

Sik i Östersjön

– en kunskapssammanställning



Havs- och vattenmyndigheten
Datum: 2019-04-08

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från Havs- och vattenmyndighetens sida.

Omslagsfoto: Ulf Bergström
ISBN 978-91-88727-42-8

Havs- och vattenmyndigheten
Box 11 930, 404 39 Göteborg
www.havochvatten.se

Sik i Östersjön

– en kunskapssammanställning

Ann-Britt Florin, Anna-Li Jonsson och Ronny Fredriksson
Sverige Lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,
Kustlaboratoriet.

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:10

Förord

Sverige har undertecknat Konventionen om biologisk mångfald, och därmed har vi åtagit oss att främja skyddet av ekosystem, naturliga livsmiljöer och bibehållandet av livskraftiga populationer av arter. Livskraftiga populationer är ett kvitto på att arter har god tillgång på naturliga livsmiljöer, att de har möjlighet att sprida sig och att viktiga funktioner och processer i ekosystemen fungerar.

Sik (*Coregonus maraena*) är en laxfisk som finns i hela Östersjöområdet med tillrinnande vattendrag samt i insjöar i Norden. Arten förekommer i ett antal olika former, till viss del genetiskt åtskilda med olika beteenden, tillväxt och utseenden. I Östersjön förekommer två former, älv- sik och havslekande sik. Artens tillstånd är svårbedömt då det saknas tillförlitlig dokumentation av beståndets utveckling över tid samtidigt som det krävs en mer noggrann kartläggning av fritidsfiskets fångster och dess geografiska fördelning. Traditionellt är sik viktig både för yrkes- och fritidsfisket.

"Sik i Östersjön – en kunskapssammanställning" innehåller en kortfattad översikt över beståndets ekologi, status och utbredning. I sammanställningen ges förslag på metoder och ansatser, som ett led i arbetet med att förbättra beståndets status och utöka kunskapen om siken i Östersjön.

Kunskapssammanställningen har på Havs- och vattenmyndighetens uppdrag författats av Ann-Britt Florin, Anna-Li Jonsson och Ronny Fredriksson SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet. Förankring av underlaget och förslag på åtgärder har skett i samråd med berörda länsstyrelser och experter.

Det är Havs- och vattenmyndighetens förhoppning att sammanställningen kommer att stimulera till engagemang och konkreta åtgärder på regional och lokal nivå. Havs- och vattenmyndigheten tackar alla de som har bidragit med synpunkter vid framtagandet av sammanställningen och de som kommer att bidra till genomförandet av detsamma.

Göteborg, april 2019

Mats Svensson

Chef för Avdelningen för Havs- och vattenförvaltning

SAMMANFATTNING.....	7
SUMMARY	8
ARTFAKTA.....	10
Översiktlig morfologisk beskrivning.....	10
Beskrivning av sikens morfologi.....	10
Underarter och varieteter	11
Förväxlingsarter.....	11
Bevaranderelevant genetik	12
Genetisk variation.....	12
Genetiska problem.....	13
Biologi och ekologi.....	13
Livsmiljö och livscykel	13
Viktiga mellanartsförhållanden	14
Utbredning och hotsituation	15
Utbredning, förekomst och trender	15
Orsaker till tillbakagång	20
Aktuella populationsfakta.....	22
Aktuell hotsituation	23
Troliga effekter av klimatförändringar	23
Nationell och internationell hotstatus.....	24
Skyddsstatus i lagar och konventioner	24
Nationell lagstiftning	24
EU-lagstiftning	24
Internationella konventioner och aktionsprogram (Action plans).....	25
ÅTGÄRDER.....	26
Erfarenhet av tidigare åtgärdsarbete.....	26
Förslag på insatser för förbättrad kunskap	28
Övervakning.....	28
Påverkan från säl och skarv	28
Påverkan från fiske	29
Identifiering av ekotyper	29
Kartläggning av lek och uppväxthabitat	29
Studier av kompensationsutsättnings effekter.....	29
KÄLLFÖRTECKNING.....	31

Sammanfattning

Sik är en laxfisk som förekommer längs kusterna i Bottniska viken, Ålands hav och Egentliga Östersjön, men kan även påträffas i anslutning till sötvatten längs västkusten. I Östersjön delas siken in efter lekbeteende i de två formerna älvlekande sik (även kallad vandringsik) och havslekande sik (även kallad havssik). De skiljer sig åt med avseende på födoval, tillväxthastighet, lekbeteenden och morfologiska egenskaper. Genetiskt är dock skillnaden större mellan olika populationer än mellan olika former.

Sik har traditionellt varit viktig både för yrkes- och fritidsfisket och fångas främst med bottensatta fällor och nät. Yrkesfiskets landningar av sik har mer än halverats i Östersjön sedan mitten av 1990-talet och är nu runt 100 ton årligen. Tydligast är denna minskning i Bottniska viken där merparten av sikfisket bedrivs. Skattningar av fritidsfiskets fångster är osäkra, men uppgifterna tyder på att omfattningen är betydande, motsvarande hälften upp till två gånger så stora som yrkesfiskets.

Det finns ingen riktad regelbunden övervakning av sik i Östersjön och sik fångas enbart sparsamt i den reguljära kustfiskövervakningen. De data som finns från yrkesfisket och nätprovfisken visar att fångst per ansträngning har minskat i Bottniska viken sedan 1990-talet. De senaste åren är dock utvecklingen positiv i Bottenviken.

Orsakerna till sikens tillbakagång är inte klarlagda men högt fisketryck, vattenkraftsutbyggnad, ökande vattentemperatur, minskande isutbredning, förändrat ekosystem, ökande säl- och skarvbestånd, eutrofiering och lågt pH kan ha bidragit till den negativa utvecklingen.

Lekfredning och fiskefritt område i Södra Bottenhavet har visat sig ge goda effekter på sikbeståndet. I Finland sker stora utsättningar som är effektiva för att upprätthålla ett fiske.

I denna sammanställning har vi identifierat följande kunskapsuppbyggande åtgärder för sik i Östersjön:

- Långsiktig, standardiserad övervakning av beståndens utveckling
- Undersökning av påverkan av predation från säl och skarv
- Undersökning av påverkan av fiske
- Utveckling av metoder för identifiering och kartläggning av ekotypernas förekomst
- Kartläggning av viktiga lek- och uppväxtmiljöer
- Analys av effekter av utsättningar av yngel och juvenil sik

Summary

Whitefish is a salmonid species occurring in coastal areas in the Gulf of Bothnia, Aaland Sea and the Baltic Proper, but also adjacent to freshwater at the Swedish west coast. Whitefish in the Baltic is divided according to their spawning behaviors in the two eco types: river spawners (migratory whitefish) and sea spawners. They differ in food choice, growth, spawning behavior and number of gill rays. Genetically the difference between whitefish populations is bigger than the difference between morphs.

Whitefish are traditionally important for both commercial and subsidiary fishery and is caught using bottom nets and traps. The commercial landings of whitefish in the Baltic Sea has more than halved since the 1990s and are now ca 100 metric tonnes per year. The decrease is most marked in the Gulf of Bothnia where the majority of the fishery takes place. Estimates of subsidiary and recreational fishing is uncertain but the numbers show that it is quite large, approximately between half and up to two times the size of the commercial fishery.

There is no regular monitoring targeting whitefish in the Baltic Sea and the species is rarely caught in the national and regional coastal fish monitoring programs. However, data available from commercial fisheries and gillnet monitoring show that catch per unit effort has significantly decreased in the Gulf of Bothnia. The last years however the trend is positive in the Bothnian Bay.

Causes for the decrease of whitefish is not fully understood but high fishing pressure, hydro power constructions, increasing water temperature, decreasing ice coverage, changed ecosystem, increasing populations of seals and cormorants, eutrophication and low pH may all have contributed to the negative trend.

A spawning closure and a no take zone in the southern Bothnian Sea have been shown to have a positive effect on the whitefish stock in the area. In Finland massive stocking of whitefish larvae and juveniles probably are upholding the fishery.

In this compilation we have identified the following needs for increased knowledge regarding whitefish in the Baltic Sea:

- Longterm, standardized monitoring of population status
- Investigate the effect of predation by seals and cormorants
- Investigate the effects of fishery
- Development of methods for identifying and mapping the occurrence of different ecotypes

- Mapping of important spawning and nursing habitats
- Analysis of the effects of compensatory releases of larval and juvenile whitefish

Artfakta

Översiktlig morfologisk beskrivning

Beskrivning av sikens morfologi

Siken tillhör ordningen laxartade fiskar (Salmoniformes) och har en liten fettfena långt bak på ryggen precis som övriga laxfiskar (se t.ex. Kullander m fl, 2012). Siken förekommer i flertalet europeiska länder, och i Sverige och Finland förekommer den i ett antal olika morfologiska former, så kallade ekotyper. Ekotypernas morfologi är kopplad till vilket habitat siken håller till i, samt vilken deras huvudsakliga föda är. Det debatteras huruvida ekotypernas morfologiska skillnader är genetiskt grundade, eller om det rör sig om att de kan anpassa sitt utseende efter miljön (fenotypisk plasticitet), då flertalet genetiska studier av ekotyperna endast har påvisat små eller inga genetiska skillnader mellan ekotyperna. Därför betraktas de olika ekotyperna fortfarande som samma art med morfologiska variationer snarare än att delas upp i olika underarter (se Underarter och varieteter).

Generellt för siken är att det är en silverblank och långsträckt fisk. Som störst kan en sik bli uppemot 60 cm lång, men vanligtvis är siken 15–40 cm lång beroende på vilken ekotyp den tillhör. Kroppen är sammanpressad från sidorna och täckt med stora fjäll. Ryggen är mörkt gråblå eller grönaktig, medan sidorna är silverfärgade och buken vit. Fenorna kan vara svarta eller rödbruna beroende på ekologisk form och är oftast lika mörka som ryggen, men analfenan och bukfenorna är ibland något ljusare.

