



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Karl Lundström
Monica Mion
Maria Ovegård
Malin Karlsson
Flavia Lavinia Gandolfo
Håkan Wennhage

PROMEMORIA

2024-10-31

SLU ID: SLU.aqua.2023.4.4-47

Storskarv i Sverige: Kompletterande predations- och födosöksstudier

Innehåll

Sammanfattning	3
Abstract	5
Introduktion.....	7
Rumslig dynamik hos storskarv	8
Häckningsdata.....	8
Höst- och vinterräkningsdata	10
Ringmärkningsdata	14
Rörelsemönster hos storskarv	16
Storskarvens underarter och toppskarv	19
Befintlig kunskap om storskarvens underarter.....	20
Toppskarv på svenska västkusten	22
Populationsutveckling.....	22
Höst- och vinterräkningsdata	22
Observationer i Artportalen	23
Inventeringar av storskarv och toppskarv	25
Födoval hos storskarv	26
Metodik.....	26
Dietanalys	26
Statistisk analys.....	27
Otolitmorfometri	27
Jämförelse av resultat om födoval från olika analysmetoder.....	28
Storskarvars födoval i olika kustområden i Sverige	29
Födoval och förekomst av storskarv i 8-fjordarområdet.....	31
Födoval och förekomst av storskarv i Öresund.....	38
Födoval och förekomst av storskarv i Karlskrona skärgård.....	46
Jämförelse av resultat om födoval från olika analysmetoder.....	51
Resultat om födoval från spybollar och magar	52
Korrigerig för storleksminskning av otoliter	53
DNA-analys av bytesrester	54
Födoval i relation till bytesförekomst	55
Påverkan på fisk.....	56
Fortsatta kunskapsbehov	57
Referenser	58

Sammanfattning

Efter att tidigare varit utrotad har storskarv (*Phalacrocorax carbo*) häckat i Sverige sedan mitten av 1900-talet. De flesta storskarvar anländer till Sverige på våren inför häckningssäsongen. Kolonier med häckande storskarvar finns i samtliga län längs kusten men med stora skillnader i antalet häckande par mellan olika geografiska områden. Efter avslutad häckning sprider skarvarna ut sig och flyttar till andra områden. Under hösten lämnar de flesta storskarvarna landet och spenderar en stor del av vinterhalvåret i Europa. Antalet storskarvar som stannar kvar och övervintrar i Sverige varierar mellan år, beroende på hur kallt det är. Hur många storskarvar det finns i olika geografiska områden i Sverige varierar alltså stort, både under året och mellan år.

Rikstäckande inventeringar av storskarv under häckningssäsongen genomfördes senast 2023 och antalet häckande storskarvar hade ökat sedan den tidigare riksinventeringen 2012, främst i södra delen av landet. Övervintrande storskarvar räknas tillsammans med andra sjöfåglar i januari varje år och inventeringsresultaten visar att antalet storskarvar ökade i de flesta länen under 1970-, 1980- och 1990-talet, framför allt i kustlänen i södra Sverige. Sedan år 2000 är bilden mer otydlig, med ökande antal storskarvar i Dalarna, Gotland och Blekinge län, medan antalet istället minskade i Gävleborg, Västra Götaland och Hallands län.

Storskarvar antas vara generalister och opportunisterna vilket innebär att de anpassar sig till nya förhållanden och födoresurser. Det är därför problematiskt att basera slutsatser om skarvars födoval på underlag som är begränsade i tid och rum. I detta uppdrag har vi därför fokuserat på att analysera tidsserier i födoval som i framtiden kan jämföras med motsvarande tidsserier från provfisken.

Förändringar i storskarvens födoval över en period på cirka tio år har studerats i 8-fjordarområdet på västkusten och i Karlskrona skärgård på ostkusten. Utöver dessa två områden har vi även analyserat prover från Öresund för åren 2023 och 2024. Resultaten visar att art- och storlekssammansättningen av storskarvens födoval skiljer sig mellan områden, mellan år och mellan säsonger. Resultat om skarvars födoval kan påverkas av vilken typ av dietprover som samlas in och vilken dietanalysmetod som används.

I 8-fjordarområdet dominerar fiskar tillhörande bytesgrupperna flundrefiskar, torskfiskar och smörbultsfiskar födovalen både i antal och vikt, men den relativa andelen varierar stort mellan år. Arter från samma bytesgrupper dominerar också födovalen i Öresund där torskfiskar utgör huvuddelen av födan viktmissigt. Bytesgruppen torskfiskar består till största delen av arten torsk, men artsammansättningen i gruppen skiljer sig åt betydligt mellan undersökningsområdena. I Karlskrona dominerar födovalen av spigg till antal och viktmissigt har det i området skett en förskjutning från en mer varierad

sammansättning av födan till en dominerad av abborre. Mer detaljerade analyser av skarvdiet- och provfiskedata kan förhoppningsvis öka förståelsen för hur storskarvars födoval i de tre områdena varierar i relation till bytesförekomst, såväl som art- som storlekssammansättning. Förutsatt att tillgängliga provfiskedata kan ge en representativ bild av hur fisksamhällets art- och storlekssammansättning i området varierar.

Toppskarven ökar snabbt i antal och utbredning längs västkusten i Sverige och dess utbredning i både tid och rum ser ut att överlappa allt mer med storskarvens utbredning. Kunskapsläget om de olika arternas relativa förekomst i olika områden under olika tidsperioder, samt vilka likheter och skillnader de uppvisar i sin ekologi, till exempel häckningsplatser, födoval, födosöksområden, rörelsemönster och beteende samt migrationer och övervintringsområden är dock mycket begränsat. Med rådande kunskapsbrist finns det en risk att förvaltningsåtgärder riktade mot storskarv också påverkar toppskarv.

Trots den korta tiden som erbjöds kan de resultat som tagits fram inom uppdraget ge en fingervisning om var, när och hur fortsatt forskning och övervakning bör bedrivas och utvecklas för ökad förståelse om skarvars predation och för att ta fram adekvat underlag till förvaltningsrelaterade frågor.

Abstract

After having been extinct, the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) has been breeding in Sweden since the mid-1900s. Most great cormorants arrive in Sweden in the spring before the breeding season. Colonies with nesting great cormorants can be found in all counties along the Swedish coast. After breeding, the cormorants spread out and move to other areas. During the autumn, most great cormorants leave the country migrating south spending the winter in Europe. The number of great cormorants wintering in Sweden fluctuates annually, depending on the weather conditions. Subsequently the number of great cormorants in different geographical areas in Sweden show significant variation, both seasonally and between years.

The latest national survey of breeding cormorants, conducted in 2023, revealed an increase in breeding cormorants since the previous national survey in 2012, particularly in southern Sweden. Overwintering great cormorants are counted together with other seabirds in January every year and the results indicate a general rise in number of cormorants in most counties during the 1970s-1990s, particularly in the coastal counties of southern Sweden. However, since 2000, the development is less consistent, with increasing numbers of great cormorants observed in Dalarna, Gotland and Blekinge counties, while a decline were noted in Gävleborg, Västra Götaland and Halland counties.

Cormorants are considered generalists and opportunists, adapting readily to changing conditions and available food resources. Consequently, conclusions about their diet based on limited temporal and spatial data may be misleading. In this assignment, we have therefore focused on analysing time series of dietary data that in the future can be compared with time series in the monitoring fisheries.

Changes in the great cormorant diet over a period of about ten years have been studied in the 8-fjords area on the west coast and in the Karlskrona archipelago on the east coast. In addition to these two areas, we have also analysed samples from Öresund between south-western Sweden and Denmark for the years 2023 and 2024. Results indicate significant variability in the species and size composition of cormorant diets, influenced by location, year, and season. We also note that the results can be affected by the type of diet samples collected and the diet analysis method used.

In the 8-fjords area, fish belonging to the prey groups flounderfish, codfish and gobies dominate the diet both in number and weight, but the relative proportion varies greatly from year to year. Species from the same prey groups dominate the diet in the Öresund, where codfish make up the majority of the food in terms of weight. The prey group of codfish consists mainly of the species cod, but the species composition of the group differs significantly between the study areas. In Karlskrona, the diet is dominated by stickleback in number and in terms of weight,

there has been a shift in the area from a more varied composition of food to one dominated by perch. More detailed analyses of cormorant diet and monitoring fisheries data can hopefully increase the understanding of how cormorant diet in the three areas vary in relation to prey abundance, as well as species and size composition. Provided that available monitoring fisheries data can provide a representative picture of how the species and size composition of the fish community in the area varies.

The European shag (*Gulosus aristotelis*) is rapidly increasing in numbers along the Swedish west coast and its growing spatio-temporal distribution seems to overlap more and more with the great cormorant. The state of knowledge about the relative occurrence of the different species in different areas during different time periods, as well as the similarities and differences they show in their ecology, such as breeding sites, food choices, foraging areas, movement patterns and behaviour, as well as migrations and wintering areas, is very limited. With the current lack of knowledge, there is a risk that management measures aimed at great cormorants also affect the shag.

Although the timeframe for this study was limited, the results produced within the assignment provide an indication of where, when and how continued research and monitoring should be conducted and developed for increasing the understanding of cormorant predation and producing the required data for effective management strategies

Introduktion

Rapporten presenterar resultat från ett projekt som pågick på Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) 2023-2024 (SLU ID: SLU.aqua.2023.4.4-47) och som var kopplat till uppdraget från Naturvårdsverket (NV) samt Havs- och vattenmyndigheten (HaV) att ”Genomföra kompletterande predations- och födosöksstudier som förstärker kunskapen nationellt och regionalt om storskarven och därmed ger stöd åt en ekosystembaserad förvaltning som omfattar fisket”. Detta uppdrag utgjorde i sin tur en del av regeringsuppdraget till NV och HaV ”Uppdrag att revidera den nationella förvaltningsplanen för storskarv samt öka kunskapen om storskarvens predation och födosök” (Regeringsbeslut N2022/01183 och N2021-02882 (delvis), 2022-05-12). Naturvårdsverket och HaV gav SLU uppdraget att genomföra undersökningen (NV ärendenummer NV-01384-23 2023-04-05 och HaV diarienummer HaV 2023-001209 2023-12-21).

Uppdragets och denna rapports syfte är att:

- Öka förståelsen för storskarvens ekologi och predation på fisk.
- Förbättra kunskapen om storskarvens rumsliga dynamik
- Förbättra kunskapen om fördelning i tid och rum av underarterna atlantstorskarv (*carbo*) och mellanskarv (*sinensis*) samt, på västkusten, arten toppskarv
- Beskriva kunskapsbrister och -behov

Slutdatum för myndigheternas redovisning av regeringsuppdraget var från början bestämt till 2024-11-30. I och med att uppdraget till SLU kunde startas upp först en bra bit in på säsongen 2023 och ett utkast till slutrapport skulle vara färdig redan 1 oktober 2024 var den effektiva tiden som erbjöds för att genomföra predations- och födosöksstudierna mycket kort och begränsad till ungefär ett års insamling av prover och data. En så kort tid tillgänglig för fältarbeten samt laboratorie- och dataanalyser, med efterföljande rapportering, innebar en snålt tilltagen tid för att ta fram material om predation och födosök och att möjliggöra en mer omfattande undersökning av storskarvens ekologi. Nackdelarna med ett kortare ettårigt projekt jämfört med ett flerårigt projekt underströks såväl av beställande myndigheter (HaV och NV) som av utföraren (SLU) redan innan uppdraget påbörjades, se till exempel uppdragsspecifikation från Naturvårdsverket 2023-02-14: ”en studie av det slag som beställts enligt Naturvårdsverkets mening inte kan utföras på snabbare tid än fyra år”. Rapporten går inte närmare in på detta. Förhoppningen var att uppdraget skulle förlängas och att verksamheten skulle kunna pågå till och med 2026 för att lyckas ta fram ett mer omfattande underlag från ytterligare områden, säsonger och år samt med en utveckling av undersökningsmetodiken, men så blev inte fallet. Den knappa tiden medförde att vissa delar av vad som var tänkt att ingå i ett mer långsiktigt projekt tvingades utelämnas eller behandlas mer överskådligt. Dessa moment kvarstår därmed som delar av kunskapsbehovet.

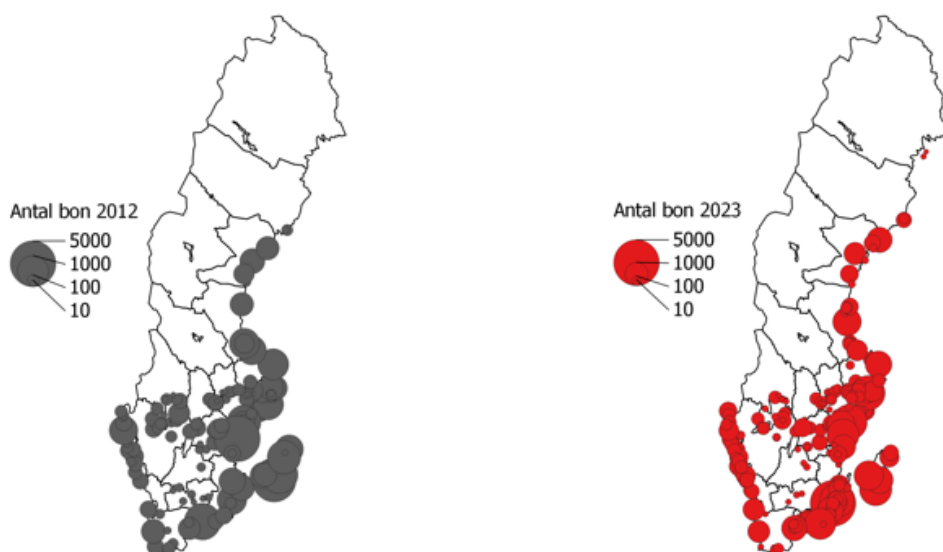
I de fall när dietprover redan fanns tillgängliga sedan tidigare upparbetades dessa, med start vid de äldsta proverna och därefter framåt i tid, för att i den mån det var möjligt bygga upp tidsserier för skarvarnas predation.

Med anledning av uppdragets begränsade tid har även tidigare insamlat material använts för att kunna ge en mer omfattande bild av storskarvens ekologi. Resultaten som presenteras beskriver storskarvars rumsliga dynamik baserat på inventering-, ringmärknings- och GPS-data. Storskarvens predation är huvudsakligen baserat på underlag från de tre områdena 8-fjordarområdet i Bohuslän, Öresund och Karlskrona skärgård (fig. 11). Dessa områden valdes på grund av att det, förutom Öresund, fanns tidigare insamlat dietmaterial att bygga vidare på, att det finns kunskap om fisksamhällets utveckling över tid samt att skarvars betydelse och eventuella påverkan på fisk är en angelägen fråga. Öresund innebar ett helt nytt område, från vilket tidigare underlag om predation hos storskarv saknades, men bedömdes vara av stort intresse från ett skarv-fisk-fiskeperspektiv.

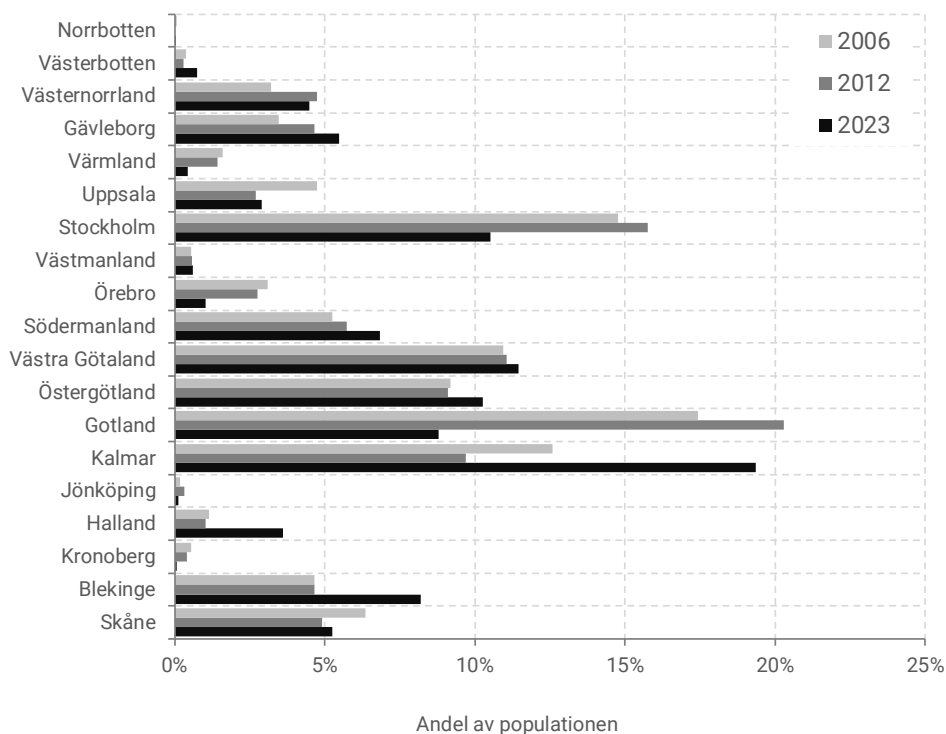
Rumslig dynamik hos storskarv

Häckningsdata

Den senaste riksinventering av häckande storskarv i Sverige genomfördes 2023, den första sedan 2012 (Wirdheim & Engström 2013; Lundström 2024). Mellan 2012 och 2023 hade antalet häckande par, i form av antalet räknade bon, ökat från drygt 40 000 till nästan 75 000. I den tidigare riksinventeringen från 2006 var antalet häckande par drygt 43 000, i nivå med resultatet från 2012 (Staaav 2007). Den geografiska fördelningen av häckande storskarv hade förändrats mellan 2012 och 2023, med ökning framför allt i de södra delarna av Östersjön, dock med vissa omfördelningar mellan regioner, och på västkusten (fig. 1-2). Vad den kraftiga ökningen beror på är oklart men kan bero på både inventeringarnas utförande och ekologiska förutsättningar. Möjliga orsaker är kalla vintrar i samband med riksinventeringen 2012, förbättrade resurser och metodik i samband med riksinventeringen 2023 och god födotillgång för skarvarna under senare år. Omfördelning och minskningar av antalet häckande fåglar i vissa kolonier kan bero på störningar från människor och djur, t.ex. havsörn.



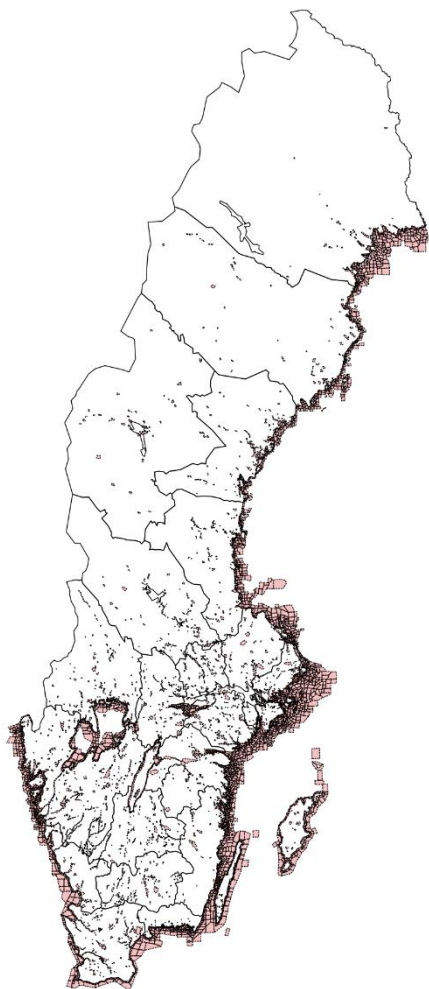
Figur 1. Häckande storskarv i Sverige 2012 och 2023. Resultat från de två senaste riksinventeringarna (Wirdheim & Engström 2013; Lundström 2024).



Figur 2. Fördelning av den häckande populationen av storskarv mellan olika län i Sverige. Resultat från riksinventeringarna 2006, 2012 och 2023 (Staav 2007; Wirdheim & Engström 2013; Lundström 2024).

Höst- och vinterräkningsdata

Under höst och vinter genomförs årliga inventeringar av rastande och övervintrande sjöfåglar i Sverige där bland annat storskarv ingår. Vinterinventeringarna (januari) startades 1967 medan höstinventeringarna (september) påbörjades 1973. Antalet fåglar i fördefinierade sektorer (fig. 3) räknas och övervakningen samordnas av Svensk fågeltaxering på Lunds universitet (Statens Naturvårdsverk 1978; Nilsson & Haas 2016).



