda främmande arten (tabell 7).

I kylvattentunneln R4 påträffades 25 djurarter. Vissa djurgrupper som var i ett dåligt skick bestämdes till familj eller släkte. Tunnelväggar, golv och tak täcktes av ett par centimeters tjocka lager av havstulpaner (90–80 procent) och blåmusslor (10–30 procent). Fastsittande filtrerande djurarter som blåmusslor och havstulpaner var några av de få organismer som frodades i tunneln på grund av ett konstant strömmande havsvatten. På skyddade lägen i lä från den kraftigaste vattenströmmen påträffades flera vanliga arter som nakensnäckor, sjöstjärnor, maskar, hydroider, anemoner och strandkrabbor. Det fanns inga fastväxande alger då bristen på solljus gör att inga alger kan växa i tunneln. Ett fåtal japanska jätteostron noterades på schaktväggarna som leder ner i tunneln.

I svallbassängen T2 lades tre dyktransekter ut i olika delar av schaktet, i den mellersta transekten samlades prover in på bestämda djup. Hårdbottenproverna resulterade i 19 taxa varav hälften bestod av djur och den andra hälften var uppdelad lika på rödalger och grönalger. Enstaka förekomster av brun och blågrönalger påträffades (tabell 7).

Algernas utbredning, bottenprofiler samt maxdjup i de olika transekterna noterades med hjälp av dykare (figur 19). Från ytan ner till 3–5,5 m bestod svallbassängens botten av täta grönalgsbestånd. Därefter dominerade rödalger ner till 7 m, medan enbart några enstaka rödalger växte ner till 9 m. Transekternas maxdjup varierade mellan 10–14 m. Under grönalgerna växte en dominerande rödalg (*Polysiphonia hemisphaerica*) på samtliga transekter. Stora fullvuxna japanska jätteostron levde på samtliga transekter ner till ett maxdjup kring 7–9 m (figur 19).

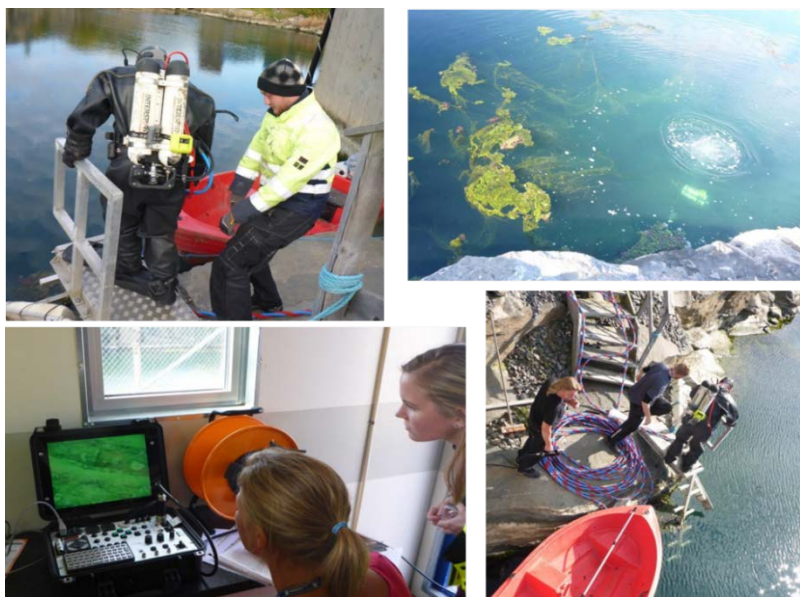


Bild. Svallbässängen T2. Foto Björn Fagerholm.