Huvudet och den framåt- och nedåtriktade munnen är små i förhållande till resten av kroppen. Överkäken är minst lika lång som underkäken och når vanligtvis bak till ögats framkant eller lite längre. Nosen kan vara kort och trubbig eller något längre med utdraget rundad nospets. Antalet gälträfsänder på första gälbågen är i genomsnitt 20–60 stycken. Gälträfsändernas antal och form beror på födovallet och varierar mellan ekotyper.



Figur 1. Vuxen sik (Bild: Wilhelm von Wright).

Underarter och varieteter

Siken förekommer i ett stort antal olika ekologiska former (så kallade ekotyper) som skiljer sig åt med avseende på födoval, tillväxthastighet, lekbeteenden och morfologi (Svärdson, 1979). De finns genetiska skillnader mellan ekotyperna, men skillnaderna är så pass små att det ändå klassas som en och samma art (Säisä m fl, 2008).

Det finns olika åsikter om hur många ekotyper som finns och om vilka namn de olika formerna skall ha. I den svenska Nationalnyckeln omnämns sex former av sik; älvsik, storsik, sandsik, aspsik, storskallesik och planktonsik (Kullander m fl., 2012). Älvsik och sandsik är de former som förekommer i Östersjön. Det är dock vanligare att man istället delar upp siken i Östersjön efter lekbeteende och talar om de två formerna älvlekande sik (även kallad vandringsik) och havslekande sik (även kallad havssik; Lehtonen, 1981). I enlighet med benämningarna i Nationalnyckeln består den älvlekande siken av både älvsik och de sandsikar som leker i älvar. Den havslekande siken består av de sandsikar som leker i havet.

Utseendemässigt är havslekande och älvlekande sikar svåra att skilja från varandra. Den havslekande varianten är ofta mindre än den älvlekande. I Kvarkenområdet uppnår den havslekande varianten en vikt av 0,5 kg vid 7-8 års ålder och blir sällan större, medan älvlekande uppnår denna vikt redan vid 4-5 års ålder och sedan fortsätter att växa för att uppnå vikter på flera kg (Lehtonen m fl, 1986). Resultat från en finsk studie indikerar dock att det i vissa områden i Bottenviken även finns mer storvuxen sik som leker på kusten (Hudd m fl, 2012). I södra Bottenhavet och i egentliga Östersjön är den havslekande sikens tillväxt betydligt högre än i norr och ligger här i paritet med den älvlekande sikens tillväxthastighet och storlek (Lehtonen, 1981).

Förutom tillväxtegenskaperna kan man även använda antalet gälräfständer i första gälbågen för att skilja de två typerna åt (Himberg m fl, 1995 & 2015). I Bottniska viken har den älvlekande och den havslekande siken i medeltal 30 respektive 27 gälräfständer i första gälbågen (Lehtonen, 1981 och Himberg m fl, 2015). Antalet kan dock överlappa och antalet gälräfständer skiljer sig åt mellan nordliga och sydliga bestånd. Idag kan man även använda moderna högupplösta genetiska metoder eller den kemiska sammansättningen av fiskarnas hörselstenar (otoliter) för att mer säkert kunna skilja på olika ekotyper av sik (Lill m.fl., 2015, Rohtla m.fl. 2017).

Förväxlingsarter

Siken kan framförallt förväxlas under yngelstadiet med siklöja (*Coregonus albula*). Det enklaste sättet att skilja arterna åt under detta livsstadium är genom storleken. Vid kläckning är sikløjans yngel 8-9 mm och sikens yngel är 11-14 mm (Hudd m fl, 2013).

Vuxna individer av sik kan förväxlas med peledsik (*Coregonus peled*) som förekommer sporadiskt i Bottenhavet. Peledsiken har sitt naturliga utbredningsområde i floder i norra Sibirien. De individer som har påträffats i Sverige härstammar från utsättningar i finska sjöar. Peledsiken skiljs från siken i Östersjön genom att den har underbett, relativt bredare analfena med fler fenstrålar och ett stort antal gälräfständer (46–69 stycken på första gälbågen; Kullander m.fl., 2012).

Bevaranderelevant genetik

Genetisk variation

Flera genetiska studier har utförts för att undersöka den genetiska variationen mellan och inom de olika ekotyperna av sik. Resultatet från de studier som beskrivs nedan visar att det finns en viss genetisk variation mellan de olika ekotyperna, men att skillnaden är liten.

Studier av sik och peled sik från 33 respektive 2 platser i Bottenviken, vattendrag i Finland och norra Sverige samt sjöar i Finland påvisade genetisk skillnad mellan sik och peledsik (Säisä m fl, 2008), vilket stöder uppfattningen om att det är två skilda arter. Sikpopulationerna tillhörde fem av de sex ekotyper som finns i Finland, men det återfanns bara en liten genetisk skillnad mellan de olika ekotyperna. Den genetiska skillnaden mellan sik från olika platser men inom samma ekotyp var också liten, men den var generellt större än skillnaden mellan ekotyper. Skillnaden mellan sik från olika platser var särskilt liten i Bottenviken vilket kan förklaras av de omfattande utsättningar av odlad sik som har skett på den finska sidan.

DNA-analyser från sik insamlade på 18 platser längs hela den svenska Östersjöskusten visade däremot att siken skilde sig genetiskt åt mellan de olika provtagningsplatserna och att den genetiska differentieringen mellan områden var starkare i Bottniska viken än i Egentliga Östersjön, vilket tyder på att det rör sig om lokala bestånd (Olsson m fl, 2012). Majoriteten av proverna kom från platser med habitat typiska för de havslekande sikarna, varför man kan anta att de flesta individerna i studien troligtvis var havslekande. Några prover kom dock från älvmyrningar och dessa tros representera älvlekande sik. Utsättningar av sik har utförts i betydligt mindre omfattning i Sverige än i Finland, t.ex. är det i dagsläget endast i Indalsälven (150 tusen ensomriga sikyngel och Ångermanälven (3,6 miljoner yngel) som årliga utsättningar av sik sker i Sverige. Detta skulle kunna förklara att man i Sverige ser lokalt mer differentierade populationer.

Ozerov med flera (2015) klassificerade ekotyper efter lekplats och studerade havslekande, älvlekande och sik från insjöar för att undersöka relationen mellan genetisk variation och variation i antal gälräfständer. Resultatet

visade att den genetiska skillnaden mellan ekotyper och mellan sik från olika platser inom sammaekotyp var liten. Skillnaden mellan havslekande och älvlekande sik i antal gälträfständer var större än den genetiska skillnaden.

Genetiska problem

Sikarter hybridiserar lätt med varandra (Östbye m fl, 2005) så introduktion av andra arter eller former av sik kan troligen leda till hybridisering. För laxfiskar generellt finns flera studier som visar på negativa genetiska effekter av utsättningar, där utsättningarna lett till minskad genetisk variation och förlust av lokala anpassningar (se t.ex. Vasemägi m fl, 2005). En undersökning av sikens genetiska variation över tid i två finska älvar (McCairns m fl, 2012) visar ingen tydlig minskning av variation inom populationer kopplat till utsättningar när man jämför 1980-talet med 2000-talet. Däremot hade den genetiska skillnaden mellan populationer minskat vilket tyder på en ökad sammanblandning av olika populationer. Detta kan i sin tur innebära förlust av lokala anpassningar.

Biologi och ekologi

Livsmiljö och livscykel

Siken är en sötvattensfisk, men kan leva både i sött och bräckt vatten. Enligt litteratur kan reproduktion ske i salthalter upp mot 6–10 promille (Himberg, 1995 & Jäger m fl, 1981). Arten är en så kallad kallvattensart som föredrar låga vattentemperaturer (Curry-Lindahl, 1985). Siken uppehåller sig i stim och simmar längs med botten för att söka föda. Siken blir köns mogen vid en ålder av 2–5 år (Havs- och vattenmyndigheten, 2017). Både havslekande och älvlekande sik leker på hösten i september till november. Som namnen antyder sker leken i olika typer av miljöer, där den älvlekande siken går upp i strömmande vatten för lek medan den havslekande nyttjar grunda bottnar längs kusten. Leksubstratet består framförallt av grus, sand och sten (Himberg, 1995). Äggen ligger på botten över vintern och kläcks sedan på våren. I vattendragen sker kläckning efter vårfloden och längs kusten efter islossningen i april–maj vid en vattentemperatur på 2 till 4 grader (Veneranta m fl, 2013a, b.).

En studie visade att yngel från havslekande sik framförallt lever på långgrunda sand- eller grusbottnar eller stenbottnar med inslag av sand (Leskelä m fl, 1991). Även i en annan studie var tätheten av yngel från havslekande sik högst på långgrunda sandstränder med ett djup på mindre än 1 meter, men sikyngel fångades även i lägre antal på steniga och vegetationsklädda bottnar (Veneranta m fl, 2013a). Yngel från älvlekande sik lever både i vattendrag och i estuarier. I mindre vattendrag driver ynglen snabbt ut till mynningen efter kläckning (Larsson m fl, 2013). I

större vattendrag kan ynglen stanna kvar i upp till en månad i långsamt rinnande vatten eller bakvatten innan de söker sig ut mot havet. Bottensubstratet kan utgöras av grus, sten eller mjukbotten (Leskelä m fl, 1991). I estuarier lever sikynglen på grunda grusbotten eller mjukbotten med varierande mängd vegetation (Leskelä m fl, 1991 & Hudd m fl, 2012)).