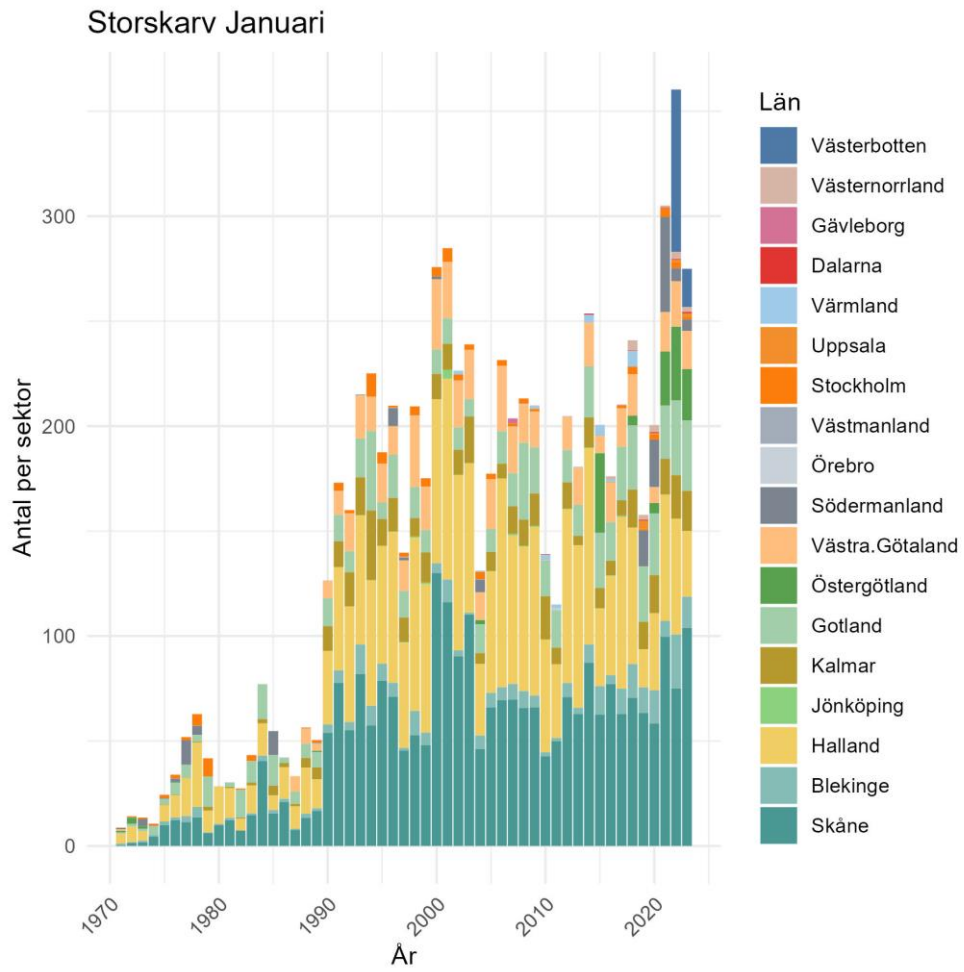
Figur 3. Inventeringssektorer för höst- och vinterräkningar av sjöfågel i Sverige. Heldragna svarta linjer visar länsgränser. Data från Svensk fågeltaxering.

Hösträkningarnas täckning i tid och rum är betydligt mer begränsad än vinterräkningarnas täckning (Bilaga 1). I genomsnitt inventerades 13% av landets inventeringssektorer i september under 1971-2023, medan i genomsnitt 23% av sektorena inventerades i januari.

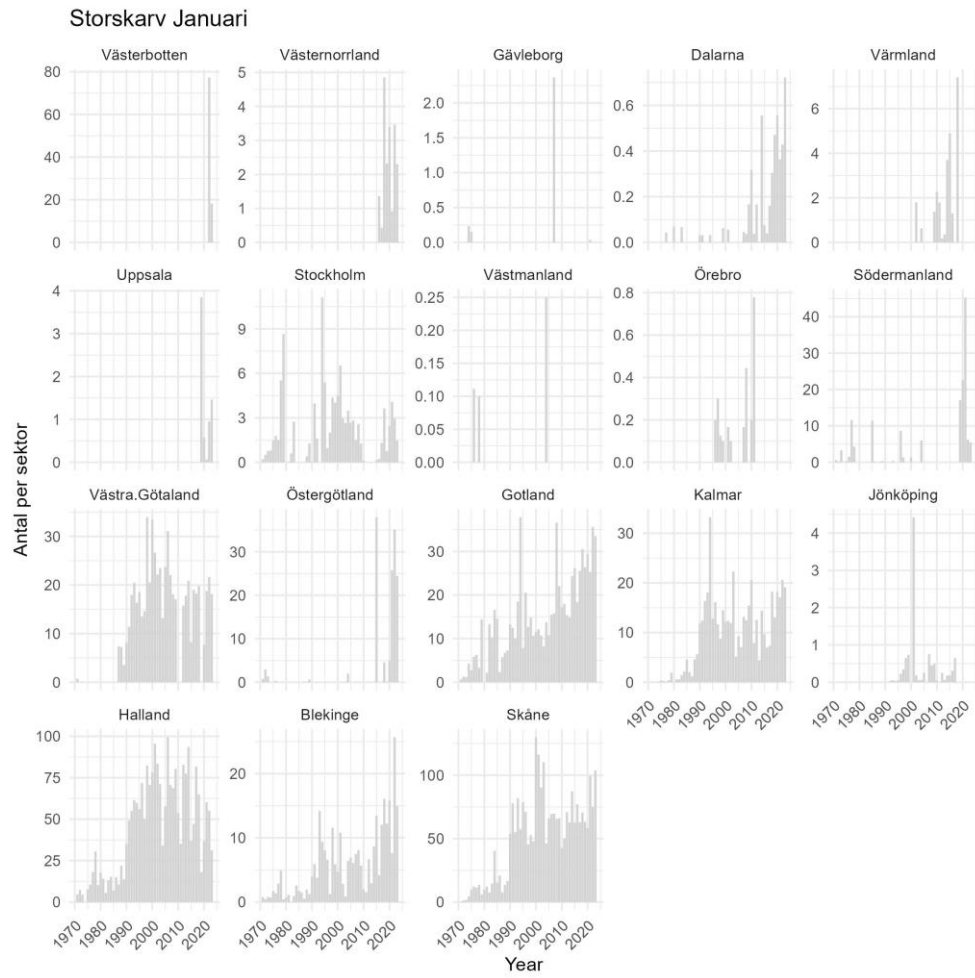
Vi har sammanställt resultat från januariräkningarna från 1971, då de första observationerna av storskarv rapporterades (från länen Blekinge, Gotland, Halland, Kalmar, Skåne, Stockholm, Södermanland, Västra Götalands och Östergötland).

Mer detaljer i resultaten från höst- och vinterräkningarna, inklusive den geografiska täckningen, presenteras i Bilaga 1.

Antalet övervintrande storskarvar ökade i de flesta länen under 1970-, 1980- och 1990-talet, framför allt i kustlänen i södra Sverige (fig. 4). Sedan år 2000 är bilden mer otydlig, och antalet storskarvar per inventerad sektor ökar statistiskt signifikant ($p < 0,05$) i Dalarna, Gotland och Blekinge län, medan antalet storskarvar istället minskade i Gävleborg, Västra Götaland och Hallands län 2000-2023. I övriga län var förändringarna inte statistiskt signifikanta (fig. 5; tabell 1). Den kraftiga ökningen av antalet räknade storskarvar per inventerad sektor från och med 1990, i framför allt Skåne och Halland, kan bero på den generella ökningen och geografiska spridningen av storskarv i Sverige under denna period (Engström 2001) samt att antalet inventerade sektorer var färre medan antalet räknade skarvar i de sektorer som inventerades var högre i början av 1990-talet jämfört med slutet av 1980-talet (Bilaga 1). Inventeringsresultaten är begränsade i vissa områden och resultaten kan påverkas mycket av enstaka observationer. Antalet inventerade sektorer varierar stort mellan olika delar av landet och vissa områden, från vilka det vore intressant med kontinuerliga inventeringar av storskarv, är ytterst sällan representerade (Bilaga 1).



Figur 4. Resultat från vinterräkningar av storskarv i Sverige 1971-2023. Data från Svensk fågeltaxering. Se Bilaga 1 för mer detaljer.



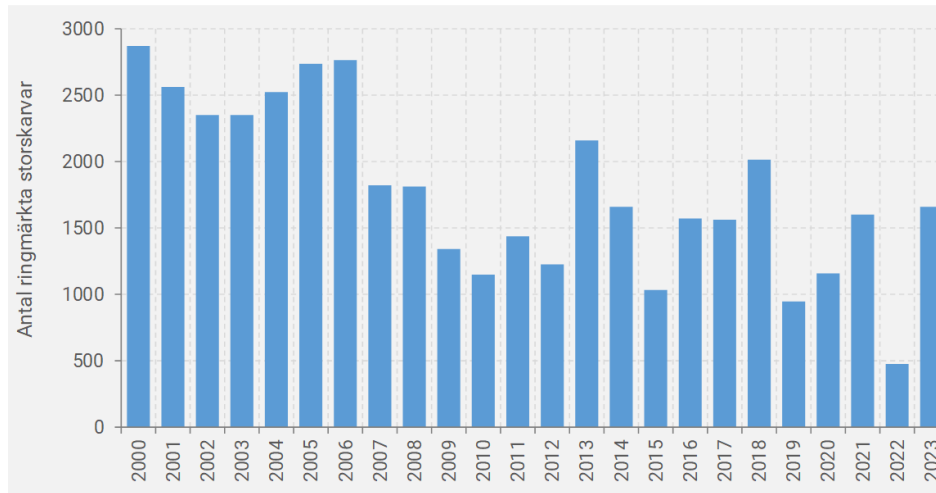
Figur 5. Resultat från vinterräkningar av storskarv i olika län 1971-2023. Data från Svensk fågeltaxering.

Tabell 1. Resultat från linjär regressionsanalys (ANOVA) av förändringen i antalet storskarvar per inventerad sektor i olika län i januari 2000-2023. Statistiskt signifikant ökning (+) eller minskning (-) indikeras med asterisk (*) efter länsnamnet.

Län	+/-	p	F
Västerbotten	+	0,557	0,697
Västernorrland	+	0,151	2,596
Gävleborg*	-	0,002	22,725
Dalarna*	+	< 0,001	30,981
Värmland	+	0,09	3,603
Uppsala	-	0,423	0,856
Stockholm	-	0,077	3,452
Örebro	+	0,188	1,975
Södermanland	+	0,306	1,298
Västra Götaland*	-	0,013	7,464
Östergötland	+	0,376	0,916
Gotland*	+	< 0,001	34,764
Kalmar	+	0,177	1,946
Jönköping	-	0,261	1,359
Halland*	-	0,018	6,580
Blekinge*	+	< 0,001	14,714
Skåne	-	0,273	1,264

Ringmärkningsdata

För att bland annat undersöka fåglars förflyttningar, övervintringsområden och ålder ringmärker man fåglar med stålringar runt fåglarnas ben med unika nummer för varje individ. Ringmärkningar i Sverige samordnas av Ringmärkningscentralen på Naturhistoriska riksmuseet. Tidigare sammanställning av ringmärkta storskarvar från Sverige har gjorts baserat på underlag till och med 2014 (Fransson & Pettersson 2001; Fransson 2014). Eftersom det fanns en tendens till att antalet storskarvar som ringmärks i Sverige har minskat under 2000-talet (fig. 6) initierades nya ringmärkningsinsatser 2023 inom detta projekt.



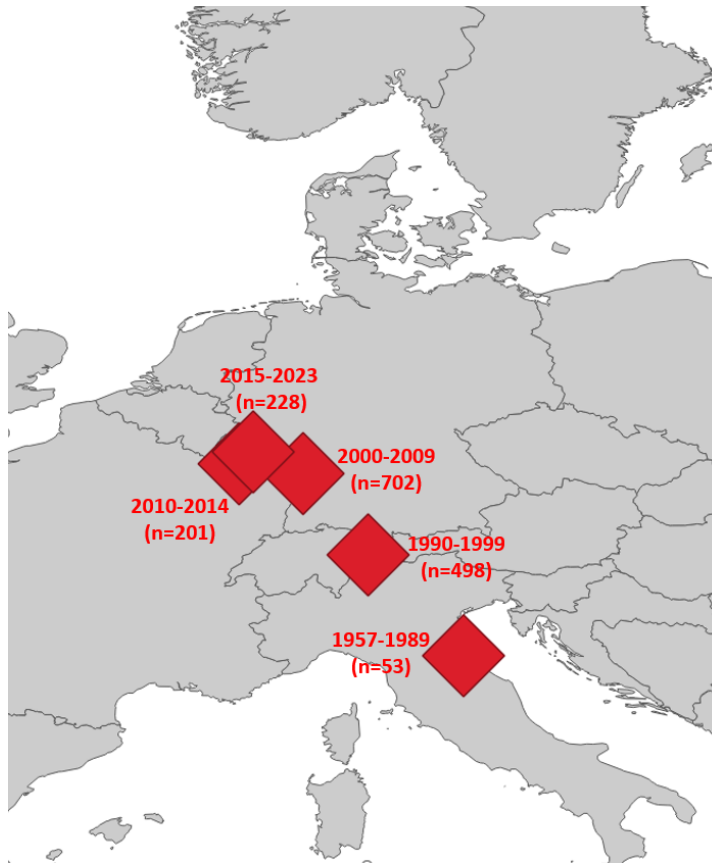
Figur 6. Antal storskarvar som ringmärkts i Sverige varje år 2000-2023. Data från Ringmärkningscentralen.

Majoriteten av de storskarvar som ringmärkts i Sverige förflyttar sig i sydvästlig riktning till sina övervintringsområden, vanligen på europeiska kontinenten eller i södra Sverige och Danmark (fig. 7).



Figur 7. Återfynd i november-februari av storskarvar som ringmärkts i Sverige 2015-2023. Röda cirklar visar plats för ringmärkning och vita cirklar visar plats för återfynd. Data från Ringmärkningscentralen.

Analyser av nya återfynd av ringmärkta storskarvar 2015-2023 (fig. 8) indikerar ingen större förskjutning av övervintringsområdena för storskarv norrut jämfört med 2010-2014 (Fransson & Pettersson 2001; Fransson 2014).



Figur 8. Medelpositioner för återfynd i november-februari av storskarvar som ringmärkts i Sverige under olika tidsperioder. Data från Ringmärkningscentralen.

Rörelsemönster hos storskarv

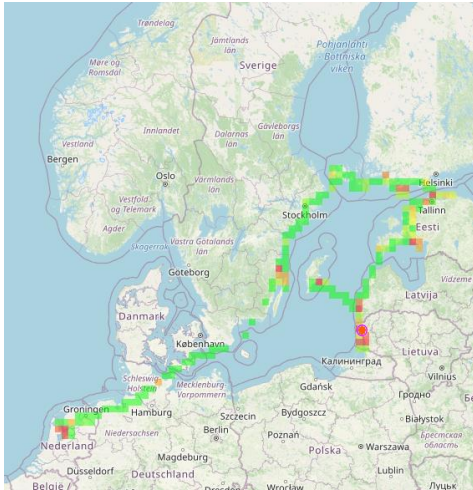
Detaljerad information om storskarvars rörelsemönster, till exempel deras födosöksområden och hur de förflyttar sig i förhållande till häcknings- och viloplats är som regel baserad på ett mindre antal individer och kunskapen om storskarvars rörelsemönster och födosöksbeteende i Sverige är mycket begränsad. Därmed saknas underlag om vilka födosöksområden och -habitat som är viktiga för storskarvar i olika delar av landet. Information om hur storskarvarna sprider ut sig från sina kolonier efter avslutad häckning, hur de rör sig mellan olika områden och vilka mer storskaliga förflyttningar de gör under höst och vinter är begränsad till resultat från återfynd av ringmärkta fåglar (Fransson & Pettersson 2001). I samband med detta projekt har verksamhet initierats för ringmärkning och för fångst och GPS-märkning av storskarvar i olika delar av Sverige och liknande verksamhet pågår i Linnéuniversitetets regi. GPS-märkning av storskarv utförs även i Finland och Litauen, och fåglar som häckat i dess länder har tillbringat delar

av året i svenska vatten. Resultat från pågående GPS-märkningar av storskarv i Sverige kan ännu inte redovisas i detalj eftersom verksamheten befinner sig i ett tidigt skede och insamling och analys av data pågår. Undersökningar av rörelsemönster och födosöksbeteende hos storskarv kräver mer långsiktig verksamhet för att successivt kunna bygga upp kunskapsläget och ta fram relevanta underlag för såväl forskning som förvaltning. Nedan ges en sammanställning av befintlig kunskap från internationella studier av storskarv, kompletterad med preliminära resultat från skarvar som antingen märkts eller tillbringat tid i Sverige.

Studier av rörelsemönster hos storskarv i andra områden visar att de vanligtvis födosöker inom 20 kilometer från sina kolonier och viloplats. Ofta är avstånden till födosöksområdena endast några kilometer, men de kan i undantagsfall vara betydligt längre, upp till 40 km (Platteeuw & van Eerden 1995; Boldreghini *m. fl.* 1997; Grémillet 1997; Johansen *m. fl.* 2001; Lekuona 2002; Grémillet *m. fl.* 2004; Paillisson *m. fl.* 2004; van Eerden *m. fl.* 2012; Yoda *m. fl.* 2012; Fijn *m. fl.* 2022). Studier har visat att storskarv födosöker grundare än 15 meter, men att det är möjligt för dem att dyka djupare (Voslamber *m. fl.* 1995; Grémillet *m. fl.* 1999; Ropert-Coudert *m. fl.* 2005; Ribak *m. fl.* 2007; Fijn *m. fl.* 2022). Olika individer av storskarv kan ha helt olika rörelsemönster och födosöksbeteenden och även skillnader mellan hanar och honor samt mellan säsonger har konstaterats (Grémillet *m. fl.* 1998; Grémillet *m. fl.* 1999; Paillisson *m. fl.* 2004; T. & A. 2012; Fijn *m. fl.* 2022).

En aktuell undersökning från Finland, baserad på över 50 storskarvar med GPS-sändare, visar att skarvarna vanligtvis födosöker i snitt 7-8 km från sina kolonier, även om födosöken emellanåt görs på större avstånd på upp till 30 km från häckningsplatserna (Westerbom *m. fl.* 2024). Storskarvar i Finland börjar lämna landet redan i augusti och många av skarvarna från framför allt Bottenviken tillbringar tid även i svenska vatten under förflyttningen till sina övervintringsområden.

Även storskarvar som häckar i Litauen kan spendera tid i svenska vatten. Av 19 storskarvar som utrustades med GPS-sändare 2020-2021 flög två stycken över till Sverige och tillbringade tid i olika områden under hösten (fig. 9).



Figur 9. GPS-spår från två storskarvar som märktes i en koloni i Litauen 2020 och 2021. Grön färg indikerar kort uppehållstid, röd färg indikerar lång uppehållstid (Rasa Morkūnė, Julius Morkūnas, Klaipėda Universitet, Litauen).

Preliminära resultat från storskarvar märkta i Sverige visar att fåglarna kan röra sig över mycket stora områden (fig. 10). De svenska resultaten bekräftar att födosöksbeteendet varierar mellan individer och att storskarvar regelbundet kan födosöka på avstånd upp till 40 km från sina häckningsplatser (Mariëlle van Toor, Petter Tibblin, Oscar Nordahl, Jonas Waldenström, Linnéuniversitetet).



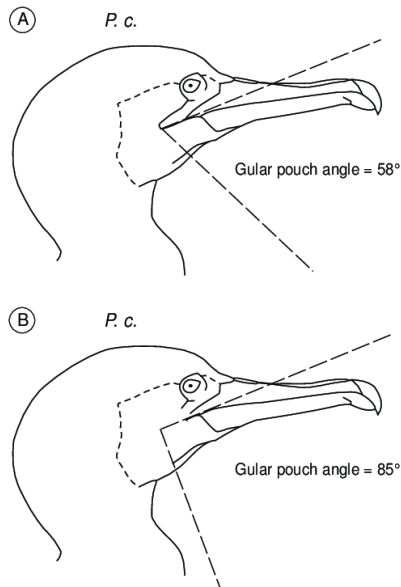
Figur 10. Rörelsemönster från 19 storskarvar som försetts med GPS-sändare i Kalmar län utanför (före eller efter) häckningssäsongen (Mariëlle van Toor, Petter Tibblin, Oscar Nordahl, Jonas Waldenström, Linnéuniversitetet).

Enligt den senaste inventeringen av häckande storskarv som gjordes 2023 har antalet ökat och främst i de sydligare delarna av landet. Efter avslutad häckning flyttar skarvarna till nya områden i okänd omfattning. Under hösten lämnar flertalet storskarvar Sverige för att tillbringa senhöst och vinter på europiska kontinenten. En okänd, men förmodligen såväl ökande som varierande, andel av den häckande populationen övervintrar i Sverige. I samband med att storskarvar lämnar sina häckningsområden, såväl i Sverige som i andra länder, kan de tillbringa kortare eller längre tid i olika områden i Sverige innan de fortsätter vidare till sina övervintringsområden. Svenska vatten kan även användas av födosöksområden i varierande omfattning för storskarvar som är på väg från sina övervintringsområden vidare till sina häckningsplatser. Enligt vinterräkningarna ökar antalet övervintrande skarvar i vissa län medan de minskar i andra. Det framgår tydligt att storskarv är en art som förflyttar sig över stora områden, och att kunskapen om skarvarnas säsongsmässiga förflyttningar mellan områden, födosöksområden, övervintringsområden och flyttvägar är begränsad. Hur antalet storskarvar varierar mellan områden, år och säsonger och vilka födosöksområden och –habitat de använder sig av är väsentlig information för att förstå storskarvens roll i ekosystemet och påverkan på fisk. Kunskapsbehovet om rörelsemönster, flygsträckor, födosöksområden och säsongsmässiga förflyttningar hos storskarv från olika delar av Sverige, och hur detta varierar mellan områden, säsonger och år, är stort.

Storskarvens underarter och toppskarv

I Sverige förekommer två skarvarter som häckande fåglar, storskarv (*Phalacrocorax carbo*) och toppskarv (*Gulosus aristotelis*). Toppskarven häckar bara på västkusten medan storskarven häckar i hela landet. Storskarven förekommer i sin tur som två underarter, atlantstorskarv (*P. c. carbo*) och mellanskarv (*P. c. sinensis*), eventuellt även som ytterligare en underart, *P. c. norvegicus* (Marion & Le Gentil 2006).

Av dessa två är det mellanskarven som anses vara den underart som häckar i Sverige, medan de atlantstorskarvar som förekommer i Sverige antas häcka längs kusterna i Norge och Ryssland, i Atlanten och Ishavet. Båda underarterna har förekommit i svenska vatten under hundratals år men det är oklart i vilken omfattning de olika underarterna har häckat i olika områden under olika tidsperioder (Ericson *m. fl.* 1997). På senare år har det dock konstaterats misstänkta fall av häckande atlantstorskarv bland häckande mellanskarvar i kolonier i Bohuslän, baserat på formen på strupsäcken (Newson *m. fl.* 2004; fig. 11).



Figur 11. Vinkeln på strupsäcken har föreslagits som en metod som kan användas för att särskilja de två underarterna A: atlantstorskarv (*Phalacrocorax carbo carbo*) (A) och B: mellanskarv (*P. c. sinensis*; Newson *m. fl.* 2004).

