



Aqua reports 2023:2

Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2022

Filip Käll, Alexandra Falk, Jonathan Sjöholm, William Jaktén Langert,
Nils Nyquist



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk

Årsrapport för 2022

Filip Käll, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Alexandra Falk, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Jonathan Sjöholm, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

William Jaktén Langert, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Nils Nyquist, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Institutionen för akvatiska resurser,

Rapportens innehåll har granskats av:

Birgit Koehler, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Torbjörn Säterberg, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Ringhals AB

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Ringhals AB. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från uppdragsgivarens sida.

Publikationsansvarig: Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Redaktör: Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Utgivningsår: 2023

Utgivningsort: Uppsala

Illustration framsida: Björnen tillagd vid Norra Horta, Foto: Jonathan Sjöholm

Serietitel: Aqua reports

Delnummer i serien: 2023:2

ISBN (elektronisk version): 978-91-8046-818-3

DOI: <https://doi.org/10.54612/a.28e6tnrfh8>

Nyckelord: Kärnkraft, kylvatten, recipientkontroll, provfiske, fiskyngel, främmande arter

Rekommenderad citering: Käll F., Falk A., Sjöholm J., Jaktén Langert W., & Nyquist N (2023). Biologisk recipientkontroll för Ringhals kärnkraftverk – Årsrapport för 2022. Aqua reports 2023:2. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. <https://doi.org/10.54612/a.28e6tnrfh8>

© 2023 Filip Käll, Alexandra Falk, Jonathan Sjöholm, William Jaktén Langert, Nils Nyquist

Detta verk är licenserat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Ringhals kärnkraftverk är en av Sveriges största elproducenter. På grund av intag och utsläpp av havsvatten som kyler processen i kraftverket sker en påverkan på den omgivande kustvattenmiljön. Denna påverkan övervakas och analyseras i det biologiska recipientkontrollprogrammet. Föreliggande årsrapport presenterar resultat av undersökningarna inom kontrollprogrammet för 2022. Fokus i årsrapporten ligger på samhället av fisk och skaldjur, förluster av ägg, larver och yngel i kylvattenvägarna samt förekomsten av främmande arter.

I kylvattenintaget utförs under våren två olika årliga provtagningar för att övervaka förlusterna av olika fiskstadier i kraftverket: En provtagning av fiskägg och fisklarver med en Bongohåv, och en provtagning av yngel och juvenil fisk med en modifierad Isaac-Kidd-trål. I ägg- och larvprovtagningen 2022 var de vanligaste förekommande fiskäggen från torsk och de vanligaste fisklarverna från skrubbskädda och tobis (kust-/havs-). Provtagningen i kylvattenintaget efter juvenil fisk och yngel är till stor del fokuserad på fångsterna av glasål (*Anguilla anguilla*). Fångsterna med Isaac-Kidd-trålen 2022 dominerades av sillyngel följt av klarbult, tobisungel och glasål.

Effekten av utgående uppvärmt kylvatten undersöks genom årliga provfisken på tre lokaler: recipientområdet vid Ringhals, som påverkas av kylvattnet, referensområdet vid Vendelsö, som är opåverkat av kylvatten, och området vid Norra Horta, som är delvis påverkat av kylvattnet. Provfisket genomförs två gånger per år, under april och augusti. För 2022 var skärsnultra generellt den vanligaste fiskarten vid provfisket, förutom under april i referensområdet där stensnultra var vanligast. Generellt var förekomsten av varmvattengynnade arter högre i recipientområdet och förekomsten av kallvattengynnade arter högre i referensområdet. Totalfångsten av strandkrabba var hög i samtliga lokaler och fiskeperioder, med kulmen i recipientområdet i augusti.

Området kring renshusledningens utlopp undersöktes med ROV (*Remotely Operated Vehicle*) för att visuellt inspektera påverkan på botten. Utsläpp och sedimentation av skaldelar från musslor och krabbor har även i år minskat till följd av relativt lågt kylvattenflöde.

För att undersöka eventuell förekomst av invasiva främmande arter genomfördes en dykkartering i fem områden utanför kraftverkets kylvattenutsläpp. Sammantaget för de fem områdena observerades det sex invasiva främmande arter av alger (rödsvansing, japantofs, japanplym, agaralg, japansk sargassotång, och grönalgen klykalg) samt en främmande djurart (stillahavsstron). Utöver dykkarteringen så hittades även blåskrabba under provfisket i april. Samtliga främmande arter är kända på svenska västkusten sedan tidigare.

Summary

Ringhals nuclear power plant is one of Sweden's main producer of electricity. Due to intake and discharge of seawater that cools the process in the power plant there is an impact on the surrounding coastal environment. This impact is monitored and analyzed in the biological recipient control program. This annual report presents the result of the surveys within the control program for 2022. It focuses on the communities of fish and crustaceans, losses of eggs, larvae and fry in the cooling waterways as well as the presence of alien species.

During spring, two types of annual sampling were carried out in the intake channel for cooling water, to monitor the losses of different life stages of fish in the power plant. A Bongo net was used to monitor eggs and larvae, where eggs from cod and larvae from European flounder were found to be the most common during 2022. Sampling in the cooling water intake after juvenile fish and fry is largely focused on the catches of glass eels (*Anguilla anguilla*) and is carried out using a modified Isaacs-Kidd-trawl. Herring fry dominated catches, followed by transparent goby, sand lance fry and glass eels.

The effect of the release of cooling water into the sea is monitored by yearly fyke net surveys in three locations: The recipient area of Ringhals, affected by the cooling water, Vendelsö, used as a reference area unaffected by cooling water, and Norra Horta, which is partly affected. To include seasonal variations in water temperature, two surveys were conducted, one in April and one in August. In 2022, the generally most common species was corkwing wrasse, except for April in the reference area, where goldsinny wrasse was most common. In general, the occurrence of warm-water species was higher in the recipient area and the occurrence of cold-water species was higher in the reference area. The total catch of shore crab was quite high in all places and fishing periods, with a peak in the recipient area in August.

The area around the outlet of the water sifting stations exhaust pipe was examined with ROV (Remotely Operated Vehicle) to visually inspect any impact on the sea floor. Discharge and sedimentation of shell parts of mussels and crabs continues to decrease this year, as a result of lower cooling water flow.

To investigate the presence of marine invasive alien species, a scuba diving survey was conducted in five locations outside the power plant's cooling water discharges. Six species of algae alien to the west coast were found during the survey (*Bonnemaisonia hamifera*, *Dasysiphonia japonica*, *Gracilaria sp.*, *Sargassum muticum* and *Codium fragile*), as well as one alien animal species (*Magellana gigas*). Additionally asian shore crab was found during april in the fyke net survey. All species have previously been observed along the Swedish west coast.

Innehållsförteckning

1. Inledning	9
2. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan	12
3. Kontrollprogram och metodik	14
3.1. Förlust av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna	14
3.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver	14
3.1.2. Håvning med Isaac-Kidd-yingelhåv	14
3.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten	15
3.2.1. Provfiske med ryssjor	15
3.3. Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation	15
3.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter	16
4. Resultat	18
4.1. Förlusten av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna	18
4.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver	18
4.1.2. Håvning med Isaacs-Kidd-yingeltrål	21
4.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten	24
4.2.1. Provfiske med ryssjor	24
4.2.2. Sjukdomar	29
4.3. Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation	29
4.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter	30
5. Diskussion	35
Referenser	38

1. Inledning

Kärnkraftverk vid kusten påverkar marina ekosystem, främst genom sin användning av kylvatten (Pan et al. 2018). Denna rapport redovisar resultat från den biologiska kontrollverksamheten i vattenrecipienten utanför Ringhals kärnkraftverk 2022 med fokus på det marina samhället av fisk och skaldjur. Undersökningarna i området har pågått sedan 1976 och har under årens lopp främst fokuserat på dödlighet av fisk i kylvattenintaget och effekter på fisk i recipienten. Undersökningarna jämförs dels med referensområdet vid det varmvattensopåverkade området Vendelsö och dels med det delvis påverkade området Norra Horta. Resultaten presenteras i årliga rapporter (exempelvis Persson et al. 2021). Fördjupade analyser av kylvattenhanteringens effekter på kringliggande vattenmiljö över en längre tidsperiod utförs efter avrop från Ringhals AB (exempelvis Andersson et al. 2015) och kan leda till förändringar i baskontrollprogrammet. För genomförande av det biologiska programmet inom recipientkontrollen ansvarar Kustlaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua).

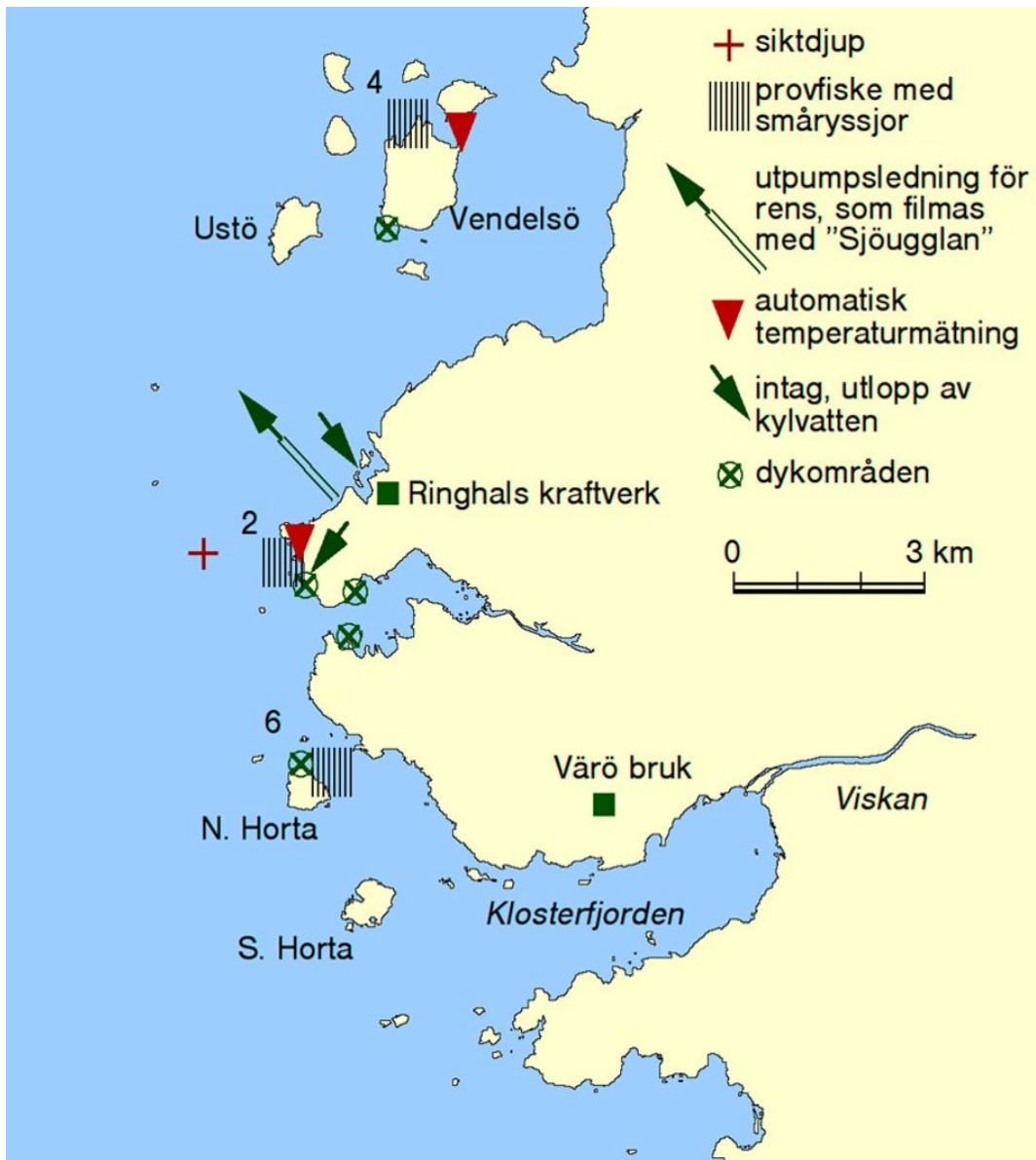
Kraftverkets påverkan har tidigare noterats dels som en ökad dödlighet hos de ägg, larver och juvenil fisk som förs med in i kylvattensystemet eller som fastnar i kraftverkets silstationer, dels som förändringar i fisksamhällets sammansättning, struktur och funktion, samt som plats för etablering av invasiva främmande arter i det område som påverkas av förhöjda temperaturer från det uppvärmda kylvattnet (Andersson et al. 2015). Denna årsrapport presenterar resultaten från 2022 års undersökningar genomförda enligt kontrollprogrammet.