Ynglen uppehåller sig i stim redan efter kläckning och föredrar områden som värms upp snabbt under våren (Leskelä m fl, 1991). De lämnar sedan uppväxtområdet i juli innan vattentemperaturen uppnår 20 °C. Efter leken vandrar den vuxna älvlekande siken ut till havet igen, antingen direkt efter leken eller under våren. Under sommaren vandrar båda formerna ut till större djup i Östersjön. Älvlekande sik från Bottenviken och Bottenhavet kan vandra långa sträckor på upp till 700 km under födosök. För den älvlekande siken är området kring Åland en viktig födosöksplats, medan den havslekande siken är mer stationär och sällan vandrar längre sträckor än cirka 20 km (Saulamo & Neuman, 2002).

Viktiga mellanartsförhållanden

Unga stadier av sik äter plankton. Äldre individer söker föda på botten och äter främst kräftdjur och blötdjur, men även fiskrom, fiskyngel och insektslarver (Himberg, 1995 och Curry-Lindahl, 1985). Resultat från en finsk dietstudie visade att kräftdjur som tånggråsugga (*Idotea balthica*) och märkräftor (*Gammarus spp.*) var den föda som siken föredrog (Verliin m fl, 2011).

En predator som tros ha betydande påverkan på siken är gråsäl, *Halichoerus grypus*. En studie visade att sik utgjorde cirka 13 procent av dieten hos gråsälarna i Bottniska viken (Lundström m fl, 2010), och sik var den näst vanligaste bytesarten efter strömming. Även vikaresäl, *Pusa hispida*, äter sik, men hos denna art utgör sik endast en liten del av födan (< 0,5 procent av födans vikt; Lundström m fl, 2014). Vid beräkningar av hur mycket sik sälar äter årligen i Bottenhavet (Ices subdivision 30) uppskattades sälen äta mer sik (560 ton) än vad som sammanlagt fångas och landas i yrkes- och fritidsfisket (370 ton; Hansson mfl 2017). Bestånden av både gråsäl och vikaresäl har ökat under många år i Östersjön (Bäcklin m fl, 2015 och HELCOM, 2018) och ökningen sammanfaller med minskningen av sik. Det är troligt att sälen har en negativ inverkan på sikbestånden.

Även analyser i samband med provfisken inom det fiskefria område som inrättades vid Storjungfrun 2011 indikerade att sälens och skarvens inverkan på siken där är i paritet med fiskets. Beräkningarna innehåller dock osäkerheter, framför allt när det gäller skattningen av mängden säl och skarv i de aktuella områdena, hur deras diet varierar mellan år, och inte minst hur stor effekt deras konsumtion har på sikbestånden (Florin m fl, 2016).

Storspiggen, *Gasterosteus aculeatus*, kan möjligen också vara en art som påverkar sikbeståndet genom sin predation på sikyngel. Det har visats att storspigg har en negativ inverkan på abborryngel (Byström m fl, 2015). Den ökande mängden storspigg, i synnerhet i Bottenhavet (Bergström m fl, 2015), kan därför komma att bli ett problem i framtiden.

Utbredning och hotsituation

Utbredning, förekomst och trender

Sik förekommer i Sverige längs kusterna i Bottenviken, Bottenhavet och Egentliga Östersjön, men kan även påträffas i anslutning till sötvatten längs västkusten. Den förekommer också i vattendrag och sjöar (inklusive de stora sjöarna Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren) i stora delar av landet. I Artdatabankens faktasida om sik¹ finns mer generell information om sik och dess utbredning.

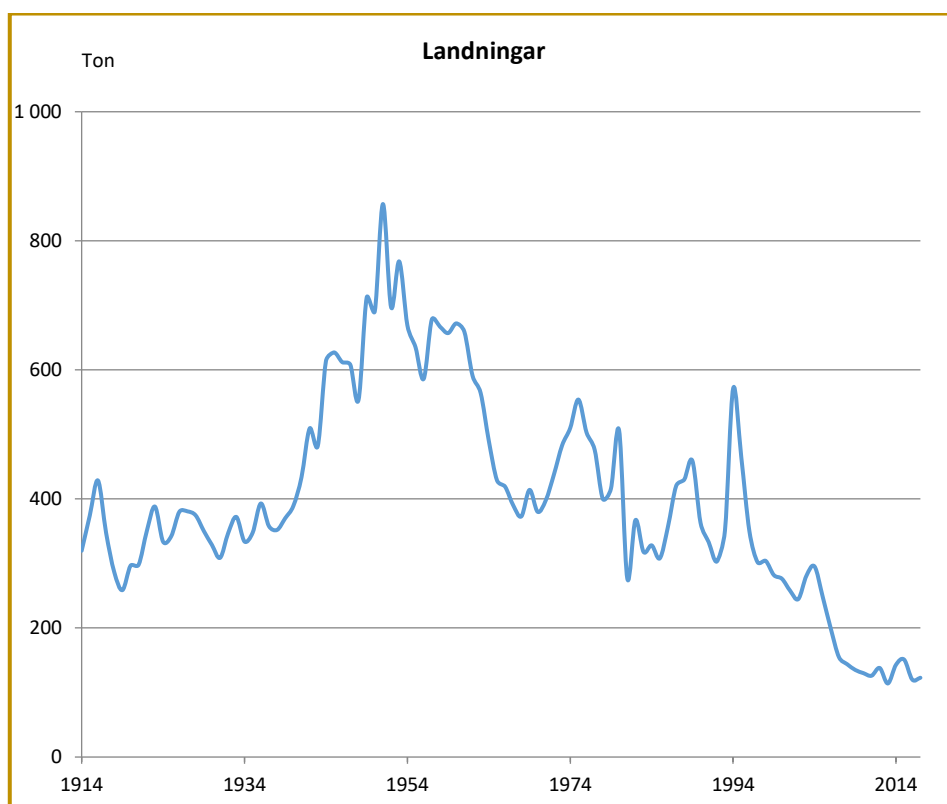


Figur 2. Utbredning för sik. Olika nyanser av blått anger utbredning i sött-, salt- och brackvatten. Gult anger områden utanför sikens utbredningsområde. Kartan är producerad av Bo Delling för Nationalnyckelvolymen Ryggsträngsdjur: Strålfeniga fiskar (Kullander m fl, 2012).

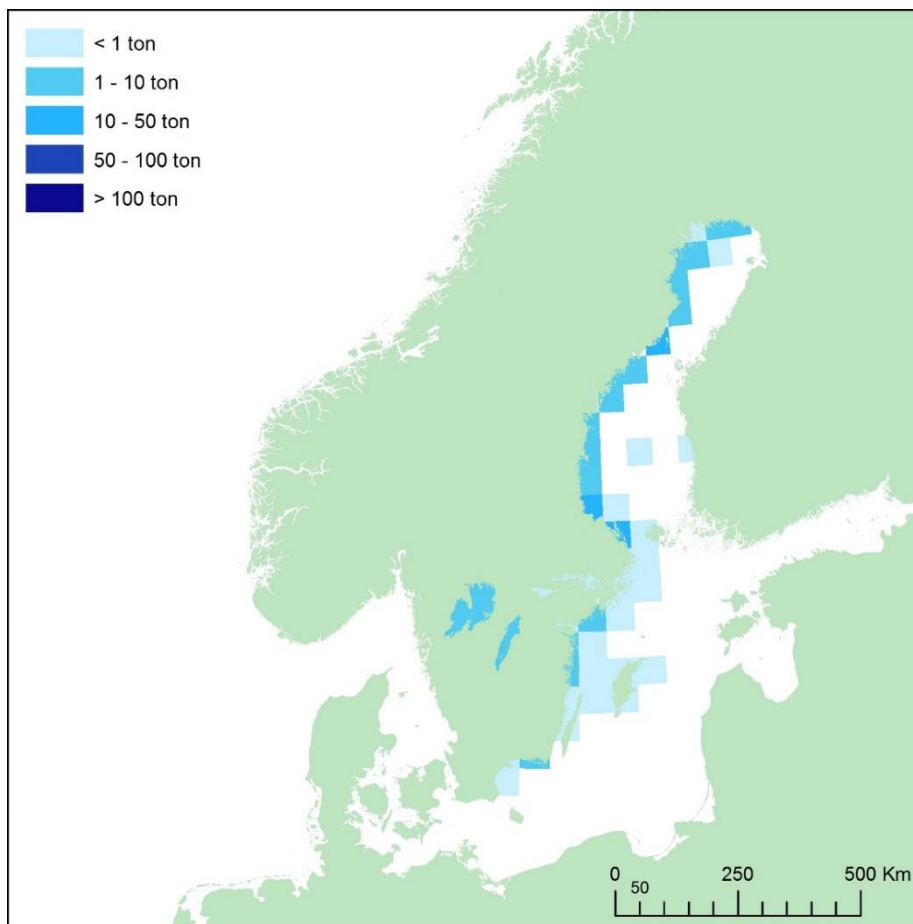
¹ <http://artfakta.artdatabanken.se/taxon/234372>

Yrkesfiske och fritidsfiske

Yrkesfiskets totala landningar av sik längs kusten låg i början av 1900-talet på 300 ton årligen och nådde sin kulmen på 1950-talet med landningar på över 700 ton årligen (figur 3). Siken beskrevs som den ekonomiskt sett tredje viktigaste arten efter strömming och lax längs hela Norrlandskusten under mitten på 1900-talet (Andersson 1964). Sedan dess har dock både fisket och landningarna minskat och ligger under 2000-talet runt 100 ton årligen totalt i Sverige (Havs-och Vattenmyndigheten 2017). Figur 4 visar den rumsliga fördelningen av yrkesfiskets fångster under 2016.



Figur 3. Fångst av sik 1914-2017 i Sveriges havsområden (99 procent på ostkusten). (Sammanställning av data redovisat årligen i: SOS fiske av SCB (1914- 1969), Fiskestatistisk årsbok (1970-1981), Statistiska meddelanden Fiske – en översikt 1982-1998, samt utdrag ur Hav och vattenmyndighetens databas 1999-2017).