Befintlig kunskap om storskarvens underarter

Att skilja mellan atlantstorskarv och mellanskarv i fält är oftast inte möjligt på grund av deras stora likheter i utseende och storlek. En metod som föreslagits är att använda sig av morfometriska skillnader, vilket förutsätter tillgång på döda fåglar eller fotografier av tillräcklig kvalitet (Newson *m. fl.* 2004; Newson *m. fl.* 2005; fig. 12).



Figur 12. Storskarv av underarten mellanskarv insamlad från skydds jakt i Skåne län.

Denna metodik klarar dock inte av att särskilja alla individer och dess tillförlitlighet är även osäker och i behov av att korreleras med genetiska analyser av underartstillhörighet. I en undersökning från Norge framkom att det inte alltid är möjligt att särskilja underarterna åt med morfometri, men även att de genetiska analyserna behöver utvecklas (Grøndahl & Johnsen 2024). Samma studie indikerade även att atlantstorskarv och mellanskarv kan hybridisera. Att det är möjligt för underarterna att hybridisera i områden där båda arterna förekommer under häckningstid har visats även i andra undersökningar från Frankrike och Storbritannien (Goostrey *m. fl.* 1998; Marion & Le Gentil 2006; Marion & Le Gentil 2022).



Figur 13. Eventuellt fall av häckande atlantstorskarv och mellanskarv i en koloni i Bohuslän, april 2023.

Det är oklart hur den relativa förekomsten av mellanskarv och atlantstorskarv ser ut under olika säsonger i olika delar av Sverige, eller om det förekommer hybrider mellan underarterna. I Bohuslän har flera misstänkta fall av häckande atlantstorskarv i kolonier med mellanskarv observerats (fig. 13).

Toppskarv på svenska västkusten

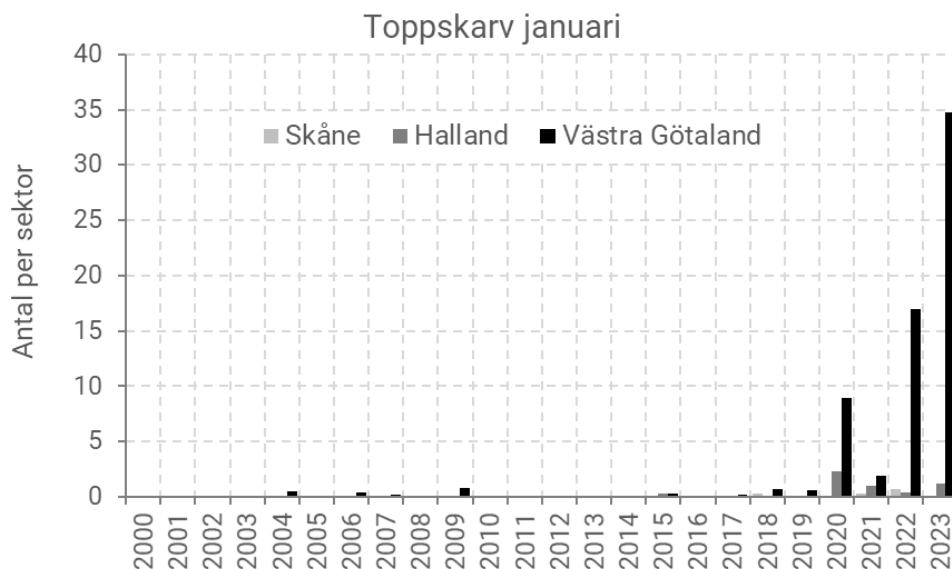
Populationsutveckling

Toppskarv är en annan skarvart som förkommer längs västkusten i Sverige (även enstaka rapporter från södra Östersjön förekommer). Arten har häckat i Bohuslän i Sverige sedan 2004 och därefter har den ökat snabbt i antal (Åhlund & Järås 2020). År 2022 uppskattades den svenska populationen till 1245 par (BirdLife Sverige 2023).

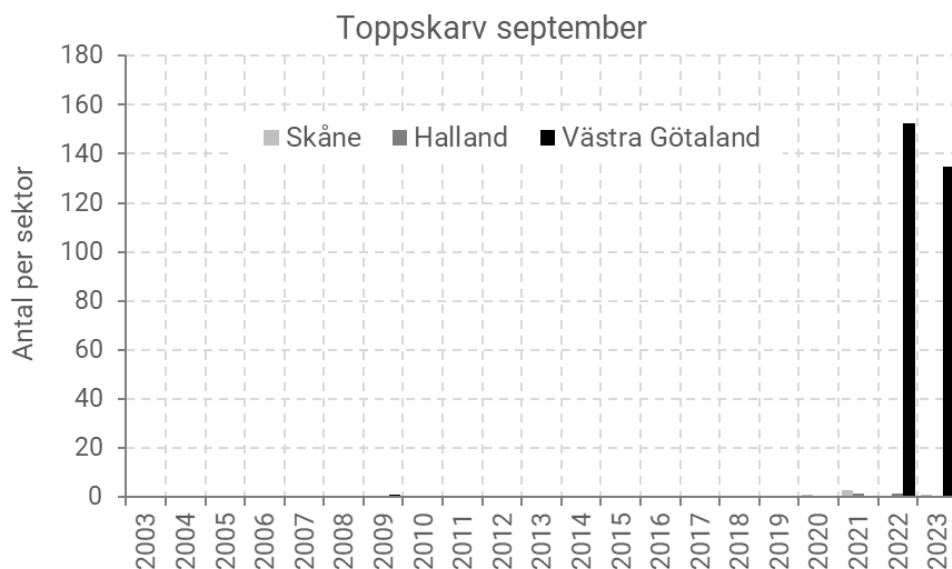
Höst- och vinterräkningsdata

Den första observationen av toppskarv i vinterräkningarna rapporterades i januari 2000 och den första observationen i hösträkningarna rapporterades i september

2003, bägge från Västra Götalands län. Förutom två toppskarvar från Kalmar län 2020 har samtliga rapporter gjorts i Västra Götaland, Halland och Skåne län (fig. 14-17).



Figur 14. Observationer av toppskarv i olika län i den nationella vinterräkningen av sjöfågel i Sverige i januari 2000-2023. Data från Svensk fågeltaxering.

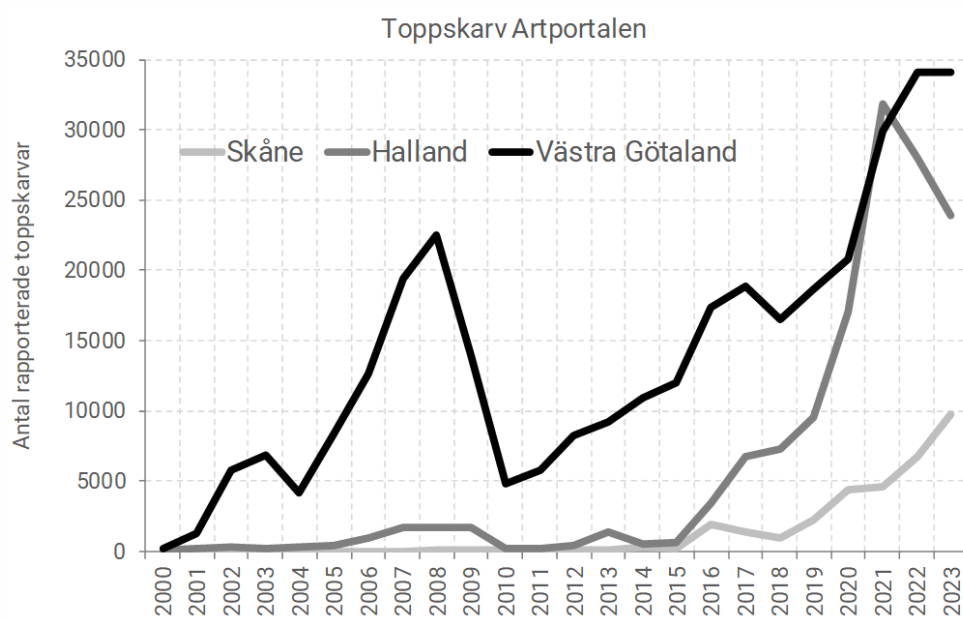


Figur 15. Observationer av toppskarv i olika län i den nationella hösträkningen av sjöfågel i Sverige i september 2003-2023. Data från Svensk fågeltaxering.

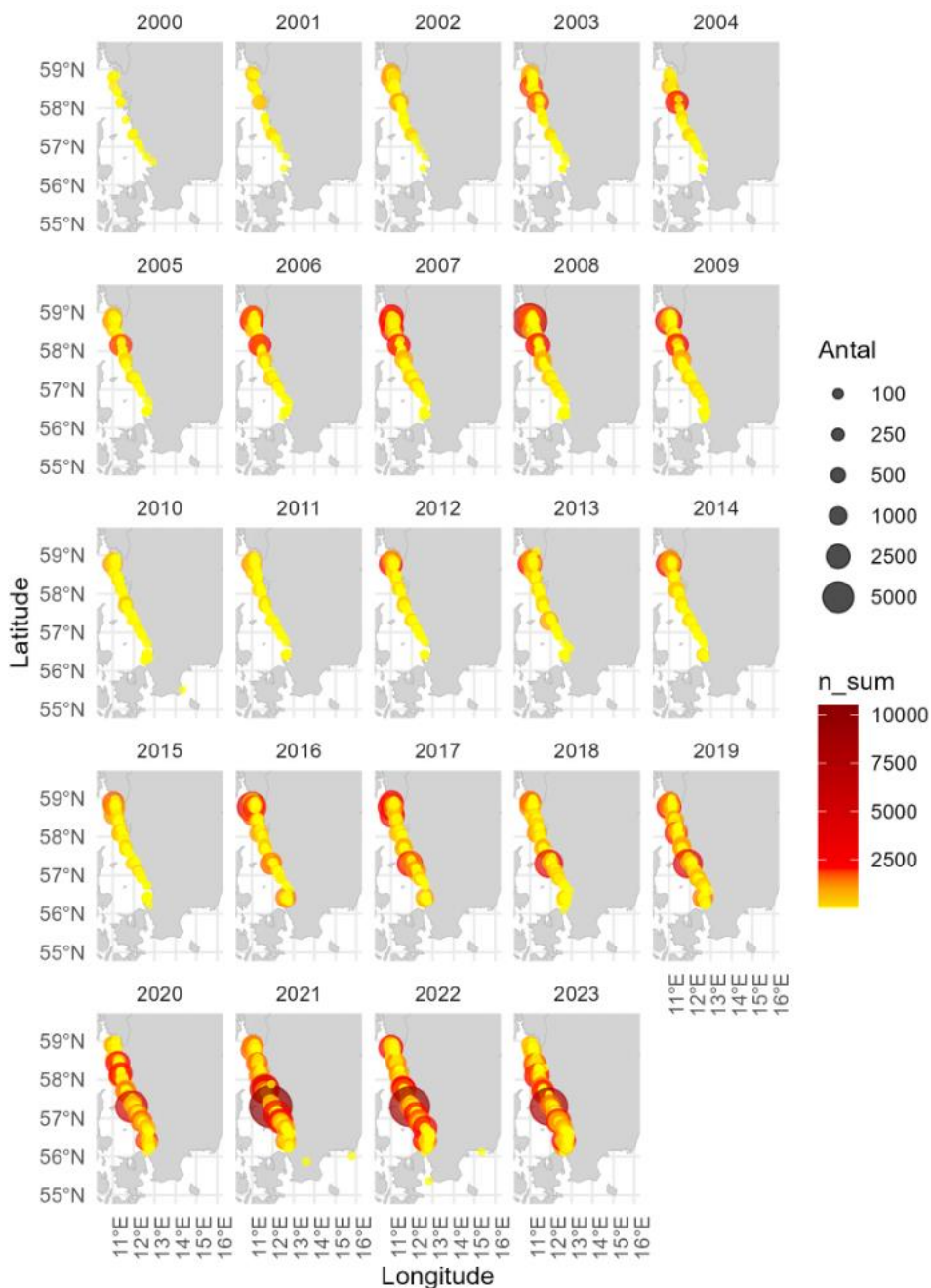
Observationer i Artportalen

Resultat från Artportalen baseras på frivilliga rapporter som ofta inte är systematiskt insamlade eller kvalitetsgranskade och därför bör betraktas med viss

försiktighet. Resultaten från Artportalen visar dock på samma ökande mönster för toppskarv på västkusten som höst- och vinterräkningsdata gör (fig. 16-17).



Figur 16. Rapporteringar av toppskarv längs svenska västkusten i Artportalen 2000-2023.



Figur 17. Rapporteringar av toppskarv längs svenska västkusten i Artportalen 2000-2023.

Inventeringar av storskarv och toppskarv

Toppskarven häckar nu på flera platser i Västra Götaland, Halland och Skåne län, men mer exakta uppgifter om den häckande populationens utbredning och storlek är begränsade på grund av riktade inventeringar saknas och svårigheter att även räkna toppskarvar i de riktade storskarvinventeringar som utförts på västkusten under senare år (Lundström *m. fl.* 2024c). Även när det gäller tidsperioden efter avslutad häckning är kunskapsläget om toppskarvens utbredning och numerär begränsat. Resultat från befintliga inventeringar av sjöfåglar under höst och vinter

tillsammans med registreringar i Artportalen och observationer i fält tyder på att antalet toppskarvar under sensommar-höst ökat stort under senare år, längs hela västkusten, och att toppskarven i många områden är numerärt överlägsen storskarven under en stor del av året (Åhlund 2021).

Preliminära resultat från pågående inventeringar av storskarv och toppskarv längs svenska västkusten visar att toppskarven är mer talrik än storskarven redan i augusti i undersökta områden, från Kosterhavet i norra Västra Götaland till Skälderviken i nordvästra Skåne.

Födoval hos storskarv

Storskarvar antas vara generalister och opportunisterna (Leopold *m. fl.* 1998). Med det menas att de lätt kan anpassa sig till nya förhållanden och födoresurser. Ett exempel på detta är att deras födoval varierar beroende på tillgången på lämpliga bytesarter och –storlekar samt att de kan födosöka såväl en och en som i grupp, till exempel som en följd av olika fiskarters beteenden och vattnets grumlighet. Det går därför inte att generalisera och/eller extrapolera resultat om skarvars födoval från ett specifikt område under en viss period till ett annat område eller en annan tidsperiod. Det finns ett flertal undersökningar av storskarvars födoval i Sverige men flera av dessa undersökningar har varit begränsade till enstaka år och/eller säsonger. I bilaga 1 i Lundström *m.fl.* (2024a) visas varifrån och när det finns tidigare utförda dietstudier och det framgår tydligt att det saknas kunskap om vilka arter och storlekar av fisk som ingår i storskarvens diet från flera kustområden samt från sjöar och vattendrag. I detta uppdrag har fokus varit att samla in och analysera dietprover från kustmiljöer för att förbättra kunskapsläget om storskarvars predation och samtidigt bygga vidare på eller påbörja tidsserier som exempelvis kan användas i relation till tidsserier i provfisken.

Metodik

För att ta reda på vilka arter och storlekar av fisk som utgör storskarvarnas födoval har dietprover i form av magar från skjutna fåglar och spybollar från storskarvarnas viloplats analyserats. Tre undersökningsområden har ingått i analyserna: 8-fjordarområdet i Bohuslän, Öresund och Karlskrona skärgård. I de fall då dietprover redan funnits tillgängliga upparbetades dessa, med start vid de äldsta proverna och därefter framåt i tid, för att i den mån det var möjligt skapa tidsserier för storskarvarnas predation. Nytt material har även samlats in i de olika områdena för att bygga vidare på befintliga tidsserier.

Dietanalys

Bytesresterna har analyserats med traditionell okulär analys, främst baserat på otoliter, som är kalkstrukturer i fiskarnas hörsel- och balansorgan (Popper *m. fl.* 2005). Även andra skelettdelar och hela fiskar har använts för att identifiera vilka byten storskarvarna ätit. Storleken på de fiskar som storskarvarna ätit har

uppskattats med hjälp av regressionsekvationer som beskriver sambandet mellan otolitstorlek och fiskstorlek (Leopold *m. fl.* 2001; Rodríguez Mendoza 2006). Otoliternas form kan förändras och deras storlek kan minska på grund av att de eroderas, vilket innebär att de nöts av de kemiska och mekaniska processer som pågår i skarvarnas matsmältningssystem (Jobling & Breiby 1986). Denna nedbrytning kan leda både till svårigheter att identifiera vilka fiskarter otoliterna tillhör men även att storleken på fiskarna (som storskarvarna ätit) underskattas eftersom storleken på otoliterna minskat. Dietresultaten som presenteras i denna rapport är baserade på analyser av otoliter utan försök att korrigera för storleksminskningen eftersom det saknas tillförlitlig metodik. De längdfördelningar som presenteras ger alltså en underskattning av bytesfiskarnas storlekar. Dock presenteras exempel på hur resultaten förändras efter försök att korrigera för otoliternas storleksminskning (se *Korrigerad för storleksminskning av otoliter*).

Statistisk analys

För att undersöka om och hur storskarvarnas födoval skiljer sig åt mellan områden, säsonger och år användes de multivariata analysmetoderna ANOSIM och SIMPER (Clarke 1993). En ANOSIM-analys undersöker om det är en statistiskt signifikant skillnad mellan olika grupper, till exempel mellan områden eller mellan år. Resultatet av en ANOSIM-analys uttrycks i form av ett R-värde (mellan -1 och 1) och ett p-värde. Ett R-värde som är nära 1 indikerar stora skillnader mellan de undersökta grupperna, medan ett värde nära 0 indikerar inga eller små skillnader. Ett negativt R-värde indikerar att skillnaden är större inom än mellan grupper. I de statistiska testerna ger p-värdet ett mått på den statistiska signifikansen för resultatet, och ett p-värde under 0,05 används som gräns för att avgöra om skillnaden var statistiskt signifikant. En SIMPER-analys används för att komplettera en ANOSIM-analys genom att undersöka vilka variabler som förklarar skillnaderna mellan de olika grupperna. Olikheten (i procent) anger hur mycket varje bytesgrupp bidrar till den totala skillnaden mellan kategorier (t.ex. år eller områden). En högre procentsats återspeglar ett större bidrag från den bytesgruppen till de observerade skillnaderna. Den kumulativa procentsatsen visar hur flera bytesgrupper tillsammans förklarar en viss del av variationen. Genom att analysera dessa olikheter är det möjligt att förstå hur mycket de olika bytesgrupperna bidrar till variationen i skarvarnas dietsammansättning. ANOSIM- och SIMPER-analyserna utfördes på den genomsnittliga viktandelen (medianviktandelen) av de olika bytesgrupperna i de analyserade proverna. Fördelen med denna metod, jämfört med att presentera den totala viktandelen för alla analyserade prover tillsammans, är att den ger en relativ fördelning av biomassa per prov och en uppfattning av individuella variationer i skarvarnas födoval, samt att man kan visa hur stor variationen i materialet är med hjälp av konfidensintervall.

Otolitmorfometri

För att undersöka vilka olika arter av torskfisk som utgjorde bytesgruppen *Torskfiskar* i de analyserade dietproverna kompletterades den okulära analysen med en maskininlärningsanalys av otoliternas form enligt Mion *m. fl.* (2024).

Jämförelse av resultat om födoval från olika analysmetoder

Sammansättningen av arter och storlekar hos de byten som utgör storskarvarnas föda kan undersökas med en rad olika metoder (Barrett *m. fl.* 2007; Thalinger *m. fl.* 2022). I det här uppdraget har dietprover i form av spybollar och magar samlats in och analyserats okulärt. Även prover för DNA-baserade dietanalyser har samlats in, men dessa prover har inte varit möjliga att analysera mer ingående på grund av projektets begränsning i tid och omfattning.

Resultat om födoval från spybollar och magar

Uppskattning av storskarvars födoval genom analys av bytesrester i spybollar jämfördes med resultat från analys av maginnehåll. De olika provtyperna var insamlade från samma område under samma tid (Byfjorden i 8-fjordarområdet, augusti 2021). Skillnad mellan resultat som är baserade på bytesrester från spybollar och maginnehåll har konstaterats i tidigare studier (Johnstone *m. fl.* 1990; Derby & Lovvorn 1997; Lunneryd & Alexandersson 2005; Seefelt & Gillingham 2006; Barrett *m. fl.* 2007).

Korrigerig för storleksminskning av otoliter

I denna rapport har storlekar på fiskar i födoalet hos storskarv uppskattats utan korrigerig för den storleksminskning av otoliter som sker på grund av nedbrytningsprocesser i skarvarnas magar. För att försöka kompensera för storleksminskningen kan otoliter kategoriserats till erosionsklasser (Tollit *m. fl.* 1997). Den genomsnittliga storleksminskningen mellan erosionsklasserna kan användas för att ta fram korrektionsfaktorer som kompenserar för den genomsnittliga storleksminskningen mellan erosionsklasser (Lundström *m. fl.* 2007; Boström *m. fl.* 2012). För att demonstrera skillnaden mellan att korrigera och inte korrigera för denna storleksminskning har längdfördelningen av torskfisk i dietprover (spybollar) från 8-fjordarområdet uppskattats med och utan korrektionsfaktorer.