Det uppvärmda kylvattnet som släpps ut från Ringhals kärnkraftverk medför en risk för påverkan på det marina ekosystemet (Jan et al. 2001; Teixeira et al. 2009; Pan et al., 2018) eftersom många marina fisk- och skaldjursarter är temperaturkänsliga (Kordas et al. 2011; se även litteratursammanställning i Thome et al. 2017). Kylvattenutsläpp kan även förändra artsammansättningen hos växtplankton och i den övriga födoväven (Xu et al., 2021). En uppvärmning av området kan alltså påverka både artsammansättningen och förekomsten av specifika arter. För att skatta effekterna av det uppvärmda kylvattnet utförs årligen fiskeundersökningar i april månad, då havsvattnet är naturligt kallare, och i augusti månad, då havsvattnet är naturligt varmare. Anledningen till att fisket delades upp i två fiskeperioder är att kunna inkludera en större del av årstidsvariationerna i

temperatur och abundans av fisk och skaldjur. Fisket genomförs i ett kustområde i anslutning till Ringhals kylvattenutsläpp, samt i ett referensområde. Referensområdet, Vendelsö, ligger sju kilometer nordost om utsläppets mynning, och bedöms vara opåverkat av kylvattenutsläppet (figur 1). Referensområden används för att kunna urskilja förändringar beroende på kärnkraftverkets drift, jämfört med förändringar på grund av externa faktorer, som klimat, salthalt eller andra mänskliga påverkansfaktorer utöver kraftverket. Från augusti 2011 tillkom ännu ett fiskeområde tre kilometer från utsläppsområdet, vid kusten utanför Norra Horta. Området utanför Norra Horta bedöms vara delvis påverkat av kylvattenutsläppet, beroende på rådande strömmar och vindar.

Intaget av kylvatten från strandområdet påverkar också fisksamhället vid Ringhals kraftverk. Från lekområden ute till havs transporteras varje år fiskägg, fisklarver och juvenil fisk in till uppväxtområden vid kusten. De fiskägg, fisklarver och juvenila fiskar som passerar intagskanalen när kärnkraftverket är i drift sugas med kylvattnet in i kraftverket, där majoriteten dör. Ett viktigt undantag är glasålen som beräknas ha en överlevnad på cirka 85 procent (Bryhn et al. 2014). Det årliga bortfallet kan orsaka rekryteringsförluster hos omgivande fiskbestånd. För att kvantifiera den potentiella skadan genomförs årligen hävningar efter ägg, larver och juvenil fisk i intagskanalerna till kraftverket med två olika trålredskap (Grimås et al. 1988). En trål fokuserar på ägg och små larver, medan den andra fokuserar på yngel och större fisk.

Då Ringhals kylvattenutsläpp förändrar den lokala miljön genom att värma upp recipientområdet kan levnadsförhållandena för etablerade arter försvåras (Vitousek et al. 1996; Rajagopal et al. 2012; Pan et al., 2018). Samtidigt kan etableringen av främmande arter gynnas av uppvärmningen, då de potentiellt är bättre anpassade för det förändrade miljöförhållandet (Mooney & Cleland 2001; MacDougall & Turkington 2005; Rajagopal et al. 2012; Nowakowski & Sługocki, 2021). Av denna anledning undersöks förekomsten av invasiva främmande arter årligen i en påverkansgradient från kylvattenutsläppet. Syftet är att upptäcka nyetableringar av invasiva främmande arter, notera förekomster, samt på ett tidigt stadium kunna ta fram underlag för eventuella motåtgärder.



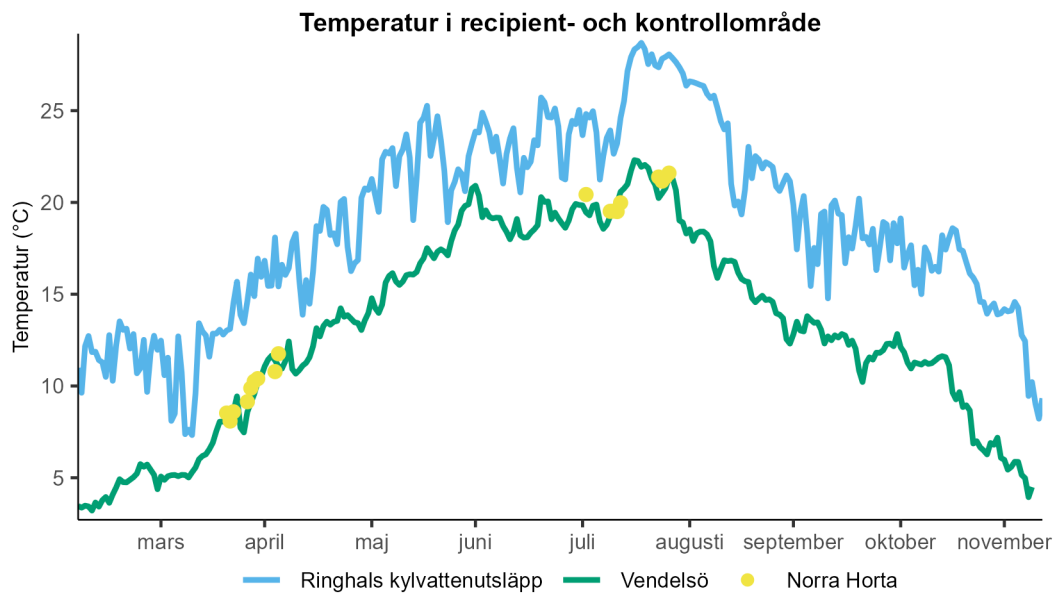
Figur 1. Översiktskarta med provfiskeområden vid Ringhals (recipientområde 2), Vendelsö (referensområde 4) och Norra Horta (referensområde 6), fem dykområden för kontroll av främmande arter, intagskanalen för kylvatten, där provtagning sker av fiskägg och juvenil fisk, referenspunkt för siktdjup, samt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

2. Kraftverkets drift och temperaturpåverkan

Ringhals kärnkraftverk har haft fyra reaktorer som togs i drift mellan åren 1975 och 1983. Under 2015 fattades beslut om stängning av Ringhals reaktor 1 och 2. Sedan årsskiftet 2019/2020 har reaktor 2 varit stängd. Nedstängningen av reaktor 1 genomfördes vid årsskiftet 2020/2021. De två kvarvarande reaktorerna (3 och 4) har varit i drift under större delen av åren, med undantag för vissa kortare avställningar i samband med exempelvis revision eller reparation.

Det totala kylvattenflödet under 2022 var 89 m³/s under januari-maj samt juli-augusti, vilket motsvarar full drift. I juni stängdes reaktor 3 för revision och i augusti stängdes reaktor 4 för revision och reparation. Reaktor 4 togs inte i bruk resten av året på grund av reparationsarbete. Vid revision och reparationsperiod var kylvattenflödet 50,5 m³/s. Medelflödet per dag under året var cirka 71 m³/s.

Temperaturen i utsläppsområdet påverkas av det utgående kylvattnet och skiljer sig därför jämfört med temperaturen i referensområdet vid Vendelsö (figur 2). Under 2022 har temperaturen varit ungefär 6 °C högre i utsläppsområdet än i referensområdet, störst skillnad observerades i mars och september då temperaturen var cirka 7 °C högre. Temperaturen i Norra Horta som tagits under provfisket i april och augusti indikerar att området har liknande temperaturer som referensområdet Vendelsö.



Figur 2. Medeltemperatur (°C) per dag i recipientområdet vid Ringhals kylvattenutsläpp (blå), i referensområdet vid Vendelsö (grön) under perioden mars till december 2022, samt botten temperaturerna från provfisket vid Norra Horta (gul). Temperaturmätarna vid Ringhals kylvattenutsläpp och Vendelsö hängdes från bojar på en meters djup. Bojen vid Vendelsö hittades dock vid inhämtning i vattenbrynet och har delvis mätt på ett mindre djup närmare 0,3 meter.

3. Kontrollprogram och metodik

Här beskrivs kortfattat de undersökningar som ska genomföras enligt det biologiska kontrollprogrammet för Ringhals AB. För en mer utförlig metodbeskrivning se Andersson et al. (2015) samt Sundqvist et al. (2018).

3.1. Förlust av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna

Fiskägg, fisklarver, fiskyngel och juvenil fisk som förs in med kylvattnet till Ringhals kraftverk kontrolleras sedan 2015 i intagskanalen för kylvatten till reaktor 3 och 4 (tidigare år intagskanalerna till reaktor 1 och 2).

3.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Fiskägg och fisklarver från vinterlekande arter samlas årligen in med hjälp av en Bongohåv med en maskvidd på 500 µm (Andersson 1985). Håvningarna genomförs dagtid två gånger i veckan under cirka 10–15 minuter, från januari till och med april. Insamlade ägg och larver bestäms så långt som möjligt till art eller taxonomisk grupp. Kylvattenflödet i intagskanalen mäts med en flödesmätare (*General Oceanics*).

3.1.2. Håvning med Isaac-Kidd-yngelhåv

Provtagning av fiskyngel och juvenil fisk utförs med en modifierad Isaacs-Kidd-yngeltrål med en maskvidd på 1,5 millimeter (Andersson 1980). Provtagningen utförs nattetid två gånger i veckan under perioden februari till och med april. Trålen fiskar 16 till 18 timmar per tillfälle. Fångsten sorteras och artbestäms. Alla individer inom en art eller en taxonomisk grupp vägs tillsammans och antalet individer räknas. I årsrapporterna redovisas medelantalet individer per ansträngning (håvningstimme) för det aktuella året, korrigerat så att det motsvarar antalet individer som kunde antas ha fångats under maximalt flöde enligt: $\frac{\text{Antal individer}}{(F_{\text{Fångst}}/F_{\text{max}})}$ där Antal individer är antalet individer vid fångstillfället, $F_{\text{Fångst}}$ är flödet vid fångstillfället och F_{max} är maximalt flöde (90 m³/s) i intagskanalen.

3.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten

3.2.1. Provfiske med ryssjor

Förekomsten av fisk studerades genom provfiske med provfiskeryssjor i tre områden under april och augusti. Områdena inkluderar recipienten vid Ringhals kylvattenutsläpp, referensområdet vid Vendelsö sju kilometer norr om utsläppsområdet, och området vid Norra Horta, tre kilometer söder om kylvattenutsläppet. Inom varje fångstområde provfiskades sex stationer med två enkelryssjor sammankopplade strut i arm på varje station (Thoresson 1996). Varje station fiskades vid nio tillfällen, där varje tillfälle varade ett dygn.

Varje individ i fångsten artbestämdes och mättes per centimeterklass. Vägning skedde per art och station. Om flera individer fångades av samma art på en station vägdes de tillsammans och medelvikt beräknades per individ och art. Varje individ i fångsten från fiske med småryssjor kontrollerades med avseende på yttre synliga sjukdomstecken och skador.