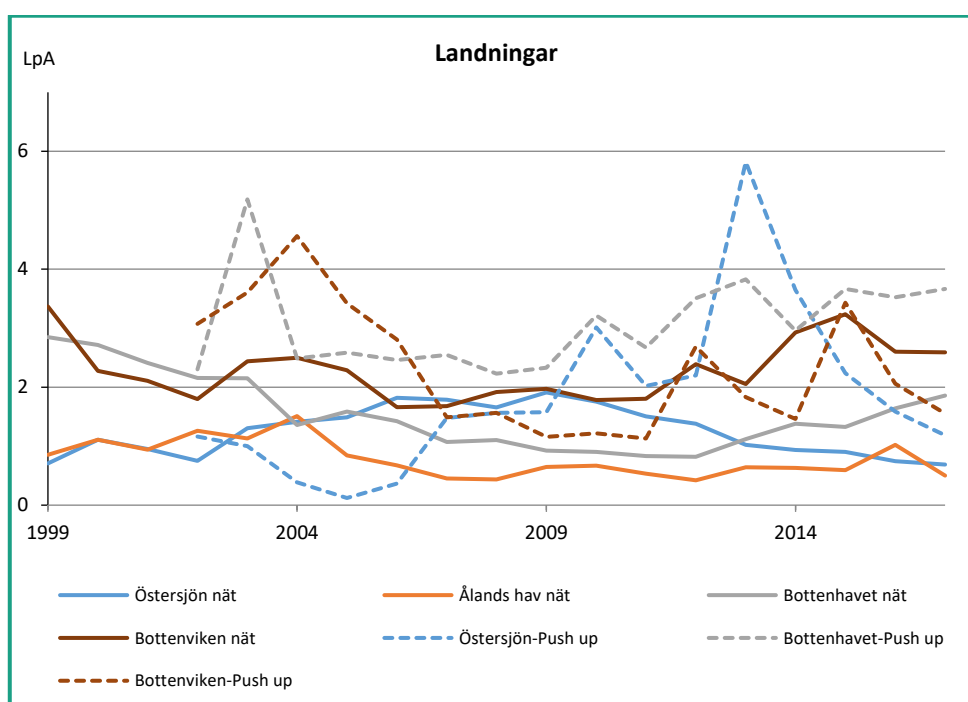
Figur 4. Svenska yrkesfiskares huvudsakliga landningar i ton per ICES-område och sjö av sik 2016.

Skattningarna av fritidsfiskets fångster är osäkra, men uppgifterna tyder på att omfattningen är betydande och år 2016 uppskattades fångsterna till mellan 59 och 243 ton, det vill säga motsvarande hälften upp till två gånger så stora som yrkesfiskets under samma år. Fritidsfisket sker nästan uteslutande (till 95 %) med mängdfångande redskap som nät.

I Bottniska viken sker fisket efter sik främst med bottensatta fällor och nät och i Egentliga Östersjön fångas sik framför allt som bifångst i nät och ryssjor i fisken riktade mot andra arter. Fisket i Bottniska viken sker både under sommaren och som ett riktat lekfiske på senhösten. Yrkesfiskets fångster av sik är störst i Bottniska viken, som står för 75 procent av den totala sikfångsten längs svenska kusten. I Egentliga Östersjön och Ålands hav halverades fångsterna under mitten av 1990-talet, minskade ytterligare 2007 och har därefter varit relativt oförändrade med årliga landningar på 15–20 ton. I Bottenhavet har fångsterna gradvis minskat sedan 1994 då 191 ton fångades, att jämföra med 30-40 ton per år 2013-2017. Fångsterna i Bottenviken har minskat fram till 2007 då 50 ton fångades, för att sedan ligga på relativt stabila landningar mellan 50-60 ton fram till 2013 och under senaste åren något högre 60-85 ton. De minskade fångsterna kan till

viss del förklaras av att fiskeansträngningen minskade under den undersökta perioden 1999–2016 i både fisket med nät och fisket med fällor (Havs-och Vattenmyndigheten 2017).

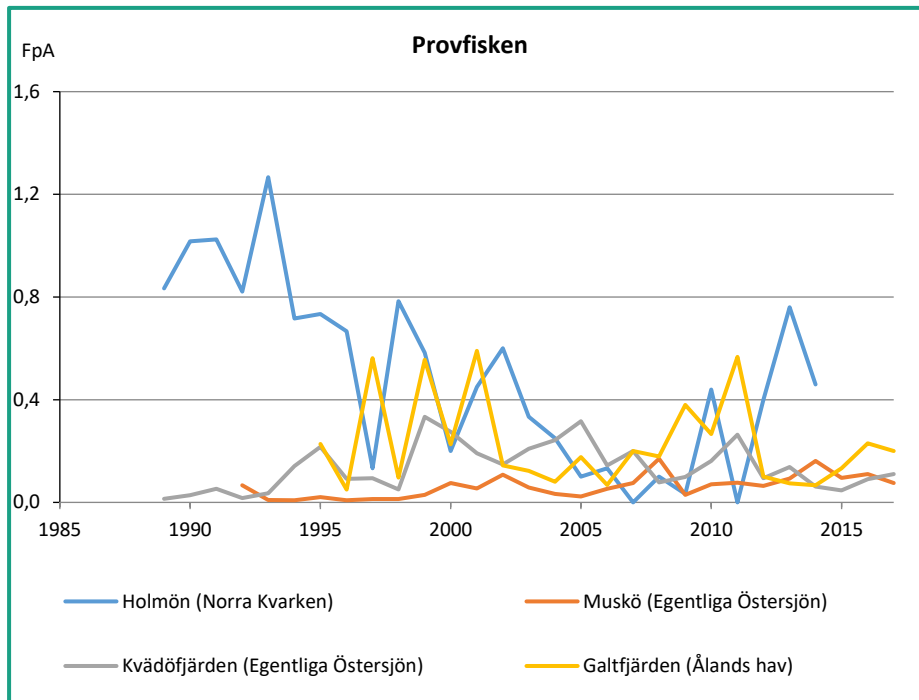
Fångstdata från yrkesfisket för perioden 1999–2017 visar att mängden (kg) fångad sik per siknät och natt minskade i Bottenhavet och Ålands hav men inte i Bottenviken eller Egentliga Östersjön (Figur 5). Under de senaste tio åren ses emellertid en positiv utveckling i Bottenviken och Bottenhavet. Studerar man kg sik per dag inom laxfisket med "Push-Up"-fällor, där även sik fångas, ses en positiv utveckling 2002–2017 i Egentliga Östersjön, medan ingen tydlig utveckling kan ses i Bottenviken och Bottenhavet. Sett till de senaste 10 åren är utvecklingen dock positiv i Bottenhavet.



Figur 5. Fångst av sik (kg) i Östersjön per redskapsdag, uppdelat på huvudsakliga fångstområden (landning per ansträngning (LpA)). Data gäller yrkesfiskare som fiskar med siknät eller laxfälla av "Push-Up" typ från båtar mindre än 10 meter mellan åren 1999 och 2017.

Beståndsstatus och trender

Med undantag för en nyss avslutad utvärdering av fredningsområdet för sik i Södra Bottenhavet pågår inga regelbundna provfiske riktade efter arten. Sik fångas dock i lågt antal i flertalet nätprovfiske som ingår i miljöövervakningen av kustfisk. Årliga provfiske vid Holmöarna i norra Kvarken visar på en minskning av sik över tid sedan 1990-talet, men provfisket upphörde 2014. Under samma tidsperiod visar provfisket vid Muskö (Egentliga Östersjön) däremot en tydlig ökning av mängden sik per ansträngning medan ingen trend kan ses i Kvädöfjärden (Egentliga

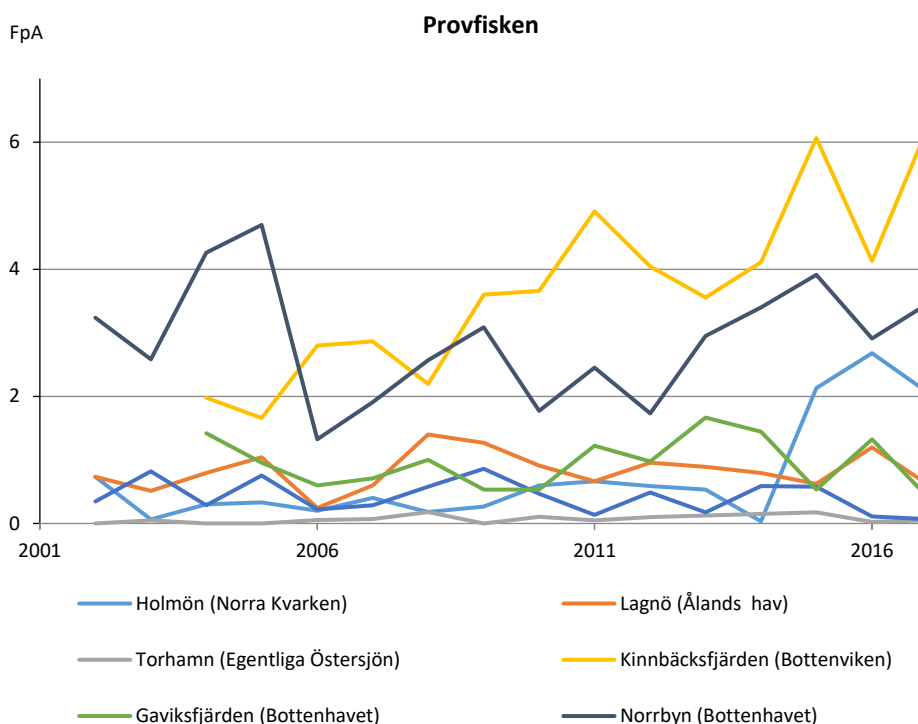


Figur 6. Fångst av sik i Östersjön per nät och natt i provfisken (fisk per ansträngning (FpA)). Observera att redskapstyp och tid för fisket inte är exakt samma för de olika områdena, varför direkta jämförelser av nivån på fångsten mellan områden inte kan göras. Data från 1989 till 2017.

