

14 Ett fiskefritt område för skydd av hummer och rovfisk i Göteborgs skärgård – Delrapport 5

Författare:

Andreas Wikström, Frida Sundqvist, Mats Ulmestrand,
Håkan Wennhage, Ulf Bergström



Omslagsfoto: Björn Fagerholm

Referera till denna rapport:

Wikström A, Sundqvist F, Ulmestrand M, Wennhage H & Bergström U 2016. Ett fiskefritt område för skydd av hummer och rovfisk i Göteborgs skärgård. I: Bergström m fl 2016.

Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden. Aqua reports 2016:20.

14	Ett fiskefritt område för skydd av hummer och rovfisk i Göteborgs skärgård – Delrapport 5	159
14.1	Bakgrund	162
14.2	Metodik	164
	14.2.1 Övervakning av hummerns abundans	164
	14.2.2 Övervakning av fisksamhälle och ekosystemfunktion	166
14.3	Resultat	168
	14.3.1 Förbättrad och säkerställd hummerproduktion	169
	Ökad beståndstäthet	169
	Starkare lekbestånd	170
	Diversifierad storleksfördelning	171
	Ökad rekrytering	172
	Spillover adulter	172
	14.3.2 Ostört fisksamhälle	172
	Diversifierad storleksfördelning	172
	Ökad täthet av rovfisk	173
	14.3.3 Återetablerad ekosystemfunktion	174
	Minskad förekomst av mindre kräftdjur	174
14.4	Diskussion	176
14.5	Referenser	179

Sammanfattning

Det fiskefria området vid Vinga i Göteborgs skärgård har efter totalt 11-12 års fredning bidragit till ett flertal mätbara effekter, tydligast är dessa på hummer men det ses även effekter av fredning på andra kräftdjursarter och bottenfisk. Studien visar att relativt små fredningsområden, Tanneskär (1,2 km²) och Buskär (3,2 km²), kan bidra till att stärka befintliga populationer av hummer.

Resultaten visade en ökad beståndstäthet för hummer efter att fredningen införts. Effekten var tydlig och likvärdig vid de konstgjorda reven och vid naturliga hummerhabitaten inom fiskefria områdena. Fångsterna av hummer i fisket med hummertinor ökade i genomsnitt med 120 % vid de konstgjorda reven respektive 275 % vid de naturliga hummerhabitaten från 2003 till 2014. Vidare ökade medelstorleken från 80 mm till 94 mm (carapaxlängd) under fredningsperioden, vilket motsvarar en viktökning på ca 60-66%. Resultatet med ökad beståndstäthet och förbättrad tillväxt stämmer överens med resultat från andra områden där hummer fredats. I området utanför det fiskefria området ses inga förändringar i fångst av hummer över tid. Därmed förefaller skillnaderna som observeras mellan det fredade området och de fiskade områdena i sin helhet vara en effekt av fredningen.

Studien visar på begränsade spilleffekter av vuxen hummer från de fredade områdena. Slutsatsen baseras på att återrapportering från allmänheten av märkt hummer utanför fredningsområdena varit mycket liten (6,8 %) i jämförelse med återfångster inom fredningsområdet (93,2 %). Eftersom återfångsterna utanför fredningsområdet är beroende av att fritidsfiskare rapporterar in när en märkt hummer fångats medan återfångsterna inom fredningsområdet baseras på vetenskaplig provtagning så kan en underskattning av migrationen av hummer ha förekommit. Ett förmodat högt fisketryck i randområdet kring fredningsområdet är också sannolikt en förklaring till varför spilleffekter kan vara svårt att se i referensfiske med ryssja som bedrivits mellan Tanneskär och Buskär.

Den ökade förekomsten av hummer i kombination med ökad storlek hos honorna (ökad biomassa) har skapat förutsättningar för en förbättrad ägg- och larvproduktion. Området kan därför antas fungera som produktionsområde för hummerlarver till omgivande miljöer och på så vis bidra till att upprätthålla ett gott hummerbestånd i närliggande kustområde.

Ryssjefisket visar på likartade förändringar i hummerbeståndet som i fisket med hummertinor, det vill säga fler och större humrar i det fiskefria området jämfört med närliggande områden tillgängligt för hummerfiske. Resultatet stärker slutsatserna gällande hummer. Ryssjefisket visar även på vissa tendenser till effekter fiskbestånden. Förekomst av större torsk, över 30 cm, är genomgående högre i det fiskefria området än i jämförelseområdet, men ingen skillnad i utvecklingen över tid kan ses. Samtidigt ses en tendens till ökade fångster av glyskolja över tid. Krabbtaskan ökade i jämförelseområdet, men däremot inte det fiskefria området, sannolikt på grund av att den påverkas negativt av det växande beståndet av hummer. Fisk- och kräftdjursamhället som helhet förändras i det fiskefria området i förhållande till jämförelseområdet. En markant nedgång i förekomsten av småvuxna kräftdjur, exempelvis strandkrabba, maskeringskrabba och eremitkräfta, ses i det fiskefria området, sannolikt till följd av de höga tätheterna av hummer, torsk och glyskolja.

Sammantaget visar studien att fredning av relativt små områden kan fungera som ett bra förvaltningsverktyg i syfte att öka förekomst och storlek hos hummer. De kan även, genom produktion av hummerlarver, bidra till att upprätthålla beståndet i närliggande havsområden. Även glyskolja och torsk reagerar positivt på fredningen, samtidigt som det blir färre krabbor och kräftor. Det här indikerar att en återkomst av stora predatorer till följd av fiskefria områden kan ge effekter på ekosystemets struktur och funktion.

14.1 Bakgrund

I samband med projektet "Säkrare farleder", vars syfte var att skapa säkrare farleder för sjöfarten in till Göteborgs hamn genom att exempelvis bredda farleden, uppstod ett behov att spränga bort grunda hårdbottnar som bland annat ansågs vara mycket värdefulla för hummerproduktionen. För att kompensera de ingrepp i den marina miljön som projektet bedömdes ge upphov till, planerades sju stycken konstgjorda rev. De konstgjorda reven skulle byggas av bortsprängda stenmassor och placeras i Göteborgs skärgård. Avsikten var att reven skulle gynna vissa fisk- och kräftdjursarter, då framförallt hummer, krabbtaska, torsk, gråsej, bleka och vitling.

Platserna för reven valdes ut i samråd med företrädare för allmänna och enskilda intressen för att tillse att inga intressen skadades av etableringen av reven. Exempel på aspekter som det togs hänsyn till var fiskets behov, hydrografi, geoteknik, försvarets behov, befintliga höga natur- och kulturvärden. I samband med att reven skapades under 2002-2003 så etablerades även två fiskefria områden (FFO) runt reven som trädde i kraft 2003. Det ena området, Tanneskär, är 1,2 km² och innefattar två stycken rev. Det andra området, Buskär, är 3,2 km² stort och innefattar fem stycken rev.

Hummerrevsprojektet startades upp år 2002. Uppföljningsprogrammet (2003-2006) bestod bland annat av burprovfisken samt nät- och ryssjeprovvfisken. År 2007 sammanställdes insamlade data och projektet slutrapporterades, men gällande regleringar kring de fiskefria områdena kvarstod. Eftersom en eventuell påverkan av rens betydelse för rekrytering av småhummer inte kunde utvärderas under denna korta tidsperiod fortsatte burprovfisket under 2008-2010. Det fiskefria område som skulle komma att tillskapas inom ramen för regeringsuppdraget 2009 hade således en särskild historik både för att det hade sitt ursprung i artificiella rev och genom de fiskeregleringar som införts redan i hummerrevsprojektet.