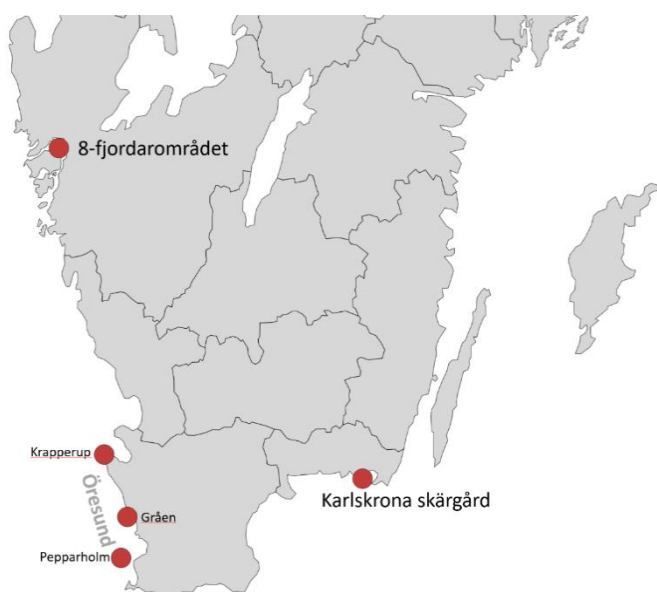
Korrigerig för minskning i antal av otoliter

Storleksminskning av otoliter, och hur man lämpligast korrigerar för denna felkälla, innebär en utmaning i arbetet med att försöka ta fram så bra resultat som möjligt om skarvaras födoval. Ytterligare en felkälla orsakad av nedbrytningsprocesserna i skarvarnas magar är att en del otoliter kan eroderas bort fullständigt eller passera vidare till tarmen och aldrig hittas i de okulära dietanalyserna. På så sätt kommer inte bara storleken på bytena att underskattas utan även antalet byten som skarvarna ätit. Fiskar med små och mer ömtåliga otoliter, som skarpsill, riskerar att underskattas, med effekten att den relativa andelen av byten med större och mer motståndskraftiga otoliter, som torsk, kommer att överskattas (Tollit *m. fl.* 1997; Lundström *m. fl.* 2007; Tollit *m. fl.* 2007). Användning av arts specifika korrektionsfaktorer för att kompensera för förlust av otoliter i undersökningar av skarvaras födoval är ovanligt och i stort behov av utveckling (Johnstone *m. fl.* 1990; Martucci *m. fl.* 1993; Casaux *m. fl.* 1998), och tillämpades därför inte i detta uppdrag. Genom att utföra kontrollerade experiment med skarvar i fångenskap skulle det vara möjligt att öka förståelsen av

omfattningen av minskningen i såväl storlek som antal av otoliter från olika fiskarter och därmed förbättra kvaliteten i dietanalysernas resultat.

Storskarvars födoval i olika kustområden i Sverige

I rapporten presenteras födoval hos storskarv i tre olika områden: 8-fjordarområdet i Bohuslän, Öresund mellan Sverige och Danmark samt Karlskrona skärgård i södra Östersjön (fig. 18). Resultaten som presenteras fokuserar på bytesarter som dels är viktiga i skarvarnas födoval och dels som är ekologiskt och/eller ekonomiskt intressanta.



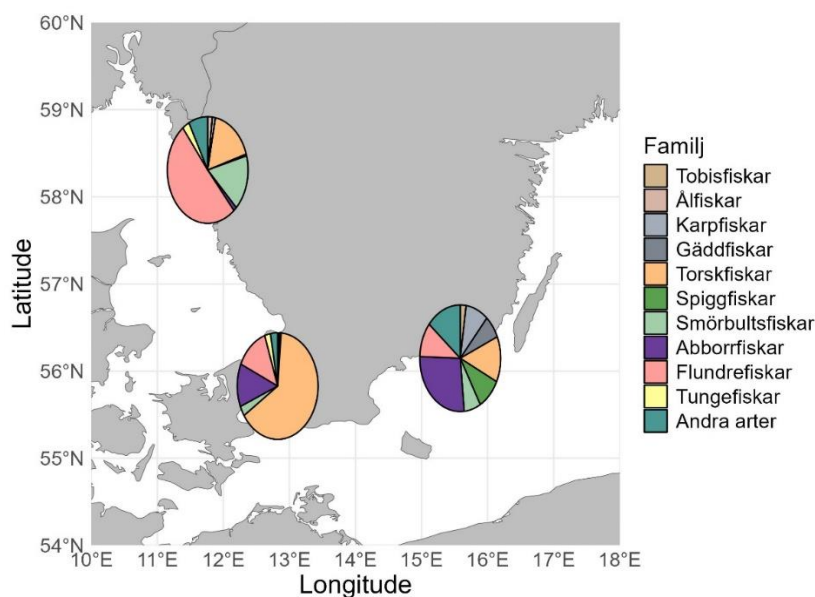
Figur 18. Områden för undersökningar av födoval hos storskarv.

Utöver de resultat som presenteras här finns ytterligare dietmaterial från de tre områdena som gör det möjligt att i framtiden komplettera resultaten om hur predation från storskarv på olika fiskpopulationer varierar mellan områden, säsonger och år samt även hur storskarvars födoval förhåller sig bytestillgång och provfiskedata. Dessutom har det samlats in dietprover från andra kustområden under projektets gång, men som inte presenteras i den här rapporten på grund av tidsbrist. Prover samlades även in från Bottenviken, Bottenhavet, Stockholms skärgård, Södermanland, Gotland, Kalmarsund, Skälderviken och södra Kattegatt samt Bohuslän. Detta material, tillsammans med ytterligare prover som finns att tillgå presenteras i tabell 2. Kännedom om dessa prover kan vara av intresse för den nationella och regionala förvaltningen av storskarv, toppskarv, fisk och fiske i Sverige. Genom att framöver också analysera dessa dietprover kommer man kunna öka den geografiska och tidsmässiga täckningen.

Tabell 2. Insamlade dietprover från storskarv som inte är analyserade och/eller publicerade (område och år). *Dietprover finns även från toppskarv.

Område	Insamlade inom projektet (År)	Insamlade sedan tidigare (År)
Bottenviken	2023	
Bottenhavet	2024	
Stockholms skärgård	2024	2013-2014
Södermanland	2023-2024	
Gotland	2023-2024	2016, 2018-2019
Kalmarsund	2023-2024	2020
Skälderviken och södra Kattegatt*	2023-2024	2022
Gullmarsfjorden, Bohuslän	2023-2024	2019-2022
8-fjordar, Bohuslän	2023-2024	2014-2022
Segelskären, Bohuslän*	2024	2022
Väderöarna, Bohuslän*	2024	
Soteskär, Bohuslän*	2024	
Gåsöskärgården, Bohuslän*	2023-2024	2019-2022
Källskär, Östergötland		2018, 2020
Karlskrona	2023-2024	2015-2022
Öresund	2023-2024	

Den genomsnittliga sammansättningen av arter i dieten, baserad på ett stort antal prover från olika delområden, säsonger och år visar att storskarvars födoval skiljer sig åt mellan olika geografiska områden (fig. 19).



Figur 19. Födovallet hos storskarv i de tre undersökningsområdena: 8-fjordarområdet i Bohuslän, Öresund och Karlskrona skärgård (fig. 18). Diagrammen visar viktandelar av olika bytesgrupper.

Födoval och förekomst av storskarv i 8-fjordarområdet

I havsområdet kring Orust och Tjörn i Skagerrak, det så kallade 8-fjordarområdet, befinner sig flera arter av torskfisk och plattfisk på historiskt sett mycket låga nivåer efter långvarig överexploatering av yrkesfisket (Svedäng & Bardon 2003; Svedäng *m. fl.* 2004; Thor *m. fl.* 2023). Ett flertal fiskeregleringar har införts för att försöka återetablera de kustnära fiskpopulationerna och sedan 2010 råder förbud att fiska torsk, kolja och bleka (Svedäng *m. fl.* 2016). Trots dessa förvaltningsåtgärder syns inga tecken på återhämtning (Wikström *m. fl.* 2022). Varför fisken inte lyckats återhämta sig är okänt och orsakerna är förmodligen flera, men naturlig predation från bland annat storskarv föreslås kunna vara en bidragande faktor (Bryhn *m. fl.* 2017; Cardinale *m. fl.* 2017) och vissa intressen lyfter fram storskarvens predation som ett kritiskt hot för kusttorsken (Axelsson & Stigebrandt 2021), trots bristen på vetenskapligt stöd. Även om det är okänt om, och på vilka sätt, olika fiskarter i 8-fjordarområde påverkas av predation från storskarv finns sedan tidigare viss kunskap om skarvarnas födoval i området. Dessa undersökningar visade att födan till största del bestod av olika arter av smörbultsfiskar (Gobiidae), torskfiskar (Gadidae) och flundrefiskar (Pleuronectidae) samt att det var vanligt med inslag av sötvattensfiskar, framför allt olika arter av karpfiskar (Cyprinidae; Ljunggren 2017;

Fleet 2021). De tidigare undersökningarna visade även att storskarvarnas födoval skilde sig åt mellan områden och tidsperioder.

Skillnader mellan områden i födoval hos storskarv i 8-fjordarområdet

I anslutning till detta projekt analyserades dietprover från storskarvar som samlats in från den skydds jakt som pågått i olika delar av 8-fjordarområdet. Arter av smörbultsfiskar och flundrefiskar var de vanligaste bytena i antal, medan arter av torskfiskar, flundrefiskar och smörbultsfiskar dominerade viktmsigt. Storskarvarnas födoval varierade mellan delområden och år, framför allt på grund av skillnader i andelar av simpör, smörbultsfiskar och sötvattensarter (Branch 2024).

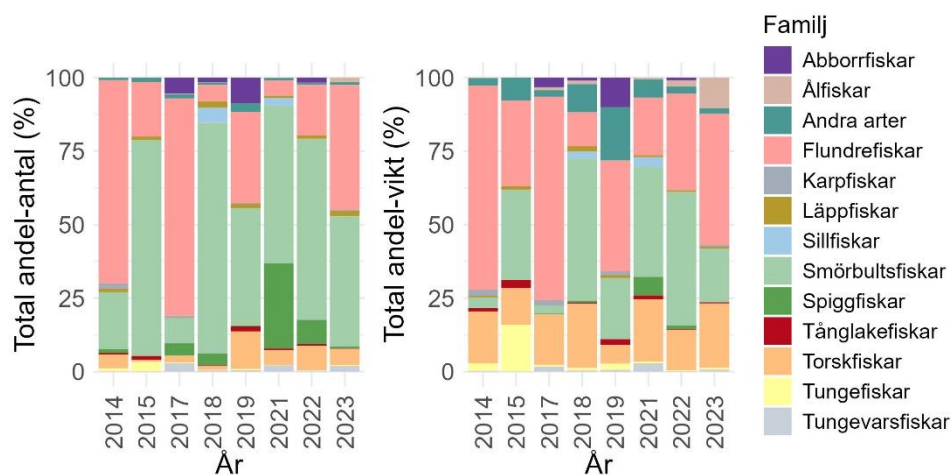
Långtidsförändringar i födoval hos storskarv i 8-fjordarområdet

För att få en bättre bild av hur storskarvarnas födoval förändras över tid analyserades dietprover (spybollar) som samlats in från samma delområde i 8-fjordarområdet (Havstensfjord) under samma säsong (aug-sep) under perioden 2014-2023 (tabell 3). Tidsperioden valdes dels på grund av att det är under hösten som förekomsten av storskarv är som störst i 8-fjordarområdet (fig. 26) och dels eftersom det pågår provfiskeri i området under denna tidsperiod, vilket möjliggör fortsatta analyser av hur storskarvars födoval förhåller sig till provfiskernas fångster.

Tabell 3. Antal dietprover (spybollar) per år från Havstensfjord i 8-fjordarområdet som analyserats.

	2014	2015	2017	2018	2019	2021	2022	2023
Spybollar	32	38	34	30	33	32	34	56

Förändringen i skarvarnas födoval över tid var statistiskt signifikant. Fiskar tillhörande familjerna flundrefiskar (t.ex. skrubbskädda, rödspotta, lerskädda och sandskädda), torskfiskar (t.ex. torsk, gråsej, kolja och bleka) och smörbultsfiskar dominerar dieten, men den relativa andelen varierar stort mellan år (fig. 20). Framför allt betydelsen av flundrefiskar och smörbultsfiskar i dieten varierade stort mellan år medan mellanårsvariationen i torskfiskar inte var lika stor.



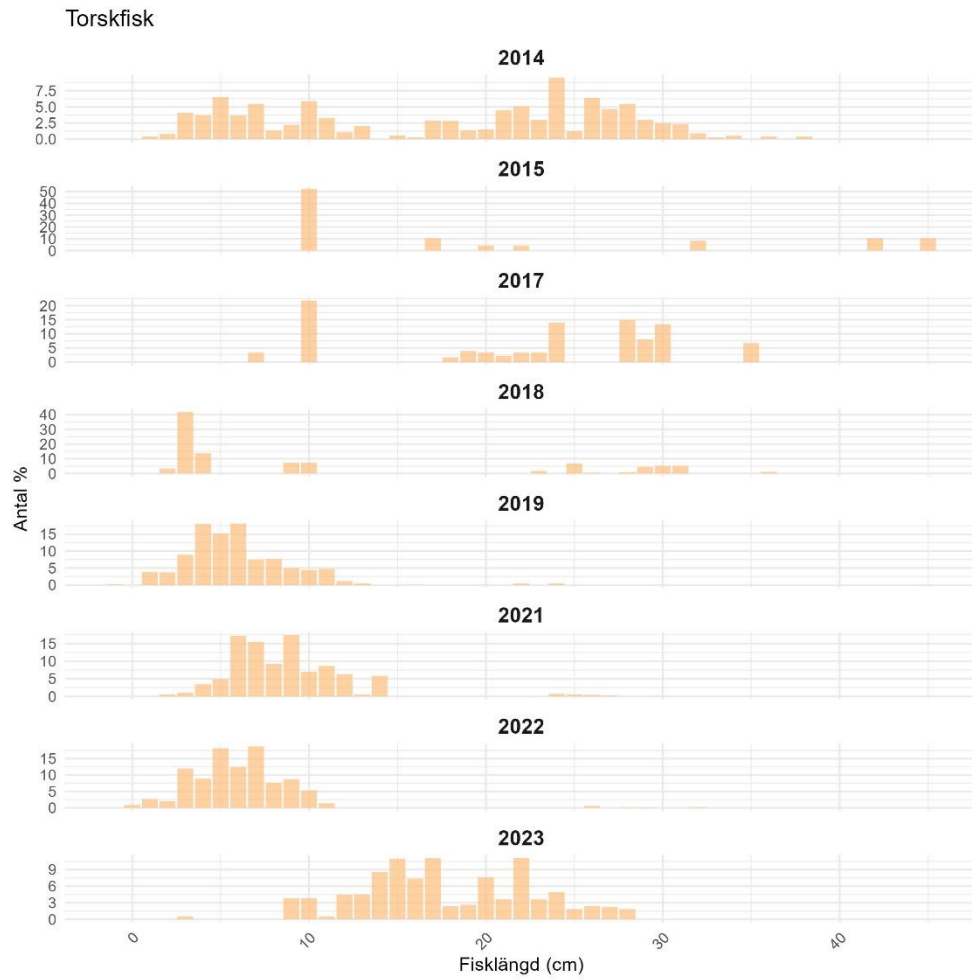
Figur 20. Andelar i vikt och antal, baserat på dietprover (spybollar) från Havstensfjord i 8-fjordarområdet 2014-2023.

Andel torsk

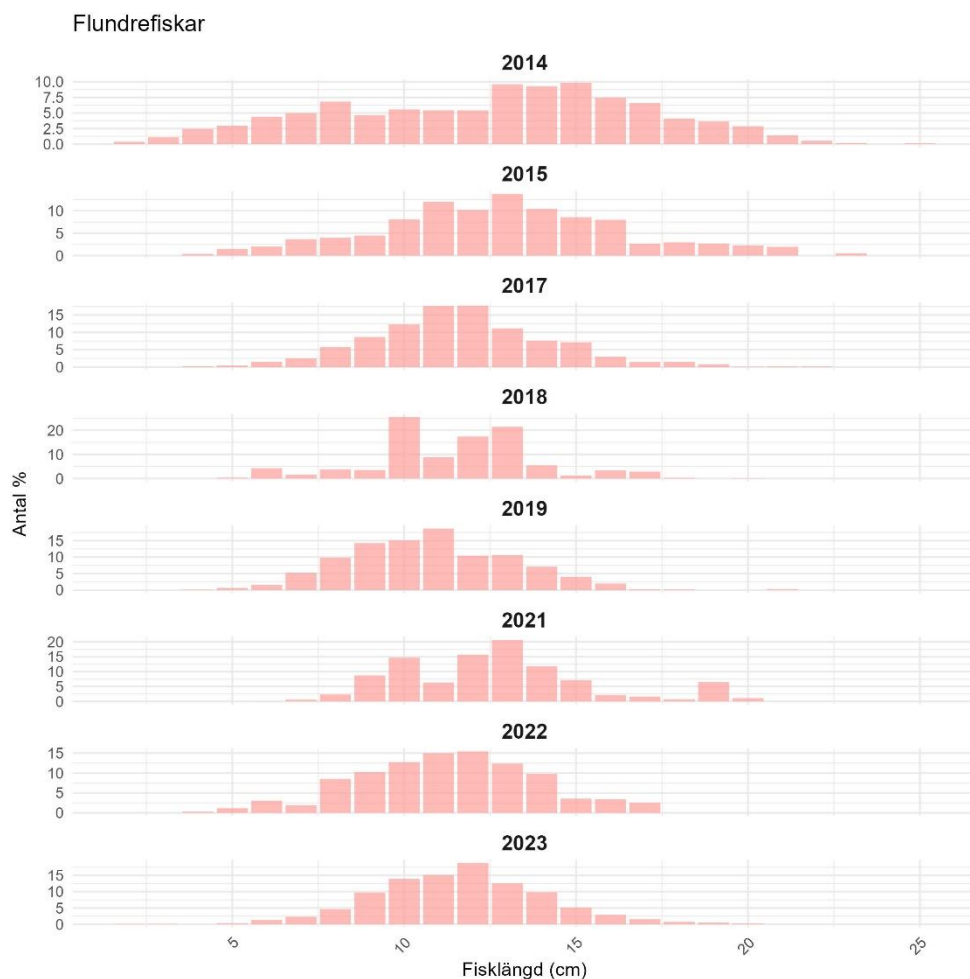
För att undersöka vilka olika arter av torskfisk som utgjorde bytesgruppen *Torskfiskar* i de analyserade proverna från 8-fjordarområdet tillämpades maskininlärningsanalys av otoliternas form (Mion *m. fl.* 2024). Resultaten visar att gruppen torskfiskar dominerades av torsk. Drygt 40 % av otoliterna kunde enligt denna metodik bestämmas till arten torsk. Näst efter torsken var de vanligaste bytesgrupperna kolja/gråsej (17 %), kolja/gråsej/bleka (5 %) och vitling (9 %). Ytterligare arter i gruppen torskfiskar var vitlinglyra (1 %) och paddtorsk (< 1 %). Ungefär 25 % av otoliterna i gruppen torskfiskar kunde inte bestämmas till mer detaljerad nivå än *Torskfiskar*.

Storlek på byten

Under perioden 2014-2023 verkade storskarvarna i 8-fjordarområdet främst äta torskfiskar i längdintervallet 5-30 cm (0-2 åriga torsk), men med tydliga mellanårvariationer (fig. 21). Storleksfördelningen för flundrefiskar i födan sträckte sig från 5 till 20 cm (fig. 22).



Figur 21. Storleksfördelning av bytesgruppen torskfisk (t.ex. gråsej, kolja, bleka, torsk) i födovallet hos storskarv i 8-fjordarområdet 2014-2023. De beräknade storlekarna har inte kompenserats för storleksminskning av otoliter orsakade av nedbrytningsprocesser i skarvarnas magar.



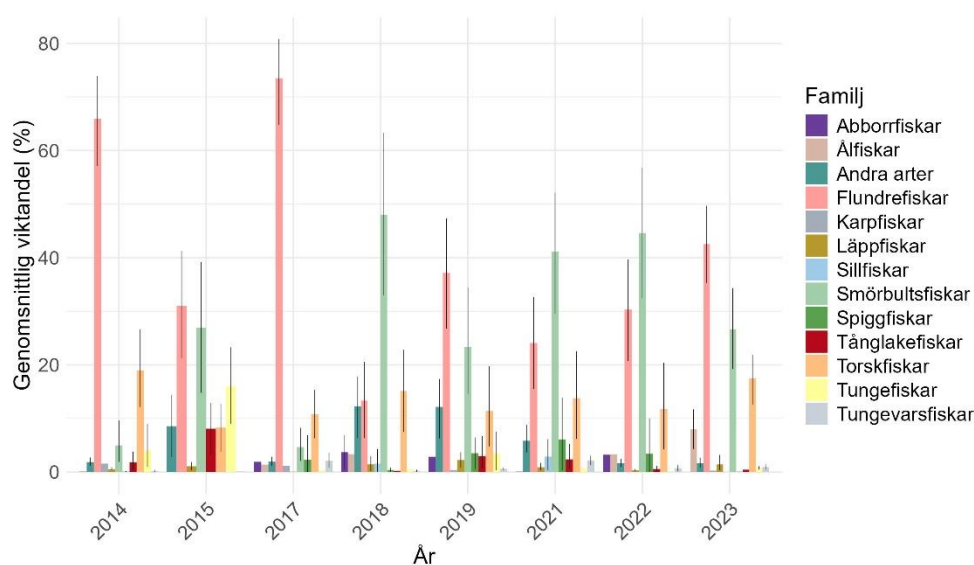
Figur 22. Storleksfördelning av bytesgruppen plattfisk i födovallet hos storskarv i 8-fjordarområdet 2014-2023. De beräknade storlekarna har inte kompenserats för storleksminskning av otoliter orsakade av nedbrytningsprocesser i skarvarnas magar.

Jämförelse av storskarvarnas födoval mellan år

ANOSIM-analysen avslöjade en liten men statistiskt signifikant skillnad i skarvarnas födoval (viktandelar) mellan de olika åren ($R = 0,126$; $p < 0,001$; fig. 23). Även om R -värdet är lågt och indikerar att variationen mellan åren inte är särskilt uttalad, tyder p -värdet på att de observerade skillnaderna är statistiskt signifikanta, det vill säga att det är osannolikt att de är resultatet av slumpmässig variation. Slutsatsen är, som förväntat, att en viss grad av variation förekommer mellan år beträffande skarvarnas predation på olika fiskarter i det undersökta området.