Östersjön) eller Galtfjärden (Ålands hav) (figur 6). Studerar man enbart de senaste tio åren så ses inga signifikanta förändringar över tid i någon av de nämnda serierna.

Kortare provfiskeserier med start 2002 eller 2004 från Långvindsfjärden, Gaviksfjärden och Norrbyn i Bottenhavet, och Lagnö i Ålands hav har gett stabila fångster per ansträngning över tid (figur 7). Däremot visar provfiske i Kinnbäcksfjärden i Bottenviken och i Torhamn i Hanöbukten att fångst per ansträngning ökat över tid. Utvärdering av det fiskefria området vid Storjungfrun/Kalvhararna i Södra Bottenhavet visar att också där har fångst per ansträngning i provfisket ökat sedan 2010 (Florin m fl, 2016).

Medellängden hos sik i provfisken har minskat över tiden i Kvädöfjärden från 41 cm i början av 1990-talet till drygt 31 cm de senaste åren, vilket kan tyda på en hög dödlighet av stora individer. Även i Muskö är sikarna i provfisket nu mindre med en medellängd på 36 cm jämfört med 40 cm vid provfiskets början medan i övriga provfisken ses inga tydliga trender. I det fiskefria området ses en ökning av maximalstorleken av sik i provfisket från 39 cm 2011 till 47 cm 2015 att jämföra med referensområdet Galtfjärden där storleken samma period varierat mellan 42 och 44 cm.



Figur 7. Fångst av sik i Östersjön per nät och natt i provfisken med Nordiska nät i augusti. Data från 2002 till 2017.

Under vissa år har åldersbestämning av sik gjorts i Forsmark (Ålands hav), mellan 1979 och 2001. Även om materialet från Forsmark är sporadiskt visar det på tydlig minskning i medelålder över tid. Under femårsperioden 1979–1983, då vi bedömer att beståndet var i god status, var andelen fiskar äldre än fem år 20 procent, medan andelen fiskar äldre än fem år under seriens sista femårsperiod 1996–2001 endast var fem procent. Sista året med åldersläsning (2001) fångades ingen sik äldre än fem år. Detta sammantaget tyder på att dödligheten hos sik i området har varit högt fram till 2001 och att åldersläsning är essentiell för att kunna bedöma populationers tillstånd. Inte heller vid provfisken i Södra Bottenhavet (Gävlebukten och Vallviksfjärden) påträffades någon sik äldre än 5 år före 2015 (data från 2010 till 2015), och de flesta sikarna är där två och tre år. Som kontrast visar provfisket i Ålands hav (Galtfjärden) 2013 att fiskarna där är mellan fyra och fem år gamla och den äldsta individen nio år. Samma provfisken visar också att dödligheten är dubbelt så hög i Gävlebukten jämfört med det fiskefria området i Södra Bottenhavet och i Ålands hav (Florin m fl, 2016).

Orsaker till tillbakagång

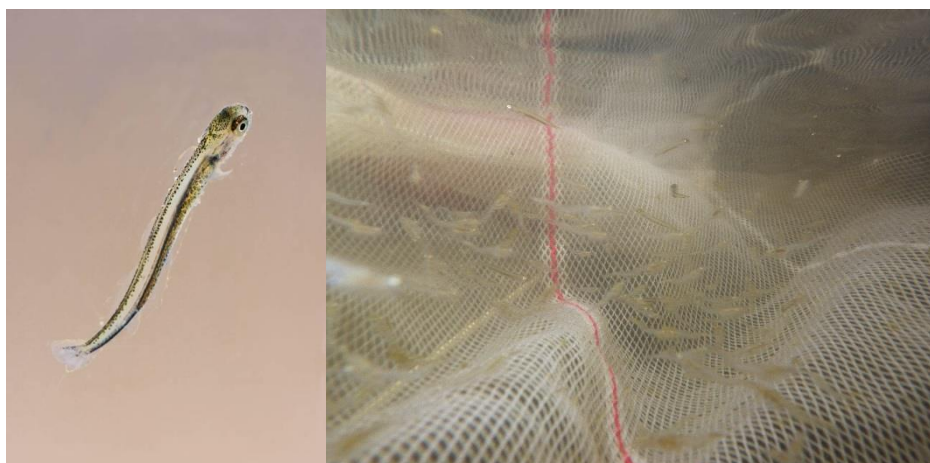
Orsakerna till sikens tillbakagång är inte klarlagda men högt fisketryck, vattenkraftsutbyggnad, ökande vattentemperatur, minskande isutbredning, ökande säl- och skarvbestånd, eutrofiering och lågt pH kan ha bidragit till

att sikens i Bottniska viken har minskat (se t ex Leskelä m fl 1991, HELCOM 2013a).

Det finns tecken på att sikens yngelområden längs kusten har påverkats negativt sedan 1990-talet. Både geografiska modeller över lämpliga habitat och yngelundersökningar i fält utförda i Bottniska viken under senare år visar att flera av den havslekande sikens tidigare uppväxtområden inte längre fungerar då de är påverkade av övergödning (Veneranta m fl, 2013a). Problemen är större på den finska sidan och framförallt i de södra delarna av kusten.

Den havslekande sikens yngel kräver specifika habitat (främst rena sandbottnar), medan den älvlekande sikens yngel kan växa upp i flera olika typer av miljöer (Leskelä m fl 1991; Veneranta et al. 2013a), vilket indikerar att den havslekande sikens rekrytering är mer känslig för miljöförändringar såsom övergödning och uppvärmning orsakad av klimatförändringar. Den älvlekande siken behöver dock god vattenkvalité i vattendraget där leken sker för att leken och den tidiga larvutvecklingen ska lyckas (Leskelä m fl 1991). Reproduktionen hos älvlekande sik missgynnas främst av vattenkraftsutbyggnad, låga pH-värden och höga koncentrationer av organiskt material (som orsakas av bland annat jordbruksverksamhet) (Larsson m fl, 2013).

Avsaknaden av större och äldre individer som har observerats vid provfisken tyder på en förhöjd dödlighet hos större (och äldre) individer vilket mest troligt förklaras av fiske och/eller sälpredation (se avsnittet ”Viktiga mellanartsförhållanden” ovan), som båda är främst riktade mot större individer i beståndet.



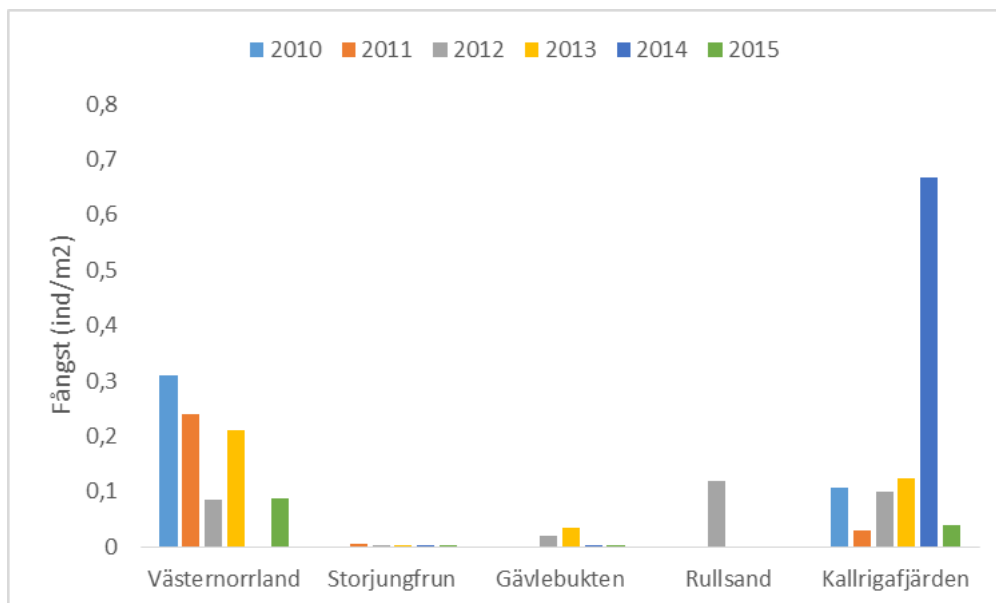
Figur 8. Till vänster sikyngel i förstoring (Foto: Lari Veneranta) och till höger sikyngel i not vid provtagning i Gävlebukten 2013 (Foto: Fredrik Landfors).

Aktuella populationsfakta

Vid yngelinventeringar (riktade mot havslekande sik och siklöja) utförda i Bottniska viken 2009–2011 fanns havslekande sikyngel framför allt i de nordliga delarna (Veneranta m fl, 2013a). 93 procent av de sikyngel som hittades fångades i Bottenviken.

Från 2010 och framåt har inventeringar av sikyngel med not utförts på en rad platser i Bottenhavet. Omfattande provtagningar har skett i hela Västernorrlands län i norra delen av Bottenhavet och i södra delen har provtagning skett vid Rullsand och Kallrigafjärden i Uppsala län. Däremellan har sikyngel provtagits vid Storzjungfrun och Gävlebukten i samband med utvärderingen av fiskefria området. I figur 9 redovisas fångsterna av sikyngel som medelfångsten per notdrag och kvadratmeter. Betydligt fler sikyngel fångades i Västernorrland jämfört med övriga områden med medelfångster som låg cirka tio gånger högre än i Gävlebukten och cirka 100 gånger högre än vid Storzjungfrun. Eftersom fångster är goda i stora delar av Västernorrland är det inte troligt att detta är en direkt effekt av den utsättning av sikyngel som sker i Ångermanälven. Resultaten indikerar alltså en fungerande reproduktion i Västernorrland och Kallrigafjärden medan reproduktionen fungerade sämre i Gävlebukten och Storzjungfrun.

