

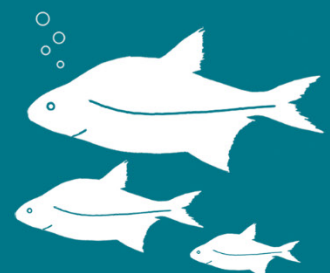
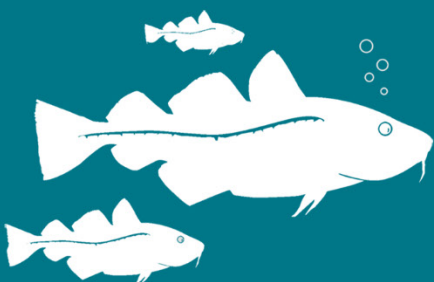


Aqua notes 2024:21

Pelagisk fisk i Vättern 2023

Björn Rogell, Thomas Axenrot

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för akvatiska resurser



Pelagisk fisk i Vättern 2023

Pelagic fish in Lake Vättern 2023

Björn Rogell, <https://orcid.org/0000-0002-5553-2691>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Thomas Axenrot, <https://orcid.org/0000-0002-0647-9759>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Göran Sundblad, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Alfred Sandström, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten, Dnr **2024-001740**, (SLU-ID: **SLU.aqua.2022.5.4-116**), och Vätternvårdsförbundet.

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 uppdragsgivarens sida.

Rekommenderad citering: Rogell, B., Axenrot, T. (2024). Pelagisk fisk i Vättern 2023. Aqua notes 2024:21. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. <https://doi.org/10.54612/a.4i73br5dqj>

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

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

Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Utgivningsår: 2024

Utgivningsort: Uppsala

Omslagsbild: Torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; Braxen (t.h.): SLU

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Serietitel: Aqua notes

Delnummer i serien: 2024:21

ISBN (elektronisk version): 978-91-8046-641-7

DOI: <https://doi.org/10.54612/a.4i73br5dqj>

Nyckelord: beståndsanalys, resursövervakning

Sammanfattning

Sötvattenslaboratoriet vid institutionen för akvatiska resurser, SLU, genomförde hösten 2023 en hydroakustisk undersökning med provtrålning i Vättern. Fältarbetet genomfördes mellan 2023-09-06 och 2023-09-09 som en del av de hydroakustiska undersökningar som årligen utförs i Mälaren, Vänern och Vättern. I undersökningen delades Vättern in i fyra delområden (Norra (N), Mellersta-Norra (MN), Mellersta-södra (MS) och Södra (S) Vättern). Analyserna av 2023 års data omfattade de pelagiska bytesfiskarna nors och siklöja, uppdelade på åldersklasserna årsyngel (0+) samt ettåriga och äldre (>0+) som underlag för bedömning av rekrytering respektive beståndsstorlek. För att dra slutsatser om beståndens utveckling jämfördes medelvärdet för de senaste två åren (2023 och 2022) med medelvärdet för de föregående fem åren (2017-2021). Analyserna inkluderade endast siklöja och nors då övriga arter inte fångas i tillräckliga antal. Rapporten avslutas med förslag på fortsatt arbete. Resultaten indikerade att:

- Antalet ettåriga och äldre siklöjor har stabiliserats efter en tidigare ökning. Detta beror på att effekten av den mycket starka rekryteringen 2021 nu börjar avta. De senaste tio åren har rekryteringar av siklöja skett oftare än vad som tidigare varit typiskt för Vättern.
- Siklöja var den art som utgjorde högst andel av biomassan i öppet vatten (46 %), följt av sik (27 %) och nors (20 %).
- För de senaste två åren fanns en tendens att antalet fiskar per hektar för storlekarna 44-81 mm och >388 mm ökat jämfört med föregående fem år. Anledningen till ökningen är de höga antal som observerades 2022. Det pelagiska fisksamhället i september 2023 bestod till 74 % av små bytesfiskar (<81 mm), huvudsakligen årsyngel av nors.
- Biomassa och antal av stora fiskar var på normala nivåer 2023, jämfört med de mycket höga värden som detekterades 2022.
- För hela sjön fanns en ökning av antalet nors 0+ per hektar jämfört med föregående fem år.

Summary

The Institute of Freshwater Research at the Department of Aquatic Resources, SLU, carried out a hydroacoustic survey with midwater trawling for apportionment in Lake Vättern in the autumn of 2023. The survey was carried out between 2023-09-06 and 2023-09-09, and is one of a series of annual hydroacoustic surveys carried out in Lake Mälaren, L. Vänern and L. Vättern. In the design of the survey, Vättern was divided into four sub-areas: North (N), Middle-North (MN), Middle-South (MS) and South (S). The analyzes on 2023 years data include two species, divided into two age classes (smelt 0+, smelt >0+, vendace 0+ and vendace >0+). In order to assess the status of the stocks, the average value for the last two years (2023 and 2022), was compared with the average of the previous five years (2017-2021). The results indicated that:

- The increased abundance of 0+ and older vendace has leveled off. This is due to the effect of the strong recruitment in 2021 now being less pronounced. For the past 10 years, the occurrence of strong year-classes of vendace has been more frequent than what is typical for Vättern.
- Vendace had the largest biomass in open water (46%), followed by whitefish (27%) and smelt (20%).

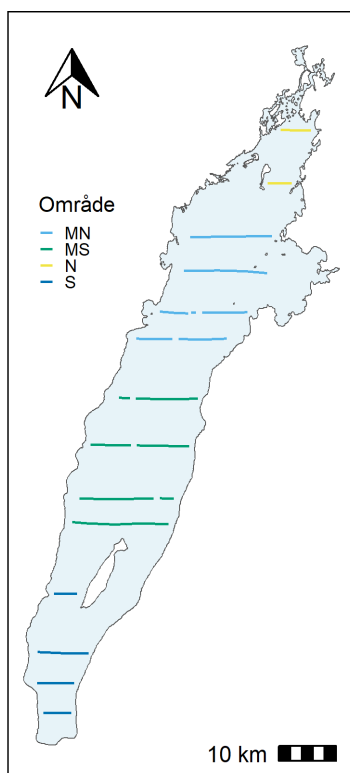
- For the last two years, there was a tendency for an increase in the number of fish per hectare for the size classes 44-81 mm and >388 mm compared to the previous five years. This can be explained by the high values observed in 2022. The pelagic fish community in September 2023 consisted of 74% of small prey fish (<81 mm), mainly yearlings of smelt.
- Biomass and abundance of large fish was very high 2022, but in 2023 it has returned to more normal levels.
- For the lake as a whole, there an increase in the number of 0+ smelt per hectare compared to the previous five years.