3.3. Kontroll av utsläppstub från renshus och silstation

Återtransporten av material som fastnar i silar och i rengallret från intagskanalen sker via en uppsamlingsbassäng i renshuset där pumpar skickar vidare materialet genom en tub som mynnar vid nio meters djup i havet utanför kärnkraftverket. (Andersson et al. 2011; Bryhn et al. 2014). För att få en visuell bild av tubens effekter på närområdet i havet vid renshustubens mynning filmas området kring tuben årligen, vanligtvis i september med hjälp av en ROV (*Remotely Operated Vehicle*; figur 3). Under 2022 filmades tuben 21 september från cirka fyra meters djup ned mot mynningen på cirka nio meters djup och sedan i området kring mynningen i cirka en timme.



Figur 3. ROV (*Remotely Operated Vehicle*). Foto: Jakob Looström.

3.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter

Förekomsten av främmande arter inventeras varje år vid Ringhals kärnkraftverk i mer eller mindre omfattande kontroller. Vartannat år sker mer omfattande kontroller som inkluderar inventering inne på Ringhals område genom dykning i svallbassäng T2 och till fots i huvudkylvattentunnel R4 då denna är tömd på vatten i samband med revision. Dessa undersökningar genomfördes 2022.

Svallbassäng T2 inventerades med hjälp av yrkesdykare från Dyk & Båt. Transekter lades ut för att täcka in mellersta (transekt 1), östra (transekt 2) och västra (transekt 3) delen av bassängen. Transekterna markerades med måttband utlagda längs med botten i rät vinkel från bassängkanten (figur 4). Den mellersta transekten användes som en huvudtransekt där hårdbottenprover samlades in. Den västra och östra transekten undersöktes huvudsakligen visuellt med fokus på algbältesgränser och främmande arter. Flora och fauna bestämdes så långt som möjligt till art eller taxonomisk grupp.

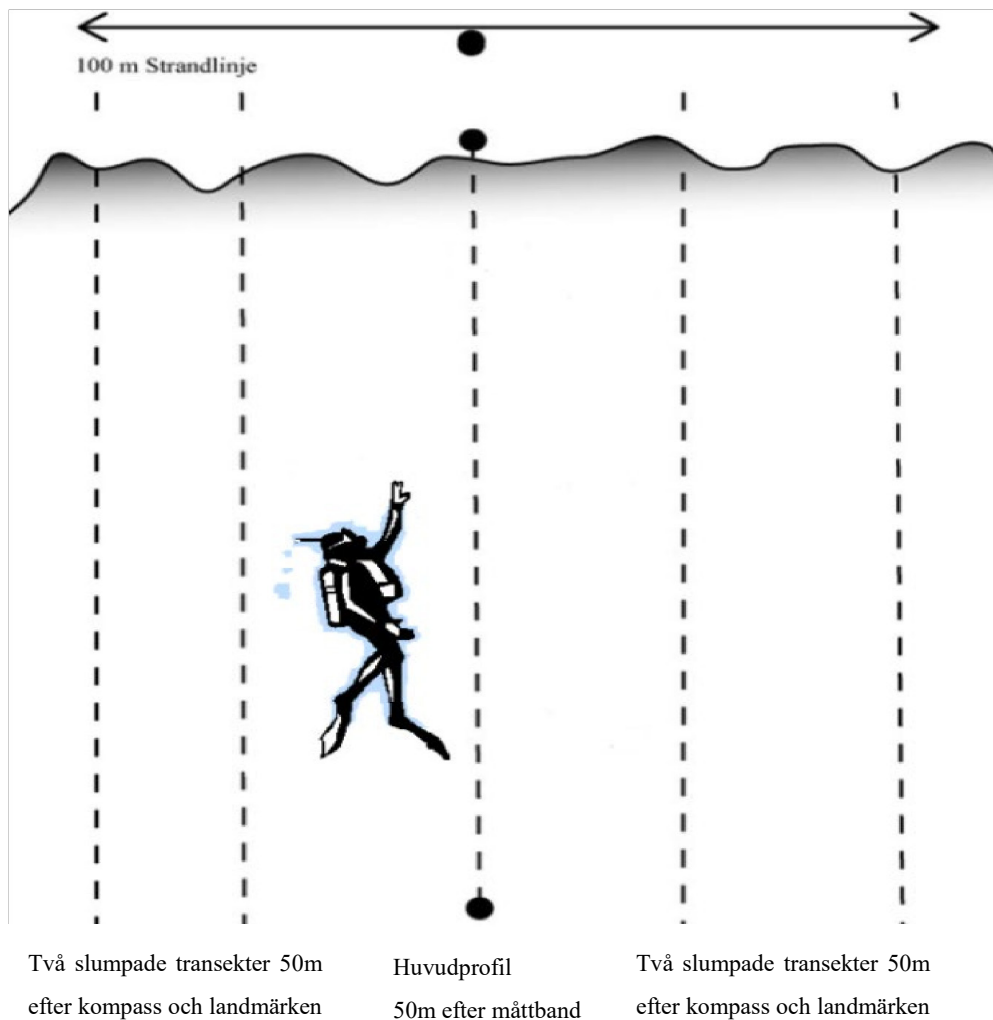
Huvudkylvattentunneln R4 inspekterades till fots. Tunneln är uppskattningsvis 300 meter lång med sidor bestående av berg eller cement, och hela tunneln är cirka 10 meter bred och lika hög. Hårdbottenprov togs på tio lokaler som slumpmässigt fördelades ut i tunneln. Proverna samlades i nätpåsar och artbestämdes i laboratoriet under stereolupp.

I recipienten genomfördes dykinventeringar av fastsittande flora och fauna på fem lokaler utanför utsläppet (figur 1) för att upptäcka och uppskatta mängder främmande arter. Tre lokaler besöks årligen, Ringhals udde, Norra Horta och Vendelsö. Lokalerna i Båtafjorden (Båtafjorden södra och Båtafjorden norra) besöks vartannat år. Samtliga lokaler besöktes 2022. Varje lokal bestod av en rak strandsträcka på 100 meter där mitten markerades med hjälp av ett måttband. Utifrån mittlinjen sattes huvudtransekten vinkelrätt ut i vattnet. Ytterligare två transekter slumpades ut på var sida om huvudtransekten (figur 5). Samtliga transekter var 50 meter långa.

Längs huvudtransekten noterades bottensubstrat, och samtliga arters täckningsgrad uppskattades inom en korridor av fyra till fem meter. Längs övriga transekter, fyra per område, noterades enbart främmande arter av alger samt algbältesgränser.



Figur 4. Svallbassäng T2 med dyktransekternas utgångspunkt och riktning. Den ljusblå ytan i den vänstra bilden representerar grunt vatten och den mörkare ytan djuprännan i svallbassängen.



Figur 5. Schematisk bild över hur dyktransekterna var upplagda på en dykplats, med en 50–100 meter lång huvudprofil i mitten av en strandsträcka på 100 meter, och fyra slumpade transekter vid sidan av huvudprofilen.

4. Resultat

4.1. Förlusten av ägg och juvenil fisk i kylvattenvägarna

4.1.1. Håvning med Bongohåv efter fiskägg och fisklarver

Under provtagningsperioden 2022, som pågick från vecka två till och med vecka 18, fångades 17 olika arter av fisklarver (tabell 1). Samtliga arter har förekommit i provtagningen under tidigare år. Medelvärdet för antalet fångade fisklarvsarter per år har varit 13,4 för hela provtagningsserien (1979–2022) och 15,8 för den senaste 10-årsperioden (2013–2022).

De vanligaste arterna/taxonomiska grupperna av fångade fisklarver under 2022 var skrubbskädda följt av tobis (kust- och havstobis), torsk, rötsimpa och rödspätta (tabell 1).

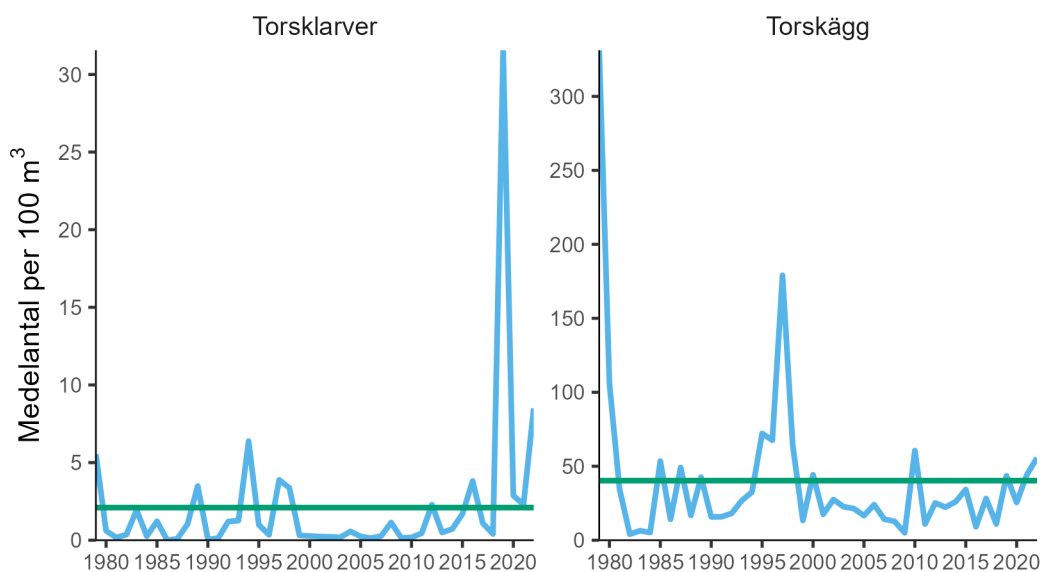
Medelantalet larver uppmättes till 71,6/100 m³ för 2022 vilket var mer än dubbelt så högt jämfört med genomsnittet för hela provtagningsperioden (27,7 larver/100 m³) och något högre än den senaste 10-årsperioden (67,1 larver/100 m³). 2022 års medelfångst var även högre än 2021, som uppmättes till 28,9 larver/100 m³.

Två kommersiellt viktiga arter som fångades var torsk och rödspätta. Fångsten av torsklarver 2022 var över genomsnittet jämfört med hela provtagningsperioden och även över genomsnittet för den senaste 10-årsperioden trots de höga fångsterna under 2019 (figur 5 respektive figur 6). För rödspätta låg fångsterna över genomsnittet både för hela provtagningsperioden samt för de senaste 10 åren.