I Bottenhavet tyder bristen på äldre individer och hög dödlighet i delar av området tillsammans med långsiktigt minskade fångster per ansträngning, i både provfiske och yrkesfiske, på att beståndet tidigare minskat. Minskningen har dock upphört de senaste tio åren och fredningen i södra Bottenhavet har haft en positiv effekt på beståndet i delar av området. I Ålands hav visar provfiske ingen direkt trend, medan negativa trender i yrkesfiske med nät kan tyda på ett minskande bestånd. Siken i Bottenviken visar enligt både yrkesfiske- och provfiskedata en positiv beståndsutveckling. I Eggena i Östersjön ses ur ett längre tidsperspektiv en positiv utveckling av populationstätheten i både provfiske och yrkesfiske, men samtidigt har storleken på individerna minskat och den positiva beståndsutvecklingen avstannat under de senaste tio åren.



Figur 9. Medelfångst av sikyngel per notdrag och kvadratmeter.

Aktuell hotsituation

Ett flertal hotfaktorer har identifierats för siken varav de mest aktuella som kan nämnas är vandringshinder i vattendragen som förhindrar den älvlekande sikens migration, yrkes- och fritidsfiske där siken ingår både som målart och som bifångst, predation från säl (Lundström m fl, 2010) och skarv (Florin m fl, 2016), klimatförändringar som medför minskad isutbredning och övergödningsproblematik på lekplatser i havet (HELCOM, 2013a & Veneranta m fl, 2013a). Även kustnära exploatering av lek- och uppväxtområden kan utgöra ett hot.

Troliga effekter av klimatförändringar

Samtidigt som vattentemperaturen har ökat i Östersjön, har även isens utbredning och den istäckta periodens längd minskat och enligt modelleringar kommer minskningen att fortsätta i framtiden (HELCOM, 2013b). Trenden med minskande isutbredning och tidigare islossning kan komma att påverka sikens rekrytering negativt då det verkar som att istäcket skyddar äggen från vind och vågor under vintern (Brown m fl, 1993).

Nationell och internationell hotstatus

Helsingforskommissionen för bevarande av Östersjöns miljö (HELCOM) bedömde siken som starkt hotad (EN) i Östersjön som helhet 2013 och Internationella Naturvårdsunionen (IUCN) listar siken som sårbar (VU) i Europa 2013 (Nieto et al 2015). I Sverige klassas siken som Livskraftig (LC) (2015) men i den bedömningen slås samtliga bestånd av sik samman, d v s både sötvatten och Östersjön. I Finland klassas älvsiken som starkt hotad och havslekande sik som sårbar.

Skyddsstatus i lagar och konventioner

Nedan följer en sammanställning av sikens status i nationell lagstiftning, EU-direktiv, EU-förordningar och internationella överenskommelser som Sverige ratificerat. Texten nedan hanterar endast den lagstiftning där siken har pekats ut särskilt i bilagor till direktiv och förordningar. Den omfattar inte lagstiftning som berör arten indirekt.

Nationell lagstiftning

Artskyddsförordningen (2007:845): Sik är märkt med F. ”F: Arten har enligt art- och habitatdirektivet ett sådant unionsintresse att insamling i naturen och exploatering kan bli föremål för särskilda förvaltningsåtgärder.”

Fiskeföreskrifter

Siken är fredad från fiske i kustvattenområdet inom Gotlands län 1 november till 15 december och inom Gävleborgs län samt Tierps och Älvkarleby kommun i Uppsala län 15 oktober till 30 november. För att stärka bestånden av den havslekande siken infördes 2011 och fram till 2016 ett mindre nästan helt fiskefritt område vid Storjungfrun/Storgrundet/ Kalvhararna (handredskap från land efter andra arter än sik är tillåtet under perioden 1 juni-31 augusti).

Indirekt kan också nätfiskeförbudet på grundare vatten än tre meter under vår och höst i Bottenviken, Skagerrak, Kattegat samt Skåne ha en positiv effekt på sik. Likaså kan olika fredningar för kustmynnande vattendrag, i första hand avsedda för att gynna lax och öring, även gynna vandringsiken.

EU-lagstiftning

I Art- och habitatdirektivet (Rådets direktiv 92/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter, senast ändrat

genom rådets direktiv 2006/105/EG) finns sik med i annex II och IV (felaktigt benämnd *C. oxyrhincus*) och i annex V. Eftersom arten listas enligt Art- och habitatdirektivet så inkluderas sik även i bedömning enligt havsmiljöförordningen.

Internationella konventioner och aktionsprogram (Action plans)

Sik är listad i appendix III i Bern konventionen (Konvention om skydd av europeiska vilda djur och växter samt deras naturliga miljö). Bern den 19 september 1979 (SÖ 1983:30).

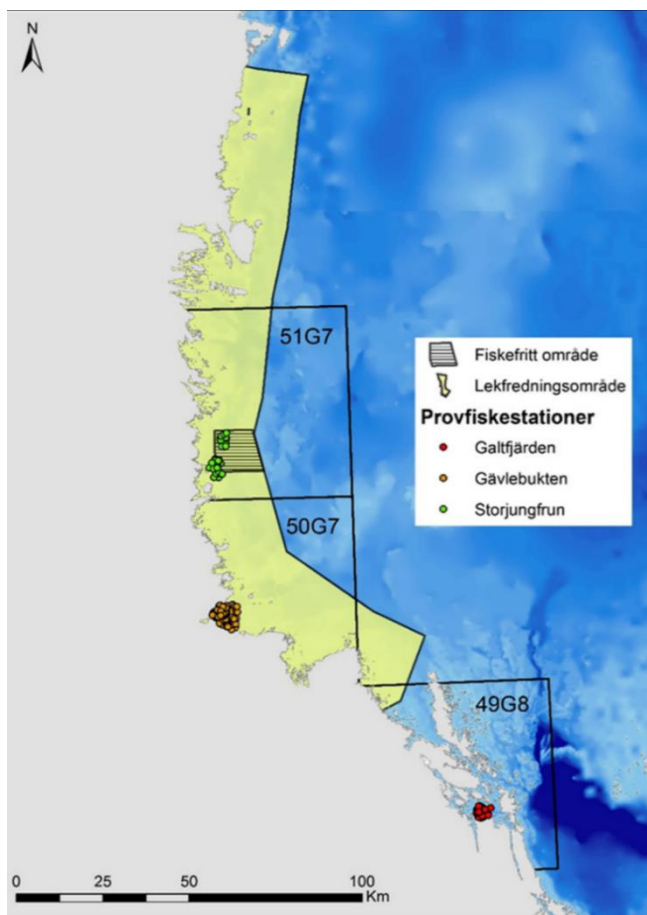
Sik finns upptagen på HELCOM Red List of threatened and declining species (Helcom, 2013c) men det finns inget regionalt åtgärdsprogram för arten.

Åtgärder

I det här avsnittet redovisas först kort resultaten från arbetet med ett fiskefritt område i Bottenhavet och erfarenheter från utsättningar. Sedan redovisas ett antal rekommenderade åtgärder som syftar till att förbättra kunskapen om siken och dess status i Östersjön.

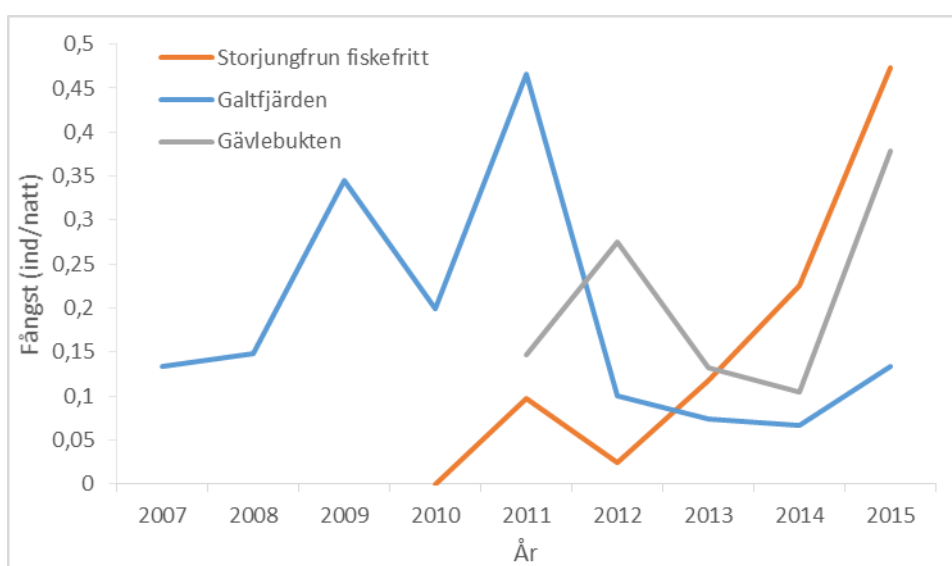
Erfarenhet av tidigare åtgärdsarbete

År 2011 infördes ett 147 km² stort fiskefritt område vid Storjungfrun/Kalvhararna i Söderhamns yttre skärgård och samtidigt infördes en lektidsfredning vid kusten för sik i hela Gävleborgs län och norra delarna av Uppsala län. (Figur 10). Åtgärderna infördes med motivet att stärka sikbestånden i Bottenhavet som enligt alla tillgängliga data minskat kraftigt sedan 1990-talet.



Figur 10. Det fiskefria området vid Storjungfrun-Kalvhararna, lektidsfredningsområdet i södra Bottenhavet samt referensområdet i Galtfjärden. Nävfiskestationer som ingått i provfiskena är markerade liksom de ICES rektanglar som används till uträkning av yrkesfiskets uttag per ytenhet.

