



Aqua reports 2022:8

Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö

Årsrapport för 2021

Filip Käll, Jakob Looström



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Biologisk recipientkontroll vid Södra cell Värö

Årsrapport för 2021

Filip Käll Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Jakob Looström Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Andreas Bryhn, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Malin Werner, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär:

Södra skogsägarna Ekonomisk förening, Södra Cell Värö

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Södra skogsägarna Ekonomisk förening, Södra Cell Värö. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten.

Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från Södra skogsägarna Ekonomisk förening, Södra Cell Värö sida.

Publikationsansvarig:

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

Utgivare:

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Utgivningsår:

2022

Utgivningsort:

Lysekil

Illustrationer:

Serietitel:

Aqua reports

Delnummer i serien:

2022:8

ISBN:

978-91-576-9961-9 (elektronisk version)

Nyckelord:

Provfiske, pappersmassafabrik, ål, miljöövervakning.

Sammanfattning

Södra Cell Värö är ett massabruk med produktion sedan 1971. Sammansättningen av ämnen i brukets processvatten har förändrats genom åren och i denna rapport har effekter och miljöpåverkan av brukets verksamhet undersökts, med fokus främst på livet i den marina omgivningen. Undersökningarna startade 1983, utförs årligen och omfattar analyser av vilka effekter Södra Cell Värös dammanläggning har för uppvandringen av ålyngel i ån Viskan, statusen för fisk- och evertebratsamhället i recipientområdet över tid, och inverkan på havsbotten i området kring brukets utsläppstub.

Uppvandringen av ålyngel undersöks genom insamling i ålyngelledare från april–september. Fisk- och evertebratsamhället undersöks genom trålningar i september både i recipientområdet, Värö, och i referensområdet, Ustö. Från trålningarna analyseras antalet fiskar och arter, artdiversitet, och den genomsnittliga trofiska nivån i fisksamhället. Jämförelser görs även mellan de båda områdena över tid.

Effekten av Södra Cell Värös utsläppstub på den lokala botten undersöks med filmning där visuell analys görs av bottenområdet kring tuben. Vid filmningen 2021 noterades få fastsittande arter på och runt tuben, samt vita fläckar som indikerar syrefria förhållanden på botten närmast tuben.

Fångsten av uppvandrande ålyngel har totalt sett minskat över tid från undersökningarnas början, men något högre nivåer har noterats de senaste åtta åren. Förändringar i fångsten av ålyngel kan inte kopplas till Södra Cell Värös verksamhet, utan beror snarare på storskaliga trendförändringar i ålrekryteringen till utbredningsområdet, som sträcker sig över flera kontinenter.

Den totala fångsten av fisk i trålundersökningarna har sett en minskning över tid inom referensområdet Ustö, medan fångsten inte förändrats inom recipientområdet Värö. Antalet fiskarter har statistiskt sett ökat över tid inom båda områdena. Utvecklingen mellan områdena skiljer sig inte åt gällande fångstmängd av fisk.

Fångsten av ryggradslösa djur i provfisket över tid skiljer sig inte mellan Värö och Ustö, och har ökat inom båda områdena. Det totala antalet ryggradslösa arter har också ökat inom båda områdena sedan trålningsfiskets början.

Inom Värö påvisas en positiv trend i artdiversitet i fångsten över tid, medan fångsten inom Ustö inte visar på någon förändring i artdiversitet.

Inga signifikanta trender i trofisk nivå över tid kan påvisas och det fanns ingen skillnad i trofisk nivå mellan Värö och referensområdet Ustö. Den trofiska nivån kunde till stor del härledas till den höga abundansen av sandskädda som var den dominerande arten i fångsten. Individerna i fångsten var generellt små. Torsk har minskat i abundans både vid Värö och inom referensområdet, och individerna i fångsten var små och sannolikt unga.

Sjukdomskontroll utfördes på samtliga fångade fiskar, och inga synliga yttre sjukdomssymtom observerades.

Abstract

Södra Cell Värö is a pulp mill with production since 1971. The composition of substances in the process water has changed over the years, and in this report, the environmental impact of the mill's continuous operations have been investigated. The foremost focus of the report has been the surrounding marine ecosystem of the recipient area of Värö and of the reference area, Ustö. The monitoring of the mill's environmental impact began in 1983, and has since then been conducted on an annual basis. The monitoring surveys includes analysis of the potential impacts of the mill's damming of River Viskan on the upstream migration of juvenile eel, the status of the fish and invertebrate community in the recipient over time, and the potential impacts of the emission from the mill's outlet pipe on the surrounding seafloor.

The migration of juvenile eel has been monitored by collecting juvenile eel from an eel conductor during April to September, while the fish and invertebrate community has been monitored using bottom trawling during September, both in the recipient area, Värö, and in the reference area Ustö. The number of fish caught during trawling, species abundance, species diversity, and mean trophic level, were analyzed and compared between Värö and the reference area Ustö over time.

The effects of the emissions from the outlet tube of Södra Cell Värö on the surrounding seafloor has been monitored by underwater filming followed by visual analyses. During the filming in 2021, only a few sessile species were observed growing on the tube, and white spots on the seafloor indicating anoxic conditions were observed in the area closest to the tube.

The abundance of migrating juvenile eel has decreased over time since the monitoring started, but slightly increased levels can be seen during the past eight years. However, changes in abundance of juvenile eel over time is most likely linked to large-scale trends in the European eel recruitment, rather than by operations at Södra Cell.

The fish and invertebrate community around Värö is monitored through yearly trawl fishing, both in the waters outside Värö, and in a reference area, Ustö. The total catch of fish has decreased over time in the reference area Ustö, but not in the recipient area Värö. The number of fish species caught has increased in both of the monitored areas. Both the total catch of invertebrates and the number of invertebrate species has increased over time in Värö and in Ustö. No significant difference in catch over time was observed when comparing the two areas. In 2021, the diversity of species was slightly higher in Värö than in the reference area Ustö. No significant trends regarding changes in the trophic level were observed in or between the areas, and the trophic level was strongly influenced by the high abundance of the dominant species, dab. The individuals of plaice in the catch 2021 were small. Cod abundance

has decreased in both areas, and the individuals caught were small and potentially juvenile.

All caught fish were inspected for external symptoms of disease and deformity but none were found.

Innehållsförteckning

1	Inledning	6
2	Material och metoder	10
2.1	Uppvandring av ålyngel i Viskan	10
2.2	Provfiske med bottentrål.....	11
2.3	Statistiska analyser	13
2.4	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	14
3	Resultat	16
3.1	Ålyngeluppvandring i Viskan	16
3.2	Provfiske med bottentrål.....	18
3.2.1	Totalfångst	18
3.2.2	Diversitet	22
3.2.3	Trofisk nivå.....	22
3.2.4	De vanligaste fiskarterna i trålfisket	23
3.2.5	Övriga fiskarter i trålfisket	27
3.2.6	Ryggradslösa djur	29
3.2.7	Sjukdomar och skador	30
3.3	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	31
4	Diskussion	33
4.1	Ålyngeluppvandring i Viskan	33
4.2	Provfiske med bottentrål.....	33
4.3	Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottnar	35
4.4	Effekter av Södra Cell på närområdet.....	36
4.5	Referenslista	37

1. Inledning

För att undersöka eventuella effekter av Södra Cell Värös sulfatmassabruk på den omgivande havsmiljön utförs årligen fortlöpande recipientkontroller. Från och med den 1 januari 1991 sammanställs dessa kontroller enligt direktiv från Länsstyrelsen i Halland. Delar av recipientkontrollen ansvaras för och genomförs av Institutionen för akvatiska resurser vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU Aqua). Syftet är att bedöma effekter av massabrukets drift på det marina samhället och miljön inom recipientområdet för brukets utsläppsvatten med fokus på fisk, skaldjur och andra marina evertebrater (ryggradslösa djur) samt påverkan från Södra Cells dammanläggning på uppvandrande nypigmenterade ålyngel (stadiet efter glasål) i Viskan.

Södra Cell Värö använder i genomsnitt cirka 84 000 m³ (2020) sötvatten dagligen. Detta vatten pumpas upp från ån Viskan, och släpps efter användning ut i havet (Figur 1). För att säkra intaget av sötvatten reglerar Södra Cell Värö vattennivån i Viskans mynning med hjälp av en dammanläggning. Utsläppet av processvattnet sker i havet via en fem kilometer lång utsläppstub (Figur 1). Av den totala vattenvolym som släpps ut via tuben är 60 000 m³ kylvatten och övrigt processavlopp, som värmts upp till 30–40 °C och som har ett pH-värde på 8. Till massafabrikens blekeri används 20 000 m³/dygn, medan resterande 4 000 m³ avdunstar i samband med totala verksamhetsprocessen (Gunnarsson, 2021). Från blekeriet går vattnet vidare i en biologisk reningsprocess där totalt organiskt kol (TOC) reduceras med cirka 70 procent och klorat reduceras med över 90 procent. Även kväve, fosfor och klorerade organiska substanser (AOX) binds innan de släpps ut tillsammans med övrigt processvatten i stora sedimentationsbassänger. Under sedimenteringen fångas träfibrer upp, som sedan går vidare till slamhantering. Efter sedimentationsbassängerna når utsläppet slutligen havet via utsläppstuben. De sista 750 meterna av utsläppstuben är försedda med diffusordysor för att minska den rumsliga

koncentrationen av utsläppta ämnen och därmed fördela utsläppet i vattenmassan. Utsläppet sker på transportbotten vid ett vattendjup mellan 15 och 18 meter i öppet hav väster om massafabriken. Komponenter som mäts i havsområdet utanför Värö och följs upp av tillsynsmyndighet (Länsstyrelsen) är bland annat kväve och fosfor. Dessa näringsämnen anses kunna bidra till bland annat övergödning och i övrigt försämrade miljöförhållanden (Andersen m.fl., 2020; Stegert m.fl., 2022).

Typiska effekter av för hög näringsbelastning innefattar minskat siktdjup på grund av ökad tillväxt av planktoniska alger, ökad förekomst av toxiska algblomningar, och skiften i artsammansättningen av både bentiska evertebrater och kustnära fiskar (Andersen m.fl., 2020). Ökad grumlighet i vattenmassan kan också påverka fisktätheten och artsammansättningen (Neuman, 1988; Snickars m.fl., 2004; Sohel, 2015; Korman m.fl., 2021). Syrefattiga eller syrefria bottenområden kan också uppstå till följd av näringsbelastning och sedimentering av partikulärt organiskt material (Nordberg m.fl., 2017; Andersen m.fl., 2020). Detta skulle kunna leda till minskad förekomst av marina organismer, särskilt bottenlevande arter, både primärt till följd av syrebrist, men också sekundärt till följd av födobrist, om förekomsten av bytesdjur minskat på grund av den låga syrehalten (Rosenberg och Loo, 1988; Pihl m.fl., 1991; Pihl, 1994; Nordberg m.fl., 2017).