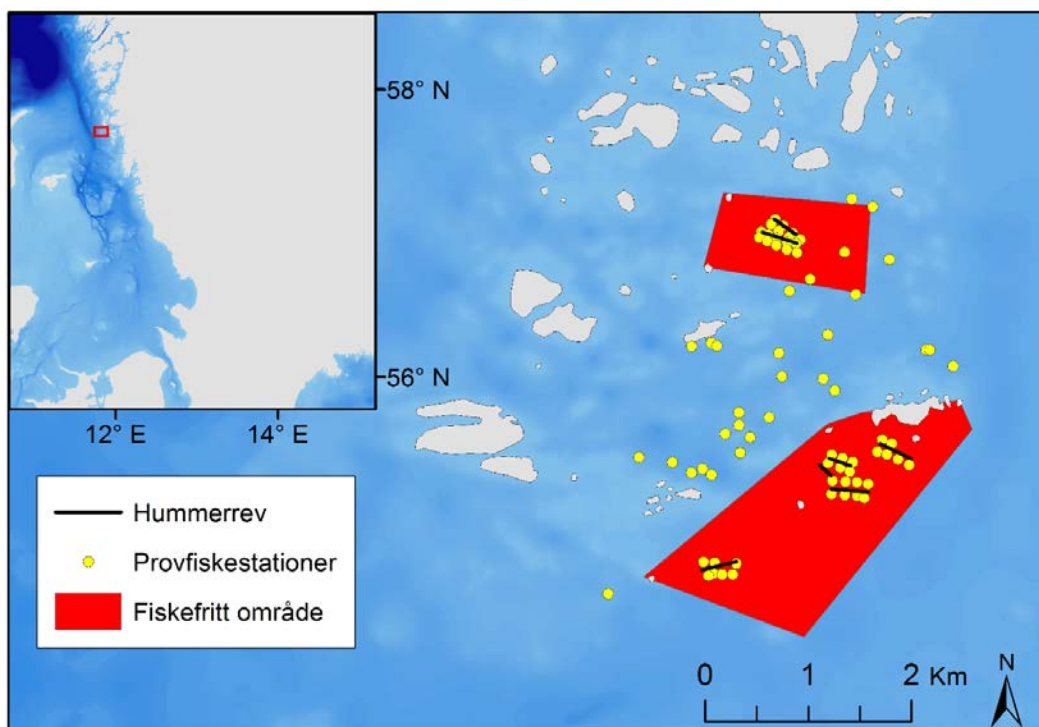
Inför etableringen av det fiskefria området hölls under 2009 flera samrådsmöten med olika intressenter, samordnade av Fiskeriverket och Länsstyrelsen i Västra Götaland. Bland annat hölls samrådsmöten men stadsbyggnadskontoret i Göteborg, stadsdelsnämnden i SDN Södra Skärgården (Styrsö), samhällsbyggnadskontoret/nämnden Öckerö kommun vilka samtliga var positiva till etableringen av de

fiskefria områdena och deras utökning. Vidare hölls samrådsmöten med Husbehovsfiskarna, Sveriges kust- och insjöfiskares organisation (SKIFO), Sveriges fisketurismföretagare (SeFF), Sportfiskarna Väst (länsförbund), Sportfiskarna (riksförbundet), yrkesfisket, samt allmänheten vid två tillfällen (på Brännö och Öckerö). Samtliga dessa intressenter var positiva till det fiskefria området i dess nuvarande utsträckning men inte till den föreslagna utökningen som skulle innebära att man slog ihop de två områdena till ett större enhetligt område. Fredningen 2010 innebar slutligen en liten utvidgning av Tanneskärs fredningsområde åt öster medan Buskär fredningsområde förblev oförändrat (Figur 1)

Fisksamhället på grunda steniga bottnar i Kattegatt och södra Skagerack domineras främst av olika arter av läppfiskar, torskfiskar och simpbor. På grunda mjukbottnar brukar fisksamhället domineras av olika typer av plattfiskar och torskfiskar (Pihl et al. 1994, Pihl och Wennhage 2002). Torsk är den vanligaste förekommande torskfisken, men torskbestånden längs den svenska västkusten har sedan 1960-talet minskat starkt i täthet, utbredning och storleksammansättning. Orsaken till kustbeståndens försvinnande är sannolikt i huvudsak en effekt av ett allt högre fisketryck (Svedäng 2003, Svedäng & Bardon 2003, Svedäng et al. 2004, Vitale et al. 2008, Fiskeriverket 2009). Även för hummer visar data på en långsiktigt minskad förekomst sedan slutet av 1800-talet. Idag regleras förekomsten främst av fiske och klimat (Sundelöf et al. 2013). Den begränsade beståndsanalys som kan göras med nuvarande datainsamling av hummer indikerar att fisketrycket är högt och att beståndet befinner sig på historiskt låga nivåer (Resursöversikten 2015). För både torsk och hummer fanns således förutsättningar att ett fiskefritt område skulle kunna ge positiva effekter på de lokala bestånden.

Vid etableringen av det fiskefria området öster om Vinga 2010 var huvudmålsättningen att bygga upp ett lokalt hummerbestånd med fler och större individer, som kunde bidra till att det omkringliggande fiskbara området hade en god rekrytering av hummer. Detta förväntas kunna ske då larver av god kvalitet och i relativt sett stor mängd kan spridas från de skyddade områdena samt genom utvandring av vuxna individer till omkringliggande områden när tätheten ökar i de skyddade områdena och tillgången på hummerhabitat (hummer är beroende av gömslen) blir begränsande.

En annan målsättning med etableringen av det fiskefria området var att åstadkomma ett mer effektivt skydd för de torskfiskar som förekom i större antal och var av högre medelstorlek i de befintliga fredningsområdena vid Tanneskär och Buskär jämfört med referensområdena. Detta ansågs vara särskilt angeläget om kustlekande torsk nyttjade reven som födosöksområde. Ytterligare en målsättning var att den ökade mängden hummer och rovfisk skulle återupprätta den strukturerande ekosystemfunktion som dessa predatorer kan stå för vid höga beståndstätheter och påverka strukturen hos fisk- och kräftdjurssamhället som helhet.



Figur 1. De fiskefria områdena (röda zoner) vid Tanneskär (övre) och Buskär (undre). Svarta linjer representerar lokalisering av konstgjorda rev. Gula punkter representerar provfiskestationer med ryssjor, där stationer utanför de fiskefria områdena utgör referensområde.

14.2 Metodik

I samband med att det fiskefria området inrättades definierades målsättningar, indikatorer och målkriterier (Goals, Objectives, Indicators, Success criteria) gällande hummerns abundans, fisksamhälle och ekosystemfunktion (Tabell 2). Med detta som utgångspunkt sattes ett uppföljningsprogram upp som skulle kunna svara på om målen uppnåtts.

Två typer av provfiskeredskap, hummertinor respektive ryssjor, har använts vid undersökningarna av de fiskefria områdena. Provfiske med hummertinor användes i syfte att studera hummerproduktion och ryssjor tillämpades främst i syfte att studera fisksamhällets utveckling och ekosystemfunktion, främst hur förekomsten av stora predatorer påverkar fisk- och skaldjurssamhället, men gav även ett mått på utvecklingen av hummerbeståndet.

14.2.1 Övervakning av hummerns abundans

Under 2003 till 2006 genomfördes provfiske med hummerburar inom Buskärs och Tanneskärs fredningsområden samt på omkringliggande naturliga hårdbottnar inom de båda fredningsområdena.