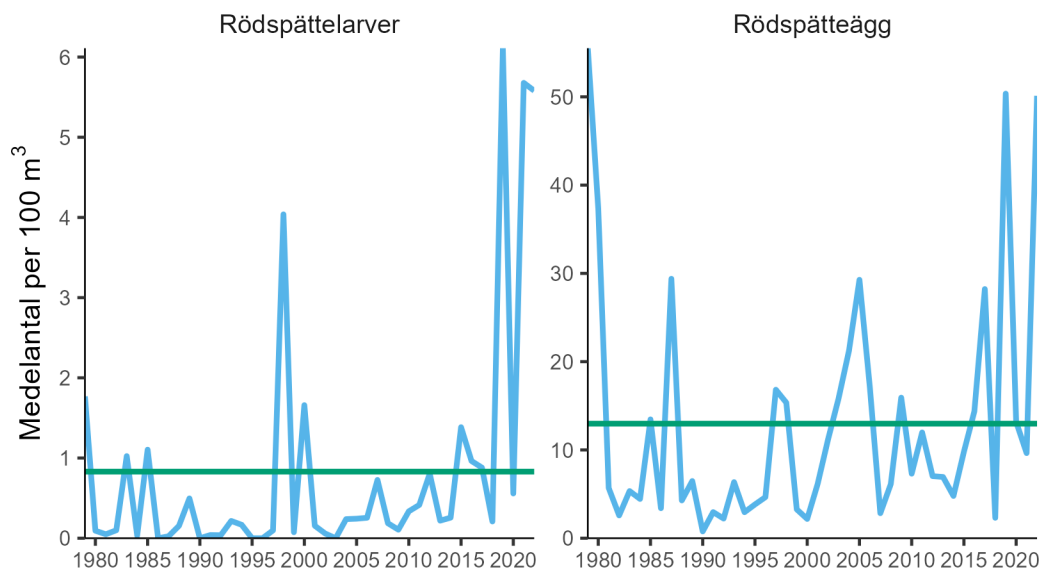
2022 års fångst av fiskägg uppgick till 236 ägg/100 m³ vilket ligger över medelvärdet för hela tidsserien och den senaste 10-årsperioden, även om det är betydligt lägre än året med maximala fångsten (2021) där mängden ägg uppmättes till 637 ägg/100 m³. Medelfångsten för hela tidsserien ligger på 118 ägg/100m³, och för de senaste 10 åren på 169 ägg/100 m³. Arterna/taxonomiska grupperna med högst förekomst i fångsterna var torsk (55,7 ägg/100 m³) och små plattfiskägg (skrubbskädda och sandskädda, 55,6 ägg/100 m³) följt av rödspätta (50,1 ägg/100 m³). Medelantalet ägg av både rödspätta och torsk låg över genomsnittet för både hela tidsserien och den senaste 10-årsperioden.

Tabell 1. Arter/taxonomisk grupp fångade vid provtagning av fisklarver med Bongohåv under vecka 2 till och med vecka 18 under 2022. För varje art anges medelvärdet (antal per 100 m³). Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2022.

Art/taxon	Antal per 100 m ³
Skrubbskädda	17,82
Tobis (kust-/havs-)	15,50
Torsk	8,49
Rötsimpa	8,21
Rödspätta	5,58
Tejstefisk	4,38
Sandskädda	4,15
Sill	3,15
Skäggsimpa	1,36
Skarpsill	1,36
Oxsimpa	1,00
Montagus ringbuk	0,70
Lerskädda	0,39
Spetsstjärtat lågebarn	0,10
Tångsnärta	0,07
Fyrtömmad skärlånga	0,03
Femtömmad skärlånga	0,02
Total fångst (medelantal/100 m ³)	71,32
Antal arter	17



Figur 6. Förekomsten (medelantal per 100 m³ vatten) av torsklarver och torskägg fångade under vecka 1–18 med Bongohäv i kylvattenkanalen åren 1979–2022. Observera de olika skalorna på y-axlarna. Den gröna linjen visar genomsnittet för hela undersökningsperioden.



Figur 7. Förekomsten (medelantal per 100 m³ vatten) av rödspätteägg och rödspätelarver fångade under vecka 1–18 med Bongohäv i kylvattenkanalen åren 1979–2022. Observera de olika skalorna på y-axlarna. Den gröna linjen visar genomsnittet för hela undersökningsperioden.

4.1.2. Håvning med Isaacs-Kidd-yngeltrål

Under 2022 fångades 45 arter av fiskyngel och juvenil fisk med Isaacs-Kidd-yngeltrål i kylvattenkanalen till Ringhals kraftverk (tabell 2). Det är över genomsnittet för hela provtagningsperioden (36,5 arter) men jämförbart med den senaste tioårsperioden (44 arter). Första observationen av bergvar i provtagningen påträffades under 2022 års provtagning. I helhet så var fångsten av fisk (individer per timme) betydligt högre 2022 (1053,6 individer/h) än 2021 (255,7 individer/h) och medelfångsten för hela tidsperioden (393,1 individer/h).

Sill var den vanligaste arten i fångsten 2022, där yngel från höstlekande populationer dominerade stort. Sill fångades både som yngel och som juvenil. Fångsterna av sillyngel har uppvisat stora mellanårsvariationer (figur 7), där 2022 var högre än medelvärdet för både hela provtagningsperioden och den senaste tioårsperioden (medelantal 2022: 832,2/h, 1981-2022: 250,9/h, 2013-2022: 302,2/h). Fångsten per ansträngning av juvenil sill under 2022 (0,5/h) var liknande den för 2021 (0,4/h), men mycket lägre än fångsten 2020 (5,0/h). Medelfångsten av sill under hela provperioden (0,8/h) påverkas av väldigt höga fångster vid ett fåtal år (figur 7), där 2020 var ett av åren med störst fångst.

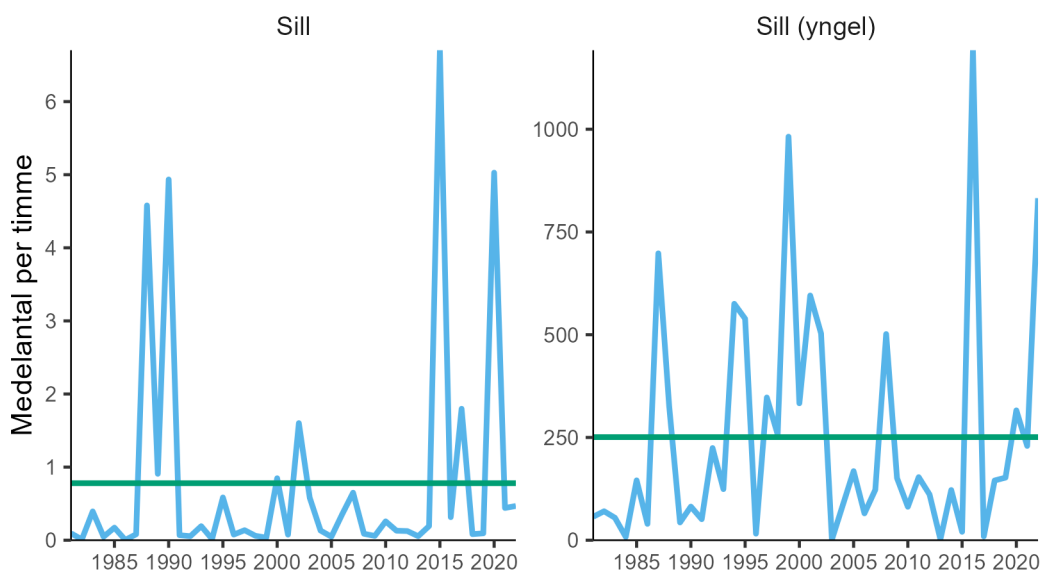
Den näst vanligast förekommande arten i fångsten 2022 var klarbult. Klarbult är en vanlig art i den fria vattenmassan i Västerhavet. Antalet fångade klarbultsindivider 2022 var högre än medeltalen för både hela provtagningsperioden och den senaste tioårsperioden (medelantal 2022: 200,9/h, 1981-2022: 97,5/h, 2013-2022: 122,4/h).

Tobis (yngel) var den tredje vanligaste arten i provtagningen 2022. Antalet fångade tobisyngel 2022 var högre än det från 2021 och än medel från hela provtagningsperioden och senaste tioårsperioden (medelantal 2022: 7,9/h, 2001-2021: 4,8/h, 2013-2022: 6,8/h). Observera att första fyndet av tobisyngel i provtagningen med yngeltrål vid Ringhals var 2001.

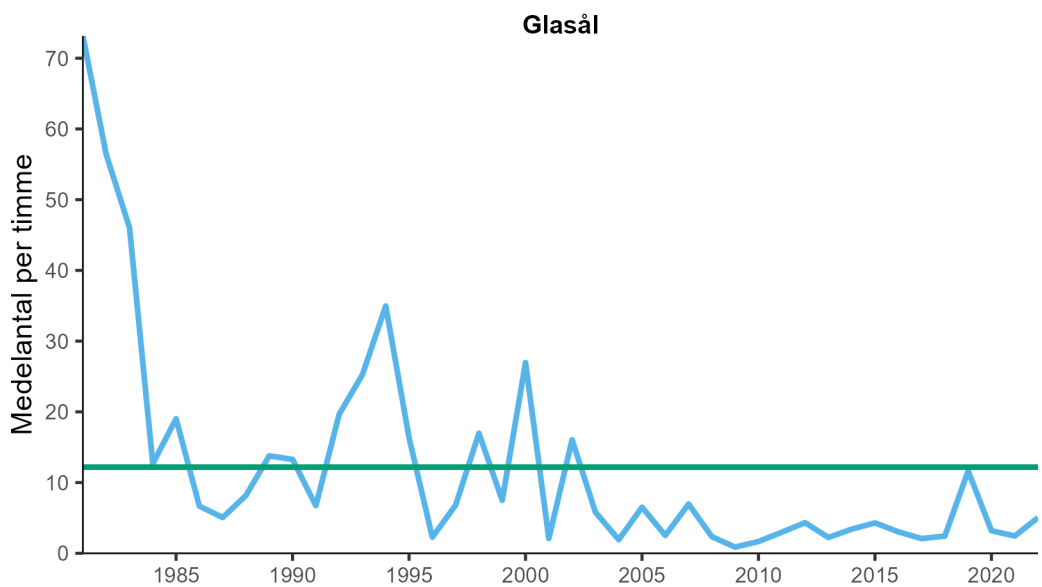
Den fjärde vanligaste arten i fångsten 2022 var yngel av ål (glasål). Fångsten var något högre än den för senaste tioårsperioden (figur 8) men mindre än hälften av medelantalet för hela provperioden (medelantal 2022: 5,1/h, 1981-2021: 12,2/h, 2013-2022: 4,0/h).

Tabell 2. Arter fångade vid provtagning av juvenil fisk och fiskyngel med Isaacs-Kidd-yngeltrål i kylvattenintaget vid Ringhals kraftverk från februari till och med maj 2022. För varje art anges ett medelvärde som justerats för att motsvara det antal individer som skulle ha fångats per timme (en ansträngning) vid maximalt kylvattenflöde. Arterna är listade efter hur vanligt förekommande de varit i proverna under 2022. Arter markerade med *, ** eller *** är samma art i olika livsstadier. Alla arter utan stjärna efter namnet förekom endast i ett livsstadium under provtagningen.

Art	Fångst per timme
Sill (yngel)*	832,22
Klarbult	200,92
Tobis (yngel)***	7,94
Glasål**	5,05
Sandstubb	1,41
Storspigg	1,34
Mindre kantnål	0,781
Bergstubb	0,633
Sill*	0,468
Tobis (kust-/havs-)***	0,406
Skarpsill	0,309
Rödspätta	0,280
Sjustrålig smörbult	0,209
Fyrtömmad skärlånga	0,2
Tängsnälla	0,197
Tjockläppad multe	0,135
Laxsill	0,133
Tänglake	0,130
Skrubbskädda	0,106
Stensnultra	0,080
Tejstefisk	0,080
Större kantnål	0,074
Tobiskung	0,062
Svart smörbult	0,056
Gulål**	0,050
Sjurygg	0,044
Rötsimpa	0,035
Skäggsimpa	0,029
Tängspigg	0,029
Småspigg	0,021
Flodnejonöga	0,018
Mindre havsnål	0,018
Spetsstjärtad smörbult	0,015
Havskatt	0,012
Torsk	0,012
Tungevar	0,012
Skärsnultra	0,009
Femtömmad skärlånga	0,006
Gråsej	0,006
Sandskädda	0,006
Bergvar	0,006
Nors	0,003
Oxsimpa	0,003
Randig sjökock	0,003
Småtunga	0,003
Större havsnål	0,003
Tunga	0,003
Vitling	0,003
Alla arter	1054
Antal arter	45



Figur 8. Förekomsten av juvenil sill (vänster) och sillyngel (höger) i två av kylvattenkanalerna (till reaktor 1 och 2 respektive 3 och 4) under februari-maj åren 1981–2022. Värderna är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Observera de olika skalorna på y-axlarna. Den gröna linjen visar genomsnittet för hela undersökningsperioden.