Sammansättningen av ämnen i processvattnet har förändrats genom åren. Fram till 1993 använde Södra Cell Värö klorblekning i framställandet av sina produkter, vilket bidrog till giftiga dioxin- och dioxinlika ämnen i utsläppsvattnet. Dessa ämnen kan bland annat bidra till missbildningar hos fisk, störningar i fortplantning och minskade fiskbestånd (Thulin m.fl., 1988; Förlin m.fl., 1995; Coulter m.fl., 2019). Från 1993–2016 använde Södra Cell Värö endast TCF-blekning (Totally Chlorine Free), där det huvudsakliga blekämnet är väteperoxid. År 2016 expanderade Södra Cell Värös produktion och mer än fördubblade den tidigare produktionen. I samband med expansionen började en för Värö ny metod användas i kombination med TCF-blekningen. I den för Värö nya metoden, ECF-blekning (Elemental Chlorine Free), är huvudsakliga blekämnet klordioxid. Studier från andra pappersbruk har visat att utsläpp från ECF-blekning (även vid låga koncentrationer eller vid störning under kortare perioder) kan vara hormonstörande för fiskar (Scott m.fl., 2011, Costigan m.fl., 2012, Chiang m.fl., 2015; Orrego m.fl., 2019; Vidal m.fl., 2021).

Förutom möjliga effekter av utsläppsvattnet, tillför dammanläggningen vid Viskans mynning en ytterligare riskfaktor då vandringsfisk, framför allt ålyngel, kan påverkas. Varje år vandrar nypigmenterade ålyngel (stadiet efter glasål) från havet upp i Viskan som en del i sin livscykel. Det är möjligt att den fysiska närvaron av anläggningen försvårar ålens uppvandring. Dammanläggningen är försedd med luckor, som i regel står öppna, genom vilka uppvandrande fisk skall ha möjlighet att passera. I tillägg har dammanläggningen fyra ålyngelledare som skall underlätta ålens uppvandring.



Figur 1. Översiktskarta med fiske- och provtagningslokaler. Kartan visar utsläpps/recipientområdet Värö (södra provfiskeområdet) och referensområdet Ustö (norra provfiskeområdet) samt ålyngelledarnas placering vid Viskans mynning. Den röda linjen visar den ungefärliga sträckan och positionen av Södra Cell Värös utsläppstub, de svarta linjerna visar den ungefärliga sträckan och positionerna för trålragen vid provfiske.

2. Material och metoder

2.1. Uppvandring av ålyngel i Viskan

Uppvandring av ålyngel i Viskan kontrolleras med hjälp av fyra ålyngelledare med monterade fångstbehållare inom Södra Cell Värös dammanläggning i Viskans mynning. Ledarna är belägna utmed strandkanterna, på vardera sidan utmed Viskans två mynningsarmar. Varje ledare består av en sju till åtta meter lång ränna genom dammvallen. Rännans ena ände mynnar ut i havet cirka en decimeter under lägsta vattennivån och den andra änden är belägen innanför vallen cirka 1,5 meter över vattenytan. Ålarna slingrar sig längs rännan med stöd av upprättstående kvastar och faller vid dess slut ner i behållaren (Neuman, 1977). Behållarna (ålyngelsamlarna) töms minst två gånger i veckan och de insamlade ålynglens totalvikt och antal registreras. Vid tillfällen då stora mängder yngel samlas in registreras enbart totalvikten, och medelvikten per yngel räknas ut från ett stickprov på ca 30 yngel. I tidigare kontroller, fram till 2003, användes 0,3 gram som genomsnittlig vikt för ett ålyngel. Från 2003 till 2015 modifierades standardvikten per yngel genom en beräknad standardvikt per månad utifrån yngel insamlade under 2003. Enligt dessa mätningar beräknades standardvikten per ålyngel till 0,30 gram för maj, 0,46 gram för juni, 0,50 gram för juli, 0,70 gram för augusti och 1,00 gram för september och oktober. Från och med 2015 räknas medelvikten för yngel ut vid varje vittjningstillfälle.

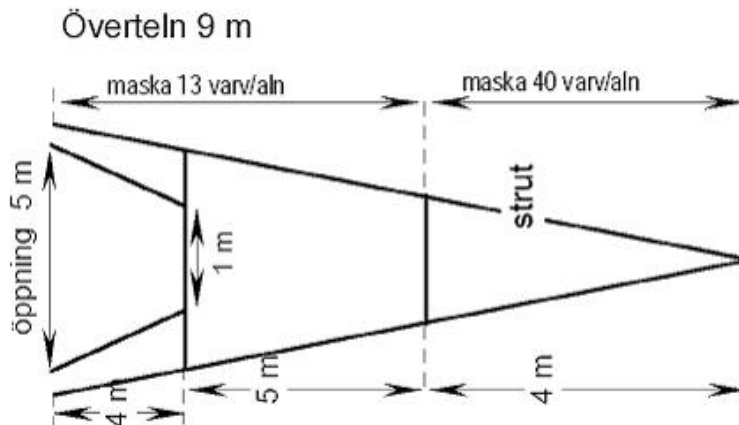
För att främja ålarnas uppvandring finns föreningen ”Viskans ålplan”, bestående av kraftverken i Viskan, i samarbete med Varbergs- och Borås kommuner samt Havs- och vattenmyndigheten och Länsstyrelserna i Hallands och Västra Götalands län. Varje kraftverk lyder under vattendomar, som reglerar skyldigheter att anordna vandringsvägar för ål, så att dessa kan

vandra upp i Viskans vattensystem. I enlighet med Viskans ålplan har SLU Aqua, under perioder då större mängder ål samlats in (>3 kg/vecka), placerat ut infångade ålar i de större sjöarna inom Viskans tillrinningsområde. Eftersom ålyngel har samlats in vid Södra Cell Värös dammanläggning och transporterats förbi vandringshindren i vattensystemet behöver inte industriernas skyldighet att bygga vandringsvägar för ål uppfyllas. Om ålplanen skulle upplösas träder vattendomarna i kraft och industrierna måste då fullfölja sina skyldigheter med fria vandringsvägar.

2.2. Provfiske med bottentrål

För att få en uppfattning om fisksamhällets tillstånd i recipienten initierades 1983 årliga undersökningar med bottentrål (Thoresson, 1992). Tre år senare fastställdes ett program som omfattade trålningar i september med standardiserad bottentrål i Södra Cell Värös recipient, det vill säga det område där vattnet från cellulosaindustrin släpps ut, härafter kallad Värö, samt i ett referensområde, härafter kallad Ustö. Recipienten är lokaliserad vid avloppstubens mynningsområde (57° 11' 59" N, 12° 05' 19" E) och referensområdet är beläget cirka 15 kilometer norrut, väster om Ustö (57° 18' 00" N, 12° 05' 00" E, figur 1). Trålningen genomförs på ett djupintervall mellan 18 och 24 meter vid Värö och mellan 24 och 28 meter vid Ustö. Generellt har området kring Ustö ett bottenförhållande med något mjukare sediment än området kring Värö. Inom varje område görs fem parallella tråldrag med ett avstånd på minst 50 meter mellan varje drag. Trålen som används är en modifierad kräfttrål med en öppning på fem meter och en uppfångningsstrut på fyra meter (Figur 2).

Varje enskilt tråldrag är 1 200 meter långt och utförs i en följd vid varje undersökningstillfälle. Den effektiva tråltiden, det vill säga den tid trålen släpas över havsbotten, uppgår till cirka 20 minuter, med en hastighet av två knop. Under 2021 upprepades trålningen under tre dagar med en dag mellan varje trålningstillfälle i vardera område. Totalt trålades 15 drag per område, vilken är en minskning från 25 drag som fiskades 1987-2020. Minskningen är enligt en överenskommelse mellan SLU och Södra Cell Värö utifrån ett förslag för att minska fiskedödligheten av provfisket och den potentiella effekten av utfiskning. Varje tråldrag räknas som en ansträngning.



Figur 2. Schematisk bild med måttuppgifter över den modifierade kräfttrål som används i provfisket vid recipientområdet vid Södra Cell Värö, och vid referensområdet Ustö.

Efter varje tråldrag registreras fisk, kräftdjur och bläckfisk med individuell längd per centimeterklass och sammanlagd vikt per art. För att undersöka möjlig påverkan på individnivå kontrolleras yttre synliga sjukdomssymtom och registreras (Thulin m.fl., 1989). I undersökningarnas början, från år 1983, registrerades endast fångsten av fisk från trålningsförsöken. År 1990 började även kräftdjur registreras, med undantag av eremitkräftor som först började registreras år 2002. För att kunna beskriva och jämföra diversiteten av fisk och ryggradslösa djur används här Shannon–Wieners index, som beskriver diversiteten i fisksamhället baserat på antalet fiskarter och hur mängden fisk fördelar sig mellan olika arter, enligt formeln:

$$H = - \sum p_i \ln(p_i)$$

där H är index, \sum är summa, p_i är antalet individer per art dividerat med det totala antalet individer, och \ln är den naturliga logaritmen (Shannon, 1949). Indexet är alltså högt i artrika områden och områden där flera arter finns i betydande mängd. I områden med ett fåtal arter eller med en stark dominans av enstaka arter är indexet lågt.

Trofisk medelnivå (Mean Trophic Level, MTL), är ett index som speglar förhållandet mellan fiskar med olika födoval i fisksamhället (Pauly m.fl., 1998). Varje fiskart har tilldelats ett värde som speglar dess nivå i näringsväven (Froese och Pauly, 2000, Froese och Pauly, 2020). De enskilda arternas trofiska värden samt andelar i fångsten sammanvägs till ett trofiskt index för hela fångsten, enligt formeln:

$$MTL = \frac{\sum_j TL_j Y_{ij}}{\sum Y_j}$$

där TL är trofiskt index, Y är fångst, i är antalet arter och j är enskilda arter. Ett högt värde på trofisk medelnivå innebär en stor andel fiskätande fisk, ett medelhögt värde innebär dominans av djurplankton- eller bottendjursätande fisk, medan ett lågt värde innebär en stor andel växtätande fisk.

2.3. Statistiska analyser

Beräkningarna från trålfångsten har utförts i Microsoft Office Excel 2016, R version 4.1.1 och IBM SPSS Statistics 26 för Windows. Linjära regressioner och övriga analyser har gjorts på data, transformerade med den naturliga logaritmen (\ln) för att fastställa om en statistiskt signifikant förändring har skett över tid. Ln-transformeringen gjordes eftersom abundans av fisk och andra marina arter som regel är lognormalfördelad (Pennington, 1983). Fångstdata för arter som har mer än 20 procent nollförekomst i tidsserien har inte analyserats.