I SIMPER-analysen, som identifierar de bytesgrupper som bidrar mest till skillnaderna i viktandelar mellan år, stod familjen flundrefiskar för över 40 % av skillnaderna, följt av smörbultsfiskar som tillsammans med flundrefiskar bidrog med över 60 %, och torskfiskar som tillsammans med de två tidigare grupperna

bidrog med 80 %. Dessa bytesgrupper är de främsta orsakerna bakom de observerade skillnaderna i dietsammansättningen mellan åren, där alltså flundrefiskar är den mest betydande bytesgruppen både i termer av viktandelar i dieten och födovalets förändringar mellan år. Eftersom storskarv antas vara en opportunistisk predator tyder förändringarna i födoval mellan år på att den relativa förekomsten och/eller tillgängligheten av dessa bytesgrupper har förändrats över tid i 8-fjordarområdet. Analyser av hur förändringar i skarvarnas födoval förhåller sig till förändringar i provfiskedata kan eventuellt bidra med förståelse för hur predation från storskarv varierar med bytestillgång.



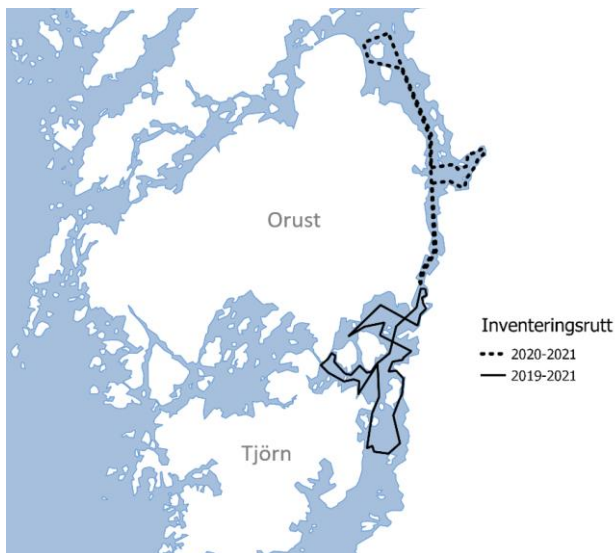
Figur 23. Födoval hos storskarv från Havstensfjord i 8-fjordarområdet, baserat på prover insamlade 2014-2023 (n = 289). Staplarna visar viktandel i födan viktat per mage för de vanligaste bytesgrupperna (familjerna). Felstaplarna visar konfidensintervall (95 %).



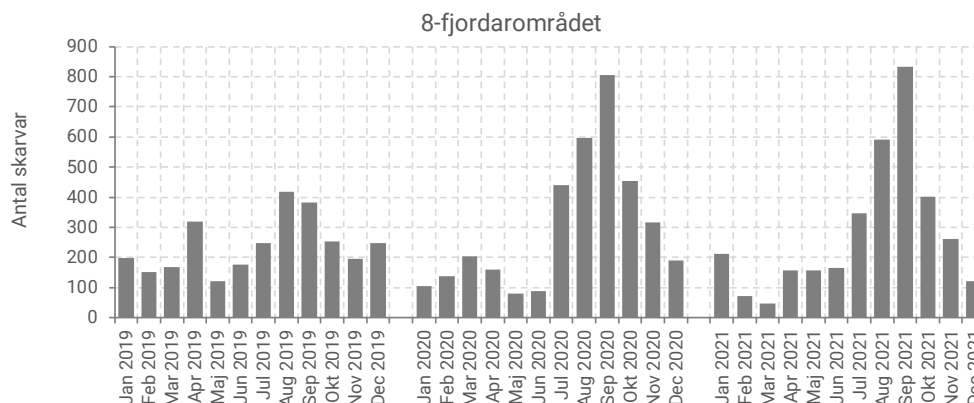
Figur 24. Häckande storskarv i 8-fjordarområdet 2024.

Inventering av storskarv i 8-fjordarområdet

Under perioden 2019 till 2021 genomfördes riktade inventeringar i 8-fjordarområdet för att få en bättre bild av antalet storskarvar under olika delar av året (fig. 24-26; Lundström *m. fl.* 2024b). Som framgår av figur 19 varierar antalet storskarvar i området stort mellan säsonger med flest individer under flyttmånaderna augusti och september.



Figur 25. Inventeringsrutt i 8-fjordarområdet. Figur från Lundström *m. fl.* (2024b).



Figur 26. Antalet räknade storskarvar längs en rutt i en del av 8-fjordarområdet 2019–2021 (fig. 25). *År 2019 inventerades bara den södra delen av ruten. ** I februari-mars 2021 inventerades bara den södra ruten på grund av isläggning i den norra delen. Figur från Lundström m. fl. (2024b).

Sammanfattning 8-fjordarområdet

Arter av flundrefiskar, smörbultsfiskar och torskfiskar dominerar födovalen hos storskarv i 8-fjordarområdet. Även om födovalen skiljer sig åt mellan delområden och år är det dessa bytesgrupper som huvudsakligen utgör skarvarnas föda. Mer detaljerade analyser av skarvdiet- och provfiskedata kan förhoppningsvis öka förståelsen för hur storskarvarnas födoval i 8-fjordarområden varierar i relation till bytesförekomst, såväl art- som storlekssammansättning. Förutsatt att tillgängliga provfiskedata kan ge en representativ bild av hur fisksamhällets art- och storlekssammansättning i området varierar. Bytesgruppen torskfiskar består till största del (40 %) av arten torsk, som är en av de fiskarter som det råder fiskeförbud för i området. Även om torsk alltså är en stor del av skarvarnas födoval är det ovisst om och hur predation från storskarv påverkar torskpopulationen och om skarvarna kan motverka en återhämtning av kustorsk i 8-fjordarområdet. För att få en uppfattning av detta skulle undersökningar av skarvpredationen på märkta torskar kunna bidra med kvantitativa underlag. Inventeringsresultat i delar av 8-fjordarområdet visar att förekomsten av storskarv varierar stort under året. Liknande övervakning är viktig för att få en bild av hur antalet skarvar varierar i tid och rum. Det saknas helt information om rörelsemönster och födosöksbeteende hos storskarv i 8-fjordarområdet, något som behövs för bättre underlag om skarvarnas ekologi, till exempel kopplingar mellan födoval och födosökshabitat och 8-fjordarområdets betydelse för skarvar från olika häckningsplatser.

Födoval och förekomst av storskarv i Öresund

Tillgången på fisk i Öresund har minskat under senare år och för att skydda de svaga fiskbestånden har bland annat förbud mot riktat fiske efter torsk införts. Samtidigt har Öresund blivit ett allt viktigare område för migrerande och övervintrande storskarvar från olika delar av Östersjöregionen (Bengtsson 1999; Bengtsson 2000; fig. 27). Inrapporterade observationer till Artportalen antyder en mycket stor förekomst av storskarv i området, framför allt under senhösten. Aktuell

information om vilka fiskarter som utgör föda för dessa skarvar under olika delar av året saknas dock helt. Kunskapsläget är begränsat till en dansk undersökning från 1990-talet, som konstaterade att storskarvarna i Öresund huvudsakligen livnärde sig på torsk, ål och sill (Hald-Mortensen 1995).

Skillnader mellan områden i födoval hos storskarv i Öresund

Under 2023-2024 har spybollar samlats in från tre områden med häckande storskarv i Öresund: Krapperup i norra Öresund (121 häckande par 2023), Gråen i mellersta Öresund (ca 900 häckande par 2023) och Pepparholm i södra Öresund (327 häckande par 2023; tabell 4).

Tabell 4. Antal dietprover (magar och spybollar) per år och område i Öresund som analyserats.

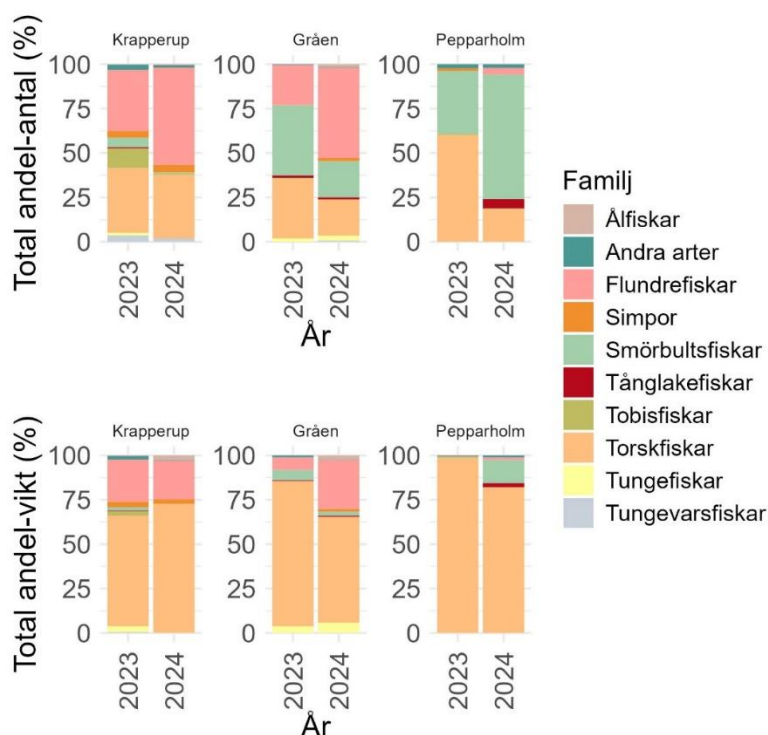
Området	2023		2024	
	Spybollar	Magar	Spybollar	Magar
Gråen	60		30	
Krapperup	59	6	18	4
Pepparholm	30		20	

De analyserade proverna är i huvudsak spybollar insamlade under kvartal två och tre (april till och med september) och jämförelser mellan år för Krapperup och Gråen baseras på denna tidsperiod. De analyserade proverna från Pepparholm är från november 2023 och april 2024.



Figur 27. Storskarvar i Öresund 2024.

De analyserade proverna visar att storskarvarnas föda till övervägande del består av olika arter av torskfiskar, flundrefiskar och smörbultsfiskar. Övriga fiskarter som återfinns i storskarvens föda är ål, simpnor, tånglake, tobisfiskar och andra plattfiskar men de utgör en mycket liten andel både i antal och vikt (fig. 28).



Figur 28. Andelar i vikt och antal för de vanligaste bytesgrupperna (familjerna), baserat på dietprover (spybollar och magar) från Öresund 2023-2024.

Andel torsk och svartmunnad smörbult

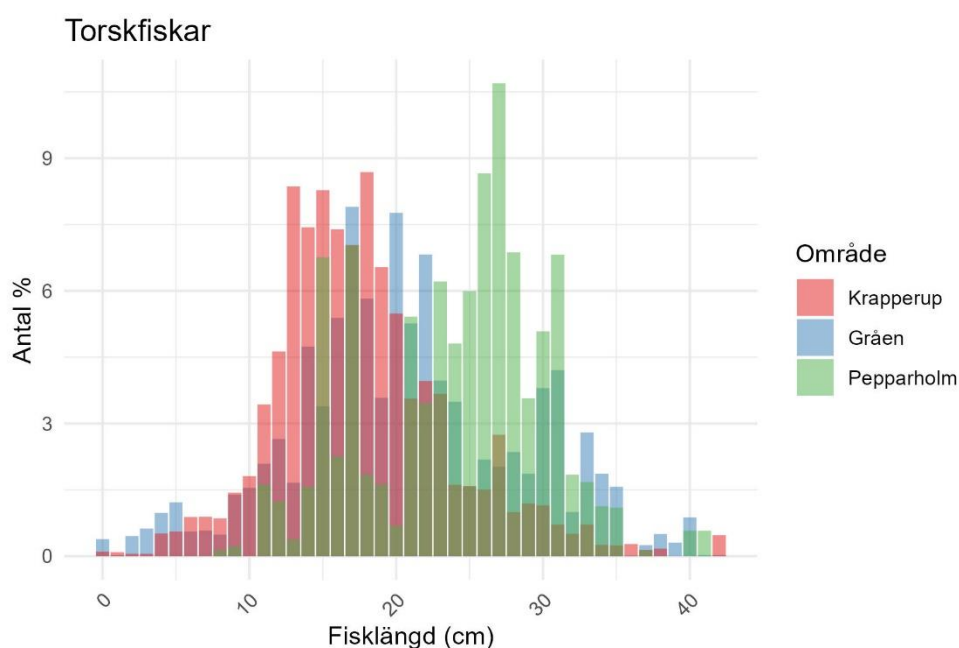
För att undersöka vilka olika arter av torskfisk som utgjorde bytesgruppen *Torskfiskar* i de analyserade proverna från Öresund tillämpades maskininlärningsanalys av otoliternas form (Mion, 2024). Resultaten visar att gruppen torskfiskar dominerades av torsk. Av otoliterna i gruppen torskfisk kunde 61 % vid närmare granskning bestämmas till den arten. Efter torsk följde kolja/gråsej/bleka (24 %). Ytterligare arter i gruppen torskfiskar var vitling (1 %) och vitlinglyra (< 1 %). Ungefär 14 % av otoliterna i gruppen torskfiskar gick inte att bestämma till art.

Den okulära dietanalysen hade svårigheter med att taxonomiskt bedöma vilka arter som ingår i bytesgruppen *Smörbultsfiskar*. Svart smörbult dominerade gruppen (över 30 % av otoliterna), följt av den invasiva arten svartmunnad smörbult (10 %), men nästan 60 % av otoliterna kunde inte identifieras till art. Svartmunnad smörbult har funnits i Öresund åtminstone sedan 2017 (Carl *m. fl.* 2019), men i de norra delarna verkar den dock ha påträffats först senare, 2021 enligt

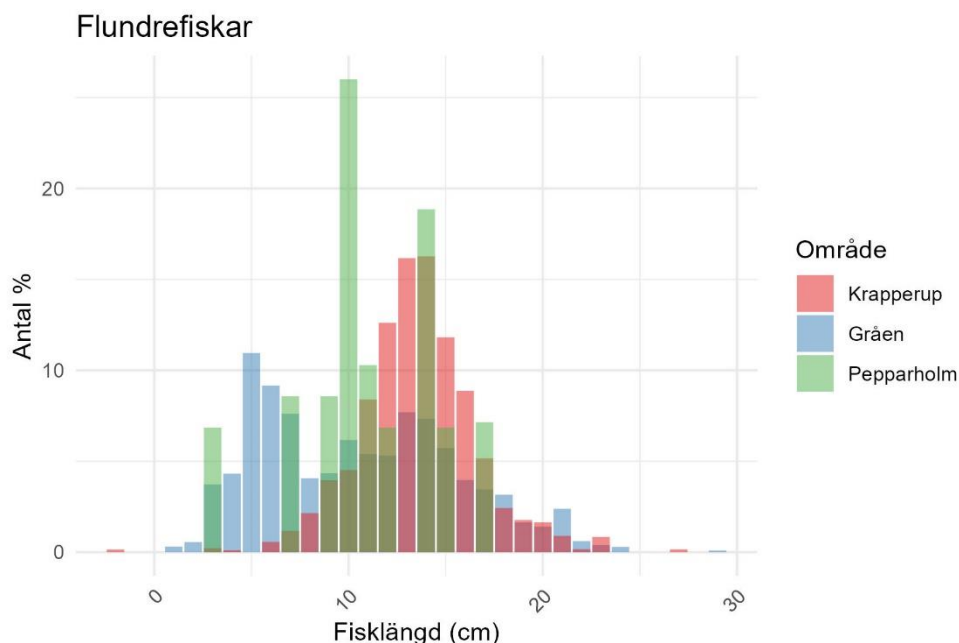
Øresundsakvariet. Förekomsten längs den svenska kusten i Øresund är dåligt känd. Det är dock uppenbart att den invasiva arten är etablerad och att den ingår i skavarnas föda i Øresund men det är ännu oklart hur vanligt förekommande den är på grund av begränsningarna i den analysmetodik som använts hittills.

Storlek på byten

Under perioden 2023-2024 åt storskarven främst torskfiskar i längdintervallet 10-30 cm (0-1 åriga torskar) och flundrefiskar från några centimeter i storlek upp till ca 20 cm (fig. 29-30). Att storskarvarna åt större torskindivider vid Pepparholmen kan till viss del bero på att proverna från denna lokal samlades in senare på säsongen då årets torskfiskindivider hunnit växa sig större.



Figur 29. Storleksfördelning av torskfiskar (Gadidae) i födan hos storskarv i tre områden i Øresund 2023-2024. De beräknade storlekarna har inte kompenserats för storleksminskning av otoliter orsakade av nedbrytningsprocesser i skarvarnas magar.

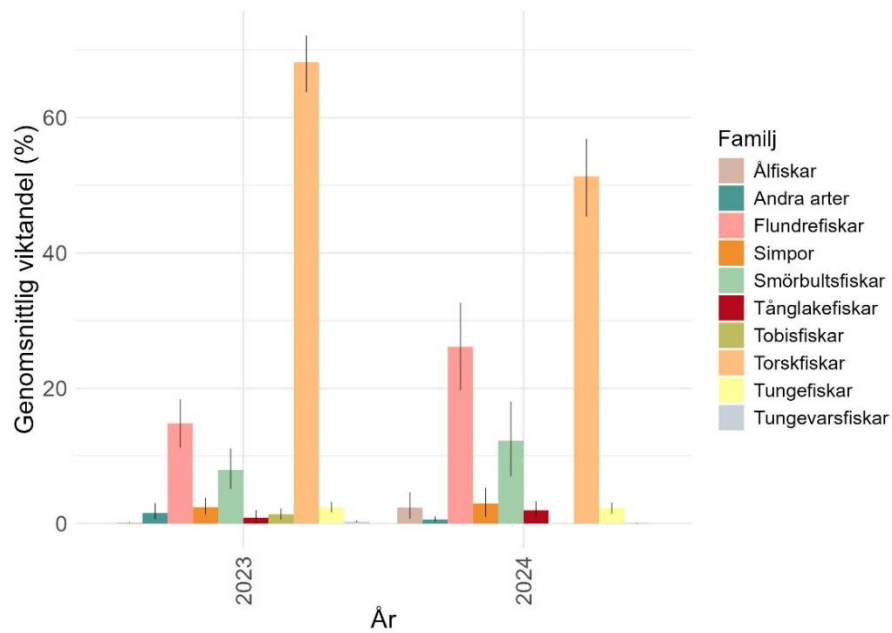


Figur 30. Storleksfördelning av flundrefiskar (Pleuronectidae) i födan hos storskarv i tre områden i Öresund 2023-2024. De beräknade storlekarna har inte kompenserats för storleksminskning av otoliter orsakade av nedbrytningsprocesser i skarvarnas magar.

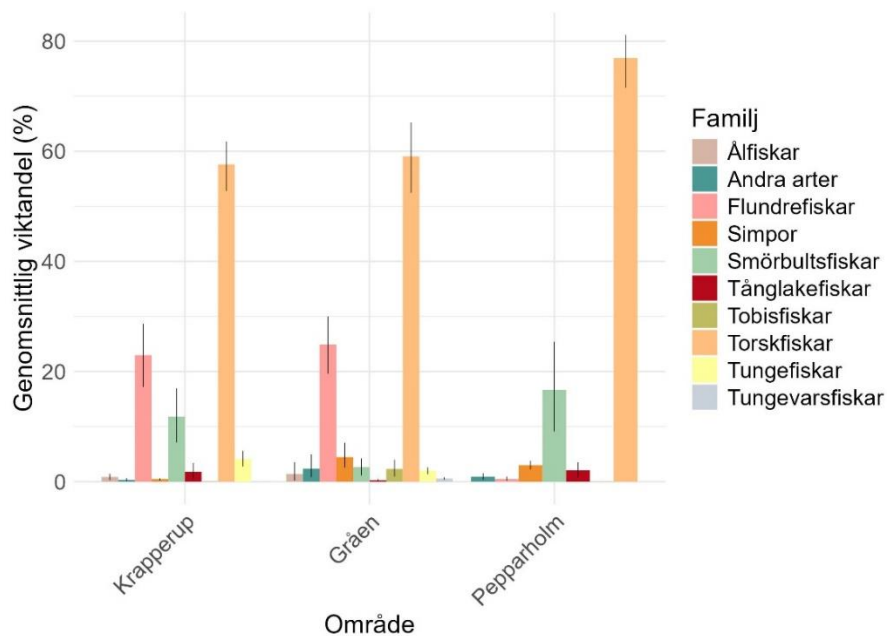
Jämförelser av storskarvens födoval mellan år och områden

ANOSIM-analysen indikerar en statistiskt signifikant skillnad i dietsammansättningen (viktandelar) mellan år ($R = 0,0700$; $p = 0,011$) och delområden ($R = 0,043$; $p = 0,004$; fig. 31-32). Även om R -värdena är små tyder de låga p -värdena på att skillnaderna är statistiskt signifikanta och sannolikt inte beror på slumpmässig variation.

I SIMPER-analysen identifierades familjerna torskfiskar och flundrefiskar som de bytesgrupper som främst bidrar till skillnaderna i dietsammansättningen mellan år och mellan delområden. För skillnaden mellan år förklarade gruppen torskfiskar över 60 % av olikheterna och tillsammans med flundrefiskar över 80 %. Resultaten för skillnaderna mellan delområden var liknande, där torskfiskar stod för över 60 % och tillsammans med flundrefiskar för över 80 % av olikheterna. Dessa resultat tyder på att förändringar i abundans eller tillgång på dessa viktiga bytesgrupper kan driva variationer i storskarvarnas födoval över tid och mellan områden.



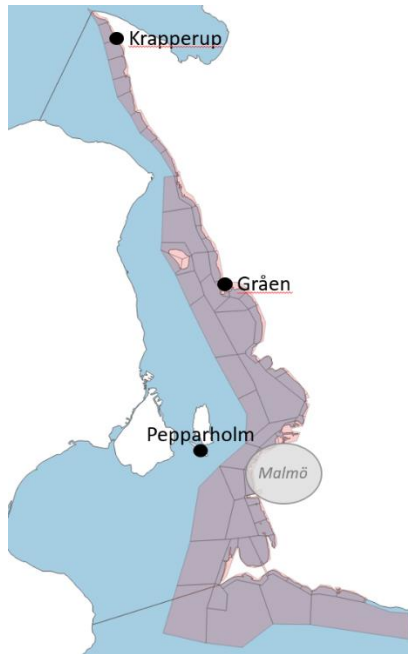
Figur 31. Födovalet hos storskarv i Öresund, baserat på prover insamlade 2023 (n = 155) och 2024 (n = 72). Staplarna visar viktandel i födan viktat per mage för de vanligaste bytesgrupperna (familjerna). Felstaplarna visa konfidensintervall (95 %).