Innehållsförteckning

1. Metod.....	6
1.1 Övervakningsmetod.....	6
1.2 Statistisk analys.....	7
1.3 Miljöförhållanden.....	10
2. Resultat.....	11
2.1 Övergripande resultat.....	11
2.2 Artspecifika resultat.....	14
2.2.1 Nors.....	15
2.2.2 Siklöja.....	16
2.2.3 Övriga arter.....	18
3. Diskussion.....	19
3.1 Fisktäthet och biomassa.....	19
3.2 Födottillgång.....	19
3.3 Förvaltning.....	20
3.4 Förslag.....	20
3.4.1 Övervakning av storspigg.....	20
3.4.2 Telemetry inriktat på storvuxna fiskarter.....	21
3.4.3 Ekosystemmodeller.....	21
4. Referenser.....	22

1. Metod

1.1 Övervakningsmetod



Figur 1 Karta över de hydroakustiska transekter som kördes 2023 i SLU:s årliga undersökning i Vättern. MN = Mellersta Norra, MS = Mellersta Södra, N = Norra och S = Södra.

De pelagiska fiskbestånden i Vättern övervakas årligen med ekolodning kombinerat med provtrålning, med stöd från Havs- och vattenmyndigheten och Vätternvårdsförbundet. Övervakningen utgör även en del av det nationella miljöövervakningsprogrammet. Undersökningarna påbörjades 1988 och har genomförts årligen sedan 1992. Under dessa 30 år har såväl hård- och mjukvara samt analystekniska möjligheter utvecklats. För att undvika avvikelser i tidsserierna som förklaras av metodologiska snarare än biologiska skillnader, presenterar vi i den här rapporten data ifrån 2011-2023 där samtliga steg är standardiserade.

Undersökningarna utförs med vetenskapliga ekolod som nattetid (i mörker) samlar in hydroakustiska data längs 14 transekter tvärs över sjön (figur 1). Från 2006 används ett 120 kHz ekolod som kompletterades 2011 med ett 38 kHz ekolod (Simrad EK60/80 med ES120 7C och ES38B). Att kombinera olika frekvenser (s.k. multifrekvens) förbättrar precisionen i fiskundersökningarna och ger möjlighet att studera andra organismer i ekosystemet, som t.ex. pungräkor och storvuxna djurplankton (Axenrot m. fl. 2009, Ragnarsson Stabo m. fl. 2014).

Hydroakustiska data kompletteras med provtrålningar i pelagialen som utförs på olika djup i de fyra delområdena. Trålningen ger information om art- och storlekssammansättning i de undersökta fiskbestånden. Provtrålningarna genomförs i samband med de hydroakustiska undersökningarna och är avsedda att fånga de vanligast förekommande fiskarna i öppet vatten. Större fiskar som är starka simmare kan undkomma trålen och riskerar därför att bli underrepresenterade, vilket ger sämre precision i beståndsskattningen av dessa fiskar. Från 2008 används forskningsfartyget U/F Asterix. Fortlöpande utveckling av tolkningen av hydroakustiska data sker genom kunskapsutbyte med forskare i Europa, Nordamerika och Internationella havsforskningsrådet (Ices) samt i olika projekt. Undersökningarna följer den europeiska standarden för beståndsskattning av fisk med ekolodning i sötvatten (CEN, 2014).

Hydroakustiska data extraherades med mjukvaran Sonar5 (Balk & Lindem 2004) i 35 storleksskisser (mellan 15 och 1000 mm). Ekoloden var kalibrerad i enlighet med Foote et al. (1987) och rekommendationer av tillverkaren (Simrad A/S). Ekon extraherades i 35 klasser av ekostyrka uppdelade i 1 dB intervall (-60 dB - -25 dB), från vilka det är möjligt att skatta storleken på de detekterade fiskarna (Love 1971). Akustiska detektioner som var mindre än 50 cm från botten exkluderades för att utesluta eventuella störningar från bottenekon. Akustiska ekon som var < 5 meter under ytan exkluderades på grund av givarens position (djup 1,3 m) och tekniska närgräns. Distansen på transekterna i de undersökta områdena var 65,6 km i Mellersta Norra ("MN"), 68 km i Mellersta Södra ("MS"), 11,8 km i Norra ("N") och 28,5 km i Södra ("S", figur 1). För att kunna relatera detekterade ekon till de förekommande fiskarterna genomfördes minst tre tråldrag vardera i de undersökta områdena. I de fyra områdena låg tråldjupen för MN på 5, 20, 25 och 30 m, för MS på 5, 10, 20 och 25 m, för N på 5, 20 och 30 m och för S på 5, 10 och 30 m. Djupangivelserna avser överteln och trålen öppnar sig ca 5 m vertikalt och 12 m i bredd. Tråldjup och temperatur mäts i realtid under tråldragen.

1.2 Statistisk analys

De hydroakustiska transekterna undersöktes med avseende på rumslig autokorrelation i antalet detekterade ekon, och de 14 transekterna delades därefter in i deltransekter på en längd av ~1000-1500 meter för att få statistiskt oberoende

replikat. Dessa deltransekter var även indelade i 5-meters djuplager för att ge möjlighet att analysera djup och djup över botten. Deltransekter som hade exceptionellt höga fisktätheter (dvs. deltransekter vars fisktäthet låg mer än 3 standardavvikelse ifrån medelvärdet, vilket motsvarar 0,3 % av datamängden) exkluderades från analysen eftersom de inte kan ses som representativa för medelfisktätheterna i sjön.

För att tillskriva alla de ekon som detekterats runtom sjön en artidentitet användes en metod baserad på klassificeringsträd, där variabler som är möjliga att skatta för både tråldata och hydroakustiska data (dvs. storlek på fisk/eko, position och djup) nyttjas. Tillskrivningen gjordes genom att först passa ett klassificeringsträd på tråldata, där sannolikheten för att en enskild fisk tillhörde en specifik art modellerades som beroende på fisklängd, djup, avstånd till botten, område, fångstår (faktoriell variabel) samt position relativt språngskiktet. Det resulterande klassificeringsträdet användes därefter för att tillskriva artidentitet för samtliga detektioner ifrån varje djuplager och deltransekt i hydroakustiska data. Positionering relativt språngskiktet definierades som om fisken befann sig över eller under ett detekterat språngskikt. I de fall ett språngskikt inte kunde detekteras klassades fisken till att befinna sig under språngskiktet då fokusarterna nors och siklöja båda är kallvatten-arter. För de arter (nors och siklöja) som vi skattar rekryteringen (tätheten av årsyngel, 0+) för användes ålders- och längddata. För år där ett stickprov av individerna ålderslästs, användes en ålders-längdnyckel för att skatta åldrarna på de individer som inte ålderslästs. För de år där inga individer ålderslästs, predikterades årsyngel (0+) och äldre individer (>0+) från en modell där åldersklass (0+ och >0+) passats som en binär responsvariabel med längd som förklarande variabel. Andra förklarande variabler (område, år och deras interaktion) bidrog inte till att öka modellens förklaringsgrad och inkluderades därför inte. Arter som var representerade med mindre än 25 individer (av de totala trålfångsterna 2011 - 2023) filterades bort före analys. Total biomassa skattades som summan av biomassan för de olika arterna. Årsyngel av siklöja var i samma storleksklass som flertalet av ettårig och äldre nors (>0+) vilka är numerärt betydligt mer frekventa. Detta ledde till att klassificeringen av årsyngel av siklöja i hydroakustiska data blev osäker. För årsyngel av siklöja baseras därför skattningen på enbart trålfångster i stället för hydroakustiska data.