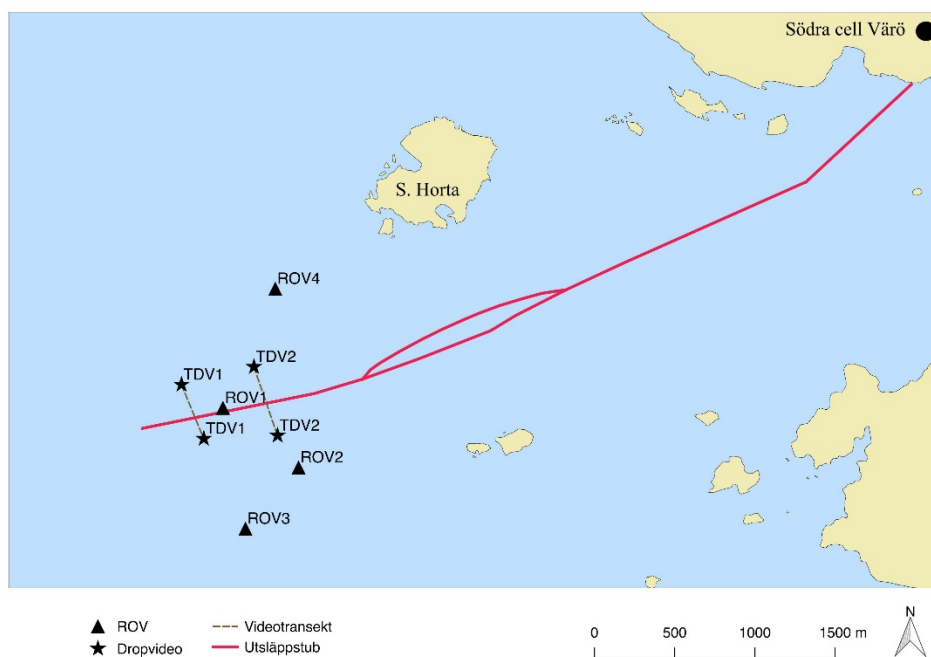
För att avgöra om fiskens längdfördelning skiljer sig åt mellan fångsterna i recipienten och referensområdet under 2021 har en Anova-analys eller i de fall då data inte uppfyller kraven för normalfördelning, ett icke-parametriskt Mann–Whitney U-test använts. För att jämföra om fångstens utveckling över tid är olika i de två områdena har en kovariansanalys (Ancova) använts (fångst per ansträngning som beroende variabel, område som faktor och år som kovariat). Om utvecklingen över tid inte skilde sig åt i kovariansanalysen har en variansanalys (Anova) använts för att avgöra om mängden fångad fisk skilde sig mellan områdena. Statistik för signifikanta samband presenteras i en fotnot, och i Tabell 1 och 2.

2.4. Dokumentation av utsläppstub och omgivande botten

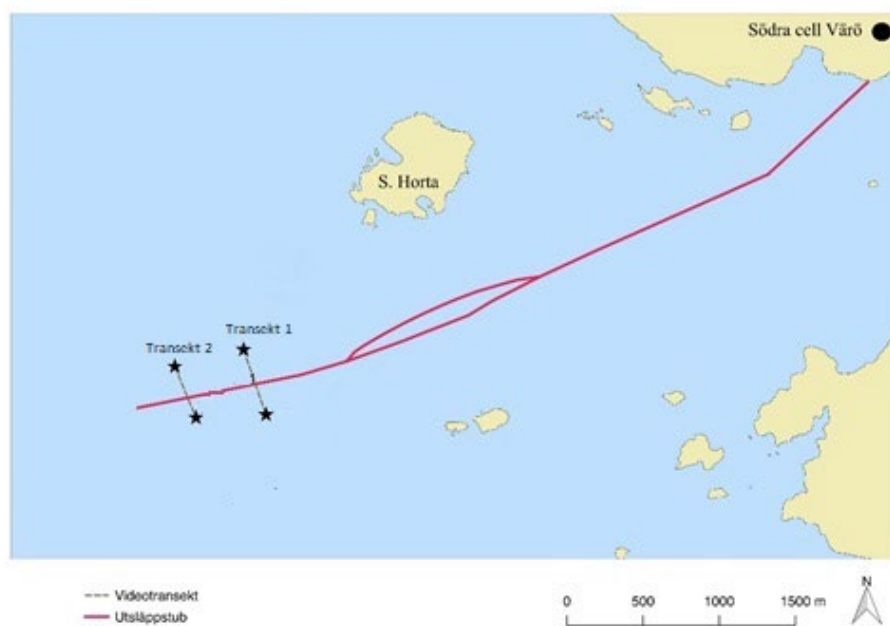
Utsläppstuben från Södra Cell Värö och havsbotten i tubens närhet filmas årligen för att kontrollera synbara effekter av utsläppet (Thoresson, 1992). År 2021 genomfördes filmning av utsläppstuben den 9 september. Filmningen syftar till att dokumentera hur eventuella effekter såsom syrefria botten och förekomsten av döda marina organismer förändras med avståndet från tuben. Undersökningen utfördes med ROV (Remotely Operated Vehicle; Figur 3) och dess omfattning skiljer sig något från tidigare år. År 2020 utfördes en större undersökning där filmning längs med tuben utökades med två 500 meter långa transekter vinkelrätt över tuben och tre positioner belägna upp till 750 meter från tuben (Figur 4) (Looström & Persson, 2021). Under undersökningen 2021 filmades de två tvärgående transekterna men de tre positionerna (Figur 5) ströks då inga tydliga tecken på påverkan från tuben kunde ses annat än i området allra närmast tuben.



Figur 3. ROV (Remotely Operated Vehicle) som användes för dokumentation av utsläppstuben och omgivande botten.



Figur 4. Kartan visar positionerna för videofilmningen 2020 i relation till utsläppstuben. TDV1 och TDV2 anger positionerna för de två videotranssekterna. ROV1 avser positionen för filmning längsmed tuben. ROV2, ROV3 och ROV4 är dokumentation av omgivande botten.



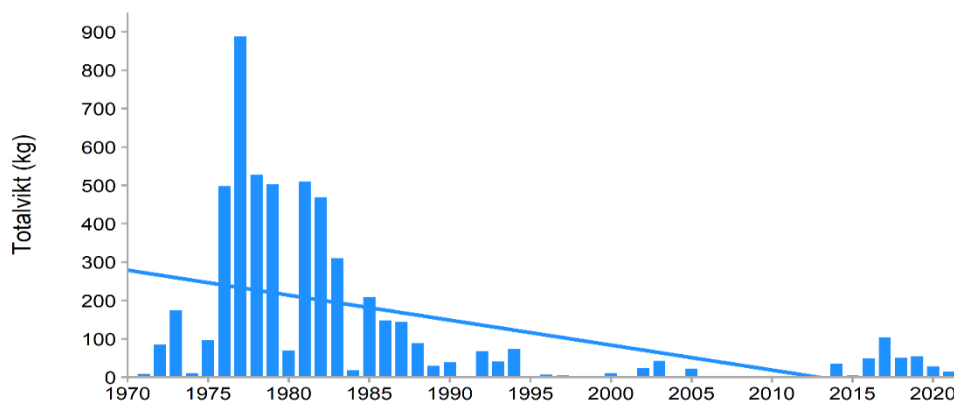
Figur 5. Karta över videofilmningen 2021. Utöver de två transekter som finns utmärkta filmades även en sträcka längs med tubens båda sidor samt änden av tuben. De tre punkterna längre bort från tuben har strukits.

3. Resultat

3.1. Ålyngeluppvandring i Viskan

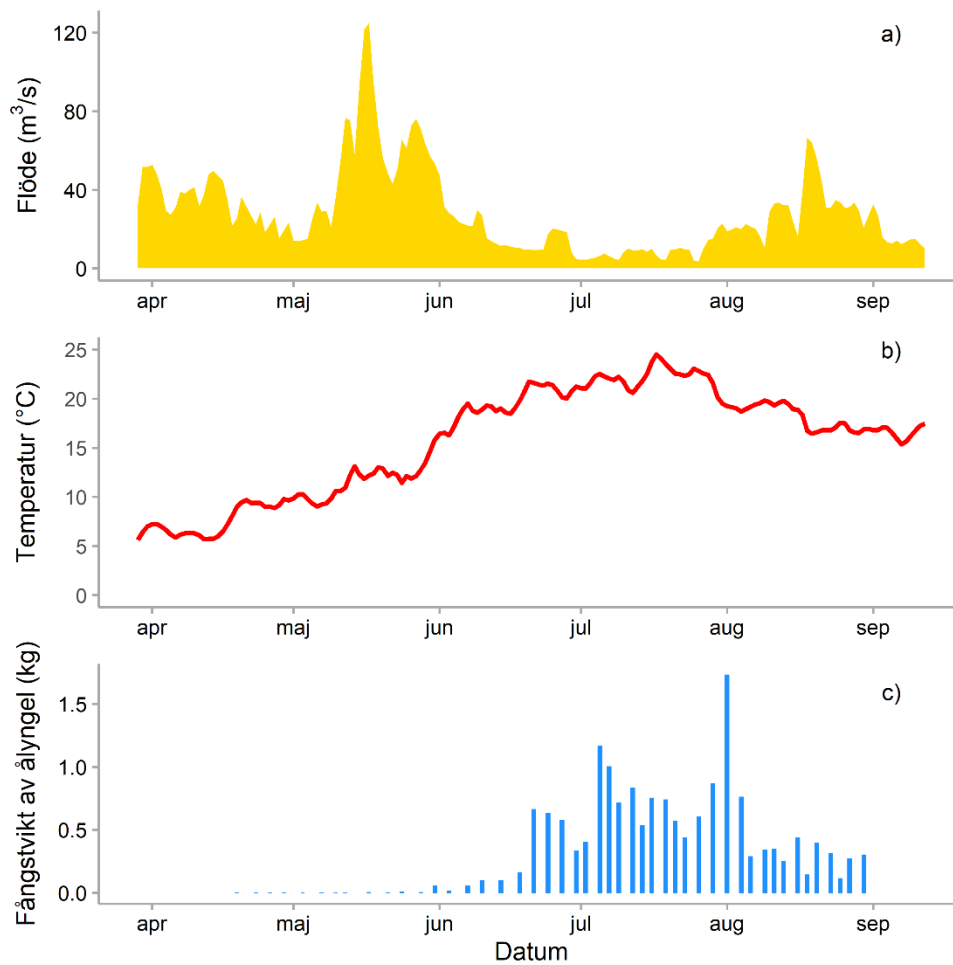
Sedan provtagningen påbörjades 1971 ses en kraftigt minskande trend i antalet insamlade ålyngel¹(Figur 6). Mellan åren 2016 och 2019 sågs en liten ökning av antalet ålyngel, men antalet har under de senaste två åren minskat igen. Från mitten av april till slutet av augusti samlades totalt 17,06 kg uppvandrande ålyngel in 2021. Detta är en minskning jämfört med den totala fångsten 2020 som uppmättes till 30,91 kg.

Under 2021 skedde den största ålyngeluppvandringen under juli månad, vilket motsvarar 51 procent av den totala ålyngelbiomassan (Figur 7). Detta skiljer sig från de flesta tidigare år då den största uppvandringen skett i maj-juni.