Figur 9. Förekomsten av glasål i två av kylvattenkanalerna (till reaktor 1 och 2 respektive 3 och 4) under februari-maj, 1981–2022. Värderna är angivna som medelantal per timme omräknat till fångst vid maximalt kylvattenflöde. Den gröna linjen visar genomsnittet för hela undersökningsperioden.

4.2. Förekomst av fisk i recipienten av kylvatten

4.2.1. Provfiske med ryssjor

Under provfisket i april fångades 16 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 20 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Vendelsö, samt 22 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 3). Motsvarande fiske i augusti resulterade i 11 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Ringhals, 14 fiskarter och 2 kräftdjursarter vid Vendelsö samt 14 fiskarter och 3 kräftdjursarter vid Norra Horta (tabell 4). Vid provfisket i april var skärsnultra den mest förekommande fiskarten vid Ringhals och Norra Horta, medan stensnultra var den mest förekommande arten vid Vendelsö. Vid provfisket i augusti var skärsnultran den mest förekommande arten i samtliga områden. Andra arter som förekom i höga antal vid samtliga områden var svart smörbult, torsk, stensnultra och skrubbskädda i april, samt stensnultra, ål, torsk och svart smörbult i augusti. Likt föregående år var strandkrabba det i särklass vanligaste kräftdjuret i fångsten under både april och augusti i alla områden. Jämfört mellan fångstområdena så var antalet fångade strandkrabbor betydligt större i recipientområdet än de andra. Antalet var även större i augusti jämfört med april. Under provfisket i april hittades den främmande arten blåskrabba i recipientområdet. Den hittades för första gången i områden 2016.

Totalfångsten av samtliga fiskarter under provfisket i april och augusti, 1976–2022, vid alla tre områdena presenteras i figur 9. Jämfört med föregående år fångades fler individer per ansträngning av fisk och skaldjur inom samtliga fiskeområden under både april och augusti. Under fisket i april fångades sandstubb för första gången i ryssjorna. Det är en vanlig fisk som inte brukar fångas i ryssjor då dess storlek vanligtvis tillåter den att simmar genom maskorna.

Fångsten av skärsnultra 2022 var markant högre både under fisket i april och i fisket i augusti vid alla områden, förutom i Vendelsö under april, jämfört med fångsten 2021 (figur 10). Liksom tidigare år fångades det dock betydligt fler skärsnultror i augusti än i april, inom samtliga områden. Flest skärsnultror fångades vid Ringhals (34,3 skärsnultror per ansträngning) följt av Norra Horta (27,6 skärsnultror per ansträngning) under fisket i augusti.

Antalet torsk i fångsten 2022 var lägre än föregående år vid alla lokaler under fisket i april (figur 11). Mest torsk per ansträngning fångades vid Norra Horta (0,7 torskar per ansträngning), och minst antal torsk fångades vid Ringhals (0,2 torskar per ansträngning). I augusti fångades det något fler torskar vid Vendelsö och Norra Horta 2022 än föregående år (figur 11). Vid Ringhals fångades det 2022 lägre antal torsk än föregående år (0,04 torskar per ansträngning).

Fångsten av ål 2022 var större i Ringhals och Vendelsö än fångsten föregående år både under fisket i april och under fisket i augusti (figur 11), fångsten i Norra Horta låg på liknande nivå som 2021. Lägst var fångsterna i Norra Horta (0,05 ålar

per ansträngning) i april. Den högsta fångsten av ål 2022 var vid Ringhals i augusti (1,4 ålar per ansträngning).

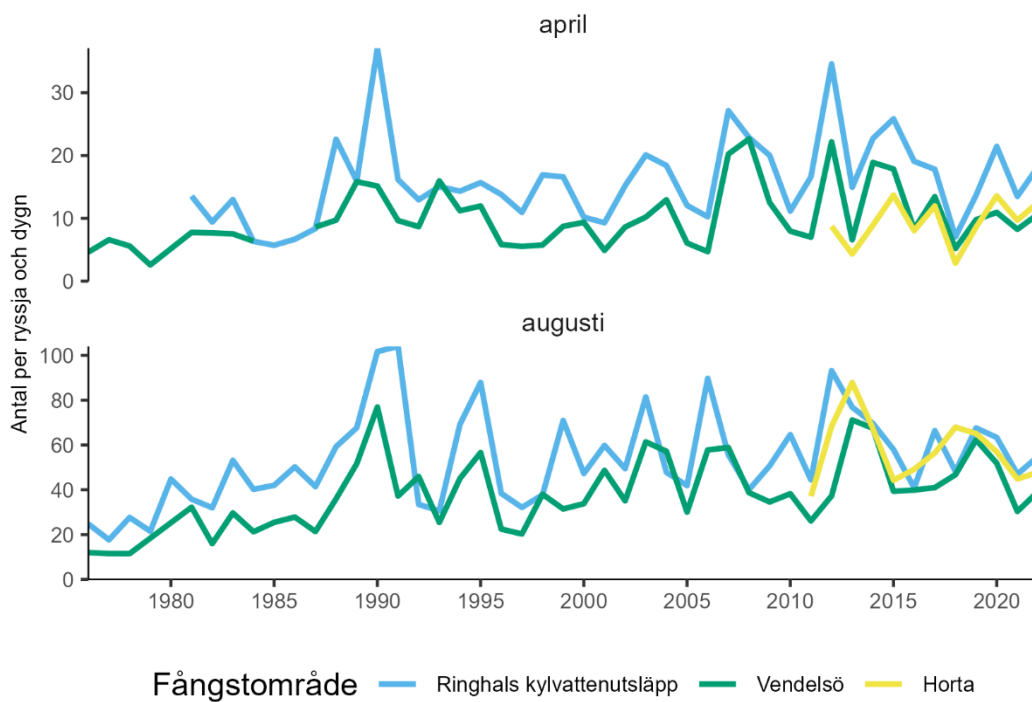
Fångsten av tånglake 2022 var lägre än föregående år vid alla lokaler under både april- och augustifisket (figur 11). Vid Ringhals i augusti fångades ingen tånglake (figur 11), högst var fångsten av tånglake vid Vendelsö i april (0,01 tånglakar per ansträngning).

Tabell 3. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under april 2022

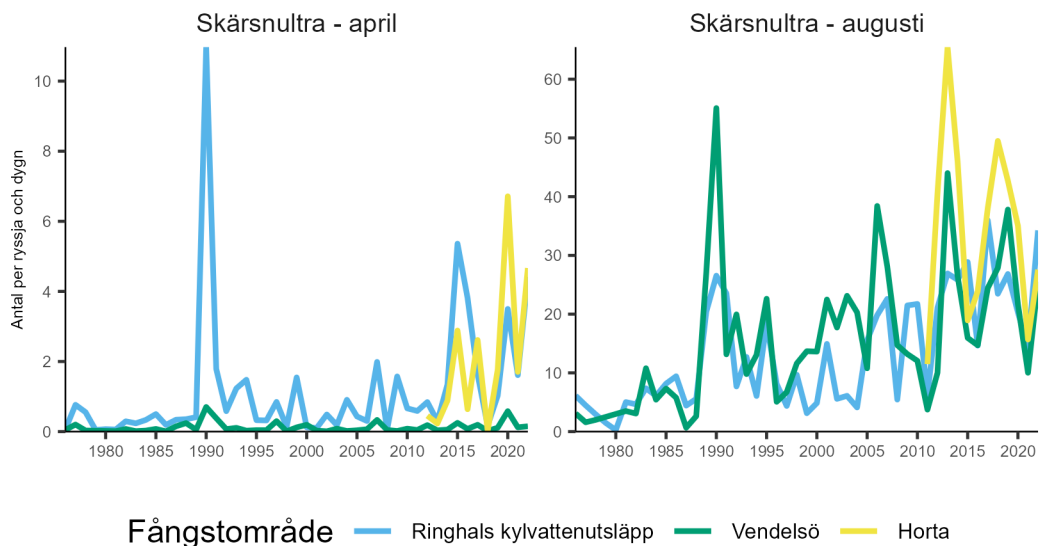
Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
FISKAR						
Skärsnultra	459	4,41	16	0,15	504	4,67
Svart smörbult	130	1,25	125	1,18	45	0,42
Stensnultra	65	0,63	217	2,05	131	1,21
Skrubbskädda	32	0,31	38	0,36	15	0,14
Gråsej	26	0,25	9	0,08	40	0,37
Oxsimpa	22	0,21	12	0,11	6	0,06
Torsk	17	0,16	34	0,32	73	0,68
Större kantnål	13	0,13	2	0,02	1	0,01
Femtömmad skärlånga	12	0,12	3	0,03	20	0,19
Rötsimpa	12	0,12	54	0,51	29	0,27
Rödspätta	9	0,09	2	0,02	1	0,01
Öring	6	0,06	2	0,02	1	0,01
Tånglake	4	0,04	32	0,30	11	0,10
Grässnultra	1	0,01			21	0,19
Piggvar	1	0,01	1	0,01		
Berggylta			1	0,01		
Sandstubb			1	0,01		
Sjustrålig smörbult			1	0,01		
Tunga			1	0,01	1	0,01
Tångspigg			2	0,02	1	0,01
Paddtorsk					1	0,01
Småtunga					1	0,01
Tobis (kust-/havs-)					1	0,01
Tungevar					1	0,01
Ål	27	0,26	8	0,08	5	0,05
Obestämd fiskart					1	0,01
Totalfångst fisk	836	8,04	561	5,29	910	8,43
Antal fiskarter	16		20		22	
KRÄFTDJUR						
Strandkrabba	1058	10,17	564	5,32	443	4,10
Blåskrabba	2	0,02				
Tångräka obestämd			6	0,06		
Totalfångst kräftdjur	1060	10,19	570	5,38	443	4,10
Antal kräftdjursarter	2		2		1	

Tabell 4. Antal fångade fiskar och kräftdjur, samt CPUE (fångst per ryssja och dygn), av alla förekommande arter vid provfiske med ryssjor under augusti 2022.