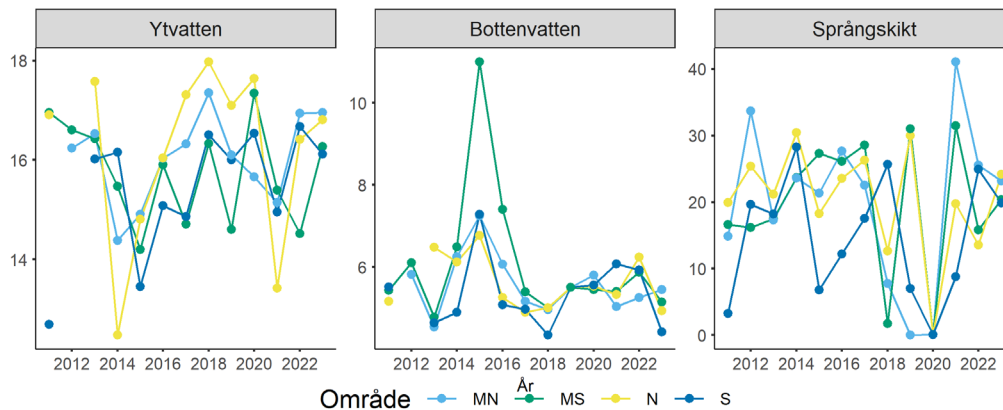
För skattningen av lutningen på regressionen mellan biomassa per storleksklass och de 35 storleksklasserna användes inte artklassificerat data. Anledningen är att flertalet arter förekommer i flera av de 35 storleksklasser som extraherades. I detta fall skattades biomassan per storleksklass som produkten av antalet fiskar och vikten av en genomsnittlig fisk i varje storleksklass. Vikten för en enskild fisk i en given storleksklass skattades i sin tur via en generell allometrisk modell (där vikt förklaras av längd och art). Modellen förklarade >95 % av variationen i vikt, vilket innebär att artspecifika förhållanden mellan vikt och längd inte påverkar den

summerade vikten per storleksklass (dvs. att effekten av art var liten i förhållande till effekten av längd).

Förändringar över tid undersöktes genom att göra statistiska jämförelser av skillnader i medelvärde för de två senaste åren (2022 och 2023) jämfört med medelvärdet för de fem föregående åren (2017-2021, se tabell 1). I dessa modeller inkluderades parametern år som en slumpmässig variabel och modellerna blir därför inte väl anpassade för arter med en cyklisk förekomst (som t ex. årsyngel av siklöja; t.ex. Axenrot & Degerman 2016). Detta beror på att sällsynt förekommande ökningarna kan partitioneras statistiskt på den slumpmässiga effekten av år. För årsyngel av siklöja rekommenderar vi därför att slutsatser baseras på visuell tolkning av graferna. Arter som hade medelvärden av 0 i antingen test- eller referensperiod exkluderades ifrån analysen, eftersom datakvalitén ej kunde ses som tillräckligt god i dessa fall.

Utöver hydroakustiska data finns även tråldata för åren 1992 - 2023. Provfisketrålningarna har inte varit helt standardiserade över år, framförallt med avseende på trålade djup. Analys av dessa data kräver därför statistisk modellering som kontrollerar för djup. För en del arter som fångas i tillräckliga antal var det möjligt att utföra en standardiserad analys med linjära modeller med negativ binomial fördelning för att skatta antal per trålad kilometer. Dessa modeller inkluderade år (som en faktoriell variabel) och djup. Djup inkluderades som en faktoriell variabel med strata baserade på det arts specifika fångstdjup där ~50% av fångsterna sker (kontrollerat för ansträngning), samt djupare eller grundare. Eftersom trålad distans varierat mellan tråldrag, vilket påverkar fångsten, modellerades trålad distans som en offset-variabel, dvs. en variabel vars förhållande till responsvariabeln antas vara konstant (dvs. att om två kilometer trålas får man dubbelt så många fiskar som om en kilometer trålas). Dessa modellbaserade analyser beräknar därmed ett beståndsindex (antalet fångade individer av en given art per trålad kilometer), för de djup som arten föredrar. Jämförelser över år ger sedan en sammanvägd bild av beståndens utveckling. Separata analyser utfördes för årsyngel och äldre individer av nors och siklöja. Antalet tråldrag per år och djup är relativt lågt givet mängden data som krävs för modellering. Resultaten gav därför tillförlitliga resultat endast för nors och siklöja.

1.3 Miljöförhållanden



Figur 2. Temperatur i yt- och bottenvatten (°C), samt språngskiktets djup i meter för de fyra undersökta områdena i Vättern 2011-2023. När språngskiktet var så otydligt att det inte kunde detekteras, anges det som 0 i grafen.

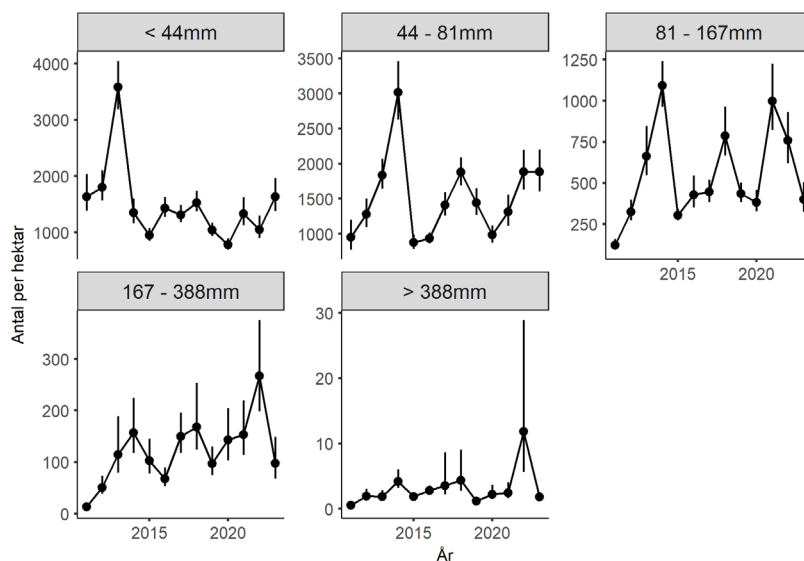
De transekter vi undersöker skiljer sig inte drastiskt åt i djup, maxdjupet ligger kring 100 meter och medeldjupet kring 60 m (MN: maxdjup = 104 m, medeldjup = 49,4 m, MS: maxdjup = 98,7 m, medeldjup = 56,4 m, N: maxdjup = 85,1 m, medeldjup = 52,5 m, S: maxdjup = 107,6 m, medeldjup = 70,2 m). Både djup och temperatur, vid ytan och på botten, erbjuder därmed relativt lika miljöförhållanden runtom Vättern (figur 2). År 2023 var ett ganska genomsnittligt år med avseende på språngskiktets djup och temperaturförhållandena i yt-och bottenvatten. Notera att djupet mäts kontinuerligt längs hela transekterna medan temperatur på olika djup oftast mäts vid ett tillfälle per område.