Det införda fiskefria området har med stor sannolikhet haft avsedd positiv effekt på siken. Uppföljningen visar att beståndet av vuxen sik har ökat signifikant i det fiskefria området och att utvecklingen i detta område skiljer sig från det fiskade referensområdet i Galtfjärden (figur 11). Effekterna av enbart lekfredning var inte lika tydlig då det lekfredade området (Gävlebukten) inte visade samma tydliga positiva utveckling i provfisket under den relativt korta fredningsperioden (figur 11). Yrkesfiskets fångster av sik (per ansträngning) visar samtidigt på en positiv utveckling i Bottenhavet efter fredningens införande. Det senare är sannolikt huvudsak en effekt av lekfredningen, men även en spridningseffekt från det helt stängda området kan bidra i någon mån.



Figur 11. Fångstutveckling för det fiskefria området vid Storjungfrun, det lekfredade området Gävlebukten och referensområdet Galtfjärden.

Även vid provfisket i Norrbyn, i norra Bottenhavet, där man haft begränsningar av nätfisket, har en positiv utveckling observerats. Förbudet som infördes 2006 gäller innanför 3 m kurvan, dvs. från stranden ut till ett djup av 3 meter, 1 april-10 juni och 1 oktober-31 december, och torde ha en effekt som motsvarar en lektidsfredning och den positiva utvecklingen för siken i norra Bottenhavet är troligen ett resultat av dessa begränsningar.

Flera finska studier indikerar att utsättningar av yngel och ensamriga sikyngel gynnar fisket efter sik. Bland annat beräknades utbytet av ensamriga sikyngel utsatta i Bottenviken under 1995 och 1996 som mest upp till 90 kilo per 1000 utsatta individer (Leskelä m fl, 2004). Även i en sjö i Finland tycks utsättning av sikyngel ge positiva effekter på fisket, där 50% av sikfångsten bestod av odlad fisk och den beräknade utkomsten var 57 kg sik per 1000 yngel (Salojärvi & Huusko 1990). Undersökningar i en annan finländsk sjö visar att effektiviteten av sikutsättningar minskar vid

höga tätheter, en utsättning av 800 000 individer gav lägre skörd/utsatt fisk än utsättningar på 400 000 individer, och vid ännu högre utsättningsmängd minskade även den totala fångsten, troligen pga. inomartskonkurrens (Martunnen & Vehanen, 2004). På den finska sidan av Botteniska viken sker omfattande utsättningar av sikyngel och ensomriga sikungar för att stödja fisket efter sik. Utan dessa utsättningar skulle fångsterna snabbt minska (Leskelä et al. 2004; Jokikokko et al. 2014). Dock har, som tidigare nämnts, studier påvisat negativa genetiska effekter av utsättningar av laxfiskar. Utsättningar bör därför endast anses som en sista utväg och användas under en begränsad tid (Dannewitz m fl 2007).

Förslag på insatser för förbättrad kunskap

Insatserna svarar på olika frågor och är olika viktiga om man tänker sig underlag för reglering av fisket eller för skydd av habitat. Vi har ändå försökt sätta dem i någon form av prioritetsordning.

Övervakning

Behovet av långsiktigt finansierade miljöövervakningsprogram för kallvattensarter som sik är stort (Havs- och vattenmyndigheten, 2014). Övervakning behövs för att följa vad som händer med populationerna och var siken finns i både tid och rum, var viktiga lek- och uppväxtlokaler finns med mera samt att kunna uppfylla kraven enligt art- och habitatdirektivet samt havsmiljödirektivet. Övervakning bör ske med standardiserade metoder, till exempel genom standardiserade nätprovfisken, för att få jämförbara resultat mellan provfiskeområden. Historisk förekomst av sik i tillrinnande vattendrag samt i kustområdet i Bottenhavet där siken tidigare funnits, men idag är borta, behöver dokumenteras samtidigt som nuvarande förekomst bör bli föremål för inventering och långsiktig övervakning. Övervakning av beståndsutveckling bör även kompletteras med ett program för hälsoövervakning för att få kunskap om eventuell påverkan av patogener och parasiter på sikbeståndet och på annan vildfisk.

Påverkan från säl och skarv

Tidigare studier indikerar att sälens och skarvens konsumtion av sik kan vara betydande (Lundström m fl, 2010 & Florin m fl, 2016). Det är därför önskvärt med vidare utredning av båda dessa predatorers påverkan på sikbestånden. Till exempel behövs studier över sälarnas rörelsemönster och diet i olika områden liksom utveckling av populationsmodeller för att utvärdera effekten av skarv och säl på fiskbestånd.

Påverkan från fiske

Bättre data på fritidsfiskets uttag av sik är önskvärt. Preliminära beräkningar pekar mot att fritidsfisket sannolikt står för en betydande del av uttaget av sik i kustområdet. Det datamaterial som i dagsläget finns tillgängligt har låg rumslig upplösning. Den geografiska upplösningen för fritidsfisket behöver bli bättre för att man i dagsläget ska kunna använda det för man i detalj kan identifiera område som skulle behöva skyddas med tanke på fisketryck.

Identifiering av ekotyper

Brister i kunskap kring de älv- och havslekande sikbestånden försvårar förvaltningen. Det är idag oklart vilken typ av sik som det fiskas på och var. Kunskapsinsamlingen behöver ökas vilket kommer att kräva extra riktade resurser för bland annat inventeringsarbete, genetiska, otolitikemiska (kemisk analys av fiskars hörselstenar där man bland annat kan se om individen är kläckt i sött eller bräckt vatten) och morfologiska analyser.

Kartläggning av lek och uppväxthabitat

För att identifiera vilka områden som är de viktigaste för siken i olika livsstadier behöver man genomföra olika typer av inventeringar samt analysera de olika habitatens betydelse. Inventeringar kan t.ex. ge mer kunskap om var de viktigaste lek- och uppväxtområdena finns. En del framgångsrika insatser har redan gjorts inom detta område, t.ex. inventering av yngelförekomst i Västernorrlands län, men det finns fortfarande stora områden med kunskapsbrist. I dagsläget finns även behov av att ta fram en standardiserad metod, med t.ex. yngelnot, för provtagning av sikyngel. Detta för att man skall få jämförbara resultat mellan provtagningsinsatser. Resultatet från inventeringar kan användas för att analysera vad som styr utbredning och täthet av sikens olika livsstadier. Genom att länka information från inventeringarna med geografisk information kan man prediktera i vilka områden och habitat det finns störst sannolikhet att man har bra förutsättningar för siken. En förutsättning för att kunna göra sådana analyser är att man har heltäckande kartor av god kvalitet som beskriver miljöförhållandena, det kan exempelvis röra sig om djupkartor, kartor över vågexponering eller kartor över siktdjupet.

Studier av kompensationsutsättnings effekter

När det gäller bevarande av hotade arter och populationer skall utsättningar endast användas som en sista utväg, och då under en begränsad tid. Istället bör åtgärder sättas in för att identifiera och ta bort orsakerna till problemen (Dannewitz m fl 2007). Trots att vattenkraftutbyggnad påverkat reproduktion och därigenom beståndsstorlek hos sik i många vattendrag sker svenska kompensationsutsättningar av sik för närvarande endast i Indalsälven och

Ångermanälven. I övriga vattendrag har sik, då den förekommit i domen, istället bytts ut mot lax och öring. Det är önskvärt att dessa åtgärder återgår till insatser för siken istället. Vid utsättningar är det viktigt att använda lokalt material, och en ordentlig uppföljning behöver göras för att snabbt upptäcka eventuella negativa effekter (Dannewitz m fl 2007). Någon utvärdering av de svenska sikutsättningarna har dock inte gjorts vilket bör utföras innan ytterligare insatser genomförs inom ramen för befintliga kompensationsutsättningar.

För att möjliggöra framtida uppföljningar bör den sik som sätts ut vara spårbar. Ett skonsamt sätt att göra detta vore till exempel att ta vävnadsprov från all avelsfisk så att all avkomma till dessa går att särskilja från vild sik. En förutsättning för detta är att genetiska markörer lämpliga för detta prövas ut (jämför med svensk märkningsstrategi för odlad lax, Palm mfl 2018).

Källförteckning

- Andersson, K.A. (red) 1964. Fiskar och fiske i norden. Natur och kultur, Stockholm.
- Bergström, U., Olsson, J., Casini, M., Eriksson, B.K., Fredriksson, R., Wennhage, H., and Appelberg, M. 2015. Stickleback increase in the Baltic Sea - a thorny issue for coastal predatory fish. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 163: 134-142.
- Brown, R.W., Taylor, W.W., Assel, R.A. 1993. Factors affecting the recruitment of lake whitefish in two areas of northern Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 19, 418–428
- Byström, P., Bergström, U., Hjalten, A., Ståhl, S., Jonsson, D., Olsson, J. 2015. Declining coastal piscivore populations in the Baltic Sea: Where and when do sticklebacks matter? *Ambio*. 2015 Jun;44 Suppl 3:462-71. doi: 10.1007/s13280-015-0665-5.
- Bäcklin, B-M., Moraëus, C., Strömberg, A., Karlsson, O., Härkönen, T. 2015. Sälpopulationer och hälsa, sid 116–118. I – Havet 2015/2016. Havsmiljöinstitutet.
- Curry-Lindahl, K. 1985. Våra Fiskar Havs- och sötvattenfiskar i Norden och övriga Europa. 1:a upplagan. P. A. Norstedt & Söners förlag, Stockholm.
- Dannewitz, J., A.-B. Florin, E. Petersson, E. Nielsen, E. Magnussen, G. Dahle, J. Merilä, M. Heino, S. Skúlason, T. Aho, T. Järvi och T. Johansen. 2007. Genetic consequences of fisheries and fisheries management -Report from a multi-disciplinary workshop in Rönne, Bornholm, 25-26 October 2006. *TemaNord* 2007: 573.
- Florin A-B., Fredriksson R., Lundström K., Bergström U. 2016. Ett fiskefritt område för skydd av sik i Bottenhavet. I: Bergström m fl 2016. Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden. *Aqua reports* 2016:20.
- Havs- och vattenmyndigheten. 2014. God havsmiljö 2020. Marin strategi för Nordsjön och Östersjön Del 3: Övervakningsprogram. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2014:20
- Havs- och vattenmyndigheten. 2017. Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2016. Resursöversikt.
- HELCOM 2013a. Red list of fish and lamprey species. <http://helcom.fi/baltic-sea-trends/biodiversity/red-list-of-species/red-list-of-fish-and-lamprey-species/> (last accessed 10 Jan 2018).
- HELCOM, 2013b. Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013. *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 137.
- HELCOM, 2013c. HELCOM Red List of Baltic Sea species in danger of becoming extinct. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 140.
- HELCOM, 2018: State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016. *Baltic Sea Environment Proceedings* 155.
- Himberg, M. 1995. Sikens biologi och lekplatser i Skärgårds- och Bottenhavet. *Kala- Ja Riistahallinnon Julkaisuja* 16, 1-61.
- Himberg, M., von Numers M., Vasemägi A., Heselius S.-J., Wiklund T., Lill J.-O., Hägerstrand H. 2015. Gill raker counting for approximating the ratio of river- and sea-spawning whitefish, *Coregonus lavaretus* (*Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae*) in the Gulf of Bothnia, Baltic Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 45 (2), 125-131.
- Hudd, R., Veneranta, L., Harjunpää, H. 2012. Störvuxen skärgårdslekande sik i Vasa. *Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets arbetsrapporter* 20/2012.