Figur 6. Totalvikt (kg) per år av ålyngel insamlade i Viskans mynning 1971–2021. Helledragen linje anger signifikant linjär trend över tid.

¹ Regressionsanalys_{1971–2020}: $p < 0,001$, $R^2 = 0,27$



Figur 7. De tre graferna visar tillsammans vikten (kg) av ål yngelfångsten per vittningstillfälle i relation till temperatur och vattenflöde vid Åsbro i Viskan från april till september 2021. a) vattenflöde (m³/s), b) temperatur (°C) och c) biomassan (kg) av ål yngelfångsten per vittningstillfälle.

3.2. Provfiske med bottentrål

3.2.1. Totalfångst

Under 2021 genomfördes 15 tråldrag (ansträngningar) vardera inom recipientområdet Värö respektive referensområdet Ustö. Antalet fångade fiskar per tråldrag uppgick till 119 individer i Ustö och 76 individer i Värö (Figur 8a). Fångsten av fisk har inte förändrats över tid i Värö vare sig under hela tidsperioden (1983–2021) eller under den senaste tioårsperioden (Tabell 1). I Ustö har fångsten av fisk minskat över hela tidsperioden², men inte över den senaste tioårsperioden. Det fanns ingen statistisk skillnad i antalet fångade fiskar per tråldrag över tid vid en jämförelse mellan de två områdena (Figur 8a; Tabell 1).

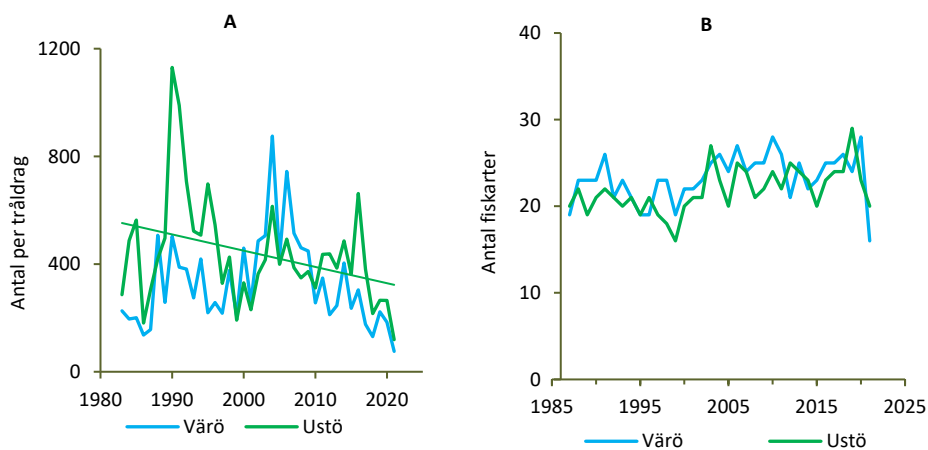
Totalt fångades 24 olika fiskarter och sex olika arter/taxon av ryggradslösa djur i de båda områdena. I recipientområdet fångades 16 arter, vilket är något färre än genomsnittet på hela perioden och den senaste tioårsperioden (Tabell 1). För referensområdet så är däremot årets antal fångade arter (20 stycken) liknande medelvärdet för båda perioderna.

Minskningen av antalet tråldrag från 25 till 15 per område borde enligt en tidigare statistisk undersökning utförd av SLU gett en minskning på 2,7 arter för hela fisket. Det genomsnittliga artantalet för perioden 2007-2020 beräknat med data från de första 15 tråldragen per år visade 23 och 21 fångade arter i Värö, respektive Ustö. Det fångade antalet arter för 2021 ligger under det förväntade artantalet.

Under 2021 påträffades fyra arter i recipientområdet som inte påträffades i referensområdet; bergskädda, kolja, randig sjökock och skäggsimpa. I referensområdet påträffades åtta arter som inte påträffades i recipientområdet; gråsej, klarbult, sill, skarpsill, skrubbskädda, slätvar, taggmakrill, och blågylta. Blågylta har aldrig påträffats tidigare i recipientkontrollen. Variationerna är inte oväntade då dessa arter fångades i få antal. Trots minskningen av antalet fångade fiskarter under 2021 så ses en generell ökning över tid i både Värö och Ustö sedan 1987 (Figur 8b)³.

² Regressionsanalys Ustö 1987–2021: $p=0,046$, $R^2 = 0,10$

³ Regressionsanalys Värö 1987–2021: $p=0,005$, $R^2 = 0,21$, Ustö 1987–2021: $p<0,001$, $R^2 = 0,35$



Figur 8. A) Medelantalet fiskar per ansträngning år 1983–2021 och B) antalet observerade fiskarter år 1987–2021, från trålfisket i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Räta linjer visar signifikanta trender över tid.

Antalet fångade ryggradslösa djur per tråldrag uppgick till 162 individer i Värö samt 62 individer i Ustö (Tabell 2). Fångsttätheten, abundansen, av ryggradslösa djur visar en kraftigt ökande trend i båda områdena från 1990 till 2021 (Tabell 2)⁴. Områdena skiljer sig inte åt vad gäller fångsten av totalt antal fångade ryggradslösa djur över tid.

Totalt fångades sex olika arter/taxon av evertebrater under 2021 inom båda fångstområdena. Vid både Värö och Ustö har en ökning av antalet arter skett över tid (Tabell 2)⁵. Utvecklingen av antal evertebratarter över tid skiljer sig inte åt mellan de två områdena.

⁴ Regressionsanalys Värö 1990–2021: $p < 0,001$, $R^2 = 0,76$, Ustö 1990–2021: $p < 0,001$, $R^2 = 0,73$

⁵ Regressionsanalys Värö 1990–2021: $p = 0,001$, $R^2 = 0,30$, Ustö 1990–2021: $p < 0,001$, $R^2 = 0,56$

Tabell 1. Fångst (antal individer) i genomsnitt per tråldrag om 20 minuter under 2021 och i medeltal för hela undersökningsperioden (från 1983 till 2021) och för de senaste tio åren (2012–2021), i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Arterna är sorterade efter hur vanligt förekommande de varit under hela tidsperioden i recipienten. Linjär regression beräknad med ln-transformerade värden. + anger ökande trend, - anger minskande trend med signifikansnivåer * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, ns anger att ingen signifikant förändring observerats över tiden. Fångst vid störda ansträngningar ingår inte.

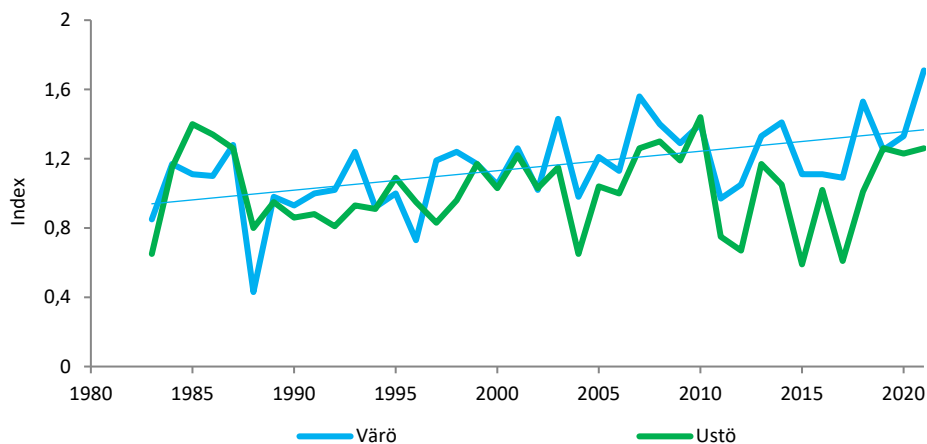
Art	Värö (recipient)					Ustö (referens)				
	CPUE 2021	medel 1983-2021	trend	medel 2012-2021	trend	CPUE 2021	medel 1983-2021	trend	medel 2012-2021	trend
Sandskädda	32,60	218,58	ns	143,17	- *	81,87	309,05	- *	244,83	- **
Vitling	8,53	45,22	ns	18,07	ns	13,40	73,03	ns	70,68	ns
Rödspätta	1,07	20,23	ns	13,61	ns	5,60	17,50	- ***	6,24	- *
Kolja	9,33	11,57	+ *	7,61	ns		7,27	- ***	0,05	ns
Fjärsing	15,67	7,28	+ ***	13,14	ns	4,20	2,05		4,66	
Knot	2,53	5,07	+ ***	6,48	ns	0,13	3,77	ns	2,73	ns
Torsk	0,20	4,96	- **	0,90	ns	0,20	4,36	- ***	0,62	ns
Rötsimpa	2,40	3,79	ns	4,70	ns	1,67	3,95	- ***	2,93	- *
Taggmakrill		2,48		0,14		0,20	0,76		0,23	
Randig sjökock	0,40	2,37	ns	1,85	ns		0,41	ns	0,11	ns
Tungevar	1	1,63		3,73		1,20	0,84		2,26	
Lerskädda	0,07	1,62	ns	0,56	- *	2,07	6,39	ns	5,90	- **
Slätvar		0,79	ns	0,89	ns	0,87	0,51	+ ***	1,01	ns
Piggvar		0,78	- ***	0,22	- **		0,06		0,05	
Skäggsimpa	1,07	0,76	+ *	1,22	ns		0,03		<0,01	
Skarpsill		0,57		0,51		5,67	4,94	+ *	8,32	ns
Skrubbskädda		0,43	ns	0,45	- *	0,40	0,41	ns	0,30	ns
Bergskädda	0,07	0,42	- **	0,20	ns		0,53		0,02	
Svart smörbult	0,73	0,42		0,67		0,53	2,09		3,69	
Småvar		0,40		<0,01			0,20			
Kummel	0,07	0,36		0,13		0,13	1,46	ns	1,13	ns
Sill		0,31		0,22		0,40	1,05	+ *	1,53	ns
Åkta tunga		0,19	ns	0,22	ns		0,05		0,04	
Skärnsultra		0,13		0,02			0,03		0,02	
Mulle		0,09		0,16			0,01		0,02	
Fenknot		0,04		0,06			<0,01		<0,01	
Småtunga		0,03		0,08			<0,01		<0,01	
Fläckig sjökock		0,03		<0,01			0,04		0,15	
Femtömmad skärlånga		0,02								
Bergvar		0,02		<0,01			<0,01			
Ansjovis		<0,01					<0,01			
Sandstubb		<0,01		0,02			0,02		0,06	
Gråsej		<0,01		<0,01		0,20	0,01		0,04	
Pigghaj		<0,01		0,02			0,06		0,07	
Berggylta		<0,01					<0,01			
Spetsstjärtad smörbult	0,07	<0,01		0,02		0,40	0,06		0,21	
Långa		<0,01					<0,01		<0,01	
Havskatt		<0,01					<0,01			
Paddtorsk		<0,01		<0,01						
Makrill		<0,01		<0,01			<0,01		0,02	
Oxsimpa		<0,01		<0,01						
Lyrtsk		<0,01								
Tobis (kust-/havs-)		<0,01								
Glyskolja		<0,01		<0,01			<0,01		<0,01	
Grässultra		<0,01								
Marulk		<0,01					<0,01			
Sjurygg		<0,01		<0,01						
Småfläckig rödhaj		<0,01								
Stensultra		<0,01								
Tänglake		<0,01								
Blågylta						0,07	<0,01		<0,01	
Gulål							<0,01			
Klarbult						0,07	<0,01		0,01	
Knaggrocka							<0,01			
Lerstubb							<0,01			
Sjustrålig smörbult							0,03		0,11	
Spetsstjärtat längebarn							<0,01			
Totalt antal fiskar	75,80	330,69	ns	219,28	- *	119,27	441,13	- *	358,51	- *
Antal fiskarter	16	20,91	+ ***	21,40	ns	20	20,00	+ ***	21,5	ns

Tabell 2. Fångst (antal individer) i genomsnitt per tråldrag om 20 minuter under 2021 och i medeltal för hela undersökningsperioden (från 1983 till 2021) och för de senaste tio åren (2012–2021), i recipientområdet Värö och i referensområdet Ustö. Arterna är sorterade efter hur vanligt förekommande de varit under hela tidsperioden i recipienten. Linjär regression beräknad med ln-transformerade värden. + anger ökande trend, - anger minskande trend med signifikansnivåer * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, ns anger att ingen signifikant förändring observerats över tiden. Fångst vid störda ansträngningar ingår inte.