2. Resultat

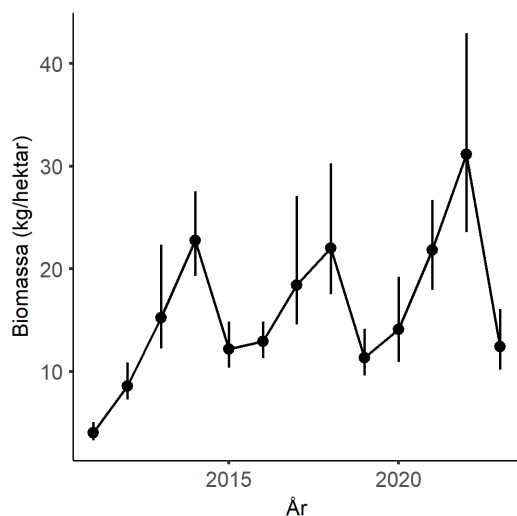
2.1 Övergripande resultat

Tabell 1. Analys av förändringar i abundans av olika storleksklasser samt total biomassa i Vättern. M.p är medelvärdet per hektar för de senaste två åren (2022 och 2023), M.r är motsvarande medelvärde för de föregående fem åren (2017-2021). Storleksklasserna anges i antal per hektar och biomassan anges i kg. Förändring % är förändringen i procent mellan studieperioden och referensperioden (studieperiod - referensperiod) / referensperiod. Negativa värden indikerar därmed en minskning i procent, medan positiva värden indikerar en ökning i procent. Skillnaden i medelvärden testades med en modell mot en F-fördelning (F), och ges med det resulterande P-värdet. Kolumnen Förändring anger riktningen på förändringen i antal/massa. Signifikanta ($p < 0,05$) ökning och minskningar visas som + och -. Marginellt icke-signifikanta ($p < 0,1$) populationsförändringar visas som (+) och (-). De fall där ingen förändring kan påvisas visas ej.

Område	Enhet	M.p	M.r	Förändring %	F	P-värde	Förändring
Hela sjön	< 44 mm	1333	1235	8	0	0,71	
	44 - 81 mm	1884	1326	42	4	0,079	(+)
	81 - 167 mm	582	577	1	0	0,982	
	167 - 388 mm	186	129	44	1	0,283	
	> 388 mm	7	3	133	4	0,098	(+)
Hela sjön	Biomassa (kg)	22	17	29	1	0,361	



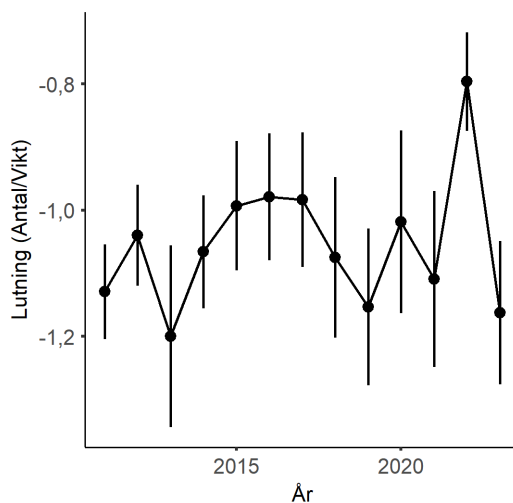
Figur 3. Antal fiskar (oavsett art) per hektar och år (2011-2023) för fem olika storleksklasser, <44 mm, 44 - 81 mm, 81 - 167 mm, 167 - 388 mm och >388 mm (omräknade från ekostyrka, dB). Värdena är medelvärden beräknade för hela Vättern och spridningen (vertikala linjer) visar 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.



Figur 4. Biomassa (kg) per hektar och år (2011-2023). Värdena är medelvärden för Vättern med 95 % konfidensintervall, skattade med bootstrap.

Den totala fisktätheten i öppet vatten (pelagialen) 2023 var 4 016 fiskar per hektar vilket var över medelvärdet för de senaste 5 åren (3 461). Ökningen berodde i först hand på att mängden fisk i de minsta storleksklasserna <44 mm och 44 mm-81 mm ökat (figur 3). Av dessa kan ökningarna av antalet fiskar i storleksklasserna 44 mm - 81 mm och > 388 mm beskrivas som icke signifikanta trender (medelvärde för

2023 och 2022 jämfört med de föregående fem åren 2017-2021, tabell 1). Ökningen i den största storleksklassen beror på de mycket höga värden som observerades 2022, och för 2023 var antalet stora fiskar på samma nivå som tidigare år. Biomassa per hektar är starkt kopplat till antalet större fiskar som fångas i trålen (t. ex. sik, röding och siklöja) och som senare kan detekteras i hydroakustiska data (figur 3 och 4). Den beräknade totala biomassan kan därför ha en betydande variation mellan år. För 2023 noterades 12,6 kg per hektar, dvs. en minskning jämfört med medelvärdet för de fem tidigare åren (2018 - 2022: 19,3). Förändringen 2023 berodde dels på att effekterna av den mycket starka rekryteringen av siklöja 2021 har börjat avta. Den andra förklaringen är att mängden stor fisk, dvs. fiskar som upptäcks i låga antal och därför uppvisar större variation mellan år, minskade jämfört med de mycket höga nivåer som uppmättes 2022. Inga signifikanta förändringar upptäcktes när medelvärdet för biomassa 2022 och 2023 jämfördes med medelvärdet för en fem års referensperiod (2017 – 2021, tabell 1). Andelen småfisk (<81 mm) som storspigg och årsyngel av nors var fortsatt hög (ca 74 %), dvs. till antal bestod beståndet vid undersökningen (september) till största delen av små bytesfiskar.