De 20 tinorna som användes i Tanneskärsområdet under 2003 var av svensk rund modell, de var ca 120 cm långa med två ingångar, en kammare och saknade flyktöppningar (Figur 2). Under perioderna 2004 - 2006, 2008 - 2010 samt 2014 användes ytterligare 20 tinor, dessa var 90 cm långa och av skotsk halvrund modell. Maskstorleken var 50 mm sträckt maska i båda modellerna. Huvudsakligen har hårt saltad skrubbskädda eller sill använts som agn. I båda områdena har tio (fem skotska och fem svenska) hummertinor använts på de konstgjorda reven. Motsvarande uppsättning hummertinor fiskades på naturliga hummerhabitat inom vardera av de två fredningsområdena. Notera att två av reven inom Buskär sjönk ned i havsbotten. Det sydligaste revet var också kraftigt exponerat för vind och sjö vilket försvårade fiske med tinor. Sammantaget innebär detta att det fiskades med en ansträngning på totalt 20 tinor fördelat på de fyra kvarvarande reven och 20 på naturliga hummerbottnar. Målsättningen var att dra tinorna två gånger i veckan men på grund av dåliga väderförhållanden har inte detta kunnat utföras varje år, särskilt inte i det mer utsatta Buskärområdet. Varje hummertina bur har i genomsnitt dragits 8,4 gånger per år.



Figur 2. Fotografi på hummertinor som använts inom det fiskefria området i Vinga. Skotsk halvrund hummertina (till vänster i bild) och svensk rund hummertina (till höger i bild) som (utan flyktöppningar) använts vid provfisket. Den skotska är 90 cm lång och 40 cm bred. Den svenska är 120 cm lång med diameter på 40 cm. Båda har två ingångar och en kammare och en maskstorlek på 25 mm stolpe. Foto: Mats Ulmestrand.

Provfiske på naturliga hårbottnar med hummerhabitat inom båda fredningsområdena utfördes på 12 – 20 m djup. Fiskedjupet vid de konstgjorda reven var 12 – 18 m.

Fångade humrar könsbestämdes, längdmättes (huvudsköldens längd), märktes med individuella märknummer på Floy Anchor Tags (se figur 3) och återutsattes på fångstplatsen. Märket sattes bakom ryggsköldens (carapax) kant, på så vis stannar märket kvar efter skalömsning. Märkmetoden är väl utprovad och har tidigare framgångsrikt använts inom hummerfredningsområdet Kåvra vid Brofjordens mynning (Ulmestrand, 1996).



Figur 3. Individuellt märkta humrar med Floy Anchor Tags.

Resultaten från fisket med hummertinor redovisas som fångst per fiskeansträngning (antal individer per tina och dag) vilket brukar användas som mått på beståndets täthet under förutsättning att fångstbarheten inte ändras beroende på t.ex. skillnad i fiskeansträngning, beteendeförändringar eller tillfälliga vandringsmönster. Fiskeansträngningen (antal redskap per område) har varit densamma under samtliga åtta respektive sju år.

Eftersom den ursprungliga målsättningen med hummerrevsprojektet var att dokumentera kolonisering av hummer till de konstgjorda stenreven, så har inget provfiske med burar utförts i referensområden utanför fredningsområdena (där fiske är tillåtet). För att jämföra med utvecklingen av hummerfisket utanför fredningsområdena har därför information om fångst per tina från två hummerfiskare använts. De två hummerfiskarna utgörs av en fritidsfiskare med 28 tinor som fiskade runt fredningsområdena, samt en yrkesfiskare med 50 tinor som fiskade vid Vrångö i Göteborgs södra skärgård. Denna design innebär även att återfångster av märkta humrar i de fiskefria områdena härstammar från projektets årliga provfisket, medan återfångster utanför området varit beroende av allmänhetens inrapportering.

I tillägg till burfiskena nyttjas även uppgifter på hummerfångster i ryssjefisket (beskrivs i nästa stycke), där fiske skett både inom fredningsområdena och i det mellanliggande området, där fiske varit tillåtet. Skillnaden i utveckling mellan de fiskade och de fiskefria områdena ger ett mått på den kombinerade effekten av reven och fiskeförbudet.

14.2.2 Övervakning av fisksamhälle och ekosystemfunktion

Provfisket med ryssjor bedrevs i oktober under åren 2002-2006 samt vid ett återbesök i området 2015. Syftet med fisket var att följa utvecklingen över tid i det bottennära samhället bestående av fisk och kräftdjur. Figur 1 visar de provfiskestationer för ryssjor som använts både inom det fiskefria området och i det intilliggande referensområdet. Redskapet som använts är en standardiserad provfiskeryssja med en halvcirkelformad öppning på 59 cm. Ledarmen är 5 m lång och ryssjan består av 2

ledarmar och ett fiskhus (med maskstorlek på 11 mm). En mer utförlig beskrivning av redskapet finns i Bergström och Karlsson (2016). Vid Vinga och i referensområdet fiskades varje station med 6 stycken ryssjor kopplade arm i arm, förutom år 2002 då varje station fiskades med 5 ryssjor. Varje station fiskades i regel under ett dygn, men under 2002 förekom det att några stationer fiskades under två dygn på grund av dåligt väder. De skillnader i ansträngning, antal ryssjor och fiskedygn, som förekommit har tagits hänsyn till i beräkningarna av resultat. Hela fångsten från samtliga stationer artbestämdes och längdmättes, därefter släpptes fångsten tillbaka. Vid analyserna har endast data från av väderförhållanden ostörda fisken använts och antalet ostörda stationer per år har varierat mellan 20-34 i de fiskefria områdena och mellan 16-27 i det mellanliggande referensområdet (Tabell 1).

För att statistiskt testa eventuella skillnader i utveckling mellan det fiskefria området och referensområdet i ryssjefisket användes en ANCOVA-analys, där modellen bestod av område som faktor, år som kovariat och en interaktion mellan område och år. I analysen är det interaktionen mellan område och år som är av intresse. En signifikant interaktion indikerar att utvecklingen skiljt sig åt mellan det fiskefria området och referensområdet, och därmed att man haft en effekt av fiskeförbudet. Skillnader i artsammansättning analyserades med ett likhetsindex (Bray-Curtis similaritetsindex) och utvärderades med hjälp av multivariat analys (Principal Coordinates Ordination analysis, PCO). Syftet var att identifiera hur stora skillnaderna var i artsammansättning mellan områden och år och vilka arter som framför allt bidragit till dessa skillnader. Analysen utfördes i programmet PRIMER 6.0.

Tabell 1. Antal ostörda stationer som fiskats med ryssjor i de två fiskefria områdena vid Vinga respektive i det mellanliggande referensområdet.

År	Fiskefria området	Referensområdet
2002	24	22
2003	32	27
2004	20	16
2005	30	23
2006	34	25
2015	34	26

14.3 Resultat

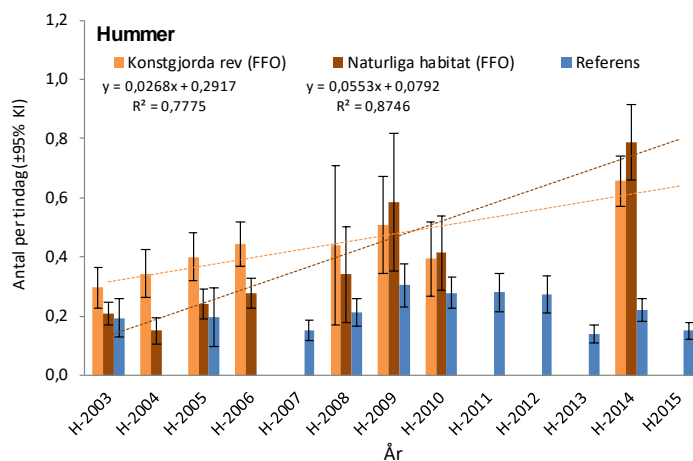
Tabell 2. En sammanfattning av resultaten i relation till de mål som satts upp för det fiskefria området vid Vinga. Tabellen innehåller även referenser till figurer och tabeller där resultaten redovisas.