Art	Värö (recipient)					Ustö (referens)				
	CPUE 2021	medel 1983-2021	trend	medel 2012-2021	trend	CPUE 2021	medel 1983-2021	trend	medel 2012-2021	trend
Simkrabba obestämd	125	39,12	+ ***	107,7	ns	50,87	40,29	+ ***	110,17	ns
Strandkrabba	25,47	6,73	+ ***	15,67	ns	5,47	1,42		4,17	
Eremitkräfta	1,73	3,10		4,14		3,07	3,78		3,90	
Krabbtaska	8,93	2,67	+ ***	7,89	+ **	2,13	0,92	+ ***	2,40	+ *
Maskeringskrabba	0,87	0,36		0,27		0,07	0,40		0,52	
Bläckfisk obestämd	0,13	0,10		0,16		0,2	0,44		0,71	
Havskräfta		0,03					0,09		0,12	
Alloteuthis subulata		0,03		0,05			0,04		0,05	
Sydkalmar		0,03		0,10			0,03		0,10	
Europeisk hummer		0,03		0,05			0,03		0,08	
Nordkalmar		<0,01		0,02			<0,01			
Hästräka		<0,01		<0,01			<0,01			
Spindelkrabba		<0,01		<0,01						
Tångräka obestämd							<0,01		<0,01	
Totalt antal evertebrater	162,13	55,03	+ **	136,06	ns	61,8	52,87	+ ***	122,24	ns
Antal evertebratarter	6	5,34	+ **	6,40	ns	6	6,00	+ ***	6,7	ns

3.2.2. Diversitet

Artdiversiteten (Shannon-Wieners index) hos fisk i fångsterna har ökat över tid under perioden 1983-2021 i recipientområdet Värö⁶ (Figur 9). Motsvarande ökning har inte skett i referensområdet Ustö. Artdiversiteten skiljer sig statistiskt mellan de båda områdena under perioden 1983-2021⁷ där Värö i genomsnitt uppvisar ett högre index-värde. Även under 2021 var artdiversiteten högre i Värö än i Ustö (1,71 i Värö och 1,26 i Ustö; Figur 9).



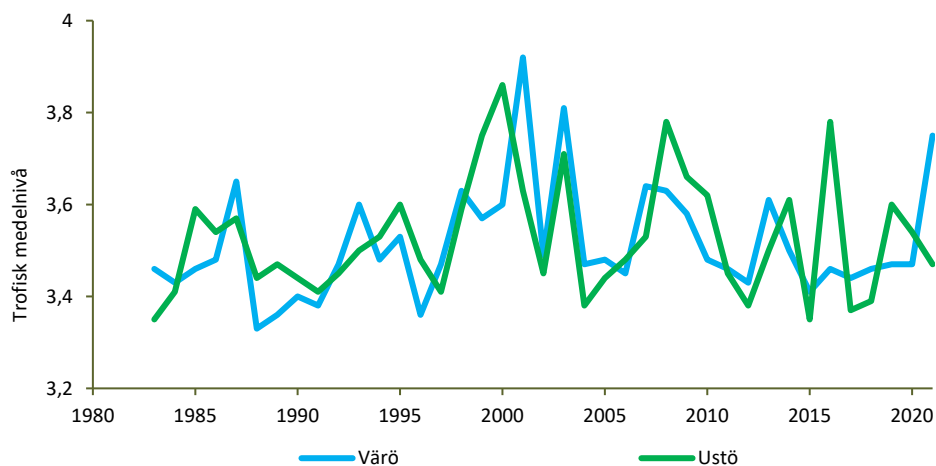
Figur 9. Artdiversiteten hos provfiskefångsten av fisk 1983–2021 i recipientområdet Värö (blå markering) och Ustö (grön markering). Diversiteten är beräknad som Shannon–Wiener index. Den rätta linjen visar signifikant ökning i trend över tid.

3.2.3. Trofisk nivå

Likt föregående år kan inga trender påvisas på index för den trofiska medelnivån av fisk i vare sig Värö eller Ustö (Figur 10). Sett till hela tidsserien har Värö ett trofiskt medelindex på 3,51 och ett trofiskt medelindex på Ustö är 3,53. Värdet för årets provfiske i Ustö låg nära medelvärdena för hela protagningsperioden, då trofiskt medelindex var 3,47, medan värdet för Värö var något högre, 3,75. Vid både Värö och Ustö dominerades fångsten av sandskädda, en art med trofiskt index 3,3. Det var ingen skillnad i trofisk nivå mellan de två områdena över tid.

⁶ Regressionsanalys Värö 1983–2020: $p = 0,0001$, $R^2 = 0,29$

⁷ Mann-Whitney U-test $p < 0,005$



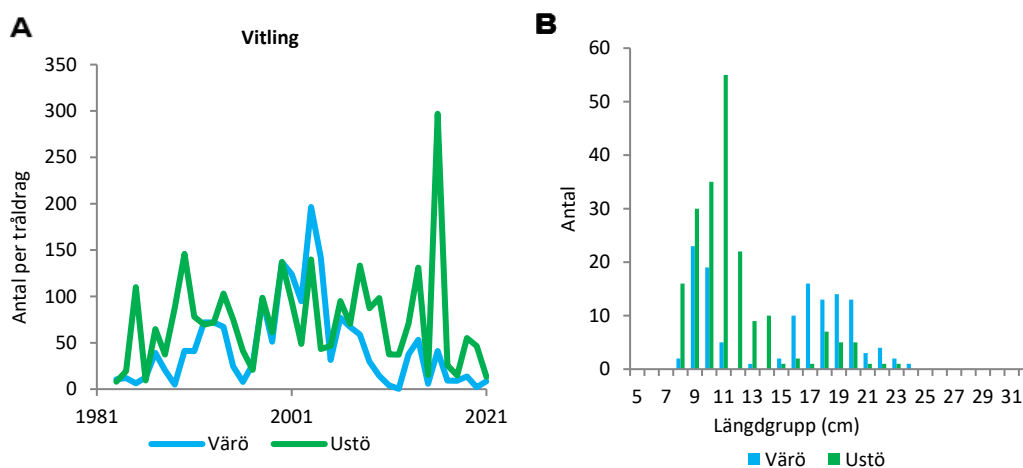
Figur 10. Trofisk medelnivå på provfiskefångsten av fisk 1983–2021 i recipientområdet Värö (blå markering) och Ustö (grön markering). Höga värden indikerar hög förekomst av rovfisk, och låga värden indikerar hög förekomst av växtätare.

3.2.4. De vanligaste fiskarterna i trålfisket

Liksom tidigare år utgjordes majoriteten av den sammanlagda fångsten av sandskädda (Värö: 43 procent, Ustö: 69 procent). Fjärsing var den näst vanligaste arten i Värö och stod för 21 procent av fångsten inom området. Vitling var den näst vanligaste arten vid Ustö, och den fjärde vanligaste arten vid Värö och stod för 11 procent inom vardera område (Tabell 1).

Vitling

Under hela provtagningsperioden (1983–2021) har fångstantalet av vitling fluktuerat kraftigt (Figur 11a). De stigande fångsterna 2013 och 2014, efter en bottennotering 2012, följdes av mycket låga fångster 2015. År 2016 fångades 297 vitlingar per tråldrag vid referensområdet Ustö, vilket var den högsta fångstsiffran som noterats sedan provfiskets start 1983. Under 2021 var fångsten av vitling förhållandevis låg inom både Ustö och Värö, med 13 vitlingar per tråldrag inom Ustö, och 9 vittlingar per tråldrag inom Värö. Fluktuationen i fångster av vittling kan till en viss del förklaras av att vittlingen inte är stationär utan förflyttar sig mellan olika områden. Utvecklingen av fångsterna skilde sig inte över tid, men totalt finns det en skillnad i fångster mellan områdena.⁸ Längdfördelningen hos individerna skilde sig också mellan områdena 2021⁹, där medellängden för vitling var 15,0 cm (SD \pm 4,6) inom Värö och 11,6 cm (SD \pm 3,1) inom Ustö (Figur 11b).



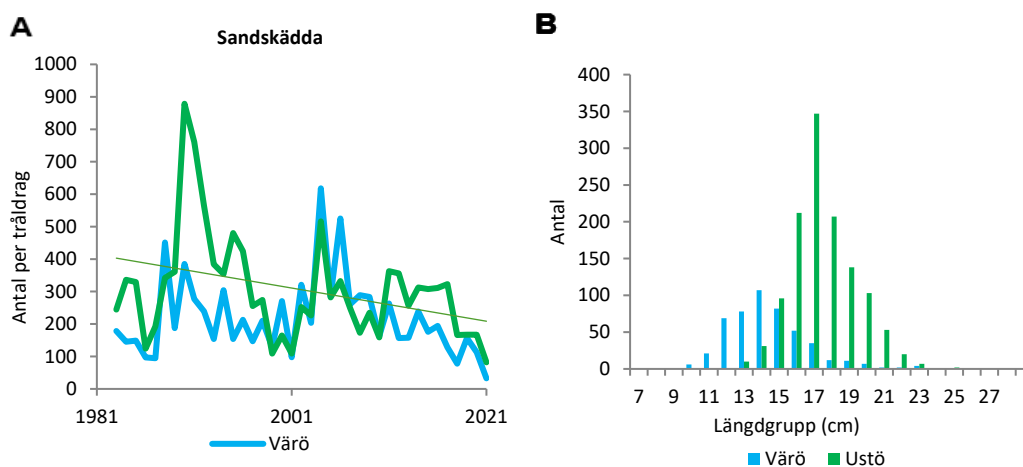
Figur 11. Den totala fångsten åren 1983–2021 (A) och längdfördelningen i fångsten 2021 (B) av vitling per tråldrag om 20 minuter i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Notera olika skalor på Y-axlarna.