Figur 5. Punkterna representerar lutningen från en linjär regression där logaritmen av antal förklaras av logaritmen av storleksklass (biomassa i gram) per år (2011-2023), dvs. förhållandet mellan antalet stora och små fiskar. Ju högre värde värde (närmare noll) desto flackare lutning, vilket motsvarar relativt färre små fiskar eller relativt fler stora fiskar. Vertikala linjer anger 95 % konfidensintervall.

Förhållandet mellan antalet stora och små fiskar kvantifieras som lutningen på en logaritmerad (ln) regression av antal fiskar per storleksklass och biomassan av dessa storleksklasser. En lägre lutning (dvs. närmare noll), tyder på en större andel potentiell rovfisk jämfört med potentiell bytesfisk. För 2022 skattades andelen potentiella rovfiskar till det högsta värdet under de tolv år som studien har data för

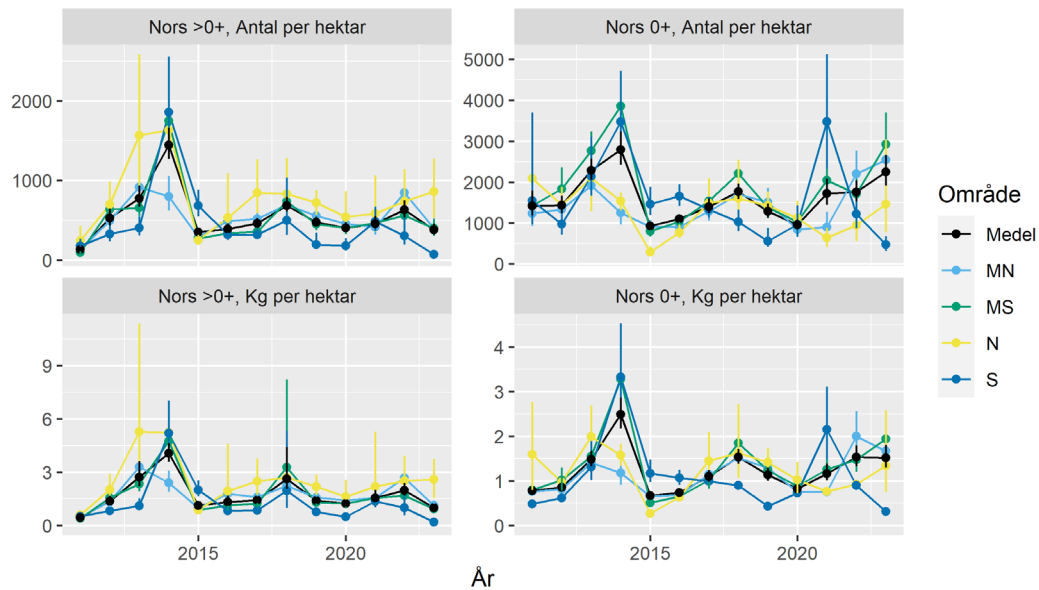
(figur 5), vilket berodde främst på en ökning av antalet större fiskar (>17 cm, figur 3). För 2023 var andelen potentiella rovfiskar på mer normala nivåer (figur 5). Variationen av antalet stora fiskar, dvs. antalet registrerade hydroakustiska ekon med hög ekostyrka, kan antingen förklaras av att de stora fiskarna i högre grad förekom i de områden som övervakas, eller en plötslig ökning respektive minskning under 2022 och 2023 av antalet stora fiskar vilket bedöms mindre sannolikt. Eftersom sik är den vanligaste av dessa ovan nämnda arter, är det sannolikt att förändringarna berodde på att beteendet förändrats hos stora sikar, t. ex. att de rörde sig mer närmare botten och därmed inte fångats upp i hydroakustiken.

2.2 Artspecifika resultat

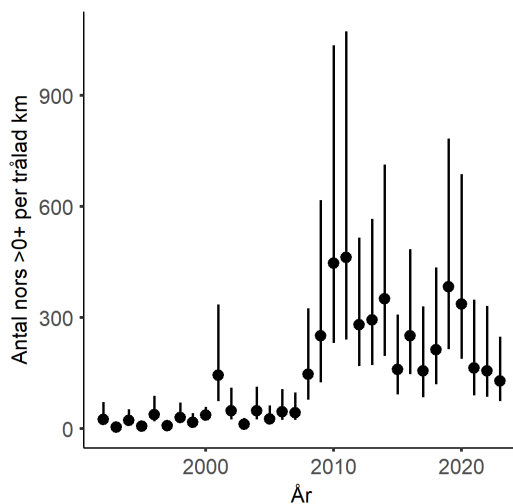
Tabell 2. Populationsutvecklingen för de arter som detekterades 2023 i den årliga hydroakustiska undersökningen i Vättern. Resultaten bryts ned på område och art (eller kombination av art och ålder, årsyngel 0+ respektive ettåriga och äldre >0+). M.p är medelvärdet för antal per hektar för de senaste två åren (2022 och 2023), M.r är motsvarande medelvärde för de föregående fem åren (2017-2021), Förändring % är förändringen i procent mellan studieperioden och referensperioden ((studieperiod – referensperiod) / referensperiod). Negativa värden indikerar därmed en minskning i procent, medan positiva värden indikerar en ökning i procent. Skillnaden i medelvärden testades med en modell mot en Chi square-fördelning (Chisq), och ges med det resulterande P-värdet. Kolumnen Förändring anger riktningen på populationsförändringen. Signifikanta ($p < 0,05$) ökning och minskningar visas som + och -. Marginellt icke-signifikanta ($p < 0,1$) populationsförändringar visas som (+) och (-). De fall där ingen förändring kan påvisas visas ej.

Område	Art	M.p	M.r	Förändring %	Chisq	P-värde	Förändring
MN	Nors >0+	633	523	21	0.8	0.377	
	Nors 0+	2366	1192	98	15.4	0.000	+
	Siklöja >0+	462	218	112	2.0	0.154	
	Siklöja 0+	41	122	-66	0.3	0.591	
MS	Nors >0+	483	456	6	0.0	0.825	
	Nors 0+	2308	1531	51	2.7	0.099	(+)
	Siklöja >0+	333	294	13	0.2	0.684	
	Siklöja 0+	37	91	-59	0.2	0.638	
N	Nors >0+	796	701	14	0.3	0.558	
	Nors 0+	1193	1219	-2	0.0	0.940	
	Siklöja >0+	494	294	68	1.3	0.251	
	Siklöja 0+	105	131	-20	0.0	0.911	
S	Nors >0+	194	327	-41	1.3	0.260	
	Nors 0+	851	1491	-43	0.7	0.413	
	Siklöja >0+	173	53	226	1.9	0.164	
Hela sjön	Nors >0+	530	498	6	0.1	0.749	
	Nors 0+	1962	1327	48	5.3	0.021	+
	Siklöja >0+	353	218	62	1.8	0.180	
	Siklöja 0+	35	89	-61	0.2	0.651	

2.2.1 Nors



Figur 6. Antal och biomassa av nors, årsyngel (0+) och 1-årig och äldre (>0+) 2011-2023 i de fyra delområden vi undersöker i Vättern, samt medelvärdet för alla delområden. Punkterna representerar medelvärdena och felstaplarna representerar 95 % konfidensintervall beräknade med bootstrap.