Goals	Objectives	Indicators	Success Criteria	Mätmetod	Resultat	Referens
Förbättrad och säkerställd hummerproduktion	Ökad beståndstäthet	Beståndstäthet för hummer	Antal humrar ökar över tid	Provfiske burar	CPUE ökar i tiden i FFO men inte i fiskat område, vilket också är ett mått på att när F tas bort så ökar hummerbeståndets täthet.	Kap. 14.3.1. Fig. 4
	Starkare lekbestånd	Lekbiomassa från CPUE	Lekbiomassa ökar över tid	Provfiske burar och ryssjor	Medellängden hos hummerhonor ökar över tid, abundansen ökar över tid inom fiskefria området, även jämfört med referensområdet, vilket innebär att äggproduktionen ökat sedan fredningen	Kap. 14.3.1. Kap. 14.3.2. Figur 4-6
	Diversifierad storleksfördelning	Storleksstruktur	Andel stora individer ökar över tid	Provfiske burar och ryssjor	Medellängden hos både hanar och honor ökar över tid, fångst av storvuxen hummer ökar jämfört med referensområde	Kap. 14.3.2. Fig. 6 Kap. 3.1.3 Fig. 7.
	Ökad rekrytering	Äggproduktion, larvfäl-leabundans		Yngelprovfiske	Ingen tillgänglig data	
	Spillover adulter	Återfångst av märkta humrar	Andel märkta ökar i randområden	Märkning, provfiske	Humrar är mycket stationära och utvandringen är marginell	Kap. 14.3.5.
Ostört (i alla fall av lokalt fiske) fisksamhälle	Diversifierad storleksfördelning	Storleksstruktur	Andel stora individer ökar över tid	Provfiske rys-sja	Ökande CPUE stor hummer jämfört med referensområde. Ingen motsvarande skillnad i utveckling för stor fisk eller stor torsk, men däremot genomgående högre CPUE i FFO	Kap. 14.3.3 Fig. 8 Kap. 3.2.1 Fig. 10
	Diversifierad storleksfördelning	Medelstorlek	Medelstorlek ökar över tid	Fångsrapporter- ing fritidsfiske	Ingen tillgänglig data	
	Ökad täthet av rovfisk	Trofisk medelnivå	Ökande medel-trofinitivå	Provfiske rys-sja	Ingen trend mot ökad medeltrofinitivå	Kap. 14.3.2
	Ökad täthet av rovfisk	Biomassa rovfisk/ biomassa totalt	Ökande rovfiskbiomassa/ total fiskbiomassa	Provfiske rys-sja	Ingen påvisad trend mot ökad CPUE av torsk eller rovfisk totalt, däremot tendens till ökning av glyskolja i FFO jämfört med referensområde	Kap. 14.3.2 Fig. 11
Återetablerad ekosystemfunktion	Minskad förekomst av mindre kräftdjur	Abundans dekapoder	Abundans minskar över tid	Provfiske rys-sja	Förekomsten av mindre kräftdjur minskar signifikant i det fiskefria området jämfört med referensen	Kap. 14.3.3 Fig. 12

14.3.1 Förbättrad och säkerställd hummerproduktion

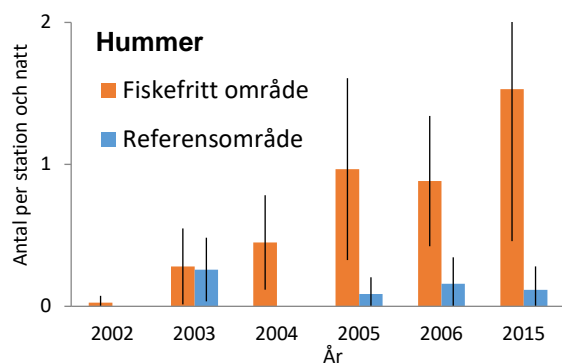
Ökad beståndstäthet

I de fiskefria områdena vid Vinga var fångsterna av hummer signifikant högre på de konstgjorda reven under höstarna år 2004-2006. Även förekomsten av hummer ökade i de naturliga habitaterna inom fredningsområdena. Generellt kan en ökande trend ses i hummerförekomst sedan området stängdes. Förekomsten av hummer under 2014 var den högsta som noterats på både de konstgjorda reven och på de naturliga hummerhabitaterna jämfört med tidigare år (Figur 4). Sedan hösten 2008 finns ingen signifikant skillnad mellan reven och de naturliga habitaterna. I relation till omkringliggande områden utanför de fiskefria områdena ses däremot ingen liknande fångstutveckling av hummer (Figur 4, referens). Beståndstätheten i de fiskefria områdena år 2014 var omkring 3-3,5 gånger högre jämfört med hummerhabitat utanför dessa områden. En skillnad som tillskrivs effekten av att området varit fredat sedan 2003 då beståndstätheten var lika de olika områdena emellan.



Figur 4. Antal humrar per tinda och dag på de konstgjorda reven och de naturliga hummerhabitaterna inom det fiskefria området vid Vinga år 2003-2006; 2008-2010 & 2014. De blå staplarna anger antal humrar per tinda och dag för två lokala hummerfiskare (fritidsfiskare och yrkesfiskare) som fiskar utanför fredningsområdena. Osäkerhetslinjer (de svarta strecken) utgör 95 % -konfidsintervall. Data från hummerfiskarna använd som referens för utveckling av hummerfisket utanför det fiskefria området. De streckade linjerna visar linjär regression av medelvärdet varje år.

Resultatet från provfisket med ryssjor visade att mängden hummer ökade i det fiskefria området jämfört med referensområdet (ANCOVA; Interaktion Område*År, $F=8,08$, $p<0,01$) (Figur 5).

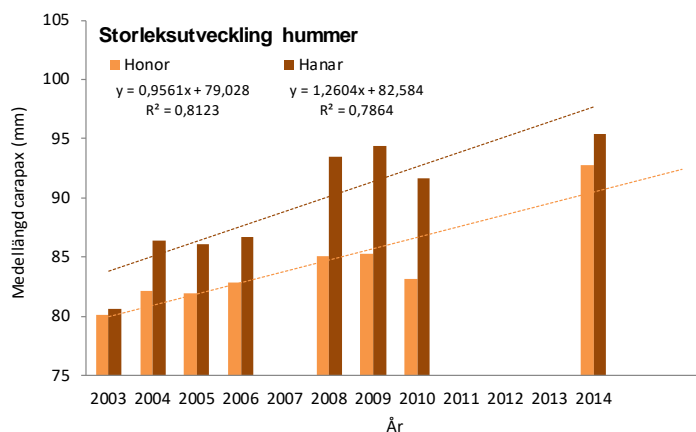


Figur 5. Antal humrar i medelantal per station och natt från provfisket med ryssjor i de fiskefria områdena respektive referensområdet år 2002-2006 samt 2015. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

Starkare lekbestånd

Medellängden hos både hanar och honor har ökat sedan FFO inrättades. Under 2003 då fredningen inrättades var medellängden på ryggskölden ca 80 mm, motsvarande gränsen för fullmålig hummer. Medellängden har sedan dess uppvisat en gradvis ökning under fredningstiden, och år 2014 hade medellängden ökat till 93 mm hos honor och 95 mm hos hanar (Figur 6). Sammantaget innebär detta en ökning av medellängd med ca 13 mm för honor respektive 15 mm för hanar.