⁸ Variansanalys Anova Värö-Ustö: $p = 0,002$

⁹ Variansanalys Anova $p = 0,022$

Sandskädda

Sedan undersökningarna påbörjades 1983 har sandskädda varit den vanligast förekommande fiskarten (Tabell 1). År 2021 fångades 33 sandskäddor per tråldrag inom Värö och 82 sandskäddor per tråldrag inom Ustö vilket är de minskade fångsterna av sandskädda vid båda områdena sedan undersökningens början. Totalt sett har mer sandskädda fångats vid Ustö än vid Värö (Figur 12a), men fångsten har minskat sedan 1983 vid Ustö¹⁰ och vid båda områdena under den senaste tioårsperioden.¹¹ I fisket representerades sandskäddan nästan uteslutande av förhållandevis små och därmed sannolikt unga individer. Medellängden för fångade sandskäddor 2021 skilde sig inte statistiskt mellan de två områdena. Medellängden var 14,4 cm (SD ±2,3) inom Värö och 15,5 cm (SD ±1,9) inom Ustö (Figur 12b).



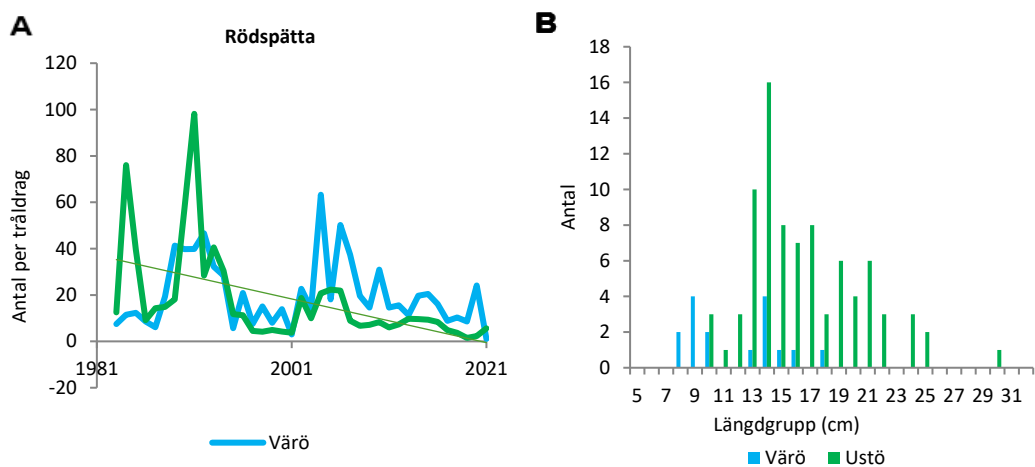
Figur 12. Den totala fångsten åren 1983–2021 (A) och längdfördelningen i fångsten 2021 (B) av sandskädda per tråldrag om 20 minuter i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Heldragen linje visar signifikant trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.

¹⁰ Regressionsanalys Ustö 1983–2021: $p = 0,041$, $R^2 = 0,11$

¹¹ Regressionsanalys Värö 1983–2021: $p = 0,037$, $R^2 = 0,48$, Ustö 1987–2021: $p = 0,004$, $R^2 = 0,69$

Rödspätta

Fångsten av rödspätta har uppvisat periodvisa fluktuationer både inom recipientområdet Värö och inom referensområdet Ustö under perioden, 1983–2021 (Figur 13A). I de två områdena har fångstens utveckling skiljt sig över tiden¹². Rödspättan har minskat över tid under den senaste tioårsperioden samt över hela tidsperioden inom Ustö¹³ (Figur 13, Tabell 1). 2021 fångades endast 1,1 rödspätta per tråldrag inom Värö och 5,6 rödspätta inom Ustö. Analyserna visar en statistisk skillnad i storlek på rödspätta mellan Värö och Ustö¹⁴, med medellängd på 11,9 cm (SD \pm 3,2) inom Värö och 16,7 cm (SD \pm 3,9) inom Ustö (Figur 13B). Fångsten dominerades av små, sannolikt unga individer.



Figur 13. Den totala fångsten åren 1983–2020 (A) och längdfördelningen i fångsten 2020 (B) av rödspätta per tråldrag om 20 minuter i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Heldragen linje visar signifikant trend över tid. Notera olika skalor på Y-axlarna.

¹² Kovariansanalys Ancova 1983–2021: $p = 0,008$, $R^2 = 0,268$

¹³ Regressionsanalys Ustö 1983–2021: $p = <0,001$, $R^2 = 0,40$, 2012–2021: $p = 0,021$, $R^2 = 0,50$

¹⁴ Variansanalys Anova $p = 0,024$

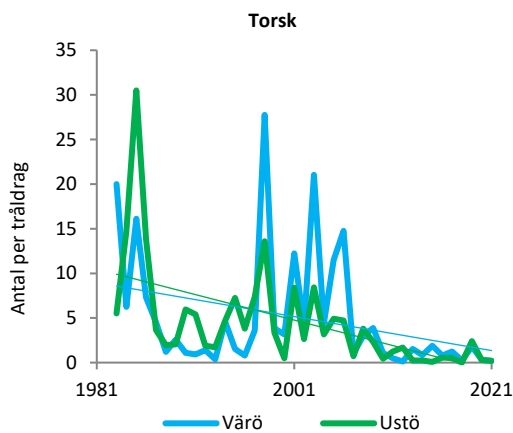
3.2.5. Övriga fiskarter i trålfisket

Sedan provfisket började 1983 och fram till och med 2021 har förekomsten av flertalet fiskarter förändrats, både inom recipientområdet Värö och inom referensområdet Ustö. Sett över hela provtagningsperioden (1983-2021) har fyra fiskarter (kolja, fjärsing, knot och skäggsimpa) ökat i antal vid Värö och tre (slätvar, skarpsill och sill) vid Ustö (Tabell 1). Negativa trender för hela perioden kunde ses för tre arter vid Värö (torsk, piggvar och bergskädda), och för fem arter vid Ustö (sandskädda, torsk, rötsimpa, rödspätta och kolja). Under den senaste tioårsperioden påvisades en positiv trend för sill inom Ustö. Under denna tidsperiod påvisas även en negativ trend för sandskädda i båda områdena samt piggvar och bergskädda i Värö och rödspätta, rötsimpa och lerskädda i Ustö.

Fram till och med 2006 var torsk bland de vanligaste förekommande arterna i fångsten i båda områdena, men har därefter blivit mindre vanlig i fångsten. Torsken redovisas här på grund av sitt stora historiska kommersiella, kulturella och ekologiska värde.

Torsk

Sett till hela undersökningsperioden, 1983–2021, har fångsten av torsk minskat inom både recipientområdet Värö och inom referensområdet Ustö (Figur 14)¹⁵. 2021 fångades tre torsk med en medellängd på nio cm inom respektive område. Den totala fångsten skiljer sig inte mellan områdena. Sedan slutet av 1990-talet har det förekommit stora mellanårsvariationer i torskfångsterna, samtidigt som fångsterna under de senaste tio åren varit förhållandevis små (Figur 14, Tabell 1). Likt föregående år utgjordes torskfångsten av små, sannolikt unga individer.



Figur 14. Den totala fångsten av torsk per tråldrag om 20 minuter åren 1983–2021 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Helledragen linje visar signifikant trend över tid.

¹⁵ Regressionsanalys Värö 1983–2021: $p = 0,002$, $R^2 = 0,23$, Ustö 2012–2021: $p < 0,001$, $R^2 = 0,53$

3.2.6. Rygggradslösa djur

Liksom föregående år var den vanligast förekommande arten simkrabba i båda områdena. Krabbtaska var den näst vanligaste arten inom Väröområdet och strandkrabba vid Ustö. Den totala fångsten av evertebrater och antalet evertebratarter har ökat över tid (1990–2021) vid både Värö och Ustö (Tabell 2).

Simkrabba

Fångsten av simkrabba har ökat över tid under hela trålningsperioden, 1990–2021, inom både recipientområdet Värö och inom referensområdet Ustö (Figur 15a, Tabell 2)¹⁶. Vid Värö har fångsten fluktuerat genom åren, med fångsttoppar år 2014, 2016, 2019 och 2020. 2019 var medelfångsterna av simkrabba 188 individer per tråldrag inom Värö, vilket är det högsta värdet inom Värö sedan undersökningens början. Fångsten av simkrabba inom Ustö har i stort speglat den vid Värö, dock med något lägre fångsttoppar och en avvikande fångsttopp 2019 med 271 simkrabbor per tråldrag. Fångsten för 2021 har minskat jämfört med föregående år inom Värö och Ustö där det fångades 188 och 51 simkrabbor per tråldrag inom respektive område. Den totala fångsten skiljde sig inte mellan områdena.

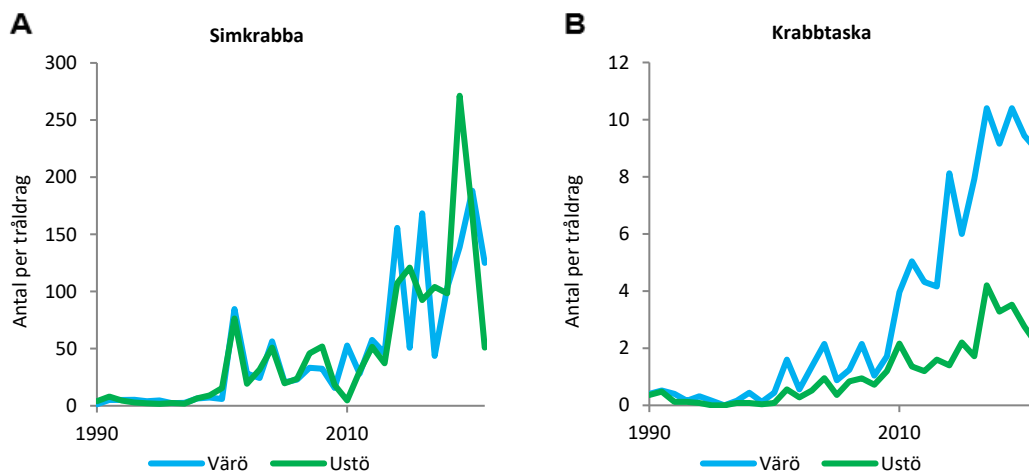
Krabbtaska

Fångsten av krabbtaska har en ökande trend både inom recipientområdet Värö och inom referensområdet Ustö (Figur 15b, Tabell 2)¹⁷. Fångstens utveckling över tid skiljer sig mellan de båda områdena¹⁸, då fler krabbor har fångats inom Värö än inom Ustö. Sedan mitten av 2000-talet har fångstantalet av krabbtaska stigit kraftigt, framför allt inom Värö. Fångsten av krabbtaska 2017 var den högsta sedan rygggradslösa djur började registreras (1990), med tio krabbtaskor per tråldrag inom Värö och fyra krabbtaskor per tråldrag inom Ustö. 2021 var fångsten nio respektive två krabbor per tråldrag inom Värö och Ustö.