Bild. Kylvattentunnel R4. Foto Björn Fagerholm

Tabell 5. Totala antalet arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal 2016 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. \*=svåra att skilja åt

2016 juni		Förklaring:					
Områden	Art/Släkten	Enstaka 1	Vanlig 2		Talrik 3	Vendelsö	
		Ringhals utsläpp	Båtaffjorden Norra	Båtaffjorden Södra	Norra Horta		
Grönalger	<i>Acrasiphonia centralis</i>					1	
	<i>Bryopsis hypnoides</i>				1	1	
	<i>Chaetomorpha linum</i>					1	
	<i>Chaetomorpha melagonium</i>				1	1	
	<i>Cladophora rupestris</i>					2	
	<i>Cladophora spp.</i>	3	1	1	2	2	
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>				2	2	
	<i>Ulva intestinalis</i>	2	2				
	<i>Ulva flexuosa</i>		1			1	
	<i>Ulva prolifera</i>	1					
	<i>Ulva spp.</i>	2					
Brunalger	<i>Chorda filum</i>	1		1	1	1	
	<i>Chordaria flagelliformis</i>		1			1	
	<i>Desmarestia aculeata</i>				1		
	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>					1	
	<i>Ectocarpus/Pylaiella*</i>	2	3	3	3	3	
	<i>Elachista fucicola</i>	2	1			1	
	<i>Fucus serratus</i>	1	3	3		3	
	<i>Fucus vesiculosus</i>		2	2	3	1	
	<i>Halidrys siliquosa</i>	3	1		2	1	
	<i>Halosiphon tomentosus</i>				1		
	<i>Laminaria digitata</i>		1		1		
	<i>Saccharina latissima</i>	2	1	1	2	1	
	<i>Leathesia marina</i>		1		1	1	
	<i>Punctaria tenuissima</i>	1				1	
	<i>Sargassum muticum</i>	3	3	3			
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>				1		
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	2	2	3	1	2	
	<i>spongonema tomentosum</i>				2	1	
	<i>Striaria attenuata</i>	1	3	1			
<i>Sphaerotrichia divaricata</i>			1				
Rödalger	<i>Acrochaetiaceae</i>	1	1		1		
	<i>Aglaothamnion hookeri</i>	1			1	1	
	<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	1	2	1	
	<i>Antithamnion cruciatum</i>	1		1			
	<i>Bonnemaisonia hamifera</i>				1		
	<i>Brongniaartella byssoides</i>	3	1		3	1	
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	1					
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	1	1	1	3	1	
	<i>Ceramium virgatum</i>	2	2	1		3	
	<i>Chondrus crispus</i>	3	2	2	3	2	
	<i>Coccotylus/Phyllophora*</i>	3	3	2	3	3	
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	2	2	1	3	3	
	<i>Dasya baillouviana</i>	1					
	<i>Delesseria sanguinea</i>		1		3	2	
	<i>Dumontia contorta</i>		1	1			
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	1	3	3	3	3	
	<i>Lithothamnium/Phymatolithon</i>	3	2	2	3	3	
	<i>Membranoptera alata</i>		1		2	1	
	<i>Palmaria palmata</i>				1		
	<i>Phycodrys rubens</i>		1		3	1	
	<i>Plumaria plumosa</i>				1	1	
	<i>Polyides rotundus</i>	2	1	2	2	3	
	<i>Polysiphonia elongata</i>	1			3		
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	2	2	2	3	2	
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	1	2	3	3	2	
	<i>Polysiphonia hemisphaerica</i>	1					
	<i>Polysiphonia stricta</i>	1	2	2	3	1	
	<i>Rhodomela confervoides</i>			1	1	1	
	<i>Spermothamion repens</i>	2	2	2	3	3	
	Blomväxt	<i>Zostera marina</i>			2		
	Fauna	<i>Halichondria panicea</i>		1		3	2
		<i>Crassostrea gigas</i>	1		2		
		<i>Mytilus edulis</i>		2	2		
Cyanobakterier/blågrönalg	1						

Tabell 6. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av transekt. Täckningsgraden är given efter en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1 enstaka, 2 vanlig, 3 talrik.