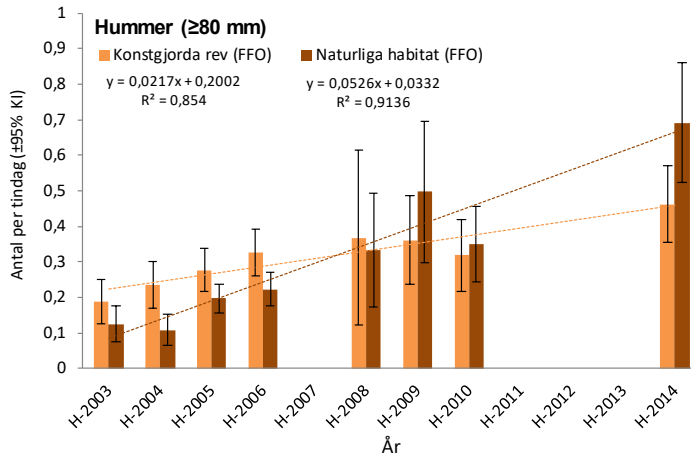
Eftersom medellängden hos hummerhonor ökar över tid (Figur 6) samtidigt som abundans ökar över tid har lekbiomassan ökat (figur 4 och 5), vilket innebär att ägg- och larvproduktionen ökat i FFO sedan fredningen infördes.



Figur 6. Medellängd på huvudsköld för hanar och honor inom det fiskefria området vid Vinga under år 2003-2006; 2008-2010 & 2014.

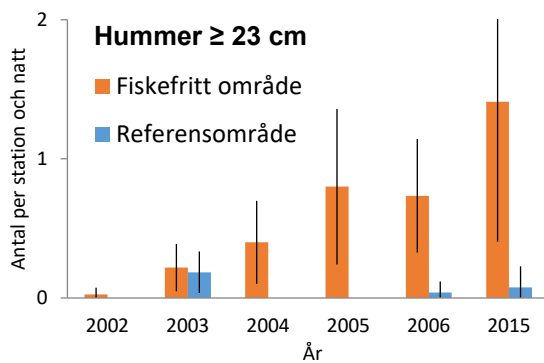
Diversifierad storleksfördelning

Slutsatsen från provfisket inom detta fiskefria område är att hummerbeståndet har ökat sedan områdena fredades (Figur 5) och medelstorleken har ökat för både hanar och honor (figur 6). I tillägg kan sägas att mängden stor hummer (≥ 80 mm) visar på en ökning inom FFO över tid (figur 7).



Figur 7. Antal stora humrar (≥ 80 mm) per tina och dag på de konstgjorda reven och de naturliga hummerhabitaterna inom fredningsområdena vid Vinga år 2003-2006; 2008-2010 & 2014. Osäkerhetslinjer visar 95 % konfidensintervall.

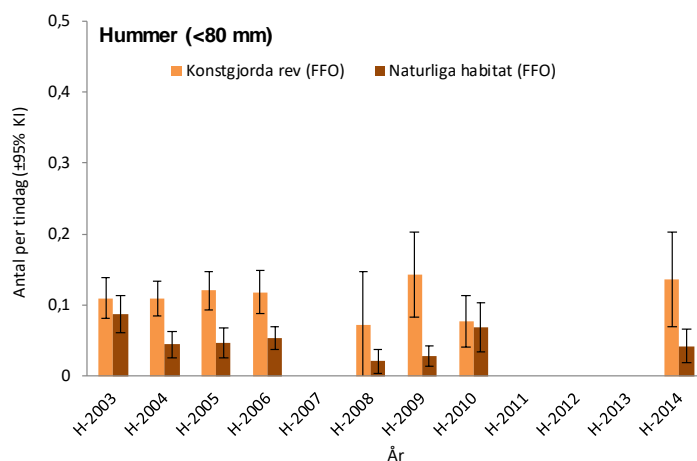
Ryssjefisket visade på en signifikant skillnad i utvecklingen av fångsterna av storvuxen hummer, större än 23 cm total längd (vilket motsvarar minimimåttet på 80 mm huvudsköld) mellan områdena (ANCOVA, Interaktion Område*År, $F=9.13$, $p<0.01$, ANOVA fiskefritt område, $F=3.85$, $p<0.01$). Den positiva utvecklingen i det fiskefria området är stark. Jämfört med 2003, d.v.s. när reven var fullt etablerade och fiskeförbudet införd, var fångsterna av hummer år 2006 3 gånger högre, och år 2015 var fångsterna 6 gånger högre än 2003 (Figur 8).



Figur 8. Fångster av storvuxen hummer i det fiskefria området och referensområde i ryssjefisket 2002-2006 samt 2015. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

Ökad rekrytering

Fångstutveckling av liten hummer (< 80 mm) uppvisade ingen trend under fredningsperioden inom FFO (Figur 9).



Figur 9. Antal små humrar (< 80 mm) per tinda och dag på de konstgjorda reven och de naturliga hummerhabitaterna inom fredningsområdena vid Vinga år 2003-2006; 2008-2010 & 2014. Osäkerhetslinjer visar 95 % konfidensintervall.

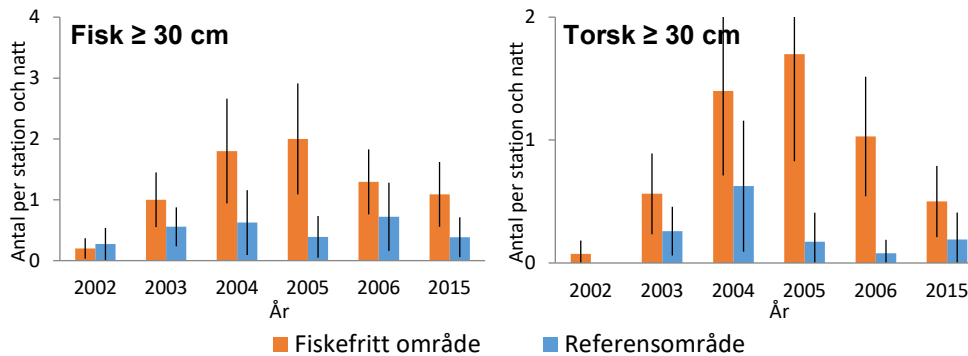
Spillover adulter

Humrarna i FFO tycks vara mycket stationära. Resultatet från märkningsstudierna visade att av totalt 1540 stycken återfångade humrar fram till år 2009 återfångades 93,2 % av de märkta humrarna inom FFO (projektets provtagning) och endast 6,8 % (allmänhetens inrapportering) fångades utanför; det vill säga hade vandrat ut (spillover) från FFO.

14.3.2 Ostört fisksamhälle

Diversifierad storleksfördelning

Fångsten i ryssjor av stora individer av fisk, större än 30 cm, visade inte på någon skillnad i utveckling över tid mellan FFO och referens (ANCOVA, Interaktion Område*År, $F=0.42$, $p=0.52$). Fångsten av torsk, större än 30 cm, visade inte heller på någon skillnad i utveckling mellan områden (ANCOVA, Interaktion Område*År, $F=0.00$, $p=1.00$), men fångsten är genomgående högre i det fiskefria området än jämförelseområdet (Figur 10). I båda fallen fanns en ökande skillnad mellan områdena under de första åren, men denna har alltså försvunnit över tid.