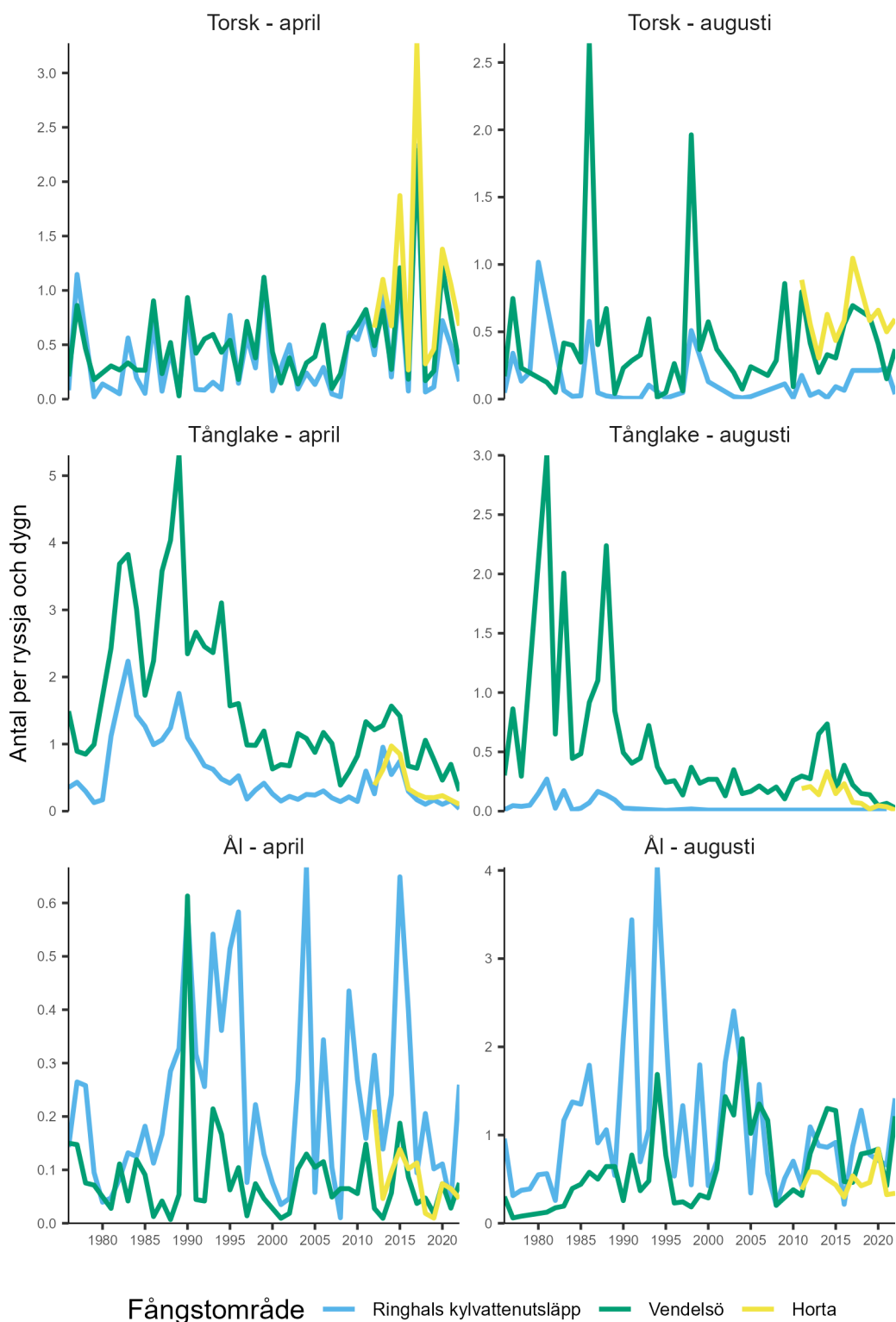
Art	Ringhals		Vendelsö		N. Horta	
	Antal	CPUE	Antal	CPUE	Antal	CPUE
FISKAR						
Skärsnultra	3700	34,26	2753	25,49	2923	27,58
Stensnultra	66	0,61	110	1,02	85	0,80
Svart smörbult	52	0,48	18	0,17	45	0,42
Rödspätta	27	0,25	1	0,01	10	0,09
Skrubbskädda	10	0,09	5	0,05	11	0,10
Torsk	4	0,04	40	0,37	63	0,59
Oxsimpa	3	0,03	2	0,02	1	0,01
Rötsimpa	2	0,02	23	0,21	20	0,19
Femtömmad skärlånga	1	0,01			2	0,02
Öring	1	0,01				
Berggylta			1	0,01		
Lyrorsk			1	0,01		
Tunga			3	0,03		
Tånglake			3	0,03	1	0,01
Vitling			32	0,30	34	0,32
Gråsej					14	0,13
Paddtorsk					3	0,03
Ål	153	1,42	131	1,21	36	0,34
Totalfångst fisk	4019	37,21	3123	28,92	3248	30,64
Antal fiskarter	11		14		14	
KRÄFTDJUR						
Strandkrabba	1904	17,63	1105	10,23	1819	17,16
Tångräka obestämd	2	0,02	6	0,06		
Eremitkräfta					1	0,01
Krabbtaska					3	0,03
Totalfångst kräftdjur	1906	17,65	1111	10,29	1823	17,20
Antal kräftdjursarter	2		2		3	



Figur 10. Antal fångade fiskar per ryssja och dygn, av alla förekommande fiskarter vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976-2022 vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på y-axlarna.



Figur 11. Antal per ryssja och dygn av skärsnultra vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976-2022 vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på y-axlarna.



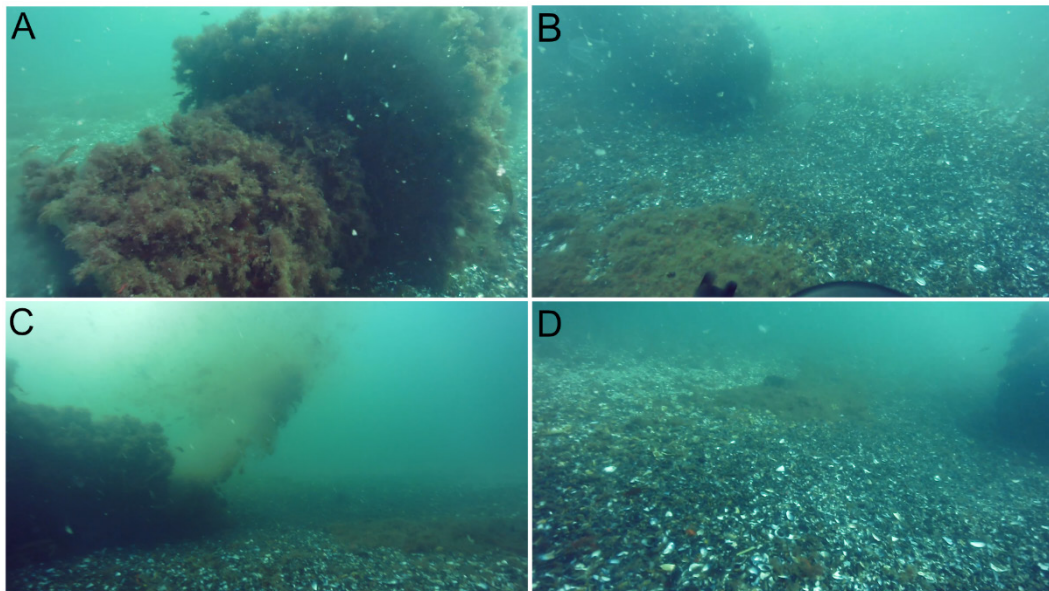
Figur 12. Antal per ryssja och dygn av torsk, ål och tånglake vid provfiske med ryssjor under april och augusti 1976-2022 vid Ringhals (blå), Vendelsö (grön) och Norra Horta (gul). Observera de olika skalorna på y-axlarna.

4.2.2. Sjukdomar

Vid fisket i april uppvisade två av totalt 2307 fångade fiskar yttre sjukdomssymptom, en skärsnultra med tumör och en torsk med skolios. Vid fisket i augusti uppvisade en av totalt 10 390 fångade fiskar yttre sjukdomssymptom, en torsk med hudsår. Alla tre sjuka individer fångades vid Norra Horta.

4.3. Kontroll av utsläppstub från rens hus och silstation

Botten längs med tuben dominerades av skalgrus, sand, småsten och lösdrivande biologiskt material samt inslag av större stenar. Tuben samt större stenar var i huvudsak överväxta av brun- och rödalger (figur 13 A). Skal från döda musslor och krabbor påträffades i området utanför tubens mynning (figur 13 D). Tidigare år har dessa skalrester och mjukt biologiskt material bildat en vall framför tubens mynning. 2022 var denna vall mindre och mer utspridd än tidigare år (figur 13 B och D). Mycket lösdrivande biologiskt material som släppts ut av tuben låg som rörliga mattor på botten en bit ifrån mynningen (figur 13 B, C och D). Vanligt förekommande djurarter på och omkring tuben var krabbtaska, strandkrabba och stensnultra, men även skärsnultra, vanlig sjöstjärna, torsk och smörbultar (*Pomatoschistus* sp.) påträffades.



Figur 13. A) Påväxt av brun- och rödalger på utsläppstub. B) Tubens mynning utan utflöde. C) Utflöde av rensvatten och biologiskt material. D) Skal från blåmusslor och krabbor utanför tubens mynning.

4.4. Kontroll av förekomsten av främmande arter

I kylvattenvägarna inventerades svallbassängen, T2, och kylvattentunneln, som leder in kylvatten till reaktor R4. På bägge lokalerna påträffades stillahavssostron (*Magallana gigas*, tidigare japanskt jätteostron) som den enda främmande arten.

Algbältet dominerades av rödalgen *Polysiphonia hemisphaerica* vid samtliga transekter från ytan och ner till åtta meters djup. Grönalger (*Cladophora* sp.) noterades endast vid den mellersta transekten vid ca tre meters djup. Transekternas maximala djup varierade mellan 10 och 13 m. Skal från stillahavssostron noterades på samtliga transekter, men inget levande exemplar noterades. Andra arter som noterades var tångräka (*Palaemon* spp.), strandkrabba, havstulpaner (döda, *Balanidae*), nätsnäcka (*Tritia* sp.), smörbultar (*Pomatoschistus* sp.) och ål.

I kylvattentunneln R4 påträffades 22 olika djuarter (tabell 5). Vissa djurgrupper som var i ett dåligt skick kunde bara bestämmas till familj eller släkte. Vanligaste djurarterna i tunneln var blåmusslor och glipande havstulpan. Även olika havsborstmaskar var vanliga i tunneln. Både levande och tomma skal av stillahavssostron noterades på tunnelväggarna. Fastsittande filtrerande djurarter som musslor och havstulpaner frodas i tunneln på grund av ett konstant strömmande havsvatten. Utöver dessa arter påträffades flera andra arter såsom vanlig sjöstjärna, slemmaskar, havsnejlika och strandkrabba. De fiskarna som hittades i tunneln var avlidna sedan tidigare. Det saknades fastväxande alger i tunneln där bristen på solljus omöjliggör en tillväxt av alger.

Tabell 5. Förekomst av arter i kylvattentunneln R4, 2022. Främmande arter är noterade i fet stil.

Art/släkte	Svenskt namn
<i>Asterias rubens</i>	Vanlig sjöstjärna
<i>Balanus crenatus</i>	Glipande havstulpan
<i>Belone belone</i>	Näbbgädda
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrabba
<i>Clupea harengus</i>	Sill
<i>Electra pilosa</i>	Mossdjur
<i>Gadus morhua</i>	Torsk
<i>Glycera sp</i>	Havsborstmask
<i>Hediste diversicolor</i>	Bakborstig rovmask
<i>Lepidonotus squamatus</i>	Tolvfjällsmask
<i>Magellana gigas</i>	Stillahavsstron
<i>Merlangius merlangus</i>	Vitling
<i>Metridium senile</i>	Havsnejlika
<i>Monocorophium insidiosum</i>	Märlkräfta
<i>Musculus subpictus</i>	Sjöpungmussla
<i>Mytilus edulis</i>	Blåmussla
<i>Nemertea</i>	Slemmaskar
<i>Obelia/lamodea</i>	Nässeldjur
<i>Psammechinus miliaris</i>	Tångsjöborre
<i>Raniceps raninus</i>	Paddtorsk
<i>Sagartia ornata</i>	Tvillinganemon
<i>Trachurus trachurus</i>	Taggmakrill

Fem lokaler utanför Ringhals industriområde inventerades med avseende på fastsittande flora och fauna under juni 2022.

På de fem inventerade lokalerna registrerades 59 fastsittande arter, varav 57 algarter och två ryggradslösa djur. Vid huvudtransekten på Ringhals udde påträffades tre främmande arter, stillahavsstron, rödalgen rödsvansing (*Dasya baillouviana*) och brunalgen japansk sargassotång (*Sargassum muticum*, tabell 6).