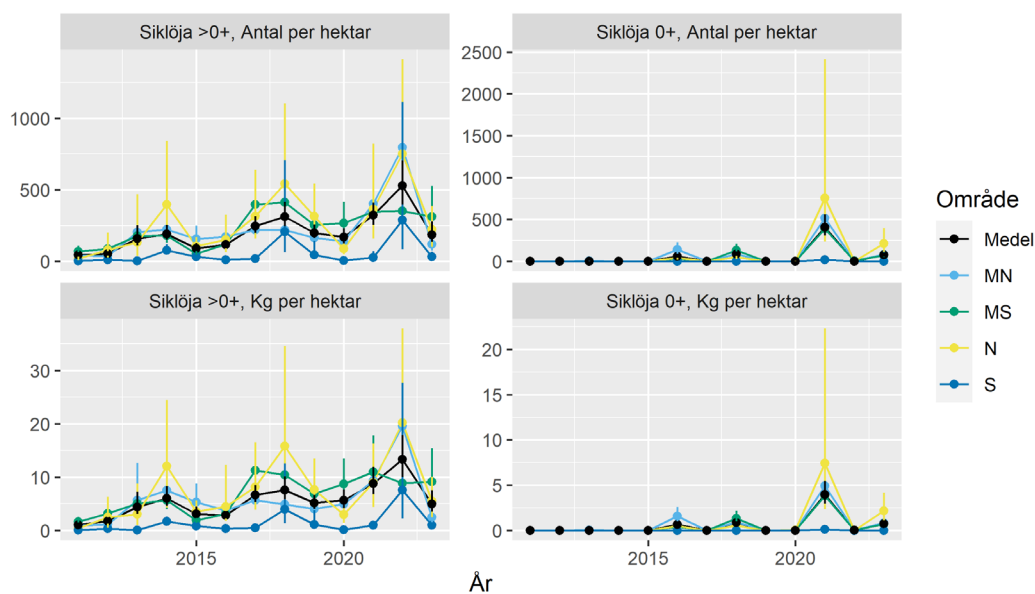


Figur 7. Antal av 1-årig och äldre (>0+) nors per trålad km i Vättern 1992-2023. Punkten representerar medelvärdet och de vertikala linjerna representerar 95 % konfidensintervall. Modellen kontrollerar för fiskedjup (se metoddelen).

Nors är en betydelsefull bytesfisk och flertalet blir inte så långlivade. Mängden nors har varit relativt stabilt över år sedan de stora mängderna nors som förekom 2014 och 2015. Mängden nors varierar mellan sjöns olika delar och framförallt >0+ verkar föredra sjöns norra och mellersta delar. För 2023 fortsatte nors att vara den

till antal vanligaste fisken i öppet vatten med 2 631 individer per hektar, vilket motsvarade 66 % av det totala antalet fiskar per hektar, och 20 % av den totala biomassan per hektar. Av antalet nors var 86 % årsungar (0+, figur 6, tabell 2). Nors har haft god rekrytering under de senaste åren (figur 6, tabell 2), och beståndet av äldre nors (>0+) har varit relativt stabilt sedan 2015 (figur 6, tabell 2). Över de längre tidsspänn som kan studeras med tråldata, verkar antalet äldre nors ha ökat under 2010-talet ifrån relativt låga nivåer (figur 7). Dessa resultat är baserade på ett beståndsindex som kontrollerar för tråldjup, men vi kan inte helt utesluta att metodavvikelser i trålade djup kan påverka sambandet.

2.2.2 Siklöja



Figur 8. Antal och biomassa av årsungel (0+) och 1-årig och äldre (>0+) siklöja 2011-2023 i de fyra delområdena vi undersöker i Vättern, samt medelvärdet för alla delområden. Felstaplarna representerar 95 % konfidensintervall (beräknade med bootstrap), och punkterna representerar medelvärden.

Siklöjan förekom 2023 med 259 individer per hektar vilket motsvarade 6 % av det totala antalet fiskar, och 46 % av den totala biomassan per hektar. Av det totala antalet siklöjor var 29 % årsungar (0+, figur 8, tabell 2). Årsungar av siklöja växer relativt snabbt och medellängden för årsungar är 10,5 cm, vilket gör att en ökning i antalet siklöjor snabbt leder till en större mängd biomassa i sjön.

Efter flera svaga år ökade beståndet av siklöja (>0+) 2013, och har fram till 2021 varit relativt stabilt (figur 8, tabell 2). En tillfällig ökning noterades 2018 tillsammans med en stark rekrytering. Beståndet minskade därefter under 2019-2020, med anledning av svag rekrytering (figur 8, tabell 2). År 2021 uppstod en mycket stark årsklass av siklöja, vilket året därpå resulterade i en generell ökning av beståndet (>0+, figur 8, tabell 2). Den högsta biomassan av siklöja sedan 2011

noterades 2022, vilket till viss del förklaras av den goda rekryteringen 2021 (mer om rekrytering nedan). Siklöjan har ökat i Vättern och är numera den dominerande arten i Vätterns pelagial (avseende biomassa), och den tredje vanligaste fiskarten sett till antal. År 2023 hade effekterna av den mycket starka rekryteringen 2021 avtagit, och siklöjan har nu minskat till mer normala nivåer. I likhet med nors >0+ är siklöja mindre vanligt förekommande i södra Vättern (figur 1). När siklöjan började öka i numerär blev den även mer vanlig i alla delar av Vättern, vilket troligen kan förklaras av att det ökande beståndet spreds över större områden.