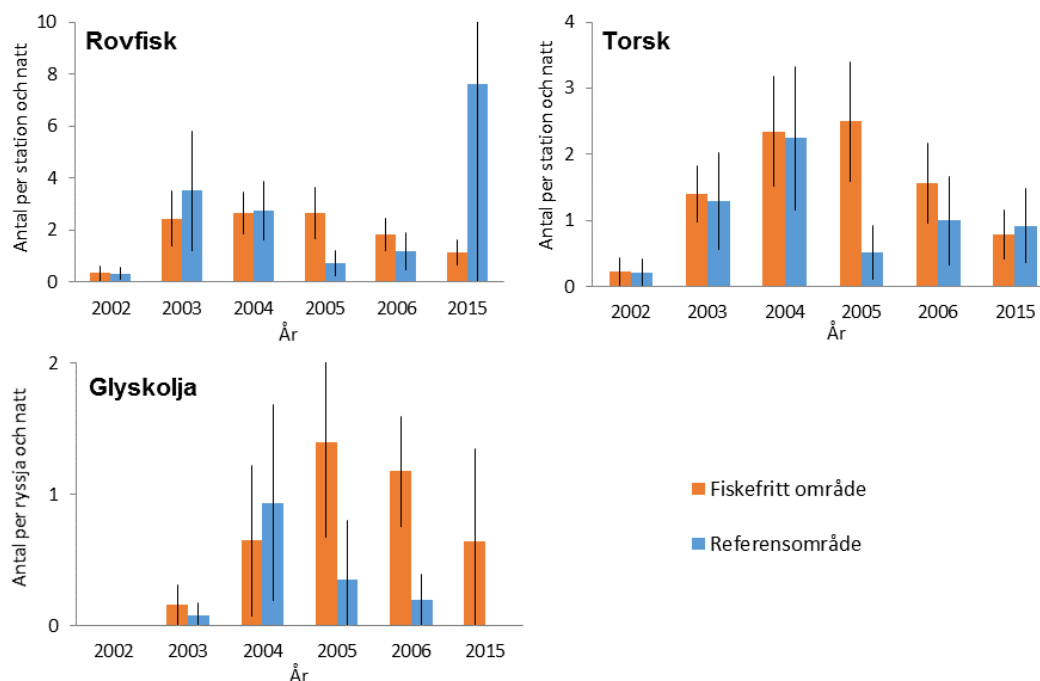


Figur 10. Fångsten i ryssjor, medelantal per station och natt, av stora individer av fisk (större än 30 cm, alla arter tillsammans) och torsk större än 30 cm under åren 2002-2006 samt 2015 i det fiskefria området och i referensområdet. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

Ökad täthet av rovfisk

Trofinivån (medel) hos fisksamhället har inte förändrats över tid inom det fiskefria området (Linjär regression, $F=1.32$, $p=0.32$). Vid en ANCOVA testades om det fanns någon skillnad i utveckling över tid mellan det fiskefria området och referensområdet med avseende på fångsten av rovfisk. Analysen kunde inte påvisa någon skillnad mellan områdena (ANCOVA; Interaktion Område*År, $F=1.68$, $p=0.20$) (Figur 11). Analysen visade på en ökande trend i referensområdet vilket beror på den höga fångsten av rovfisk 2015. Denna höga fångst beror på stora fångster av ung gråsej (ANOVA referensområdet, $F=4.33$, $p<0.01$), och är en slumpeffekt snarare än en effekt av fredningen.

De viktigaste rovfiskarna i området är torsk och glyskolja. Det fanns ingen skillnad i utvecklingen över tid mellan områdena för torsk (alla storlekar) eller rovfisk totalt sett. För glyskolja fanns däremot en tendens till en ökning i det fiskefria området jämfört med referensområdet (ANCOVA; Interaktion Område*År, $F=2.63$, $p=0.10$).



Figur 11. Fångsten i ryssjor, medelantal per station och natt, av rovfisk i det fiskefria området och i referensområdet. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.

14.3.3 Återetablerad ekosystemfunktion

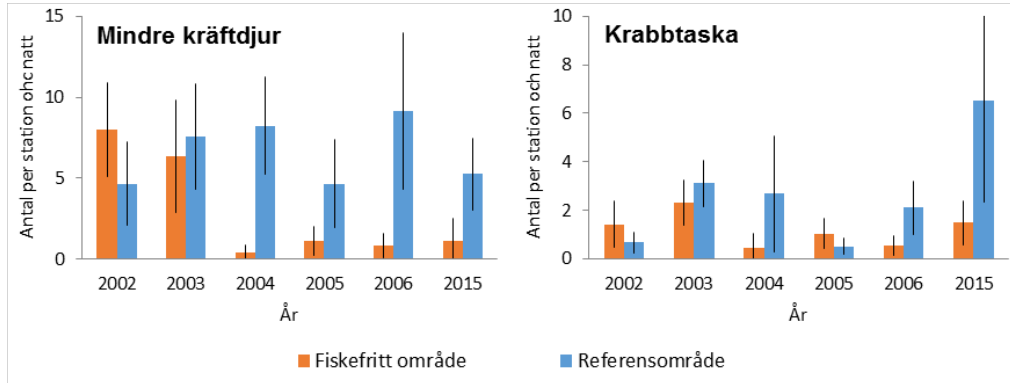
Minskad förekomst av mindre kräftdjur

Figur 12 visar på en minskad förekomst av mindre kräftdjur i det fiskefria området, samt en skillnad i utveckling mellan de två områdena (ANCOVA, Område*År, $F=8.11$, $p<0.01$). Samtidigt ses en ökning av krabbtaskan i referensområdet, men inte i det fiskefria området. Skillnaden i utveckling är på gränsen till statistiskt signifikant (ANCOVA, Område*År, $F=3.01$, $p=0.08$).

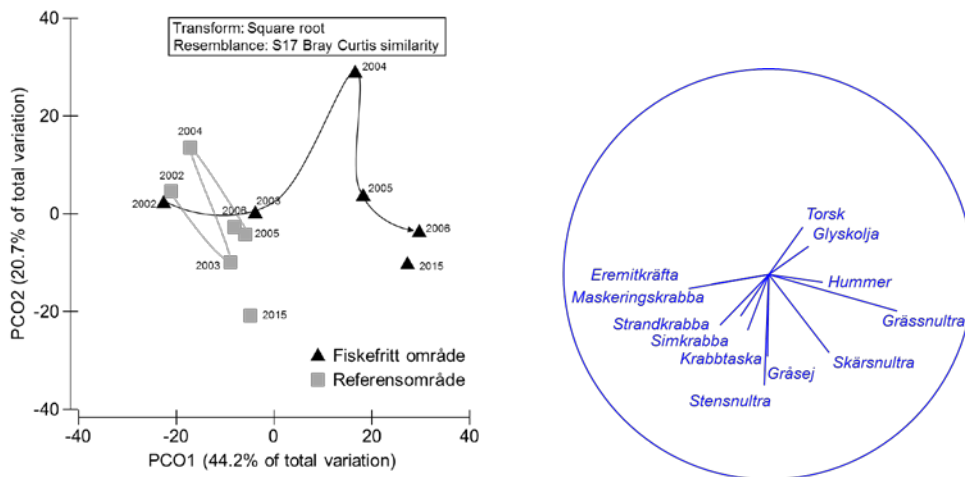
För att ytterligare följa det bottennära fisk- och skaldjurssamhället så har en multivariat principalkoordinatanalys (PCO) gjorts som visar på hur artsammansättningen i det fiskefria områden och i referensområdet har förändrats över tid. Denna PCO visade att stora förändringar skedde under de första åren efter etableringen av det fiskefria områdena och de artificiella reven vid Tanneskär och Buskär. Artsammansättningen 2015 var däremot mycket likartad artsammansättningen år 2006. Figuren visar också de arter som främst styr förändringen i de olika riktningarna (Figur 13). En ökning av grässnulta, hummer, torsk, glyskolja och skärsnulta karakteriserar det fiskefria området, medan referensområdet karakteriseras av mindre kräftdjur.