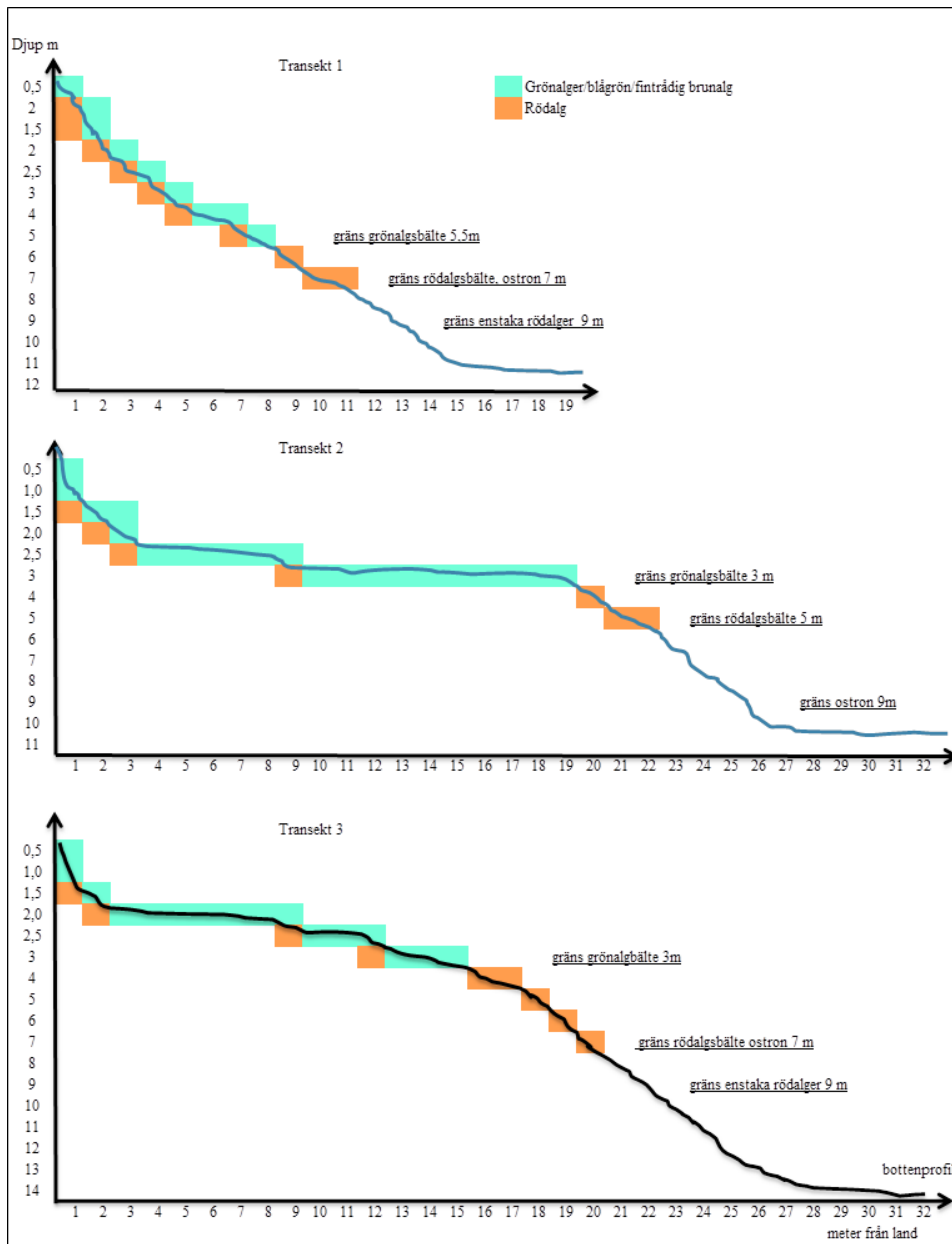
2011-2016		Brunalg					Rödalg					Fauna							
Område	Art transekt	Sargassosnärlja					Rödsvansing					Japanskt jätteostron							
		2011 sep	2012 jun	2013 jun	2014 jun	2015 jun	2016 jun	2011 sep	2012 jun	2013 jun	2014 jun	2015 jun	2016 jun	2011 sep	2012 jun	2013 jun	2014 jun	2015 jun	2016 jun
Ringhals	A	2	2	3	3	3	3	2	2	1	1						1	2	1
	B	2	2	3	3	3	2	2	2	1			1				1	2	1
	HT	2	2	3	3	3	3	1	2	2	2	1	2			1	1	2	2
	D	2	2	3	3	3	2	1	2	1			1				1		
	E	2	2	3	3	3	2	2	2	1				2			1		
Båtafjorden norra	A		2	2	1	2	2	2						1				1	1
	B		2	2	2	2	2	2		1									1
	HT		2	2	2	2	3	1	2	1				1				1	
	D		2	2	2	2	2	2	1										1
	E		2	2	2	2	3	2	2	1						1		1	1
Båtafjorden södra	A		2	1	1	2	3	2						1	1				1
	B		2	2	2	2	3	2							1			1	1
	HT	1	2	2	2	3	3	1								1			1
	D		2		2	2	2	2											2
	E		2	2		2	2	2						1					2
Norra Horta	A							1											
	B																		
	HT							1											
	D																		
	E																		
Vendelsö	A							2											
	B																		
	HT			1				1											
	D																		1
	E																		