Figur 32. Födovalet hos storskarv i tre områden i Öresund perioden 2023-2024. Staplarna visar viktandel i födan viktat per mage för de vanligaste bytesgrupperna (familjerna). Felstaplarna visa konfidensintervall (95 %).

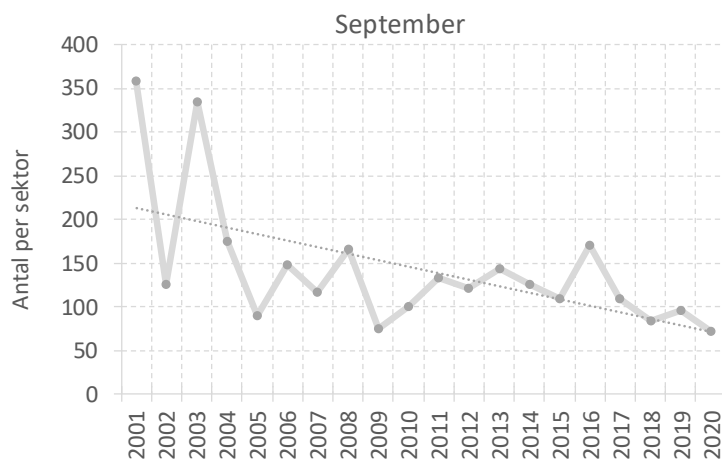
Inventering av storskarv i Öresund

Häckande storskarv förekommer både på danska och svenska sidan av Öresund (Sterup & Bregnballe 2023; Lundström 2024). Från den svenska kusten finns även tillfredsställande inventeringsdata från de höst- och vinterräkningar av sjöfåglar som görs i Sverige, samordnade av Svensk fågeltaxering. Antalet räknade storskarvar längs den svenska kusten i Öresund 2001-2022 har analyserats för att undersöka trender över tid (fig. 33).

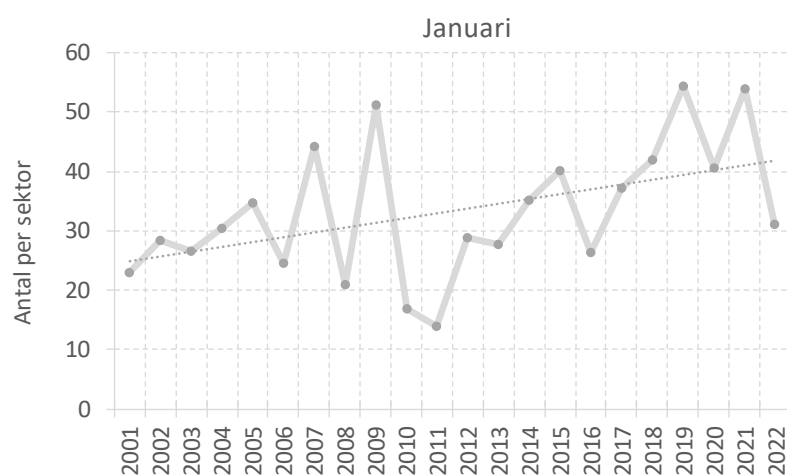


Figur 33. Inventeringssektorer för höst- och vinterräkning av sjöfåglar i Öresundsregionen samt de tre insamlingslokalerna (Krapperup, Gråen och Pepparholm) för dietprover från storskarv. Kartunderlag från Svensk fågeltaxering.

Av analysen framgår att antalet räknade storskarvar under hösten verkar ha minskat (fig. 34) medan trenden för antalet räknade storskarvar i januari var ökande (fig. 35). Detta kan vara ett resultat av Öresundsregionens ökande betydelse som övervintringsområde för storskarvar från andra områden längre norrut.



Figur 34. Antalet räknade storskarvar längs svenska kusten i Öresund i september 2001-2020. Grafen visar totalt antal räknade storskarvar i förhållande till antalet inventerade sektorer i området varje år. Den streckade linjen visar trendlinjen ($p < 0,001$). Data från Svensk fågeltaxering.



Figur 35. Antalet räknade storskarvar längs svenska kusten i Öresund i januari 2001-2022. Grafen visar totalt antal räknade storskarvar i förhållande till antalet inventerade sektorer i området varje år. Den streckade linjen visar trendlinjen ($p = 0,03$). Data från Svensk fågeltaxering.

Troligen är det dock under perioden mellan höst- och vinterräkningarna som tätheterna av storskarv är som allra högst i Öresund. Av de rapporteringar till Artportalen där 10 000 eller fler storskarvar observerats kommer 26 av 28 (93 %) av rapporterna från Öresund och alla utom två från tidsperioden mellan slutet av september och början av november. Det är dock inte känt varifrån storskarvarna som tillbringar senhöst och vinter i Öresundsregionen kommer. Mer storskalig färg- och GPS-märkning av storskarvar från olika kolonier under häckningsperioden, samt även från Öresund under höst och vinter, tillsammans med utökad inventering av storskarv i Öresund (i oktober) behövs för att få en

tydligare bild av Öresunds betydelse som uppehålls- och födosöksområde för storskarv.

Sammanfattning Öresund

Resultaten som presenteras är begränsade till två år och det är därför inte möjligt att dra några slutsatser om hur storskarvarnas födoval förändras över längre tid. Jämfört med en tidigare dansk studie från 1995 (Hald-Mortensen 1995) verkar dock födoval ha förändrats: sill ser inte längre ut att ingå i storskarvarnas födoval och ål utgör en mycket liten del. Dietsammansättningen hos storskarv kan användas som en indikator för förekomst av den invasiva arten svartmunnad smörbult i Öresund. Resultaten antyder att den är vanligt förekommande i skarvfödan, men här finns behov av att vidareutveckla dietanalysmetodiken för säkrare artbestämning av bytesgruppen *Smörbultsfiskar*. Torskfisk, varav 61 % är torsk, dominerar skarvarnas födoval och det finns anledning att titta närmare på hur eventuell påverkan från storskarv förhåller sig till andra påverkansfaktorer för torsken i Öresund, till exempel genom fiskmärkningsstudier eller ekologisk modellering. Mer detaljerade analyser av skarvdiet- och provfiskedata kan förhoppningsvis öka förståelsen för hur storskarvars födoval i Öresund varierar i relation till bytesförekomst, såväl art- som storlekssammansättning. Förutsatt att tillgängliga provfiskedata kan ge en representativ bild av hur fisksamhällets art- och storlekssammansättning i området varierar.

Öresundsregionen är ett viktigt födosöksområde för storskarv, dels under vår och sommar för häckande fåglar på både svenska och danska sidan och dels under höst och vinter för övervintrande och förbipasserande skarvar. Kunskap om vilka delområden i Öresund som används som födosöksområden för skarvarna saknas. Antalet övervintrande storskarvar ser ut att öka över tid, men information saknas om mängden skarvar under senhösten, en period då antalet i området verkar vara mycket stort. Det är även ovisst från vilka olika häckningsområden de skarvar kommer från som uppehåller sig i Öresund under höst och vinter.

Födoval och förekomst av storskarv i Karlskrona skärgård

I Blekinge håller det småskaliga kustfisket på att försvinna som en följd av vikande fångster och man skyller bland annat på storskaligt trålfiske utanför kusten och predation från säl och storskarv. Arter som lax, torsk och ål har historiskt fiskats mest i området. Fritidsfisket och fisketurismen är viktiga näringar i länet med gädda, lax och öring som de mest populära fritidsfiskearterna. Den invasiva arten svartmunnad smörbult observerades för första gången i Sverige 2008 i Karlskrona och har sedan dess ökat i både geografisk utbredning och antal (Heimbrand *m. fl.* 2022). I områden där svartmunnad smörbult förekommer i större antal har den visat sig vara ett vanligt inslag i dieten hos både fåglar (Bzoma 1998; Jakubas 2004; Oesterwind *m. fl.* 2017) och fiskar (Almqvist *m. fl.* 2010; Herlevi *m. fl.* 2023). Storskarvars födoval i Blekinge har studerats tidigare (2009-2013) och av resultaten framgår att andelen svartmunnad smörbult i födan hos storskarv i Blekinge ökade i områden där smörbulten blev vanligare (Ovegård *m. fl.* 2016).

Långtidsförändringar i födoval hos storskarv i Karlskrona skärgård

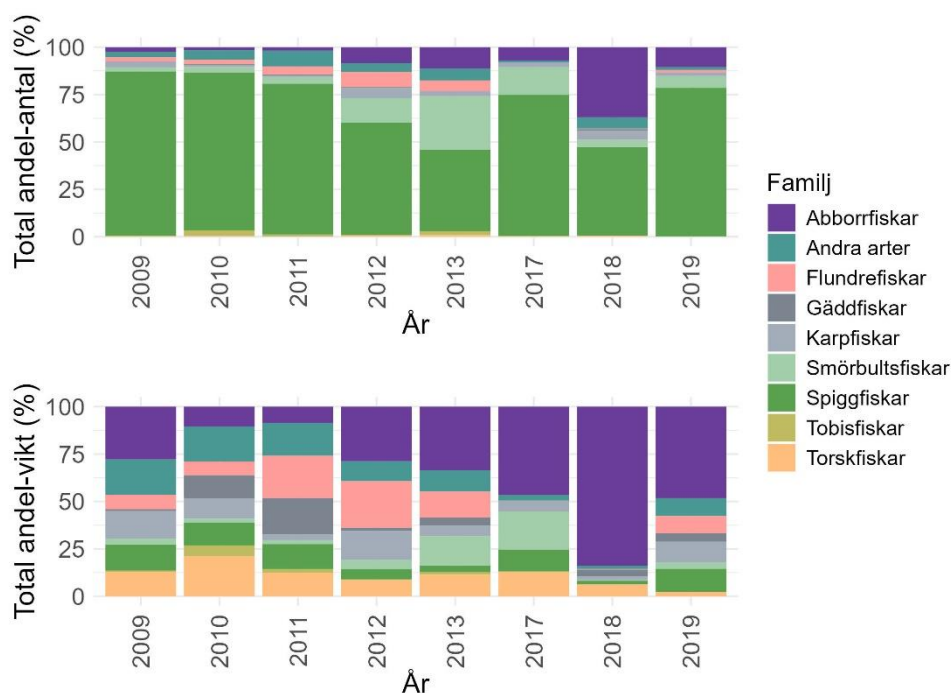
Dietmaterialet från Karlskrona skärgård är unikt eftersom det har samlats in så långt tillbaka som från 2009. Utöver dietprover från 2009-2013 har ytterligare prover samlats in från och med 2015 fram till och med 2024, men enbart material från 2017 till och med 2019 har analyserats inom detta projekt. I denna rapport redovisas därför födovalet över tid med data baserat på material insamlat 2009-2013 tillsammans med material insamlat 2017-2019 (tabell 5). Resultaten baseras på innehåll i magar från skjutna storskarvar. Målbilden har varit att samla in material från hela året men på grund av diverse begränsningar saknas material från vissa månader. Flest storskarvar har skjutits efter häckningssäsong, då förekomsten av storskarv är som störst i området (fig. 40).

Tabell 5. Antal dietprover (magar) per år i Karlskrona som analyserats.

	2009	2010	2011	2012	2013	2017	2018	2019
Magar	107	187	96	67	205	75	37	89

Storskarvarnas föda i Karlskrona har under alla undersökningsåren till övervägande del bestått av spigg i antal (fig. 36). Smörbultsfiskar var vanligt förekommande 2012, 2013 och 2017 men 2018 och 2019 var istället abborre vanligare. Ser man på totalandelen i vikt har spigg en mindre betydelse p.g.a. dess mindre storlek. Den nedre grafen i figur 36 indikerar att det skett ett skifte från en mer varierad föda i början av 2010-talet till en övervägande del av abborrfiskar senare år.

Bytesgruppen abborrfiskar utgjordes huvudsakligen av arten abborre (61 %) följt av gärs (39 %). Generellt verkar inslaget av marina arter ha minskat under 2010-talet. Variationen av mängden abborrfiskar i födovalet kan till exempel bero på mellanårsvariationer i rekrytering och storlek på årsklasser av abborre och tillgången på andra lämpliga bytesfiskar.



Figur 36. Totala andelar i vikt och antal, baserat på dietprover (magar) från Karlskrona skärgård 2009-2013 och 2017-2019.

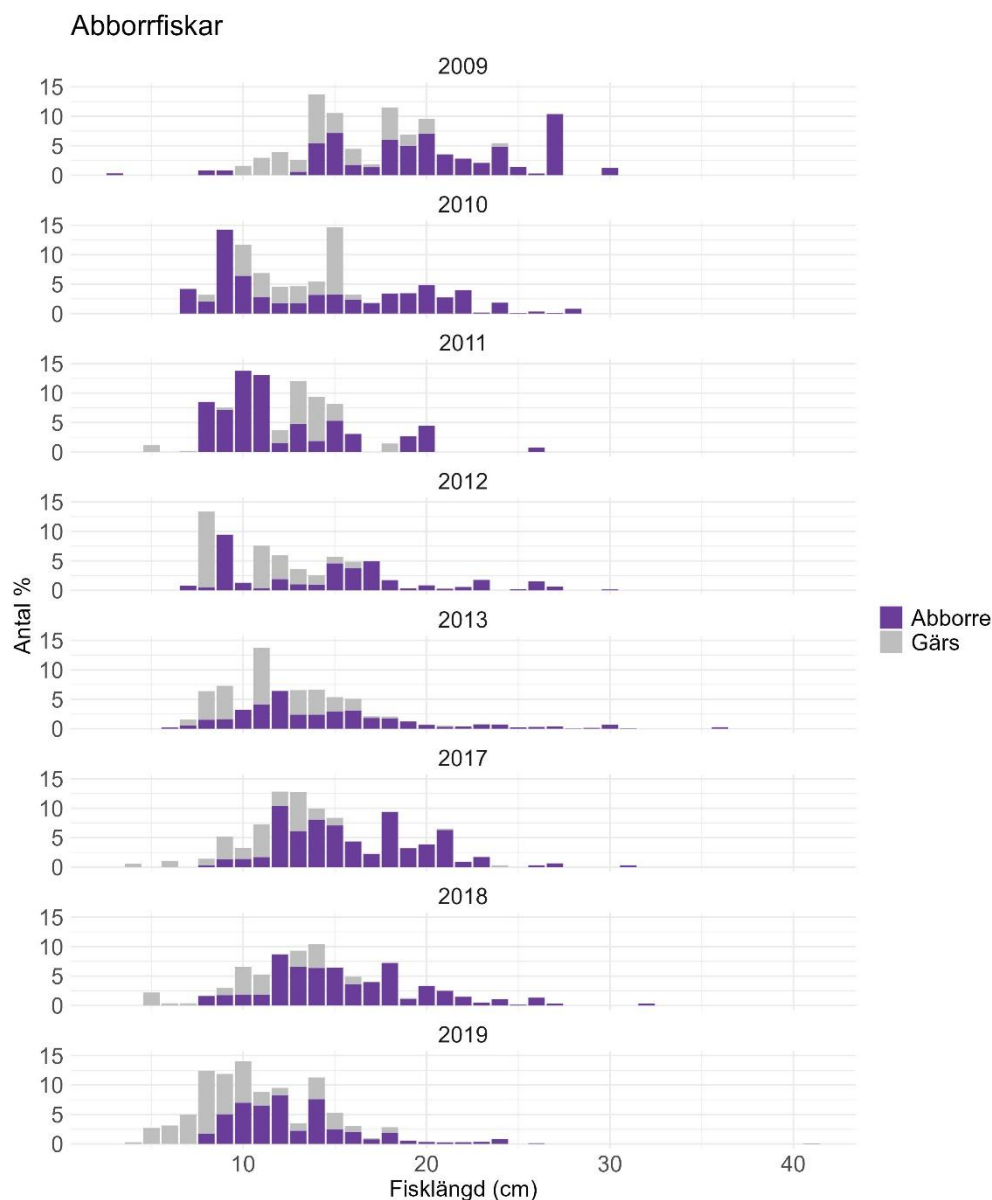
Andel torsk och svartmunnad smörbult

Otoliter från olika arter av torskfiskar kan vara svåra att identifiera till art när de är eroderade. I materialet från Karlskrona förväntades dock inga andra arter av torskfisk än just torsk, och för att utvärdera den nya metoden med maskininlärningsanalys (se avsnittet om 8-fjordarormådet och Öresund), undersöktes vilka olika arter av torskfisk som utgjorde bytesgruppen *Torskfiskar*. Hela 98 % av otoliterna i gruppen torskfiskar kunde bestämmas som otoliter från arten torsk.

En annan bytesgrupp där otoliterna är svåra att identifiera till art är *Smörbultsfiskar*, och då specifikt arterna svart smörbult och svartmunnad smörbult. Av alla smörbultsfiskar identifierades 38 % som svart smörbult och 35 % som svartmunnad smörbult. Resterande kunde inte identifieras till art.

Storlek på byten

Andelen abborre i storskarvarnas föda i Karlskrona har varierat över tid, och även längdfördelningen verkar ha förändrats mellan år (fig. 37).

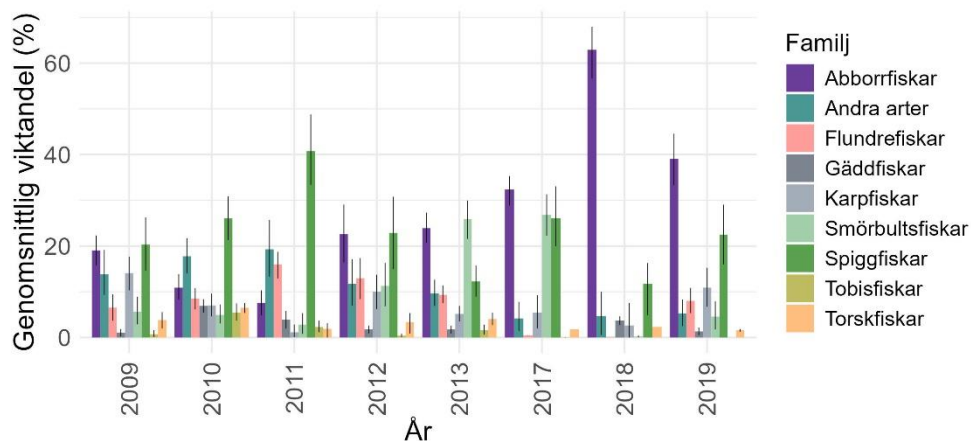


Figur 37. Storleksfördelning av abborrfiskar (abborre i lila och gärs i grått) i födoalet hos storskarv i Karlskrona skärgård 2009-2013 och 2017-2019. De beräknade storlekarna har inte kompenserats för storleksminskning av otoliter orsakade av nedbrytningsprocesser i skarvarnas magar.

Jämförelser av storskavens födoval mellan år

Förändringen i storskarvarnas föda över tid är statistiskt signifikant (fig. 38). ANOSIM-analysen visar en statistiskt signifikant skillnad i viktandel mellan olika år, ($R = 0,0966$; $p = 0,001$). Även om R -värdet är lågt, tyder p -värdet på att de observerade skillnaderna är statistiskt signifikanta, det vill säga att det är osannolikt att de är resultatet av slumpmässig variation. Slutsatsen är att en viss grad av variation förekommer mellan år i storskarvarnas födoval i det undersökta området.

I SIMPER-analysen identifierades familjerna abborrfiskar, spiggfiskar, smörbultsfiskar och flundrefiskar som de grupper som främst bidrar till olikheterna i storskarvens diet mellan år. Abborrfiskar är den familj som bidrar allra mest till skillnaderna mellan år med 27 %. Abborrfiskar och spiggfiskar bidrar tillsammans med 42 % och lägger man till smörbultsfiskar och flundrefiskar förklarar de fyra familjerna 63 %. Dessa resultat indikerar att förändringar i tillgången på dessa bytesfamiljer kan driva variationer i storskarvens föda över tid.



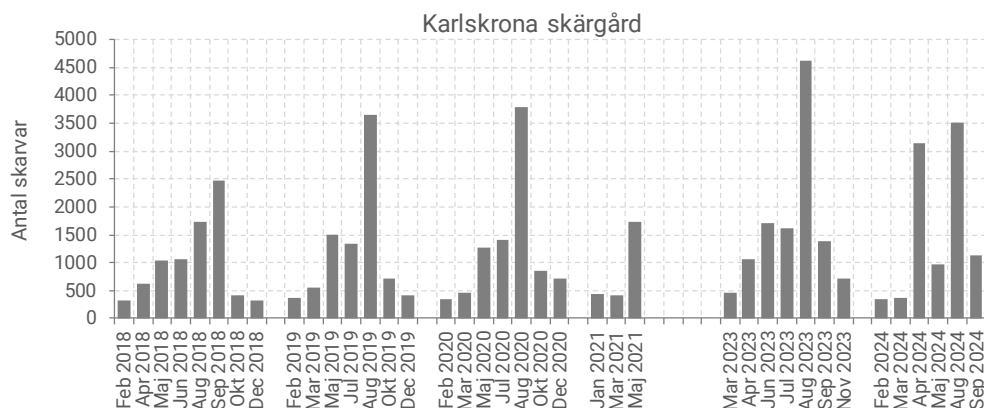
Figur 38. Långtidsförändring i födosammansättning hos storskarv i Karlskrona skärgård 2009-2013 och 2017-2019, visat som viktandel i födan viktat per mage med konfidensintervall (95 %).

Inventering av storskarv i Karlskrona skärgård

Under perioden 2018 till 2024 (med uppehåll för 2022) har antalet storskarvar i Karlskrona skärgård inventerats enligt rutten i figur 39. Antalet storskarvar i området är som högst under augusti, den tid på året då storskarvar genomför storskaliga förflyttningar mellan områden (fig. 40).