Temperatur är en omgivningsfaktor som analyserats i samband med resultaten från fisket med ryssjor. Temperaturen har varierat mellan åren, medeltemperatur på

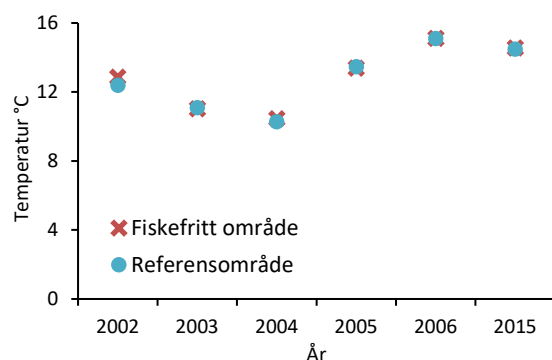
mellan 10.3 och 15.1 grader, men den är väldigt lika mellan det fiskefria området och referensområdet och torde därmed inte ha bidragit till den olikartade utvecklingen mellan områdena (Figur 14).



Figur 12. Fångst, medelantal per station och natt, av mindre kräftdjur i det fiskefria området och i referensområdet. Osäkerhetslinjer anger 95 % konfidensintervall.



Figur 13. Resultatet av en multivariat PCO-analys visar att fisk- och skaldjurssamhället i det fiskefria området har en tydlig utveckling över tid under de första åren, medan samhället i referensområdet inte förändras nämnvärt. Mellan 2006 och 2015 verkar det inte ske några ytterligare större förändringar. I cirkeln till höger visas vilka arter som främst styr förändringen i de olika riktningarna.



Figur 14. Temperatur, medelvärde av temperatur vid botten på samtliga stationer vid vittjning, i det fiskefria området och i referensområdet.

14.4 Diskussion

Det fiskefria området vid Vinga i Göteborgs skärgård har efter totalt 11 års fredning bidragit till ett flertal mätbara effekter, tydligast är dessa effekter på hummer men det finns även effekter av fredningen på andra kräftdjursarter och bottenlevande fiskar (Tabell 2). Studien visar att relativt små fredningsområden, Tanneskär (1,2 km²) och Buskär (3,2 km²), kan bidra till att stärka befintliga populationer av hummer.

I Vinga FFO observerades en ökad beståndstäthet av hummer. I omkringliggande skärgårdsområde där fritidsfiske bedrivs fanns däremot inte samma beståndsutveckling, ett resultat som indikerar att ökningen av hummerfångsterna i FFO beror på fredningen. I en studie vid norska Skagerackusten inrättades tre fiskefria områden där utveckling av hummerbestånden övervakades under perioden 2007 - 2010 (Moland et al 2013a). I studien noterades att antal humrar per tina och dag ökade i genomsnitt med 245 % inom fredningsområdena medan ökningen i referensområden var endast 87 %. Vid Vinga noterades en liknande ökning av antal humrar per tina och dag motsvarande 120 % vid de konstgjorda reven respektive 275 % vid de naturliga hummerhabitaterna inom FFO.

I studien med de norska fiskefria områdena noterades även en genomsnittlig storleksökning (längd) hos hummer med 13 % (Moland et al. 2013a), ett resultat som överensstämmer med storleksutvecklingen för hummer vid Vinga FFO där den genomsnittliga storleksökningen var 17 %. Att humrarna blivit större inom Vinga FFO innebär att den potentiella äggproduktionen per hona ökar då äggproduktionen är proportionell mot vikten.

De första åren (2004-2006) efter att fredningen inrättats var mängden hummer högre på de konstgjorda reven jämfört med de naturliga habitaterna, vilket kan spegla en högre attraktion hos de artificiella reven för hummer, åtminstone initialt. Från och med hösten 2008 försvann denna skillnad i mängd hummer mellan habitaterna, varpå ökning av hummer, förmodas, i huvudsak förklaras av fredningen. Tidigare

studier i Kåvra hummerreservat i Brofjordens mynning visar en likartad utveckling (Moland et al. 2013b), vilket stödjer denna hypotes. För övriga arter som bedömdes baserat på ryssjefisket var det inte möjligt att separera effekterna av habitat och fiskereglering.

En annan undersökning vid Kåvra hummerreservat i Brofjordens mynning (2,2 km²) har visat att vuxna humrar är mycket stationära. Av totalt 4016 stycken märkta humrar återfångades endast 58 stycken (1,4 %) utanför reservatet (Øresland och Ulmestrand, 2013). Det styrker resultatet från föreliggande studie att effekten av spillover, det vill säga att vuxna humrar migrerar ut från de fiskefria områdena och kommer fisket till gagn, är liten. Det finns dock vissa undantag. En hummer vandrade från FFO vid Vinga till Glommen på två år (90 km fågelvägen) och två humrar vandrade från Vinga till Lysekil. I båda undersökningarna är dock återfångsterna av märkta individer inom FFO baserade på vetenskaplig provtagning medan återfångster utanför FFO är beroende av allmänhetens rapportering, vilket kan leda till en underskattning av andelen utvandrad hummer. Hos många revirhävdande arter är de vuxna djuren relativt stationära medan unga individer uppvisar större rörlighet, vilket bland annat visats för languster (Davis och Dodrill, 1980). För hummer fångas juvenila individer bara undantagsvis i allmänhetens fiske där flyktöppningar förhindrar fångst av små individer (< 80 mm). En större rörlighet hos juvenila humrar skulle kunna förklara att mängden stora humrar ökat i FFO utan att någon föregående ökning av juvenil hummer observerats. Det är därför möjligt att migrationen i föreliggande studie underskattas, men för att klarlägga detta behövs ytterligare riktade studier.

Undersökningen vid Kåvra (Øresland och Ulmestrand, 2013) visade även att hummerlarver ansamlas under haloklinen (salthaltssprångskiktet) på ca 16 m djup och därför har en begränsad spridning trots att larverna är pelagiska (lever i den fria vattenmassan). Larvproduktionen vid Kåvra tycks spridas till ett omkringliggande område på ca 16 km². Detta indikerar att relativt små fiskefria områden kan fungera som produktionsområden för hummerlarver och därmed bidra till att upprätthålla ett gott hummerbestånd i närliggande kustområden. I dagsläget föreligger emellertid ett generellt förbud mot att landa honor med yttre rom, varför produktion av rom och larver i dagsläget kan antas vara god. Spridning av hummerlarver från det fiskefria området kan även motverka genetisk utarmning. En effekt som kan uppstå på grund av ett selektivt fiske på storvuxna individer, vilket på sikt potentiellt skulle kunna leda till långsammare tillväxt och mindre storlek vid könsmognad. Förekomsten av hummer i angränsande områden till FFO kan dock begränsas av det förmodade stora fisketrycket, som sannolikt är högre i randområdet till reservatet. Detta kan vara anledningen till att vi inte ser någon ökad täthet av hummer i referensområdet för ryssjefisket trots att spillover kanske sker.

Gruppen piscivorer, d.v.s. stor fiskätande fisk, hade en likartad utveckling i det fiskefria området jämfört med referensområdet, bortsett från den höga fångsten av gråsej i referensområdet 2015. Gråsej är en semipelagisk stimbildande art som uppvisar hög variation i förekomst mellan år även i den fortlöpande kustfiskövervakningen med ryssjor (Ericson et al. 2016). Eftersom gråsej inte är så hårt knuten till substratet och de unga individerna främst äter djurplankton och småfisk (Wennhage och Pihl 2002), förefaller det inte sannolikt att den stora förekomsten av gråsej, och därigenom rovfisk, 2015 skulle vara kopplad till fredningsområdet.