HT = huvudtransekt

Enstaka	1
Vanlig	2
Talrik	3

Tabell 7. Förekomst av främmande arter inne på industriområdet. I svallbassängen T2 och i kylvattentunneln R4. Täckningsgraden är given efter en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1 enstaka, 2 vanlig, 3 talrik.

art	plats	art	plats	
	<b>Svallbassängen T2</b>		<b>Kylvattentunnel R3-4</b>	
blågrönalg	Oscillatoria bonnemaisonii	kryptrådar släkte	fauna Hediste diversicolor	bakborstig rovborstmask
brunalg	Ectocarpus siliculosus	molnslick	fauna Neries sp (dåligt ex.)	havsborstmask
grönalg	Grön hinna i musselskal	Chlorophyta, grönalg	fauna Polyphysia crassa	havsborstmask prinskorv
grönalg	Cladophora sp	grönslickar släkte	fauna Polynoidae	havsborstmask rygghjällsmaskar
grönalg	Ulothrix flacca	gördelalger släkte	fauna Nymphonidae	havsspindel
grönalg	Ulva flexuosa	vek tarmalg	fauna Exogone naidina	yngebjörmsmask
grönalg	Ulva prolifera	spretig tarmalg	fauna Nematod	nematod (rundmaskar)
rödalg	Erythrotrichia carnea	stjärntråd	fauna Empectonema gracile	nemertin (slemmaskar)
rödalg	Polysiphonia fucoides	fjäderslick	fauna Mytilus edulis	blåmussla
rödalg	Polysiphonia hemisphaerica	rödslickar släkte	fauna Levicardium crassum	hjärtmussla
fauna	Balanus crenatus	glipande havstulpan	fauna Crassostrea gigas	japanskt jätteostron
fauna	Carinus meanas	strandkrabba	fauna Hiattella sp	stenmusslor (juvenil)
fauna	Palaemon elegans	elegant tånggräka	fauna Cryptosula pallasiana	bryozoo (mossdjur)
fauna	Gammaridae	märkräfter dåliga ex	fauna Sagartia sp	havsanemon
fauna	Polychaeta sp	havsborstmask,dåligt ex	fauna Coryne exima	hydroid
fauna	Crassostrea gigantus	japanskt jätteostron	fauna Obelia geniculata	hydroid
fauna	Mytilus edulis	blåmussla	fauna Risssoa hydrobia	tångsnäcka
fauna	Många veligerlarver	larvstadie för olika snäckor	fauna Flabellindae	nakensnäcka, dåligt ex
			fauna Carcinus maenas	strandkrabba
			fauna Asterias rubens	vanlig sjöstjärna
			fauna Corophium sp	slammärla
			fauna Corophium insidiosum	slammärla
			fauna Corophium volutator	slammärla
			fauna Balanus crenatus	glipande havstulpan
			fauna Hymedesmia sp	svampdjur (på skal)



Figur 19. Svallbassängen T2 utbredning av grönalger och rödalger i tre dyktransekter. Dykprofil längs botten samt noterat maxdjup för alger och japanskt jätteostron.

## 5 Diskussion

### 5.1 Kylvattenintaget

Undersökningen syftar till att göra en uppskattning av hur stor mängd av respektive art som går förlorad i intagskanalen. Förlustens effekt på beståndet är 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 sillbeståndet 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 tejustefisk.