Figur 39. Inventeringsrutt för att räkna antalet storskarvar i Karlskrona skärgård.



Figur 40. Antalet räknade storskarvar längs en inventeringsrutt (figur 39) i Karlskrona skärgård 2018-2024.

Sammanfattning Karlskrona skärgård

Födovalen hos storskarv i Karlskrona skärgård består av en blandning av marina arter och sötvattensarter. Födovalens artsammansättning har förändrats över tid med stora variationer i framför allt abborrfiskar, spiggfiskar och smörbultsfiskar, inklusive den invasiva arten svartmunnad smörbult. Betydelsen av abborre i födan har ökat samtidigt som storleksfördelningen förskjutits åt mindre abborrar. För att utvärdera storskarvars eventuella påverkan på arter som abborre och svartmunnad smörbult behövs riktade studier som undersöker predationen på populationer av dessa arter, till exempel genom märkning av fisk.

Mer detaljerade analyser av skarvdiet- och provfiskedata kan förhoppningsvis öka förståelsen för hur storskarvars födoval i Karlskrona skärgård varierar i relation till bytesförekomst, såväl art- som storlekssammansättning. Förutsatt att tillgängliga provfiskedata kan ge en representativ bild av hur fisksamhällets art- och storlekssammansättning i området varierar. Inventeringsresultat från Karlskrona skärgård visar att förekomsten av storskarv varierar stort under året. Det saknas helt information om rörelsemönster och födosöksbeteende hos storskarv i Karlskrona skärgård, något som behövs för bättre underlag om skarvarnas ekologi, till exempel kopplingar mellan diet och födosöksområden.

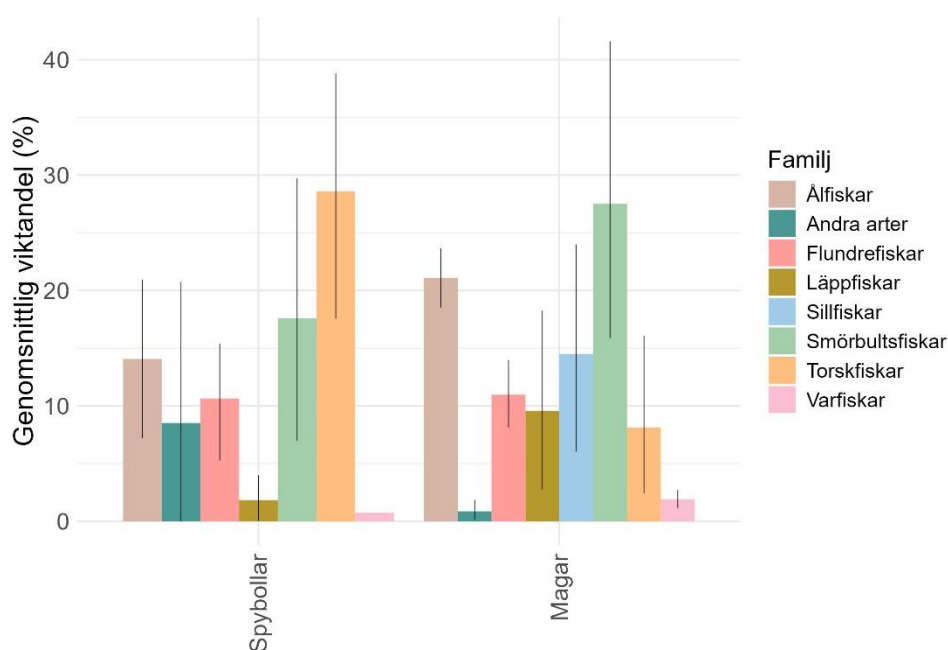
Jämförelse av resultat om födoval från olika analysmetoder

Information om födoval hos storskarv har tagits fram genom analyser av dels spybollar insamlade från storskarvarnas viloplattor och dels magar insamlade från pågående skydds jakt. Bytesresterna, till stor del otoliter, har analyserats okulärt. På grund av osäkerheter i metodiken har de resultat som presenteras från de olika områdena inte korrigerats för minskningar av storlek eller antal av otoliter som orsakas av nedbrytningsprocesser i skarvarnas magar. För att demonstrera skillnader mellan resultat som erhålls från olika typer av dietprover redovisas

resultat från både spybollar och magar. För att demonstrera hur resultaten kan skilja sig åt beroende på om man försöker korrigera för storleksminskning eller inte redovisas längdfördelningen av torskfisk i dieten med och utan korrektionsfaktorer. Endast preliminära resultat från DNA-baserade analyser presenteras på grund av uppdragets begränsning.

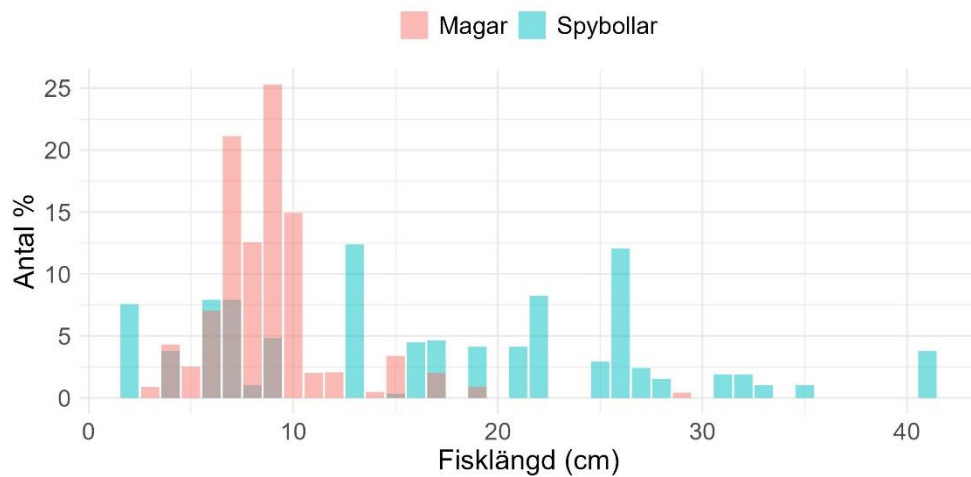
Resultat om födoval från spybollar och magar

I den jämförande studien av storskarvars födoval baserat på spybollar insamlade från viloplatser och maginnehåll från skjutna fåglar framgår att resultaten skiljer sig åt beroende på vilken typ av dietprov resultaten baseras på. Betydelsen av framför allt arter av torskfisk, med förhållandevis stora otoliter som är motståndskraftiga mot nedbrytningen i skarvarnas magar, riskerar att överskattas i resultat som är baserade på spybollar, medan fiskar med små och mer ömtåliga otoliter, som sillfiskar, riskerar att underskattas (fig. 41).



Figur 41. Resultat från analyser av innehåll i spybollar (n = 20) och magar (n = 24) från Byfjorden i 8-fjordarområdet insamlade i augusti 2021.

Storleksfördelningen av torskfisk skilde sig markant åt beroende på om resultaten baserades på innehåll i spybollar eller maginnehåll (fig. 42). Dessa resultat indikerar att inte bara andelen torskfisk utan även storleksfördelningen av torskfiskarna i storskarvarnas födoval riskerar att överskattas i samband med analyser av bytesrester i spybollar. Skillnader i resultat mellan spybollar och magar kunde även fastställas i material från andra delar av 8-fjordarområdet där viktandelen torskfiskar var betydligt högre i resultaten från spybollar medan viktandelen flundrefiskar var lägre (Branch 2024).

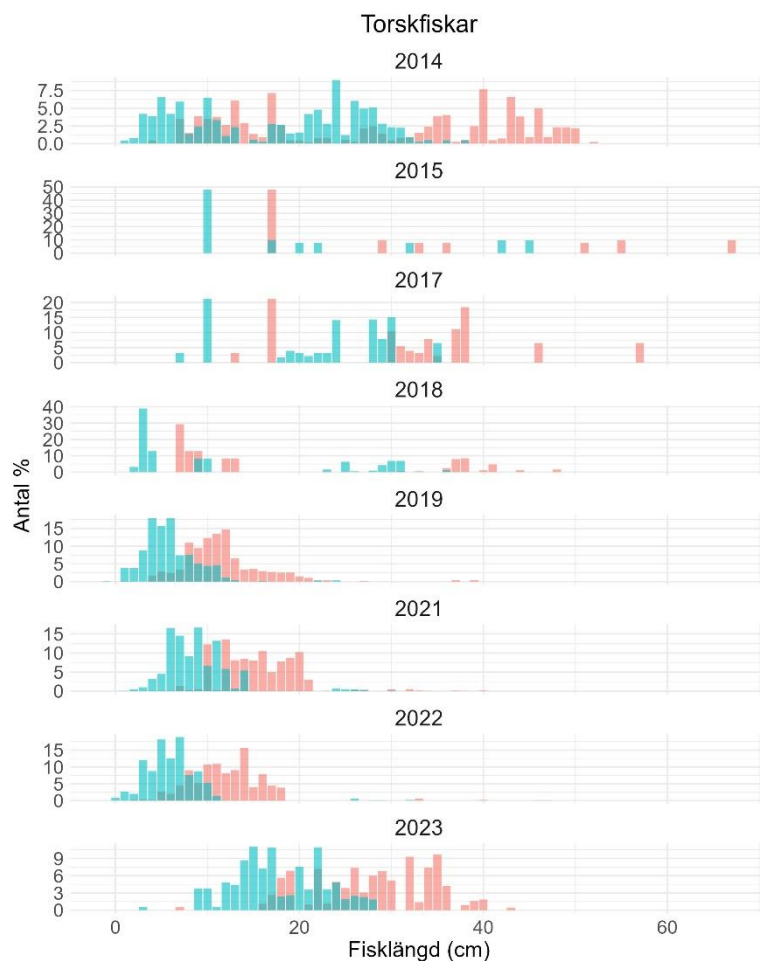


Figur 42. Längdfrekvensfördelning av torskfiskar (Gadidae) som konsumerats av storskarvar från Byfjorden visas som procentandel av den totala abundansen. Staplarna representerar procentandelen av fisklängder (i cm) från spybollar (blå, n = 20) och magar (rosa, n = 24).

Ytterligare dietanalyser av spybollar och magar insamlade från samma tid och område rekommenderas för att bättre förstå skillnaderna i resultat från olika provtyper och för att ta fram metoder för omräkning och sammanslagning av resultat från olika provtyper. Okulär analys av bytesrester bör även kompletteras med DNA-analyser för att få en uppfattning av vilka bytesarter som ingår i födan trots avsaknad av visuellt identifierbara bytesrester.

Korrigerig för storleksminskning av otoliter

För att demonstrera skillnaden mellan att korrigera och inte korrigera för denna storleksminskning har längdfördelningen av torskfisk i dietprover (spybollar) från 8-fjordarområdet uppskattats med och utan korrektionsfaktorer. Resultaten visar att den uppskattade storleken på torskfiskarna förändras och förskjuts mot större individer. I vissa fall blir förändringen så stor så att den motsvarar en förskjutning till en ny storleks-/åldersklass (fig. 43).



Figur 43. Längdfrekvensfördelning av torskfiskar (Gadidae) i skarvarnas födoval under olika år i 8-fjordarområdet i Bohuslän. Staplarna representerar procentandelen av beräknade fiskstorlekar (cm) baserat på otoliter vars storlekar korrigerats för erosion (blå) och icke-korrigerade otoliter (rosa).

Den metod som använts för att kompensera för storleksminskningen är inte optimal. Det finns en risk att storleken av vissa otoliter överskattas, bland annat på grund av att mindre otoliter eroderar snabbare än större otoliter, d.v.s. erosionsklass tre består till större del av mindre otoliter som kan bidra till för stora korrektionsfaktorer för otoliter från erosionsklass 3. Om storleken av vissa otoliter kompenseras för mycket kommer även de beräknade storlekarna av fiskarna att överskattas.

DNA-analys av bytesrester

Preliminära resultat visar att DNA-baserade analyser av bytesrester i dietprover kan bidra med information som kompletterar resultaten från dietanalyser baserade på okulära metoder, framför allt i form av identifiering av bytesrester till artnivå, till exempel svartmunnad smörbult, och möjligheter att detektera byten från vilka det

vanligtvis saknas visuellt identifierbara rester, till exempel kantnålsfiskar, broskfiskar och evertebrater.

Inom projektet undersöktes även förekomst av den invasiva fiskarten svartmunnad smörbult i skarvarnas födoval. Spybollar samlades in från kolonin på Södra Mitholmarna i Hakefjorden och analyserades för att detektera eventuell förekomst av DNA från svartmunnad smörbult (Dorup, 2023). Genom riktad DNA-analys konstaterades att svartmunnad smörbult verkade vara ett vanligt inslag i födan och att övervakning av skarvpredation kan bidra med information om förekomst av invasiva fiskarter i olika områden. Förekomst av svartmunnad smörbult i såväl ekosystem som i skarvarnas födoval i 8-fjordarområden var tidigare okänt.

Födoval i relation till bytesförekomst

Hur storskarvarnas predation förhåller sig till bytestillgången är en intressant fråga eftersom den indikerar om storskarven främst äter de arter och storlekar av fisk som finns tillgängliga, om den kan reglera sina bytesarter eller om den indirekt kan påverka interaktioner mellan olika fiskpopulationer (Yodzis 2001; Holt & Bonsall 2017). Kunskapen om hur sammansättningen av fiskarter och storlekar ser ut i olika ekosystem under olika tidsperioder och i vilken mån fiskarna kan anses vara tillgängliga som byten för skarvar är begränsad till resultat från de provfisken som bedrivs. Provfisken i sin tur är begränsade till få områden, utförs oftast bara en gång om året och dessutom med olika metoder. Till exempel är olika fiskeredskap selektiva för olika fiskarter och storlekar och fångar inte alla arter representativt vilket gör att provfiskedata inte visar den verkliga födotillgången. Däremot kan provfisken användas för att identifiera förändringar i fisksamhället över tid. Det har gjorts jämförelser mellan dietdata för storskarv och provfiskedata i Karlskrona skärgård i Blekinge (Ovegård *m. fl.* 2016) och 8-fjordarområdet i Bohuslän (Branch 2024).

Undersökningarna i Karlskrona skärgård jämförde storskarvarnas föda med fångster i nätprovfisken. Resultaten visade att fler fiskarter identifieras i storskarvarnas födoval jämfört med resultaten från provfisken. Dessutom skiljde sig längdfördelningen i storskarvens föda från längdfördelningen i provfiskeresultaten (Ovegård *m. fl.* 2016). Att skarvars födoval skiljer sig från fångster i provfisken är inte förvånande eftersom såväl skarvar som fiskeredskap kan vara selektiva. Olika typer av provfiskeredskap har olika grad av selektivitet för olika arter och storlekar. Till exempel kan mindre fiskar vara underrepresenterade i fångster från fiske med översiktsnät eftersom småväxta arter och mindre individer av samtliga arter inte fångas representativt.

För 8-fjordarområdet är resultaten baserade på data från provfiskeprogrammet Kustrålningen (Svensson *m.fl.* 2023). Av resultaten framgår också här att storskarvarnas födoval inte reflekterade sammansättningen i provfiskets fångster, varken i art- eller storlekssammansättning. Likt den tidigare studien uppvisade storskarvarnas födoval en större diversitet än provfiskets fångster. Även

storleksfördelningen skilde sig åt mellan storskarvarnas predation och provfiskresultaten, bland annat visade det sig att storskarvarna emellanåt konsumerade större individer av torskfisk än vad som kunde ses i provfiskeresultatet (Branch 2024).

Slutsatserna från dessa två studier är att övervakning av storskarvens födoval kan komplettera provfisken för att få en mer heltäckande bild av sammansättningen av fiskarter och storlekar i ekosystemet. Sammansättningen av storskarvens föda skulle kunna användas som en indikator på förändringar i fisksamhällen som inte kan detekteras i provfisken. Långtidsserier av både skarvdietdata och provfiskedata är därför nödvändiga för att förstå hur storskarvarnas predation förhåller sig till förändringar i fisksamhällets art- och storleksammansättning. Diet- och provfiskedata behöver dessutom kompletteras med underlag om storskarvarnas rörelsemönster och födosökshabitat för att få en uppfattning om vilka områden och habitat som storskarvarnas födoval representerar. I den mån det är möjligt bör provfiskedata från kompletterande provfiskemetoder användas, till exempel genom att komplettera data från Kustrålningen med data från provfisken med landvad, minitrål och ryssjor (vilket redan påbörjats i 8-fjordarområdet). För att kvantifiera hur skarvarnas predation varierar med fångster i provfisken kan man använda sig av spatiotemporala analyser (generalized linear models, GLMMs). Diet- och provfiskedata kan analyseras i en modell som är utformad för att undersöka dynamiken mellan predator och byten, det vill säga hur variationer i tillgängligheten av olika byten påverkar skarvarnas födoval (Thorson *m. fl.* 2022). Sådan information kan bidra till ökad kunskap om storskarvarnas födosöksbeteende.

Påverkan på fisk

Metoderna ovan beskriver hur man statistiskt kan relatera skarvars födoval med provfisketrender över tid. Om man vill få fram statistiskt säkerställda resultat om huruvida storskarvars predation påverkar en fiskpopulation eller inte är en lämplig metod att använda sig av en så kallad BACI design, (*Before After Control Impact*). I och med att det finns storskarvar utmed i stort sett hela Sveriges kust samt i många sjöar och vattendrag är det svårt att förutspå i vilka specifika områden som storskarvarna kommer att födosöka. Därför är det utmanande att ta fram underlag om status för en specifik fiskpopulation innan storskarvar etablerar sig och fiskpopulationen börjar utsättas för predation. Vad man däremot kan göra är att designa ett experiment genom att anse att skarvars predation motsvarar situationen före (*Before*) och undersöka vad som händer i fiskpopulationer om man minskar predationen (*After*). Hur fiskpopulationen utsätts för predation kan till exempel studeras genom märkning av fisk och provfisken. Antalet studier som är utformade med en experimentdesign som innebär att skarvars predation på fisk kan testas statistiskt är få (Ovegård *m. fl.* 2021). Det finns därför ett stort behov av att utöka sådana typer av studier och samtidigt ta hänsyn till andra påverkansfaktorer än skarvpredation. För ytterligare information om kunskapsläget, metodik och kunskapsbehov gällande storskarvars påverkan på fisk hänvisas till den

kunskapssammanställning som tagits fram i anslutning till samma regeringsuppdrag som den här rapporten ingår i (Lundström *m. fl.* 2024a).

Fortsatta kunskapsbehov

Kunskapsbrister och behov kopplade till storskarvens biologi och ekologi i Sverige finns beskrivna i en tidigare publicerad kunskapssammanställning (Lundström *m.fl.* 2024). De mest kritiska kunskapsbehoven av relevans för förvaltningen, gällande storskarvens predation och födosök, och som är av vikt för utveckling av en ekosystembaserad förvaltning av skarv, fisk och fiske är:

- Uppföljning och vetenskaplig utvärdering av förvaltningsåtgärder, till exempel effekter av skyddsjakt och andra populationsreglerande åtgärder på skarv, fisk och ekosystem.
- Geografisk fördelning och populationsutveckling för storskarv (inklusive underarterna mellanskarv, atlantsstorskarv och eventuella hybrider) och toppskarv i Sverige.
- Övervakning av födoval och kvantifiering av predation från storskarv och toppskarv.

För en bättre förståelse om skarvars roller i olika ekosystem och påverkan på olika fiskpopulationer behöver befintliga provfisken kompletteras. Ett kostnadseffektivt tillvägagångsätt är studier där skarvpredationen på olika fiskpopulationer kvantifieras. Det kan till exempel göras med PIT-tagmärkning av ett större antal potentiella bytesfiskar, vilket dels kan ge en skattning av fiskpopulationernas storlek och dels en skattning av skarvens predation på olika arter och storlekar utifrån PIT-märken som påträffas i skarvars kolonier och viloplatser.

Det är också viktigt att öka kunskapsläget om andra faktorer som påverkar fiskpopulationer och ekosystem samt hur påverkan från skarv förhåller sig till dessa faktorer. Betydelsen av interaktioner inom och mellan olika arter i ekosystemet och hur dessa skiljer sig åt mellan olika ekosystem bör studeras. Det behövs mer kunskap om indirekta kompensatoriska effekter av skarvpredation på fisk, till exempel förändringar i fiskarnas beteende, födo- och habitatval samt täthetsberoende tillväxt och överlevnad. Det kan till exempel studeras genom att märka fisk med akustiska märken vilket möjliggör att man kan följa fiskens rörelsemönster och beteenden i relation till skarvpredation.

Rörelsemönster och beteende hos storskarv och toppskarv i relation till olika födosöksområden och habitat, samt hur detta varierar över tid och mellan geografiska områden, är relevanta underlag för diskussioner och beslut om olika förvaltningsåtgärder. Ökad kunskap om skarvarternas födosöksbeteenden är

nödvändig för att få en bild av hur skarvarna sprider sig från kolonier efter häckning och hur migrationer till övervintringsområden skiljer sig mellan arter och häckningsområden, samt hur detta utvecklas över tid. Ringmärkning och färgmärkning ger bra information på större geografiska skalor. GPS-märkning behövs för att undersöka skarvars rörelsemönster mer detaljerat, bland annat för att få information om deras födosöksområden, dykbeteende, dygnsrytmik, förflyttningar mellan områden och andra grundläggande biologiska egenskaper. Toppskarv har blivit allt vanligare på västkusten och det råder kunskapsbrist kring olika underarter av storskarv. Det behövs bättre underlag om de olika arternas och underarternas förekomst, ekologi, födoval, rörelsemönster och genetik. Det saknas idag dessutom kunskap om variationer i häckningsframgång mellan områden och år för både storskarv och toppskarv vilket skulle kunna lösas med mer systematiska inventeringar.

Det finns hittills bara några få fall av fågelinfluensa noterat hos storskarv i Sverige (Bregnballe *m. fl.* 2004). Som migrerande kolonihäckande art är det viktigt att ha koll på deras sjukdomar och hälsotillstånd. Skarvar kan dessutom transportera parasiter, vilka i sin tur kan påverka andra fågelarter eller fiskar. Det är en brist i kunskap om skarvarnas roll i dessa hänseenden och man bör se över möjligheten att undersöka och eventuellt övervaka hälsostatus hos i Sverige förekommande arter av skarv.