- Hudd, R., Veneranta, L., Vanhatalo, J. 2013. Havslekande sikens och sikløjans yngelproduktionsområden. Vilt- och fiskeriforskningsinstitutets arbetsrapporter 7/2013.
- Jokikokko, E., Huhmarniemi, A. 2014. The large-scale stocking of young anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus*) and corresponding catches of returning spawners in the River Tornionjoki, northern Baltic Sea. *Fisheries Management and Ecology*, 2014, 21, 250–258.
- Kullander, S.O., Nyman, L., Jilg, K. & Dellling, B. 2012. *Coregonus maraena* sik, sid 169–171. – I: Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Larsson, S., Byström, P., Berglund, J., Carlsson, U., Veneranta, L., Larsson, S.H, Hudd R. 2013. Characteristics of anadromous whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) rivers in the Gulf of Bothnia. *Advances in Limnology (Fundamental and Applied Limnology Special Issues), Biology and Management of Coregonid Fishes 2011*, 64, 189–201.
- Lehtonen, H. 1981. Biology and stock assessments of Coregonids by the Baltic coast of Finland. *Finnisch Fisheries Research* 3, 31–83.
- Lehtonen, H., Böhling, P., Hudd, R. 1986. Siken och sikfisket i Kvarkenområdet. *Monistettuja julkaisuja* 47, 76.
- Leskelä, A., Hudd, R., Lehtonen, H., Huhmarniemi, A., Sandström, O. 1991. Habitats of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.) s. l.) larvae in the Gulf of Bothnia. *Aqua Fennica* 21, 145–151.
- Leskelä, A., Jokikokko, E., Huhmarniemi, A., Siira, A. & Savolainen, H. 2004: Stocking results of spray marked one-summer old anadromous European whitefish in the Gulf of Bothnia. *Ann. Zool. Fennici* 41: 171–179.
- Lill, J-O., Heimbrand, Y., Slotte, J., Himberg, M., Florin, A-B., Hägerstrand, H. 2015. PIXE analyses of polished otoliths for identification of anadromous whitefish in the Baltic Sea. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* 363, 66–69.
- Lundström, K., Hjerne, O., Lunneryd, S-G., Karlsson, O. 2010. Understanding the diet composition of marine mammals: grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 67, 1230–1239.
- Lundström, K. m fl. 2012. Grey seal (*Halichoerus grypus*) prey consumption in the Baltic Sea. In *Assessment of dietary patterns and prey consumption of marine mammals: grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Baltic Sea*. Doktorsavhandling. Institutionen för biologi och miljövetenskap, Göteborgs Universitet.
- Lundström, K., Bergenius, M., Aho, T., Lunneryd, S-G. (2014). Födoval hos vikaresäl i Bottenviken: Rapport från den svenska forskningsjakten 2007–2009. *Aqua reports 2014:1*. Sveriges lant- bruksuniversitet, Lysekil, 23 s.
- Marttunen, M., & Vehanen, T. (2004). Toward adaptive management: The impacts of different management strategies on fish stocks and fisheries in a large regulated lake. *Environmental management*, 33(6), 840–854.
- McCairns, R. S., Kuparinen, A., Panda, B., Jokikokko, E., & Merilä, J. (2012). Effective size and genetic composition of two exploited, migratory whitefish (*Coregonus lavaretus lavaretus*) populations. *Conservation genetics*, 13(6), 1509–1520.
- Nieto, A., Ralph, G.M., Comeros-Raynal, M.T., Kemp, J., Garcia Criado, M., Allen, D.J., Dulvy, N.K., Walls, R.H.L., Russell, B., Pollard, D., Garcia, S., Craig, M., Collette, B.B., Pollom, R., Biscoito, M., Labbish Chao, N., Abella, A., Afonso, P., Alvarez, H., Carpenter, K.E., Clo, S., Cook, R., Costa, M.J., Delgado, J., Dureuil, M., Ellis, J.R., Farrell, E.D., Fernandes, P., Florin, A-B., Fordham, S., Fowler, S., Gil de Sola, L., Gil Herrera, J.,

- Goodpaster, A., Harvey, M., Heessen, H., Herler, J., Jung, A., Karmovskaya, E., Keskin, C., Knudsen, S.W., Kobylansky, S., Kovačić, M., Lawson, J.M., Lorange, P., McCully Phillips, S., Munroe, T., Nedreaas, K., Nielsen, J., Papaconstantinou, C., Polidoro, B., Pollock, C.M., Rijnsdorp, A.D., Sayer, C., Scott, J., Serena, F., Smith-Vaniz, W.F., Soldo, A., Stump, E. and Williams, J.T. 2015. European Red List of marine fishes. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Olsson, J., Florin, A.-B., Mo, K., Aho, T., Ryman, N. 2012. Genetic structure of whitefish (*Coregonus maraena*) in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 97, 104–113.
- Ozerov M.Y., Himberg, M., Aykanat, T., Sendek, D.S., Hägerstrand, H., Verlin, A., Krause, T., Olsson, J., Primmer, C.R., Vasemägi, A. 2015. Generation of a neutral FST baseline for testing local adaptation on gill raker number within and between European whitefish ecotypes in the Baltic Sea basin. *Journal of Evolutionary Biology* 28, 1170–1183.
- Palm, S., Alanärä, A., Dannewitz, J., Petersson, E., Kagervall, A. & Östergren, J. 2018-01-31 Kunskapssammanställning inför nationell märkningsstrategi och indexvattendrag för odlad lax SLU ID: SLU.aqua.2016.5.4-153
- Rohla, M., Svirgden, R., Verliin, A., Rumvolt, K., Matetski, L., Hommik, K., ... & Vetemaa, M. (2017). Developing novel means for unravelling population structure, provenance and migration patterns of European whitefish *Coregonus lavaretus* sl in the Baltic Sea. *Fisheries Research*, 187, 47-57.
- Salojärvi, K., & Huusko, A. (1990). Results of whitefish, *Coregonus lavaretus* L., fingerling stocking in the lower part of the Sotkamo water course, northern Finland. *Aquaculture Research*, 21(2), 229-244.
- Saulamo, K., Neuman, E. 2002. Local management of Baltic fish stocks and the significance of migrations. *Finfo* 2:9.
- Svärdson, G. 1979. Speciation of Scandinavian *Coregonus*. Report of the Institute of Freshwater Research, 57, 3-95.
- Säisä, M., Rönn, J., Aho, T., Björklund, M., Pasanen, P., Koljonen, M.-L. 2008. Genetic differentiation among European whitefish ecotypes based on microsatellite data. *Hereditas* 145, 69–83.
- Vasemägi, A., Gross, R., Paaver, T., Koljonen, M.L., Nilsson, J. 2005. Extensive immigration from compensatory hatchery releases into wild Atlantic salmon population in the Baltic sea: spatiotemporal analysis over 18 years. *Heredity* 95:76–83
- Veneranta, L., Hudd, R., Vanhatalo, J. 2013a. Reproduction areas of sea-spawning coregonids reflect the environment in shallow coastal waters. *Mar Ecol Prog Ser* 477, 231–250.
- Veneranta, L., Urho, L., Koho, J., & Hudd, R. (2013b). Spawning and hatching temperatures of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) in the Northern Baltic Sea. *Advances in Limnology*, 39-55.
- Verliin, J., Kotta, J., Orav-Kotta, H., Saks, L., Vetemaa, M. 2011. Food selection of *Coregonus lavaretus* in a brackish water ecosystem. *Journal of Fish Biology* 78: 540–551.
- Østbye K., Bernatchez L., Næsje T.F., Himberg K.-J.M., Hindar K. 2005. Evolutionary history of the European whitefish *Coregonus lavaretus* (L.) species complex as inferred from mtDNA phylogeography and gill-raker numbers. *Molecular Ecology*, 14: 4371-4387.

Sik i Östersjön

– en kunskapssammanställning

Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:10
ISBN 978-91-88727-42-8

Havs- och vattenmyndigheten
Postadress: Box 11 930, 404 39 Göteborg
Besök: Gullberg Strandgata 15, 411 04 Göteborg

Tel: 010 698 10 00
www.havochvatten.se

**Havs
och Vatten
myndigheten**