Rekrytering

I Vättern har siklöjans rekrytering varit variabel och sporadisk vilket har lett till stora skillnader mellan starka och svaga årsklasser. Det kanske mest extrema exemplet på hur en enstaka årsklass kan dominera populationen är den årsklass som föddes 1992. Årsklassen från 1992 utgjorde 1999 77 % av de ålderslästa siklöjorna. En stark årsklass kan därför dominera beståndet av siklöja under flera år. Dessa starka rekryteringar har oftast uppstått med flera års mellanrum med minskande bestånd under mellanliggande år och ett allt svagare bestånd tills en stark rekrytering fyller på igen. Sedan 2011 har starka rekryteringar skett 2013 (främst observerat i ålderslästa individer), 2016, 2018, 2021, 2022 (främst observerat i ålderslästa individer) och 2023 (figur 9). Övriga år har enbart enstaka yngel observerats. Rekryteringen av siklöja i Vättern ger nu ett intryck av att ske med ökande frekvens. Orsakerna till den stora variationen i siklöjans rekrytering är inte helt klarlagda. Siklöjan leker på senhösten och äggen kläcker först på våren, medan nors leker på våren och äggen kläcks ett par veckor senare. Detta innebär att förutsättningarna på våren kan se olika ut för de två arternas yngel. Det är av största vikt för de nykläckta årsynglen att produktionen av lämpliga födoorganismer sker i rätt tid, vilket i sin tur beror på miljöförhållanden. Studier har dock inte funnit något direkt samband mellan klimatfaktorer och rekryteringsframgången hos siklöja (Nyberg m fl., 2001; Sandström m fl., 2014). Siklöja är vår mest utpräglade djurplanktonätare och en av få fiskarter där alla åldersklasser och storlekar äter samma föda. Detta medför att siklöjan konkurrerar starkt om födan med sina egna artfränder oavsett ålder eller storlek. Axenrot och Degerman (2016) har visat att perioder då siklöjorna hade låg konditionsfaktor uppstod inga nya starka årsklasser i Vättern. Först när den individuella fiskens kondition byggts upp över tid och den kunde lägga energiresurser på rom/mjölke, uppkom en ny stark årsklass. Att återta god kondition och bli lekmogen kan antas ta lång tid i en näringsfattig och lågproduktiv sjö som Vättern där siklöjan därtill måste konkurrera med artfränder, ung nors, storspigg och pungräkor om samma födoresurs (djurplankton). Att siklöjans rekrytering tidigare styrdes av vissa årsklasser men nu är mer frekvent tyder på att den eller de faktorer som tidigare påverkade siklöjans rekrytering har förändrats.

2.2.3 Övriga arter

Utöver nors och siklöja ger kombinationen av provtrålningar och hydroakustik även viss information angående bestånden av storspigg och sik. För dessa arter, och även andra arter som tillfälligtvis fångas i provtrålningarna (såsom hornsimpa, röding och lake), är skattningarna mycket känsliga för fångstfrekvensen enskilda år. Större rovfiskar kan simma undan trålen och riskerar därför att bli underrepresenterade vid undersökningarna. Dessutom förekommer de i betydligt färre antal än deras bytesfiskar vilket minskar sannolikheten att de fångas vid de relativt korta provtråldragen. Variationer i fångstbarhet förändrar den beräknade artsammansättningen och beståndsskattningen av dessa fiskar blir därför mer osäker. Enstaka arter fångas inte alls trots att det är känt att de förekommer i öppet vatten, som t.ex. gädda. Antal stora ekon per hektar, som representerar en fiskstorlek av ~40 cm, ökade kraftigt 2022. År 2023 är antalet stora ekon åter igen på en liknande nivå som de två föregående åren (2020 och 2021). Dessa ekon representerar i Vättern antingen gädda, lake, lax, sik, öring eller röding, men det är mycket svårt att härleda vilken art dessa ekon representerar eftersom slumpartad detektion av enstaka individer enskilda år förändrar sannolikheterna i allt för hög grad. I fallet med storspigg förekommer denna i stor utsträckning nära ytan vid tiden för undersökningarna. Eftersom hydroakustiska data av tekniska skäl inte registreras nära ytan och möjligheten att detektera fisk ökar med djup, är metoden inte väl utvecklad för storspigg. Skattningarna för dessa övriga arter presenteras därför inte.

3. Diskussion

3.1 Fisktäthet och biomassa

Mängden fisk kan beräknas som antalet fiskar eller som biomassan av fisk. Båda måtten ger information som behövs för att bedöma beståndsstatus och rekrytering för enskilda arter och för ekosystemet i sin helhet. För 2022 noterades öknings av större fiskar i hydroakustiska data, vilket delvis förklarades av det ökande beståndet av siklöja. För 2023 låg biomassan på mer normala nivåer vilket till stor del kan förklaras av att effekten av den starka rekryteringen av siklöja 2021 har börjat avta. Det finns dock en del begränsningar i tolkningarna man kan göra utifrån detta resultat. Mindre fiskar, som t. ex nors, finns i allmänhet i stort antal. Hydroakustiska data och trålprover ger därför oftast en god bild av sådana fiskbestånd – med avseende på antal, storleksfördelning och vikt. Större fiskar är betydligt mindre vanliga, ofta mer rörliga och fångas därför mer sällan. Därtill varierar artspecifik fångstbarhet vid trålningen och ekostyrka (dvs. styrkan i det ljud som reflekteras från fisken tillbaka till ekolodet). Därför innehåller resultat på fisktäthet och biomassa för dessa större fiskar större mått av osäkerhet, särskilt med avseende på biomassa då en stor fisk väger lika mycket som tusentals årsyngel. Denna osäkerhet är sannolikt en viktig orsak till att den beräknade genomsnittliga fiskbiomassan i öppet vatten i Vättern visar stor variation över åren.

3.2 Födötillgång

Vättern har blivit alltmer näringsfattig (oligotrof) på grund av förbättrad rening av avloppsvatten och gödslingsteknik i jordbruket. Halterna av näringsämnen har dock varit låga under lång tid. Tillgången på djurplankton – basföda för siklöja, ung nors och storspigg – är relativt låg i Vättern (Hårding 2023). Stor konkurrens om begränsade födoresurser kan påverka fiskarnas kondition negativt och kan även minska såväl antalet lekar under en livstid som lekframgången vid det enskilda lektillfället, dvs. antalet yngel som produceras och överlever. Under motsvarande tid har olika undersökningar i Vättern visat att de naturliga bestånden av rovfisk – röding, öring, storvuxen sik, lake – haft en relativt gynnsam utveckling. Därutöver

finns tillstånd att sätta ut 20 000 laxsmolt årligen (<https://www.sportfiskarna.se/Om-oss/Aktuellt/ArticleID/7517>). Studier av fritidsfiskets omfattning har visat att det nu fångas mer röding än lax i sportfisket och att röding var mer eftertraktad som målart (Sundblad m fl., 2019). En faktor i sammanhanget som behöver undersökas bättre är beståndet av bytesfisken storspigg som är svår att övervaka med nuvarande metodik. Storspigg nyttjas som föda av såväl lax som röding.