För den dominerande arten torsk inom gruppen piscivorer fanns ingen ökning i fredningsområdet sett över hela perioden. Däremot fanns en tendens till att glyskoljan ökar i det fiskefria området jämfört med referensområdet. Ökningen i förekomst av stor torsk under de första åren 2002-2006 tolkades initialt som en effekt av fiskfredningen. Motsvarande topp kan dock även ses storskaligt i data från kusttrålningen där mängden stor torsk kulminerar 2005 för att sedan minska igen. En stark årsklass av torskrekryter dyker upp i Skageracks kust- och fjordområden 2003, men förekomsten av både liten och stor torsk är nere på låga nivåer igen redan 2006 (Havs och Vattenmyndigheten 2012). Avsaknaden av respons på det fiskefria området med avseende på förekomst av större rovfisk överensstämmer med resultaten från Havstensfjorden (delrapport i denna volym). Liksom i det fallet kan ringa storleken på det fiskefria området i förhållande till torskens rörlighet och tiden som förflutit sedan införandet vara möjliga förklaringar till att ingen mätbar återhämtning ännu har skett.

Förekomsten av mindre kräftdjur minskade inom det fiskefria området men inte i det närliggande referensområdet. Denna minskning kan vara en effekt av den ökning som observerats för hummer och glyskolja (inte statistiskt säkerställd tendens), eftersom båda dessa arter har mindre kräftdjur som viktig födokälla (Baden et al. 1990, Armstrong 1982). Tidigare studier har visat att mängden mesopredatorer, det vill säga mindre fiskarter och krabbor, har ökat längs den svenska västkusten, troligen till följd av den minskade förekomsten av stor rovfisk, vilket indikerar att rovfiskar kan påverka strukturen och dynamiken hos hela födovävar (Eriksson et al. 2011, Baden et al. 2012). Denna studie indikerar att hummern, som också minskat längs västkusten (Sundelöf et al. 2013), också har potential att påverka förekomsten av mindre kräftdjur.

Liksom de mindre kräftdjuren uppvisar krabbtaskan olika utveckling i områdena, med en ökning i referensen men inte i FFO. Detta mönster skulle delvis kunna förklaras av att krabbor undviker att gå in i redskap med hummer i (Addison och Bannister 1998). Den studien är dock baserad på observationer från hummertinor, medan mönstret i denna studie kommer från ryssjefisket som utförts med mycket större redskap (sex sammankopplade ryssjehus per station). Eftersom medelfångsten per

station var maximalt ca 1 hummer så torde inte en undvikandeeffekt påverka fångstbarheten av krabba, vilket även stöds av att det saknas ett negativt samband mellan de två arterna på stationsnivå. Därför är det mer sannolikt att den avvikande utvecklingen i fångsterna av krabba jämfört med hummer beror på en negativ interaktion mellan dessa arter. Detta skulle i så fall vara ytterligare ett tecken på att hummern kan ha en stor inverkan på andra arter i sin omgivning

14.5 Referenser

- Addison, J. T. and R. C. A. Bannister (1998). Quantifying potential impacts of behavioral factors on crustacean stock monitoring and assessment: Modeling and experimental approaches, Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management. Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences. no. 125, pp. 167-177.
- Armstrong M.J. 1982. The predator-prey relationships of Irish Sea poor-cod (*Trisopterus minutus* L.) pouting (*Trisopterus luscus* L.) and cod (*Gadus morhua* L.). *J. Cons. Int. Explor. Mer* (1982) 40 (2): 135-152. doi: 10.1093/icesjms/40.2.135
- Baden S.P., Loo L.-O., Pihl L., Rosenberg R. 1990. Effects of Eutrophication on Benthic Communities including Fish: Swedish West Coast. *Ambio*, Vol 19, No. 3, Marine Eutrophication (May 1990), pp. 113-122.
- Baden, S., Emanuelsson, A., Pihl, L., Svensson, C. J., & Åberg, P. 2012. Shift in seagrass food web structure over decades is linked to overfishing. *Marine Ecology Progress Series* 451: 61-73.
- Bergström L. & Karlsson M. 2016. Djupstratifierat provfiske med småryssjor. Havs- och vattenmyndigheten.
- Davis, G. E., & Dodrill, J. W. (1980). Marine parks and sanctuaries for spiny lobster fisheries management. In *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute* (Vol. 32, pp. 194-207).
- Ericson, Y., Larsson, Å., Faxneld, S., Bignert, A., Danielsson, S., Hanson, N., Karlsson, M., Nyberg, E., Olsson, J., Parkkonen, J., Förlin, L., Franzén, F. 2016. Faktablåd från integrerad kustfiskövervakning 2016:1. Fjällbacka (Västerhavet) 1989-2015.
- 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: 786-797.
- Fiskeriverket. 2009. Förslag till ändring av Fiskeriverkets föreskrifter (FIFS 2004:36) om fisket i Skagerrak, Kattegatt och Östersjön. Beteckning 13-4053-09.
- Havs och Vattenmyndigheten 2012. God havsmiljö 2020: Marin strategi för Nordsjön och Östersjön Del 1: Inledande bedömning av miljötillstånd och socioekonomisk analys
- Moland E, E. Moland Olsen, E., Knutsen, H., Garrigou, P., Heiberg Espeland, S., Ring Kleiven, A., André, C., Atle Knutsen, J. 2013a. Lobster and cod benefit from small-scale northern marine protected areas: inference from an empirical before-after control-impact study. *Proc. R. Soc. B* 280 20122679; DOI: 10.1098/rspb.2012.2679.
- Moland E, Ulmestrand M, Olsen E and Stenseth N.C. 2013b. Long term decrease in sex-specific natural mortality of European lobster within a marine protected area. *Mar Ecol Prog Ser*, Vol. 491: 153-164. doi:10.3354/meps10459.
- Phil, L., och Wennhage, H. 2002. Structure and diversity of fish assemblages on rocky and soft bottom shores on the Swedish west coast. *Journal of Fish Biology*, 61: 148-166.

- Sundelöf A, Bartelino V, Ulmestrand M, Cardinale M (2013) Multi-Annual Fluctuations in Reconstructed Historical Time-Series of a European Lobster (*Homarus gammarus*) Population Disappear at Increased Exploitation Levels. PLoS ONE 8(4): e58160. doi:10.1371/journal.pone.0058160
- Sköld, M., Svedäng, H., Valentinsson, D., Jonsson, P., Börjesson, P., Lövgren, J., Nilsson, H.C., Svenson, A. och Hjelm, J. 2011. Fiskbestånd och bottenmiljö vid svenska västkusten 2004–2009 – effekter av trålgränsutflyttning och andra fiskeregleringar. Finfo 48 s.
- Svedäng, H. 2003. The inshore demersal fish community on the Swedish Skagerrak coast: regulation by recruitment from offshore sources. ICES Journal of Marine Science 60: 23-31.
- Svedäng, H. och Bardon, G. 2003. Spatial and temporal aspects of the decline in cod (*Gadus morhua* L.) abundance in the Kattegat and eastern Skagerrak. ICES Journal of Marine Science 60: 32-37.
- Ulmestrand, M. 1996. Har ett hummerfredningsområde någon betydelse som avelsbank? Information från Havsfiskelaboratoriet Nr 2.:3-12.
- Øresland, V., and Ulmestrand, M. 2013. European lobster subpopulations from limited adult movements and larval retention. ICES Journal of Marine Science, 70: 532–539.