Kontrollen av främmande arterna vid extratransekterna och huvudtransekterna 2022 visade förekomst av sju främmande arter (tabell 7), varav en djurart, stillahavsstron. Algerna som påträffades var rödalger rödsvansing, japantofs (*Bonnemaisonia hamifera*), japanplym (*Dasysiphonia japonica*), agaralg (*Gracilaria sp.*), brunalgen japansk sargassotång, och grönalgen klykalg (*Codium fragile*). Samtliga arter är kända sedan tidigare längst med den svenska västkusten. Japansk sargassotång var den mest abundanta algen och fanns likt tidigare år vid Ringhals udde och Båtafjorden norra och södra. Rödsvansing påträffades endast vid Ringhals udde. Flera exemplar av både japanplym och japantofs noterades vid Norra Horta, och enstaka exemplar av japantofs vid Båtafjorden norra. Stillahavsstron påträffades vid alla lokaler förutom Norra Horta. Även enstaka

exemplar av klykalg påträffades vid Båtafjorden norra (tabell 6). Agaralg hittades för första gången i kontrollen sedan 2011 i Båtafjorden södra.

Tabell 6. Alla arter som identifierades vid taxeringen av huvudprofilen på varje lokal i juni 2022. Förekomsten är uppdelad efter 1) enstaka (ljusblå), 2) vanlig (mellanblå), 3) talrik (mörkblå) baserat på medelvärde av täckningsgrad där arten är förekommande. Arterna i fetstil är främmande arter.

	Art/Släkten	Ringhals utsläpp	Båtafj. norra	Båtafj. södra	Norra Horta	Vendelsö
Grönalger	<i>Chaetomorpha melagonium</i>				1	
	<i>Spongomorpha aeruginosa</i>				1	
	<i>Cladophora</i> sp.	3	1	2	1	1
	<i>Ulva compressa</i>	1				
	<i>Ulva lactuca</i>	1	1			
Brunalger	<i>Ascophyllum nodosum</i>				3	
	<i>Battersia plumigera</i>					1
	<i>Chorda filum</i>	1		1	1	2
	<i>Chordaria flagelliformis</i>				2	2
	<i>Ectocarpus fasciculatus</i>					3
	<i>Ectocarpus/Pylaiella*</i>	2	3	3	2	3
	<i>Elachista fucicola</i>	2				
	<i>Fucus serratus</i>	1	3	3	3	3
	<i>Fucus vesiculosus</i>		2	1	3	2
	<i>Halidrys siliquosa</i>	2			2	3
	<i>Laminaria digitata</i>				2	1
	<i>Leathesia marina</i>				1	
	<i>Punctaria tenuissima</i>	1				
	<i>Saccharina latissima</i>				2	
	<i>Sargassum muticum</i>	3	3	3		
	<i>Sphaerotrichia divaricata</i>			1		
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	1	2	2	2	3
	<i>Striaria attenuata</i>	3	2	2		
	Rödalger	<i>Aglaothamnion hookeri</i>				2
<i>Ahnfeltia plicata</i>		2	2	2		2
<i>Antithamnion cruciatum</i>			1			
Acrochaetiaceae					1	
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>			1		3	
<i>Brongniartella byssoides</i>		3	1	3		
<i>Callithamnion corymbosum</i>					1	1
<i>Ceramium tenuicorne</i>		3	2	2	2	3
<i>Ceramium virgatum</i>		3	3	2	3	3
<i>Chondrus crispus</i>		3	3	3	2	3
<i>Coccotylus/Phyllophora*</i>		2		2		2
<i>Corallina officinalis</i>					3	
<i>Cystoclonium purpureum</i>		3	2	2		3
<i>Dasya baillouviana</i>		2				
<i>Dasysiphonia japonica</i>					2	
<i>Delesseria sanguinea</i>		1	2			2
<i>Dumontia contorta</i>				1		
<i>Erythrotrichia carnea</i>				1	3	
<i>Furcellaria lumbricalis</i>		2	3	3		3
<i>Gracilaria</i> sp.				1		
<i>Lithothamnium/Phymatolithon*</i>					2	
<i>Membranoptera alata</i>		1			2	
<i>Odonthalia dentata</i>		1			2	
<i>Palmaria palmata</i>					2	
<i>Plumaria plumosa</i>					2	
<i>Phycodrys rubens</i>		1	1		2	
<i>Polyides rotundus</i>		2	2	1	2	
<i>Polysiphonia elongata</i>	2			1		

	Art/Släkten	Ringhals utsläpp	Båtafj. norra	Båtafj. södra	Norra Horta	Vendelsö
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	1	2	2	2	2
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	2	2	2		2
	<i>Polysiphonia hemisphaerica</i>	3				
	<i>Polysiphonia stricta</i>				2	2
	<i>Rhodomela confervoides</i>				3	2
	<i>Spermothamion repens</i>	2	3	3		3
Fauna	<i>Halichondria panicea</i>				2	
	<i>Magallana gigas</i>	2	2	2		1

Tabell 7. Förekomst av främmande arter vid linjetaxering av transekter under de senaste fem åren (2018-2022). Täckningsgraden är given efter en tregradig skala, där mörkare färg anger tätare förekomst; 1) enstaka (ljusblå), 2) vanlig (mellanblå), 3) talrik (mörkblå). De grå fälten anger att ingen inventering genomfördes i området under tidsperioden. Transekt C är huvudtransekten.

		Grönalg	Brunalg					Rödalg															Fauna															
Område		Art	Klykalg	Japansk sargassotång					Rödsvansing					Japantofs					Japanplym					Hamndun			Agaralg			Stillahavsstron								
Ringshals		Transekt	22	17	18	19	20	21	22	17	18	19	20	21	22	17	18	19	20	21	22	18	19	20	21	22	18	19	20	21	22	22	17	18	19	20	21	22
Ringshals	A			2	3	3	3	2	2			1	1		1																		1	1	1	2	3	3
	B			3	3	2	2	3	2	1		1	2		1																		1	1	1	2	2	2
	C			3	3	3	3	3	3	1		1		3	2							1					1	1					1	1	2	3	3	2
	D			3	3	1	2	3	3				1	2	1								1					1	1	1	1			1	1	1	2	2
	E			2	3	2	2	3	3				1	2	1																		1	1	1	1	2	1
Båtafjorden norra	A				1			1	3																												1	2
	B				2			1	3																									1			1	
	C				3			3	3						1																						2	
	D				2			1	2				1																						1		1	
	E		1		1			1	3																										1	2		
Båtafjorden södra	A						1		2				1																								1	
	B				2			1	3																												1	
	C				1			1	3				1																					1		2	2	
	D				2			1	2				1																									1
	E				1			1	2				1																									1
Norra Horta	A																																				1	
	B																																				1	
	C											2				1	1	1	1	1	1	3			2								1	1			2	
	D																																				1	
	E																																				1	
Vendelsö	A																																				1	
	B																																					
	C												1	1	1	1	1																				1	
	D																																					
	E																																					

C =huvudtransekt

5. Diskussion

Förlusterna av fisk i unga livsstadier som kärnkraftverkets kylvattenintag medför kan påverka bestånden av arter olika beroende på arternas levnadsmönster. För stationära arter som rötsimpa, tejstefisk och tånglake kan lokala effekter förväntas redan vid relativt små förluster. Liknande effekter skulle kylvattenintaget kunna ha på kustlevande lokala bestånd av arter som torsk, rödspätta och skrubbskädda, även om dessa arter inte är lika stationära och effekten därför kan bli mindre tydlig. För vandringfisk som sill har förlusterna inte samma lokala påverkan, då samma bestånd rör sig både inom och utanför Kattegatt. Kylvattenflödet beror mycket på reaktorernas behov till att kylas och under 2022 var reaktor 4 ur bruk under en stor del av året, vilket då medföljde att kylvattenflödet sänktes i intagskanalen. Detta kan troligtvis leda till att förlusterna av fisk, ägg och larver minskar, om endast tillfälligt tills reaktor 4 tas i bruk igen.

Förekomsten av ägg i undersökningen påverkas av flera olika faktorer. Förutom vattentemperatur så påverkar även salthalt, vindriktning och vattenströmmar fångstmängden. Salthalten har stor inverkan på fiskäggets flytkraft. Hög salthalt ökar äggets flytkraft medan låg salthalt bidrar till att äggen sjunker mot botten och i och med att Bongohåven flyter vid vattenytan kan en låg salthalt resultera i en lägre fångst av fiskägg. Under provtagningen 2022 var medelsalthalten 18,6 ppt, vilket är något lägre än genomsnittet för hela provtagningsperioden på 22,3 ppt. Trots det var medelantalet av ägg 2022 relativt högt jämfört med hela provtagningsperioden, vilket kan bero på naturliga årsvariationer.

Fångsten under provtagningen för yngel och juvenil fisk med Isaacs-Kidd-trål påverkas, liksom förekomsten av ägg och larver, av flera olika faktorer, till exempel variation i strömmar, temperatur, salthalt, förekomst av predatorer. Under provtagningen med Isaacs-Kidd-trål 2022 fångades fler arter än genomsnittet för hela provperioden och nästan tre gånger fler individer per timme än genomsnittet. De tre mest abundanta arterna 2022 låg alla över medelantalet för hela provperioden medan den fjärde i ordningen, glasål, visade en fångst om mindre än hälften av medelfångsten per timme under hela provperioden. Den europeiska ålpopulationen är i nuläget i ett historiskt utsatt skick med låga antal. Glasåls minskning i antal kan inte härledas till lokala effekter utan är snarare en spegling av den totala utvecklingen av arten inom hela utbredningsområdet i Europa, Nordafrika och Västasien (Dekker et al. 2021; ICES 2018, 2019, 2020). Vad gäller fångsten av

resterande arter kan flera faktorer påverka mellanårsvariationer och slutsatser kan endast dras genom analys av trender över större tidsserier.

Tiden för provtagning av ägg och larver i intagskanalen sammanfaller med kända lekperioder för torsk och plattfiskar i Kattegatt (Havs- och vattenmyndigheten 2014a & 2014b), vilket tyder på att övervakningen i Ringhals främst speglar en möjlig påverkan på rekryteringen i närområdet. Mer välutvecklade yngel, som glasål och yngel av höstlekande sill, representerar bestånd med ett mycket stort utbredningsområde där effekten på beståndsnivå troligtvis är liten.

Fångstmängden och artsammansättningen av fisk- och skaldjursarter i ett provfiske påverkas till stor del av vattentemperaturen, både temperaturen vid provfisketillfället, men också temperaturen bakåt i tiden. En av huvudorsakerna till detta är att arter skiljer sig i fråga om vilka vattentemperaturer som för dem är mest gynnsamma (Neuman 1988, Kordas et al. 2011), men det kan också bero på förändringar i arters aktivitet eller förändringar i beståndsstorlekar som resultat av tidigare temperaturförändringar.

Skärsnultra och stensnultra är två varmvattengynnade arter (Neuman 1988), så den höga abundansen framförallt i recipientområdet visar tydligt på effekter i artsammansättningen vid förändringar i vattentemperaturen. Torsk, som är en kallvattengynnad art (Neuman 1988), hade högre täthet i referensområdet än vid recipientområdet, liksom de kallvattengynnade arterna tånglake och rötsimpa. Som förväntat visade provfisket i augusti generellt större antal av varmvattengynnade arter och färre kallvattengynnade arter jämfört med fisket i april, då kallvattengynnade arter generellt väljer att vistas på djupare vatten där temperaturen är mer stabil under de varmare månaderna.

Strandkrabba är generellt vanlig som fångst under både april- och augustiprovfisket, men har som högst fångstantal i recipientområdet. Anledning till den höga observerade abundans av strandkrabba kan förmodligen inte enbart kopplas till temperatureffekter vid Ringhals kylvattenutsläpp utan även till en generell minskad förekomst av predatorer, som till exempel torsk (Pihl 1982; Eriksson et al. 2011; Funk et al. 2021).

Kylvattenkanalerna inne på Ringhals klorerades två gånger under 2022, en i april och en i juli, för att minska tillväxten av flora och fauna. Detta är troligtvis anledningen till varför endast skalrester av stillahavsostron hittades i svallbassängen T2. Kylvattentunneln R4 där man fann levande ostron har däremot inte klorerats, men rensas årligen med högtryck vilket hindrar ostronen att växa till sig i samma grad som de tidigare kunnat gör i svallbassängen.