3.3 Förvaltning

Till skillnad från det kommersiella fisket i havet förvaltas yrkesfisket i sötvatten nationellt, vilket innebär att förvaltningsmål och uppföljning beslutas av nationella myndigheter. För Vättern finns en förvaltningsplan (Vätternvårdsförbundet 2017) som i skrivande stund genomgår en uppdatering. Parallellt pågår projekt som syftar till att utveckla lämpliga indikatorer, modeller och förvaltningsmål för uppföljning av nationellt förvaltade bestånd (Östman m fl., 2016; Naddafi m. fl. 2023) och SLU Aqua har nyligen publicerat en beskrivning av hur statusbedömning för nationella bestånd i statligt förvaltade vatten går till (Larsson et al 2024). Flera riktade förvaltningsinsatser i Vättern har haft positiva effekter för röding- och öringbestånden. Länsstyrelserna runt Vättern har framfört att kompensationsutsättningarna av lax inte får ske på bekostnad av de naturliga fiskbestånden varför beslut om storlek på utsättningarna ska väga in konkurrens om bytesfisk, dvs. framför allt bestånden av siklöja, nors och storspigg. Dessa bytesfiskar är mycket betydelsefulla för Vätterns ekosystem och det är viktigt att förvaltningen av fiskresurserna inkluderar dessa bestånd.

3.4 Förslag

3.4.1 Övervakning av storspigg

Maginnehåll i såväl lax som röding från trålfångster i september har ofta visat sig bestå av storspigg. Storspigg är därför sannolikt en viktig bytesfisk för flertalet rovfiskar i Vättern. Kunskapen om beståndet av storspigg är emellertid bristfällig idag och kan inte med säkerhet relateras till minskande/ökande bestånd av annan bytesfisk som nors och siklöja. För att skatta storleken på beståndet av storspigg behöver nuvarande övervakningsmetodik modifieras och kompletteras. Ökade kunskaper om dynamiken i rovfiskarnas nyttjande av bytesfisk är avgörande för att öka förståelsen av Vätterns ekosystem, t.ex. som den aktuella ökningen av siklöjebeståndet under början av 2010-talet då även bestånd av rovfisk ökar. Vi

föreslår att HaV bidrar till att nuvarande övervakningsmetodik utvecklas så att beståndet av storspigg kan ingå i skattningen av bytesfisk.

3.4.2 Telemetri inriktat på storvuxna fiskarter

Utveckling av fiskspårningstekniken akustisk telemetri har på senare år möjliggjort insamlandet av högupplöst beteendedata för över stora ytor. En infrastruktur har byggts upp i Vättern där tekniken används för att öka kunskapen om vandringsmönster hos inte minst röding. För att förbättra möjligheten att klassificera de större ekon som detekteras i våra hydroakustiska undersökningar vore det mycket värdefullt med beteendedata (djup- och spatiala preferenser under undersökningsperioden) hos de större arterna i Vätterns ekosystem (utöver röding: gädda, lake, lax, öring och sik). Om beteendedata finns tillgängligt ökar möjligheterna att klassificera ekon till rätt arttillhörighet, i fall att arternas habitatval och beteende skiljer sig tillräckligt mycket. Vi föreslår att HaV bidrar till att den telemetriska studien utökas till ett flertal av dessa arter samt medel för tillhörande analyser.

3.4.3 Ekosystemmodeller

Beståndsutvecklingen för nors och siklöja följs årligen och resultaten används för att bedöma ekosystemets status, effekterna av riktade insatser, lämplig storlek på laxutsättningar samt för förvaltningen av fiskbestånd genom fiskeregler. För bättre förståelse av dynamiken mellan bytes- och rovfiskar behöver övervakningsmetodiken förbättras med avseende på storspigg och analytiska metoder som kvantifierar sambandet mellan olika arter behöver tas fram.

4. Referenser

- Axenrot T, Ogonowski M, Sandström A, Didrikas T (2009) *Multifrequency discrimination of fish and mysids*. ICES Journal of Marine Science (66) 1106–1110.
- Axenrot T, Degerman E (2016) *Year-class strength, fitness and recruitment cycles in vendace (Coregonus albula)*. Fisheries Research (173) 61-96.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2015.03.017>
- [CEN] Comité Européen de Normalisation (European Committee for Standardization) (2014) *Water quality – Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods*. EN 15910.
- Foote KG, Knudsen HP, Vestnes G, Maclenn DN, Simmonds EJ (1987) *Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide*. ICES Cooperative. ICES (144).
- Hårding I (2023) *Djurplankton*. Vätternvårdsförbundets rapportserie (159). ISSN 1102-3791.
- Larsson S, Sundblad G, Gustafsson-Renes S, Bergström L, Dannewitz J, Valentinsson D, Wennhage H, Bolund E, Holmgren, K (2024). *Bedömning av status för nationellt förvaltade fisk- och skaldjursbestånd*. SLU Aqua notes, (2024:13). <https://doi.org/10.54612/a.4knd3ar0hg>
- Naddafi R, Sundblad G, Sandström A, Fetterplace L, Vinterstare J, Ogonowski M, Kulatska N (2023) *Developing management goals and associated assessment methods for Sweden's nationally managed fish stocks : a project synthesis*. SLU Aqua Reports (5).
<https://doi.org/10.54612/a.31cfjep2i0>
- Nyberg P, Degerman E, Bergstrand E, Enderlein O (2001) *Recruitment of pelagic fish in an unstable climate: studies in Sweden's four largest lakes*. AMBIO 30(8), 559-564.
- Ragnarsson Stabo H, Vrede T, Axenrot T, Sandström A (2014) *Large zooplankton in Swedish large lakes*. Aquatic Ecosystem Health and Management. 17(4), 374-381.
- Sandström A, Ragnarsson Stabo H, Axenrot T, Bergstrand E (2014) *Has climate variability driven the trends and dynamics in recruitment of pelagic fish species in Swedish Lakes Vänern and Vättern in recent decades?* Aquatic Ecosystem Health and Management. 17(4): 349-356.
- Sundblad G, Larsson S, Wennerström L, Linderfalk R, Halldén A (2019) *Fritidsfiskets omfattning i Vättern 2017. Fångster av röding, lax och öring*. SLU Aqua reports. (7). ISBN: 978-91-576-9652-6.
- Vätternvårdsförbundet (2017). *Förvaltningsplan fisk och fiske Vättern 2017-2022*. (127). https://vattnern.org/wp-content/uploads/Rapport127_Forvaltningsplan-fisk-och-fiske_2017.pdf

Östman Ö, Beier U, Ragnarsson Stabo H, Olsson J, Svedäng H, Sundelöf A,
Sandström A, Florin AB (2016) *Förvaltningsmål för nationellt förvaltade
fiskbestånd*. SLU Aqua reports. (10). ISBN: 978-91-576-9410-2.