¹⁶ Regressionsanalys Värö 1990–2021: $p < 0,001$, $R^2 = 0,80$, Ustö 1990–2021: $p < 0,001$, $R^2 = 0,77$

¹⁷ Regressionsanalys Värö 1990–2021: $p < 0,001$, $R^2 = 0,79$, Ustö 1990–2021: $p < 0,001$, $R^2 = 0,68$

¹⁸ Mann-Whitney U-test: $p = 0,022$



Figur 15. Fångst av a) simkrabba och b) krabbtaska, under tidsperioden 1990–2021 i recipientområdet Värö (blå markering) och referensområdet Ustö (grön markering). Notera olika skalor på Y-axlarna.

3.2.7. Sjukdomar och skador

Yttre sjukdomstecken på fisk har registrerats i all fångst sedan 1994. Under den här perioden har i genomsnitt 0,15 % av fångsten uppvisat någon form av yttre sjukdomssymtom. Under fisket för 2021 observerades dock inga sjukdomssymtom på någon fisk, vilket är första gången sedan undersökningen startade. Under fisket 2020 observerades yttre sjukdomssymptom på 22 individer inom Värö och sju inom Ustö, vilket motsvarar 0,48 respektive 0,11 procent av den totala fångsten. Störst andel fiskar med sjukdomssymtom observerades år 2006 och uppgick till 0,38 procent.

3.3. Dokumentation av utsläppstub och omgivande botten

Botten i det filmade området består främst av sandig transportbotten med inslag av löst drivande alger, organiskt material och skalgrus. Under filmningen var sikten nedsatt på grund av stora mängder löst organiskt material i vattnet. Mängden skalgrus på botten var relativt konstant med större mängder allra närmast tuben.

I Figur 16 visas bilder från de två videotranssekterna, Transekt 1 och Transekt 2, samt dokumentation av tuben, ROV1. Figur 16a och 16b visar bottenförhållandet ca 200 meter norr- respektive söder om tuben. Vid dessa lokaler påträffades lösdrivande makroalger, något enstaka skal samt löst drivande organiskt material både i vattenmassan och på botten. Botten var täckt med något mer löst organiskt material norr om än söder om tuben. Figur 16c och 16d visar bottenförhållandena ca 20 meter från och fram till tuben. På dessa lokaler sågs vita fläckar på botten som indikerar syrefria förhållanden. På norra sidan av tuben sågs ansamlingar av skal och döda marina organismer runt och under tuben. Vid filmningen av och längs med tuben var sikt och strömförhållanden för dåliga för att möjliggöra observation av fastsittande organismer i underkant av tuben. På ovansidan av tuben kunde alger och ett fåtal rörliga organismer men inga fastsittande organismer observeras (Figur 16e). Det marina samhället vid tuben som observerades 2021 motsvarar resultatet av filmningarna vid tuben 2019 och 2020, då ett fåtal fastsittande organismer kunde observeras i tubens underkant. Observationerna från dessa år skiljer sig dock från dokumentationen av tuben 2017 då tubens alla sidor var bevuxna av fastsittande marina organismer, bland annat havsnejlikor (*Metridium senile*) och havstulpaner (*Cirripedia/cirripedier*). Vid tubens mynning kunde även en något större ansamling av döda skal observeras (Figur 16f). Krabbtaskor, sjöstjärnor och fisk (gråsej och stensnultra) observerades på och kring tuben vid filmning längs med tuben.



Figur 16. Bilder från videodokumentation 2021. Bild a) och b) avser transekt 1 och 2, ca 200 meter norr- respektive söder om tuben. Bild c) och d) avser transekt 1 och 2, ca 20 meter från tuben respektive ett fåtal meter från tuben. Bild e) och f) visar bilder från filmning längs tuben. Bild e) visar påväxt av alger på tubens ovansida samt en krabbtaska och sjöstjärnor. Bild f) visar ansamling av döda skal vid tubens mynning.

4. Diskussion

4.1. Ålyngeluppvandring i Viskan

Mängden av uppvandrande ålyngel i ån Viskan har förändrats över tid. Totalt sedan provtagningarna startade har en negativ trend i uppvandringsantal påvisats. Sen början av 1970-talet har antalet yngel drastiskt minskat, och nästan inga ålyngel fångades från 1990-talet till första decenniet på 2000-talet. Sedan 2013 har ett ökat men fluktuerande antal ålyngel observerats i provtagningarna, med den senaste toppen under 2017 på 107 kg. Från 2020 till 2021 minskade fångstvikten med nära hälften, där en bidragande orsak kan ha varit det underhållsarbete som utförts av dammen vid mynningen. Underhållsarbetet medförde buller som kan störa ynglen och på så vis ha hejdat ålynglens uppvandring. En annan orsak till det låga yngelantalet kan vara den kalla våren 2021 då medeltemperaturen låg på 3,5°C (SD 1,3) och 7,6°C (SD 1,5) under mars respektive april månad. Den kalla våren kan ha minskat uppvandringen under den tidiga delen av säsongen.

Utvecklingen i Viskan speglar den generella rekryteringsnedgång för ål, som observerats i hela Europa, där rekryteringen av glasål har minskat kraftigt sedan 1980-talet men varit stabil på en låg nivå sedan 2011 (ICES, 2020a och Dekker m.fl., 2021).

4.2. Provfiske med bottentrål

I slutet av 1980-talet och under 1990-talet var mängden fisk som fångades markant högre i Ustö än i recipientområdet Värö. Denna skillnad i fiskmängd var troligen en effekt av klorblekning som under den perioden användes av Södra Cell Värö. Det framkom nämligen på den tiden att områden vid massabruk där klorblekning tillämpades hade reducerade fisksamhällen (Neuman och Karås, 1988). Dessutom visade det sig att det tog åtskilliga år för fisksamhällen i påverkade områden att återgå till referensvärden efter att klorblekning upphört (Sandström och Neuman,

2003), vilket stämmer överens med observationerna från provfisket vid Värö och Ustö över tid. Södra Cell Värö slutade använda klorblekning 1993 och fram till 1993 har resultaten från provfisket visat att Ustö haft ett betydligt högre fångstantal per ansträngning jämfört med Värö. I slutet av 1990-talet var emellertid fångsterna från de två områdena likartade i antal fisk per ansträngning, vilket troligen var en effekt av avslutad användning av klorblekning. Sedan början av 2000-talet och fram till och med 2021 kan man se årliga fluktuationer i fångsten. Dock visar årsvariationen samstämmighet mellan områdena, vilket troligen speglar en generell rekryteringsvariation och fisktillgång i Kattegatt.

Likt förgående år visade resultaten av trålfisket 2021 att antalet arter av både fisk och ryggradslösa djur har ökat i båda fiskeområdena sedan undersökningens början. Däremot kan ingen signifikant trend ses under den senaste tioårsperioden. Antalet fiskarter som fångades under 2021 var något lägre i Värö än tidigare år, vars anledning är oklar men kan mycket väl vara årliga fluktuationer. Sett till recipientområdet Värö och referensområdet Ustö över tid och under trålningsperioden 1983–2021, finns ingen direkt skillnad mellan områdena avseende antalet arter som skulle kunna härledas till effekter av brukets processer.

Den trofiska medelnivån i fisksamhället skiljer sig inte mellan recipient- och referensområdet, och det finns inga trender i trofisk nivå över tid. Till skillnad från Ustö har artdiversiteten över tid ökat och är högre i Värö under trålningsperioden 1983–2021, och den totala artdiversiteten var något högre i Värö jämfört med Ustö under 2021. Botten vid referensområdet Ustö är å ena sidan täckt av ett fint sandlager, vilket gynnar bottenlevande fiskarter såsom sandskädda (Frimodt, 1995). Å andra sidan är botten vid Värö också täckt av sand, men med mindre jämnhet och mer sten i förhållande till Ustö. Det är möjligt att den höga abundansen av, och de gynnsamma förhållandena för, sandskädda i Ustö hindrar etableringen av andra arter, medan den förhållandevis mer mångsidiga botten vid Värö tillåter mer variation i artsammansättningen. Ökad diversitet i Värö skulle även kunna bero på effekterna av avslutad klorblekning och att fisksamhället i området fortfarande är under återhämtning.

För de flesta fiskarter så fluktuerar fångsten över tid, men inom både Värö och Ustö visar fångsten att ett flertal arter antingen har minskat eller ökat sedan provtagningens början 1983. Det finns inga tydliga tecken som visar på att fler arter skulle vara påverkade av förändringar inom det ena provtagningsområdet framför det andra. Individantalet av den dominerande arten sandskädda har sett en minskning i Ustö över hela tidsserien och inom båda områdena över de senaste tio åren, men det finns ingen skillnad i utveckling mellan områdena.

Antalet evertebrater har också ökat över tid i båda områden, sedan de började registreras 1990. Framför allt har abundansen av simkrabba, strandkrabba och

krabbtaska ökat. Den låga förekomsten av större rovfisk som torsk, lyrtorsk och gråsej kan ha bidragit till ökningen, eftersom deras diet till stor del består av tiofotade kräftdjur (*Decapoda*, en ordning inom klassen storkräftar; Du Buit, 1995). Den låga torskfångsten i provfisket speglar Kattegattbeståndets långvarigt prekära tillstånd, som råder trots att inget riktat torskfiske pågår i Kattegatt sedan flera år tillbaka. Torsk är däremot en vanlig bifångst i fisket på havskräfta (ICES, 2020b).

Under 2021 så observerades inga sjukdomssymtom på någon individ i provfisket, vilket är första gången sedan undersökningen började 1994. Anledningen till detta är oklar, men under 2021 fångades ett lägre antal fisk, delvis beroende på färre tråldrag. Bland de arter som uppvisade sjukdomssymtom under 2020 stod skarpsill för den högsta andelen symptom. Fångsten av skarpsill var cirka en sjundedel under 2021 jämfört med 2020, vilket kan ha haft en inverkan på avsaknaden av sjukdomsförekomst.

Givet de historiska skillnaderna i fångster mellan recipient och kontrollområde till följd av den dåtida klorblekningen, torde det ligga i Södra Cell Värös och kontrollmyndigheters intresse att fortsätta provfisket med trål för att övervaka utvecklingen i recipienten och referensområde.