Övervakning av förekomst, populationsutveckling och häckningsframgång hos storskarv och toppskarv, kombinerat med övervakning av fåglarnas födoval och provfisker, är lämpliga metoder för att följa förändringar i ekosystemet. Övervakning av skarvars födoval, och utveckling av dietanalysmetoder, är grundläggande för att förstå skarvarnas predation på olika bytesarter och -storlekar. Övervakning av förekomst och populationsutveckling är nödvändigt för att kunna kvantifiera predationen i olika områden. Långa tidsserier av dietdata kan sättas i relation till trender i fisksamhällets art- och storlekssammansättning baserat på långvariga provfisker. Födoval bör undersökas i flera förvaltningsområden och över längre tid eftersom såväl födoval som bytesförekomst varierar i både tid och rum. En bra täckning i tid och rum är viktigt för att dietdata ska vara användbara i till exempel ekosystemmodeller som inkluderar skarvpredation. Övervakning av storskarv, toppskarv och fisk ger information om skarvarnas ekologiska roller och bidrar med underlag till undersökningar av skarvars påverkan på fisk och fiske samt hur skarvarna påverkas av förändringar i ekosystemet.

Referenser

- Almqvist, G., Strandmark, A.K. & Appelberg, M. (2010). Has the invasive round goby caused new links in Baltic food webs? *Environmental Biology of Fishes*, 89(1), 79-93. <https://doi.org/10.1007/s10641-010-9692-z>
- Axelsson, L.O. & Stigebrandt, A. (2021). Hur mycket torsk konsumerar mellanskarv i Byfjorden? How large is the cod consumption by cormornats

- in the By Fjord, Sweden? *Vatten - Journal of Water management and Research*, 44(2), 105-114.
- Barrett, R.T., Camphuysen, K., Anker-Nilssen, T., Chardine, J.W., Furness, R.W., Garthe, S., Huppopp, O., Leopold, M.F., Montevicchi, W.A. & Veit, R.R. (2007). Diet studies of seabirds: a review and recommendations. *Ices Journal of Marine Science*, 64(9), 1675-1691.
- Bengtsson, K. (1999). Ökande antal övervintrande mellanskarvar *Phalacrocorax carbo sinensis* i Öresund. *Ornis Svecica*, 9, 23-34.
- Bengtsson, K. (2000). Ännu en skarvvinter samt ovanligt mycket alkor i Öresund. *Ornis Svecica*, 10, 55-56.
- BirdLife Sverige (2023). Sveriges fåglar 2023. Hur går det för Sveriges fåglar med särskilt fokus på läget i sjöar och vattendrag? Resultat från inventeringar gjorda till och med 2022. 28 pp.
- Boldreghini, P., Santolini, R., Volponi, S., Casini, L., Montanari, F.L. & Tinarelli, R. (1997). Variations in the use of foraging areas by a Cormorant *Phalacrocorax carbo* wintering population: a case study in the Po delta (Northern Italy). *Ekologia Polska*, 45, 197-200.
- Boström, M.K., Lunneryd, S.-G., Hanssen, H., Karlsson, L. & Ragnarsson, B. (2012). Diet of the Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) at two areas in the Bay Lövstabukten, South Bothnian Sea, Sweden, based on otolith size-correction factors. *Ornis Fennica*, 89, 157-169.
- Branch, J.H. (2024). Diet composition of great cormorants in a fish protection area on the Swedish west coast. Master's Thesis, Linköping University, Department of Physics 43 pp.
- Bregnballe, T., Herrmann, C., Globig, A., Günther, A., Staubach, C., Heise, J.N., Harder, T., Beer, M., Knief, U., Heinicke, T., Leivits, M., Lundström, K., Nurmoja, I., Liang, Y., Larsen, L.E., Hjulsgager, C.K., Pohlmann, A. & Fox, A.D. (2024). Outbreaks of highly pathogenic avian influenza (HPAI) epidemics in Baltic Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* colonies in 2021 and 2022. *Bird Study*, 1-14.
<https://doi.org/10.1080/00063657.2024.2399168>
- Bryhn, A.C., Lundström, K., Johansson, A., Stabo, H.R. & Svedäng, H. (2017). A continuous involvement of stakeholders promotes the ecosystem approach to fisheries in the 8-fjords area on the Swedish west coast. *Ices Journal of Marine Science*, 74(1), 431-442. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw217>
- Bzoma, S. (1998). The contribution of round goby [*Neogobius melanostomus* Pallas, 1811] to the food supply of cormorants [*Phalacrocorax carbo* Linnaeus, 1758] feeding in the Puck Bay. *Bulletin of the Sea Fisheries Institute*.
- Cardinale, M., Svenson, A. & Hjelm, J. (2017). The “easy restriction” syndrome drive local fish stocks to extinction: The case of the management of Swedish coastal populations. *Marine Policy*, 83, 179-183.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.06.011>
- Carl, H., Azour, F. & Møller, P.R. (2019). Sortmundet kutling. In: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum. Online-udgivelse, december 2019. 13 pp.
- Casaux, Barrera-Oro, E., Favero, M. & Silva, P. (1998). New correction factors for the quantification of fish represented in pellets of the Imperial Cormorant *Phalacrocorax atriceps*. *Marine Ornithology*, 26, 35-39.
- Clarke, K.R. (1993). Nonparametric Multivariate Analyses of Changes in Community Structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117-143.

- Derby, C.E. & Lovvorn, J.R. (1997). Comparison of pellets versus collected birds for sampling diets of double-crested cormorants. *Condor*, 99(2), 549-553. <https://doi.org/10.2307/1369966>
- Engström, H. (2001). The occurrence of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* in Sweden, with special emphasis on the recent population growth. *Ornis Svecica*, 11, 155-170.
- Ericson, P., Hernandez, F., Ericson & Hernandez, F. (1997). Subspecific identity of prehistoric Baltic Cormorants *Phalacrocorax carbo*. 85.
- Fijn, R.C., de Jong, J.W., Adema, J., van Horssen, P.W., Poot, M.J.M., van Rijn, S., van Eerden, M.R. & Boudewijn, T.J. (2022). GPS-Tracking of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* Reveals Sex-Specific Differences in Foraging Behaviour. *Ardea*, 109(3), 491-505, 15. <https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a19>
- Fleet, F. (2021). Diet composition of great cormorants (*Phalacrocorax carbo*) in the 8-fjord area and Gullmarsfjod. Prey choice and potential impact on fish stocks. Master of Science Thesis. Department of Marine Sciences. University of Gothenburg. 40 pp.
- Fransson, T. (2014). Har storskarven ändrat övervintringsområde? *Ringinform*, 37, 15-16.
- Fransson, T. & Pettersson, J. (2001). Storskarv *Phalacrocorax carbo*. In: Svensk ringmärkningsatlas. Volym 1: Lommar-rovfåglar. Naturhistoriska riksmuseet. Stockholm. 52-55.
- Goostrey, A., Carss, D.N., Noble, L.R. & Piartney, S.B. (1998). Population introgression and differentiation in the great cormorant *Phalacrocorax carbo* in Europe. *Molecular Ecology*, 7(3), 329-338.
- Grémillet, D. (1997). Catch per unit effort, foraging efficiency, and parental investment in breeding great cormorants (*Phalacrocorax carbo carbo*). *Ices Journal of Marine Science*, 54(4), 635-644. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1997.0250>
- Grémillet, D., Argentin, G., Schulte, B. & Culik, B.M. (1998). Flexible foraging techniques in breeding Cormorants *Phalacrocorax carbo* and Shags *Phalacrocorax aristotelis*: benthic or pelagic feeding? *Ibis*, 140(1), 113-119. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1998.tb04547.x>
- Grémillet, D., Kuntz, G., Delbart, F., Mellet, M., Kato, A., Robin, J.P., Chaillon, P.E., Gendner, J.P., Lorentsen, S.H. & Le Maho, Y. (2004). Linking the foraging performance of a marine predator to local prey abundance. *Functional Ecology*, 18(6), 793-801.
- Grémillet, D., Wilson, R.P., Storch, S. & Gary, Y. (1999). Three-dimensional space utilization by a marine predator. *Marine Ecology Progress Series*, 183, 263-273.
- Grøndahl, F.A. & Johnsen, A. (2024). Combining biometrics and genetics to distinguish two subspecies of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo carbo* and *P. c. sinensis* at an inland lake in southeast Norway. *Ornis Norvegica*, 47, 25-40. <https://doi.org/10.15845/on.v47.4019>
- Hald-Mortensen, P. (1995). Danske skarvers fødevalg 1992-1994. Rapport fra Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen. 386 pp.
- Heimbrand, Y., Naddafi, R., Ljungberg, P. & Florin, A.F. (2022). Round goby catchability in the Baltic Sea. Report. Swedish University of Agricultural Sciences. 29 pp.
- Herlevi, H., Wallin Kihlberg, I., Aarnio, K., Bonsdorff, E., Florin, A.-B., Ljung, A., Lundström, K., Mattila, J. & Östman, Ö. (2023). Environmental abundances of the non-native round goby *Neogobius melanostomus*

- influence feeding of native fish predators. *Journal of Fish Biology*, 102(6), 1340-1357. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfb.15380>
- Holt, R.D. & Bonsall, M.B. (2017). Apparent Competition. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48(Volume 48, 2017), 447-471. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022628>
- Jakubas, D. (2004). The Response of the Grey Heron to a Rapid Increase of the Round Goby. *Waterbirds*, 27(3), 304-307, 4. [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2004\)027\[0304:TROTGH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2004)027[0304:TROTGH]2.0.CO;2)
- Jobling, M. & Breiby, A. (1986). The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia*, 71, 265-274.
- Johansen, R., Barrett, R.T. & Pedersen, T. (2001). Foraging strategies of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo carbo* wintering north of the Arctic Circle. *Bird Study*, 48(1), 59-67. <https://doi.org/10.1080/00063650109461203>
- Johnstone, I.G., Harris, M.P., Wanless, S. & Graves, J.A. (1990). The usefulness of pellets for assessing the diet of adult Shags *Phalacrocorax aristotelis*. *Bird Study*, 37(1), 5-11. <https://doi.org/10.1080/00063659009477030>
- Lekuona, J. (2002). Foraging ecology of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* during breeding in a recently colonized area (Ebro valley, Northern Spain). Original Title: Ecología trófica del Cormorán *Phalacrocorax carbo sinensis* durante la época reproductora en una zona de reciente colonización (valle del Ebro). *Ardeola*, 49(241-247).
- Leopold, M.F., van Damme, C.J.G., Philippart, C.J.M. & Winter, C.J.N. (2001). Otoliths of North Sea Fish: Interactive guide of identification of fish from the SE North Sea, Wadden Sea and adjacent fresh waters by means of otoliths and other hard parts.
- Leopold, M.F., van Damme, C.J.G. & van der Veer, H.W. (1998). Diet of cormorants and the impact of cormorant predation on juvenile flatfish in the Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research*, 40, 93-107.
- Ljunggren, E. (2017). Prey choice of great cormorants (*Phalacrocorax carbo*) in a marine protected area - Potential impact on collapsed fish stocks and implications for future monitoring. Degree project in biology, Master of Science. Uppsala University and Swedish University of Agricultural Sciences., 22 pp.
- Lundström, K. (2024). Rikstäckande inventering av häckande storskarv (*Phalacrocorax carbo*) i Sverige 2023. *Aqua notes*, 2024:7, 42 pp. <https://doi.org/https://doi.org/10.54612/a.6tcqoqona2>
- Lundström, K., Hjerne, O., Alexandersson, K. & Karlsson, O. (2007). Estimation of grey seal (*Halichoerus grypus*) diet composition in the Baltic sea. *NAMMCO Scientific Publications*, 6, 177-196. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7557/3.2733>
- Lundström, K., Ovegård, M., Karlsson, M., Bergström, U., Lövgren, J., Sandström, A., Sjöberg, N., Sundblad, G., Säterberg, T., Wennhage, H. & Östman, Ö. (2024a). Storskarvens (*Phalacrocorax carbo*) ekologi, roll i ekosystemet och effekter på fiskbestånd – Sammanställning av kunskap och kunskapsbehov *Aqua reports*, 2024:XX.
- Lundström, K., Svedberg, K. & Wolf, R. (2024b). Knubbsäl och storskarv i ett skyddsområde för fisk i Bohuslän – Inventeringar i 8-fjordarområdet. *Aqua reports*, 2024:XX.
- Lundström, K., Uddén, J., Nerstrand, J., Högvall, J., Wetterström, L. & Åhlund, M. (2024c). Inventering av häckande storskarv längs kusten i Västra

- Götalands och Hallands län 2020-2024. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Lysekil. *Aqua reports*, 2024.
- Lunneryd, S.G. & Alexandersson, K. (2005). Födoanalyser av storskarv, *Phalacrocorax carbo* i Kattegatt–Skagerrak. . *Finfo (Fiskeriverket informerar)*, 2005:11, 22 pp.
- Marion, L. & Le Gentil, J. (2006). Ecological Segregation and Population Structuring of the Cormorant *Phalacrocorax carbo* in Europe, in Relation to the Recent Introgression of Continental and Marine Subspecies. *Evolutionary Ecology*, 20(3), 193-216. <https://doi.org/10.1007/s10682-005-5828-6>
- Marion, L. & Le Gentil, J. (2022). Habitat Specialisation Affects Fitness of the Marine and Continental Great Cormorant Subspecies in a Recently Evolved Sympatric Area. *Ardea*, 109(3), 471-480, 10. <https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a17>
- Martucci, O., Pietrelli, L. & Consiglio, C. (1993). Fish otoliths as indicators of the cormorant *Phalacrocorax carbo* diet (Aves, Pelecaniformes). *Italian Journal of Zoology - ITAL J ZOOLOGY*, 60, 393-396. <https://doi.org/10.1080/11250009309355845>
- Mion, M., Berg, F., Saltalamacchia, F., Bartolino, V., Lövgren, J., Bergenius Nord, M., Gilljam, D., Blass, M. & Lundström, K. (2024). Species assignment from seal diet samples using shape analyses in a machine learning framework. *Ices Journal of Marine Science*, 10.1093/icesjms/fsae134.
- Newson, S., Hughes, B., Russell, I., Ekins, G. & Sellers, R. (2004). Sub-specific differentiation and distribution of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in Europe. *Ardea*, 92.
- Newson, S.E., Ekins, G.R., Hughes, B., Russell, I.C. & Sellers, R.M. (2005). Separation of North Atlantic and continental cormorants. *Birding World*, 18, 107-111.
- Nilsson, L. & Haas, F. (2016). Distribution and numbers of wintering waterbirds in Sweden in 2015 and changes during the last fifty years. I.
- Oesterwind, D., Bock, C., Förster, A., Gabel, M., Henseler, C., Kotterba, P., Menge, M., Myts, D. & Winkler, H.M. (2017). Predator and prey: the role of the round goby *Neogobius melanostomus* in the western Baltic. *Marine Biology Research*, 13(2), 188-197. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1241412>
- Ovegård, M., Öhman, K. & Lunneryd, S.G. (2016). Skarv, människa och fisk i Blekinge skärgård. En studie av fiskdödlighet, Sveriges lantbruksuniversitet, Lysekil. 30 pp.
- Ovegård, M.K., Jepsen, N., Bergenius Nord, M. & Petersson, E. (2021). Cormorant predation effects on fish populations: A global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 22(3), 605-622. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/faf.12540>
- Paillasson, J.-M., Carpentier, A., Le Gentil, J. & Marion, L.c. (2004). Space utilization by a cormorant (*Phalacrocorax carbo* L.) colony in a multi-wetland complex in relation to feeding strategies. *Comptes Rendus Biologies*, 327(5), 493-500. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crv.2004.02.008>
- Platteeuw, M. & van Eerden, M.R. (1995). Time and energy constraints of fishing behaviour in breeding Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* at lake IJsselmeer, The Netherlands. *Ardea*, 83(1), 223-234.
- Popper, A.N., Ramcharitar, J. & Campana, S.E. (2005). Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research*, 56(5), 497-504.

- Ribak, G., Strod, T., Weihs, D. & Arad, Z. (2007). Optimal descent angles for shallow-diving cormorants. *Canadian Journal of Zoology*, 85(4), 561-573. <https://doi.org/10.1139/z07-031>
- Rodríguez Mendoza, R. (2006). Otoliths and their applications in fishery science. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 64(3), 89-102.
- Ropert-Coudert, Y., Grémillet, D. & Kato, A. (2005). Diving angle of great cormorants. *Polar Bioscience*, 18, 54-59.
- Seefelt, N.E. & Gillingham, J.C. (2006). A comparison of three methods to investigate the diet of breeding double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) in the Beaver Archipelago, northern Lake Michigan. *Hydrobiologia*, 567, 57-67. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0064-9>
- Staaav, R. (2007). Storskarven i Sverige - Resultat från inventeringen 2006. *Fågelåret*, 2006, 42-47.
- Statens Naturvårdsverk (1978). BIN - Biologiska InventeringsNormer. Fåglar. Råd och riktlinjer 1978:1. Liber Tryck, Stockholm. 204 pp.
- Sterup, J. & Bregnballe, T. (2023). Danmarks ynglebestand af skarver i 2023. *Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi*, 294, 42 pp.
- Svedäng, H. & 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(1), 32-37. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2002.1330>
- Svedäng, H., Hagberg, J., Börjesson, P., Svensson, A. & Vitale, F. (2004). Bottenfisk i Västerhavet. Fyra studier av beståndens status, utveckling och lekområden vid den svenska västkusten. *Finfo*, 2004:6, 42 s.
- Svedäng, H., Wikström, A., Wennhage, H. & Hentati Sundberg, J. (2016). Ett fiskefritt område för skydd av torsk, piggvar och rödspätta i Västkustens fjordområden. I: Bergström m.fl. 2016. Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden *Aqua reports*, 2016:20, 181-207.
- T., H. & A., I. (2012). Home ranges and seasonal movements of great cormorants *Phalacrocorax carbo* in the Tokai area, based on GPS-Argos tracking. *Japanese Journal of Ornithology*, 61(1), 17-28.
- Thalinger, B., Oehm, J. & Traugott, M. (2022). Molecular Methods to Study Great Cormorant Feeding Ecology. *Ardea*, 109(3), 537-547, 11. <https://doi.org/10.5253/arde.v109i2.a22>
- Thor, P., Olsson, K., Wennhage, H., Lundström, K., Sköld, M., Belgrano, A., Åhlund, M., Uddén, J., Tomczak, M., Magnusson, K. & Svensson, F. (2023). Marina miljön i 8+fjordar – nuvarande kunskap om ekosystemet och de mänskliga belastningarna. *Aqua reports*, 2023:11, 153 pp. <https://doi.org/https://doi.org/10.54612/a.utn1p1g09m>
- Thorson, J.T., Arimitsu, M.L., Levi, T. & Roffler, G.H. (2022). Diet analysis using generalized linear models derived from foraging processes using R package mvtweedie. *Ecology*, 103(5), e3637. <https://doi.org/10.1002/ecy.3637>
- Tollit, D.J., Heaslip, S.G., Barrick, R.L. & Trites, A.W. (2007). Impact of diet-index selection and the digestion of prey hard remains on determining the diet of the Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*). *Canadian Journal of Zoology*, 85(1), 1-15.
- Tollit, D.J., Steward, M.J., Thompson, P.M., Pierce, G.J., Santos, M.B. & Hughes, S. (1997). Species and size differences in the digestion of otoliths and

- beaks: implications for estimates of pinniped diet composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 105-119.
- van Eerden, M., van Rijn, S., Volponi, S., Paquet, J.-Y. & Carss, D.N. (2012). Cormorants and the European environment: Exploring cormorant status and distribution on a continental scale. COST Action 635 Final Report I. 129 pp.
- Voslamber, B., Platteeuw, M. & van Eerden, M.R. (1995). Solitary foraging in sand pits by breeding Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis*: Does specialised knowledge about fishing sites and fish behaviour pay off? *Ardea*, 83(1), 213-222.
- Westerbom, M., Airaksinen, S., Arkko, V., Byholm, P., Ekblad, C., Hopkins, J., V., J., Kankainen, M., Laaksonen, T., Lehmonen, R., Lehmuskallio, J., P., L., Lindén, A., Lindqvist, M., Moilanen, N., Niukko, J., Olin, M., Ovaskainen, A., Piha, M., Pohjankukka, J., Seimola, T., Svets, K. & Tiitinen, M. (2024). Merimetson ja harmaahaikaran suorat kalatalousvahingot : Määrän ja laadun arviointi Suomen merialueilla. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus*, 56/2024, 177 pp.
- Wikström, A., Wennhage, H., Andersson, E., Ovegård, M., Högvall, J., Lundström, K. & Svensson, F. (2022). No-take zone for cod and flatfish in the Havstensfjord, Skagerrak *Aqua reports*, 2022:20, 221-271.
- Wirdheim, A. & Engström, H. (2013). Inventering av häckande storskarv (underart mellanskarv) i Sverige 2012. Sveriges ornitologiska förening och Naturvårdsverket. 10 pp.
- Yoda, K., Tajima, T., Sasaki, S., Sato, K. & Niizuma, Y. (2012). Influence of Local Wind Conditions on the Flight Speed of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo*. *International Journal of Zoology*, 2012(1), 187102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2012/187102>
- Yodzis, P. (2001). Must top predators be culled for the sake of fisheries? *Trends in Ecology and Evolution*, 16(2), 78-84.
- Åhlund, M. (2021). Kustfåglar i Kosterhavet. Resultat från inventeringar och övervakning till och med 2020. Rapport 2021:05. Länsstyrelsen Västra Götaland, Naturavdelningen. 30 pp.
- Åhlund, M. & Järås, T. (2020). Toppskarven i Sverige - från raritet till häckfågl med exponentiell tillväxt. Fågelåret 2019. Birdlife Sverige. Halmstad. 49-55.