Kontrollen av utsläppstub från rens hus och silstation visade fortsatt låg ansamling av döda krabbor och musselskal vid tubens mynning. Detta beror troligtvis på kraftverkets minskade kylvattenflöde till följd av minskad produktion under reparationsarbetet vid Ringhals 4.

Under samtliga dykinventeringar har förekomsten av japansk sargassotång varit riklig i området vid Ringhals udde, som är påverkat av det uppvärmda kylvattnet från Ringhals. Japansk sargassotång är klassad som en potentiell invasiv främmande art i svenska vatten men ses numera som en etablerad art i hela Västerhavet (Havs- och vattenmyndigheten 2015b). Arten hittades första gången vid Bua 1992–1993 och utvecklade ett av landets kraftigaste bestånd vid Ringhals 1996 (Karlsson 1997). Förekomsten i området är troligtvis så hög eftersom det uppstår en gynnsam livsmiljö för arten i den högre vattentemperaturen.

Japantofs är en rödalga som observerats under inventeringarna sedan 2016. I motsats till japansk sargassotång har arten endast observerats på lokalerna Norra Horta och Vendelsö, som endast är minimalt påverkat av kylvattenutsläppet och fungerar som referensområde till kylvattenpåverkade områden. Arten observerades för första gången i svenska vatten i början av 1900-talet (Johansson et al. 1998). Japantofsen behöver en temperatur som överstiger 13°C och minst en lång natt på hösten för att påbörja en sexuell reproduktion (Havs- och vattenmyndigheten 2013). Dessa förhållanden är ovanliga i våra svenska vatten, men borde vara vanligare i området kring Ringhals utsläpp i och med kylvattenutsläppet.

Japanplym noterades för första gången i dykinventeringen 2017 och då vid Ringhals udde, till skillnad från 2022 då den hittades vid Norra Horta. Japanplym är en rödalga som observerades i svenska vatten första gången 2002 och anses nu vara etablerad på den svenska västkusten. Likt japantofs kräver den särskilda förhållanden för att kunna reproducera sig sexuellt, och den trivs i skyddade och strömmande vatten (Axelius och Karlsson 2004)

Rödalgens rödsvansing påträffades första gången i svenskt vatten i Gullmarn 1953, men finns idag året om på västkusten. 2020 påträffades rödsvansing vid både Ringhals Kylvattenutsläpp och Norra Horta, men under 2021 och 2022 påträffades den endast vid Ringhals Kylvattenutsläpp. Denna förändring kan bero på att dykinventeringen 2020 flyttades från den normala tiden på året (i juni) till augusti/september, och åren efter utfördes inventeringen igen i juni.

Klykalg har hittats vid tre tillfällen under dykinventeringens provtagningsperiod. Första gången klykalg registrerats i svenska vatten var 1932 i Bohuslän (Silva 1957). Sammanfattningsvis finns det inga belägg för att introduktionen i svenska vatten av de främmande arter som observerats vid dykinventeringarna kan kopplas till Ringhals kylvattenutsläpp. Däremot kan det varma kylvattnet vara gynnsamt för vissa av dessa arter som redan har introducerats på annan väg, vilket kan möjliggöra etablering och spridning till andra områden.

Referenser

- Andersson, J. (1980). *Fiskägg och fiskyngel i kylvattenintaget vid Ringhalsverket 1979-1980*. Solna: Naturvårdsverket.
- Andersson, J. (1985). Fiskägg och fisklarver i kylvattenintaget för Ringhalsverket. Statens naturvårdsverk.
- Andersson, J., Bryhn, A., Fagerholm, B., Jansson, M., Lingman, A. & Wernbo, A. (2015). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk sammanfattande resultat av undersökningar fram till år 2013*. (Aqua reports, 2015:6). Öregrund: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/14609/> [2021-02-23]
- Andersson, J., Cardinale, M., Fagerholm, B., Hjelm, J. & Pettersson, E. (2011). *Fiskförluster i kylvattenintagen vid Ringhalsverket. Kompletterande undersökningar 2006-2010*. Fiskeriverket.
- Bryhn, A.C., Andersson, J. & Petersson, E. (2014). *Mortality of European glass eel (*Anguilla anguilla* juveniles) at a nuclear power plant*. International review of hydrobiology., 99 (4), 312–316. <https://doi.org/10.1002/iroh.201301632>
- Dekker, W., Van Gemert, R., Bryhn, A., Sjöberg, N., & Wickström, H. (2021). *Assessment of the eel stock in Sweden, spring 2021: fourth post-evaluation of the Swedish eel management*. Drottningholm Lysekil Öregrund: Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/26203>
- Eriksson, B.K., Sieben, K., Eklöf, J., Ljunggren, L., Olsson, J., Casini, M. & Bergström, U. (2011). *Effects of Altered Offshore Food Webs on Coastal Ecosystems Emphasize the Need for Cross-Ecosystem Management*. *Ambio*, 40 (7), 786–797. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0158-0>
- Funk, S., Frelat, R., Möllmann, C., Temming, A., & Krumme, U. (2021). *The forgotten feeding ground: patterns in seasonal and depth-specific food intake of adult cod *Gadus morhua* in the western Baltic Sea*. *Journal of Fish Biology*, 98(3), 707-722.
- Grimås, U., Jacobsson, A. & Neuman, E. (1988). *Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1968-1987*. (Naturvårdsverket rapport, 3463). Solna.
- Havs- och vattenmyndigheten (2013). *Bonnemaisonia hamifera Japantofs*. Havs- och vattenmyndigheten. <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f764/1448458992332/faktablad-bonnemaisonia-hamifera-japantofs.pdf> [2021-0215]
- Havs- och vattenmyndigheten (2014a) *Torsk*. <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/torsk.html> [2023-02-14]
- Havs- och vattenmyndigheten (2014b) *Rödspätta*. <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/rodspatta.html> [2023-02-14]

- Havs- och vattenmyndigheten (2015a). *Blåskrabba* Hemigrapsus sanguineus. <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/blaskrabba.html> [2021-02-16]
- Havs- och vattenmyndigheten (2015b). *Sargassosnärja*. *Sargassosnärja*. [text]. <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/sargassosnarja.html> [2021-02-15]
- ICES (2018). *Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. Gdansk. https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/acom/2018/WGEEL/wgeel_2018.pdf [2021-02-24]
- ICES (2019). *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. (ICES Scientific Reports, 1:50). ICES. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5545> [2021-02-15]
- ICES (2020). *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. (ICES Scientific Reports, 2:82). ICES. <http://www.ices.dk/sites/pub/PublicationReports/Forms/DispForm.aspx?ID=37090> [2021-02-22]
- Jan, R.-Q., Chen, J.-P., Lin, C.-Y. & Shao, K.-T. (2001). *Long-term monitoring of the coral reef fish communities around a nuclear power plant*. *Aquatic ecology*, 35 (2), 233–243. <https://doi.org/10.1023/A:1011496117632>
- Johansson, G., Eriksson, K., Pedersen, M. & Snoeijjs, P. (1998). *Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area*. *Hydrobiologia*, 385 (1), 121–138. <https://doi.org/10.1023/A:1003405826222>
- Karlsson, J. (1997). *Utbredning av sargassosnärja - Sargassum muticum - vid den svenska västkusten 1996*. (Slutrapport till Världsnaturfonden). WWF. <https://www.vattenkikaren.gu.se/fakta/arter/algae/phaeophy/sargmuti/wwf1996.pdf> [2021-02-15]
- Kordas, R.L., Harley, C.D.G. & O'Connor, M.I. (2011). *Community ecology in a warming world: The influence of temperature on interspecific interactions in marine systems: Global Change in Marine Ecosystems*. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 400 (1–2), 218–226
- MacDougall, A. & Turkington, R. (2005). *Are Invasive Species the Drivers or Passengers of Change in Degraded Ecosystems?* *Ecology* (Durham), 86 (1), 42–55. <https://doi.org/10.1890/04-0669>
- Mooney, H.A. & Cleland, E.E. (2001). *The Evolutionary Impact of Invasive Species*. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, 98 (10), 5446–5451. <https://doi.org/10.1073/pnas.091093398>
- Nellbring, S. (2014). *Codium fragile* Klykkal. *Havs- och vattenmyndigheten*. <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f769/1448458994137/faktablad-codium-fragile-klykkal.pdf> [2021-02-15]
- Norén, K. (2003). *Hamndun (Aglaothamnion halliae)*. www.havochvatten.se. <https://www.havochvatten.se/download/18.21aefcd7150f8b6c38f8f761/1448458991436/faktablad-aglaothamnion-halliae-hamndun.pdf> [2021-02-15]
- Nowakowski, K., & Sługocki, Ł. (2021). *Short-term heat shock perturbation affects populations of Daphnia magna and Eurytemora carolleeae: a warning to the water thermal pollution*. *Scientific reports*, 11(1), 1-8.
- Neuman, E. (1988). *Effekter av Ringhalsverkets kylvattenutsläpp på det strandnära fisksamhället*. Naturvårdsverket Rapport 3462, 1–25.

- Pan, S. Y., Snyder, S. W., Packman, A. I., Lin, Y. J., & Chiang, P. C. (2018). *Cooling water use in thermoelectric power generation and its associated challenges for addressing water-energy nexus*. *Water-Energy Nexus*, 1(1), 26-41.
- Persson, S. & Looström, J. (2021). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport 2020* (Aqua reports, 2021:1). Lysekil. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Pihl, L. (1982). *Food intake of young cod and flounder in a shallow bay on the Swedish west coast*. *Netherlands journal of sea research*, 15 (3), 419–432. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(82\)90068-0](https://doi.org/10.1016/0077-7579(82)90068-0)
- Rajagopal, S., Jenner, H.A. & Venugopalan, V.P. (2012). *Operational and Environmental Consequences of Large Industrial Cooling Water Systems*. 1. Aufl., 2012. New York, NY: Springer-Verlag, Springer, Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1698-2>
- Silva, P.C. (1957). *Codium in Scandinavian waters*. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 51(1), 117-134.
- Sundqvist, F., Flink, H., Looström, J. & Pärlo, L. (2019). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk*. (Aqua reports, 2019:2). Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/16066/> [2021-02-16]
- Sundqvist, F., Svanfeldt, K. & Svensson, L. (2018). *Biologisk recipientkontroll vid Ringhals kärnkraftverk. Årsrapport för 2017*. (Aqua reports, 2018:6). Öregrund Drottningholm Lysekil: Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://pub.epsilon.slu.se/15394/> [2021-0223]
- Teixeira, T.P., Neves, L.M. & Araújo, F.G. (2009). *Effects of a nuclear power plant thermal discharge on habitat complexity and fish community structure in Ilha Grande Bay, Brazil*. *Marine environmental research*, 68 (4), 188–195. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2009.06.004>
- Thome, C., Mitz, C., Sreetharan, S., Mitz, C., Somers, C.M., Manzon, R.G., Boreham, D.R. & Wilson, J.Y. (2017). *Developmental effects of the industrial cooling water additives morpholine and sodium hypochlorite on lake whitefish (Coregonus clupeaformis)*. *Environmental toxicology and chemistry*, 36 (7), 1955–1965. <https://doi.org/10.1002/etc.3727>
- Thoresson, G. (1996). *Metoder för övervakning av kustfiskbestånd*. Kustlaboratoriet, Fiskeriverket. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:havochvatten:diva-317> [2021-0216]
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L. & Westbrooks, R. (1996). *Biological Invasions as Global Environmental Change*. *American scientist*, 84 (5), 468–478.
- Xu, D., Wang, H., Han, D., Chen, A., & Niu, Y. (2021). *Phytoplankton community structural reshaping as response to the thermal effect of cooling water discharged from power plant*. *Environmental Pollution*, 285, 117517.