4.3. Dokumentation av utsläppstub och omgivande bottenar

Det största potentiella tecknet på miljöpåverkan i den visuella utvärderingen av bottenförhållandet vid Södra Cell Värös utsläppstub är förekomsten av syrefria vita fläckar i området kring utsläppstuben (se Lingman, 2015; Lingman och Sundqvist, 2016). Som noterats i tidigare års rapporter kan syrebrist uppstå i sedimentet när partikulärt organiskt material bryts ned varvid syre förbrukas (Møller m.fl., 1985; Nordberg m.fl., 2017). Denna process kan öka om ytterligare organiskt material tillförs, eller i områden med låg vattenomsättning. Vid videofilmningen 2021 noterades tecken på syrebrist på botten närmast tuben. Detta observeras vissa år men inte andra vilket tyder på att även om det råder syrefria förhållanden vid vissa tillfällen så ökar syrehalten vid botten mellan dessa, till följd av vertikal vattenomblandning som framför allt drivs av vågor och vind (Pitcher m.fl., 2021).

Vid filmningen 2021 undersöktes botten upp till 250 meter från tuben och inga klara tecken på påverkan (ökad mängd dött organiskt material, döda skal eller tecken på syrefria bottenar) kunde ses längre bort än ca 50 meter från tuben.

4.4. Effekter av Södra Cell på närområdet

Även om den totala mängden uppvandrande ålyngel i Viskan kraftigt har minskat över tid (1971–2021), är de senaste åtta årens något högre nivåer i antal ålyngel i provtagningen ett försiktigt positivt tecken för nyrekryteringen av ål. Det bör dock tilläggas att de senaste tre åren har mängden uppvandrande ålyngel minska i Viskan och att rekryteringen till hela utbredningsområdet har varit stabil (varken ökande eller minskande) sedan 2011 (ICES, 2020a). Sett till hela utbredningsområdet i Europa, Nordafrika och västra Asien utgör Viskan och dess tillrinningsområde ett av många ålhabitat som är påverkade genom flera konstruerade vandringshinder (ICES, 2020a).

Inga synliga negativa effekter av Södra Cell Värös aktiviteter kan heller ses på fisksamhället i recipienten under perioden efter att klorblekningen upphörde 1993. Fångstantalet av fisk, diversiteten av fiskarter, och sjukdomsförekomst i recipientområdet visar inga märkbara negativa effekter i förhållande till referensområdet. Tidigare studier på miljöeffekterna av pappersmassabruk har dock visat att TCF och ECF-blekning kan ha negativ inverkan på fisken i påverkade områden (Sandström och Neuman, 2003; Milestone m.fl., 2012). Framför allt har det visats att utsläppen från dessa typer av bruk är hormonstörande för fisk (Scott m.fl., 2011, Costigan m.fl., 2012, Orrego m.fl., 2019). För att fastställa om fisksamhället vid Södra Cell Värö påverkas av dessa effekter behövs utökade undersökningar.

Det är likaså svårt att uppskatta effekten av Södra Cell Värös utsläppstub på den lokala omgivningen. För en bättre förståelse av tubens inverkan skulle den biologiska undersökningen kunna kompletteras med analyser av bottenlevande organismer för att undersöka förekomst av förhöjda stressnivåer vid utsläppstuben.

5. Referenslista

- Andersen, J. H., Carstensen, J., Holmer, M., Krause-Jensen, D., & Richardson, K. (2019). *Editorial: Research and Management of Eutrophication in Coastal Systems*. *Frontiers in Marine Science*, 6, [768]. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00768>
- Chiang, Gustavo, et al. *Estrogenicity and intersex in juvenile rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) exposed to Pine/Eucalyptus pulp and paper production effluent in Chile*. *Aquatic Toxicology* 164 (2015): 126-134.
- Coulter, D. P., Huff Hartz, K. E., Sepúlveda, M. S., Godfrey, A., Garvey, J. E., Lydy, M. J. (2019) *Lifelong Exposure to Dioxin-Like PCBs Alters Paternal Offspring Care Behavior and Reduces Male Fish Reproductive Success*. *Environ. Sci. Technol.* 2019, 53, 19, 11507–11514
- Costigan, Shannon L., et al. *Expression profiling and gene ontology analysis in fathead minnow (Pimephales promelas) liver following exposure to pulp and paper mill effluents*. *Aquatic toxicology* 122 (2012): 44-55.
- 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*. Institutionen för akvatiska resurser , Sveriges lantbruksuniversitet. Aqua reports ; 2021:12.
- Du Buit, M. H. (1995). *Food and feeding of cod (Gadus morhua L.) in the Celtic Sea*. *Fisheries Research* 22, 227–241.
- Förlin, L., Andersson, T., Balk, L. & Larsson, A. (1995). *Biochemical and physiological effects in fish exposed to bleached kraft mill effluents*. *Ecotoxicology and environmental safety* 30, 164–170.
- Frimodt, C. (1995). *Multilingual illustrated guide to the world's commercial coldwater fish*: Fishing News Books Ltd. ICES. 2018. *Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*, 5–12 September 2018, Gdansk, Poland. ICES CM 2018/ACOM:15. 150 pp
- Froese, R. & Pauly D. (editors). (2020). *Fishbase*. World wide web electronic publication. www.fishbase.org, version (12/2020).
- Froese, R. Pauly, D. (2000) *FishBase 2000 Concepts, design and data sources*, Edited by R. Froese and D. Pauly 2000. Published by the International Center for Living Aquatic Resources Management, MCPO Box 2631, 0718
- Gunnarsson, M. 2021. *Miljörapport 2021*, ej publicerat. Södra cell Värö processteknik.
- ICES. 2020. *Cod (Gadus morhua) in Subdivision 21 (Kattegat)*. In Report of the ICES Advisory Committee, 2020. ICES Advice 2020, cod.27.21. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5903>.
- ICES. 2020. *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL)*. *ICES Scientific Reports*. 2:85. 223 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5982>
- Korman, J., Yard, M. D., Dzul, M. C., Yackulic, C. B., Dodrill, M. J., Deemer, B. R., Kennedy, T. A. (2021) *Changes i prey, turbidity and competition reduce somatic growth and and cause the collapse of a fish population*. *Ecological monograph*. volume 91, issue 1.
- Lingman, A. & Sundqvist, F. (2016). *Biologisk recipientkontroll vid Södra cell Värö. Årsrapport för 2015*. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 33 s.
- Lingman, A. (2015). *Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö. Årsrapport för 2014*. *Aqua reports* 2015:3. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 35 s.

- Looström, J. & Persson, S. (2021). Biologisk recipientkontroll vid Södra Cell Värö, Årsrapport för 2020. Aqua reports 2021:3. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 36s.
- Milestone, C. B., Orrego, R., Scott, P. D., Waye, A., Kohli, J., O'Connor, B. I., Smith, B., Engelhardt, H., Servos, M. R. & MacLachy, D. L. (2012). *Evaluating the potential of effluents and wood feedstocks from pulp and paper mills in Brazil, Canada, and New Zealand to affect fish reproduction: chemical profiling and in vitro assessments*. *Environmental science & technology* **46**, 1849–1858.
- Møller, M. M., Nielsen, L. P. & Jørgensen, B. B. (1985). *Oxygen responses and mat formation by Beggiatoa spp.* *Applied and Environmental Microbiology* **50**, 373–382.
- Neuman, E. (1977). *Fiskeriundersökningar vid Väröhalvön*. Statens Naturvårdsverk. Arbetsrapport.
- Neuman, E. & Karås, P. (1988). *Effects of pulp mill effluent on a Baltic coastal fish community*. *Water Science and Technology* **20**, 95–106.
- Nordberg, K., Asteman, I. P., Gallagher, T. M. & Robijn, A. (2017). *Recent oxygen depletion and benthic faunal change in shallow areas of Sannäs Fjord, Swedish west coast*. *Journal of Sea Research* **127**, 46–62.
- Orrego L. R. Hewitt, M. McMaster, M. Chiang, G. Quiroz, M. Munkittrick, K. Gavilán, F. J. Barra, R. *Assessing wild fish exposure to ligands for sex steroid receptors from pulp and paper mill effluents in the Biobio River Basin, Central Chile*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 171, 2019, Pages 256-263, ISSN 0147-6513
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F. (1998). *Fishing down marine food webs*. *Science* **279**, 860–863.
- Pennington, M. (1983). *Efficient Estimators of Abundance, for Fish and Plankton Surveys*. *Biometrics*, 39(1), 281-286. doi:10.2307/2530830
- Pihl, L. (1994). *Changes in the diet of demersal fish due to eutrophication-induced hypoxia in the Kattegat, Sweden*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **51**, 321–336.
- Pihl, L., Baden, S. & Diaz, R. (1991). *Effects of periodic hypoxia on distribution of demersal fish and crustaceans*. *Marine Biology* **108**, 349–360.
- Pitcher et al., *System controls of coastal and open ocean oxygen depletion*. *Progress in Oceanography*, Volume 197, 2021.
- Rosenberg, R. & Loo, L.-O. (1988). *Marine eutrophication induced oxygen deficiency: effects on soft bottom fauna, western Sweden*. *Ophelia* **29**, 213–225.
- Sandström, O. & Neuman, E. (2003). *Long-term development in a Baltic fish community exposed to bleached pulp mill effluent*. *Aquatic ecology* **37**, 267–276.
- Scott, Philip D., et al. "Isolation and identification of ligands for the goldfish testis androgen receptor in chemical recovery condensates from a Canadian bleached kraft pulp and paper mill." *Environmental science & technology* 45.23 (2011): 10226-10234.
- Shannon, C. E. (1949). *Communication theory of secrecy systems*. *Bell Labs Technical Journal* 28, 656–715.
- Snickars, M., Sandström, A. & Mattila, J. (2004). *Antipredator behaviour of 0+ year Perca fluviatilis: effect of vegetation density and turbidity*. *Journal of Fish Biology* **65**, 1604–1613.
- Sohel, S. (2015). *Effects of algal turbidity on foraging and antipredator behaviour of the three-spined stickleback (Gasterosteus aculeatus)*.
- Stegert, C., Lenhart, H. J., Blauw, A., Friedland, R., Leujak, W., & Kerimoglu, O. (2022). *Evaluating Uncertainties in Reconstructing the Pre-eutrophic State of the North Sea*. *Frontiers in Marine Science* 8, 637483.
- Thoreson, G. (1992). *Handbok för kustundersökningar. Recipientkontroll. Kustrapport 4*, 88.
- Thulin, J., Höglund, J. & Lindesjö, E. (1988). *Diseases and parasites of fish in a bleached kraft mill effluent*. *Water Science and Technology* **20**, 179–180.
- Thulin, J., Höglund, J. & Lindesjö, E. (1989). *Fish Diseases in Coastal Waters (Fisksjukdomar I Kustvatten)*. Naturvårdsverket (Natural Agency), Almänna Förlaget, Solna (126 pp.).

Vidal G, González Y, Piña B, Jarpa M, Gómez G. *Minimization of Environmental Impact of Kraft Pulp Mill Effluents: Current Practices and Future Perspectives towards Sustainability*. Sustainability. 2021; 13(16):9288. <https://doi.org/10.3390/su13169288>