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 Europa. Den rekordhöga fångsten av höstlekande sillyngel

under provtagningen 2016 tyder på ett bra rekryteringsår för beståndet av höstle-kande sill i Kattegatt.

Utslagning av de relativt stora och välutvecklade larverna av arter som leker vin-tertids 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 (Ericsson m.fl. 2016).

Hur mycket ägg och larver som följer med intaget påverkas till stor del av hydro-grafiska faktorer, som språngskiktets djup och havsströmmarnas riktning. Fiskägg flyter inte vid låga salthalter och koncentreras därför ofta i haloklinen (salt-språngskiktet) i Kattegatt, vilket innebär att variationer i haloklinens läge bidrar till stora variationer hos observerade tätheter på en kort tidsskala och bidrar även till mellanårsvariationer (Ciannelli 2010). Även vindriktning och vindstyrka tros på-verka 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. Detta beror delvis på att stora mängder maneter och fintrådiga alger försvårar provtagningen under sommar och höst, men även 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 med andra lekperioder kan underskattas.

## 5.2 Kontroll av utsläppstub från silstation

Det är svårt att uppskatta hur mycket av fisken som överlever av att pumpas ut från rensanläggningarna via ledningen tillbaks ut till havet. Död fisk eller skadad fisk som förs ut äts snabbt upp av måsfåglar, skarvar eller krabbor. Det har hittills inte observerats några större ansamlingar av död fisk i anslutning till utsläppspunkten på havsbotten. Försök som gjordes 2006–2010 där man tog stickprov strax efter pum-parna visade att överlevnaden på mindre ålar, under 43 cm var ca 74 procent och övrig fisk låg runt 50 procent; undantaget var små stimfiskar som tobis och klarbult som var känsligare och förekom döda i större mängder (Andersson m.fl. 2011). Fil-merna visade att kring mynningen låg stora mängder blåmusselskal och några en-staka döda skrubb-skäddor. Musslorna bildade en vall precis omkring mynningen som var rensad (figur 10). Efter vallen har algerna som strömmat ut dalat ned på botten och lagt sig som en lös algmatta. Algmattan låg tillsynes med några meters omkrets kring mynningen. Får den ligga ostörd börjar algerna snart brytas ned och det kan lokalt bildas syrefria bottenar (figur 11). Hur länge algerna kan ligga kvar bedöms vara väldigt väderberoende; vid en kraftig storm driver sannolikt det mesta

bort eller upp på land, så påverkan på bottarna i anslutning till utsläppstuben bedöms som relativt små.

### 5.3 Fisksamhällets utveckling

Den mest tydliga förändringen som observerats i det kylvattenpåverkade området vid Ringhals är att fisksamhället under april har förändrats mot en lägre diversitet till skillnad från Vendelsö där ingen trend har påvisats. Utvecklingen mot en lägre diversitet kan förklaras av en ökande dominans av enskilda arter. Ökning av varmvattenarter som strandkrabba och skärnsultra, tillsammans med en tillbakagång för kallvattenarter som rötsimpa och tånglake, ligger sannolikt bakom den observerade utvecklingen på våren i Ringhals. Diversiteten i Vendelsö har minskat i augusti vilket troligen främst beror på en ökning av de vanligaste arterna, både skärnsultra och strandkrabba.

Den trofiska medelnivån har en svagt vikande trend i Vendelsö i april samt i både Ringhals och Vendelsö i augusti. En ökning av skärnsultra, som främst äter små bottendjur, förklarar sannolikt den allt lägre trofiska nivån, tillsammans med en tillbakagång för kallvattengynnade arter (rovfiskar).

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 för kallvattenarter även i områden som inte påverkas av uppvärmt kylvatten. Någon motsvarande negativ utveckling ses inte hos arter som klassificeras som varmvattengynnade, exempelvis gulål, skärnsultra och strandkrabba, som är de arter som dominerar i augusti i det området som påverkas mest av kylvattenutsläppet.

De fortsatt stabila fångsterna av gulål i området avspeglar inte den låga förekomsten av ålyngel i Ringhals och den negativa utveckling i rekryteringen hos ål som observerats i både 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 även om detta inte har belagts statistiskt.

Samtliga kallvattenarter har fångats i högre antal i april än i augusti. Detta stämmer väl överens med att temperaturen är lägre i april än i augusti. Skrubbskädda är den enda kallvattengynnade arten som visar på en signifikant ökning, vilket har skett både i Ringhals och i Vendelsö under april.



Förekomsten av oxsimpa och tånglake har minskat kraftigt i april och augusti i båda områdena i synnerhet sedan slutet av 1980-talet. Rötsimpan har minskat i Ringhals i april, samt i båda områdena i augusti. 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 dock 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 tre främmande arter som redan är etablerade på västkusten återfanns. Sargassosnärla hittades första gången vid Bua 1992–1993 och utvecklade ett av landets kraftigaste bestånd vid Ringhals 1996 (Karlson 1997). Rödsvansing 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](http://www.frammandearter.se)).

Rödsvansingen och sargassosnärla var två av de främmande arter som registrerades 2015 och som återfanns i samma omfattning 2016. I Båtafjorden påträffades japanskt jätteostron i fler transekter jämfört med tidigare år och det rörde sig om relativt nysettlade ostron vilket tyder på en ökad utbredning (figur 19). Under 2016 påträffades även några japanska jätteostron på den opåverkade referenslokalen vid Vendelsö, vilket är första gången i vår undersökning.

Dykinventeringar som gjorts mellan 2011–2016 bekräftar en riklig förekomst av sargassosnärla och japanskt jätteostron i området med varmt kylvatten från Ringhals. Även i den närliggande skyddade Båtafjorden uppstår en gynnsam livsmiljö för arter som föredrar en något högre vattentemperatur.

Inne på Industriområdet undersöktes två lokaler, kylvattentunneln R4 samt svallbassängen T2. Inga nya främmande arter påträffades förutom japanskt jätteostron. I svallbassängen var ostronen stora och fanns allmänt utspritt och de flesta var troligen gamla med tanke på dess storlek. I kylvattentunneln var storleken lite mindre och ostronen återfanns enbart på väggarna i nedgångsschakten. Kylvattentunneln rensas årligen med högtryck så därför återfinns bara ett fåtal ostron.

I ryssjeprovfisket under april påträffades en blåskrabba och det var första fyndet i Ringhals, arten klassas som främmande och invasiv. Blåskrabban kommer ursprungligen från Asien och introducerades till Europa via ballastvatten eller i samband med ostronimport. Den påträffades första gången i Europa 1999 i Le Havre,

Frankrike och därifrån har den spridit sig norröver (Epifanio 2013). I Belgien finns den numera i så stora mängder att den kunnat konkurrera ut lokala bestånd av strandkrabbor (Boets 2016). Det exemplar som hittades i Ringhals var en hane och det finns ännu inga belägg för att krabban fortplantar sig i området.

#### Erkännanden

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

## 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 15s.
- Boets P., Brosens D., Lock K., Adriaens T., Aelterman b., Mertens J., Goethals P.L.M.. (2016) Alien macroinvertebrates in Flanders (Belgium) *Aquatic Invasions (2016) Volume 11, Issue 2: 131–144*  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2016.11.2.03>
- 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.
- Dekker, W., Wickström, H. & Sjöberg, N.B. (2016). Utvärdering av den svenska ålförvaltningen. Aqua reports 2016:11. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Drottningholm Lysekil Öregrund. 95 + 13 s.
- Epifanio C. E (2013). Invasion biology of the Asian shore crab *Hemigrapsus sanguineus*: A review. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 441:33–49.
- Ericson, Y., Larsson, Å., Faxneld, S., Bignert, A., Danielsson, S., Hanson, N., Karlsson, M., Nyberg, E., Olsson, J., Parkkonen, J., Förlin, L., Franzén, F. (2016). Faktablad från integrerad kustfiskövervakning 2016:1. Fjällbacka (Västerhavet) 1989–2015.

- 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 vattentemperaturzoner 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 – *Sargassum 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., 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., Neuman, E., Jacobsson, A., 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.

